

Rapporto forestale 2025

Evoluzione, stato e utilizzazione del bosco svizzero



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Ufficio federale dell'ambiente UFAM



Rapporto forestale 2025

Evoluzione, stato e utilizzazione del bosco svizzero

Nota editoriale

Editori

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), 3003 Berna

L'UFAM è un ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio (WSL), 8903 Birmensdorf

Committenti

Paul Steffen (UFAM) e Christoph Hegg (WSL)

Comitato di progetto

Eckehard Brockerhoff, Claudio de Sassi, Josef Eberli, Géraldine Eicher Stucki, Marco Ferretti, Rolf Holderegger, Michael Husstein, Michael Reinhard, Irmgard Seidl, Thomas Wohlgemuth

Direzione del progetto/editori

Alexandra Strauss (UFAM) e Christoph Fischer (WSL)

Redazione

Matthias Meili

Traduzione

Servizio linguistico italiano, UFAM

Assistenza al progetto

Daniel Landolt e Christine Bühler

(Interface Politikstudien Forschung Beratung)

Illustrazioni

Hahn+Zimmermann GmbH

Grafica

Christof Scheidegger, Atelier Scheidegger

Impaginazione

Funke Lettershop AG

Crediti d'immagine

- Pagina di copertina: Raggi del sole filtrati dagli alberi a Giswil (OW).
Foto: Simon Speich (IFN)
- Pagina 10: Bosco misto con rinnovazione abbondante.
Foto: Andreas Rigling (WSL/PFZ)
- Pagina 130: Primavera nel bosco golenale vicino a Baden.
Foto: Simon Speich (IFN)

Per ordinare la versione stampata e scaricare il PDF

UFCL, Vendita di pubblicazioni federali, 3003 Berna

www.pubblicazionifederali.admin.ch

Numero di ordinazione: 810.400.1551

www.bafu.admin.ch/uz-2501-i

La presente pubblicazione è disponibile anche in tedesco, francese e inglese. La lingua originale è il tedesco.

DOI: 10.55419/wsl.37784

© UFAM/WSL 2025

Indice

Abstracts	7	
Prefazione	9	
Bosco in transizione: una sintesi	11	
Conseguenze	21	
Fonti dei dati	23	
1 Risorse	26	
1.1 Superficie forestale	30	
1.2 Provvigione legnosa	32	
1.3 Distribuzione dell'età e struttura dei popolamenti	34	
1.4 Riserva di carbonio	37	
2 Stato fitosanitario e vitalità	40	
2.1 Inquinanti atmosferici	44	
2.2 Suolo	46	
2.3 Stato delle chiome	48	
2.4 Danni al bosco	50	
2.5 Influenza del cambiamento climatico sullo stato fitosanitario	54	
3 Utilizzazione	56	
3.1 Utilizzazione legnosa e incremento	60	
3.2 Tondame	62	
3.3 Prodotti non legnosi	64	
3.4 Prestazioni del bosco	66	
3.5 Pianificazione forestale, certificazione e regolamentazione del commercio per prevenire il disboscamento	68	
4 Biodiversità	70	
4.1 Diversità delle specie	74	
4.2 Rinnovazione	78	
4.3 Seminaturalità	80	
4.4 Specie arboree non autoctone	82	
4.5 Legno morto	84	
4.6 Diversità genetica	86	
4.7 Il bosco nel paesaggio	88	
4.8 Specie in pericolo	89	
4.9 Riserve forestali	91	
4.10 Uccelli nidificanti del bosco	93	
5 Bosco di protezione	94	
5.1 Protezione dai pericoli naturali	98	
5.2 Acqua potabile	102	
6 Socioeconomia	104	
6.1 Proprietari di bosco	108	
6.2 Importanza dell'economia forestale e del legno per l'economia nazionale	110	
6.3 Situazione economica delle aziende forestali	112	
6.4 Sostegno all'economia forestale da parte della Confederazione	114	
6.5 Occupazione nell'economia forestale e del legno	116	
6.6 Sicurezza e salute sul lavoro	118	
6.7 Uso del legno come materiale e vettore energetico	120	
6.8 Commercio estero di legname e prodotti del legno	124	
6.9 Attività ricreative nel bosco	126	
6.10 Bosco e patrimonio culturale	128	
6.11 Pedagogia forestale	129	
Glossario	131	
Bibliografia	146	
Autori	160	

Abstracts

The Forest Report 2025 is the third publication of its kind, with previous versions appearing in 2005 and 2015. It is aimed at experts and anyone interested in forest and wood-related issues. The report provides an overview of the condition and development of Swiss forests over the past ten years and assesses the outlook for all relevant areas against the backdrop of advancing climate change. With a structure modelled on Forest Europe reports, the Forest Report sets out internationally comparable results and serves as a benchmark publication. It uses a broad range of data from long-term surveys to answer important questions for society, economic players and policymakers.

Nel 2025 il Rapporto forestale giunge alla sua terza edizione dopo quelle del 2005 e 2015. Destinato ad esperti e lettori interessati al tema del bosco e del legno, il rapporto fornisce uno spaccato generale su stato ed evoluzione del bosco svizzero negli ultimi dieci anni e traccia una prospettiva per tutte le aree tematiche tenendo conto del cambiamento climatico in corso. Essendo strutturato come quelli di Forest Europe, il rapporto mette a disposizione risultati comparabili a livello internazionale e serve come pubblicazione di riferimento. Mediante una vasta base di dati provenienti da rilevamenti di lungo periodo, risponde a interrogativi importanti per la società, l'economia e la politica.

Der Waldbericht erscheint 2025 zum dritten Mal nach 2005 und 2015. Er richtet sich an Fachleute und an eine am Thema Wald und Holz interessierte Leserschaft. Der Waldbericht ist eine Gesamtschau über Zustand und Entwicklungen des Schweizer Waldes in den letzten zehn Jahren und gibt einen Ausblick für alle Themenbereiche im Hinblick auf den fortschreitenden Klimawandel. Mit seiner an den Berichten von Forest Europe orientierten Struktur liefert der Waldbericht international vergleichbare Ergebnisse und dient als Referenzpublikation. Er beantwortet anhand einer breiten Datenbasis aus Langzeiterhebungen wichtige Fragen für Gesellschaft, Wirtschaft und Politik.

Après 2005 et 2015, le Rapport forestier paraît pour la troisième fois, en 2025. S'adressant aux spécialistes et aux lecteurs intéressés par le thème de la forêt et du bois, il offre un aperçu général de l'état et de l'évolution de la forêt suisse au cours des dix dernières années, et propose pour chaque chapitre thématique un regard vers l'avenir tenant compte des changements climatiques. Structuré de façon similaire aux rapports de Forest Europe, il fournit des informations reproductibles au niveau international et fait figure de publication de référence. Le Rapport forestier répond à des questions importantes pour la société, l'économie et la politique en se fondant sur une vaste base de données issues d'enquêtes à long terme.

Keywords:

*forest, wood,
forest ecosystem services,
climate change,
condition and development,
long-term surveys,
Forest Europe*

Parole chiave:

*bosco, legno,
prestazioni del bosco,
cambiamento climatico,
stato ed evoluzione,
monitoraggio di lungo periodo,
Forest Europe*

Stichwörter:

*Wald, Holz,
Waldeleistungen,
Klimawandel,
Zustand und Entwicklung,
Langzeiterhebungen,
Forest Europe*

Mots-clés :

*forêt, bois,
prestations forestières,
changements climatiques,
état et évolution,
enquêtes à long terme,
Forest Europe*

Prefazione

Cosa c'è di più rilassante di una passeggiata nel bosco vicino a casa? In primavera, quando gli alberi e i cespugli risplendono verdeggianti, o in autunno, quando la vegetazione torna a vestirsi dei suoi abiti più colorati. Ma il bosco è molto di più di questo e porta numerosi vantaggi alla popolazione. Protegge dai pericoli naturali come le cadute di massi, le valanghe e le frane. Inoltre, offre uno spazio vitale a innumerevoli specie animali e vegetali ed è quindi indispensabile per la conservazione della biodiversità.

Le prestazioni del bosco stanno diventando sempre più essenziali, soprattutto alla luce del cambiamento climatico. Lo notiamo in prima persona quando cerchiamo ristoro uscendo da un insediamento urbano afoso per entrare in un bosco fresco in un giorno d'estate. Inoltre, il bosco contribuisce alla protezione del clima perché ci fornisce il legno, una risorsa rinnovabile, e cattura il CO₂ presente nell'aria, immagazzinando a lungo termine il carbonio nel legno. Essendo fonte di materie prime, il bosco è anche una risorsa economica. Tutte queste prestazioni e molte altre illustrate nel seguito stanno assumendo una rilevanza sempre maggiore.

Il presente rapporto offre un compendio sullo stato, lo sviluppo e le prospettive future di tutti gli aspetti legati al bosco svizzero. Circa 90 esperti hanno raccolto le informazioni sulla base di un vasto numero di osservazioni di lungo periodo e le hanno accuratamente elaborate in sei capitoli tematici per rispondere a quesiti rilevanti. Nella sintesi sono raccolti i principali risultati della ricerca, mentre il capitolo sulle conseguenze illustra la necessità di intervenire sul piano politico per un bosco che possa adattarsi alle mutate condizioni ambientali e continuare a fornire le sue prestazioni anche in futuro.

Fondato su principi scientifici, il rapporto si allinea ai criteri di Forest Europe e si è affermato come opera di riferimento. Si rivolge a un pubblico di specialisti e ai lettori interessati provenienti dalla società, dall'economia e dalla politica.

Come sta quindi il bosco svizzero? Non esistono risposte semplici a questa domanda. Un fatto però è certo: il cambiamento climatico si fa sentire anche nel bosco. Gli effetti non riguardano solo le persone direttamente coinvolte, ma richiedono anche il sostegno e la cooperazione di tutta la società, soprattutto di tutte le persone ben informate.

Ci auguriamo che il Rapporto forestale con le sue informazioni esaustive su stato, evoluzione e futuro del bosco possa costituire la base per discussioni e decisioni fondate.

Katrin Schneeberger, direttrice
Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

Rolf Holderegger, direttore
Istituto federale di ricerca per la foresta,
la neve e il paesaggio (WSL)



Bosco in transizione: una sintesi

Andreas Rigling, Michael Husstein, Marco Ferretti, Michael Reinhard

L'ultimo decennio è stato uno dei più turbolenti e ha avuto un impatto sostanziale sui boschi svizzeri, sulla sua gestione e sull'intera filiera forestale e del legno. Lo stato attuale dei boschi svizzeri può quindi essere considerato «indebolito» o addirittura «critico», a seconda della prospettiva e della regione. Un bosco sano e vitale è fondamentale per tutta la Svizzera, in quanto fornisce un'ampia gamma di prestazioni per la società: produzione di legno, un'importante materia prima, protezione da valanghe, frane, erosione e altri pericoli naturali, filtraggio dell'acqua potabile, sequestro del carbonio dall'atmosfera, spazio ricreativo per la popolazione e, infine, con il suo ruolo fondamentale di scrigno della biodiversità. Gli aspetti legati alle prestazioni del bosco e alla biodiversità assumono una rilevanza sempre maggiore alla luce dell'avanzamento dei cambiamenti ambientali e delle maggiori esigenze dei diversi gruppi di interesse.

Nell'ultimo decennio, diversi megatrend globali hanno influenzato direttamente o indirettamente l'evoluzione dei boschi svizzeri.

- **Cambiamento climatico** (IPCC 2022): perturbazioni ed eventi estremi sempre più frequenti, come tempeste, ondate di canicola e periodi di siccità, stanno causando danni sempre più tangibili nel bosco e la morte degli alberi in determinate aree. Questa tendenza può compromettere prestazioni importanti che sarebbero indispensabili per far fronte al cambiamento climatico, come la protezione dai pericoli naturali, la produzione di legname e il sequestro del carbonio, che contribuisce a proteggere il clima.
- **Perdita di biodiversità a livello globale** (IPBES 2019a): di tutte le specie animali e vegetali presenti in Svizzera il 40 per cento vive nel bosco e delle sue prestazioni. In quanto habitat naturalistico, il bosco offre perciò un importante contributo alla protezione e alla conservazione della biodiversità. Tuttavia, anche al suo interno e soprattutto all'interfaccia con le aree aperte si trovano specie e habitat minacciati che necessitano di una protezione particolare.

- **Globalizzazione del commercio:** il trasporto internazionale di merci e persone può comportare l'importazione di organismi nocivi particolarmente pericolosi, tra cui piante, funghi e insetti (Bonnamour et al. 2021) in grado di sostituirsi alle specie indigene e quindi di danneggiare l'intero ecosistema boschivo. È perciò fondamentale intervenire mediante controlli all'importazione, monitoraggio, una lotta mirata e, se non possibile altriamenti, un'integrazione controllata degli organismi nocivi alloctoni nella gestione forestale.
- **Penuria di materie prime a livello globale** (IRP 2019): la domanda di materie prime rinnovabili come il legno è in forte aumento. L'utilizzo di questo materiale va sostenuto sul piano economico ed ecologico, a condizione che la produzione si fondi su criteri sostenibili e filiere regionali.
- **Urbanizzazione** (United Nations 2018): a causa dell'aumento della popolazione e delle mutate abitudini del tempo libero, l'habitat boschivo diventa sempre più importante per le sue funzioni ricreative e di salute pubblica. Tutto questo comporta un ulteriore stress per il bosco e pone sfide importanti per la sua gestione.

La presente sintesi ha l'obiettivo di inquadrare i risultati del Rapporto forestale 2025 all'interno di questi processi globali.

Il bosco cambia profondamente

In Svizzera, i boschi coprono circa 1,3 milioni di ettari, ovvero quasi un terzo del territorio nazionale. Negli ultimi dieci anni, per la prima volta dopo decenni la superficie forestale ha registrato una crescita limitata. Sull'Altipiano densamente popolato e nelle valli, il bosco è sottoposto a crescenti pressioni a causa delle esigenze di spazio concorrenti. In queste zone la conservazione dell'area forestale è e rimane un problema complesso.

Un'analogia inversione di tendenza si sta manifestando per quanto riguarda la provvigione legnosa di alberi vivi: la forte crescita registrata all'inizio del millennio ha subito un rallentamento per poi rimanere pressoché invariata dal

2015. Nell'area alpina e al Sud delle Alpi la provvигione legnosa continua ad aumentare, ma si è ridotta nel Giura e sull'Altipiano soprattutto perché la siccità, le infestazioni di insetti e le malattie hanno determinato un aumento del tasso di mortalità degli alberi, ma anche perché in queste regioni si registra una maggiore utilizzazione del legno come materia prima.

La specie arborea più diffusa rimane l'abete rosso con una quota del 42 per cento dell'intera provvигione legnosa, seguito dal faggio con il 18 per cento. A livello nazionale le conifere rappresentano due terzi della provvигione legnosa totale e sono rimaste costanti nell'ultimo decennio. Tuttavia, a livello regionale si evidenziano cambiamenti significativi nella mescolanza di specie arboree. Ad esempio, la quota di abete rosso sull'Altipiano e nel Giura è scesa rispettivamente del 15 e del 10 per cento. Nel Giura è diminuito in modo significativo anche il faggio, mentre la sua quota sulle Alpi e al Sud delle Alpi è aumentata rispettivamente dell'8 e del 20 per cento. I popolamenti di frassino sono diminuiti, soprattutto a causa del loro deperimento, mentre l'acero di monte, l'abete bianco e il larice sono aumentati sensibilmente. Queste variazioni significative nei popolamenti di specie arboree avranno un impatto duraturo sulla dinamica forestale.

Oltre alla mescolanza di specie arboree, anche la struttura, la distribuzione per età degli alberi e l'ampiezza e la qualità della rinnovazione influenzano l'evoluzione futura dei boschi. Quelli altamente strutturati, in cui prosperano alberi di diverse altezze ed età, sono più resistenti ai cambiamenti ambientali. Questi boschi subiscono meno danni e si riprendono più rapidamente in seguito alle perturbazioni e agli eventi estremi, sempre più frequenti a causa del cambiamento climatico. Sebbene il 64 per cento della superficie forestale in Svizzera sia fortunatamente multipla e stratificata, la rigenerazione di specie arboree sostenibili in molte aree è spesso insufficiente, soprattutto quando la rinnovazione preparatoria è sporadica. Quest'ultima si riferisce ai giovani alberi che riescono ad imporsi sotto la copertura del popolamento principale. I boschi che presentano una rinnovazione preparatoria sufficiente sono più resistenti perché, in caso di perturbazione, il rimboschimento avviene più velocemente quando sono già disponibili giovani esemplari.

La capacità del bosco di assorbire e fissare il carbonio dall'atmosfera attraverso la fotosintesi è una delle prestazioni più importanti per far fronte al cambiamento climatico. Il bosco svizzero immagazzina in media 269 tonnellate di carbonio per ettaro, di cui più della metà nel suolo forestale. In questo è particolarmente efficiente, perché assorbe circa il 50 per cento di carbonio in più rispetto ad altri Paesi dell'Europa centrale. I motivi sono molteplici: l'età avanzata dei boschi, il clima fresco e umido, che favorisce l'accumulo di carbonio nel suolo, e la selvicoltura naturalistica, che ha un minore impatto sul suolo.

Poiché nei precedenti 40 anni la superficie forestale ha registrato un'espansione continua e la provvигione legnosa è cresciuta, in questo periodo il bosco ha funzionato per lo più come serbatoio di carbonio. Tuttavia, alla luce dell'inversione di tendenza nella crescita rilevata nel presente rapporto e a causa delle perturbazioni e degli eventi estremi legati al cambiamento climatico, è probabile che il bosco a livello locale diventi più spesso una fonte di carbonio e che a livello nazionale ne assorba di meno. Per contrastare questo fenomeno e promuovere le tre prestazioni climatiche collegate al bosco (sequestro del carbonio, stoccaggio di carbonio nei prodotti del legno, sostituzione di materiali e materie prime più dannosi per il clima con il legno anche sul piano energetico), occorre rafforzare la resilienza del bosco con misure selviculturali e promuovere l'utilizzazione del legno, ad esempio nei mobili e nelle costruzioni.

Bosco sotto stress a causa del clima

Il rapido avanzamento del cambiamento climatico ha aggravato in modo significativo la minaccia per i boschi. Nell'ultimo decennio, numerose perturbazioni ed eventi estremi lo hanno danneggiato a livello locale e regionale: siccità primaverile del 2015, gelate tardive del 2017, tempeste Burglind e Vaia del 2018, grandinate nella Svizzera centrale del giugno 2021 e ondate di calore e siccità estive del 2018, 2019, 2022 e 2023, spesso seguite da una grave infestazione da bostrico. Per la loro rapida successione, questi eventi si sono rafforzati reciprocamente. Sono mancate fasi di recupero con anni più freschi, precipitazioni sufficienti e minore presenza di organismi nocivi. Durante questi periodi favorevoli, infatti, gli alberi possono adattare il loro metabolismo e il bosco può ricostituire le proprie riserve idriche. Altri fattori di stress, come l'elevato inquinamento da azoto o l'ozono troposferico,

hanno aggravato la situazione. Sebbene queste immissioni siano state ridotte negli ultimi anni, spesso i valori di carico critico continuano a venire superati inibendo la crescita del bosco e la sua resistenza alla siccità (Etzold et al. 2021) e rendendo l'ecosistema boschivo più vulnerabile alle infestazioni da organismi nocivi.

Anche gli organismi nocivi alloctoni, importati in Svizzera sull'onda di un commercio sempre più globalizzato, stanno avendo un forte impatto. Un esempio attuale è il disseccamento dei germogli del frassino, una patologia causata da un fungo dell'Asia orientale, probabilmente introdotto in Europa negli anni Novanta del secolo scorso assieme ad altro materiale vegetale. In Svizzera questo micete è stato osservato per la prima volta nel 2008 e da allora si è diffuso in modo epidemico. Provoca il disseccamento soprattutto dei giovani frassini, ma colpisce anche i vecchi popolamenti (Dubach et al. 2023). Il frassino, un tempo importante per la selvicoltura, rischia quindi di scomparire. Solo il 2–5 per cento dei frassini è resistente, e questi esemplari devono essere assolutamente protetti e preservati per consentire la trasmissione di detta caratteristica alla prole. Preservare il frassino è importante perché è un albero a crescita rapida che resiste relativamente bene alla siccità e offre un legno di eccellente qualità. Potrebbe quindi essere una delle specie arboree in grado di svolgere un ruolo importante per l'adattamento dei boschi al cambiamento climatico.

Rispetto alle vaste monoculture dei Paesi confinanti, i boschi svizzeri, gestiti per lo più in modo naturalistico, hanno una struttura più diversificata e sono quindi più resistenti agli effetti del cambiamento climatico. Tuttavia, alla luce dell'incremento dei danni registrati nell'ultimo decennio, la gestione forestale deve evolversi efficacemente verso una selvicoltura adattativa e naturalistica (Larsen et al. 2022). Ad esempio, le aree perturbate vanno utilizzate per promuovere specie arboree rare o per introdurne altre in grado di prosperare anche alle future condizioni climatiche, creando così boschi misti con un'elevata diversità di specie generalmente più resistenti.

Promozione globale della biodiversità nel bosco

Oltre al cambiamento climatico, la progressiva perdita di specie è una delle maggiori minacce globali del nostro

tempo, perché la biodiversità è alla base di molti servizi ecosistemici essenziali per la vita dell'uomo. In Svizzera, il 40 per cento delle circa 56 000 specie vegetali fungine e animali vive nel bosco o dipende da esso, rendendolo perciò uno degli spazi vitali più ricchi di specie del Paese. Fortunatamente la biodiversità sta registrando un'evoluzione leggermente positiva. Nell'ultimo decennio, ad esempio, le popolazioni di molti uccelli dei boschi sono aumentate. È cresciuta anche la diversità delle specie di lumache, muschi e specie arboree.

L'aumento del legno morto, che è un habitat essenziale per molte specie specializzate, ha un effetto positivo sulla biodiversità della foresta. Questo aumento è la conseguenza di una maggiore mortalità degli alberi in seguito a perturbazioni e di una gestione forestale che riconosce il valore del legno morto per la biodiversità. A livello nazionale, il volume di legno morto nei boschi ammonta attualmente a 32 metri cubi per ettaro, anche se si registrano ancora carenze a livello regionale. Inoltre, la crescente domanda di legna da ardere sta mettendo a repentaglio il legno morto, che sempre più spesso viene utilizzato come combustibile.

Si registrano progressi anche a livello di riserve forestali naturali e speciali. Alla fine del 2022, il 7 per cento della superficie forestale totale era già stato destinato a zona protetta, in particolare nella regione alpina. L'obiettivo del Consiglio federale di proteggere una quota di superficie del 10 per cento entro il 2030 è quindi a portata di mano.

Questi sviluppi positivi non devono però oscurare i deficit ancora esistenti. Il 13 per cento delle specie di piante vascolari tipiche del bosco è minacciato. Quasi la metà dei coleotteri che vivono nel legno morto è in pericolo. Inoltre, in alcune regioni si registrano ancora gravi carenze in termini di qualità degli habitat. Ad esempio, il 70 per cento dei boschi dell'Altipiano presenta ancora una percentuale troppo elevata, e quindi una proporzione non naturale, di abeti rossi. Inoltre, il 41 per cento delle associazioni forestali e dei loro spazi vitali è considerato minacciato, in particolare i boschi goleali e radi come pure gli alberi vecchi e grandi che offrono un'ampia varietà di microhabitat per le specie specializzate.

Per conservare la biodiversità sono indispensabili, oltre a una selvicoltura naturalistica, le aree di collegamento tra bosco e zone agricole, ovvero i margini boschivi e l'interconnessione paesaggistica delle aree boschive mediante siepi, gruppi di alberi e singoli alberi. I dati del presente Rapporto forestale indicano tuttavia che ad altitudini inferiori a 600 metri s.l.m. circa il 30 per cento delle superfici aperte è stato dissodato e manca di tali elementi strutturali, che sarebbero invece una testa di ponte verso altri habitat e una componente importante dell'interconnessione ecologica funzionale prevista dalla Confederazione, che mira a collegare aree con elevato numero di specie e habitat attraverso zone di protezione e connettività. Per raggiungere questi obiettivi, è necessaria una gestione integrata del bosco e del paesaggio (Krumm et al. 2020) e una stretta collaborazione tra rappresentanti del settore forestale, agricolo e della protezione della natura.

In Svizzera, il 90 per cento dei boschi si rinnova naturalmente, ovvero i giovani alberi nascono per sementazione. La rinnovazione naturale contribuisce a formare un'elevata diversità genetica degli alberi che a sua volta favorisce l'adattamento del bosco al cambiamento climatico. In talune aree, però, le eccessive popolazioni di fauna selvatica compromettono la rinnovazione naturale e il potenziale di adattamento naturale del bosco, poiché gli animali brucano i giovani alberi di specie arboree di pregio ecologico.

Affinché il bosco possa adattarsi al cambiamento climatico è altrettanto importante una sufficiente diversità di specie arboree, sia sul piano ecologico che economico. Infatti, i boschi misti con un'elevata diversità di specie arboree sono da un lato più resistenti al cambiamento climatico, dall'altro ripartiscono meglio il rischio economico di perdite in seguito a perturbazioni quali lo schianto da vento o l'infestazione da bostrico. E per garantire le numerose prestazioni del bosco e in particolare l'approvvigionamento di legname, le specie arboree autoctone e non che oggi sono ancora rare potrebbero diventare più importanti in futuro. L'impatto ecologico ed economico di queste mescolanze è oggetto di ricerche approfondite, ma è ancora difficile da stimare.

Margine d'azione limitato nel bosco di protezione

A livello nazionale, il 44 per cento della superficie forestale è destinato a bosco di protezione. La sua funzione è

quella di proteggere persone e infrastrutture dai pericoli naturali come scivolamenti, valanghe, cadute di massi o frane. I boschi di protezione sono la misura preventiva più economica e rappresentano un elemento fondamentale della gestione integrale dei rischi. Senza di loro, vivere in montagna sarebbe quasi inimmaginabile. I boschi di protezione sono presenti anche a quote più basse e sull'Altipiano. Inoltre, il suolo dei boschi filtra l'acqua incrementando la qualità dell'acqua potabile.

Il bosco di protezione sta assumendo un ruolo sempre più importante perché la popolazione e le infrastrutture da proteggere stanno crescendo così come i pericoli naturali, quali la caduta di massi, a causa del cambiamento climatico. Ma quest'ultimo ha anche un effetto deleterio sul bosco di protezione stesso. Dopo le estati calde e siccitose del 2018 e del 2022, i boschi subalpini hanno sofferto sensibilmente dello stress da siccità. Alle quote più alte le infestazioni da bostrico hanno causato danni ingenti ai boschi di conifere (Dubach et al. 2023). Tuttavia, solo un bosco in buone condizioni può garantire una protezione di lungo periodo. Tale bosco deve essere abbastanza denso di alberi sani e presentare una sufficiente rinnovazione affinché i giovani alberi possano assumere la funzione di protezione quando quelli vecchi deperiscono o vengono raccolti. Entrambi questi aspetti richiedono almeno una cura minima del bosco di protezione, come previsto dalla legge forestale, attuata nel concreto da Confederazione e Cantoni (UFAM 2024). La cura del bosco di protezione per garantire la sua azione protettiva sta diventando una sfida sempre più ardua a causa del cambiamento climatico.

Nell'ultimo decennio si è intervenuto a livello nazionale sul 17 per cento della superficie dei boschi di protezione che, nel complesso, sono diventati più densi. Sebbene questo favorisca l'azione protettiva a breve termine, nel lungo periodo la densificazione può avere conseguenze negative perché i boschi diventano più bui e omogenei. Nell'area alpina quasi il 40 per cento dei boschi di protezione è già monoplano. La scarsa disponibilità di luce nei popolamenti sempre più densi e il brucamento dei giovani alberi da parte della fauna selvatica in alcune aree costituiscono un ostacolo alla rinnovazione sotto la copertura del popolamento principale. Nell'ultimo decennio, i boschi di protezione con scarsa rinnovazione sono aumentati e rappresentano già il 30 per cento. Sono particolarmente colpiti dal brucamento

degli animali selvatici i giovani alberi di abete bianco, acero e quercia, tutte considerate specie arboree del futuro e che quindi dovrebbero essere tutelate. Questo fenomeno a tratti può compromettere l'azione protettiva. Pertanto, devono essere adottate rapidamente misure coordinate a livello regionale. Gli interventi selvicolturali e la regolazione delle popolazioni di selvaggina devono essere attentamente coordinati con i rappresentanti delle associazioni venatorie e di protezione della natura.

L'impatto del cambiamento climatico richiede un adattamento sia dei boschi di protezione che della loro gestione. Questi interventi si rivelano assai complessi nei boschi di protezione, che spesso si trovano ad altitudini elevate dove le specie arboree adatte sono limitate. Detti boschi devono essere gestiti in modo da garantire la loro azione protettiva nel lungo periodo. Di conseguenza, gli interventi e le sperimentazioni, ad esempio con specie arboree fuori stazione o non autoctone, si scontrano con dei limiti. Molto più importante è invece una rinnovazione sufficiente. Inoltre, il legno morto lasciato nel bosco, con la sua azione frenante, aumenta per decenni la protezione da valanghe, caduta di massi e scivolamenti, favorendo la rinnovazione del bosco e popolamenti strutturalmente articolati (Bebi et al. 2023).

Tutela dell'approvvigionamento e della lavorazione del legno

Per la prima volta da decenni, la crescita del volume di legno è diminuita rispetto ai rilevamenti precedenti a livello regionale. L'incremento lordo, che comprende l'accrescimento degli alberi vivi e il volume delle perdite (alberi morti in piedi e a terra e alberi prelevati dal bosco), è diminuito del 2,2 per cento rispetto al decennio precedente. La mortalità è fortemente aumentata e corrisponde al 25 per cento dell'incremento lordo. L'incremento netto, che comprende solo la variazione a livello di alberi vivi, è sceso addirittura del 13 per cento. L'utilizzazione periodica degli alberi è leggermente diminuita a livello nazionale.

Un indicatore dell'utilizzazione sostenibile del legno è il rapporto tra utilizzazione e incremento netto. In questo contesto, sostenibile significa, nel lungo termine, utilizzare la stessa quantità di legno che ricresce. Questo equilibrio si raggiunge soltanto quando per decenni l'utilizzazione media rappresenta il 100 per cento dell'incremento netto. A causa dell'attuale calo della crescita, il rapporto tra utilizzazione

e incremento netto nell'ultimo decennio ha mostrato una leggera tendenza al rialzo, raggiungendo l'89 per cento a livello nazionale. Nel Giura e sull'Altipiano l'utilizzazione supera in modo significativo l'incremento netto, fatto che comporta la riduzione della provvigenza legnosa che si è accumulata nel corso dei decenni a causa del sottoutilitizzo. Sulle Alpi e al Sud delle Alpi l'utilizzazione continua a rimanere più contenuta, pertanto la provvigenza è elevata. Ciò significa che il legno potenzialmente disponibile varia ancora da una regione all'altra. Questo potenziale risiede nei popolamenti che potrebbero essere utilizzati in modo più intensivo fino all'incremento netto, nelle provvigenze attualmente ancora elevate, nel legno proveniente da misure urgenti di adattamento al cambiamento climatico e in quello abbandonato da una precedente gestione forestale.

La domanda di legno è aumentata notevolmente. Il consumo finale rispetto al decennio precedente è aumentato di oltre il 15 per cento. La sua utilizzazione nell'economia circolare è auspicabile e può dare un importante contributo all'obiettivo «emissioni nette pari a zero» che la Svizzera intende raggiungere entro il 2050. Tuttavia, in futuro l'approvvigionamento del mercato del legno sarà una sfida per l'economia forestale.

Per molto tempo, più della metà del legno raccolto nel bosco è stata utilizzata come materiale, ad esempio in mobili o edifici. Nell'ultimo decennio questo tipo di utilizzazione è scesa dal 52 al 41 per cento, mentre è aumentato fino a circa il 56 per cento l'uso energetico (per produrre calore o elettricità). Il consumo totale di legno per uso energetico nel 2021 era di circa 5,8 milioni di metri cubi, di cui quasi la metà raccolta nel bosco. Il restante quantitativo proveniva da formazioni arboree fuori foresta, scarti di lavorazione e legno usato, che in precedenza erano destinati ad altri impieghi. Inoltre, a causa della crescente domanda di energia rinnovabile, nel 2022 si sono importate per la prima volta circa 346 000 tonnellate di prodotti a base di legna da ardere. La quota di energia dal legno rispetto al consumo finale di energia è attualmente di circa il 6 per cento. In Svizzera, il legno rappresenta la seconda fonte energetica rinnovabile dopo l'energia idraulica.

Oggi, fino al 70 per cento del legno di latifoglie raccolto nel bosco viene utilizzato per produrre energia, una quota che potrebbe aumentare ulteriormente a causa della crescente

domanda di questo vettore energetico. Di conseguenza, dette quantità vengono sottratte a quelle che potrebbero essere utilizzate per le costruzioni. Destinare il legname raccolto in bosco direttamente alla produzione di energia invece di utilizzarlo come materiale non è auspicabile per ragioni di protezione del clima, efficienza delle risorse e minore valore aggiunto. L'utilizzo del legno come risorsa energetica rinnovabile ha un effetto di sostituzione se in compenso si bruciano meno combustibili fossili; tuttavia, questo comporta un minor sequestro del carbonio atmosferico. Se invece il legno prodotto nel bosco viene sfruttato come materiale o nell'edilizia, il carbonio rimane immagazzinato a lungo. Per questo la Svizzera sostiene l'utilizzazione secondo «il principio a cascata» (UFAM 2021b), in base al quale il legno del bosco dovrebbe essere utilizzato innanzi tutto come materiale e bruciato solo alla fine del suo ciclo di vita, ad esempio ricorrendo al legno usato proveniente da edifici o mobili.

L'economia del legno lavora principalmente legno di conifere. Ma se questo scarseggia, perché alle basse altitudini crolla la produzione di legno di abete rosso a causa del cambiamento climatico, l'industria deve adattarsi. Per farlo, ha tre opzioni: passare al legno di latifoglie, che però richiede un profondo cambiamento nella catena di lavorazione; importare più legno di conifere, che però è in contrasto con l'obiettivo di rafforzare i prodotti a valore aggiunto, auspicabile per motivi di politica ambientale e climatica, oltre che sul piano economico.

La terza opzione consiste nello sfruttare in modo più intensivo il legno di conifere dei boschi svizzeri. Tuttavia, anche questa strategia ha i suoi limiti. Attualmente una maggiore utilizzazione è ipotizzabile solo sulle Alpi e al Sud delle Alpi, dove sono disponibili le maggiori riserve di legno di conifere e il prelievo, al contrario di quanto avviene sull'Altipiano o nel Giura, è ancora molto inferiore all'incremento. Tuttavia, a causa delle asperità del terreno e della scarsa accessibilità, in queste zone i costi di abbattimento e trasporto sono molto più alti rispetto ad altre regioni di produzione. I quesiti chiave sono quindi se sia possibile produrre una quantità sufficiente di legname con una selvicoltura adattativa naturalistica, nonostante il cambiamento climatico, e se la produzione nazionale di legname sia economicamente conveniente e al contempo ecologicamente sostenibile. È necessario introdurre specie

arboree alternative e non autoctone, come la douglasia, per continuare a produrre legno di conifere sull'Altipiano, nel Giura e nelle Prealpi? Oltre alla consolidata gestione naturalistica, è utile considerare i sistemi culturali con turni brevi e piantagione a rapido accrescimento su piccola scala? E in caso affermativo, in quali stazioni, in quale misura e con quali specie arboree? Come dovrebbero essere concepite le misure di compensazione per la biodiversità e le altre prestazioni forestali che verrebbero limitate da queste unità di utilizzazione più intensive? Queste domande rimangono in gran parte senza risposta. Considerato lo scenario che prevede un aumento della domanda di legno in Svizzera e nel mondo, anche in futuro verrà includere specie arboree utilizzabili economicamente nei boschi misti. Va inoltre considerato che l'offerta interna di legno contribuisce anche a garantire la filiera nazionale che va dalla lavorazione del legno raccolto ai prodotti da esso derivati. Inoltre, il trasporto produrrebbe meno emissioni e i consumatori avrebbero la certezza che il legno proviene da produzioni sostenibili.

Sfide per l'economia forestale

I drastici cambiamenti in atto pongono importanti sfide anche ai proprietari di boschi e alle imprese forestali che li gestiscono. In Svizzera, circa il 71 per cento della superficie forestale totale appartiene a proprietari di diritto pubblico che mediamente posseggono 265 ettari di bosco. Il restante 29 per cento appartiene a privati, che dispongono in media di appena 1,5 ettari. Questi rapporti di proprietà su piccola scala creano una gestione eterogenea, ma rendono difficile coordinare le misure sempre più necessarie di fronte al cambiamento climatico.

Oggi è in attivo circa la metà delle aziende forestali. Le perdite medie annue sono scese complessivamente da 58 milioni di franchi nel 2012 a 6,5 milioni di franchi nel 2021 perché i prezzi del legname sono aumentati significativamente dal 2020. La principale fonte di reddito ha continuato a essere il legname, seguito dalla gestione dei boschi di protezione con sussidi pubblici.

I proprietari o le aziende forestali non ricevono compensi per molte delle prestazioni che il bosco fornisce al pubblico o a specifici gruppi di interesse. In considerazione della crescita demografica, dell'aumento della densità urbana e dell'evoluzione verso una società del tempo libero, il bosco

è sempre più utilizzato come spazio ricreativo, e questo può causare enormi costi aggiuntivi. D'altro canto, la remunerazione delle attività ricreative o la vendita di certificati climatici potrebbero produrre ulteriori fonti di reddito. I prodotti non legnosi, come funghi, miele di bosco, alberi di Natale, castagne e carne di selvaggina, stanno diventando sempre più popolari. Di conseguenza, la pianificazione delle misure forestali cresce in complessità e si scontra con le incertezze legate ai rapidi cambiamenti del clima. Le più moderne tecnologie di telerilevamento (LiDAR, dati satellitari) per la registrazione delle condizioni del bosco, i supporti decisionali e i modelli di simulazione ottimizzati con l'intelligenza artificiale, i nuovi metodi di tracciamento della filiera e i progressi della digitalizzazione possono contribuire a integrare nella pianificazione forestale sistemi flessibili e affidabili, come ad esempio i nuovi approcci alla certificazione.



Conclusioni: bosco svizzero in transizione

Il Rapporto forestale mostra che boschi, gestione forestale, filiera del bosco e del legno stanno affrontando profondi cambiamenti. Le nuove condizioni ecologiche, economiche e sociali comportano sfide importanti. In questo capitolo vengono presentate le conclusioni tecniche dei risultati presentati nel rapporto per il settore forestale e del legno. I quesiti che emergono possono trovare risposta solo attraverso il dialogo di tutti i gruppi di interesse. Unitamente al crescente interesse per il bosco da parte di ampie fasce della popolazione, i mutamenti in atto offrono l'opportunità di ripensare e adattare gli attuali punti di vista, sistemi e processi. L'economia forestale e del legno potrebbe diventare un elemento centrale dell'economia circolare e sostenere così gli obiettivi della politica ambientale e climatica della Confederazione. Tuttavia, queste sfide potranno essere superate solo se, come società, riusciremo a creare le condizioni perché la foresta possa adattarsi al cambiamento climatico.

Per conservare un **margini di manovra per il futuro**, occorre una sufficiente diversità di specie arboree. La rinnovazione naturale e le piantumazioni integrative mirate consentono di coltivare le specie arboree del futuro che potranno incrementare la capacità di adattamento del bosco nel suo complesso. In via prioritaria, devono essere privilegiate le specie autoctone. In seconda priorità, possono essere promosse le specie autoctone provenienti da regioni più secche e calde, come ad esempio i faggi dell'Italia meridionale. Solo come terza priorità si dovrebbero prendere in considerazione specie arboree non autoctone, ma non invasive. I possibili cambiamenti e le estensioni della mescolanza di specie arboree dovrebbero essere testati sperimentalmente e gli effetti sulle prestazioni forestali e sulla biodiversità dovrebbero essere stimati utilizzando modelli di simulazione.

L'ulteriore sviluppo della selvicoltura naturalistica favorisce l'adattamento dei boschi al cambiamento climatico e promuove la biodiversità, la varietà delle specie arboree e la diversità strutturale. Una selvicoltura adattativa integra le perturbazioni nella pianificazione fin dall'inizio e stabilisce misure mirate per promuovere la biodiversità nella gestione delle foreste, ad esempio lasciando intatti il legno morto e gli alberi habitat o definendo riserve forestali. È necessario chiarire se e in quali forme di gestione possono essere aggiunte specie arboree non autoctone, per le

quali la garanzia della futura fornitura di legno utilizzabile, compreso quello di conifere, svolge un ruolo fondamentale. Oltre alla selvicoltura adattativa naturalistica, occorre attuare maggiormente la **gestione integrata** per promuovere contemporaneamente diverse prestazioni forestali. Il bosco deve essere considerato come parte integrante del paesaggio che collega diversi habitat in tutto il Paese.

La **filiera del bosco e del legno**, dalla produzione di materie prime alla loro lavorazione e all'utilizzo dei prodotti, dovrà adattarsi in futuro alle mutate condizioni. Il cambiamento climatico in alcune aeree comporterà variazioni nella mescolanza di specie arboree. A seconda della regione, è probabile che possono trarne vantaggio le specie di latifoglie più resistenti alla siccità e che la percentuale di conifere diminuisca di conseguenza. Questo potrebbe diventare problematico per gli approvvigionamenti, che attualmente si basano molto sul legno di conifere, soprattutto per il legname da costruzione. Nuove specie e assortimenti richiedono processi tecnologici e prodotti innovativi, campi d'impiego versatili e nuove reti di operatori che utilizzino anche questi prodotti.

I cambiamenti imminenti sono forieri di **obiettivi contrarianti nella gestione forestale**. Uno di questi è quello tra la crescente domanda di legno da energia e l'esigenza di disporre di più legno morto, isole di boschi vetusti e alberi habitat per proteggere gli spazi vitali e le specie. Affinché il bosco possa fornire le varie prestazioni forestali secondo il principio della multifunzionalità, occorre riconoscere tempestivamente le aree di conflitto e integrarle nella pianificazione forestale. Solo in questo modo possono nascere soluzioni basate sulle sinergie anziché sui conflitti.

I conflitti di interesse in ambito **bosco-selvaggina-agricoltura-protezione della natura**, come il brucamento degli animali selvatici, che in alcune aree è eccessivo e ha un impatto negativo sulle funzioni forestali, devono essere risolti in modo olistico e al livello appropriato. Ad esempio, sebbene i grandi carnivori come i lupi causino danni al bestiame, contribuiscono anche a regolare le popolazioni di fauna selvatica nel bosco e quindi a ridurre l'impatto del brucamento (Kupferschmid e Bollmann 2016). I rischi e i benefici di una tale regolamentazione dovrebbero essere ponderati congiuntamente e in modo costruttivo dai gruppi di interesse a livello locale.

Per superare le attuali sfide, sono indispensabili **sistemi di monitoraggio ambientale periodici e a lungo termine**, in grado di rilevare lo stato e l'evoluzione del bosco e di individuare tempestivamente i cambiamenti e le relative cause (Ferretti et al. 2024). Su questa base, i rappresentanti di tutti i gruppi di interesse devono intensificare il dialogo per sviluppare congiuntamente percorsi sostenibili per il futuro. In alcuni ambiti, i cambiamenti richiederanno adeguamenti del sistema, che dovranno essere prontamente recepiti da pratica, ricerca, amministrazione e, soprattutto, istruzione e formazione. In questo modo il bosco svizzero potrà fornire anche in futuro le prestazioni che soddisfano le esigenze della società.

Conseguenze

Michael Husstein, Alexandra Strauss, Michael Reinhard

Il presente capitolo è una sintesi destinata agli organi decisionali della politica, dell'economia e della società. Si basa sui risultati dei capitoli tematici, sulle sintesi e sulla conclusioni del Rapporto forestale 2025.

Condizioni quadro politiche

Con la Politica forestale 2020, il rapporto «Politica forestale: obiettivi e misure 2021–2024» e la Politica della risorsa legno 2030, la Confederazione ha definito l'impronta strategica degli ultimi dieci anni, che includeva anche la revisione della legge forestale, entrata in vigore il 1° gennaio 2017. Questo traguardo è stato completato da misure sull'adattamento al cambiamento climatico, sulla protezione del bosco da organismi nocivi e sulla promozione della lavorazione e dell'utilizzo del legno. Per il periodo a partire dal 2025 il Consiglio federale ha conferito il mandato per la «Strategia integrale per le foreste e il legno 2050» che riunirà queste politiche.

Mutamento delle condizioni ambientali

Il cambiamento climatico altererà sempre più le condizioni dell'ecosistema forestale. Già oggi gli eventi estremi come siccità, tempeste e incendi boschivi, in combinazione con organismi nocivi ed elevati apporti di azoto, stanno avendo un impatto visibile. Sono colpiti anche i boschi di protezione e gli habitat di numerose specie animali e vegetali. La domanda di legno, una risorsa rinnovabile ma limitata, è in aumento. A causa del cambiamento climatico, in futuro sarà disponibile sul mercato del legname una maggiore quantità di legno di latifoglie. Aumentano anche le esigenze in materia di tempo libero e attività ricreative nei boschi. L'interrogativo principale è: sarà possibile sostenere l'ecosistema forestale in modo che possa fornire i suoi importanti servizi alla società in una situazione in rapido cambiamento? Il Rapporto forestale mostra che le numerose funzioni del bosco diventano sempre più importanti con l'avanzare del cambiamento climatico. Vanno individuati le sinergie e gli eventuali obiettivi in conflitto per analizzare in profondità le interrelazioni. Ne deriva che occorre sviluppare misure coordinate e appropriate a tutti i livelli (nazionale, cantonale e regionale).

Conservazione dell'ecosistema del bosco

Sono tante le sfide che occorre affrontare per sostenere la resilienza e l'adattabilità dell'ecosistema al cambiamento globale:

- Assicurare la **capacità del bosco di adattarsi al cambiamento climatico**. La rinnovazione, che deve essere appropriata alla stazione e adatta alle condizioni climatiche future, svolge un ruolo centrale. Deve essere eseguita mediante tagli seguiti da cure periodiche del bosco. Anche le misure venatorie (regolazione delle popolazioni di fauna selvatica per ridurre il brucamento) e selvicolaturali (valorizzazione dell'habitat) contribuiscono a garantire una sufficiente rinnovazione. Una gestione forestale che promuova la diversità delle strutture e delle specie arboree del bosco come anche la varietà genetica degli alberi sostiene l'adattabilità e riduce il rischio di danni in seguito a perturbazioni ed eventi estremi. A seconda dei popolamenti e della stazione, anche una riduzione dei turni può ridurre il rischio. Vanno inoltre individuati i popolamenti molto sensibili al clima in modo da considerarli in maniera mirata per la gestione.
- Preservare la **superficie forestale nella sua attuale distribuzione territoriale**. L'obbligo di conservazione delle foreste prescritto dalla legge deve essere mantenuto. In particolare, sull'Altipiano e nelle valli è necessario attribuire grande valore alla conservazione delle aree forestali e quindi alle prestazioni che il bosco fornisce alla società, a fronte di richieste di spazio sempre più concorrenti.
- Preservare i progressi compiuti a livello di **biodiversità del bosco**, in particolare alla luce delle perdite di biodiversità predominanti all'esterno dei boschi. Questo richiede la valorizzazione dello spazio vitale da realizzare con riserve forestali, boschi radi, legno morto e margini boschivi di pregio. Le differenze a livello regionale devono essere appianate. Per l'adattabilità delle comunità di specie al cambiamento climatico è importante creare e sviluppare ulteriormente preziosi habitat interconnessi nel bosco stesso collegandoli agli ecosistemi vicini.
- Rafforzare **vitalità e salute dei boschi**. In futuro molti fattori di stress si presenteranno con una maggiore frequenza e anche in diverse combinazioni. Occorre ridurre

i fattori influenzabili come le emissioni di gas serra, gli eccessivi apporti di azoto, la diffusione di organismi nocivi e gli incendi boschivi provocati dall'uomo. Per evitare o contrastare questi effetti e per prepararsi ad affrontare possibili eventi, sono necessarie misure efficaci.

Garanzia delle funzioni forestali

Solo se riusciremo a vincere queste sfide, il bosco potrà continuare a svolgere le sue funzioni preservando una gestione forestale sostenibile e la multifunzionalità. Sono particolarmente rilevanti le funzioni seguenti:

- **I boschi di protezione** proteggono le persone e le infrastrutture dai pericoli naturali. La cura dei boschi di protezione ha lo scopo di garantirne a lungo termine l'azione protettiva anche in presenza di un clima mutevole. I fattori chiave sono una rinnovazione ricca di specie e adatta al clima e popolamenti riccamente strutturati. Tuttavia, un numero crescente di boschi di protezione non presenta una sufficiente rinnovazione e molti dei loro popolamenti hanno una struttura carente che li rende più vulnerabili alle perturbazioni. Affinché i boschi di protezione possano fornire le loro prestazioni a lungo termine, occorrono cure tempestive, misure di adattamento al clima adeguate alle condizioni regionali e una gestione efficace della fauna e della flora dei boschi.
- L'evoluzione verso l'economia circolare e la bioeconomia aumentano la domanda della **risorsa legno**. Per questo è importante un'utilizzazione sostenibile e l'uso efficiente delle risorse secondo il principio a cascata, in base al quale il legno deve essere impiegato come fonte energetica solo quando non può più essere utilizzato come materiale. L'utilizzo a cascata è utile sia sul piano ecologico che economico, ma richiede una catena del valore chiusa, autonoma, efficiente e innovativa, in grado di sviluppare sistemi per favorire una provvigione legnosa con più latifoglie e nuovi prodotti a base di legno. Per conseguire questo obiettivo, occorre creare le condizioni per dare una sufficiente stabilità alla pianificazione e agli investimenti e assicurare i finanziamenti alla ricerca e ai progetti pilota che ne scaturiscono.
- La gestione forestale e l'utilizzazione del legno forniscono un **contributo alla protezione del clima** immagazzinando il CO₂ nel bosco (sequestro di carbonio) e nei prodotti a base di legno (stoccaggio di carbonio nel legno e sostituzione di materiali più dannosi per il clima) e sostituendo i vettori energetici ad elevate emissioni di

CO₂ con il legno da energia (sostituzione energetica). Queste prestazioni climatiche devono essere rafforzate, tenendo conto del principio a cascata. Gli operatori dell'economia forestale e del legno dovrebbero sviluppare progetti mirati nell'ambito degli strumenti disponibili.

- L'importanza del **bosco come area ricreativa e di svago** per le persone è in aumento. In particolare, nelle città e nei loro dintorni gli spazi verdi sono sempre più frequentati. Per fornire queste prestazioni, occorre coordinare attentamente gli interessi e compensare i maggiori costi o i minori ricavi derivanti da questo tipo di utilizzazione.

La strada per il futuro

I risultati del Rapporto forestale 2025 confluiranno nella «Strategia integrale per le foreste e il legno 2050», che propone misure per tutti i campi d'azione e indica l'orientamento strategico per il comparto bosco e legno. Essa si basa su un equilibrio tra aspetti di protezione e utilizzazione e tiene conto delle politiche settoriali come clima, energia, biodiversità, pianificazione territoriale ed economia circolare. La «Strategia integrale per le foreste e il legno 2050» si fonda sul principio di condivisione di responsabilità tra Confederazione e Cantoni e coinvolge tutti i gruppi di interesse del settore bosco e legno. La politica è chiamata a creare le condizioni quadro per un bosco sano e adattato al cambiamento climatico. Per questo servono un buon coordinamento e una cooperazione costruttiva tra politica, autorità, economia, scienza e società civile.

Fonti dei dati

Christoph Fischer, Alexandra Strauss

Vasto monitoraggio di lungo periodo

Il Rapporto forestale si fonda su una base straordinariamente ampia di dati provenienti da rilevamenti di lungo periodo e su una loro interpretazione rigorosa, basata sugli indicatori standardizzati e riconosciuti di Forest Europe (Forest Europe 2020). L'ampia raccolta di dati, la comparabilità internazionale dei risultati e la loro integrazione nei quesiti rilevanti hanno reso il Rapporto forestale un'opera di riferimento nel settore del bosco e del legno. In questa edizione sono stati presi in considerazione i dati disponibili fino a luglio 2023.

Il Rapporto forestale 2025 vanta la collaborazione di circa 90 esperti. È strutturato in sei capitoli e in diversi sottocapitoli che corrispondono rispettivamente ai criteri di gestione forestale sostenibile e agli indicatori di Forest Europe. Per trattare gli aspetti specifici del bosco svizzero, in alcuni punti però il rapporto si discosta da questa

struttura: ad esempio nel capitolo 2 è stato aggiunto il sottocapitolo 2.5 «Influenza del cambiamento climatico su salute e vitalità».

I dati raccolti nel lungo periodo e la loro interpretazione attraverso l'intero spettro di indicatori consentono di effettuare una solida valutazione della gestione sostenibile del bosco. Le indagini su cui si basa il Rapporto forestale 2025 sono presentate e descritte nel seguito.

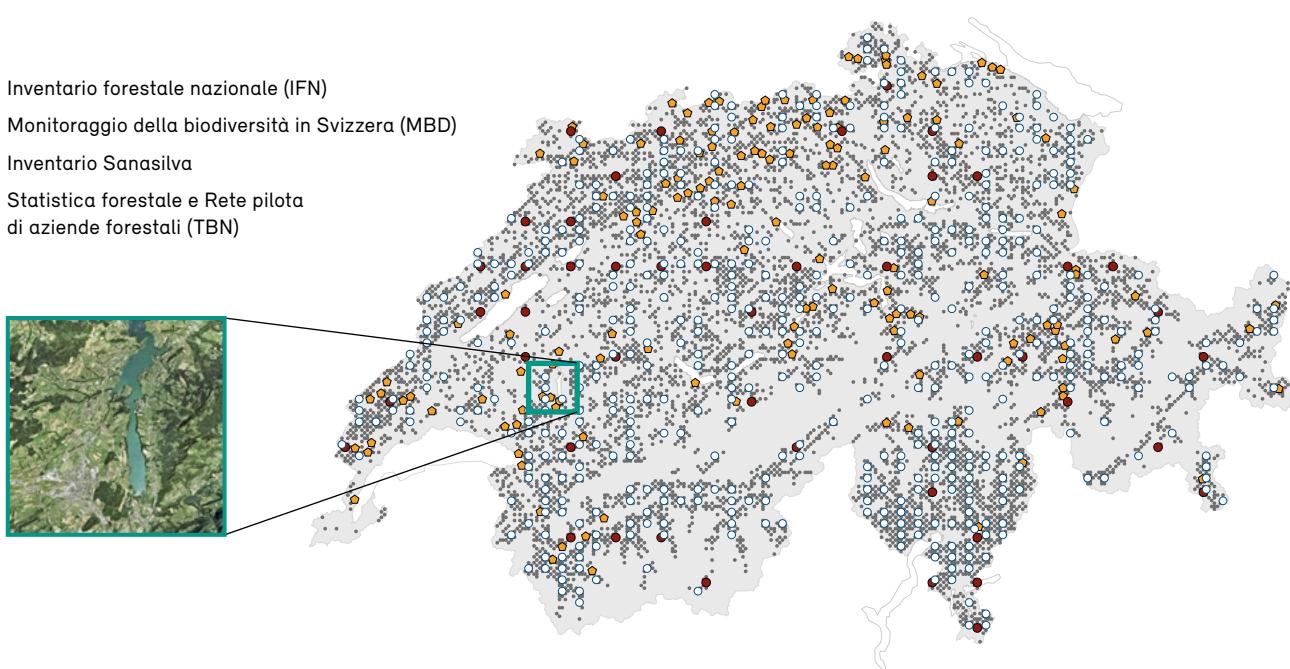
Legenda

- |||| Indagine statistica
- ▢ Inchiesta
- |||| Osservazioni o misurazioni sul campo

Figura 0.4.1

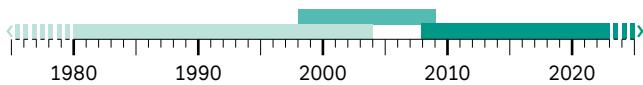
Rilevamenti su scala nazionale

- Inventario forestale nazionale (IFN)
- Monitoraggio della biodiversità in Svizzera (MBD)
- Inventario Sanasilva
- ◆ Statistica forestale e Rete pilota di aziende forestali (TBN)



■ Telerilevamento

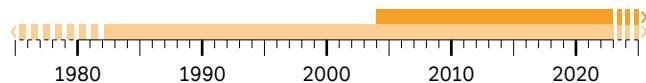
Valutazione di immagini aeree di Swisstopo da parte del WSL per lo studio dell'evoluzione del bosco e del paesaggio.



- 1927-2003: immagini aeree in bianco e nero
- 1998-2008: immagini aeree a colori
- Dal 2008: immagini aeree digitali e all'infrarosso a colori

◆ Statistica forestale e Rete pilota di aziende forestali (TBN)

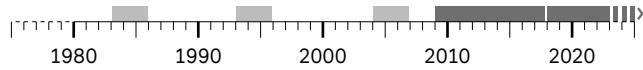
Rilevamento integrale di tutti i proprietari di bosco (statistica forestale) ed esame di un campione di 160 aziende forestali pubbliche (TBN).



- Dal 1923: statistica forestale annuale
- Dal 2004: Rete pilota di aziende forestali (TBN)

● Inventario forestale nazionale (IFN)

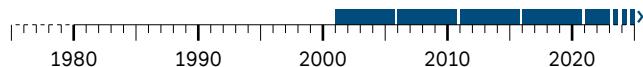
Rileva lo stato e i cambiamenti del bosco svizzero su circa 6700 aree di saggio.



- IFN1 1983-1985; IFN2 1993-1995; IFN3 2004-2006
- Dal 2009 rilevamenti continui: IFN4 2009-2017; IFN5 2018-2026

○ Monitoraggio della biodiversità in Svizzera (MDB)

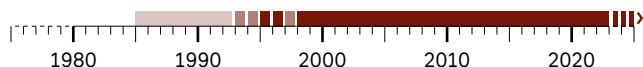
Rileva l'evoluzione della biodiversità sulla base di un sotto-campione dell'IFN.



- Dal 2001 rilevamenti continui:
 - 2001-2005 primo rilevamento; 2006-2010 secondo rilevamento;
 - 2011-2015 terzo rilevamento; 2016-2020 quarto rilevamento;
 - 2021-2025 quinto rilevamento

● Inventario Sanasilva

Rileva lo stato di salute degli alberi (diradamento delle chiome e tasso di mortalità) utilizzando un sotto-campione dell'IFN.



- 1985-1992: circa 8000 alberi su 700 aree di saggio in un reticolo di 4 x 4 km
- 1993, 1994, 1997: circa 4000 alberi su 170 aree di saggio in un reticolo di 8 x 8 km
- 1995, 1996 e dal 1998: circa 1100 alberi su 49 aree di saggio in un reticolo di 16 x 16 km

Non indicata nella figura 0.4.1:

InfoSpecies

Associazione ombrello nel campo della promozione delle specie. Registra sistematicamente la distribuzione e la presenza di specie animali, vegetali e fungine e segnalazioni di volontari.

- 1950-1959: rilevamenti per l'Atlante storico degli uccelli nidificanti
- 1967-1979: rilevamenti per l'Atlante della distribuzione delle pteridofite e fanerogame della Svizzera
- Dal 1980: rilevamenti sistematici di diversi gruppi di organismi

Monitoraggio socioculturale del bosco (WaMos)

Esamina gli atteggiamenti della popolazione nei confronti del bosco mediante la consultazione di un campione rappresentativo di economie domestiche.

- 1978: studio precedente Hertig
- 1997: WaMos 1
- 2010: WaMos 2
- 2020: WaMos 3

Statistica della superficie

Raccoglie informazioni inerenti l'utilizzo e la copertura del suolo su una rete di campionamento con una maglia di 100 x 100 metri.

- AREA 1 1979-1985; AREA 2 1992-1997; AREA 3 2004-2009;
- AREA 4 2013-2018; AREA 5 2020-2025

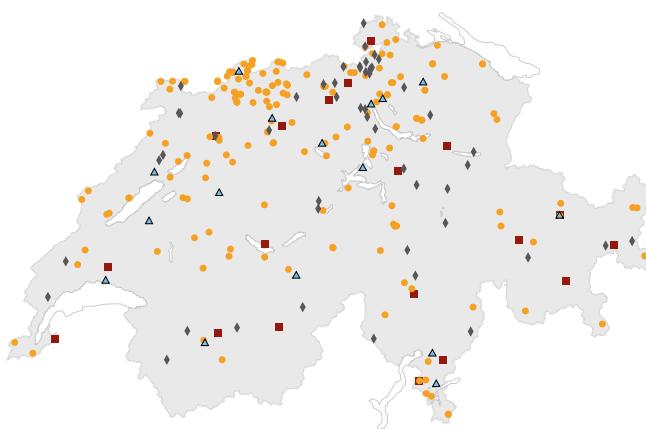
Servizio fitosanitario per il bosco svizzero

Rileva i danni al bosco causati dal gelo e dagli organismi nocivi (insetti, funghi, selvaggina).

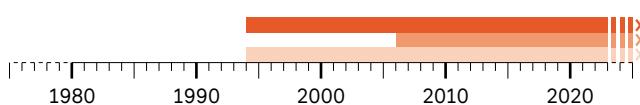
- Dal 1984

Figura 0.4.2*Rilevamenti mirati su superfici selezionate*

- Ricerca a lungo termine su ecosistemi forestali (LWF)
- Monitoraggio forestale permanente intercantonale (WDB)
- ◆ Ricerca e monitoraggio degli impatti nelle riserve forestali naturali (NWR)
- ▲ Rete nazionale d'osservazione degli inquinanti atmosferici (NABEL)

**■ Ricerca a lungo termine su ecosistemi forestali (LWF)**

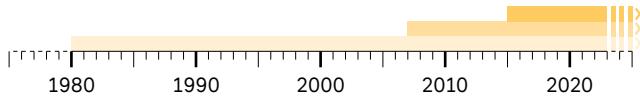
Studio degli effetti dell'inquinamento atmosferico e del cambiamento climatico sul bosco.



- Aree a monitoraggio intensivo: dal 1994 su 17 aree
- Super Sites: dal 2006 su 2 aree
- Aree di studio sperimentali: dal 1994 su 2 aree

● Programma intercantonale di osservazione permanente (WDB)

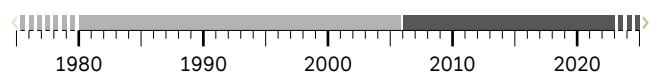
Rileva e documenta la salute e la vitalità dei boschi su 188 aree di osservazione.



- Dal 1984: nei Cantoni AG, BE, BL, BS, SO, ZG e ZH
- Dal 2007: anche nel Cantone TG
- Dal 2015: anche nei Cantoni GR, LU, NW, OW, SZ e UR

◆ Monitoraggio delle riserve forestali naturali della Svizzera

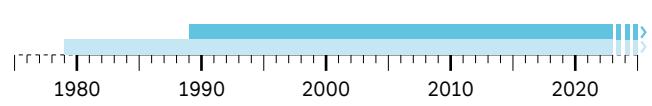
Rileva e analizza dal 1948 l'evoluzione del bosco nelle riserve.



- 1948–2005: ricerca sulle riserve presso il Politecnico federale di Zurigo (PFZ) in 39 riserve
- Dal 2006: ricerca sulle riserve presso WSL, PFZ e UFAM in 49 riserve con metodologie rielaborate

▲ Rete nazionale d'osservazione degli inquinanti atmosferici (NABEL)

Misura l'inquinamento atmosferico in 16 diverse stazioni (centro città, zone rurali, alta montagna).



- Dal 1979: rilevamenti in 8 stazioni
- Dal 1989: rilevamenti in 16 stazioni

Altri dati di base del Rapporto forestale 2025

■ Statistica dei dissodamenti autorizzati

■ Statistica della caccia: evoluzione delle popolazioni di animali

■ Osservazione nazionale delle acque sotterranee (NAQUA)

■ Banca dati degli incendi boschivi WSL Swissfire database

■ Monitoraggio delle specie nelle riserve forestali naturali: rilevamento delle specie xilobionte come indicatori di naturalità

■ Statistica dell'energia del legno: focolai alimentati a legna

■ Statistica strutturale delle imprese: sulla base dei registri delle casse di compensazione AVS

■ Rete d'osservazione del paesaggio svizzero (LABES): circa 30 indicatori sulla qualità del paesaggio

1

Risorse

Il bosco caratterizza il paesaggio della Svizzera: bosco di montagna sul massiccio della Sibe Hängste (BE), con vista sullo Schreckhorn.

Foto: Simon Speich (IFN)







1 Risorse

Christoph Fischer, Michael Husistein

Le prestazioni del bosco svizzero sono molteplici, ad esempio immagazzina carbonio e fornisce materie prime rinnovabili. La superficie boschiva è aumentata solo leggermente nell'ultimo decennio, soprattutto ad alta quota in seguito all'abbandono delle attività alpestri. La provvигione legnosa è rimasta costante su scala nazionale a 420 milioni di metri cubi, pur evolvendosi in modo differente a livello regionale. Nelle Alpi e al Sud delle Alpi è aumentata, mentre è leggermente diminuita nel Giura e sull'Altipiano. Queste variazioni sono dovute soprattutto alle diverse intensità di utilizzazione e alle perdite dovute ai cambiamenti del clima, che hanno comportato un elevato tasso di mortalità e un aumento delle utilizzazioni forzate. Ne hanno risentito soprattutto l'abete rosso e il faggio sulle stazioni sensibili al clima. I boschi ben strutturati e i popolamenti misti ricchi di specie sono in grado di adattarsi meglio ai mutamenti del clima, i quali comporteranno variazioni a livello di quantità e qualità di offerta di legname. Sono gli alberi giovani che faranno i boschi di domani. Per mantenerli resilienti e con una rinnovazione sostenibile, occorre promuovere attivamente la diversità nella struttura dei boschi. L'adattamento al cambiamento climatico, ad esempio con specie arboree e strutture adeguate, porrà un'importante sfida: solo i boschi in grado di adattarsi potranno continuare a fornire le loro molteplici prestazioni anche in futuro.

1.1 Superficie forestale

Roberto Bolgè, Fabrizio Cioldi, Cristiana Mainieri

- La superficie forestale è aumentata solo leggermente nell'ultimo decennio, e la maggior parte dell'incremento si è registrato alle altitudini più elevate, dove i boschi hanno soppiantato l'uso agricolo.
- Il bosco ricopre quasi un terzo della superficie totale della Svizzera, ovvero 1,3 milioni di ettari. Il Sud delle Alpi ne è particolarmente ricco con una quota del 55 per cento, mentre l'Altipiano densamente popolato raggiunge circa il 24 per cento.
- Preservare l'attuale area forestale e la sua ripartizione geografica rimarrà una sfida nelle regioni caratterizzate da una spiccata concorrenza per l'utilizzo del suolo come l'Altipiano o i fondovalle.

Distribuzione della superficie forestale in Svizzera

Il bosco ricopre quasi 1,3 milioni di ettari o il 32 per cento della superficie nazionale, ma a livello regionale si registrano forti differenze. Il Sud delle Alpi è particolarmente ricco di boschi con una quota del 55 per cento; seguono il Giura con il 40, le Prealpi con il 35 e le Alpi con il 28 per cento, mentre la percentuale minore (24 %) si registra sull'Altipiano densamente popolato. La boscosità varia a seconda dell'altitudine: i boschi si trovano principalmente a quote comprese tra i 600 e i 1800 metri s.l.m., con una prevalenza per quelle oltre i 1000 metri. Al Sud delle Alpi, già le altitudini a partire da 600 metri s.l.m. registrano una copertura di oltre l'80 per cento. A livello nazionale, il 61 per cento della superficie forestale è attualmente costituito da boschi di conifere e il 39 per cento da boschi di latifoglie (Abegg et al. 2023).

Evoluzione della superficie forestale

In Svizzera, da oltre 150 anni la superficie forestale è in aumento. Negli ultimi dieci anni, l'incremento è stato di 23 000 ettari (0,2 % annuo), decisamente inferiore rispetto a quello dei decenni precedenti. Nel Giura, sull'Altipiano e nelle Prealpi la superficie forestale è rimasta costante, mentre è aumentata dello 0,4 per cento nelle Alpi e dello 0,3 annuo al Sud delle Alpi (Abegg et al. 2023). Quasi il 75 per cento di questa crescita si è registrata ad altitudini superiori ai 1400 metri s.l.m., soprattutto nelle aree dove l'agricoltura è stata abbandonata e gli alberi hanno potuto diffondersi. In queste zone la Confederazione promuove prestazioni per la preservazione dell'apertura del paesaggio e la gestione delle superfici agricole pregiate tramite pagamenti diretti, creando così le condizioni per contrastare l'espansione della superficie forestale.

Le superfici boschive mutano anche a causa dei dissodamenti per il cambio di destinazione d'uso dei terreni, soprattutto nelle aree caratterizzate da un'elevata competizione per l'utilizzazione del suolo. Secondo la statistica dei dissodamenti, tra il 2013 e il 2022 sono stati dissodati in media 166 ettari di bosco all'anno (indicatore foreste e legno, UFAM). Nel 2022 sono stati concessi permessi di dissodamento per estrarre materie prime (40 %), correggere corsi d'acqua (26 %) e realizzare

Figura 1.1.1

Limite del bosco sopra Grächen (VS). La superficie forestale ha continuato ad aumentare nell'area alpina. L'incremento registrato dal 2013 al 2022 è stato però inferiore rispetto ai decenni precedenti.

Foto: Roberto Bolgè



infrastrutture di trasporto (11 %). I dissodamenti sono stati compensati per lo più da rimboschimenti su superfici equivalenti, sebbene siano ammesse anche altre tipologie di interventi. Al posto del rimboschimento compensativo, i Cantoni possono realizzare misure per la conservazione della natura e del paesaggio, a condizione che nella loro pianificazione del territorio abbiano definito aree in cui la superficie forestale può aumentare. Hanno inoltre la facoltà di stabilire margini statici all'esterno delle zone edificabili quando è necessario impedire un aumento della superficie forestale. Tali aree devono essere riviste e, se necessario, adattate, ad esempio in occasione della revisione dei piani direttori. Con queste misure i Cantoni possono intervenire nello sviluppo dei boschi quando il principio della conservazione stabilito dalla legge forestale (art. 3 LFo) non è più rispettato.

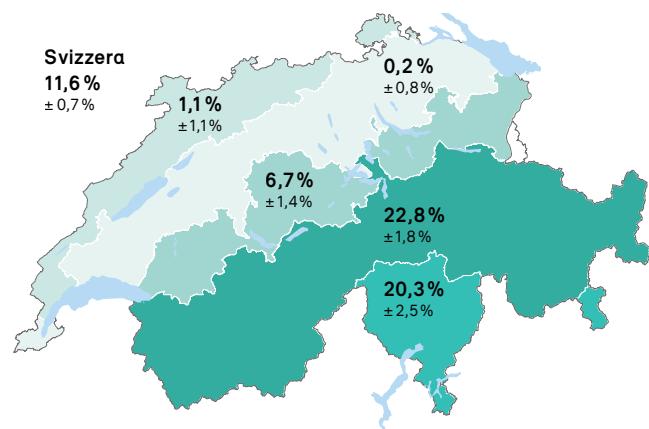
Finora gli strumenti di conservazione forestale abbinati al divieto di dissodamento e alla possibilità di ottenere autorizzazioni in deroga a condizioni prestabilite si sono rivelati efficaci. Sebbene soprattutto sull'Altipiano i boschi siano minacciati, la superficie forestale è rimasta invariata nel corso dei decenni (fig. 1.1.2). Tuttavia, è probabile che la pressione aumenti ulteriormente a causa dell'elevato fabbisogno di superfici per realizzare edifici e infrastrutture e dell'intensificarsi della concorrenza per l'utilizzazione del suolo. È quindi prematuro ipotizzare che l'attuale superficie forestale sarà preservata anche in futuro. L'attuazione di misure per coordinare la pianificazione territoriale e forestale, garantendo anche la conservazione dei boschi, sarà una sfida complessa ma sempre più importante.

Funzioni e prestazioni del bosco

L'importanza del bosco non si limita alla sua estensione rispetto ad altri elementi del paesaggio, ma si riflette anche nelle diverse funzioni e prestazioni che fornisce alla popolazione (cap. 3.4). Oltre a produrre legname, protegge l'abitato e le infrastrutture da scivolamenti, caduta di massi, valanghe o apporti di materiale solido di fondo e legname galleggiante nei corsi d'acqua, offre un habitat prezioso per animali e piante, filtra l'acqua piovana rendendola potabile, immagazzina carbonio e funge da area ricreativa e di svago. Tutte le attività come anche le esigenze e le aspettative legate al bosco sono coordinate tramite gli strumenti della pianificazione forestale (cap. 3.5). Gli interessi sempre più

Figura 1.1.2

Variazione della superficie forestale nelle cinque regioni di produzione e in tutto il territorio svizzero dal 1983 al 2022.



Fonte: IFN (Abegg et al. 2023)

diversificati sono definiti sotto forma di funzioni e prestazioni del bosco (UFAM 2022a; cap. 3.4). La Costituzione federale sancisce le funzioni protettive, economiche e ricreative delle foreste (art. 77 cpv. 1 Cost.). La Confederazione e i Cantoni devono provvedere affinché le foreste possano svolgere questi compiti. In linea con la politica forestale della Confederazione, i Cantoni seguono il principio della multifunzionalità, ovvero il bosco deve fornire diverse funzioni e prestazioni sulla stessa area.

In tutta la Svizzera, sul 44 per cento della superficie forestale la protezione dai pericoli naturali ha la precedenza sulle altre funzioni (Abegg et al. 2023). Nelle Alpi e al Sud delle Alpi questa è di gran lunga la funzione più importante. Sul 38 per cento della superficie forestale nazionale la produzione di legname ha una funzione prioritaria ed è particolarmente frequente nel Giura e sull'Altipiano. Altri aspetti, come la conservazione della natura e del paesaggio, la conservazione della fauna selvatica e la protezione dell'acqua potabile sono prioritari sul 13 per cento della superficie. E sebbene la funzione ricreativa sia prioritaria solo sul 2 per cento della superficie, la stragrande maggioranza dei boschi svizzeri è utilizzata dalla popolazione per attività ricreative o salutari (Abegg et al. 2023). I boschi vicino ai centri abitati rivestono un'enorme importanza anche per le infrastrutture comunali dedicate agli spazi verdi e alle attività all'aperto.

1.2 Provvigione legnosa

Fabrizio Cioldi, Marjo Kunnala

- A livello nazionale, la provvigione legnosa è rimasta costante nell'ultimo decennio, pur evolvendosi in modo differente a livello regionale. Al Sud delle Alpi è cresciuta del 12 per cento e nelle Alpi del 7 per cento, mentre sull'Altipiano e nel Giura è diminuita rispettivamente del 5 e del 3 per cento.
- L'intera provvigione degli alberi vivi ammonta a 420 milioni di metri cubi, ovvero 347 metri cubi per ettaro. Il 68 per cento è rappresentato da conifere e il 32 per cento da latifoglie.
- Il cambiamento climatico avrà un forte impatto sulla futura composizione delle specie arboree. Nel Giura e sull'Altipiano è probabile che la provvigione continuerà a diminuire a causa dell'aumento della mortalità e delle utilizzazioni forzate.

Evoluzione della provvigione legnosa

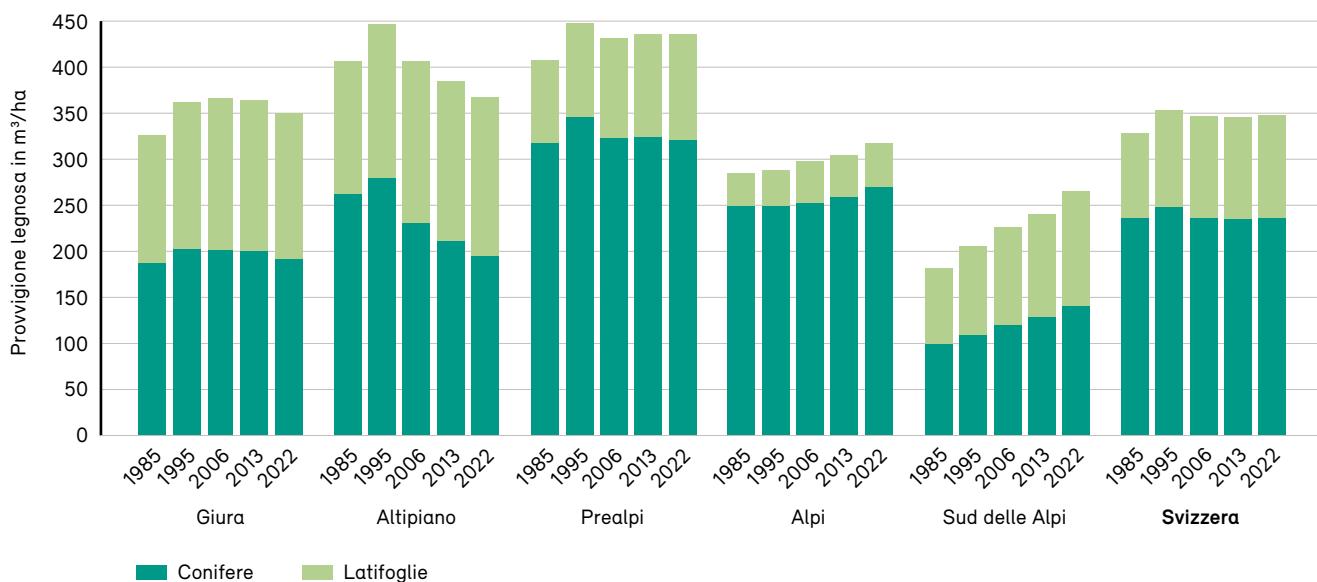
L'inventario forestale nazionale (IFN) registra periodicamente il volume degli alberi del bosco svizzero. A questo scopo nelle aree di saggio vengono misurati tutti gli alberi in piedi e a terra che presentano un diametro a petto d'uomo (DPU)

di almeno 12 centimetri. Si distingue tra volume di alberi vivi (provvigione legnosa) e morti (volume di legno morto). La loro somma costituisce il volume totale di legno, che, stando alla valutazione intermedia dell'IFN5 (2018–2022), in Svizzera è di 459 milioni di metri cubi (Abegg et al. 2023), di cui 39 milioni di metri cubi, ovvero circa l'8 per cento, è costituito da alberi morti (cap. 4.5). Negli ultimi dieci anni il volume di legno morto è aumentato di un terzo.

La provvigione degli alberi vivi ammonta a circa 420 milioni di metri cubi a livello nazionale (Abegg et al. 2023). In rapporto alla superficie, la media è di 347 metri cubi di legno per ettaro (fig. 1.2.1). Dall'IFN4 (2009–2013) la provvigione legnosa in Svizzera è rimasta complessivamente invariata, ma con evoluzioni differenti a livello regionale. Sulle Alpi e al Sud delle Alpi è aumentata rispettivamente del 7 e del 12 per cento, perché il legno utilizzato è stato inferiore a quello cresciuto e in secondo luogo perché il bosco ha riconquistato terreni agricoli abbandonati. Nel Giura (– 3 %) e sull'Altipiano (– 5 %) la provvigione è diminuita principalmente a causa dell'aumento della mortalità

Figura 1.2.1

Evoluzione della provvigione di latifoglie e conifere nelle cinque regioni di produzione e in tutta la Svizzera (aumento della superficie forestale incluso).



degli alberi e delle utilizzazioni forzate, dovute a siccità, malattie o infestazioni da bostrico (cap. 2.5).

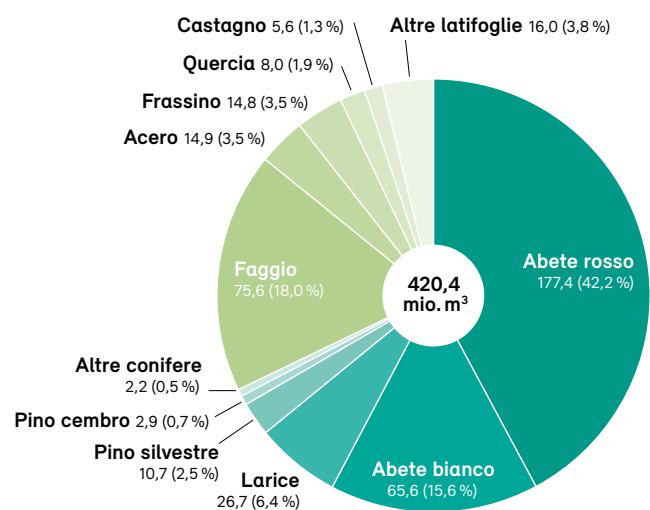
Quota di provviggione delle specie arboree e loro evoluzione regionale

A livello nazionale, la provviggione legnosa è composta per il 68 per cento da conifere e per il 32 per cento da latifoglie. La specie arborea più diffusa è l'abete rosso, con una quota del 42 per cento (fig. 1.2.2; Abegg et al. 2023), ed è quella più abbondante in tutte le regioni, ad esclusione del Giura. Nell'ultimo decennio, nelle Alpi la sua provviggione è aumentata del 6 per cento, sull'Altipiano e nel Giura invece è diminuita rispettivamente del 15 e del 10 per cento. Il faggio viene al secondo posto a livello nazionale (18 %). Nel Giura questa specie arborea è addirittura quella più abbondante (31 %), sebbene sia diminuita del 7 per cento. Sull'Altipiano il faggio si colloca al secondo posto (26 %). La provviggione di faggio al Sud delle Alpi è aumentata del 20 e nelle Alpi dell'8 per cento. L'abete bianco occupa il terzo posto a livello nazionale (16 %). La sua provviggione è elevata soprattutto nel Giura e nelle Prealpi. Nelle Prealpi e al Sud delle Alpi è aumentata rispettivamente del 9 e del 18 per cento.

Al quarto posto a livello nazionale si colloca il larice, con una quota del 6 per cento. La sua provviggione è fortemente aumentata soprattutto al Sud delle Alpi ma anche nelle Alpi. L'acer di monte è l'unica specie che ha registrato un aumento significativo in tutte le regioni con una media del 19 per cento. A livello nazionale, l'IFN registra una provviggione del 4 per cento per questa specie arborea. Pertanto, assieme al frassino, è la latifoglia con la seconda percentuale di provviggione più alta dopo il faggio. La provviggione di frassino è diminuita drasticamente (- 10 %) a causa del disseccamento dei germogli (Rigling et al. 2016). Le quote nazionali di altre specie arboree come il pino silvestre e la quercia sono ancora più basse, rispettivamente del 3 e del 2 per cento. Il castagno cresce quasi esclusivamente al Sud delle Alpi, dove con il 13 per cento rappresenta una quota significativa delle specie arboree. Tuttavia, per la prima volta dall'inizio dei rilevamenti per l'IFN, la sua provviggione non è aumentata nell'ultimo decennio. L'aumento di volume del castagno, dovuto a un'intensità di utilizzazione molto bassa, è stato compensato da un'accresciuta mortalità causata da malattie, infestazioni di insetti, siccità e mancanza di cure (Prospero et al. 2012, Gehring et al. 2020, Conedera et al. 2010).

Figura 1.2.2

Provvigione legnosa (in mio. di m³) e quote di provvigione (in %) delle specie arboree più comuni.



Fonte: IFN (Abegg et al. 2023)

Mescolanza delle specie arboree

Gli estremi climatici stanno già avendo un impatto chiaramente percettibile sui boschi (cap. 2.5) e possono modificare la composizione delle specie arboree e della provvigione legnosa in misura diversa a seconda della regione di produzione. Alle quote più basse, dove l'abete rosso ha molto sofferto in quanto specie fuori stazione, i boschi dovrebbero arricchirsi di latifoglie. In futuro, il legno di abete rosso, molto richiesto dal mercato, dovrà essere raccolto più spesso su terreni impervi ad altitudini più elevate, con un conseguente aumento dei costi di raccolta. Inoltre, è da prevedere che la provvigione totale di legname sull'Altipiano e nel Giura tenda a diminuire, poiché gli abeti rossi, che sono quelli più in declino, hanno una quota maggiore in riferimento alla provvigione totale rispetto alle latifoglie adatte alla stazione. Per quanto riguarda lo sviluppo sostenibile del bosco, la diminuzione della provvigione legnosa va valutata in ottiche diverse: sul piano ecologico avrà un impatto positivo su criteri quali la varietà di specie arboree e la diversità strutturale, mentre sul piano economico si registrerà una minore disponibilità delle specie più richieste come l'abete rosso.

1.3 Distribuzione dell'età e struttura dei popolamenti

Barbara Allgaier Leuch, Meinrad Abegg, Robert Jenni, Marjo Kunnala

- Nell'ultimo decennio, la quota di popolamenti vecchi e di alberi grandi è aumentata, con ripercussioni positive sulla biodiversità. Mancano invece sempre più spesso popolamenti giovani e una sufficiente rinnovazione. Questo fenomeno potrebbe avere un impatto negativo sulle funzioni protettive e sulla produzione del legno.
- Da un punto di vista economico, la struttura del bosco svizzero è troppo vecchia, mentre sul piano ecologico mancano popolamenti vecchi e alberi grandi. I popolamenti presentano però spesso una struttura diversificata.
- Alla luce del cambiamento climatico, occorre incrementare ulteriormente la diversità strutturale dei boschi perché questo aspetto, unito a una sufficiente rinnovazione, li rende meno vulnerabili e in grado di riprendersi più rapidamente in seguito a perturbazioni.

Distribuzione dell'età dei popolamenti

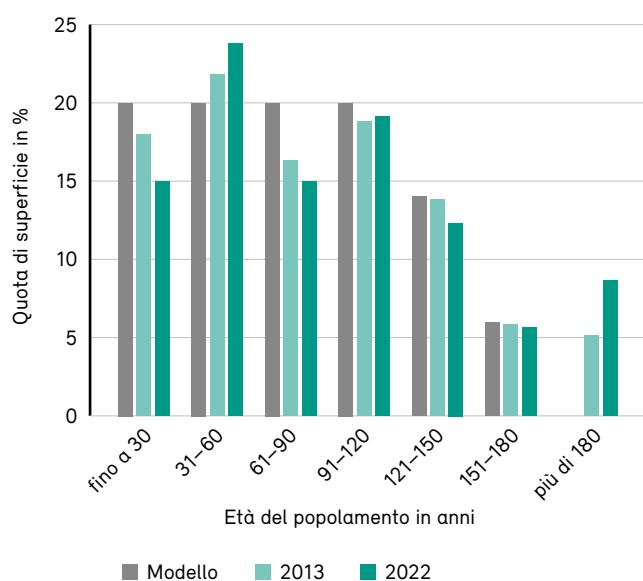
L'età dei popolamenti del bosco è rilevante sul piano sia economico che ecologico. A seconda della prospettiva si utilizzano parametri diversi. Da un punto di vista ecologico, una distribuzione ottimale delle classi di età si fonda sulla naturale aspettativa di vita dei popolamenti, che in quelli di faggio dell'Altipiano è di 220–250 anni e in quelli di abete rosso delle Alpi di 300–400 anni, sebbene alcuni alberi possano diventare significativamente più vecchi (Brang e Zingg 2002; Brang e Duc 2002). Sul piano economico, invece, si valuta il cosiddetto turno economicamente ottimale, ovvero l'età del popolamento in cui il ricavo dal legname venduto è più elevato. Nell'IFN il turno economicamente ottimale delle principali specie arboree è stato calcolato, a seconda della qualità della stazione, tra i 120 e i 180 anni (Bachofen et al. 1988). Il turno economicamente ideale è quindi spesso pari alla metà dell'aspettativa di vita naturale di un popolamento.

L'IFN fornisce informazioni sull'età dei popolamenti forestali. Solo l'età dei popolamenti coetanei può essere stimata in modo appropriato. Essi sono stati rinnovati per aree, in Svizzera per lo più con il metodo del taglio successivo a gruppi su piccola scala con rinnovazione

naturale (cap. 4.2). A livello nazionale, il 75 per cento di tutti i popolamenti ha la stessa età (Abegg et al. 2023). Poco meno del 10 per cento dei popolamenti coetanei ha più di 180 anni (fig. 1.3.1). La maggior percentuale di popolamenti di oltre 180 anni si trova nelle Alpi, con una quota del 15 per cento, mentre sull'Altipiano la loro presenza è inferiore all'1 per cento. Negli ultimi dieci anni la percentuale di popolamenti vecchi è aumentata ovunque tranne che sull'Altipiano. Nonostante questa crescita, i boschi svizzeri rimangono troppo giovani dal punto di vista ecologico. Se però si prende come parametro il turno ottimale per lo sfruttamento economico del legno, sempre più popolamenti risultano troppo vecchi (fig. 1.3.1). Contemporaneamente la percentuale di popolamenti giovani sta diminuendo. Questo significa che manca una rinnovazione dei boschi, che sarebbe necessaria sia per la produzione di legname (cap. 3.1) sia per la protezione dai pericoli naturali (cap. 5.1).

Figura 1.3.1

Distribuzione delle classi d'età in boschi coetanei nel 2013 e nel 2022 rispetto al modello dei turni economicamente ottimali.



Fonte: IFN (Abegg et al. 2023)

Distribuzione del diametro degli alberi

Nei boschi disetanei e permanenti l'età degli alberi varia notevolmente, pertanto questo parametro è poco significativo. Per valutare se un popolamento è sostenibile in termini di produzione di legname, si utilizza la distribuzione dei diametri degli alberi, misurando il cosiddetto diametro a petto d'uomo (DPU) dei fusti a un'altezza di 1,3 metri dal suolo. La distribuzione dei diametri desiderata dipende dal diametro target, ovvero dal diametro a cui l'azienda forestale intende raccogliere gli alberi (Schütz 2002). Il rilevamento dei diametri fornisce inoltre importanti informazioni, anche per i boschi coetanei, sul potenziale habitat degli alberi (cap. 4.5) e sulle possibili lavorazioni del legno.

Come prevedibile, nel bosco svizzero gli alberi con diametri ridotti sono molto più frequenti di quelli grandi, perché la maggior parte deperisce o viene abbattuta prima di diventare vecchia e possente (Brändli e Cioldi 2015). Il 95 per cento degli alberi vivi (> 0 cm DPU) ha un diametro massimo di 30 centimetri (Abegg et al. 2023). Mentre le latifoglie predominano fra questi alberi più esili, la proporzione di conifere è maggiore negli alberi più grandi. Le latifoglie imponenti sono molto rare, in primo luogo perché molte di queste specie, come la betulla, il carpino o il sorbo degli uccellatori non diventano possenti per natura. In secondo luogo, le latifoglie crescono soprattutto nelle pianure, dove i boschi sono sfruttati in modo intensivo e gli alberi vengono quindi abbattuti «prematuramente».

Le segherie preferiscono principalmente alberi con un DPU di 31–60 centimetri, perché dai loro tronchi è possibile ricavare almeno un pezzo di tondame delle classi di assortimento da 2 (diametro medio di 20–29 cm) a 5 (diametro medio di 50–59 cm). Gli alberi con un DPU superiore a 60 centimetri sono invece molto più complessi da lavorare. Poiché questi rappresentano il 22 per cento della provvigione legnosa, sebbene in termini numerici siano solo il 4 per cento degli alberi, dal punto di vista della produzione e della lavorazione del legno sarebbe auspicabile una riduzione del diametro target o dei turni nei boschi gestiti.

Invece, sul piano ecologico gli alberi dal fusto imponente diventano sempre più preziosi per la biodiversità perché offrono un habitat per molte specie animali e vegetali (cap. 4.5). Particolarmenete importanti a questo scopo sono i cosiddetti giganti, ovvero gli alberi con un DPU superiore

agli 80 centimetri, che sono molto più rari nel bosco svizzero rispetto alle foreste naturali e vergini dell'Europa centrale (Heiri et al. 2012). Nell'ultimo decennio, però, in tutte le aree del Paese è aumentato sia il numero dei giganti che quello degli alberi con un DPU superiore ai 60 centimetri, mentre è diminuito il numero di fusti nelle classi di diametro inferiori. La promozione degli alberi habitat è un importante aspetto della selvicoltura naturalistica (UFAM 2010).

Struttura dei popolamenti

Oltre alla distribuzione dell'età, dal punto di vista economico ed ecologico è importante la struttura spaziale del popolamento, ovvero la struttura verticale e orizzontale nonché la composizione delle specie arboree. Nell'ottica di un aumento delle perturbazioni dovute al cambiamento climatico, i boschi ben strutturati, che presentano ovunque un po' di rinnovazione, sono da preferire rispetto a quelli uniformi e senza rinnovazione, soprattutto nel caso dei boschi di protezione (cap. 5.1). Inoltre, i popolamenti ben strutturati offrono numerosi habitat in un'area ridotta, promuovendo così la biodiversità (cap. 4.3).

Il bosco svizzero è dominato fondamentalmente da tre specie: abete rosso, faggio e abete bianco. I popolamenti puri, ovvero costituiti da una sola specie arborea, sono tuttavia presenti solo sul 16 per cento della superficie forestale. Circa un quarto di tutti i popolamenti è costituito da due, tre, quattro o più specie. Quelli puri sono situati prevalentemente nelle Alpi e al Sud delle Alpi e soprattutto alle altitudini più elevate, dove crescono naturalmente solo poche specie arboree; nel Giura e sull'Altipiano, invece, sono rari. Nell'ultimo decennio la loro quota è diminuita nel Sud delle Alpi, nelle Alpi e anche a livello di media nazionale (fig. 1.3.2).

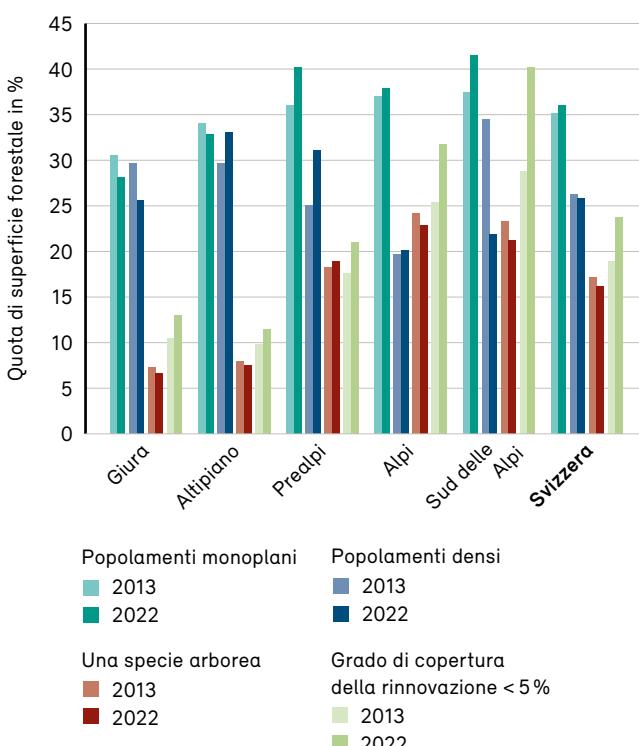
La struttura verticale dei popolamenti a livello nazionale è monopiana nel 36 per cento dei casi (Abegg et al. 2023). In questi boschi tutti gli alberi hanno all'incirca la stessa età e le stesse dimensioni. Sono presenti soprattutto nelle Alpi, nelle Prealpi e al Sud delle Alpi (fig. 1.3.2) e la loro quota nell'ultimo decennio è aumentata soprattutto nelle Prealpi e al Sud delle Alpi.

Per quanto riguarda la struttura orizzontale, un quarto dei popolamenti è fitto e presenta chiome accorciate e deformate a causa del contatto reciproco. Questo aspetto

li rende meno resistenti alle tempeste e ai carichi di neve. Inoltre, la compattezza delle chiome impedisce alla luce di penetrare e raggiungere il suolo ostacolando così la crescita di giovani esemplari. Alle altitudini più elevate, dove le condizioni climatiche sono più rigide, la rinnovazione è compromessa anche in popolamenti meno densi, poiché i nuovi alberi necessitano non solo di luce ma anche di calore per crescere. A livello nazionale, la quota di popolamenti fitti non è cambiata. Sull'Altipiano e nelle Prealpi è aumentata, mentre è diminuita nel Giura e al Sud delle Alpi (fig. 1.3.2).

Figura 1.3.2

Distribuzione di alcune caratteristiche strutturali nelle cinque regioni di produzione e in tutta la Svizzera nel 2013 e nel 2022.



Fonte: IFN

Rinnovazione

A causa del cambiamento climatico le cosiddette rinnovazioni sotto copertura, ovvero che consentono agli alberi giovani di affermarsi sotto la copertura del vecchio popolamento, e quelle nelle piccole radure stanno acquisendo un'importanza sempre maggiore. Questi popolamenti sono più resilienti, in quanto possono rigenerarsi più rapidamente dopo una perturbazione. Tuttavia, la tendenza registrata da due decenni indica un'evoluzione sfavorevole. La quota di superficie con basso grado di copertura della rinnovazione (inferiore al 5 %) è aumentata in media a livello nazionale, in particolare nelle Alpi e al Sud delle Alpi. Complessivamente, in tutta la Svizzera la rinnovazione è quasi assente sul 24 per cento della superficie forestale; nelle Alpi e al Sud delle Alpi questa quota sale addirittura al 32 e al 40 per cento (cap. 4.2).

Le caratteristiche della struttura del popolamento, ad eccezione del grado di copertura della rinnovazione, sono cambiate poco nell'ultimo decennio. In primo luogo, a causa della lunga aspettativa di vita degli alberi, i cambiamenti nel bosco avvengono lentamente, a condizione che i popolamenti non siano colpiti da perturbazioni su larga scala. Secondariamente, i processi in atto nelle singole regioni spesso si compensano a vicenda. In particolare al Sud delle Alpi, dove l'aumento dei popolamenti monoplani unito a una ridotta rinnovazione ha fatto registrare un'evoluzione sfavorevole. Qui, ma anche in altre regioni della Svizzera, occorre promuovere maggiormente la diversità strutturale e la rinnovazione affinché il bosco possa continuare a fornire le sue prestazioni nonostante il rapido avanzamento del cambiamento climatico.

1.4 Riserva di carbonio

Nele Rogiers, Frank Hagedorn, Esther Thürig

- In termini assoluti, le riserve di carbonio legate alla biomassa del bosco sono rimaste costanti nell'ultimo decennio.
- Con 269 tonnellate di carbonio per ettaro, il bosco svizzero ha il valore relativo di riserva di carbonio più alto di tutta Europa. Gli alberi vivi ne contengono circa 119 tonnellate per ettaro; nel legno morto, nell'orizzonte organico e nel suolo questo valore sale a circa 150 tonnellate.
- Anche in futuro il bosco e l'utilizzazione di legname devono contribuire a ridurre le conseguenze del cambiamento climatico. Per questo sono necessari boschi resilienti e adattati al clima.

Riserve di carbonio nella biomassa del bosco

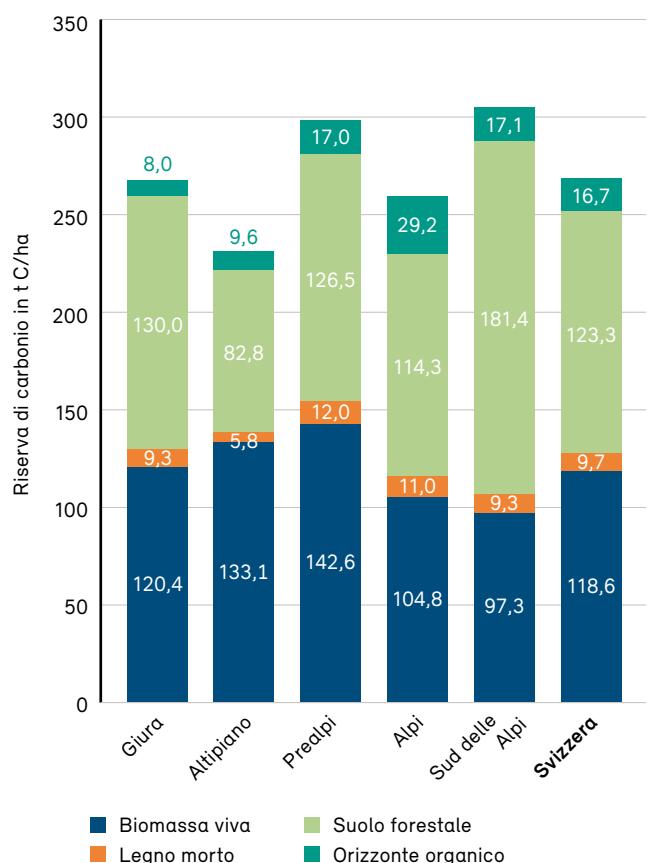
I boschi svolgono un ruolo importante nel ciclo globale del carbonio. Il carbonio (C) legato alla biomassa del bosco è costituito dal carbonio della biomassa degli alberi vivi, del legno morto, dell'orizzonte organico e del suolo. Il carbonio legato alla biomassa viva e al legno morto viene calcolato sulla base dei dati dell'IFN. Per ogni albero vivo, si somma il carbonio di tutte le parti dell'albero: fusto, rami spessi oltre 7 cm, rami sottili, foglie, aghi e radici (Herold et al. 2019, Didion et al. 2019). Per determinare il tenore di carbonio nella biomassa viva e morta, si considera un contenuto di carbonio del 50 per cento della biomassa secca.

Secondo questi calcoli, il bosco svizzero immagazzina circa 144 milioni di tonnellate di carbonio nella biomassa degli alberi vivi. In termini assoluti questa riserva di carbonio è rimasta costante nell'ultimo decennio. In relazione alla superficie, gli alberi vivi accumulano mediamente 119 tonnellate di carbonio per ettaro (t C/ha). Tuttavia, la quantità di biomassa viva varia notevolmente da una regione all'altra. Nelle Prealpi si trovano i boschi con le riserve più elevate rispetto alla superficie (fig. 1.4.1). In questa zona le condizioni per lo sviluppo degli alberi sono ottime e, poiché i costi di raccolta sono spesso elevati sui terreni scoscesi, si tende a raccogliere meno legno rispetto all'Altipiano (cap. 3.1). La riserva relativa di carbonio

nella biomassa viva è minore al Sud delle Alpi, sebbene anche qui l'utilizzazione del legno sia inferiore alla media. Tuttavia, una parte di questi boschi sono relativamente giovani e presentano il minor incremento legnoso.

Figura 1.4.1

Riserva di carbonio in tonnellate per ettaro (t C/ha) nelle cinque regioni di produzione e in tutta Svizzera, nella biomassa degli alberi vivi (biomassa viva), nel legno morto, nel suolo forestale e nell'orizzonte organico, nel periodo dell'IFN5 (2018–2022).



Fonti: IFN, Nussbaum et al. 2012, Nussbaum e Burgos 2021

Nel legno morto, al cui interno sono stoccate in media 10 tonnellate di carbonio per ettaro, il carbonio rimane immagazzinato fino alla completa decomposizione del legno. Nell'ultimo decennio la quota di legno morto è aumentata del 38 per cento a livello nazionale, con un massimo del 50 per cento nel Giura. Ad eccezione dell'Altipiano, la quantità relativa di carbonio nel legno morto ammonta in tutte le regioni a oltre 9 tonnellate per ettaro (fig. 1.4.1).

Riserva di carbonio nel suolo forestale

Il suolo rappresenta la principale riserva di carbonio nei boschi. L'analisi di oltre 2000 profili pedologici, che coprono in modo appropriato l'eterogeneità delle condizioni stazionali dei boschi svizzeri, ha evidenziato che il suolo forestale minerale (compreso l'orizzonte organico) immagazzina più carbonio della biomassa viva, con una media di 140 tonnellate per ettaro (fig. 1.4.2). Inoltre, i suoli forestali svizzeri contengono circa il 50 per cento in più di carbonio rispetto a quelli di altri Paesi dell'Europa centrale (Wiesmeier et al. 2013). I motivi sono il clima fresco e umido, l'utilizzazione seminaturale e l'età relativamente avanzata dei boschi rispetto ad altri Paesi europei. Con 147 tonnellate di carbonio per ettaro fino a 30 cm di profondità i suoli forestali organici contengono ancora più carbonio per superficie rispetto a quelli minerali. Tuttavia, hanno un

ruolo secondario, perché solo lo 0,3 per cento dei boschi cresce su suoli organici.

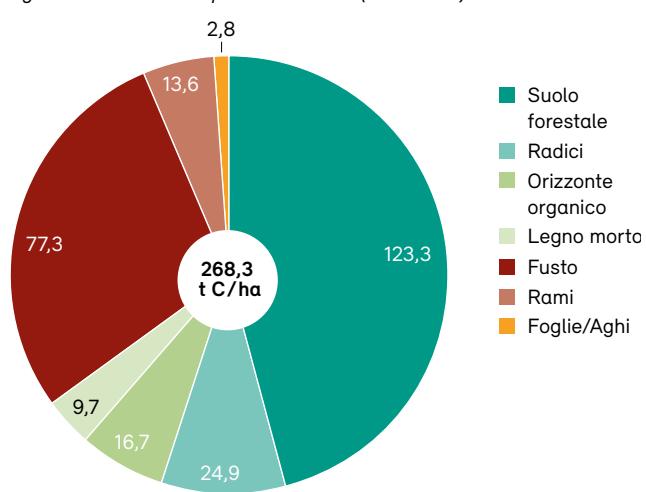
Il contenuto di carbonio nel suolo aumenta alle altitudini più elevate a causa delle condizioni climatiche più fresche e umide (fig. 1.4.3). La maggiore percentuale di carbonio per ettaro è contenuta nei suoli minerali dei boschi al Sud delle Alpi (fig. 1.4.1). Questo fenomeno può essere attribuito ai residui degli incendi boschivi degli ultimi secoli e agli alti livelli di minerali di ferro e alluminio, che proteggono l'humus dalla decomposizione da parte dei microrganismi.

Bilancio di CO₂ nel bosco

Crescendo, gli alberi dei boschi assorbono CO₂ dall'aria e immagazzinano il carbonio così ottenuto nella biomassa. Durante la decomposizione o la combustione della biomassa si forma nuovamente del CO₂ che viene rilasciato nell'atmosfera. Quando un bosco assorbe più CO₂ di quello che rilascia, costituisce un serbatoio di carbonio, nel caso contrario invece una fonte. Il bilancio di CO₂ del suolo forestale e del suo orizzonte organico dipende dalle condizioni climatiche, dalle specie arboree e dalle proprietà fisico-chimiche del suolo. Il cambiamento climatico (temperature più elevate e siccità) e gli eventi naturali (tempeste, infestazioni da bostrico e incendi boschivi) possono comportare un aumento delle emissioni di CO₂ dalla biomassa e dal suolo dei boschi.

Figura 1.4.2

Riserva di carbonio in tonnellate per ettaro (t C/ha) nella biomassa degli alberi vivi (fusto, rami, foglie/agni, radici), nel legno morto, nell'orizzonte organico e nel suolo nel periodo dell'IFN5 (2018–2022).



Accordo internazionale sul clima

Dal XIX secolo i gas serra nell'atmosfera sono aumentati di circa un terzo, provocando un cambiamento climatico (IPCC 2023). Firmando l'Accordo di Parigi, la Svizzera si è impegnata a livello internazionale a ridurre entro il 2030 le emissioni di gas serra del 50 per cento rispetto al livello del 1990. Questo accordo prevede che tutte le parti contraenti rendano conto del bilancio di CO₂ dei boschi e dei prodotti in legno durevoli. Per calcolare il bilancio di CO₂ si utilizzano i dati dell'IFN. Negli ultimi 40 anni i boschi svizzeri hanno agito da serbatoio di carbonio grazie all'incremento della provvigione (cap. 1.2) e all'estensione della superficie forestale (cap. 1.1). Tuttavia, localmente questi serbatoi possono diventare delle fonti a seguito di eventi estremi: la tempesta Lothar, ad esempio, alla fine del 1999 ha distrutto in poche ore numerosi popolamenti, nella cui biomassa viva erano accumulati quasi 15 milioni di tonnellate di CO₂ (Rogiers et al. 2015). Ciò nonostante, questo legno successivamente è stato in buona parte

utilizzato come legname d'opera e quindi il CO₂ non è stato rilasciato immediatamente nell'atmosfera.

Importanza del bosco come serbatoio di carbonio

Nel secondo periodo d'impegno del Protocollo di Kyoto (2013–2020), la Svizzera si è impegnata a ridurre le proprie emissioni di CO₂ in media del 15,8 per cento rispetto al 1990. Obiettivo di riduzione che è stato possibile raggiungere grazie alla prestazione di assorbimento di carbonio del bosco e del legno e all'acquisto di certificati di emissione. In questo periodo il bilancio di CO₂ del settore forestale e del legno è stato messo a confronto con un valore di riferimento pari a 1,8 milioni di tonnellate di CO₂. Per tale ragione, della prestazione di assorbimento totale del bosco svizzero, pari a 2,5 milioni di tonnellate di CO₂ l'anno, è stato possibile conteggiarne solo 0,7 milioni.

Dal punto di vista della politica forestale l'aumento della funzione di serbatoio di carbonio è auspicabile solo se non vengono compromesse le altre funzioni del bosco e il suo sviluppo sostenibile. Secondo l'attuale politica forestale svizzera, il bosco e l'utilizzazione di legname devono contribuire a ridurre le conseguenze del cambiamento climatico, valutando di caso in caso se è opportuno aumentare la riserva di carbonio, ad esempio nei boschi adattati al clima, nelle riserve naturali o nelle aree precedentemente dissodate. Boschi resilienti e adattati al clima sono un requisito fondamentale per preservare il bilancio sostenibile di CO₂ del bosco.

Figura 1.4.3

Suolo forestale di montagna con elevata riserva di carbonio nell'orizzonte organico. Foto: Marco Walser

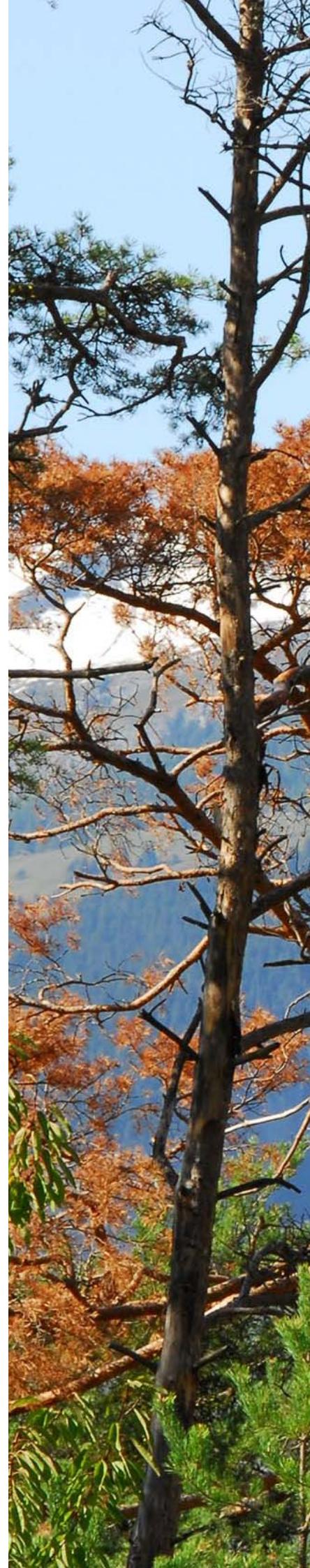


2

Stato fitosanitario e vitalità

Pini silvestri nel bosco di Finges (VS): a causa della crescente siccità, nel Vallese il tasso di mortalità di questa specie è in aumento dal 1996.

Foto: Marcus Schaub







2 Stato fitosanitario e vitalità

Marcus Schaub, Stefan Beyeler

La salute e la vitalità dei boschi sono beni preziosi che possono essere compromessi da influssi ambientali. Il cambiamento climatico mette a dura prova il bosco. In Svizzera, la temperatura media annua è aumentata di 2 gradi Celsius rispetto all'era preindustriale. Gli inquinanti atmosferici azotati e l'ozono continuano a superare le soglie critiche di contaminazione e possono rendere i boschi ancora più vulnerabili alla siccità. Gli eventi estremi come ondate di calore, periodi siccitosi, grandinate, tempeste e incendi boschivi sono in aumento. Gli effetti sul bosco sono molteplici: germogliamento precoce, rischio di gelate e carenza d'acqua che compromettono la vitalità, ovvero l'adattabilità e la competitività degli alberi. Le specie più colpite sono il faggio, l'abete rosso e l'abete bianco. Il bosco è sempre più sensibile alle infestazioni di insetti e alle malattie: gli alberi muoiono con maggiore frequenza e in alcuni casi anche su vasta scala. Il commercio globalizzato introduce sempre più spesso parassiti alloctoni che possono rappresentare una minaccia significativa per l'ecosistema del bosco. Per limitarne la diffusione, è essenziale individuarli tempestivamente. Ma esistono altre misure che possono rafforzare l'adattabilità dei boschi: piantare specie arboree adatte, promuovere boschi misti propri della stazione o aumentare la diversità genetica. In questo ambito le piantagioni di prova, pianificate con cura, stanno dando importanti risultati. Una comprensione più approfondita del processo e informazioni scientificamente fondate sullo stato fitosanitario dei boschi sono indispensabili per sviluppare misure adeguate per una gestione sostenibile. Solo in questo modo il bosco sarà in grado di fornire in futuro i suoi servizi ecosistemici anche in mutate condizioni climatiche.

2.1 Inquinanti atmosferici

Sophia Etzold, Sabine Augustin, Sabine Braun, Anne Thimonier, Pierre Vollenweider, Peter Waldner, Marcus Schaub

- In quasi il 90 per cento della superficie forestale gli apporti di azoto sono superiori ai valori limite di contaminazione. Questo fenomeno comporta squilibri nutritivi nel suolo e nella vegetazione e può influire sulla biodiversità di piante, licheni e organismi del suolo.
- L'ozono troposferico danneggia le cellule fotosintetiche delle foglie. Nei faggi la dose di ozono assorbita attraverso le aperture degli stomi è diminuita, ma rimane superiore al livello critico.
- Sebbene sia stato possibile contenerle, le emissioni di azoto e ozono spesso superano ancora i valori limite di contaminazione e possono inibire la crescita dei boschi e la loro resistenza alla siccità.

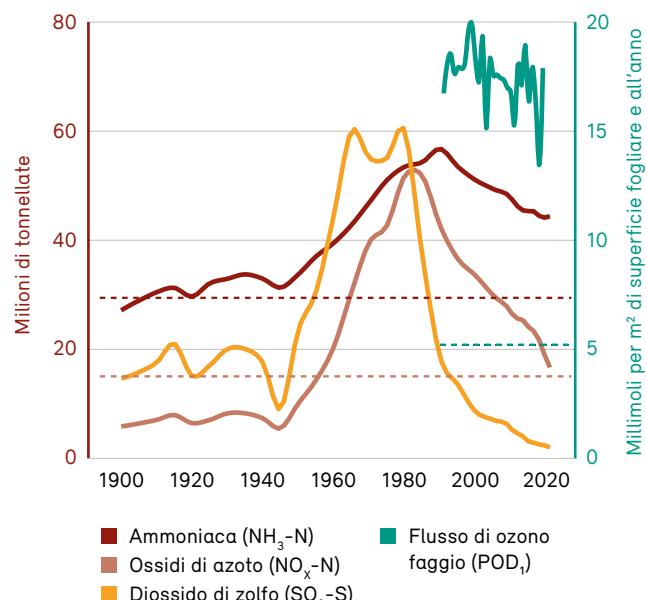
Carichi di azoto

Dal 1980 le emissioni di inquinanti atmosferici hanno registrato una diminuzione grazie alle numerose misure di protezione dell'aria (fig. 2.1.1). Nonostante questi progressi, gli obiettivi di riduzione fissati dal Consiglio federale per le emissioni di inquinanti azotati come l'ammoniaca e gli ossidi di azoto non sono ancora stati raggiunti. Oggi circa due terzi di queste emissioni provengono dall'agricoltura e un terzo dai processi di combustione nei settori dei trasporti, del riscaldamento e delle attività industriali. L'azoto entra nel bosco sotto forma di gas, aerosol o disciolto nelle precipitazioni e, sebbene favorisca la crescita delle piante, un suo apporto eccessivo ha un impatto negativo. In Svizzera, in quasi il 90 per cento della superficie forestale gli apporti di azoto sono superiori ai valori limite di contaminazione, detti anche «carichi critici» (fig. 2.1.2), che definiscono le quantità al di sotto delle quali, allo stato attuale delle conoscenze, non si registrano effetti nocivi sull'ambiente. I carichi critici variano a seconda del popolamento e si aggirano per i boschi di latifoglie sui 10–15 chilogrammi di azoto all'ettaro e all'anno (kg N/ha/anno) e per i boschi di conifere sui 3–15 kg N/ha/anno (Bobbink et al. 2022). Nel bosco svizzero gli apporti di azoto si collocano mediamente sui 20 kg N/ha/anno, ma in talune aree possono superare anche i 50 kg N/ha/anno (Rihm e Künzle 2023).

Un eccesso di azoto contribuisce all'impoverimento e all'acidificazione del suolo (cap. 2.2). Le soluzioni circolanti misurate dal 1997 nell'ambito del Programma intercantonale di osservazione permanente (WDB) confermano la progressiva acidificazione del suolo dovuta all'elevato inquinamento da azoto (Braun et al. 2020a). Inoltre, l'eccesso di azoto altera l'equilibrio nutritivo degli alberi, soprattutto per quanto riguarda i nutrienti essenziali come fosforo e potassio. Una riduzione del fosforo è stata osservata sia nei boschi europei (Jonard et al. 2014, Talkner et al. 2015) sia in Svizzera (Braun et al. 2020b). Questo fenomeno causa una minore resistenza alla siccità, al gelo e alle infestazioni di parassiti (Bobbink et al. 2022). L'eccesso di azoto

Figura 2.1.1

Emissioni di inquinanti atmosferici dal 1900 al 2020 e andamento del flusso di ozono (POD) relativamente al faggio (verde). Le linee tratteggiate rappresentano gli obiettivi definiti nella strategia concernente i provvedimenti di igiene dell'aria del Consiglio federale del 2009 relativamente a NO_x e NH₃ come anche i livelli critici di ozono definiti dall'ECE-ONU.



Fonti: CEIP 2023, Ozon Kartierung Meteotest secondo Braun et al. 2014

compromette inoltre la comunità simbiotica degli alberi con i funghi micorrizici (Peter et al. 2001). Questi ultimi colonizzano le radici e svolgono un ruolo fondamentale nel fornire agli alberi le sostanze nutritive provenienti dal suolo e dall'acqua. Il crescente inquinamento da azoto riduce sia la colonizzazione e la crescita sia lo spettro di specie dei funghi micorrizici (de Witte et al. 2017, Suz et al. 2021).

L'effetto fertilizzante dell'azoto accelera inizialmente la crescita degli alberi, con un incremento massimo in corrispondenza di un apporto di 18–25 kg N/ha/anno (Etzold et al. 2021). Tuttavia, questa maggiore crescita modifica il rapporto tra biomassa superficiale e interrata, nonché la struttura interna del legno, che a sua volta indebolisce la stabilità degli alberi (Braun et al. 2023a). Gli apporti di azoto superiori a 30 kg N/ha/anno inibiscono la crescita degli alberi (Etzold et al. 2020). Questo effetto si intensifica anche in presenza di siccità (Braun et al. 2017). L'inquinamento da azoto modifica inoltre la composizione e la varietà delle specie del sottobosco come pure delle alghe e dei licheni. Le specie nitrofite, spesso più comuni, continuano a diffondersi minacciando quelle specializzate più rare.

Carico di ozono

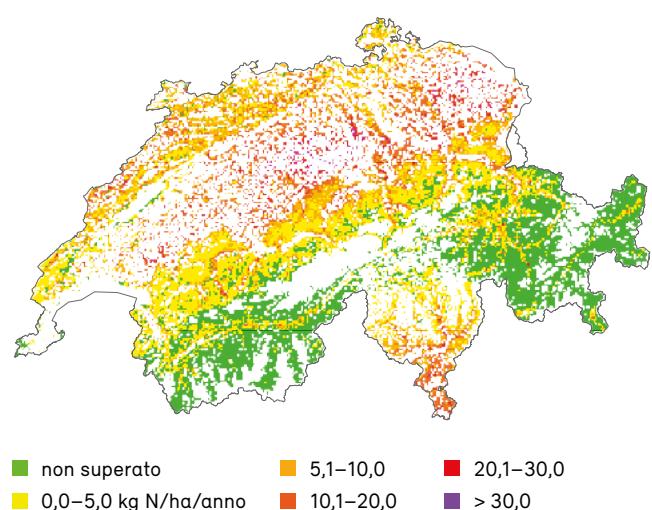
L'ozono è un gas atmosferico incolore e inodore che si forma in prossimità del suolo a partire dagli ossidi di azoto e dai composti organici volatili (COV) in presenza di un elevato livello di radiazione solare. Per le piante e l'uomo è tossico. In Svizzera, il valore limite per la salute umana pari a 120 microgrammi per metro cubo viene superato per diverse centinaia di ore all'anno (UFAM 2022b). Sebbene le concentrazioni massime siano in calo dal 1980, il carico medio è in aumento. In Ticino si misurano i livelli di ozono di gran lunga più alti della Svizzera.

L'ozono danneggia la fotosintesi delle cellule attive delle foglie provocandone un invecchiamento precoce, che si manifesta con la decolorazione. Anche altri sintomi, come le piccole macchie sul fogliame o la marmorizzazione degli aghi, indicano uno stress da ozono. Inoltre, questa citosina rallenta la crescita degli alberi. I dati del programma WDB confermano una sostanziale riduzione della crescita del faggio e dell'abete rosso in Svizzera a causa dell'inquinamento da ozono (Braun et al. 2022).

L'ozono è nocivo per le piante solo quando viene assorbito attraverso le aperture degli stomi delle foglie. Per valutare i rischi, è quindi fondamentale determinare la dose di ozono accumulata e assorbita – nota anche come flusso di ozono – e non la concentrazione del gas nell'atmosfera. Il flusso di ozono dipende dalle condizioni ambientali: quando l'aria è secca e la disponibilità idrica del suolo è bassa, ad esempio in estate, la pianta chiude gli stomi per evitare perdite d'acqua. Nonostante l'alta concentrazione di ozono nell'aria, la pianta ne assorbe poco o niente. Il flusso di ozono varia a seconda della specie arborea. In alcuni esperimenti in atmosfera controllata è stato calcolato che per i faggi il livello critico è di 5,2 millimoli per metro quadrato di superficie fogliare all'anno (mmol/m²/anno) e per gli abeti rossi di 9,2 mmol/m²/anno, corrispondenti a una riduzione della crescita del 4 per cento per il faggio e del 2 per cento per l'abete rosso (CLRTAP 2017a). Il flusso di ozono dei faggi tende a diminuire leggermente dal 1991, ma rimane ben al di sopra del livello critico (fig. 2.1.1).

Figura 2.1.2

Superamento dei valori limite di contaminazione per gli apporti di azoto dall'aria in chilogrammi di azoto per ettaro e anno (kg/N/ha/anno), per il 2020.



Fonte: UFAM 2023, Meteotest

2.2 Suolo

Katrin Meusburger, Simon Tresch, Janine Schweier, Sabine Braun, Sabine Augustin, Stephan Zimmermann

- La maggiore frequenza di annate siccitose con limitata disponibilità idrica nel suolo ha un impatto negativo sul bosco.
- L'acidificazione causata da un eccessivo apporto di azoto è progredita ulteriormente, riducendo la disponibilità di importanti nutrienti alcalini come calcio, magnesio e potassio. Contemporaneamente viene rilasciato alluminio tossico.
- Un'altra minaccia è rappresentata dallo stress fisico causato dalla gestione forestale, come ad esempio il costipamento del suolo provocato dai pesanti macchinari forestali. Questi fenomeni potrebbero essere evitati con metodi di gestione adeguati.

Disponibilità idrica nel suolo

Il suolo è la risorsa fondamentale del bosco ma non è rinnovabile in una scala temporale umana (Aleweli et al. 2015). Fornisce agli alberi acqua e sostanze nutritive, ma entrambe queste funzioni sono compromesse da mutamenti climatici, inquinamento atmosferico (cap. 2.1) e sollecitazioni fisiche come il costipamento causato dai macchinari. È quindi fondamentale proteggerlo.

La disponibilità idrica nel suolo è stata estremamente limitata negli ultimi anni di siccità (Meusburger et al. 2022). Un metodo per determinare quella della vegetazione in una determinata stazione consiste nel calcolare il rapporto fra traspirazione effettiva (Ta) e potenziale (Tp). Minore è questo valore, più bassa è la traspirazione effettiva dalla vegetazione, fenomeno che indica uno stress da siccità dovuto alla scarsa disponibilità d'acqua come quello registrato negli anni siccitosi 2003, 2015, 2018 e 2022, soprattutto nelle valli del Vallese ma anche nell'Arco giurassiano, nella regione del Klettgau e in Ticino (fig. 2.2.1).

Disponibilità di nutrienti e acidificazione del suolo

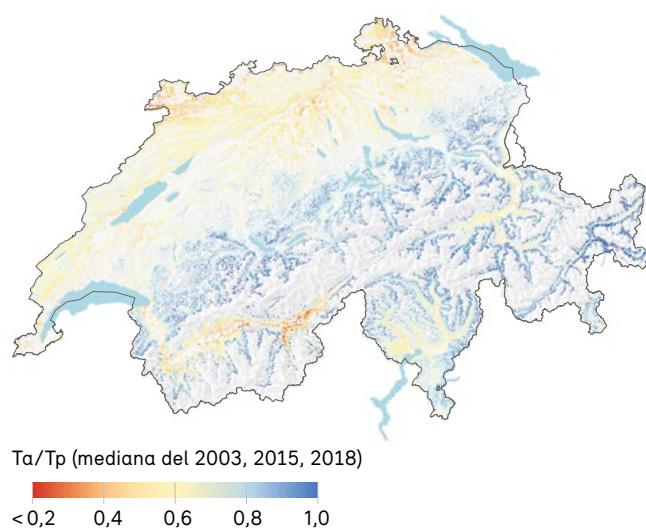
Un importante indicatore della disponibilità di nutrienti nel suolo è la saturazione basica, ovvero la percentuale dei nutrienti alcalini calcio, magnesio, potassio e sodio rispetto alla capacità di scambio totale del suolo, da cui dipende l'assorbimento di nutrienti da parte degli alberi. I suoli piuttosto acidi sull'Altipiano e al Sud delle Alpi presentano, a seconda

della natura delle rocce che li formano, valori di saturazione basica medio-bassi, compresi tra il 15 e il 40 per cento nello strato superiore. Sulle rocce calcaree come quelle del Giura o delle Alpi calcaree la saturazione basica è maggiore, in media di oltre il 40 per cento (fig. 2.2.2a).

Il suolo acidifica quando l'apporto di acidi dall'atmosfera è maggiore del tasso di neutralizzazione, ovvero dell'apporto di nutrienti alcalini attraverso la degradazione del suolo. Con il progredire dell'acidificazione, il valore pH del suolo si abbassa, i nutrienti vengono dilavati e, di conseguenza, diminuisce anche la saturazione basica. Il Programma inter-cantonale di osservazione permanente (WDB) dal 1984 ha rilevato acidificazione e diminuzione della saturazione basica in tutte le stazioni ($n = 176$) tra il 2005 e il 2016. Negli strati del suolo privi di calcare il valore pH è diminuito di 0,22 unità. La saturazione basica negli strati superiori si è ridotta in media del 2,9 per cento. I risultati mostrano che questo processo è legato all'eccessivo apporto di azoto (fig. 2.2.2b). La causa è l'eccesso di azoto che viene dilavato dalla pioggia trasformandosi in nitrato. Le precipitazioni asportano inoltre nutrienti

Figura 2.2.1

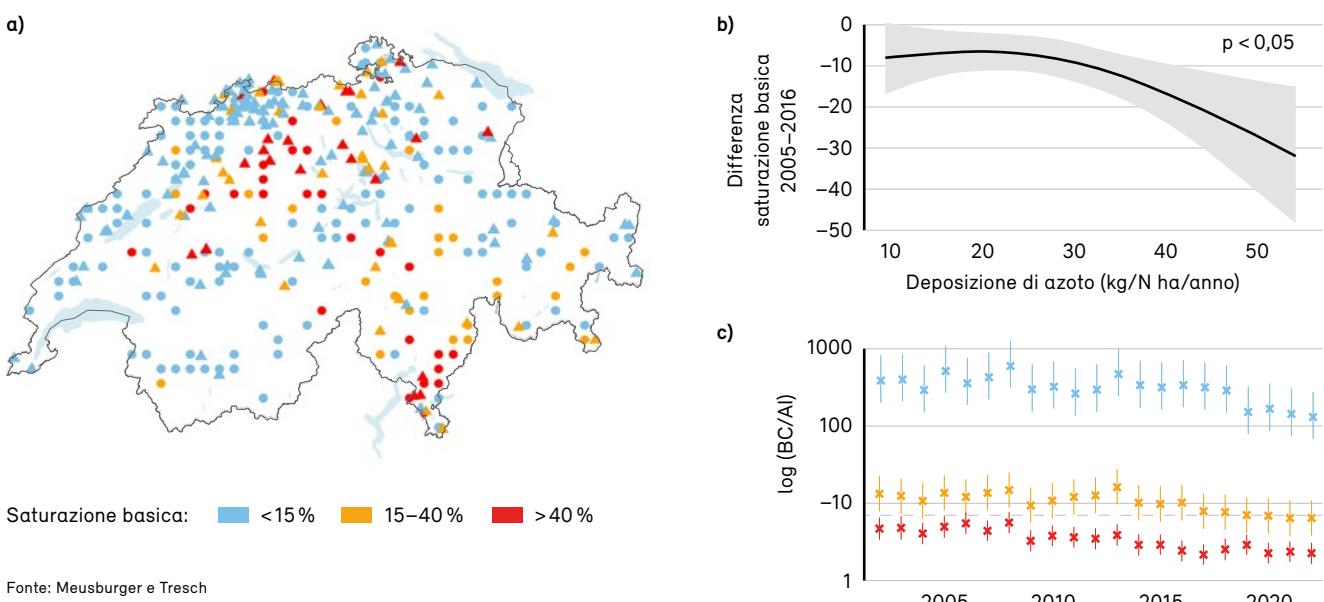
Rapporto modellato fra traspirazione effettiva e potenziale (Ta/Tp) nei mesi di luglio e agosto dei tre anni siccitosi 2003, 2015 e 2018.



Fonte: Meusburger et al. 2022

Figura 2.2.2

a) Saturazione basica negli strati superiori del terreno (0–40 cm) su una griglia di 8 × 8 km ($n = 172$, pallini) e nelle stazioni WDB ($n = 213$, triangoli), b) relazione modellata tra la differenza della saturazione basica del 2005 e 2016 e la deposizione di azoto ($n = 485$ campioni privi di calcare da 123 stazioni WDB), c) rapporto medio BC/Al nell'acqua del suolo con diversa saturazione basica ($n = 45$ stazioni WDB e $n = 9$ stazioni della Ricerca a lungo termine su ecosistemi forestali [LWF]), dal 2000 al 2023.



alcalini. In questo modo si riduce la disponibilità di nutrienti (Braun et al. 2020a) che possono verificarsi fenomeni di malnutrizione degli alberi (Braun et al. 2020b).

L'acidificazione del suolo è accompagnata dal rilascio di alluminio tossico che inibisce la crescita dell'apparato radicale. Per misurare l'acidificazione del suolo si utilizza anche il rapporto tra cationi nutritivi basici (BC) e l'alluminio inorganico (Al) nella soluzione circolante. La riduzione del rapporto BC/Al negli ultimi anni è accompagnata anche dalla progressiva acidificazione di molti suoli forestali della Svizzera (fig. 2.2.2c). Un basso rapporto BC/Al è associato all'indebolimento dei parametri di vitalità degli alberi, come la crescita (Sverdrup e Warfvinge 1993), la bassa profondità di radicamento (Braun et al. 2005) e una maggiore vulnerabilità ai venti (Braun et al. 2003).

Protezione fisica del suolo

Una delle cause dei danni fisici al suolo, quali l'erosione e il costipamento, è l'utilizzo improprio di macchinari forestali pesanti. Per ridurre questo impatto, è possibile impiegare metodologie di lavoro alternative, una programmazione

mirata e una tecnologia meccanica adeguata nella gestione forestale (Lüscher et al. 2019). Ad esempio, abbassando la pressione di gonfiaggio degli pneumatici da 3,5 a 2,5 bar si riducono significativamente i picchi di pressione e la formazione di avvallamenti sul terreno. Si è rivelato efficace anche l'utilizzo delle cosiddette «fasce Bogie», che si applicano sulle ruote come cingoli mobili, perché trasmettono le forze di trazione con un minor slittamento e provocano minori lacerazioni nel terreno, riducendo anche la formazione di solchi. Nella raccolta del legname di conifere completamente meccanizzata i rami risultanti potrebbero essere disposti sulle piste d'esbosco creando una sorta di tappeto di ramaglia, su cui trasferire successivamente le forze di trazione al fine di preservare il suolo. Per effettuare una raccolta del legname rispettosa del suolo, occorre disporre di una buona rete di sentieri utilizzabile a lungo termine.

2.3 Stato delle chiome

Stefan Hunziker, Sabine Augustin, Sabine Braun, Simon Tresch, Christian Hug, Peter Waldner, Arthur Gessler

- Il diradamento delle chiome nel bosco svizzero tende ad aumentare ed è associato a forti fluttuazioni annuali. È quanto emerge dai risultati dell'Inventario Sanasilva e dal Programma intercantonale di osservazione permanente (WDB).
- Per alcune specie arboree si osserva un aumento della mortalità, anch'essa soggetta a fluttuazioni annuali,
- riconducibili in parte agli eventi estremi come tempeste o annate siccitose. Le tendenze ormai in aumento da dieci anni potrebbero intensificarsi se gli eventi estremi previsti dai modelli climatici diventassero più frequenti.

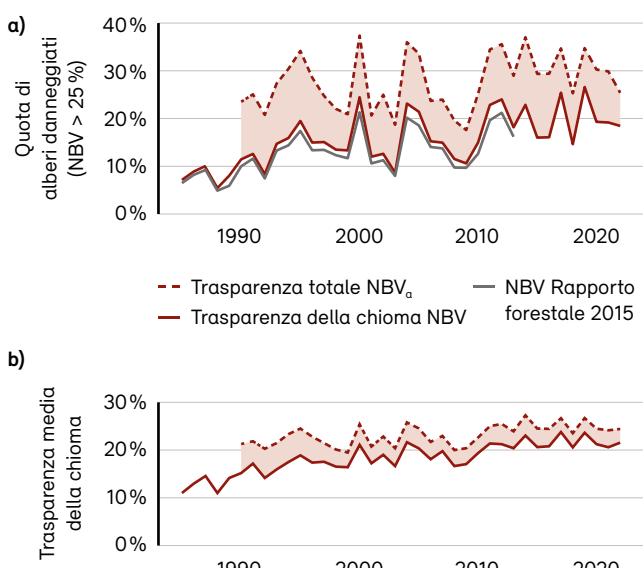
Trasparenza della chioma

Gli aghi e il fogliame degli alberi sono importanti indicatori delle condizioni di un bosco. Dal 1985 ogni estate l'Inventario Sanasilva rileva sistematicamente la trasparenza della chioma nei boschi svizzeri, analizzando i circa 1000 alberi delle attuali 49 aree di saggio dell'Inventario forestale nazionale (IFN) secondo un procedimento standardizzato. Le superfici sono distribuite in tutto il Paese su un reticolo quadrato di 16×16 km.

La trasparenza è la percentuale della perdita di aghi o foglie (NBV) di una chioma che non può essere spiegata da una causa nota. Come riferimento viene preso un albero con chioma completamente frondosa della stessa età e nella stessa stazione. Dal 1990 viene rilevata anche la trasparenza totale (NBV_a), che include invece le cause note, come schianti da vento, grandinate, nevicate o fenomeni quali la produzione massiccia di fiori e semi. Se la trasparenza è superiore al 25 per cento, gli alberi ancora in vita vengono definiti «danneggiati», se supera il 60 per cento «gravemente danneggiati». L'Inventario Sanasilva fa parte dell'ICP Forests monitoring (International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests), che rileva dati confrontabili in quasi tutti i Paesi europei (Eichhorn et al. 2020). Dal 1984, il Programma intercantonale di osservazione permanente (WDB) scandaglia, con metodi analoghi, altre 184 superfici con più di 12 500 faggi, abeti e querce, sebbene queste ultime siano censite solo dal 2008.

Figura 2.3.1

Evoluzione della trasparenza della chioma (tutte le specie arboree) dal 1985 al 2022 in base a defogliazione per cause sconosciute (NBV) e trasparenza totale (NBV_a). Le superfici colorate indicano la trasparenza per cause note. a) Quota degli alberi danneggiati (NBV > 25 %). Per confronto, è indicata la trasparenza della chioma dal Rapporto forestale 2015, basato però su una valutazione dei dati e un controllo qualità diversi (linea grigia). b) Evoluzione della trasparenza media della chioma per tutte le specie arboree secondo i criteri NBV e NBV_a. (NBV = perdita di aghi e foglie).



Fonte: Inventario Sanasilva

Le superfici WDB sono state selezionate specificamente per sondare ulteriori fattori d'influsso ecologici. Pertanto, non è possibile confrontare direttamente i valori assoluti con l'Inventario Sanasilva rappresentativo dell'area.

Evoluzione dello stato della chioma

I risultati dei rilevamenti Sanasilva indicano che la percentuale di alberi danneggiati (NBV > 25 %) nel lungo periodo è aumentata in media per tutte le specie arboree (fig. 2.3.1a). Dal 1985 al 1989, questa quota è stata solitamente ben al di sotto del 10 per cento. Dal 2010 ha superato regolarmente il 25 per cento, raggiungendo un massimo di quasi il 27 per cento nel 2019. Gli effetti sulle conifere e sulle latifoglie sono paragonabili. Ancora più pronunciata è la tendenza all'aumento

della trasparenza media a lungo termine (fig. 2.3.1b). La quota di alberi gravemente danneggiati ($NBV > 60\%$) è rimasta al di sotto del 3 per cento in tutto il periodo di osservazione, ma è aumentata a partire dal 2004 circa.

Per quanto riguarda la trasparenza totale (NBV_t), la quota degli alberi danneggiati è per sua natura più alta (fig. 2.3.1a) perché include anche le cause note. Questi valori non consentono di trarre conclusioni sulle condizioni di salute di un albero. Per valutare in modo più preciso le tendenze a lungo termine occorre infatti procedere a un'analisi differenziata dello stato delle chiome. Ad esempio, a livello di trasparenza totale si registrano spesso importanti fluttuazioni annuali. Tuttavia, la tendenza a lungo termine verso una maggiore percentuale di alberi danneggiati è meno pronunciata. Le forti oscillazioni annuali indicano l'influsso di eventi estremi come tempeste e annate siccitose, anche se di solito queste influiscono sulla trasparenza della chioma con un ritardo da uno a diversi anni (Frei et al. 2022).

La trasparenza totale nelle aree WDB per faggio, abete rosso e quercia è indicata nella figura 2.3.2a. Le oscillazioni annuali sono dovute alle influenze meteorologiche quali siccità e gelate tardive e, per quanto riguarda il faggio, anche al carico di frutti e alla carenza di nutrienti (Braun e Flückiger 2013). È evidente che la quota di chiome gravemente danneggiate sia aumentata significativamente per tutte e tre le specie arboree dopo l'estate molto siccitosa del 2018 (fig. 2.3.2b).

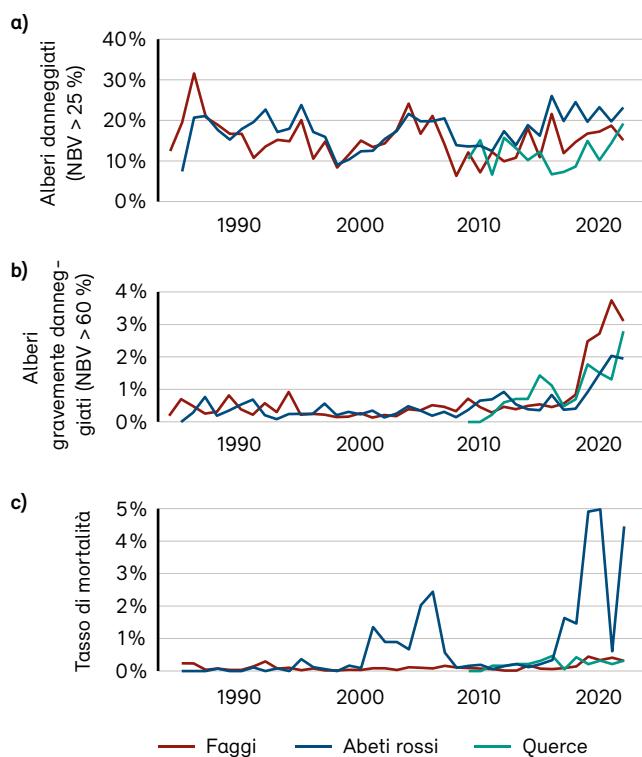
Evoluzione della mortalità

Nelle superfici Sanasilva viene rilevato anche il tasso di mortalità come ulteriore indicatore delle condizioni fitosanitarie degli alberi (fig. 2.3.3). I dati relativi alle conifere non delineano una tendenza precisa di lungo periodo, ma mostrano un alto tasso di mortalità dopo tempeste o periodi siccitosi. Per quanto riguarda le latifoglie, questo tasso è aumentato tra il 2009 e il 2022. L'aumento osservato nei boschi svizzeri è stato rilevato anche negli studi condotti in altri Paesi europei (Senf et al. 2018).

Anche nelle superfici WDB dopo l'anno siccitoso 2018 è stato registrato un forte incremento della mortalità degli abeti rossi e dei faggi (fig. 2.3.2c; Braun et al. 2021, Tresch et al. 2023). Per le querce, invece, censite soltanto dal 2008, non è possibile individuare una tendenza di lungo periodo a causa delle forti oscillazioni annuali.

Figura 2.3.2

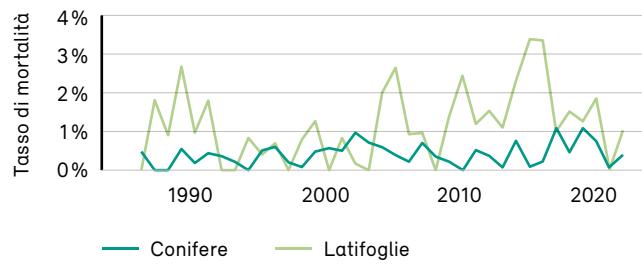
Evoluzione della trasparenza della chioma (NBV) e mortalità di faggi, querce e abeti rossi dal 1984 al 2022: a) quota di alberi danneggiati ($NBV > 25\%$), b) quota di alberi gravemente danneggiati ($NBV > 60\%$), c) quota di faggi, querce e abeti rossi morti. ($NBV =$ perdita di aghi e foglie).



Fonte: WDB

Figura 2.3.3

Tasso di mortalità di conifere e latifoglie dal 1985 al 2022.



Fonte: Inventario Sanasilva

2.4 Danni al bosco

Valentin Queloz, Marco Conedera, Gianni Boris Pezzatti, Michael Sautter, Sophie Stroheker, Meinrad Abegg, Sabine Braun, Simon Tresch, Aline Knoblauch, Simon Blaser

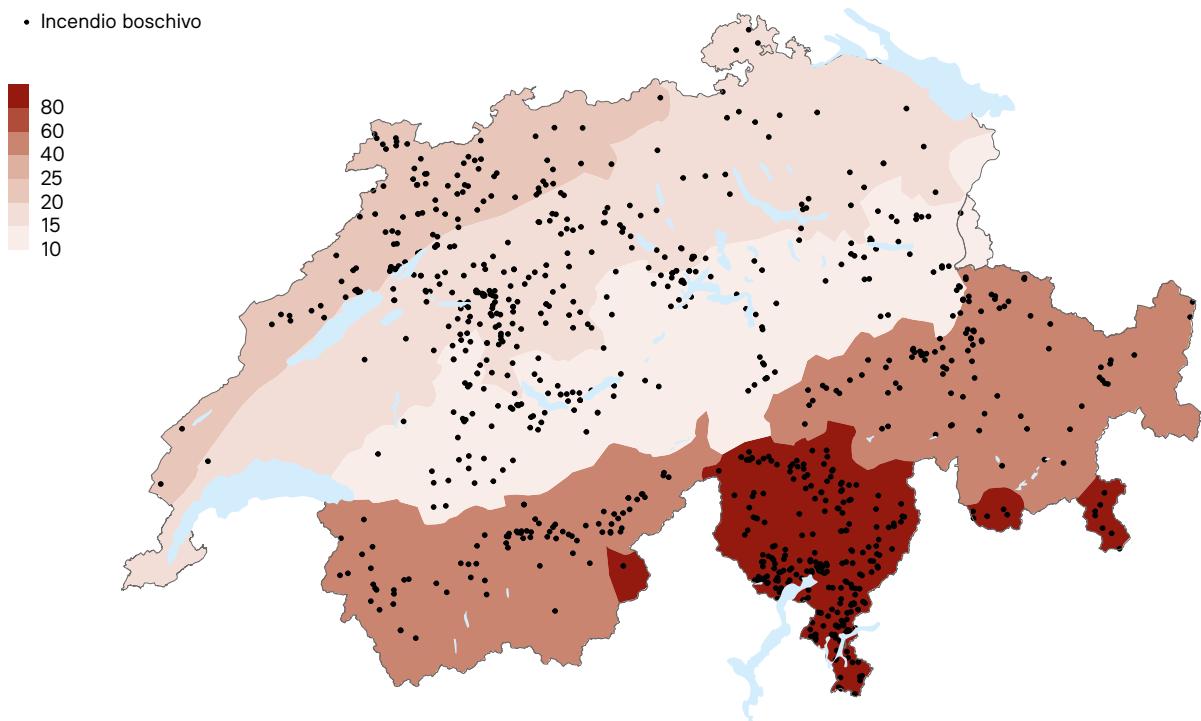
- L'aumento delle temperature e dei periodi di siccità comportano un maggior rischio di incendi boschivi. L'effetto combinato di questi fattori abiotici e dei parassiti autoctoni e alloctoni comporta eventi dannosi nuovi sia per tipologia che per dimensioni.
- Spesso gli alberi dei boschi sono indeboliti e in aree isolate o localizzate deperiscono a causa di cambiamenti del clima, incendi, grandinate, complesse fitopatologie o diffusione di specie invasive.
- Affinché il bosco possa continuare a fornire le sue prestazioni sono essenziali specie arboree più resistenti al cambiamento climatico e agli organismi nocivi anche per la loro provenienza.

Incendi boschivi

Dal 2015 al 2022, in Svizzera si sono registrati in media 114 incendi boschivi l'anno (fig. 2.4.1) che hanno interessato una superficie media di 143,3 ettari. L'aumento rispetto al decennio 2005–2015 (98,3 incendi boschivi e 94,7 ettari l'anno) può essere spiegato dal fatto che i dati sugli incendi boschivi sono stati registrati sistematicamente in tutti i Cantoni solo a partire dal 2008 e secondariamente dalla maggiore frequenza di periodi siccitosi. Gli incendi si verificano in prevalenza (57 %) durante il periodo vegetativo da maggio a novembre. Tuttavia, la maggior parte della superficie arsa (88 %) è danneggiata da fuochi radenti invernali. In media il 24 per cento degli incendi nel periodo vegetativo e il 13,7 per cento di quelli che si verificano tutto l'anno è causato da fulmini. Questi fuochi tendono a covare nel sottosuolo, ma interessano solo aree molto circoscritte, in media di circa 0,2 ettari.

Figura 2.4.1

Numero di incendi boschivi per 1000 km² di superficie infiammabile dal 2015 al 2022.



La superficie arsa al Sud delle Alpi, con un totale di 352 ettari per 1000 chilometri quadrati (ha/1000 km²) di superficie infiammabile, è stata molto più estesa rispetto alle altre regioni della Svizzera (Alpi: 8 ha/1000 km², Giura: 5 ha/1000 km²). Gli incendi di vaste dimensioni che hanno riguardato una superficie superiore a 50 ettari si sono registrati solo al Sud delle Alpi: l'incendio divampato per negligenza il 30 gennaio 2022 sul Monte Gambarogno con una superficie arsa di 196 ettari, l'incendio del 23 marzo 2022 a Verdasio-Centovalli (87 ha, esercizio ferroviario), i due incendi del 27 dicembre 2016 a Mesocco (119 ha, dolo) e a Chironico (114 ha, negligenza) e quello del 2 dicembre 2016 a Isone (180 ha, esercito), in cui la maggior parte della superficie arsa (160 ha) era costituita da prati. I lunghi periodi di siccità aumentano il numero di incendi boschivi (WSL Swissfire database). Grazie al rapido intervento e alle maggiori misure di prevenzione, gli incendi boschivi sono rimasti in gran parte sotto controllo. I programmi e le strategie regionali e cantonali in materia di incendi boschivi sono stati integrati dall'introduzione di un sistema nazionale di informazione sul pericolo di incendio, rafforzando così la prevenzione con un sistema di allerta quotidiana a livello nazionale.

Calore, siccità e schianti da vento

Gli eventi climatici estremi, come la canicola, la siccità e i deficit idrici di lungo periodo, stanno causando sempre più danni al bosco. La siccità provoca segnali evidenti di deperimento e indebolisce la resistenza degli alberi a organismi nocivi come insetti e funghi (cap. 2.5). I risultati intermedi del quinto Inventario forestale nazionale IFN5 (2018–2026) indicano che la vitalità degli alberi è diminuita significativamente negli ultimi anni a causa dell'aridità o della siccità (Abegg et al. 2023). La quota di superfici danneggiate esclusivamente dalla siccità è del 7,2 per cento ($\pm 2\%$). Rispetto alla media di lungo periodo (1984–2018), la mortalità dovuta alla siccità è aumentata significativamente nelle circa 200 superfici del Programma intercantonale di osservazione permanente (WDB) negli anni 2018–2022: di dieci volte per quanto riguarda gli abeti rossi (Tresch et al. 2023) e di tre volte per i faggi (Braun et al. 2021).

Oltre a siccità, canicola o incendi anche il vento e la grandine causano danni ingenti al bosco. Ad esempio, la tempesta invernale Burglind ha abbattuto 1,3 milioni di metri cubi di legname nel 2018. I devastanti temporali estivi, in particolare le grandinate, sono stati più frequenti nell'ultimo decennio rispetto al precedente periodo

2003–2012. Nel luglio 2021 diverse grandinate di eccezionale intensità hanno colpito la Svizzera. L'impatto dei chicchi ha provocato ampie ferite da scortecciamento e la rottura delle cime degli alberi, indebolendo in particolare le conifere e devastando talora interi popolamenti (Dubach et al. 2023). Nelle faggete e peccete del WDB è stato rilevato un aumento consistente di schianti da vento e rottura dei fusti (Braun et al. 2023b).

Insetti autoctoni

In seguito ai disturbi abiotici, ovvero alle tempeste invernali Burglind e Vaia e alle estati siccitose 2018, 2019 e 2020, numerose regioni della Svizzera sono state colpite da un'infestazione da bostrico su larga scala. Questi eventi hanno generato ingenti quantità di legname danneggiato, che ha offerto le condizioni ideali per la riproduzione del bostrico tipografo (*Ips typographus*). Il risultato è stato una proliferazione di massa di questa specie di bostrico, che ha raggiunto il suo apice nel 2019, quando ha infestato oltre 1,5 milioni di metri cubi di legno di abete rosso in tutta la Svizzera (Stroheker et al. 2020). Questa calamità si riflette nei risultati intermedi dell'IFN5, che mostrano un calo del 15,4 per cento della provvigione di abete rosso sull'Altipiano rispetto ai valori dell'IFN4 (2009–2017).

Nel 2022 e nel 2023 nel Vallese sono stati rilevati focolai importanti ed estesi di minatrice delle foglie di quercia (*Acrocercops brongniardella*), una specie di falena autoctona che fino a quel momento era considerata poco frequente. L'attività estrattiva dei bruchi di questa specie causa l'imbrunimento delle foglie di quercia e la loro caduta prematura (Dubach et al. 2023).

Malattie fungine e batteriche autoctone

Non tutti gli organismi nocivi traggono vantaggio dal cambiamento climatico e dagli eventi estremi. Sebbene gli alberi stressati siano generalmente meno resistenti alle infezioni fungine, le estati secche e calde inibiscono lo sviluppo di molti funghi. Nel lungo periodo, mentre alcune malattie fungine come l'infezione da armillaria, il disseccamento dei germogli del pino silvestre (*Diplodia sapinea*) e l'hypoxylon (*Biscogniauxia* spp.) si intensificano in seguito al cambiamento climatico, altre malattie e agenti patogeni tendono a scomparire, come gli oomiceti del genere *Phytophthora* o la ruggine della douglasia (*Nothophaeo-cryptopus gauemannii*) (Sturrock 2012).

Figura 2.4.2

a) Sintomi di fuoriuscita di essudati dalle querce nel Cantone di Basilea. b) Campionamento per il rilevamento di batteri che causano AOD e del fungo *Phytophthora* presso il centro di competenza Waldschutz Schweiz (WSS). Foto: Simon Tresch (IAP)



Alcune malattie fungine presentano una forte variabilità di anno in anno in funzione delle condizioni climatiche. L'agente patogeno che causa il deperimento dei germogli di pino rosso, ad esempio, predilige il caldo e la siccità. Se poi una grandinata favorisce l'ingresso del fungo nei germogli, questo si sviluppa rapidamente durante la successiva siccità e può causare la morte degli alberi in un solo periodo vegetativo.

Un fenomeno marcato degli ultimi anni è stato l'aumento di essudati negli alberi, che può essere causato da funghi, microorganismi simili ai funghi del genere *Phytophthora* o batteri. Nel 2017, ad esempio, è stata rilevata per la prima volta in Svizzera una moria acuta delle querce rovere causata da diversi batteri (ingl.: *Acute Oak Decline*, AOD, fig. 2.4.2). Nel frattempo, si è osservata un'infestazione delle querce in diverse stazioni dell'Altipiano e del Giura. In combinazione con il coleottero delle querce (*Agrilus biguttatus*) e altri fattori ambientali, l'AOD può causare la morte delle querce infestate (Dubach et al. 2023).

Organismi nocivi alloctoni

Oltre agli organismi nocivi autoctoni, anche quelli invasivi importati minacciano il bosco svizzero. Particolarmente pericoloso è il tarlo asiatico del fusto (ALB, *Anoplophora glabripennis*), che in Europa non ha antagonisti naturali. Attacca diverse latifoglie e può causarne il deperimento nel giro di pochi anni. Dall'autunno 2011, in Svizzera si sono registrate cinque infestazioni su terreno aperto, di cui quattro considerate ormai eradicata grazie agli interventi e ai controlli costanti. Il principale focolaio è stato scoperto nell'estate del 2022 nel Cantone di Lucerna.

Un altro insetto dannoso per le conifere, lo scolitide nordico dell'abete rosso (*Ips duplicatus*), è stato individuato nel 2019 nella valle del Reno nel Canton San Gallo. In Ticino, nel 2022, sono state individuate altre quattro specie alloctone di bostrico delle latifoglie il cui potenziale nocivo è ancora in gran parte sconosciuto (Dubach et al. 2023). Infine, con il primo rilevamento dell'argide dell'olmo (*Aproceros leucopoda*) nel Cantone di Zurigo, nel 2017,

e della cedidomia galligena della douglasia del genere *Contarinia*, nel 2022, si sono aggiunti altri insetti nocivi alloctoni (Beenken et al. 2018, Blaser et al. 2023). Il cinipide galligeno del castagno (*Dryocosmus kuriphilus*), una piccola vespa originaria della Cina, da anni sta provocando danni ingenti ai castagni al Sud delle Alpi. Nel frattempo, però, è stato individuato un valido antagonista naturale: l'imenottero calcidoideo asiatico *Torymus sinensis* (Beenken et al. 2018).

Il disseccamento dei germogli del frassino, causato dal fungo dell'Asia orientale *Hymenoscyphus fraxineus*, è stato osservato per la prima volta in Svizzera nel 2008. La malattia comporta un tasso di mortalità molto elevato durante la rinnovazione. I frassini adulti invece sopravvivono più a lungo. Con il tempo, tuttavia, alcuni sono colpiti dal deperimento dei germogli o, in seconda battuta, dall'armillaria. Nel 2022 è stato necessario raccogliere forzatamente 168 489 metri cubi di frassino, un record nel periodo 2016–2022. Questo evento si riflette nei risultati intermedi dell'IFN5, che già mostravano una leggera diminuzione dei popolamenti di frassino nel Giura e sull'Altipiano (Abegg et al. 2023). Circa il 2–5 per cento dei frassini è resistente: questi alberi devono essere conservati in modo che la loro resistenza possa essere trasmessa alle generazioni future (Dubach et al. 2023).

Inoltre, nell'ultimo decennio sono stati descritti o osservati diversi nuovi patogeni fungini e batterici non ancora ritenuti invasivi: il batterio *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi* dell'ippocastano, il fungo *Petrakia liobae*, che attacca le foglie di faggio, il cancro corticale del carpino (*Cryphonectria carpinicola*), tre nuovi funghi asiatici dell'oidio e il fungo tubolare *Microstrobilinia castrans*, che attacca esclusivamente i fiori maschi di abete rosso e li rende sterili. Anche il fungo invasivo *Cryptostroma corticale*, che causa la corteccia fuligginosa dell'acero, si è rafforzato con il cambiamento climatico ed è stato osservato con una maggiore frequenza in Svizzera. Uccide il cribro-vascolare (tessuto vegetale dell'albero) e forma uno strato fuligginoso di spore fungine sul fusto, che possono causare reazioni allergiche nell'uomo.

Per proteggere il bosco da organismi nocivi alloctoni, occorre adottare misure fitosanitarie. In Svizzera se ne occupa il Servizio fitosanitario federale (SFF). Ogni anno controlla circa 2000 container importati contenenti materiali da imballaggio in legno per verificare la presenza di organismi nocivi particolarmente pericolosi. Inoltre, per individuare precocemente un'infestazione è fondamentale anche sensibilizzare la popolazione. Per il personale che opera nel settore verde si organizzano anche corsi specifici. Parallelamente la Confederazione, i Cantoni e il WSL per gli anni dal 2020 al 2022 hanno sviluppato un programma di monitoraggio basato sul rischio per determinati organismi nocivi.

Effetti combinati e loro conseguenze

Gli effetti combinati di fattori abiotici e biotici possono portare a eventi dannosi nuovi sia per tipologia che per dimensioni. L'impatto della siccità sull'infestazione da bostrico è significativamente più elevato nelle aree con un'elevata deposizione di azoto, soprattutto nelle zone a bassa quota e nei popolamenti di abeti rossi non autoctoni (Tresch et al. 2023). Ma gli effetti combinati possono riguardare anche solo fattori biotici. Ad esempio, il cinipide galligeno del castagno in combinazione con il cancro corticale del castagno causato dal fungo *Cryphonectria parasitica* può aumentare la mortalità del castagno.

2.5 Influenza del cambiamento climatico sullo stato fitosanitario

Matthias Saurer, Arthur Gessler, Charlotte Grossiord, Meinrad Abegg, Sabine Augustin, Marcus Schaub

- La frequenza di anni caldi e secchi sta diventando sempre più problematica per il bosco. Ne stanno risentendo anche le specie un tempo considerate resistenti alla siccità.
- I risultati intermedi del quinto Inventario forestale nazionale indicano un aumento degli alberi danneggiati, soprattutto a causa di insetti e agenti patogeni ma anche per schianti da vento e perdita di vitalità in seguito alla siccità.
- L’Ufficio federale dell’ambiente (UFAM) e l’Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio (WSL) hanno sviluppato degli strumenti per selezionare specie arboree adatte al cambiamento climatico. Le principali misure consistono nella promozione dei boschi misti e nell’incremento della loro diversità genetica.

Temperature elevate e scarse precipitazioni

Se si confronta il trentennio 1993–2022 con il periodo preindustriale 1871–1900, la temperatura media annua in Svizzera è aumentata di 2 gradi Celsius a causa del cambiamento climatico (MeteoSvizzera 2023). Da alcuni anni, inoltre, sono diventati più frequenti i periodi estremamente caldi e siccitosi. La maggior parte dei record di temperatura e siccità raggiunti nell'estate del 2003, considerata la più calda del secolo, sono già stati superati più volte. I sette anni più caldi dall'inizio delle misurazioni si sono registrati dopo il 2010. Il 2018 in particolare spicca per un nuovo record annuale della temperatura nel semestre estivo; è stato più caldo di qualsiasi altro anno dall'inizio delle misurazioni nel 1864. Le temperature elevate sono state accompagnate da una marcata carenza di pioggia. La siccità è particolarmente grave anche nel periodo storico di 2100 anni, come è stato ricostruito sulla base degli anelli annuali (Büntgen et al. 2021), e ha provocato danni diffusi agli alberi, come ad esempio la trasparenza della chioma (cap 2.3). La rapida successione di estati secche e calde ostacola anche la ripresa dei boschi.

Conseguenze per gli alberi

Il cambiamento del clima ha ulteriori conseguenze sul bosco. Ad esempio, molte latifoglie germogliano prima,

mentre il rischio di gelate tardive in primavera rimane elevato o addirittura aumenta (Vitasse et al. 2018). Le specie arboree che si riprendono rapidamente dai danni del gelo potrebbero trarne beneficio in futuro (Baumgarten et al. 2023). L'allungamento del periodo vegetativo potrebbe essere vantaggioso per quelle specie che possono massimizzare la fotosintesi in primavera e in autunno, compensando così il ridotto assorbimento di carbonio durante l'estate, come ad esempio la roverella (Grossiord et al. 2022), ma non lo è altrettanto per la crescita, che dipende invece soprattutto dal numero di giorni di pioggia (Etzold et al. 2022). La combinazione di carenza idrica al suolo, temperature molto elevate e aria secca sta avendo ripercussioni sempre più importanti sul bosco. Particolarmente colpiti sono gli abeti rossi a bassa quota, che potrebbero deperire improvvisamente a causa della mancanza d'acqua (Arend et al. 2021; cap. 2.3).

Persino alcune specie arboree un tempo considerate resistenti alla siccità, come il faggio e l'abete bianco, stanno soffrendo per la carenza idrica. Nel faggio, all'interno dei fasci vascolari che trasportano l'acqua si formano piccole bolle d'aria, le cosiddette embolie, che possono interrompere l'apporto d'acqua a intere sezioni di chioma provocandone il deperimento (Braun et al. 2021, Schuldt et al. 2020). Per questo fenomeno non è rilevante solo la siccità dell'anno corrente ma anche quella degli anni precedenti (Klesse et al. 2022). Inoltre, anche l'umidità invernale svolge un ruolo importante in particolare nelle stazioni più aride (Goldsmith et al. 2022). L'abete è molto sensibile a un elevato deficit di pressione di vapore acqueo nell'aria, particolarmente accentuato in presenza di aria molto calda e secca (Etzold et al. 2022), un fattore che dovrebbe essere preso maggiormente in considerazione nella scelta delle specie arboree. Il deficit di pressione del vapore acqueo è un criterio importante per la classificazione delle stazioni da «secche» a «umide/fresche» (Braun et al. 2023c).

Periodi prolungati o ripetuti di stress possono portare a una carenza di carbonio, perché in queste condizioni gli alberi chiudono le aperture degli stomi per risparmiare

acqua. Ciò ne compromette la vitalità e a lungo termine ne riduce la massa di foglie o aghi. Inoltre, viene a mancare energia per i processi di difesa, come la produzione di resine, rendendoli più vulnerabili agli insetti e agli agenti patogeni. Le indagini di lungo termine condotte sui pini silvestri del bosco di Fingers (VS) hanno dimostrato che la carenza d'acqua è responsabile dei problemi di questa specie arborea (Bose et al. 2022). Nelle valli alpine interne, perciò, il pino silvestre è minacciato dal cambiamento climatico. A lungo termine i suoi popolamenti potrebbero essere sostituiti da specie più resistenti alla siccità come la roverella.

Stato fitosanitario dei popolamenti

L'Inventario forestale nazionale (IFN) rileva la crescita dei boschi svizzeri a intervalli periodici. Dell'IFN5 (2018–2026) sono disponibili i risultati intermedi per gli anni 2018–2022 (Abegg et al. 2023). Altri fattori relativi alle condizioni fitosanitarie dei popolamenti sono stati raccolti in un'indagine svolta dai servizi forestali, che aveva l'obiettivo di individuare le cause del deperimento degli alberi e da cui è emerso che i principali responsabili della mortalità degli alberi ancora vivi nel periodo IFN4 (2009–2017) sono le infestazioni di insetti, lo schianto da vento, la siccità e gli organismi nocivi come funghi, virus o batteri. I danni provocati dagli insetti, in particolare dal bostrico, sono spesso causati da periodi di forte siccità, che ha avuto un forte impatto soprattutto nel Giura. La mortalità varia a seconda della regione e delle specie arboree, il che significa che i cambiamenti nella composizione delle specie stanno già diventando evidenti. Questo dato è confermato dai risultati dell'IFN5 sulle utilizzazioni forzate.

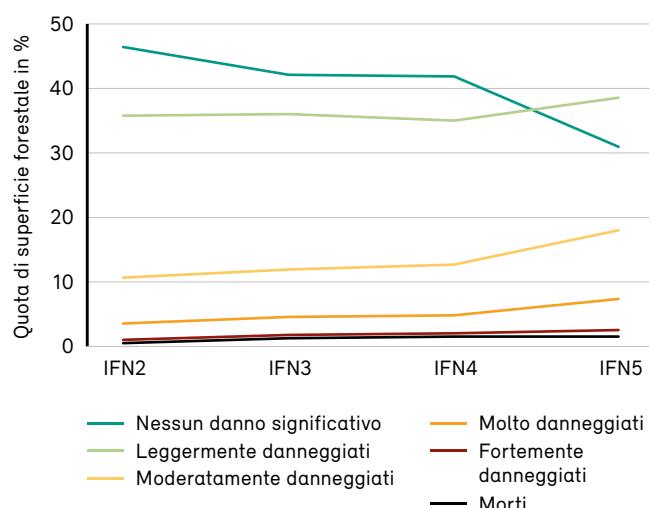
A livello nazionale, le aree forestali colpite da infestazioni da insetti e agenti patogeni e quelle danneggiate da vento e siccità sono state pressoché equivalenti per dimensioni. Rispetto ai rilevamenti dell'IFN2 (1993–1995), il numero di alberi danneggiati è aumentato solo nel periodo di osservazione più recente (fig. 2.5.1), un dato che corrisponde a quello delle indagini sullo stato delle chiome degli alberi (cap. 2.3). Queste osservazioni indicano un forte impatto climatico sui boschi.

Fondamenti per la selezione di specie arboree adattate al clima

Il Programma di ricerca «Bosco e cambiamenti climatici» ha sviluppato i principi per selezionare specie arboree adattate al cambiamento climatico, sulla base del calcolo delle fasce vegetazionali in un clima futuro (Zischg et al. 2021) e dell'idoneità delle stazioni in funzione degli ecogrammi (Braun et al. 2023c). I risultati sono stati pubblicati nel 2018 sotto forma di raccomandazioni per la selezione di specie adatte alla stazione (Frehner et al. 2018) e sono disponibili nell'applicativo Tree App (www.tree-app.ch): promuovere i boschi misti di latifoglie con misure adeguate e la diversità genetica (cap. 4.6); preferire le specie arboree autoctone e solo eccezionalmente ricorrere a quelle importate. Nell'ambito di un progetto di implementazione del programma si stanno realizzando anche piantagioni di prova con numerose specie di provenienza diversa (Frei et al. 2018). Le piante prese in esame provengono da popolamenti autoctoni o da regioni più calde e secche al di fuori dei confini elvetici. Le oltre 50 piantagioni di prova distribuite in tutta la Svizzera forniranno informazioni preziose nei prossimi decenni.

Figura 2.5.1

Evoluzione del grado di danneggiamento nei popolamenti del bosco svizzero nell'IFN2 (1993–1995), IFN3 (2004–2006), IFN4 (2009–2017) e IFN5 (2018–2022). Il grado di danneggiamento si basa sulla valutazione dei danni ai singoli alberi, calcolati per il rispettivo popolamento. L'errore standard per tutti i valori indicati è inferiore all'1 per cento.



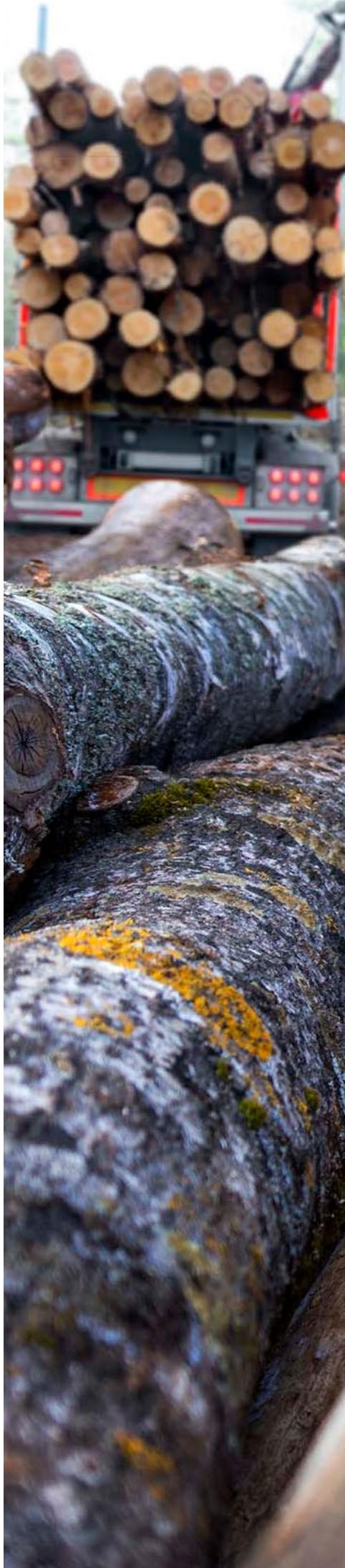
Fonte: IFN (Abegg et al. 2023)

3

Utilizzazione

Il legname raccolto viene suddiviso per specie arborea e stoccati provvisoriamente lungo la strada forestale.

Foto: Getty, Pink Badger







3 Utilizzazione

Janine Schweier, Alfred W. Kammerhofer

Il legno è la principale materia prima che l'uomo ricava dal bosco. Quest'ultimo fornisce però anche altri prodotti e servizi la cui utilizzazione sostenibile, alla luce del cambiamento climatico, deve essere attentamente pianificata. Dal 2015 si raccolgono e si vendono ogni anno circa 5 milioni di metri cubi di legno, di cui circa il 66 per cento di conifere e il 34 per cento di latifoglie. L'incremento netto, che in parole povere rappresenta la crescita degli alberi vivi, per la prima volta è in calo a livello regionale, a causa dell'aumento della mortalità, soprattutto di abete rosso e faggio. La percentuale di utilizzazioni forzate è aumentata in modo significativo soprattutto alle quote più basse. A causa di periodi siccitosi più frequenti dovuti al cambiamento climatico, si può prevedere che anche in futuro verrà raccolta una percentuale crescente di legno di conifere. Oltre al legname, il bosco fornisce numerosi altri servizi di approvvigionamento, regolazione e di tipo culturale i cui costi finora sono stati coperti solo parzialmente. Fra questi figurano i prodotti non legnosi come funghi, selvaggina, miele e alberi di Natale, la cui importanza cresce costantemente e che si prestano ad essere valorizzati ancora meglio. Alla luce del cambiamento climatico e delle crescenti esigenze della società, la pianificazione forestale sta diventando sempre più complessa: richiede raccolte di dati attendibili e strumenti pianificatori in grado di contemplare tutti gli aspetti legati all'utilizzazione del bosco.

3.1 Utilizzazione legnosa e incremento

Marjo Kunnala, Christian Temperli

- Sia l'incremento netto che quello lordo sono in calo a livello regionale.
- La mortalità è fortemente aumentata e corrisponde al 25 per cento dell'incremento lordo. A seguito di perturbazioni, si è registrato anche un sensibile aumento delle utilizzazioni forzate non programmate.
- È probabile che queste tendenze continuino, seppur con differenze a livello regionale. La gestione forestale sarà quindi sempre più improntata al controllo di questi fenomeni.

Incremento, utilizzazione e mortalità

Incremento, utilizzazione e mortalità sono parametri importanti per valutare la produttività del bosco e il consumo sostenibile di risorse (cap. 1.2). Secondo la terminologia dell'Inventario forestale nazionale (IFN) l'incremento lordo comprende l'aumento del volume degli alberi vivi, il volume degli alberi che hanno superato la soglia di cavallettamento (12 cm) e l'incremento modellato del volume degli alberi utilizzati e di quelli morti per cause naturali non utilizzabili (mortalità). L'incremento netto, invece, è dato dall'incremento lordo meno il volume della mortalità naturale. A questo si contrappone l'utilizzazione, che secondo l'IFN comprende il volume di legno del fusto in corteccia di tutti gli alberi abbattuti e rimossi, indipendentemente dal fatto che il legname venga venduto sul mercato, o venga utilizzato per scopi privati. Il volume di legno del fusto in corteccia viene conteggiato interamente ai fini dell'utilizzazione, anche se parte del legno rimane a terra nel bosco. Utilizzazione e mortalità sono definite, congiuntamente, anche «perdite».

A livello nazionale, nel periodo compreso tra l'IFN4 (2009–2017) e l'IFN5 (2018–2022) l'incremento lordo è stato di 10,6 milioni di metri cubi all'anno e quindi inferiore del 2,2 per cento a quello registrato tra l'IFN3 (2004–2006) e l'IFN4, che era di 10,8 milioni di metri cubi l'anno. È diminuito sensibilmente soprattutto nel Giura (– 9 %) e sull'Altipiano (– 7,3 %) (Abegg et al. 2023).

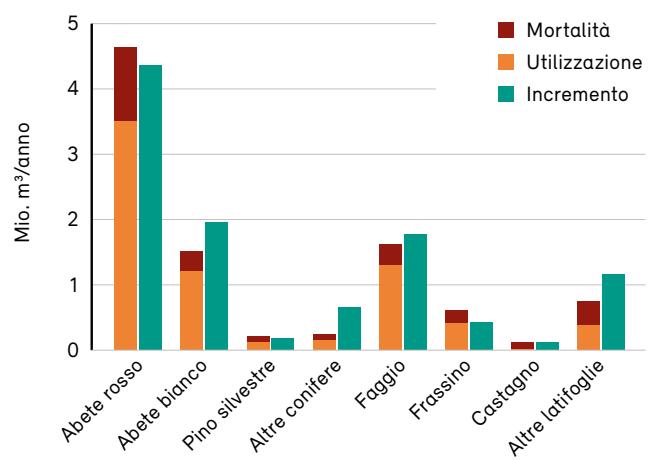
L'ultimo decennio è stato caratterizzato da un aumento della mortalità, che è salita da 1,7 a 2,6 milioni di metri cubi l'anno e ha rappresentato il 24,7 per cento dell'incremento lordo. Di

conseguenza, l'incremento netto a livello nazionale è sceso del 12,8 per cento, passando da 9,1 a 8,0 milioni di metri cubi l'anno. Nel Giura la mortalità è più che raddoppiata, con un aumento del 129,6 per cento. Pertanto, questa è la regione che ha registrato la più forte diminuzione dell'incremento netto (– 28,1 %). Anche nelle Alpi è stato osservato un aumento della mortalità pari al + 25,6 per cento.

L'utilizzazione, invece, è leggermente diminuita in tutta la Svizzera e di recente ammontava a 7,1 milioni di metri cubi l'anno. Il rapporto tra utilizzazione e mortalità rispetto all'incremento lordo è un indicatore dello sviluppo della provvigenza legnosa. Se la somma di utilizzazione e mortalità è superiore al 100 per cento dell'incremento lordo, significa che la provvigenza legnosa diminuisce. Nel caso del frassino (148,0 %), utilizzazione e mortalità hanno superato sensibilmente l'incremento lordo nell'ultimo decennio (fig. 3.1.1) a causa del forte aumento della mortalità provocato dal disseccamento dei germogli. Anche l'abete rosso (106,4 %), il pino silvestre (113,2 %) e il castagno (102,0 %), particolarmente diffuso al Sud delle Alpi, sono interessati da tale fenomeno, sebbene le condizioni di queste specie arboree debbano essere interpretate

Figura 3.1.1

Rapporto tra utilizzazione e mortalità rispetto all'incremento lordo (incremento) nel periodo che va dall'IFN4 (2009–2013) all'IFN5 (2018–2022), per specie arborea principale.



Fonte: IFN (Abegg et al. 2023)

con cautela a causa della sovrapposizione dell'intervallo di incertezza (errore standard) riferito all'utilizzazione e alla mortalità e di quello relativo all'incremento. Per il faggio, il rapporto è del 91,3 per cento, e in pratica corrisponde al dato registrato in Svizzera per tutte le specie arboree (91,4 %), nonostante il forte aumento della mortalità nel Giura. Nel caso dell'abete bianco, utilizzazione e mortalità rappresentano il 77,1 per cento dell'incremento lordo.

Queste diverse evoluzioni a livello di incremento lordo, utilizzazione e mortalità dipendono da numerosi fattori, ad esempio da perturbazioni come la tempesta Burglind nel gennaio 2018 o da periodi estremamente siccitosi come quelli del 2018 e del 2022 (Hermann et al. 2023). Anche le infestazioni da insetti e funghi hanno colpito gravemente il bosco (cap. 2.4, cap. 2.5).

Utilizzazioni forzate

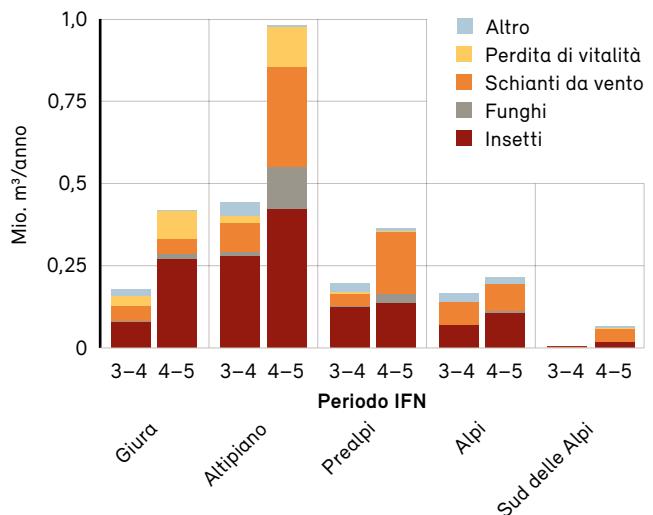
Le utilizzazioni forzate, ovvero gli interventi non pianificati che devono essere eseguiti a causa del verificarsi di fenomeni imprevisti, sono aumentate. Si tratta di operazioni complesse che comportano maggiori costi e minori ricavi per i proprietari. Nel periodo IFN3–IFN4 mediamente 1,1 milioni di metri cubi l'anno sono stati dichiarati come utilizzazioni forzate, pari al 13,9 per cento dell'intera utilizzazione. Nel periodo IFN4–IFN5, la quantità di legno raccolto forzatamente è quasi raddoppiata, raggiungendo 2 milioni di metri cubi l'anno, ciò che in ultima analisi rappresenta quasi un terzo dell'utilizzazione, con una quota del 29 per cento. Le maggiori utilizzazioni forzate si sono registrate sull'Altipiano e al Sud delle Alpi con il 35 per cento ciascuno, quelle minori nelle Alpi con il 21,5 per cento. Le cause più frequenti a livello nazionale sono state l'infestazione da insetti (46,6 %) e lo schianto da vento (31,7 %), seguiti dalla perdita di vitalità in seguito a siccità e aridità (9,3 %) e dall'infestazione micotica (8,9 %) (fig. 3.1.2).

Gestione forestale sostenibile

Il rapporto tra utilizzazione e incremento netto (esclusa la mortalità) è un indicatore dell'utilizzazione sostenibile del legno. A lungo termine questo parametro dovrebbe rimanere in equilibrio. L'aumento a livello regionale delle utilizzazioni forzate e le riduzioni dell'incremento netto hanno comportato un leggero aumento dell'utilizzazione rispetto all'incremento netto, passando dall'83,6 per cento del decennio precedente (IFN3–IFN4) all'88,6 per cento dell'ultimo decennio (IFN4–IFN5), con margini di incertezza sovrapposti. L'utilizzazione ha

Figura 3.1.2

Utilizzazioni forzate nei rilevamenti IFN3–IFN4 (dal 2004–2006 al 2009–2017) e IFN4–IFN5 (dal 2009–2013 al 2018–2022), in base a regione di produzione e causa principale.



Fonte: IFN (Abegg et al. 2023)

superato l'incremento netto nel Giura (124,2 %) e sull'Altipiano (116,6 %). Pertanto, in queste regioni la provvigenza legnosa è diminuita (cap. 1.2). L'utilizzazione, però, è soltanto uno dei fattori per valutare la sostenibilità. Occorre infatti considerare anche altre prestazioni forestali come la protezione dai pericoli naturali, il filtraggio dell'acqua piovana per renderla potabile, la biodiversità e gli habitat per specie vegetali e animali come anche gli spazi ricreativi per le persone. Per garantire la fornitura di questi servizi sono necessarie misure selviculturali adeguate, che in funzione degli obiettivi possono ridurre la provvigenza legnosa e tuttavia aumentare la sostenibilità complessiva del bosco, ad esempio adattando un popolamento al cambiamento climatico.

In alcune regioni, l'ultimo decennio è stato caratterizzato da un aumento di mortalità e utilizzazioni forzate. Lo sviluppo del bosco dovrebbe quindi continuare a essere guidato da misure selviculturali mirate, al fine di garantire i servizi richiesti dalla popolazione. Nei popolamenti sensibili al clima, che con molta probabilità in futuro saranno compromessi dal cambiamento climatico, l'evoluzione può essere controllata e accelerata con misure di adattamento come l'incremento della diversità delle specie o della varietà strutturale, la riduzione dei turni, la cura della rinnovazione o, in assenza di altre soluzioni, la piantagione di specie compatibili con il clima (Pluess et al. 2016).

3.2 Tondame

Matthias Bolley

- Nel bosco svizzero ogni anno si raccolgono circa 5 milioni di metri cubi di legno (grezzo) che viene stoccati sulla strada forestale.
- La domanda crescente ha comportato un aumento della raccolta di legname di conifere per usi energetici.
- A causa del cambiamento climatico la raccolta di legname è destinata ad aumentare. Il moltiplicarsi dei periodi di siccità porterà a un ulteriore incremento dell'utilizzazione di legno di conifere.

Raccolta e utilizzo del legname

Il presente capitolo illustra il legname raccolto secondo la Statistica forestale svizzera, i cui dati si basano su un rilevamento completo svolto presso tutte le imprese forestali e i piccoli proprietari. Vengono registrati l'utilizzazione per assortimento e tipo di legname raccolto e reso disponibile sulla strada forestale, le piantagioni e i dati finanziari delle aziende (esclusi i piccoli proprietari). I dati non possono essere confrontati direttamente con i rilevamenti campione dell'IFN (cap. 3.1), perché i due strumenti misurano cose parzialmente diverse che non permettono di trarre le stesse conclusioni (UFAM 2022c).

Tra il 2013 e il 2021, nel bosco svizzero sono stati raccolti e commercializzati in media 4,8 milioni di metri cubi di tondame (UST 2022a), di cui il 66 per cento di conifere e il 34 per cento di latifoglie. Il 73 per cento del raccolto di legno di latifoglie è stato utilizzato per scopi energetici, il 14 per cento lavorato in segheria e il 13 per cento utilizzato come legno industriale, ad esempio per la produzione di pannelli truciolari. Del raccolto di conifere il 68 per cento è stato lavorato in segheria, il 22 per cento utilizzato a fini energetici e solo il 10 per cento destinato a legno da industria (UFAM 2022c, UST 2022a).

Oscillazioni annue nella raccolta di legname

La raccolta maggiore dell'ultimo decennio è stata registrata nel 2018 con 5,2 milioni di metri cubi (UST 2022a), a causa di un'infestazione da bostrico eccezionale causata dalle

tempeste invernali all'inizio dell'anno, a cui si sono aggiunti un'elevata siccità estiva e un aumento della domanda. Quella minore è stata rilevata nel 2016 con 4,45 milioni di metri cubi (UST 2022a), anno in cui i prezzi del legname e la domanda erano inferiori e le utilizzazioni forzate molto contenute.

La quota di legname di conifere sul totale della raccolta è aumentata notevolmente nel 2018 e da allora è rimasta elevata (UST 2022a; fig. 3.2.1). Questa tendenza riflette l'incremento della raccolta di legname danneggiato, soprattutto di conifere, in quanto l'abete rosso, la conifera più comune, è particolarmente sensibile agli schianti da vento e ai periodi di siccità alle quote più basse.

La percentuale di legno da energia sul totale della raccolta è aumentata costantemente, e anche in questo caso ha riguardato in particolare le conifere. Nel 2013, il 18 per cento delle conifere raccolte sono state utilizzate per la produzione di energia (UST 2022a); nel 2021 questa quota aveva già raggiunto il 24 per cento, principalmente a causa dell'aumento della domanda di energia rinnovabile e la conseguente diffusione degli impianti di produzione di energia dal legno.

Evoluzioni nell'utilizzo del legno

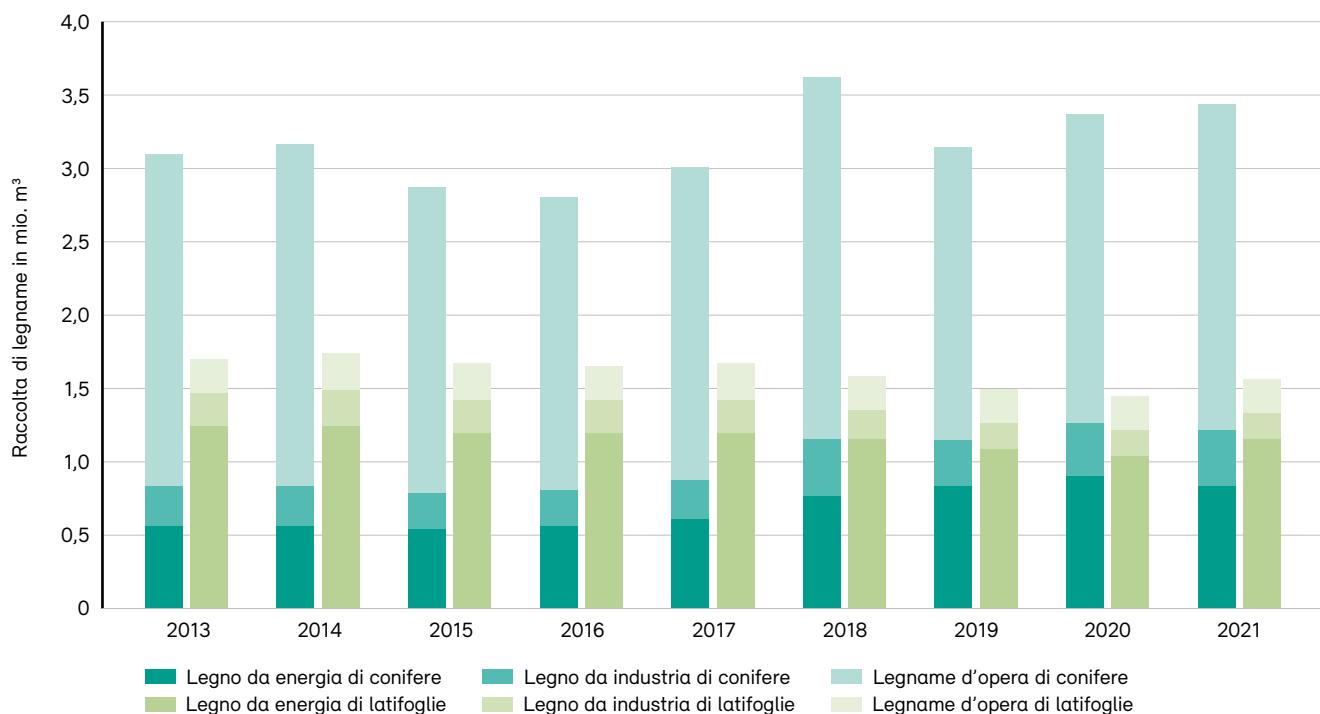
In futuro, gli eventi meteorologici estremi si presenteranno con una maggiore frequenza. Perciò le utilizzazioni forzate probabilmente rimarranno elevate o addirittura aumenteranno anche nel prossimo decennio. Pertanto, si otterrà una maggiore quantità di legname da lavorare e utilizzare. Anche in selvicoltura si prevede un aumento della raccolta di legname poiché le strategie di adattamento al cambiamento climatico presuppongono che si crei più spazio per i giovani alberi con la continuazione o addirittura l'incremento della raccolta di legname (Brang et al. 2016). La tendenza a una maggiore raccolta di conifere continuerà perché la gran parte delle specie arboree sensibili al clima, tra cui spicca l'abete rosso, sono conifere.

Un aumento dell'utilizzazione del legno è auspicabile anche dal punto di vista politico (UFAM 2021b, UFAM 2021c). Viene promosso indirettamente, ad esempio mediante incentivi, riduzione degli ostacoli normativi e cofinanziamento di sistemi di gru a cavo e dell'adeguamento o del ripristino di strade forestali (ma nessuna nuova infrastruttura, tranne che nei boschi di protezione). La maggiore utilizzazione fa parte della strategia di adattamento al cambiamento climatico e contribuisce a salvaguardare le funzioni del bosco. Richiede tuttavia un buon coordinamento con gli altri strumenti della strategia di adattamento come la promozione della biodiversità. Infine, contribuisce anche

a raggiungere gli obiettivi di emissione fissati nella politica climatica. Le modalità e le finalità di utilizzazione del legno in futuro saranno quindi influenzate da decisioni politiche. I diversi progetti sul legno da energia previsti in molti Cantoni in futuro potrebbero prevedere ad esempio la combustione del legno precedentemente utilizzato per la costruzione di case o per la produzione di mobili. Ma questa scelta sarebbe in contrasto con il principio a cascata della strategia nazionale per il bosco e il legno, secondo il quale il legno dovrebbe essere utilizzato per produrre materiali di maggior pregio prima di essere impiegato per la produzione di energia (cap. 6.7).

Figura 3.2.1

Raccolta di legname per assortimento e specie legnosa dal 2013 al 2021.



Fonte: UST 2022a

3.3 Prodotti non legnosi

Jean-Laurent Pfund

- I prodotti non legnosi provenienti dal bosco hanno un elevato valore economico e sociale per la popolazione. Ad esempio, la raccolta dei funghi è un'attività sempre più apprezzata.
- La produzione di miele e castagne risente dell'insorgere di agenti patogeni che danneggiano le api e i castagni.
- Ad eccezione della caccia, sono disponibili solo pochi dati quantitativi, che sarebbero importanti per includere i prodotti non legnosi nella pianificazione forestale e garantire un'utilizzazione sostenibile e una migliore valorizzazione di prodotti come funghi, castagne o miele di bosco.

Importanza e peculiarità dei prodotti non legnosi

L'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO) definisce i «non-wood forest products (NWFP)» come «prodotti di origine biologica diversi dal legno, provenienti da foreste, da altre superfici boschive e da alberi al di fuori dei boschi» (FAO 1999). In Svizzera, i prodotti principali sono selvaggina, funghi, miele, alberi di Natale e castagne. Il loro valore sociale ed economico è generalmente sottostimato, ma in effetti più di 1,5 miliardi di persone nel mondo utilizzano o commercializzano tali prodotti (Shanley et al. 2016). In Europa quasi una famiglia su quattro raccoglie questi prodotti (Wolfslehner et al. 2019).

L'economia dei NWFP è molto complessa: comprende prodotti molto eterogenei sia per origine (specie vegetali e animali) sia per tipologia (carne, frutti, fibre, succhi, radici). Le quantità raccolte, la disponibilità stagionale e anche la lavorazione e la commercializzazione variano a seconda del prodotto. Inoltre, i proprietari di boschi vantano diversi diritti a seconda della tipologia di prodotto. Per valutare il mercato e il potenziale di sviluppo, i NWFP sono stati classificati in una pubblicazione riepilogativa dell'Istituto forestale europeo in base all'impegno personale manifestato dai consumatori di questi prodotti – dai funghi o dalle bacche raccolti in proprio ai prodotti fabbricati industrialmente come il sughero, che vengono venduti nei supermercati senza praticamente alcun input personale da parte dei consumatori (tab. 3.3.1; Wong e Wiersum 2019).

Nell'inchiesta del Monitoraggio socioculturale del bosco (WaMos) una persona su sei ha dichiarato di raccogliere questi prodotti (UFAM 2022d; cap. 6.9), mancano tuttavia dettagli in merito ai luoghi, alle quantità e ai metodi di raccolta. Mentre l'attività venatoria è chiaramente regolamentata, l'accesso ai boschi e la raccolta di frutti e bacche per uso personale sono consentiti a tutti per legge. Per alcuni prodotti, come i funghi, associazioni o gruppi di interesse ne sostengono la coltivazione e commercializzazione.

Valore economico e utilizzazione

Secondo le stime, il valore totale annuo dei NWFP in Svizzera è di circa 80–90 milioni di franchi (Schmid 2015). Ma nella statistica sulla caccia sono disponibili dati affidabili solo per la selvaggina (UFAM 2023a). Dal 2012 al 2021, ogni anno sono stati abbattuti poco più di 40 000 caprioli, mentre il numero di cervi abbattuti è salito a 13 000. La caccia alla volpe e al camoscio è invece in calo. Il numero di cinghiali abbattuti varia ciclicamente di anno in anno tra gli 8000 e i 12 000 esemplari. I ricavi della vendita di carne di selvaggina di circa 70 000 caprioli, camosci, cervi e cinghiali ammonta a circa 20 milioni di franchi all'anno (CacciaSvizzera 2017).

La raccolta di funghi sta diventando un'attività sempre più diffusa. Le stime per il 2010 indicano quasi 250 tonnellate di porcini, finferli e spugnole raccolti (Limacher e Walker 2012).

La produzione di miele varia annualmente a seconda delle perdite invernali dovute alla ridotta attività delle api mellifere nella stagione fredda. Tra il 2005 e il 2015, è oscillata tra le 2000 e le 4000 tonnellate all'anno (Charrière et al. 2018). Ogni anno si stima che vengano raccolte anche circa 260 tonnellate di castagne per un valore di 0,5 milioni di franchi (Limacher e Walker 2012). Dallo stesso studio emerge che ogni anno in Svizzera vengono utilizzati quasi 1,2 milioni di alberi di Natale, di cui il 10 per cento, per un valore equivalente a 3,6 milioni di franchi, raccolti nel bosco svizzero. Il valore degli alberi di Natale e dei rami di abete importati è stato di circa

Tabella 3.3.1

Esempio di prodotti non legnosi del bosco (NWFP), classificati in base all'impegno personale con cui i consumatori contribuiscono alla catena del valore del corrispondente NWFP (verde = impegno elevato; blu= impegno medio; grigio = nessun impegno).

Impegno	Esempi	Tipo di prodotto e utilizzo	Caratteristiche
Impegno elevato	Bacche e funghi per consumo personale	Consumo proprio	Raccolta personale e utilizzo di NWFP a casa propria
	Confettura di frutti di bosco	Omaggio	Raccolta personale e lavorazione di NWFP per la cessione gratuita a parenti e amici
Impegno medio	Corsi per il tempo libero nel bosco o con i NWFP (p. es. intrecciare salici, riconoscere impronte di animali)	Prodotti esperienziali	Acquisto e utilizzo di servizi e attività per il tempo libero sulla base di NWFP
	Prelibatezze prodotte tradizionalmente da NWFP (p. es. pâté di funghi tradizionali, liquori, miele) e commercializzate localmente	Prodotti legati alla regione di origine	Specialità disponibili solo nei mercati locali della regione d'origine, con commercializzazione locale o regionale
Nessun impegno	Linfa di betulla per scopi terapeutici, setole di cinghiale per pennelli in setole naturali	Prodotti di nicchia	Prodotti che si rivolgono a un segmento di mercato specializzato, ma che vengono commercializzati e distribuiti attraverso canali non specifici (Internet) senza un riferimento locale
	Sughero per fabbriche	Mercato di massa / Materie prime industriali	Commercio all'ingrosso di materie prime per scopi commerciali

Fonte: Wong e Wiersum 2019

7,7 milioni di franchi nel 2018, con un leggero calo del consumo per famiglia negli ultimi anni (Lehnmann 2019).

Minacce ecologiche

La diversità micologica in Svizzera è elevata e comprende 10 000 specie (cap. 4.1), su cui la raccolta dei funghi non sembra avere un impatto negativo (Egli et al. 2006). Tuttavia, i funghi sono sensibili all'inquinamento e alla compattazione del suolo come anche alla riduzione e alla frammentazione del loro habitat (Senn-Irlet et al. 2007). Le api mellifere e i castagni sono minacciati da agenti patogeni non autoctoni. L'acaro *Varroa destructor*, importato dall'Asia, sta ad esempio causando seri problemi agli apicoltori. Anche i residui dei pesticidi minacciano l'apicoltura. Sempre dall'Asia proviene il cinipide galligeno del castagno, che dal 2009 ha avuto un impatto negativo sulla produzione dei relativi frutti.

Prospettive per un'utilizzazione sostenibile

L'esempio dei funghi illustra il potenziale dei NWFP per gli sviluppi futuri, ad esempio per arrivare a una produzione più intensiva o addirittura alla domesticazione dei prodotti dei boschi. In Piemonte si stanno già sperimentando

interventi selvicolturali per favorire la crescita dei funghi (Taglioferro et al. 2013). In Svizzera, però, i proprietari non hanno il diritto di disporre dei funghi che crescono nei loro boschi. Non possono impedirne la raccolta da parte della popolazione anche se effettuano investimenti per promuoverne i popolamenti. Una possibile soluzione potrebbe quindi essere la produzione non forestale di NWFP. Nel 2021, in Svizzera le quantità di funghi commestibili prodotte da gennaio a ottobre sono state pari a 7000 tonnellate, circa il 13 per cento in più rispetto allo stesso periodo degli anni dal 2017 al 2020 (Kuhlgatz e Bolliger 2021).

A livello di pianificazione forestale occorre prestare maggiore attenzione ai NWFP e alla loro gestione, perché questi prodotti fanno parte dell'ecosistema e delle funzioni del bosco. Per garantirne un'utilizzazione sostenibile, occorre raccogliere un numero maggiore di dati.

3.4 Prestazioni del bosco

Oliver Wolf, Christian Temperli

- Il bosco fornisce una serie di prestazioni a beneficio della sicurezza e del benessere della popolazione. Adempie alle funzioni protettive, economiche e ricreative.
- Questi servizi causano costi finora solo parzialmente coperti. Per compensarli, è possibile valorizzarli e monetizzarli con l'ausilio di indicatori e sistemi di valutazione basati su opinioni di esperti.
- La domanda di prestazioni è destinata ad aumentare in considerazione delle crescenti attività del tempo libero che si svolgono nel bosco, ed è lecito attendersi anche conflitti tra i diversi obiettivi.

Importanza delle prestazioni del bosco

Il bosco svizzero fornisce un'ampia gamma di servizi: produce biomassa, protegge dai pericoli naturali, sottrae diossido di carbonio dall'atmosfera e offre spazi ricreativi. Tuttavia, le sue prestazioni non sono essenziali solo per l'economia forestale e del legno, ma anche per la sicurezza e il benessere della popolazione. Il concetto di prestazioni del bosco, ancora in fase di evoluzione, si basa originalmente sulle *funzioni ecologiche*, in cui i diversi servizi forniti da un habitat sono riassunti nel termine «servizi ecosistemici». Le prestazioni forestali fanno sì che il bosco possa adempiere alle sue funzioni protettive, economiche e ricreative sancite dalla Costituzione federale (art. 77 cpv. 1 Cost.). Le varie prestazioni del bosco contribuiscono a queste funzioni in modo diverso (tab. 3.4.1). La legge sulle foreste specifica il mandato costituzionale per la protezione delle funzioni del bosco ed è attuata nella «Strategia integrale per le foreste e il legno 2050». Il sistema responsabilizza le varie parti interessate al fine di garantire la conservazione e il miglioramento delle prestazioni del bosco.

Garanzia delle prestazioni del bosco

La biodiversità e la resilienza del bosco, ovvero la capacità di adattarsi ai cambiamenti e di svolgere le proprie funzioni in futuro in presenza di stress come quelli climatici, sono requisiti indispensabili affinché il bosco possa

fornire i suoi numerosi servizi. Tutto questo richiede una gestione forestale seminaturale e sostenibile, ad esempio adottando misure selviculturali adattate al clima (Glatthorn et al. 2023), che possono arrivare anche alla decisione di una non-gestione, ovvero di non effettuare alcun intervento nel bosco.

Molte prestazioni del bosco vanno a beneficio della collettività, ma le misure che consentono di realizzarle comportano costi per i proprietari che non sono coperti dai soli ricavi dal legname. Attualmente i costi per le prestazioni forestali che vanno oltre l'utilizzazione del legno sono coperti per circa il 60 per cento (Arnold et al. 2020). Per compensare gli interventi necessari per fornire questi servizi o scegliere deliberatamente di rinunciarvi, occorre prima dare un valore alle prestazioni del bosco, ovvero monetizzare o finanziare le misure di gestione che sono necessarie per mettere a disposizione questi servizi.

Quantificazione e valutazione

La valorizzazione delle prestazioni del bosco si basa da un lato sulla quantificazione e valutazione della prestazione e dall'altro sulla domanda della popolazione e dell'economia. La mancanza di dati, le incertezze nella valutazione e le domande irrisolte in fatto di monetizzazione rappresentano ancora una sfida importante per il calcolo delle prestazioni del bosco. Per la quantificazione e la valutazione si utilizzano indicatori e sistemi di valutazione basati sull'opinione di esperti. Gli indicatori combinano variabili misurabili, come la struttura del bosco, con le prestazioni corrispondenti, ad esempio la funzione ricreativa (Bernasconi et al. 2022). Indicatori e sistemi di valutazione sono utilizzati in combinazione con modelli di sviluppo forestale per analizzare gli scenari gestionali. Possono anche evidenziare conflitti negli obiettivi, ad esempio tra le prestazioni del bosco e le strategie per affrontare il cambiamento climatico (Thriplleton et al. 2021). Il rilievo e la documentazione delle prestazioni del bosco consentono una migliore comunicazione e una loro integrazione nei processi decisionali politici.

Sinergie e conflitti tra gli obiettivi

Le sfide globali, come il cambiamento climatico e la perdita di biodiversità, nonché la transizione verso un'economia e forme di approvvigionamento energetico sostenibili, aumenteranno ulteriormente la domanda di prestazioni (Ohmura et al. 2023). Le prestazioni come l'immagazzinamento del carbonio e la conservazione delle isole di bosco vecchio possono favorirsi a vicenda, mentre altre come la produzione di legname e un'eventuale necessaria rinuncia all'utilizzazione sono in competizione tra loro (Blattert et al. 2020). Un altro conflitto a livello di obiettivi è quello tra le prestazioni del bosco e il

tentativo di ridurre la sua vulnerabilità alle perturbazioni. Ad esempio, le misure come i turni più brevi o gli interventi più frequenti in un popolamento al fine di ridurne la vulnerabilità agli eventi dannosi possono entrare in conflitto con misure che promuovono la biodiversità, come lasciare intatte le isole di bosco vecchio (Temperli et al. 2020). Per ridurre questi conflitti, occorre ponderare i diversi fattori e le loro interazioni. Solo includendo tutte le prestazioni del bosco nella pianificazione, nel senso di una gestione forestale integrata, è possibile promuovere sinergie e compensare questi servizi e quindi garantirli a lungo termine.

Tabella 3.4.1

Funzioni e prestazioni del bosco. (Z = attribuzione delle prestazioni alle classi dei servizi ecosistemici secondo la Common International Classification of Ecosystem Services: F = prestazioni di fornitura, R = prestazioni di regolazione, C = prestazioni culturali).

Funzioni del bosco	Prestazioni del bosco	Z	Capitolo nel RF 2025
Funzione economica	Produzione di biomassa materiale (legno in tronchi e da industria)	F	1.2, 3.2, 6.7
	Produzione di biomassa energetica (legno da energia)	F	3.2, 6.7
	Produzione di prodotti forestali non legnosi (p. es. bacche, funghi, piante medicinali o selvaggina)	F	3.3
Funzione protettiva	Protezione di persone e beni materiali rilevanti contro pericoli naturali gravitativi (caduta di massi, valanghe, scivolamenti, erosioni e piene)	R	5.1
Funzione sociale: ricreazione e benefici per la salute	Spazio per ricreazione/svago, rilassamento nonché stimolazione e percezione dei sensi	C	6.9
	Spazio per sport e avventura	C	6.9
	Spazio e fonte d'ispirazione per attività culturali e artistiche; patrimonio culturale (p. es. monumenti, rare forme di gestione del bosco)	C	6.10
	Spazio e fonte d'ispirazione per la spiritualità e la religione; luogo di sepoltura	C	6.10
	Regolazione del clima e del microclima; assorbimento di inquinanti atmosferici (p. es. polveri); produzione di ossigeno	R	2.1
	Caratterizzazione del paesaggio ed esperienze estetiche	C	4.7
	Approvvigionamento di acqua potabile, filtrazione dell'acqua	F	5.2
	Riduzione di inquinamenti (p. es. rumore)	R	
Funzione sociale: habitat per animali e piante	Messa a disposizione di valori naturalistici e prestazioni di habitat	R	4.1, 4.9
	Habitat per la diversità di specie autoctone come base per la regolazione degli organismi nocivi e per l'impollinazione	R	4.1, 4.8, 4.9
	Conservazione di cicli delle sostanze nutritive; regolazione di cicli di vita	R	
Funzione sociale: altri compiti	Regolazione idrologica, riserva idrica e ritenzione delle acque	R	5.2
	Sequestro e stoccaggio di carbonio nel bosco come pure stoccaggio di carbonio nel legno	R	1.4
	Fornitura di risorse genetiche (p. es. produzione di semi, materiale di riproduzione forestale)	F	4.6
	Formazione e stabilizzazione del suolo	R	2.2
	Messa a disposizione di minerali e altri prodotti abiotici	F	2.2
	Risanamento biologico tramite microorganismi; degradazione fisica di sostanze nocive	R	
	Oggetto per la formazione e la ricerca nonché per la scienza collaborativa (Citizen science); spazio per esperienze di educazione ambientale	C	6.11

3.5 Pianificazione forestale, certificazione e regolamentazione del commercio per prevenire il disboscamento

Roberto Bolgè, Leo G. Bont, Olivier Schneider, Matthias Biolley

- In Svizzera, la pianificazione forestale sta diventando sempre più importante a causa delle maggiori esigenze e aspettative legate al bosco e delle conseguenze del cambiamento climatico.
- I progressi della digitalizzazione e del telerilevamento come anche i sistemi decisionali basati su principi matematici offrono un valido supporto nella programmazione di lungo periodo al fine di rendere la gestione forestale sostenibile, economica ed ecologica.
- La minaccia globale per le foreste derivante da disboschamenti, soprattutto per ricavare zone agricole, e dal disboscamento illegale, portano nell'UE, negli Stati Uniti, in Australia, in Giappone e anche in Svizzera ad un inasprimento delle disposizioni legislative sul commercio di materie prime e di prodotti associati alla deforestazione.

Basi giuridiche della pianificazione forestale

Le competenze in materia di pianificazione forestale sono definite nella legge federale sulle foreste (art. 20 cpv. 2 LFo) e vengono concretizzate e attuate a livello cantonale. L'attuale sistema è stato introdotto agli inizi degli anni Novanta del secolo scorso con la revisione integrale della legge forestale e prevede due livelli di pianificazione: quello delle autorità che coordinano le funzioni del bosco mediante i piani di sviluppo forestale (PSF) e quello dei proprietari che organizzano le attività operative attraverso i piani di gestione (Bachmann 2005). Questo sistema a due livelli si è rivelato efficace fino ad oggi. Per affrontare le imminenti sfide per l'economia forestale e del legno sono stati introdotti ulteriori strumenti di pianificazione. In particolare, secondo un rapporto di valutazione sull'ottimizzazione della politica forestale, in aggiunta ai PSF i Cantoni hanno sviluppato proprie strategie o linee guida (Lieberherr et al. 2023).

Oggi quindi è fondamentale coordinare i diversi strumenti di pianificazione forestale e territoriale. Formalmente questo aspetto è definito nella legislazione sulle foreste e sul territorio che distingue chiaramente le diverse competenze. Nella pratica però nascono conflitti di interesse, soprattutto per quanto

riguarda l'obiettivo di conservazione dei boschi che può essere in contrasto con quello dell'utilizzazione del territorio (cap. 1.1). Pertanto, per conservare i boschi e garantire l'interconnessione ecologica è indispensabile un buon coordinamento fra le varie forme di utilizzazione del bosco e del territorio.

Acquisizione e digitalizzazione dei dati

La pianificazione forestale moderna beneficia dei progressi nel campo della raccolta e dell'elaborazione dei dati. Il telerilevamento e la digitalizzazione forniscono le informazioni sullo stato e lo sviluppo dei boschi in tempi più rapidi e con una qualità migliore rispetto al passato. In un contesto sempre più complesso, che deve tenere conto di un'ampia gamma di servizi forestali e delle sfide del cambiamento climatico, la qualità e l'analisi dei dati raccolti assumono un'importanza ancora maggiore (fig. 3.5.1). La ricerca futura si concentrerà quindi da un lato sull'analisi dei dati, ad esempio utilizzando moderni inventari a due fasi o mappe dei popolamenti generate automaticamente, e dall'altro sull'integrazione e la valutazione dei servizi ecosistemici. In

Figura 3.5.1

Inventario forestale automatizzato nel bosco di Rameren a Birmensdorf (ZH) mediante un laser scanner stazionario Leica BLK360. I punti della nuvola catturati dallo scanner sono stati colorati con le informazioni RGB (rosso-verde-blu) della telecamera integrata. I fusti degli alberi rilevati automaticamente sono evidenziati in rosso.



Fonte: Daniel Kükenbrink (WSL)

futuro, la pianificazione forestale di lungo periodo ricorrerà a sofisticati sistemi di visualizzazione (bosco virtuale) e di supporto alle decisioni basati su principi matematici, che modellizzano l'evoluzione del bosco secondo diversi scenari climatici e gestionali.

Marchi e certificazioni

Il disboscamento illegale è praticamente irrilevante in Svizzera, ma in molti Paesi del mondo costituisce un problema, con numerose conseguenze negative per gli ecosistemi, la società e l'economia. Per contrastare il fenomeno del commercio di legname abbattuto illegalmente sono state adottate diverse misure a livello internazionale e nazionale, tra cui la certificazione volontaria delle foreste e del legno che attesta una gestione forestale rispettosa dell'ambiente, socialmente responsabile ed economicamente sostenibile. Sempre più consumatori attenti all'ambiente preferiscono i prodotti in legno provvisti di questo marchio. Perciò, anche in Svizzera molti fornitori di prodotti puntano sulla certificazione per conquistare questo segmento di clientela.

In Svizzera si utilizzano due sistemi di certificazione: FSC (Forest Stewardship Council) e PEFC (Program for the Endorsement of Forest Certification). Entrambi si basano su standard nazionali e impongono diversi requisiti sia per quanto riguarda la gestione del bosco, sia in materia di controlli dei flussi di materiale e organizzazione aziendale. Nel 2022, a livello mondiale, 192 milioni di ettari di bosco erano certificati FSC e 290 milioni di ettari PEFC, pari rispettivamente al 5 e al 7 per cento della superficie forestale globale. In Svizzera, le prime aree forestali ad essere certificate FSC risalgono al 1998. Nel 2022, il 26 per cento del totale di 1,31 milioni di ettari di foreste era certificato FSC (FSC 2023) e il 18 per cento possedeva una doppia certificazione FSC e PEFC (PEFC 2023). Il livello più alto finora registrato è stato nel 2013, con il 54 per cento della superficie certificata. Da allora questa quota è diminuita di circa il 10 per cento, perché spesso i proprietari di bosco, a causa dei costi e di un mancato ritorno economico, rinunciano a rinnovare la certificazione. Nei 24 Cantoni (con l'87 % della superficie forestale svizzera) che raccolgono questi dati il 65 per cento dei boschi pubblici è certificato, contro il 16 per cento di quelli privati.

Le aziende di lavorazione del legno in Svizzera possono inoltre certificarsi con il marchio «Legno Svizzero», a condizione che nei loro prodotti impieghino almeno

l'80 per cento di materia prima di provenienza nazionale. Il 100 per cento della superficie forestale svizzera è certificato con questo marchio.

Legislazione per prevenire il disboscamento

Dal 2022 è in vigore la nuova ordinanza sul commercio di legno (OCoL; RS 814.021) che vieta l'immissione sul mercato di legname tagliato o commercializzato illegalmente. L'OCoL mette in atto l'European Timber Regulation (EUTR 995/2010) dell'Unione europea, in vigore dal 2013, di cui costituisce una normativa equivalente. Entrambi questi atti legislativi hanno lo scopo di escludere il legname illegale dal mercato europeo e riguardano soprattutto le imprese commerciali e i proprietari di bosco. Le aziende devono adempiere al loro obbligo di diligenza quando immettono per la prima volta sul mercato legno o prodotti da esso derivati. Devono inoltre dimostrare di poter ridurre al minimo il rischio di immissione sul mercato di legno di provenienza illegale e istituire e aggiornare periodicamente un sistema di dovuta diligenza. Le certificazioni possono coprire parte di questo obbligo. L'OCoL riguarda sia i prodotti nazionali che quelli importati.

Già dal 2010, in Svizzera è in vigore l'ordinanza sulla dichiarazione concernente il legno e i prodotti del legno (RS 944.021), che ha introdotto l'obbligo, soprattutto per le aziende che forniscono prodotti derivati dal legno direttamente ai consumatori, di rilasciare una dichiarazione sul tipo e sulla provenienza di legno grezzo, semilavorati e prodotti finiti costituiti interamente o per una percentuale significativa da legno massiccio. Anche l'obbligo di dichiarazione riguarda sia i prodotti nazionali che quelli importati.

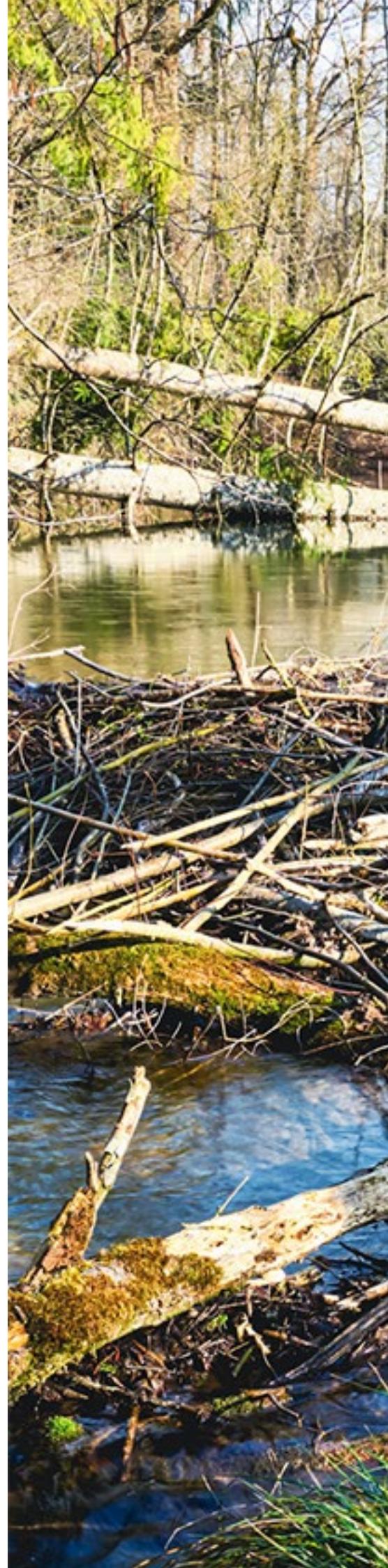
Dal 2025 nell'Unione europea si applica l'European Deforestation Regulation (EUDR 2023/1115; regolamento sulle catene di approvvigionamento esenti da deforestazione) che sottopone all'obbligo di diligenza le materie prime e i prodotti che potrebbero essere collegati alla deforestazione, tra cui la soia, l'olio di palma, la carne bovina, il caffè, il cacao, la gomma e il legno, in particolare se provenienti dalle regioni tropicali. Questi prodotti possono essere immessi sul mercato solo se si dimostra che non sono stati prodotti in aree forestali dissodate dopo il dicembre del 2020.

4

Biodiversità

Le zone umide dei boschi sono habitat particolarmente preziosi per la biodiversità, ma in talune regioni sono fortemente minacciate.

Foto: UFAM







4 Biodiversità

Martina Peter, Timothy Thrippleton, Claudio de Sassi

Nel bosco svizzero la diversità biologica si è evoluta in modo leggermente positivo nell'ultimo decennio. Sia lo stato che lo sviluppo della biodiversità sono in genere migliori nei boschi che nelle aree aperte. La diversità delle specie di lumache, muschi e alberi e le popolazioni della maggior parte degli uccelli boschivi sono aumentate. La situazione delle specie minacciate tipiche dei boschi è leggermente migliorata. I progressi sono dovuti all'evoluzione positiva dell'intero ecosistema. Si sono ridotti i popolamenti non in stazione e sono aumentati la diversità strutturale e il volume di legno morto. Le riserve forestali si stanno avvicinando all'obiettivo del 10 per cento dell'intera superficie boschiva, anche se permangono differenze e deficit a livello regionale. Sull'Altipiano il 70 per cento dei popolamenti presenta una quota di abeti rossi non in stazione ed è più vulnerabile alle perturbazioni. Il 41 per cento delle associazioni forestali e quindi degli habitat di numerose specie è in pericolo. Un'ampia diversità genetica degli alberi consentirebbe al bosco di adattarsi meglio al cambiamento e dovrebbe essere presa in considerazione nelle strategie selviculturali. Le opportunità e i rischi legati alla coltivazione di specie arboree non autoctone e alla maggiore utilizzazione del legno da energia devono essere attentamente valutati in relazione al loro impatto sulla biodiversità. La biodiversità è alla base della resilienza del bosco ed è quindi essenziale per preservare le funzioni forestali. Il cambiamento climatico rappresenta una sfida per la conservazione della biodiversità. Diventa quindi sempre più importante collegare i boschi all'interno del paesaggio per migliorare l'adattabilità delle comunità di specie all'evoluzione del clima.

4.1 Diversità delle specie

Kurt Bollmann, Silvia Stofer, Meinrad Abegg, Timothy Thrippleron

- La composizione delle specie nel bosco svizzero sta cambiando. Sono diminuiti il frassino e il castagno, sono aumentati l'acero e il pino cembro e in media anche il numero di muschi e lumache.
- Circa il 40 per cento delle specie animali e vegetali della Svizzera vive nel bosco, con una quota particolarmente elevata di licheni, macromiceti, pipistrelli e coleotteri.
- Il declino dei frassini avrà un impatto negativo sulle biocenosi ad esso associate, come quelle di licheni, muschi e funghi. Anche il cambiamento climatico, le neofite invasive e gli apporti di azoto atmosferico continueranno a modificare la composizione delle specie.

Evoluzione delle specie arboree nel bosco svizzero

Con la sua topografia eterogenea e le importanti differenze di altitudine, la Svizzera presenta un'ampia varietà di condizioni stazionali, che si riflette in una ricca varietà di flora, anche nel bosco. Circa 700 piante vascolari sono considerate specie tipiche del bosco, tra cui 39 latifoglie e 7 conifere autoctone (Rudow 2014). Nei boschi svizzeri dominano tre specie arboree che insieme rappresentano circa i due terzi degli alberi: l'abete rosso (36 %), il faggio (18 %) e l'abete bianco (11 %). Tuttavia, la mescolanza di specie arboree varia notevolmente a seconda dell'altitudine e della regione. Ad esempio, al Sud delle Alpi sono molto diffusi anche i castagni, che rappresentano il 15 per cento del totale.

I motivi delle diverse composizioni di popolamenti in Svizzera sono diversi: successione naturale, mutate condizioni climatiche, organismi nocivi, perturbazioni e gestione forestale. Mentre l'acero è aumentato dell'1,4 per cento e il pino cembro dell'1,1 % all'anno tra il quarto e il quinto Inventario forestale nazionale (da IFN4 2009–2017 a IFN5 2018–2022), nello stesso periodo l'abete rosso è diminuito dello 0,5 per cento all'anno (fig. 4.1.1; Abegg et al. 2023). Poiché l'abete rosso è di gran lunga la specie più diffusa in Svizzera, il suo declino è il principale responsabile del cambiamento. Il castagno ha registrato il calo più netto nel numero di fusti. Nonostante questo dato, la provvigione

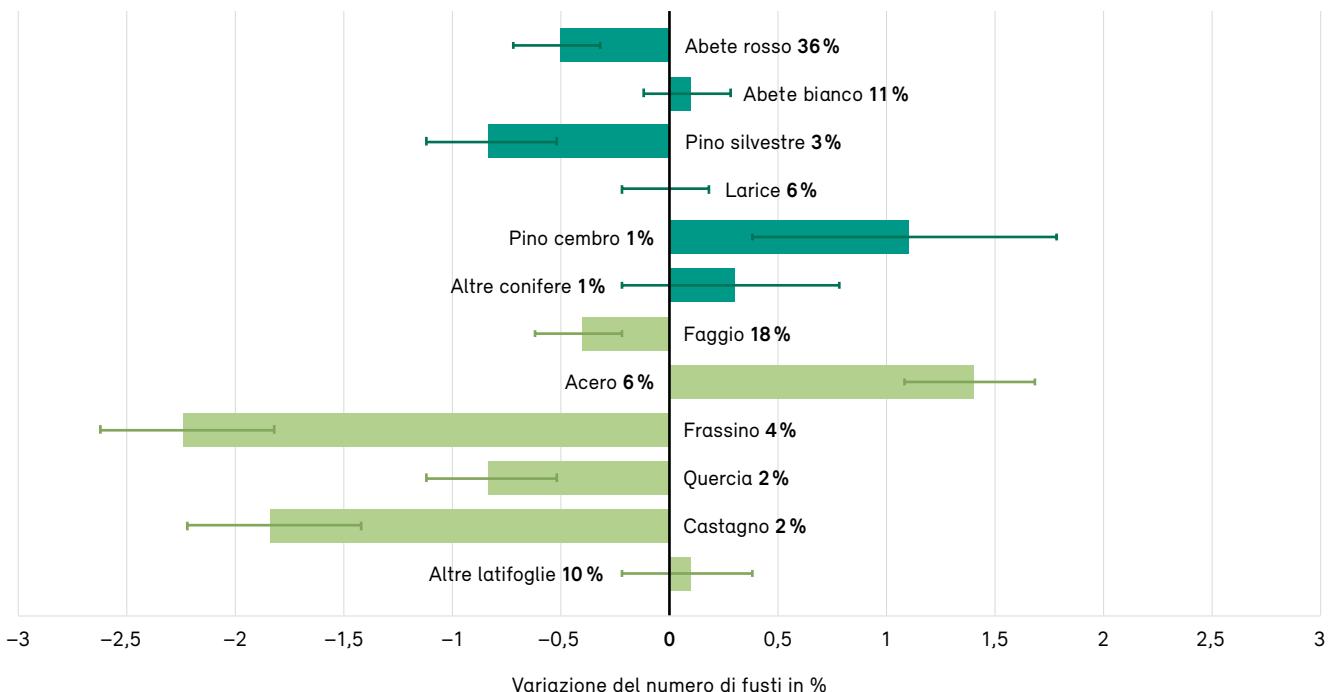
non ha pressoché registrato variazioni, perché sono morti soprattutto gli alberi più esili, mentre gli alberi grandi sono rimasti numericamente stabili e sono aumentati di volume. Un effetto simile, seppure in misura minore, è stato osservato per il faggio e la quercia, che sono diminuiti rispettivamente dello 0,4 e dello 0,8 per cento all'anno. Il pino silvestre è diminuito sensibilmente quasi ovunque, sull'Altipiano occidentale e sulle Alpi nordorientali anche in modo molto marcato, con un calo del 4 per cento annuo in ciascuna regione.

A livello nazionale, il frassino ha registrato il maggior calo annuale, pari al 2,2 per cento, a causa del deperimento dei germogli provocato dal fungo parassita *Hymenoscyphus fraxineus* importato dall'Asia orientale. L'unica eccezione è stata evidenziata al Sud delle Alpi, dove il frassino è leggermente aumentato.

Il declino di questa specie arborea ha conseguenze sulla gestione forestale e sulla biodiversità perché offre un habitat per molte specie di lumache e insetti, soprattutto per organismi privi di fiori (crittogramme) come muschi, licheni e funghi. In Svizzera, ad esempio, sui frassini sono state individuate circa 150 specie di muschi, oltre 450 specie di licheni arborei e circa 850 specie di funghi saprofitti o parassiti (Swissbryophytes; SwissLichens; SwissFungi). Tra le latifoglie autoctone, il frassino si distingue per la sua corteccia a pH neutro che lo rende un habitat privilegiato soprattutto per i licheni arborei. L'impatto della perdita di frassini su larga scala per lo sviluppo di queste specie è ancora difficile da stimare. I frassini sani o meno compromessi dovrebbero essere conservati e promossi affinché possano trasmettere alle future generazioni arboree la resistenza all'agente patogeno che provoca il deperimento dei germogli (Rigling et al. 2016). I risultati delle ricerche dimostrano che i frassini resistenti al deperimento dei germogli sono meno vulnerabili anche al minatore smeraldo del frassino (*Agrilus planipennis*), introdotto dall'Asia orientale (Gossner et al. 2023).

Figura 4.1.1

Aumenti e perdite del numero di fusti di alberi vivi con diametro a petto d'uomo di almeno 12 centimetri per specie arboree principali tra l'IFN4 (2009–2017) e l'IFN5 (2018–2022). Le percentuali si riferiscono al numero di fusti a livello nazionale.



Fonte: IFN (Abegg et al. 2023)

Mescolanza delle specie arboree nei popolamenti

Alla luce del cambiamento climatico, oltre a una biodiversità generalmente elevata, è vantaggioso anche un mix diversificato di specie arboree, in modo che il rischio di intolleranza allo stress possa essere maggiormente ripartito tra più specie (Brändli e Bollmann 2015). Nell'ultimo decennio lo strato arboreo ha registrato poche variazioni. La quota di popolamenti costituiti da una sola specie arborea è leggermente diminuita, passando al 17 per cento della superficie forestale, un valore decisamente inferiore alla media europea del 33 per cento (Forest Europe 2020). Per le specie legnose di altezza superiore ai 40 centimetri è proseguita la tendenza positiva del periodo precedente. Il numero di specie è salito in media a 6,7 ogni 200 metri quadrati. La stessa evoluzione si osserva ai margini boschivi che, in quanto zone di transizione tra habitat diversi, svolgono un ruolo essenziale per la biodiversità. Secondo le stime dell'IFN, la loro lunghezza totale in Svizzera è di circa 115 000 chilometri (Brändli et al. 2020). I margini boschivi poveri di specie, con un massimo di

5 specie legnose osservate ogni 50 metri, sono scesi al 4,5 per cento del totale, mentre quelli ricchi di specie, con 16 o più specie ogni 50 metri, sono saliti al 34,1 per cento.

Dal 2008 al 2020, nell'ambito degli accordi programmatici tra Confederazione e Cantoni, su una superficie totale di oltre 25 000 ettari, sono state attuate misure mirate per promuovere la biodiversità attraverso la gestione dei margini boschivi, migliorare gli habitat e sostenere forme di gestione storico-culturali come i boschi pascolati e le selve (Stadler e de Sassi 2021). Le misure di sostegno, come ad esempio quelle per la conservazione di queste forme culturali e della loro particolare biodiversità, sono indispensabili. È infatti dimostrato che hanno un impatto positivo sulla biodiversità locale (Bühler e Roth 2021). L'evoluzione positiva della biodiversità nell'intera superficie forestale è dovuta principalmente allo sviluppo favorevole dell'ecosistema complessivo, per il quale la selvicoltura naturalistica svolge un ruolo centrale.

Diversità di altri gruppi di specie

La ricchezza di specie del bosco è superiore alla media in relazione all'intera superficie boschiva. Il 40 per cento delle circa 56 000 specie censite in Svizzera vive nel bosco o dipende da quest'ultimo. La percentuale di specie forestali varia però tra i diversi gruppi di organismi: è superiore alla media per pipistrelli, coleotteri, macromiceti e licheni con oltre l'80 per cento ciascuno (Brändli e Bollmann 2015), mentre quella delle piante vascolari autoctone è significativamente inferiore con meno del 25 per cento. Dei circa 6000 micromiceti descritti in Svizzera, 3650 sono classificati specie boschive. Nel bosco o in sua prossimità si osservano regolarmente 428 specie di muschi, 130 di lumache e 27 di farfalle diurne e zigene. Sebbene la quota di specie di uccelli nidificanti in pericolo (9 specie su 59) sia significativamente inferiore alla media nazionale, alcune sono in declino, come ad esempio la beccaccia, la tortora, il picchio cenerino, il prispolone, il lù verde e il venturone (Knaus et al. 2021; cap. 4.10).

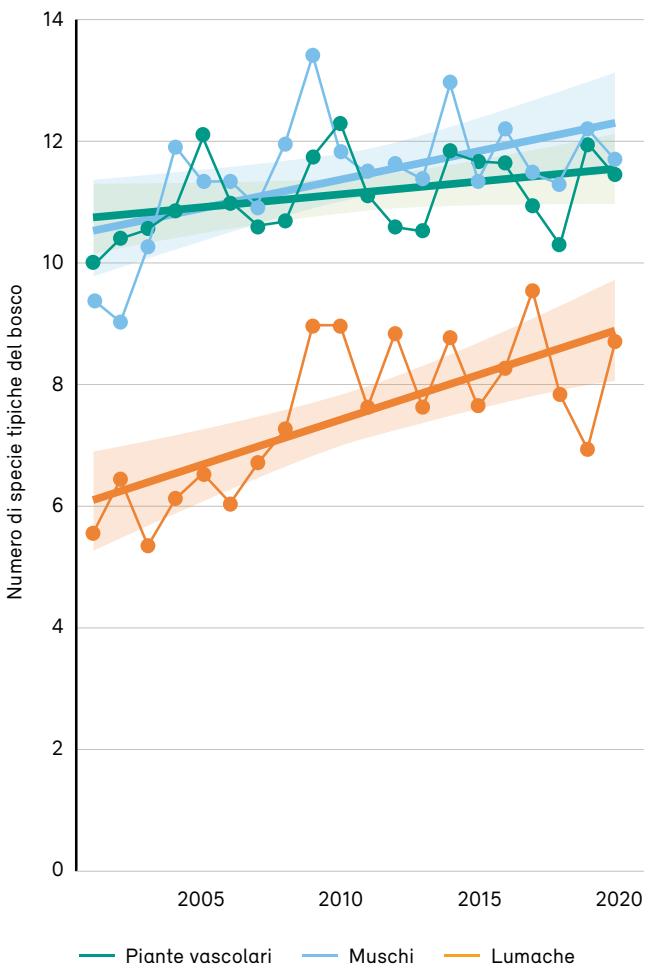
Evoluzione di gruppi di organismi selezionati

Il Monitoraggio della biodiversità in Svizzera (MBD) ha evidenziato un continuo aumento della diversità di specie di lumache e muschi nei boschi delle aree analizzate tra il 2000 e il 2020 (UFAM 2014; fig. 4.1.2). Per quanto riguarda le lumache dei boschi, è aumentato il numero sia di specie che di individui. Quest'ultimo valore è direttamente correlato all'incremento di legno morto disponibile (cap. 4.5). Nelle aree di osservazione MBD, in cui i popolamenti sono diventati più densi e più ombreggiati, è aumentata la varietà di specie di muschi, favoriti probabilmente, oltre che dai cambiamenti strutturali, anche dall'aumento dei nutrienti disponibili e dalla riduzione del carico inquinante di diossido di zolfo (Birrer et al. 2022).

Invece, la diversità di specie di piante vascolari nel complesso non è cambiata in modo significativo (fig. 4.1.2). Mentre nelle aree MBD con densità arborea più elevata è stato osservato un numero minore di piante boschive, la diminuzione delle conifere nelle fasce vegetazionali tipiche delle foreste di latifoglie (piano collinare e montano) ha portato a un aumento della diversità di specie di piante vascolari (Birrer et al. 2022).

Figura 4.1.2

Evoluzione della diversità di piante vascolari, lumache e muschi dei boschi nelle 564 aree di osservazione MBD, ciascuna di 10 m². Le rette indicano la tendenza con un intervallo di confidenza del 95 per cento.



Fonte: Birrer et al. 2022

Per le specie con particolari esigenze di habitat in termini di luce, acqua, nutrienti e legno morto, per motivi metodologici il BDM non è adatto per indicare tendenze. Per farlo, sarebbero necessarie indagini complementari. Ad esempio, nell'IFN4 è stata studiata la situazione delle formiche del bosco (Wermelinger et al. 2019), che preferiscono gruppi radi di alberi rispetto a chiome chiuse e boschi con un'alta percentuale di conifere. Su una delle venti aree di saggio IFN sono stati rinvenuti dei formicai, nove su dieci nell'areale

di distribuzione naturale dei boschi di conifere. Nelle riserve naturali è stata osservata una presenza di formiche due volte superiore rispetto alle riserve speciali (Brändli et al. 2020), perché le prime si trovano in media a quote più alte, dove i boschi naturali di conifere sono più diffusi (cap. 4.9).

Fauna selvatica

Gli ungulati della Svizzera sono in buona salute. Il capriolo è diffuso dalle pianure fino al limite superiore del bosco. Secondo le stime, la sua popolazione nel 2021 era di circa 135 000 esemplari (UFAM 2023a). Nell'ultimo decennio, il cervo rosso è aumentato del 27 per cento, raggiungendo circa 39 000 capi, e si è diffuso ulteriormente nelle Prealpi centrali e occidentali. Alcuni esemplari si stanno spingendo fino all'Altipiano. La popolazione di camosci si è stabilizzata a 91 000 unità. Per il cinghiale non sono disponibili stime attendibili, ma probabilmente beneficia del cambiamento climatico e potrebbe estendere il suo areale fino alle Prealpi. I grandi carnivori, come i lupi e le linci, traggono vantaggio dalle elevate popolazioni di ungulati. La lince si è stabilita nel Giura e sulle Alpi occidentali e centrali e si sta diffondendo anche su quelle centro-orientali. Anche la popolazione di lupi è aumentata notevolmente. Nel 2023, circa 240 individui vivevano in 23 branchi, principalmente nelle Alpi e nel Giura occidentale (KORA 2023). Nel frattempo, sono stati osservati singoli esemplari anche sull'Altipiano. È probabile che in alcune regioni la crescita della popolazione di ungulati e grandi carnivori continui anche nel prossimo decennio.

Impatto del cambiamento climatico

Complessivamente, a livello di diversità degli alberi e delle tante altre specie del bosco si registra una tendenza positiva. Tuttavia, l'esempio del frassino dimostra che molte specie dipendono direttamente o indirettamente l'una dall'altra. Le complesse interazioni dell'ecosistema forestale sono sensibili alle conseguenze del cambiamento climatico (cap. 2.5), alla diffusione di neofite invasive (cap. 4.4) o all'eccessivo apporto di azoto proveniente dall'atmosfera (cap. 2.1). Il cambiamento climatico può comportare non solo la migrazione di specie verso altitudini più elevate, ma anche alterazioni nelle interazioni tra gruppi di specie, ad esempio tra piante da fiore e insetti. Questi effetti possono mettere in pericolo specie altamente specializzate che dipendono da habitat rari o da altre specie (cap. 4.8).

4.2 Rinnovazione

Barbara Moser, Meinrad Abegg, Andrea D. Kupferschmid, Petia Nikolova, Daniel Scherrer, Timothy Thrippler, Robert Jenni

- Nell'ultimo decennio la densità dei giovani alberi è diminuita perché le aree di rinnovazione create dalle tempeste Vivian e Lothar sono tornate a essere invase dalla vegetazione. Anche il brucamento della fauna selvatica influenza la mescolanza delle specie in molte regioni e riduce la densità di rinnovazione. Nei popolamenti di frassino al Nord delle Alpi e di castagno in Ticino sono diminuiti sia gli alberi giovani che quelli adulti.
- Nel bosco svizzero domina la rinnovazione naturale, che in termini di superficie rappresenta il 90,9 per cento della rinnovazione complessiva e riflette i vantaggi economici ed ecologici della selvicoltura naturalistica.
- Per garantire la resilienza del bosco alle perturbazioni e la sua capacità di adattarsi al cambiamento climatico, è necessaria una rinnovazione degli alberi ricca di specie.

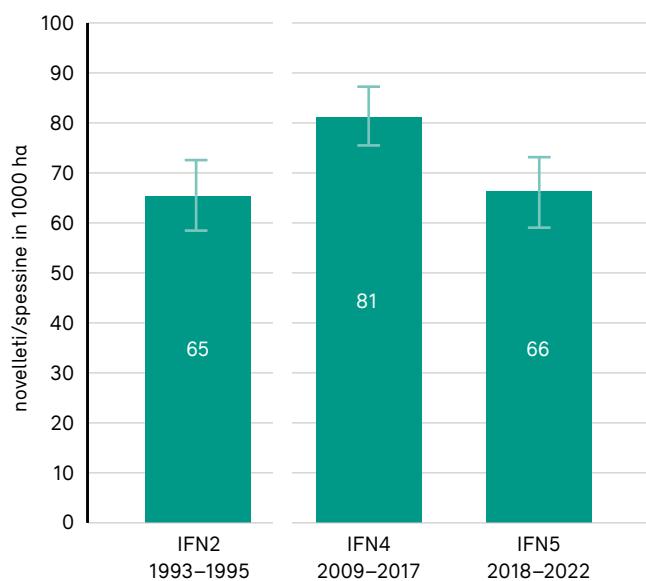
Evoluzione delle superfici di rinnovazione

La rinnovazione consente al bosco di adattarsi alle nuove condizioni ambientali. Nella selvicoltura naturalistica la rinnovazione naturale è prioritaria, perché rispetto a quella artificiale praticata con piantumazioni offre il vantaggio ecologico di una maggiore diversità genetica e strutturale e il beneficio economico di non dover sostenere costi per la raccolta delle sementi. In termini di superficie, rispetto alla rinnovazione totale quella naturale è aumentata leggermente al 90,9 per cento tra il quarto e il quinto Inventario forestale nazionale (da IFN4 2009–2017 a IFN5 2018–2022).

I giovani alberi possono attecchire nel bosco se le condizioni ambientali sono favorevoli alla germinazione e alla crescita dei semi. Questo avviene soprattutto nelle radure dove le piante ricevono luce sufficiente per crescere. Le tempeste Vivian del 1990 e Lothar del 1999 hanno creato molte aree temporaneamente aperte. Pertanto, su Altipiano, Prealpi e Alpi sono aumentate le aree di rinnovazione (fig. 4.2.1). Nel frattempo, la successione in queste zone è progredita ulteriormente a discapito delle superficie aperte. Di

Figura 4.2.1

Superficie totale di popolamenti allo stadio di novellati/spessine nell'IFN2, IFN4 e IFN5.



Fonte: IFN

conseguenza, la densità di giovani faggi e abeti rossi nell'ultimo decennio è tornata al livello del 1995 (IFN2 1993–1995). Dall'IFN4 la densità delle giovani querce è rimasta costante, mentre quella dei giovani abeti bianchi ha continuato ad aumentare nel Giura (+ 20 %), sull'Altipiano (+ 22 %) e nelle Prealpi (+ 56 %). La densità di giovani frassini è diminuita nel Giura (– 18 %), sull'Altipiano (– 46 %) e nelle Prealpi (– 43 %), mentre è rimasta stabile nelle Alpi e al Sud delle Alpi. La riduzione è probabilmente una conseguenza del deperimento dei germogli (Dubach et al. 2023; cap. 2.4). Nel caso del castagno in Ticino, i valori di rinnovazione sono diminuiti costantemente dal 1995, ma non nella stessa misura del 2015.

Diversità della rinnovazione e fattori inibitori

Una rinnovazione diversificata, sia in termini di mescolanza di specie che di diversità genetica e strutturale, favorisce l'adattabilità al cambiamento climatico (Pluess et al. 2016).

Alle basse quote è auspicabile un'abbondante rinnovazione di acero riccio e quercia, alle medie quote di acero di monte e abete bianco, tutte specie considerate «del futuro», in quanto è probabile che acquistino importanza a causa dei previsti cambiamenti nelle condizioni stagionali. Per formare un bosco adatto al clima, queste specie dovrebbero sostituire progressivamente i popolamenti puri di faggio o le culture di abete rosso non in stazione (Temperli et al. 2023). Dovrebbero essere promosse anche diverse specie arboree autoctone oggi ancora rare, come il sorbo domestico, il sorbo torminale o il lobbo, perché molto preziose per l'adattamento al cambiamento climatico e la biodiversità.

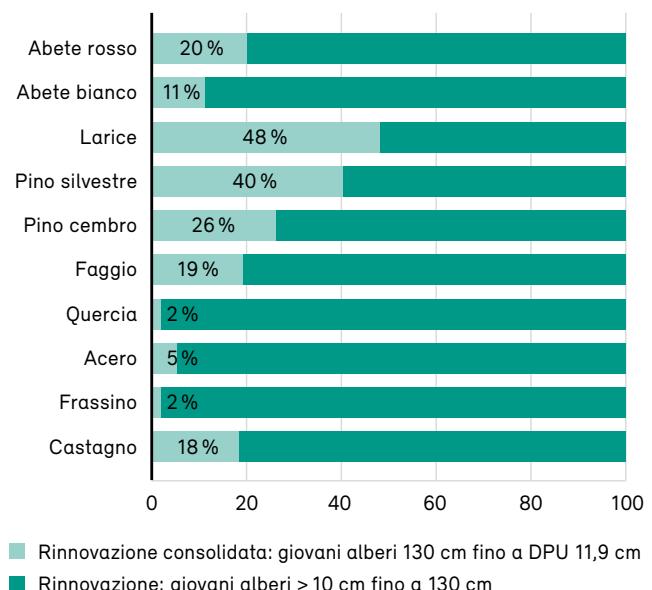
Fintanto che i giovani alberi non raggiungono lo strato arboreo, sono esposti a una serie di fattori inibitori, come gelo, caldo, siccità o ombreggiamento. Anche la concorrenza della vegetazione, gli agenti patogeni o il brucamento degli animali selvatici sono rilevanti. L'elevata mortalità dei giovani alberi è causata da vari fattori naturali, come la mancanza di luce nelle aree di rinnovazione durante la crescita. Il brucamento degli ungulati selvatici è un altro fattore che inibisce la rinnovazione naturale in molte regioni (Imesch et al. 2015). I cambiamenti nella mescolanza di specie arboree legati alla fauna selvatica si verificano quando vi è uno squilibrio fra popolazioni di animali selvatici e capacità del loro habitat oppure quando le perturbazioni compromettono la loro distribuzione territoriale.

Rinnovazione consolidata

Sulle aree di saggio dell'IFN gli alberi sono classificati giovani se presentano un'altezza superiore a 10 centimetri e un diametro a petto d'uomo inferiore a 12 centimetri (DPU < 12 cm). Più gli alberi crescono in altezza, più sono robusti. Per i giovani esemplari che raggiungono un'altezza superiore a 1,3 metri si parla di rinnovazione consolidata perché sono riusciti a imporsi sulla vegetazione concorrente. Inoltre, il loro germoglio non può più essere raggiunto dalla fauna selvatica (Ott et al. 1991). La quota di rinnovazione consolidata rispetto al numero totale di giovani alberi è un importante indicatore del successo della rinnovazione del bosco a lungo termine. Per le specie pioniere che richiedono luce, come il larice e il pino silvestre, la quota di rinnovazione consolidata, che corrisponde rispettivamente al 48 e al 40 per cento, è naturalmente elevata (fig. 4.2.2), perché i loro semenzi presentano una rapida crescita in

Figura 4.2.2

Percentuale della rinnovazione consolidata rispetto alla rinnovazione totale per specie arboree, 2022. Più alta è la percentuale di rinnovazione consolidata, maggiore è il successo della rinnovazione del bosco.



Fonte: IFN (Abegg et al. 2023)

altezza. L'abete rosso e il faggio, invece, sono esposti più a lungo ai fattori inibitori a causa della loro crescita più lenta. Pertanto, per queste specie solo una piccola quota di giovani alberi (rispettivamente il 20 % e il 19 %) raggiunge lo stadio di rinnovazione consolidata. Quando una specie è periodicamente colpita da malattie, parassiti o brucamento, questa percentuale diminuisce. Un basso livello di rinnovazione consolidata, soprattutto per specie come la quercia e l'acero, potrebbe compromettere la fornitura dei servizi ecosistemici auspicati e dovrebbe quindi essere monitorata attentamente.

Le indagini sulle dinamiche della vegetazione in seguito alle tempeste Vivian e Lothar hanno migliorato notevolmente le nostre conoscenze in questo ambito (Wohlgemuth e Kramer 2015). Inoltre, oggi disponiamo di più dati sulla rinnovazione, che indicano il brucamento della fauna selvatica come la principale causa della bassa rinnovazione consolidata di alcune specie arboree. Su quest'ultima mancano ancora dati sufficientemente solidi per definire valori obiettivo specifici per specie e stazioni in grado di garantire le funzioni del bosco nel lungo periodo.

4.3 Seminaturalità

Daniel Scherrer, Meinrad Abegg, Robert Jenni, Timothy Thrippleton

- Circa il 20 per cento delle aree boschive non viene utilizzato da oltre 50 anni. La maggior parte (46 % della superficie forestale) si trova nelle Alpi, seguite dalle Prealpi (36 % della superficie forestale). Sull'Altipiano, invece, il 97 per cento dei boschi negli ultimi 50 anni è stato utilizzato.
- I popolamenti fuori stazione si sono ulteriormente ridotti. Tuttavia, soprattutto a quote basse, mancano boschi in fase avanzata di sviluppo, così preziosi per la biodiversità.
- Sull'Altipiano meno del 30 per cento della superficie forestale è seminaturale. L'alta percentuale di boschi non in stazione comporta maggiori rischi, in quanto i popolamenti sono più suscettibili alle perturbazioni causate da siccità e organismi nocivi, destinati a verificarsi con maggiore frequenza con l'avanzare del cambiamento climatico.

Foresta vergine e bosco naturale

La foresta vergine è un bosco di cui non sono note né riconoscibili passate utilizzazioni da parte dell'uomo o i cui utilizzi sono stati talmente insignificanti e avvenuti in tempi tanto remoti da non lasciar intravvedere alcun impatto sulla struttura o sulla mescolanza di specie arboree. Si distingue dal bosco gestito per la composizione dell'età e la frequenza delle diverse specie arboree. Inoltre, presenta una maggiore quantità di legno morto. Le foreste vergini sono habitat naturali di molte specie animali e vegetali e hanno un valore insostituibile soprattutto per le specie vulnerabili alle perturbazioni o che vivono nel legno vecchio o morto (cap. 4.5).

In Europa la foresta vergine copre il 2,2 per cento dell'intera superficie forestale. Si trova per lo più in aree molto remote dalle condizioni climatiche o topografiche estreme (Forest Europe 2020). In Svizzera, le due foreste vergini di Derborence (VS) e Scatlè (GR) coprono soltanto 30 ettari, e quindi meno dello 0,01 per cento della superficie forestale nazionale (Brang et al. 2011).

Per bosco naturale si intende il bosco un tempo coltivato formatosi per rinnovazione naturale, caratterizzato da una mescolanza di specie arboree seminaturale e che si è potuto sviluppare per un lungo periodo senza interventi dell'uomo (Brang et al. 2011). Può attraversare tutte le fasi dello sviluppo naturale ed è sulla «via di diventare foresta vergine». In Svizzera, complessivamente 271 500 ettari o il 22,4 per cento dell'intera superficie forestale non sono più gestiti da almeno 50 anni, di cui 101 400 ettari (8,4 %) non sono gestiti da oltre 100 anni. Nell'ultimo decennio, la superficie senza utilizzazioni è aumentata dell'11,2 per cento, mentre se si considerano gli ultimi 100 anni è diminuita del 3,7 per cento. Questi boschi sono diffusi soprattutto al Sud delle Alpi e nel Vallese, mentre nel Giura e sull'Altipiano sono rari. Affinché in tutte le regioni della Svizzera alcuni boschi possano seguire una dinamica naturale e la biodiversità possa svilupparsi senza ostacoli, sono state delimitate delle riserve forestali naturali (cap. 4.9).

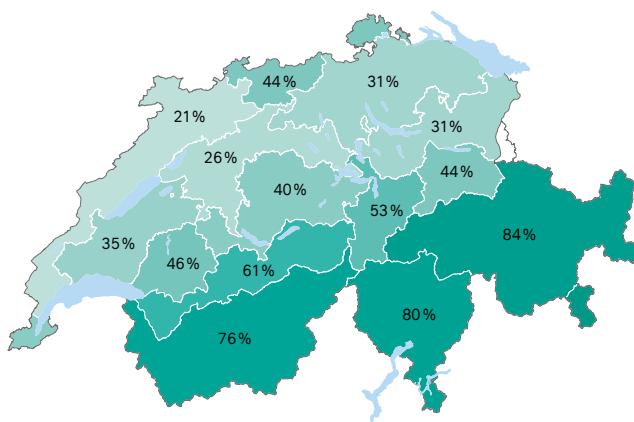
Criteri di seminaturalità

Il grado di seminaturalità di un bosco indica quanto la sua struttura e la sua composizione equivale a un bosco cresciuto senza alterazioni antropiche. Per valutare questo aspetto nel suo complesso, non sono però disponibili parametri qualitativi o quantitativi ufficialmente riconosciuti. I criteri più frequentemente utilizzati sono una mescolanza di specie arboree conforme alla stazione e la varietà strutturale. Quest'ultima comprende caratteristiche come il grado di chiusura, la densità del popolamento e la presenza di margini boschivi interni, chiarie, alberi di grosso fusto e giganti. Dall'IFN1 (1983–1985) la diversità strutturale del bosco svizzero è aumentata costantemente, tanto che oggi nel 42 per cento delle superfici forestali è elevata.

Una quota di conifere conforme alla stazione è un importante fattore per valutare la seminaturalità (fig. 4.3.1). A livello nazionale, la quota di conifere a carattere naturale è aumentata al 51 per cento della superficie totale (Abegg et al. 2023). Due terzi si trovano nelle regioni montane dove sono presenti

Figura 4.3.1

Percentuale di superficie forestale nelle 14 regioni economiche della Svizzera che, sulla base di una quota di conifere conforme alla stazione, sono classificate seminaturali, 2022.



Fonte: IFN

naturalmente più boschi di conifere (areale dei boschi di conifere) e che sono quindi per definizione vicini allo stato naturale. Alle quote basse, dove naturalmente dominano le latifoglie (areale dei boschi di latifoglie), una quota elevata e quindi non conforme alla stazione di conifere indica invece interventi antropici e quindi boschi lontani dallo stato naturale. Nell'areale dei boschi di latifoglie, soprattutto sull'Altipiano, la quota di popolamenti da moderatamente a fortemente lontani dallo stato naturale è ancora elevata e corrisponde al 70 per cento. Questi boschi sono più vulnerabili alle perturbazioni (Scherrer et al. 2022, Scherrer et al. 2023), soprattutto in presenza di effetti combinati di siccità e schianto da vento con successiva infestazione da bostrico. Grazie alla rinnovazione naturalistica praticata capillarmente in tutta la Svizzera (cap. 4.2) e in seguito alla ricrescita dopo le perturbazioni, i popolamenti lontani dallo stato naturale con una percentuale di conifere superiore al 75 per cento o quelli molto lontani dallo stato naturale con una quota di abete rosso superiore al 75 per cento sono diminuiti dal 26 al 21 per cento dal rilevamento IFN1 (1983–1985).

Se il riscaldamento globale persiste, l'areale dei boschi di latifoglie è destinato a espandersi e la quota di legno di conifere naturale a ridursi. Sono inoltre previste transizioni a livello di specie all'interno dell'areale dei boschi di latifoglie. Il faggio probabilmente perderà terreno a favore della quercia e di altre specie di latifoglie (Pluess et al. 2016). Per tenere conto delle variazioni di specie negli areali dei boschi di latifoglie e dello stato seminaturale negli areali dei boschi di conifere, è importante valutare la seminaturalità non solo in base alla percentuale di conifere ma applicando indicatori più dettagliati (Scherrer et al. 2023).

Valore quale biotopo e diversità degli habitat

Il valore quale biotopo consente di valutare in modo completo lo stato e l'evoluzione di un bosco da un punto di vista ecologico. Si calcola a partire da diversi criteri, come la diversità delle specie arboree (grado di chiusura, stratificazione, stadio di sviluppo) e la seminaturalità del bosco, ed è un indicatore della qualità dell'habitat di fauna e flora. Nell'ultimo decennio, nei boschi svizzeri è leggermente aumentato. Ora circa il 55 per cento delle superfici forestali ha un elevato valore quale biotopo. I boschi di questo tipo si trovano in particolare nei Cantoni alpini Vallese, Ticino e Grigioni.

Le condizioni ecologiche e la diversità delle specie nel bosco dipendono in larga misura dalla varietà strutturale e di specie arboree, come anche dalla quantità di legno morto e dal numero di alberi habitat (cap. 4.1, cap. 4.8). Selvicoltura naturalistica, creazione di isole di bosco vecchio e delimitazione di riserve forestali sono i fattori fondamentali per promuovere questi elementi strutturali. Nel confronto europeo la Svizzera presenta un'eccezionale diversità di spazi vitali forestali. Molti sono inclusi nella Lista degli ambienti prioritari a livello nazionale e sono pertanto considerati particolarmente degni di protezione (UFAM 2019a). Proteggere e promuovere questi habitat diversificati e naturalistici contribuisce in modo sostanziale a preservare la biodiversità di tutta la Svizzera.

4.4 Specie arboree non autoctone

Marco Conedera, Kathrin Streit, Meinrad Abegg, Robert Jenni, Bruno Lauper

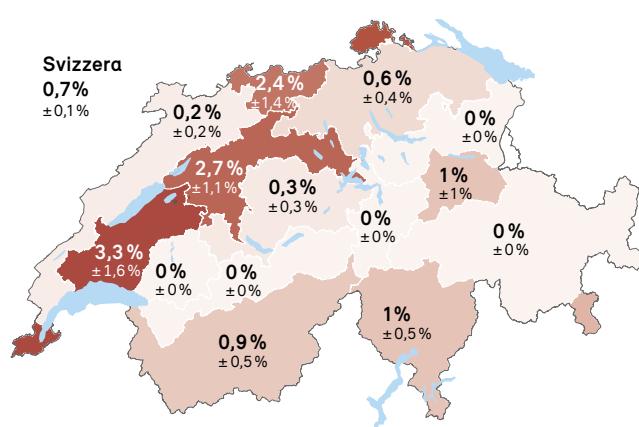
- La coltivazione mirata di specie arboree non autoctone continua a svolgere un ruolo minore nella selvicoltura svizzera. Nell'ultimo decennio la superficie su cui dominano queste specie è cresciuta dallo 0,2 allo 0,7 per cento.
- In particolari condizioni ambientali, le specie legnose non autoctone possono diffondersi in modo invasivo, soprattutto alle basse altitudini. La coltivazione di specie arboree esotiche non invasive sta diventando sempre più importante come strategia di adattamento al cambiamento climatico.
- Occorre ponderarne attentamente i rischi e i benefici così come il loro impiego deve essere integrato nella pianificazione selviculturale.

Neofite nel bosco

La flora svizzera comprende circa 730 specie vegetali non autoctone (neofite) che possono formare popolazioni spontanee (UFAM 2022f). Rappresentano il 22 per cento di tutte le specie (Lauber et al. 2018). Negli altri Paesi dell'Europa centrale le percentuali di neofite sono altrettanto elevate o addirittura superiori. Anche nel bosco crescono neofite. Alcune sono specie arboree non autoctone introdotte e utilizzate dall'economia forestale (Conedera e Brändli 2015).

Figura 4.4.1

Percentuale di superficie forestale nelle 14 regioni economiche della Svizzera dominata da specie arboree non autoctone, 2022.



Fonte: IFN (Abegg et al. 2023)

Altre, invece, si stanno diffondendo in modo incontrollato. Quando però sostituiscono quelle autoctone e disturbano l'equilibrio degli habitat e delle comunità forestali naturali, sono considerate invasive. Questo è il termine utilizzato per definire le specie non autoctone che mettono in pericolo le persone e l'ambiente o che possono compromettere la biodiversità, i servizi ecosistemici e il loro utilizzo sostenibile (UFAM 2022f). Attualmente, fra le neofite invasive si contano 22 specie di piante legnose (alberi, arbusti e liane). Altre dieci sono elencate tra quelle potenzialmente invasive.

Coltivazione di specie arboree non autoctone

Secondo l'IFN5 (2018–2026), solo lo 0,7 per cento della superficie forestale in Svizzera è dominato da specie arboree importate, lo 0,2 per cento in più rispetto all'IFN4 (2009–2017), cresciute quasi esclusivamente ad altitudini fino a 1000 metri s.l.m. Di questi popolamenti, il 24 per cento si trova nella regione economica dell'Altopiano centrale, il 17 per cento al Sud delle Alpi, il 16 per cento nella regione dell'Altopiano occidentale e il 12 per cento in entrambe le regioni del Giura orientale e delle Alpi sudoccidentali. Un quadro simile emerge per quanto riguarda la quota di questi popolamenti rispetto alla superficie forestale totale delle regioni economiche (fig. 4.4.1). Douglosia, quercia rossa e pino nero sono le principali specie non autoctone tra quelle importate e utilizzate economicamente. Quest'ultimo aspetto consente di mantenere un certo grado di controllo sulla loro rinnovazione e diffusione. Nel Giura e sull'Altopiano, tuttavia, douglasia e pino strobo mostrano una tendenza alla rinnovazione e diffusione spontanee (fig. 4.4.2). Mentre la coltivazione di specie arboree non autoctone rappresenta un'importante fonte di reddito per l'economia forestale di alcuni Paesi dell'Europa centrale (Conedera e Brändli 2015), la quantità di legname prodotto in Svizzera da queste specie, anche da quelle più comuni come la douglasia, è talmente ridotta che trovano spazio solo in una piccola nicchia di mercato. Con il cambiamento climatico, le specie arboree non autoctone ma sostenibili potrebbero diventare più importanti (Frei et al. 2018), e questo anche applicando i principi della selvicoltura naturalistica, che privilegia la rinnovazione naturale e la coltivazione di specie autoctone. Tuttavia, si sa ancora

poco sulla vulnerabilità di queste specie ai patogeni autoctoni o a quelli che potrebbero essere introdotti in futuro. Esiste inoltre il rischio che si rinnovino più frequentemente e in modo incontrollato, diventando così invasive. Gli effetti ecologici ed economici non sono quindi ancora valutabili e dovrebbero essere studiati in modo più approfondito.

Specie legnose non autoctone invasive

Alcune specie legnose non autoctone, coltivate da tempo in Svizzera come piante ornamentali in giardini privati o pubblici o proliferate nei terreni inculti, sono diventate invasive e hanno colonizzato i boschi. Il potenziale invasivo di una specie legnosa esotica dipende sia dalle sue caratteristiche (ecologia della rinnovazione, comportamento di crescita, esigenze rispetto alla stazione) sia dalle condizioni dell'ecosistema ospite (disponibilità di luce sufficiente, competitività con le specie autoctone, presenza di antagonisti naturali) (Conedera e Schoenenberger 2014).

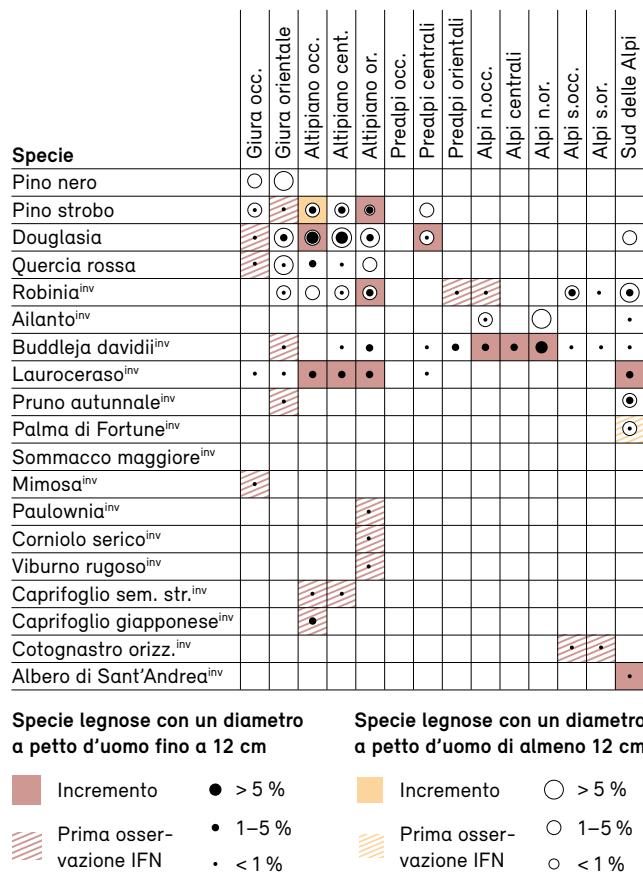
Nel bosco svizzero si delineano due modelli di invasione ecologicamente distinti: in primo luogo, una rapida colonizzazione delle aree perturbate e invase da specie pioniere non autoctone. Un esempio è l'avanzata dell'ailanto, della robinia e della *Buddleja davidii*, già osservata in diverse regioni economiche (fig. 4.4.2). In secondo luogo, la diffusione strisciante di specie legnose non autoctone termofile, tolleranti l'ombra e sempreverdi nello strato inferiore dei boschi di latifoglie a quote basse. Un esempio è la comparsa del lauroceraso e delle specie sempreverdi del caprifoglio giapponese nel Giura e sull'Altipiano.

La diffusione di specie legnose non autoctone è ancora un fenomeno raro rispetto alle dinamiche complessive del bosco. Sebbene l'IFN sia stato progettato per registrare i principali cambiamenti nel bosco, anche nelle sue aree di saggio sono già evidenti aumenti significativi o primi avvistamenti di specie non autoctone in varie regioni. L'IFN5, ad esempio, ha individuato al Sud delle Alpi un'ulteriore diffusione del lauroceraso e le prime comparsa della palma di Fortune e dell'albero di Sant'Andrea. Qui si stanno affermando anche altre specie pioniere come la paulownia e piante sempreverdi e tolleranti l'ombra come l'albero della canfora, il lauro nobile e l'olivagno pungente (Schoenenberger et al. 2014).

Le piante invasive non autoctone continuano quindi a diffondersi a basse altitudini in tutte le regioni della Svizzera, in particolare al Sud delle Alpi, nel Giura e sull'Altipiano. Per attuare una strategia mirata all'interno dell'auspicata selvicoltura naturalistica, sono necessari un monitoraggio dettagliato e sistemi per un approccio lungimirante alle dinamiche di queste specie.

Figura 4.4.2

Quota della superficie forestale con specie arboree e arbustive non autoctone, in base a tipo, classe dimensionale e regione, secondo i rilevamenti dell'IFN4 (2009–2013) e dell'IFN5 (2018–2022). Le modifiche significative e le prime osservazioni sulle aree di saggio IFN sono evidenziate a colori. Le specie legnose invasive secondo il rapporto dell'UFAM «Specie esotiche in Svizzera» sono indicate con «inv».



Fonte: IFN, UFAM 2022f

4.5 Legno morto

Rita Büttler, Martin Gossner, Thibault Lachat, Meinrad Abegg, Bruno Lauper

- Nell'ultimo decennio il volume di legno morto è salito a 32 metri cubi per ettaro a livello nazionale. Questo obiettivo di politica forestale è stato quindi raggiunto nella maggior parte delle regioni. Sull'Altipiano, invece, in alcune regioni si rilevano meno di 20 metri cubi di legno morto per ettaro.
- Entrambi i valori sono sufficienti solo per le specie con basse esigenze in termini di legno morto. Gli alberi vecchi con una grande varietà di microhabitat e il legno morto di grandi dimensioni sono ancora una rarità. Servono quindi misure per promuoverli lungo l'intero ciclo di vita.
- La crescente domanda di legno potrebbe compromettere la tendenza positiva all'aumento del volume di legno morto.

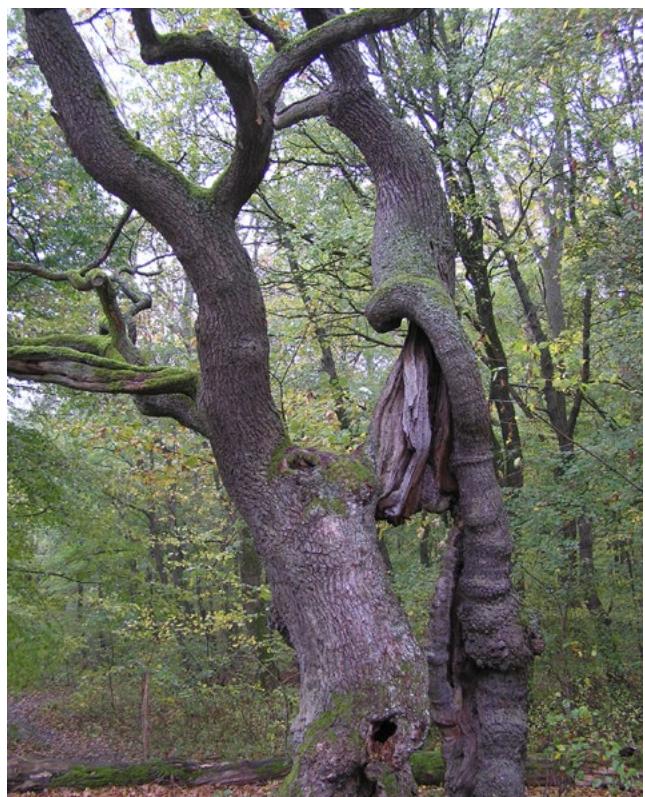
Importanza del legno morto e degli alberi habitat

Il legno morto comprende alberi o parti di alberi in piedi e a terra di tutte le specie, dimensioni e stadi di decomposizione. Gli alberi habitat sono dotati di microhabitat, come le cavità con legno in decomposizione o i corpi fruttiferi di funghi arborei per alcuni coleotteri e le fessure per i pipistrelli. Sono stati definiti oltre 40 microhabitat arborei (Larrieu et al. 2018, Büttler et al. 2020). Gli alberi vecchi o di importanti dimensioni offrono microhabitat più numerosi e diversificati rispetto a quelli giovani e sono quindi particolarmente importanti per la diversità delle specie (fig. 4.5.1). Circa un terzo delle specie del bosco è fortemente legato al legno morto o agli alberi habitat (Stokland et al. 2012), tra cui molti coleotteri, macromiceti ma anche uccelli, pipistrelli, anfibi, muschi e licheni. Molte specie si riproducono, si alimentano o svernano in queste strutture (Graf et al. 2022). Oltre che per la biodiversità, il legno morto è importante per la protezione dalla caduta di massi, per lo stoccaggio del carbonio e dell'acqua e per la rinnovazione naturale, soprattutto in montagna.

Le esigenze delle specie che vivono nel legno (xilobionti) sono molteplici. Pertanto, il legno morto deve essere disponibile in varie forme: di piccole e grandi dimensioni, in piedi e a terra, al sole e all'ombra, con specie arboree, stadi di decomposizione e condizioni climatiche diverse (Gossner et al. 2016,

Figura 4.5.1

Gli alberi vecchi sono rari nel bosco svizzero. Offrono una varietà particolarmente elevata di microhabitat. Foto: Rita Büttler



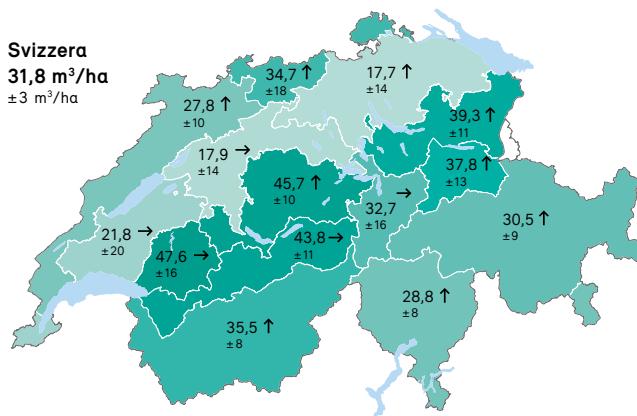
Seibold et al. 2016). Inoltre, sono importanti una quantità elevata e una disponibilità continua di legno morto e di alberi habitat nello spazio e nel tempo, perché i diversi stadi di sviluppo e di decomposizione dei microhabitat degli alberi sono utilizzati da numerose specie.

Evoluzione delle quantità di legno morto

L'evoluzione quantitativa del legno morto nel bosco svizzero è nel complesso positiva (cap. 1.2). Secondo l'IFN5 (2018–2022), nell'ultimo decennio il volume di legno morto è aumentato in molte regioni e ora è in media di 32 metri cubi per ettaro (m^3/ha). Tuttavia, sull'Altipiano, la regione con meno legno morto, l'incremento è stato nullo o solo lieve (fig. 4.5.2). In alcune regioni, le quantità di legno morto sono ancora inferiori ai valori minimi di $20 m^3/ha$ fissati

Figura 4.5.2

Volume medio di legno morto nelle 14 regioni economiche in metri cubi per ettaro (m^3/ha), 2022. Variazioni nell'ultimo decennio:
↑ incremento significativo; → nessuna variazione.



dalla Confederazione (UFAM 2021c). La maggior parte delle specie xilobionte richiede quantità maggiori, ovvero 30–50 m^3/ha nei boschi di querce e faggi. Le specie più esigenti richiedono addirittura volumi simili a quelli delle foreste vergini, superiori a 100 m^3/ha (Müller e Bütler 2010). I boschi non gestiti rivestono quindi una grande importanza per la diversità delle specie xilobionte, soprattutto nelle regioni con poco legno morto come l'Altipiano, dove secondo l'IFN solo il 3 per cento della superficie forestale non è gestito (cap. 4.3). Sono pertanto essenziali interventi specifici come le riserve forestali naturali, le isole di bosco vecchio e la conservazione degli alberi habitat fino al loro decadimento. Fortunatamente la superficie delle riserve forestali naturali è aumentata nell'ultimo decennio (cap. 4.9). Sull'Altipiano, tuttavia, le riserve forestali di recente costituzione sono naturalmente ancora relativamente prive di legno morto.

Il bosco svizzero è povero di alberi vecchi e con ampio diametro (cap. 1.3), che sono garanti della diversità dei microhabitat e della futura disponibilità di legno morto di importanti dimensioni (fig. 4.5.1). Ci vorranno decenni perché gli alberi diventino sufficientemente grandi e sviluppino microhabitat specifici, come le cavità con legno in decomposizione. Il numero di alberi possenti con un diametro superiore agli 80 centimetri (giganti) sta quindi evolvendo solo lentamente. Secondo i risultati intermedi dell'IFN5, a seconda delle regioni sono disponibili fra 0,3 e

3,7 giganti per ettaro, a fronte di circa 10–17 giganti per ettaro nelle foreste naturali (Nilsson et al. 2002).

Nonostante un leggero incremento, il legno morto di importanti dimensioni rimane raro. Secondo l'IFN5, in Svizzera è raro anche il legno da decomposizione e da pacciamatura fortemente decomposto poiché rappresenta meno del 20 per cento del volume di legno morto. La carenza di alberi vecchi e dai fusti imponenti in avanzato stato di decomposizione aumenta il rischio di estinzione delle specie xilobionte (Monnerat et al. 2016, Gossner et al. 2013, Seibold et al. 2015; cap. 4.8). Senza interventi particolari per garantire che gli alberi vecchi rimangano nel bosco fino al loro decadimento, molte specie rare e specializzate sono a rischio di estinzione nel lungo periodo. Secondo recenti ricerche, la loro perdita può compromettere gravemente le funzioni ecosistemiche, come il riciclo dei nutrienti, l'impollinazione o la pedogenesi (Burner et al. 2022, Brose e Hillebrand 2016). Di conseguenza, le misure di conservazione delle specie rare, come l'accumulo di legno morto e la promozione degli alberi vecchi, hanno un beneficio finora sottovalutato per i servizi ecosistemici.

Incentivi per favorire l'accumulo di legno morto

I valori minimi di volume di legno morto fissati dalla Confederazione sono stati ampiamente raggiunti (UFAM 2021c). Tuttavia, poiché non sono sufficienti per le specie esigenti (Müller e Bütler 2010), dal 2008 Confederazione e Cantoni forniscono un sostegno finanziario per circa 30 000 ettari di riserve forestali naturali, oltre 6600 ettari di isole di bosco vecchio e circa 20 000 alberi habitat (stato 2022).

Nell'ultimo decennio, a causa della siccità è morto un numero maggiore di alberi. Gli eventi estremi potrebbero essere sfruttati a favore della biodiversità, in quanto l'aumento della domanda di legno da energia potrebbe invertire la tendenza all'accumulo del legno morto. La gestione forestale deve garantire che un numero sufficiente di alberi invecchi e possa compiere l'intero ciclo di vita. La sfida consisterà nel raggiungere questo obiettivo, nonostante l'intensificazione mirata dell'utilizzazione del legname e la riduzione dei turni di gestione, a vantaggio dell'adattamento al clima. Per questo sono necessari incentivi sia nei boschi che negli habitat non forestali (viali alberati o alberi di parchi e giardini nelle periferie e nei centri abitati).

4.6 Diversità genetica

Christian Rellstab, Bruno Lauper, Felix Gugerli

- In Svizzera sono state individuate nuove aree di conservazione dinamica delle risorse genetiche.
- Grazie agli importanti popolamenti e all'ampio flusso genetico, gli alberi dei boschi svizzeri dispongono di un elevato livello di diversità genetica. Quest'ultima è parte integrante della biodiversità e un presupposto affinché i popolamenti si adattino ai cambiamenti ambientali e siano resilienti agli eventi estremi.
- La variazione della diversità genetica e dell'adattabilità dovrebbe essere monitorata nel tempo e analizzata, e i risultati dovrebbero essere maggiormente integrati nelle strategie selvicolturali.

Diversità genetica degli alberi del bosco

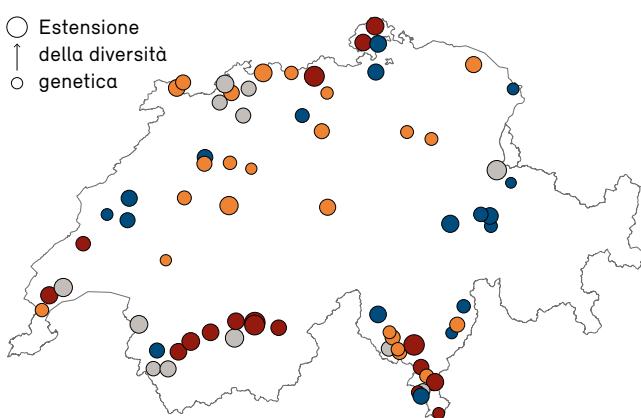
La diversità genetica è considerata la pietra miliare della biodiversità e costituisce il presupposto affinché le specie e le popolazioni possano adattarsi alle condizioni ambientali in transizione. Questo al fine di incrementare la resilienza

del bosco a eventi estremi come periodi di siccità o infestazioni di parassiti. Un'elevata diversità genetica è quindi un requisito indispensabile affinché il bosco svizzero possa svolgere le sue funzioni anche in futuro.

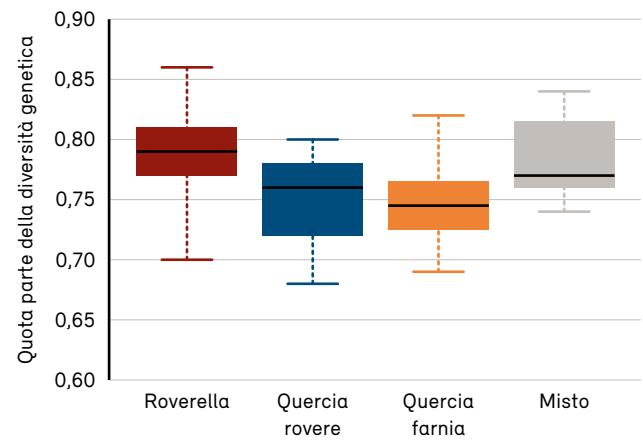
Grazie a popolamenti ampi e seminaturali, a un vasto flusso genetico attraverso la dispersione del polline e dei semi e a una rinnovazione per lo più naturale, la maggior parte delle specie arboree presenta un elevato livello di diversità genetica. Ne sono un esempio le querce autotone (rovere, roverella e quercia farnia). La loro diversità genetica è altrettanto elevata in tutte le regioni della Svizzera (Rellstab et al. 2016; fig. 4.6.1a). La mescolanza attraverso incroci naturali e retroincroci nel corso di molte generazioni aumenta la diversità di questo complesso di specie. Ad esempio, la roverella che spesso si ibrida con la rovere, presentano una maggiore diversità genetica rispetto ai popolamenti puri di roverelle o querce farnie (fig. 4.6.1b).

Figura 4.6.1

a) Diversità genetica di 71 popolamenti di quercia, misurata utilizzando l'eterozigosi (percentuale media di individui con diverse varianti genetiche in una particolare posizione del genoma). La dimensione dei cerchi corrisponde all'entità della diversità genetica e i colori alle specie di quercia.
 b) Il diagramma a scatola riassume l'eterozigosi per le popolazioni della stessa specie (linea nera in grassetto = mediana, riquadro= area in cui si trova il 50 per cento medio di tutti i valori; antenne: valore massimo o minimo). Popolamenti misti: la specie dominante ha una quota massima dell'80 per cento.



Fonte: Rellstab et al. 2016



I progressi tecnologici permettono di individuare la parte di diversità genetica che influenza l'adattabilità degli alberi e della loro progenie alle condizioni ambientali locali (Gugerli et al. 2016). Studi condotti su popolamenti di pino cembro, ad esempio, hanno dimostrato che la variazione della diversità rilevante per l'adattamento difficilmente può tenere il passo con i rapidi mutamenti del clima (Dauphin et al. 2021). Le specie arboree longeve con un lungo tempo di rinnovazione sono quindi particolarmente minacciate dal cambiamento climatico.

Protezione delle risorse genetiche

In quanto aderente a Forest Europe e membro di EUFORGEN (Programma europeo per le risorse genetiche forestali), la Svizzera si è impegnata a livello internazionale a proteggere le proprie risorse genetiche forestali. Queste risorse sono preservate e promosse attraverso numerose misure, ad esempio mediante rinnovazione naturale (cap. 4.2) e riserve forestali (cap. 4.9).

Dal 2016, la Svizzera ha inoltre designato 74 aree di conservazione per sette specie, tra cui popolamenti di pino cembro e tasso, che hanno un elevato potenziale di diffusione (tab. 4.6.1). Le aree di conservazione genetica sono per lo più riserve forestali in cui la diversità genetica deve essere preservata attraverso processi naturali. Le popolazioni selezionate sono autoctone, dispongono di popolamenti di dimensioni minime e rappresentano la distribuzione, le diverse condizioni ambientali e – per quanto noto – i gruppi genetici della specie (Rudow 2016). Nel prossimo futuro saranno designate aree di conservazione genetica per acero di monte, frassino, larice, pino silvestre, rovere, quercia farnia e roverella.

Per molte specie arboree in Svizzera sono disponibili stazioni per la raccolta di semi, ovvero popolamenti da cui si ricavano semi per la riproduzione di giovani alberi. Questi popolamenti sono stati selezionati in base a criteri quali le prestazioni o la forma di crescita degli alberi madre. Questi criteri, insieme alla pratica comune di raccogliere solo pochi alberi madre, limitano la diversità genetica nelle piantagioni. Per incrementare la diversità

genetica del materiale di piantagione, sono necessarie linee guida per la raccolta dei semi, con riferimento al numero minimo di alberi madre e ai semi per albero madre. Inoltre, in futuro la raccolta delle sementi potrebbe essere estesa alle aree di conservazione genetica.

Strategie per affrontare il cambiamento climatico

Il cambiamento climatico è una realtà e il bosco svizzero ne risentirà ancora a lungo. La velocità con cui il clima sta diventando più caldo e più secco a fasi alterne potrebbe creare problemi soprattutto agli alberi del bosco longevi. Come individui, gli alberi adulti possono reagire ai cambiamenti delle condizioni ambientali (plasticità), ma la composizione genetica dei popolamenti cambia solo lentamente. Oltre a promuovere un'elevata diversità genetica dei popolamenti, è possibile sostenere in modo specifico le varianti genetiche i cui portatori si adattano a condizioni più calde e secche. Le analisi genetiche aiutano a quantificare la diversità genetica e a stimare il grado di adattamento di una specie. Per questo motivo dovrebbero essere incluse maggiormente nello sviluppo di strategie selvicolture.

Tabella 4.6.1

Aree di conservazione genetica in Svizzera. Alcune zone comprendono aree di conservazione genetica per diverse specie.

Specie	Numero di aree di conservazione genetica	Numero di Cantoni coinvolti	Superficie (ha)
Pino cembro	10	6	3122
Faggio	13	12	7364
Tasso	10	10	1989
Sorbo torminale	9	8	1363
Abete rosso	14	11	11 137
Pioppo nero	5	5	912
Abete bianco	13	11	7119
Totale	62	20	23 901

Fonte: Nationaler Generhaltungsgebiete-Kataster (NGK), Stato: 31 ottobre 2022.

4.7 Il bosco nel paesaggio

Christian Ginzler, Matthias Bürgi, Bruno Lauper

- La superficie forestale sulle Alpi e al Sud delle Alpi continua ad aumentare e le piccole aree forestali di queste regioni si stanno ricongiungendo. Tuttavia, la crescita ha subito un rallentamento. Sull'Altipiano la superficie e la distribuzione forestale sono stabili.
- A un'altitudine compresa tra i 600 e i 1400 metri s.l.m., l'80 per cento degli spazi aperti presenta piccoli elementi strutturali come singoli alberi e siepi. A quote più basse, tuttavia, più di un terzo del paesaggio è stato sgomberato.
- La sfida dei prossimi decenni consisterà nel valorizzare le aree forestali con gruppi di alberi e singoli alberi nei territori aperti e di collegare meglio gli habitat.

Cambiamenti nell'assetto del bosco

Quasi un terzo della Svizzera è coperto da boschi. L'assetto territoriale del bosco, in termini di numero di particelle e di distribuzione, è cambiato. La statistica della superficie mostra che dagli anni Ottanta del secolo scorso sono aumentate le grandi zone boschive ma con evoluzioni diverse a seconda della regione. Sull'Altipiano, sia la superficie che la distribuzione dei boschi sono rimaste molto stabili a causa dell'utilizzazione intensiva del suolo e dell'elevata domanda di terreno. Invece, i boschi delle Alpi e al Sud delle Alpi si sono estesi ricongiungendosi, soprattutto a causa dell'abbandono dell'attività agricola che ha consentito ai boschi di estendersi e alla vegetazione di diffondersi sugli spazi aperti.

Il paesaggio è caratterizzato non solo dalla proporzione e dalla distribuzione dei boschi, ma anche dalle specie legnose esterne all'area forestale (fig. 4.71). Le superfici strutturalmente ricche, con boschetti (gruppi di alberi e siepi) e cespugli, spesso confinano con l'area forestale e sono di alto valore sia sul piano ecologico che su quello estetico. I risultati della «Rete d'osservazione del paesaggio svizzero» (LABES) mostrano che queste zone di transizione tendono a diminuire dal 1985 e che la distanza tra boschi e insediamenti diminuisce sempre di più a causa dell'espansione dell'abitato (UFAM/WSL 2022).

Figura 4.71

Ampie aree del paesaggio aperto come qui, vicino a Bärschwil (SO) sono intervallate da elementi boschivi e quindi ben collegate. Foto: Simon Speich



Bosco e alberi come parte dell'infrastruttura ecologica

Gli elementi legnosi del paesaggio sono fondamentali per l'infrastruttura ecologica. Queste piccole strutture, come singoli alberi, filari e margini boschivi, fungono da pietre miliari per la connessione del paesaggio. Le analisi del modello topografico del paesaggio (MTP) indicano che questi elementi sono molto frequenti in molte aree della Svizzera (Swisstopo 2023). L'80 per cento dei territori aperti a quote comprese tra 600 e 1400 metri s.l.m. presentano elementi legnosi. Oltre i 1400 metri di altitudine le strutture legnose hanno un'importanza minore per un'interconnessione funzionale. Invece, ad altitudini inferiori ai 600 metri, in presenza di un'agricoltura più intensiva, un terzo delle superfici è sgomberato e in queste zone è presente un potenziale per riqualificazioni strutturali.

4.8 Specie in pericolo

Andrin Gross, Silvia Stofer, Timothy Thrippleton

- Le Liste rosse costituiscono la base per valutare il grado di minaccia delle specie che vivono nei boschi. Indicano un'evoluzione da stabile a leggermente positiva per quanto riguarda il numero delle specie a rischio.
- Il bosco in Svizzera è molto ricco di specie e ospita molte di quelle rare e minacciate.
- In vista delle sfide future come il cambiamento climatico o l'approvvigionamento energetico, è fondamentale sorvegliare l'evoluzione delle specie rare con programmi di monitoraggio al fine di individuare tempestivamente le evoluzioni negative.

Fondamenti per la protezione delle specie nel bosco

Nell'ultimo decennio, Liste rosse nuove e aggiornate hanno fornito una base importante per la promozione delle specie nel bosco. La sintesi delle Liste rosse pubblicate finora mostra, sulla base dell'esempio delle piante, che la percentuale di specie minacciate nel bosco (ca. il 13 %) è relativamente bassa rispetto ad altri habitat (UFAM e InfoSpecies 2023). Tuttavia, poiché il bosco in Svizzera è molto ricco di specie, ospita in assoluto il numero maggiore di specie minacciate (Gubler et al. 2020). Nelle Liste rosse sono classificate in pericolo il 41 per cento delle comunità forestali (Delarze et al. 2016), di cui soprattutto quelle nelle zone umide e rade. Mentre i boschi umidi sono diminuiti a causa dell'erosione e del drenaggio, le strutture forestali rade sono state decimate per altri motivi: l'abbandono dell'utilizzazione, ad esempio dei pascoli alberati, il passaggio alla forma di governo della fustaia, l'aumento della provvigionazione legnosa a causa di un minore utilizzo, gli apporti eccessivi di azoto o anche la mancanza delle fasi pionieristiche con luce e di quelle di senescenza.

La prima Lista Rossa dei Coleotteri Buprestidi, Cerambicidi, Cetonidi e Lucanidi descriveva un quadro preoccupante della situazione di pericolo (Monnerat et al. 2016). Quasi la metà (118 su 256) delle specie di coleotteri che vivono prevalentemente nel legno era in pericolo, mentre 47 specie (18 %) erano potenzialmente a rischio. Va inoltre considerato che le specie valutate sono solo una piccola parte del totale di circa 1700 specie di coleotteri che dipendono dal legno morto (Lachat et al. 2019).

Per la biodiversità del bosco il legno morto riveste una grande importanza (cap. 4.5). Ne dipende non meno di un terzo di tutte le specie che vivono nei boschi, tra cui in particolare coleotteri e circa 2700 specie di funghi (Lachat et al. 2019), ma anche uccelli, pipistrelli, anfibi, muschi e licheni. Molte delle specie in pericolo hanno esigenze qualitative specifiche nei confronti del legno morto in termini di pianta ospite, stadio di decomposizione o posizione (eretto o disteso). Un esempio è il capricorno maggiore (*Cerambyx cerdo*) in pericolo d'estinzione (fig. 4.8.1). Questo coleottero vive su querce molto vecchie con legno morente e morto spesso non disponibili in quantità sufficienti nei boschi gestiti (UFAM e InfoSpecies 2023). Oltre alle carenze di legno morto in alcune regioni, anche le aree troppo piccole di comunità forestali speciali e i popolamenti radi e ricchi di legno vecchio hanno un impatto negativo sulla diversità delle specie.

Figura 4.8.1

Il capricorno maggiore in Svizzera è in pericolo d'estinzione. Vive su querce molto vecchie che nei boschi gestiti sono pressoché assenti.

Foto: Beat Wermelinger



Nuovi fattori di minaccia

L'evoluzione della situazione di pericolo nell'ultimo decennio è difficile da valutare sulla base dei dati disponibili. Il Monitoraggio della biodiversità in Svizzera (MBD) indica un'evoluzione leggermente positiva per lumache, muschi e piante vascolari che vivono nei boschi (Birrer et al. 2022; cap. 4.1), ma non è possibile ricavare informazioni certe sulle specie in pericolo. Per muschi, piante e uccelli sono state pubblicate Liste rosse aggiornate (Knaus et al. 2021, Bornand et al. 2016), in cui si rilevano solo differenze esigue per quanto riguarda gli uccelli e le piante vascolari. La situazione dei muschi è invece tendenzialmente positiva, ma non ancora confermata a causa di incertezze metodologiche.

Le evoluzioni più preoccupanti per la biodiversità sono quelle che riguardano l'approvvigionamento energetico (Lachat et al. 2019) e il cambiamento climatico (Pluess et al. 2016). La crescente domanda di legno come risorsa per la produzione di energia (cap. 6.7) potrebbe avere un impatto negativo sulla disponibilità di legno vecchio e morto nel bosco. Per la biodiversità è quindi importante la promozione integrativa del legno morto nella selvicoltura naturalistica (cap. 4.5). Il cambiamento climatico, a sua volta, provoca eventi estremi più frequenti, come siccità o tempeste, e aumenta il numero di perturbazioni nel bosco (cap. 2.5). Questi fenomeni potrebbero avere un impatto positivo sulla biodiversità, se ad esempio creassero un mosaico di diversi stadi di successione nelle aree colpite aumentando così la diversità degli habitat. Tuttavia, il cambiamento climatico incide in misura crescente sulle basi vitali di molte specie, incrementando ulteriormente la probabilità di estinzione di quelle a rischio (IPBES 2019b). In questo contesto, i programmi di monitoraggio come l'IFN, il monitoraggio della biodiversità o quello della diversità strutturale e delle specie nelle riserve forestali naturali in Svizzera stanno diventando sempre più importanti, perché contribuiscono a controllare lo sviluppo della biodiversità nel bosco, fungendo da sistema di allarme precoce in caso di tendenze negative.

Misure di promozione e monitoraggio

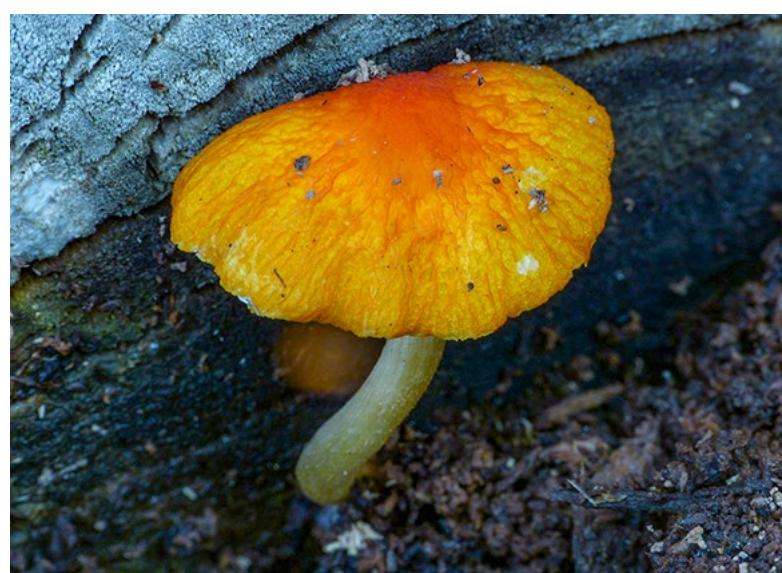
La selvicoltura naturalistica (cap. 4.3), le riserve forestali naturali (cap. 4.9) e altre misure specifiche possono promuovere in modo mirato la biodiversità nel bosco. Dal 2008 gli accordi programmatici tra Confederazione

e Cantoni mettono a disposizione degli aiuti finanziari (Stadler e de Sassi 2021). I controlli dell'efficacia mostrano un chiaro effetto di queste misure, soprattutto per le specie rare che prediligono boschi radi e luminosi e per i coleotteri del legno morto (Bühler e Roth 2021). Nel Cantone di Ginevra, ad esempio, i funghi lignicoli degli alberi in pericolo critico, come *Pluteus aurantiorugosus* (fig. 4.8.2), sono stati favoriti dalla messa a dimora di tronchi d'albero (UFAM e InfoSpecies 2023). Anche il Piano d'azione Boschi radi di InfoSpecies è un passo importante per la promozione delle specie in pericolo (Imesch et al. 2020). Prevede un applicativo online che supporta sia i responsabili cantonali della biodiversità del bosco sia i servizi forestali nella programmazione e attuazione di misure di protezione della natura. Tramite i piani cantonali per la definizione spaziale delle aree di protezione e di interconnessione (UFAM 2021a) è stato creato un ulteriore strumento per la conservazione a lungo termine della biodiversità.

Il centro dati virtuale fornisce inoltre ai Cantoni un'analisi capillare dello stato attuale degli habitat e dell'evoluzione prevista. Questi nuovi strumenti di pianificazione sono un importante contributo affinché i Cantoni possano pianificare efficacemente le misure di protezione della natura.

Figura 4.8.2

Il *Pluteus aurantiorugosus* vive sui tronchi marcescenti di latifoglie nei boschi golenali. Nel Cantone di Ginevra è stato protetto mettendo in posizione eretta tronchi d'albero. Foto: Julia Jenzer



4.9 Riserve forestali

Martina Hobi, Harald Bugmann, Martin Gossner, Thibault Lachat, Bruno Lauper

- Nel 2022, le riserve forestali coprivano il 7,3 per cento della superficie forestale totale; pertanto l'obiettivo di politica forestale di raggiungere il 10 per cento di riserve forestali entro il 2030 era già stato raggiunto per quasi tre quarti.
- Le riserve forestali naturali hanno effetti positivi sul numero e sulla distribuzione delle specie che dipendono dal legno morto. Il numero di specie di funghi in pericolo nelle riserve è maggiore che nei boschi gestiti.
- In futuro, nella designazione delle riserve forestali andrà tenuto conto maggiormente dei piani cantonali per la promozione delle specie e degli ambienti prioritari a livello nazionale e di una migliore distribuzione territoriale delle superfici connesse.

Stato della politica in materia di riserve forestali

Con linee guida della politica in materia di riserve forestali del 2001 e con la Politica forestale 2020 Confederazione e Cantoni si sono posti obiettivi qualitativi e quantitativi per delimitare le riserve forestali e compensare i proprietari di boschi per questo bene pubblico. In Svizzera si distinguono due tipi di riserve forestali: le riserve forestali naturali (NWR), in cui si rinuncia a qualsiasi tipo di intervento forestale, e le riserve forestali speciali (SWR), in cui si interviene in modo mirato per creare habitat per specie animali e vegetali e per promuoverle in modo specifico. Entrambe le riserve servono a promuovere la biodiversità. Quelle naturali consentono anche di proteggere i processi ecologici naturali. La Confederazione e i Cantoni intendono assegnare entro il 2030 il 10 per cento della superficie forestale alle riserve (il 5 % per ciascun tipo). Nel 2022, secondo i rilevamenti dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) il 4,16 per cento della superficie forestale nazionale era costituito da riserve forestali naturali e il 3,18 per cento da riserve forestali speciali (UFAM Controlling NCP). Complessivamente, perciò, la quota di riserve forestali ammontava a circa il 7,3 per cento, contro il 2,5 per cento di soli 20 anni prima. La politica delle riserve forestali di Confederazione e Cantoni è stata molto efficace, sebbene detta quota vari da una regione all'altra (fig. 4.9.1). Sull'Altipiano si registra ancora un'importante carenza di superficie forestale protetta rispetto al Giura, alle Prealpi e alle Alpi.

Nonostante gli obiettivi quantitativi della politica delle riserve forestali siano raggiungibili entro il 2030, quelli qualitativi rimangono ancora difficili da realizzare. Le comunità forestali più diffuse sono ben rappresentate all'interno delle riserve forestali in termini di superficie rispetto alla loro diffusione su tutto il territorio nazionale. Tuttavia, le riserve presentano ancora notevoli carenze a livello di ambienti prioritari a livello nazionale particolarmente degni di protezione, soprattutto nei siti umidi (Steiger 2014). La promozione delle specie prioritarie nazionali, invece, ha avuto successo con la delimitazione di riserve naturali speciali per il gallo cedrone e il picchio rosso mezzano. Entrambi sono considerati specie ombrello della cui protezione beneficiano molte altre specie animali e vegetali dello stesso habitat.

Nell'ultimo decennio sono stati compiuti progressi significativi anche per quanto riguarda le dimensioni delle riserve forestali. Con 39 grandi riserve istituite nel 2022, l'obiettivo originario di almeno 30 grandi riserve forestali con una superficie superiore a 500 ettari è già stato superato. Tuttavia, anche in questo caso si evidenziano importanti differenze a livello regionale. Soprattutto sull'Altipiano è difficile creare grandi riserve perché le aree forestali tendono a essere più frammentate e lo sfruttamento del legname è più interessante grazie alla migliore accessibilità. La maggior parte delle grandi riserve si trova in regioni montuose di difficile accesso. Con l'istituzione del parco naturale periurbano di Zurigo Sihlwald e del Parc du Jorat nel Canton Vaud è stato però possibile conseguire risultati importanti anche sull'Altipiano. Tuttavia, avendo una dimensione media di 43 ettari, la maggior parte delle riserve è relativamente piccola. È importante un mix di riserve piccole e grandi: quelle piccole rappresentano la diversità degli habitat, quelle grandi invece consentono uno sviluppo naturale del bosco e misure di sostegno a livello di paesaggio. Inoltre, le riserve forestali fungono da aree ecologiche chiave per l'interconnessione degli habitat a livello nazionale.

Risultati dell'osservazione delle riserve forestali naturali

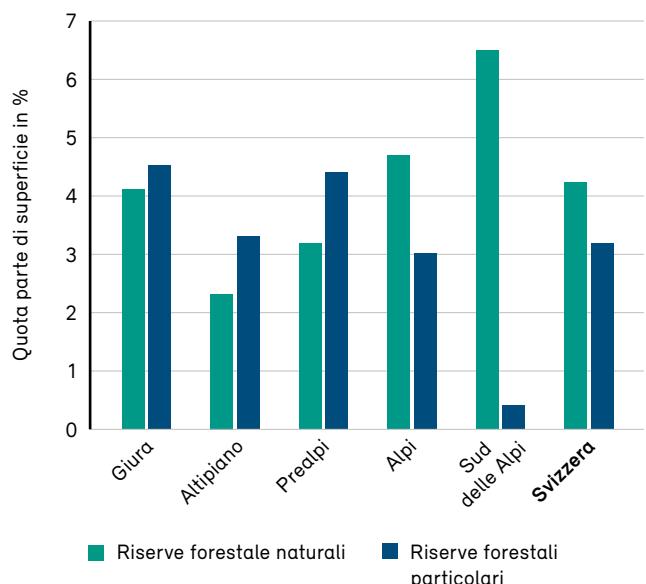
L'osservazione a lungo termine delle riserve forestali naturali favorisce la comprensione dello sviluppo naturale del bosco senza influenze antropiche (fig. 4.9.2). Dall'inizio delle osservazioni negli anni Cinquanta del secolo scorso, la provvigenza di alberi vivi e la quantità di legno morto in piedi, così come il numero di alberi habitat, sono aumentati in modo significativo nella maggior parte delle riserve naturali (cap. 4.5). Le aree protette si stanno trasformando in boschi naturali. Nelle riserve forestali naturali continua ad aumentare anche la quantità totale di carbonio immagazzinata, a vantaggio delle specie che dipendono dal legno vecchio o morto (Roth, in preparazione). La diversità di specie di coleotteri e funghi del legno è più elevata qui che nelle vicine faggete gestite. La qualità dell'habitat per le specie che vivono nel bosco migliora quanto più a lungo le riserve non vengono gestite o utilizzate. Anche la diversità delle comunità di specie è maggiore rispetto ai boschi gestiti, tant'è che nelle riserve forestali sono state osservate più specie di funghi in pericolo.

Misure di sostegno nelle riserve forestali speciali

Le riserve forestali speciali sono caratterizzate da interventi selvicolturali per promuovere la biodiversità. Qui devono essere conservate e promosse anche le forme di gestione come i cedui composti, i boschi pascolati o le selve. Molte specie amanti della luce e del calore, infatti, dipendono da questi boschi radi. Le condizioni di vita di queste specie si sono notevolmente deteriorate nella seconda metà del XX secolo (Imesch et al. 2020). Nelle riserve forestali speciali, varie specie di farfalle, rettili e orchidee possono essere favorite dal diradamento delle pinete rade, mentre nei boschi di conifere della regione alpina possono essere mantenute in modo specifico le strutture aperte come le radure, importanti per la crescita dei tetraoni. Nel 2015, ad esempio, sono state create diverse migliaia di ettari di riserva forestale speciale per il gallo cedrone. Nelle riserve forestali speciali possono essere istituite anche aree di conservazione genetica per alcune specie arboree secondarie autoctone, la cui protezione richiede interventi selvicolturali mirati (cap. 4.6).

Figura 4.9.1

Quota parte delle superficie di riserve forestali naturali e riserve forestali speciali nelle cinque regioni di produzione e in tutta la Svizzera, 2022.



Fonte: UFAM, modificato secondo Impuls, 2023

Figura 4.9.2

Riserva forestale nazionale Scattè vicino a Brigels (GR) con abbondante legno morto e rinnovazione naturale. Foto: Gilbert Projer, WSL



4.10 Uccelli nidificanti del bosco

Alex Grendelmeier, Kurt Bollmann, Pierre Mollet, Timothy Thripleton

- Nell'ultimo decennio, le popolazioni di molti uccelli dei boschi hanno registrato un'evoluzione positiva.
- Alcune specie, però, come il lù verde e il picchio cenerino, che necessitano di habitat particolari, sono diventate più rare. Questo fenomeno indica una carenza di habitat.
- L'intensificazione della gestione con turni più brevi e la crescente domanda di legno da energia potrebbero compromettere questa evoluzione positiva.

Popolazioni di specie di uccelli dei boschi

La consistenza numerica delle popolazioni di uccelli è impiegata nel monitoraggio ambientale come indicatore dello stato e dell'evoluzione della biodiversità. Gli uccelli, infatti, sono molto diffusi, possono essere facilmente censiti e reagiscono con forza ai cambiamenti ambientali.

Sulla base dell'evoluzione delle popolazioni di singole specie di uccelli nidificanti, la Stazione ornitologica svizzera calcola il Swiss Bird Index SBI® (Knaus et al. 2022). L'indice parziale SBI® Bosco registra le tendenze di 56 specie di uccelli autoctoni dei boschi. Include tutte le specie che si riproducono principalmente nel bosco e che dal 1990 si sono riprodotte in Svizzera almeno una volta in nove anni consecutivi su dieci.

L'indice SBI® Bosco mostra che le popolazioni di uccelli dei boschi dal 1990, e soprattutto nell'ultimo decennio, si sono evolute positivamente (fig. 4.10.1). Oltre ai generalisti come la cinciallegra, che non è specializzata in un habitat particolare, tutte le specie di picchi, ad eccezione del picchio cenerino (*Picus canus*), mostrano tendenze positive. Altri uccelli come la tortora (*Columba oenas*) o la civetta nana (*Glaucidium passerinum*) sfruttano le cavità inutilizzate dai picchi per nidificare.

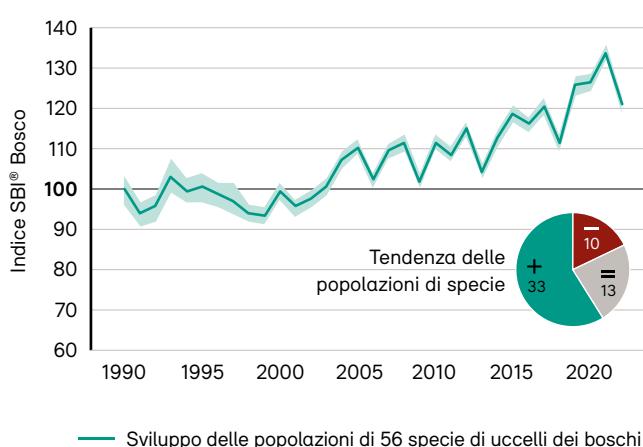
L'indice SBI® Bosco non consente di trarre conclusioni sullo sviluppo delle specie di uccelli nidificanti in pericolo. Tuttavia, nel bosco alcune specie di uccelli sono in calo e questo indica una carenza a livello di habitat. Il gallo

cedrone (*Tetrao urogallus*), ad esempio, necessita di popolamenti indisturbati e radi di conifere, mentre l'usignolo (*Phylloscopus sibilatrix*) preferisce vecchi popolamenti chiusi di latifoglie con uno strato arbustivo limitato. I sistemi di gestione diversificati o tradizionali come i boschi pascolati in combinazione con le riserve forestali contribuiscono ad incrementare la biodiversità.

L'evoluzione positiva delle popolazioni di molte specie di uccelli dei boschi è il risultato della gestione forestale piuttosto estensiva degli ultimi anni, dell'aumento delle riserve forestali e della promozione del legno vecchio e morto nei boschi gestiti. La crescente domanda di legname d'opera e da energia e la riduzione dei turni di gestione compromettono l'attuale evoluzione positiva delle popolazioni di molte specie.

Figura 4.10.1

Sviluppo medio della popolazione di 56 specie di uccelli dei boschi secondo l'indice SBI® Bosco (linea verde; area verde = intervallo di confidenza del 95 %). Spiegazione: un valore di 120 significa che la popolazione nell'anno corrispondente è del 20 per cento superiore al valore del 1990. Il grafico a torta mostra il numero di specie con aumenti (33 specie) e diminuzioni (10 specie), nonché le specie senza una chiara tendenza (13 specie).



Fonte: Stazione ornitologica svizzera 2023

5

Bosco di protezione

In montagna, la funzione protettiva del bosco è essenziale per le persone e le infrastrutture: bosco di protezione vicino a Vals (GR).

Foto: jackmalipan iStock







5 Bosco di protezione

Barbara Allgaier Leuch, Peter Bebi, Benjamin Lange, Stéphane Losey

In Svizzera, il 44 per cento del bosco protegge le persone e le infrastrutture dai pericoli naturali gravitativi come caduta di massi, valanghe e colate detritiche. Nell'ultimo decennio, i boschi di protezione sono diventati più fitti, con un impatto positivo sulla loro azione protettiva, ma anche più bui. La mancanza di luce e l'elevato tasso di brucamento da parte della fauna selvatica comportano perciò una carenza di rinnovazione. Di conseguenza, spesso i boschi non sono in grado di svolgere permanentemente la loro azione protettiva che richiede più tempo per essere ripristinata in seguito a un disturbo. Questa situazione può essere migliorata mediante interventi mirati di rinnovazione e una gestione adeguata della fauna selvatica al fine di ottenere una maggiore diversità di specie arboree in grado di garantire la protezione dai pericoli naturali anche in un contesto climatico che cambia. I boschi sono importanti per l'acqua potabile perché proteggono le acque sotterranee trattenendo le sostanze contaminanti. L'acqua di falda proviene dalle aree forestali di solito contiene così pochi inquinanti che risulta potabile anche senza alcun trattamento preliminare. In alcune località, tuttavia, la concentrazione di nitrati supera il valore limite di 25 milligrammi per litro anche nelle aree forestali. Per abbattere questo carico inquinante nell'acqua di falda, e quindi in quella potabile, occorre ridurre gli apporti di azoto atmosferico.

5.1 Protezione dai pericoli naturali

Peter Bebi, Benjamin Lange, Barbara Allgaier Leuch, Stéphane Losey

- Nell'ultimo decennio, i boschi di protezione con scarsa rinnovazione sono nuovamente aumentati perché sono diventati più fitti e il brucamento da parte degli ungulati è rimasto a un livello elevato.
- Secondo l'Inventario forestale nazionale il 44 per cento della superficie forestale è costituita da boschi di protezione che proteggono le persone e i beni materiali da pericoli naturali come scivolamenti, valanghe, cadute di massi o colate di detriti.
- Il crescente impatto del cambiamento climatico ridurrà in parte l'azione protettiva dei boschi. Per contenere il più possibile questi effetti negativi, occorre incrementare la resilienza dei boschi di protezione.

Definizione ed estensione del bosco di protezione

Scivolamenti, valanghe, cadute di massi o processi legati ai corsi d'acqua come colate detritiche o alluvionamenti sono pericoli naturali in grado di causare danni ingenti alle infrastrutture e perdite di vite umane. In Svizzera, il bosco che protegge da questi effetti o che ne riduce i rischi associati è chiamato bosco di protezione. I boschi di protezione sono definiti dai Cantoni, applicando i criteri nazionali del progetto SilvaProtect-CH (Losey e Wehrli 2013). Quelli che si limitano a ridurre il deflusso dell'acqua non soddisfano le condizioni per essere considerati boschi di protezione.

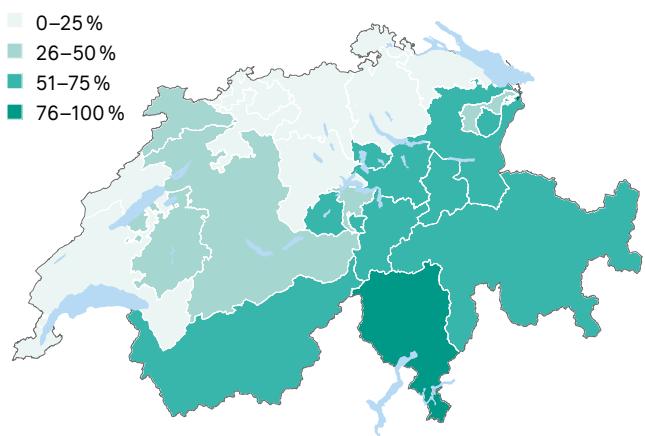
Nel 2022, circa 540 000 ettari o il 44 per cento del bosco accessibile dell'Inventario forestale nazionale (IFN), esclusi gli arbusteti, è stato classificato come bosco di protezione (Abegg et al. 2023). In termini di superficie è la principale misura preventiva contro i pericoli naturali e costituisce un elemento fondamentale della gestione integrale dei rischi. Grazie al bosco è spesso possibile rinunciare a costose misure di protezione come opere di premunizione contro le valanghe, reti paramassi o bacini di raccolta del materiale.

Sono stati definiti boschi di protezione in tutte le aree del Paese. I più numerosi si trovano nei Cantoni dell'arco alpino (fig. 5.1.1). Sull'Altipiano la percentuale di bosco di protezione è relativamente bassa. Tuttavia, a causa della densità degli insediamenti, qui i boschi proteggono un numero particolarmente elevato di persone e infrastrutture.

Figura 5.1.1

Quota di bosco di protezione nei Cantoni, 2022. A livello nazionale, il 44 per cento del bosco è considerato di protezione.

Quota di bosco di protezione



Fonte: IFN (Abegg et al. 2023)

Azione protettiva dai pericoli naturali

Il 25 per cento del bosco di protezione tutela le persone e le infrastrutture da scivolamenti superficiali, il 19 per cento dal distacco di valanghe, l'8 per cento da caduta di massi e l'85 per cento dai processi legati ai corsi d'acqua come colate detritiche, alluvionamenti o erosioni di sponda (Abegg et al. 2023). Poiché quasi il 30 per cento del bosco di protezione svizzero protegge contemporaneamente da diversi di questi pericoli, la somma delle percentuali supera il 100 per cento. L'azione protettiva si basa su diversi meccanismi a seconda del pericolo naturale. L'apparato radicale è decisivo per prevenire gli scivolamenti. Le radici, infatti, consolidano il terreno assorbendo al contempo acqua. Il bosco previene l'accumulo di strati di neve instabili intorno agli alberi e quindi il distacco di valanghe. Gli alberi rallentano la caduta di massi o addirittura li bloccano. E nei processi relativi ai corsi d'acqua la struttura del bosco contiene la quantità di detriti e materiale legnoso che si riversa nei torrenti e nei fiumi.

Cura del bosco di protezione

L'efficacia di un bosco di protezione dipende fortemente dalla sua struttura e fase di sviluppo e può quindi cambiare nel

tempo. Perché l'azione protettiva sia duratura, i boschi di protezione devono essere curati con misure mirate per migliorarne la struttura e rinnovarli in modo sostenibile. È inoltre importante adattare la mescolanza delle specie arboree al cambiamento climatico. La tipologia e la frequenza degli interventi dipendono dalle condizioni del territorio, dai pericoli naturali e dai beni da proteggere, ma anche dall'evoluzione storica e dallo stato attuale del bosco di protezione.

Nell'ultimo decennio a livello nazionale sono stati effettuati interventi culturali su circa 93 000 ettari di boschi di protezione, ovvero su circa il 17 per cento della loro superficie totale (Abegg et al. 2023). La quota di superficie interessata varia a seconda della regione. Sull'Altipiano si è intervenuti sul 41 per cento del bosco di protezione (10 000 ha), nel Giura sul 34 per cento (11 000 ha), nelle Prealpi sul 25 per cento (29 000 ha), nelle Alpi sul 17 per cento (40 000 ha) e al Sud delle Alpi sul 3 per cento (3000 ha). Le differenze sono dovute principalmente alla scarsa accessibilità dei boschi di protezione al Sud delle Alpi e nelle Alpi, oltre che al diverso grado di fertilità stazionale. Inoltre, a livello nazionale sono state attuate misure di protezione specifiche su circa 38 000 ettari (Abegg et al. 2023). Ad esempio, sono stati rimossi gli abeti rossi infestati dal bostrico o quelli appena abbattuti per contenere la diffusione dell'insetto. Nell'ultimo decennio la superficie su cui si sono resi necessari questi interventi è aumentata del 60 per cento, a causa soprattutto degli eccezionali periodi di siccità dal 2018 e delle tempeste.

I costi per la cura del bosco di protezione sono sostenuti da Confederazione, Cantoni e altri beneficiari (tra cui Comuni e amministratori delle infrastrutture). Le prestazioni, i relativi criteri di qualità e le condizioni quadro finanziarie sono disciplinati in accordi programmatici tra la Confederazione e i Cantoni, in base ai quali la Confederazione contribuisce ai costi per la cura dei boschi di protezione e per le relative infrastrutture e misure di protezione.

Mescolanza delle specie arboree e densità dei popolamenti

La mescolanza delle specie arboree di molti boschi di protezione è il risultato della gestione del passato (cap. 4.3). L'abete rosso, che per natura prospera soprattutto ad altitudini più elevate, fino agli anni Ottanta del secolo scorso è stato fortemente promosso anche alle basse e medie altitudini. Di conseguenza, un confronto tra i popolamenti

delle aree di saggio IFN e i tipi di stazione sviluppati nell'ambito del progetto Continuità nel bosco di protezione e controllo dell'efficacia (NaS) (UFAM 2024, ARGE Frehner 2020) mostra che la percentuale di abeti rossi nei boschi di protezione, in particolare nelle faggete, nei boschi misti di abete rosso e faggio e in quelli di abete rosso e bianco, è più alta che nel bosco naturale (Abegg et al. 2023). Tuttavia, i boschi di abeti rossi sono particolarmente sensibili alla siccità, alle infestazioni da bostrico e ad altri eventi che ne possono indebolire l'azione protettiva. Il rischio di disturbi con conseguente perdita temporanea dell'azione protettiva aumenta anche con il riscaldamento globale, perché quest'ultimo rende più vulnerabili anche le specie arboree che crescono nel loro areale di distribuzione naturale.

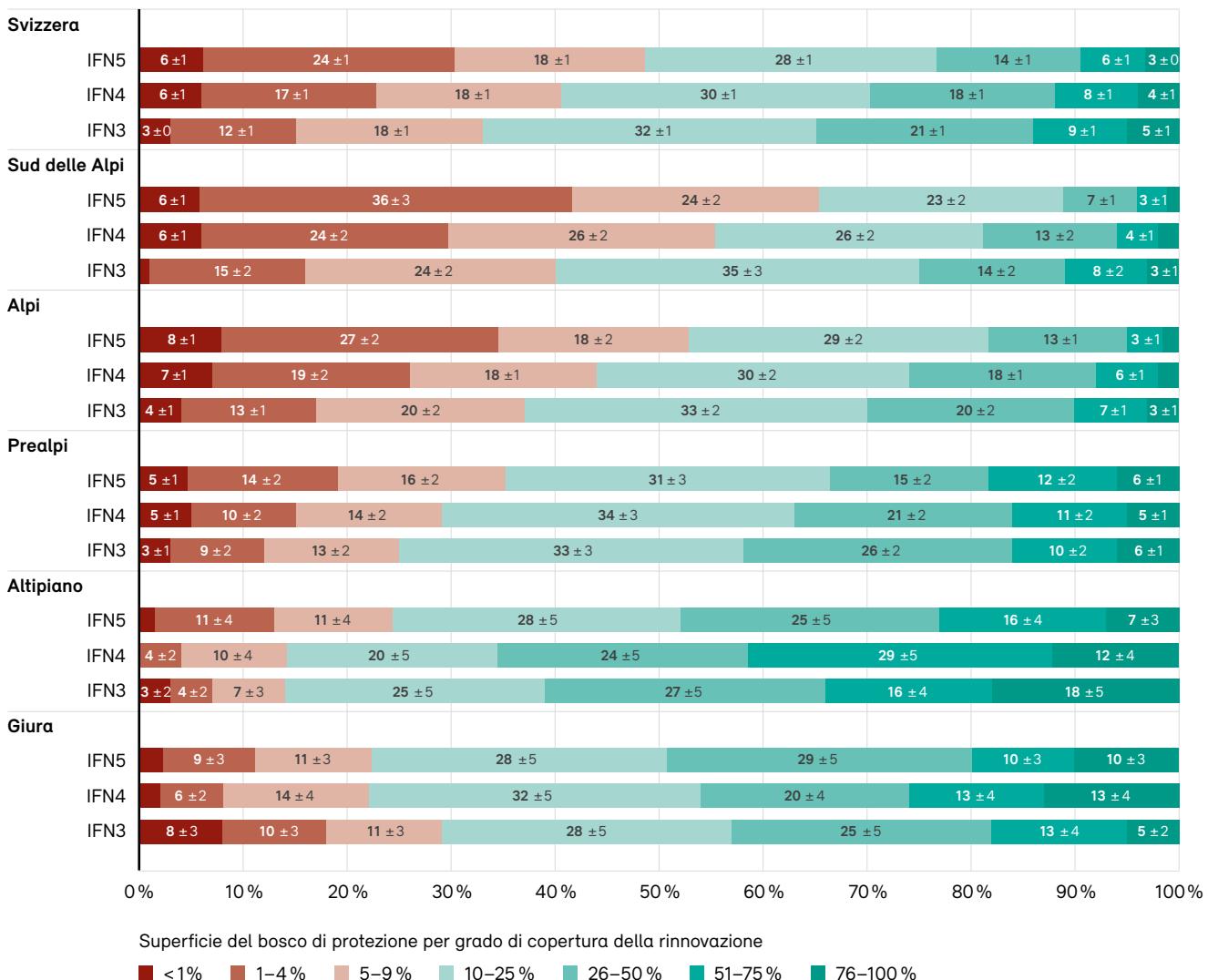
Nel complesso, nell'ultimo decennio i boschi di protezione sono diventati più fitti (Abegg et al. 2023). In tutte le aree del Paese sono diminuiti i popolamenti con grado di copertura da aperto a rado, mentre sono aumentati quelli con un grado di copertura superiore all'80 per cento (rilevato con l'ausilio di immagini aeree). Sulle Alpi e al Sud delle Alpi è inoltre aumentata ulteriormente la provvigione legnosa, rispettivamente del 5 per cento (ca. 360 m³ per ha) e del 13 per cento (290 m³ per ha) (Abegg et al. 2023; cap. 1.2). Sebbene questo infittimento rifletta il successo dello sviluppo delle foreste e il miglioramento dell'effetto protettivo contro i pericoli naturali negli ultimi decenni, detta tendenza deve essere valutata criticamente in termini di diversità delle strutture dei popolamenti e di continuità della rinnovazione. Entrambi questi fattori sono infatti fondamentali per preservare in modo duraturo l'azione protettiva e per consentire il necessario adattamento dei boschi di protezione al cambiamento climatico.

Struttura del popolamento e rinnovazione

Sia i boschi di protezione monoplani che quelli con scarsa rinnovazione nell'ultimo decennio sono diventati più frequenti (Abegg et al. 2023; cap. 1.3). Oggi, a livello nazionale quasi il 40 per cento dei boschi di protezione è monoplano. Rispetto alla media nazionale, la quota di questi popolamenti è più alta al Sud delle Alpi (44 %) e sensibilmente più bassa nel Giura (24 %) e sull'Altipiano (30 %). I popolamenti monoplani in cui scarseggiano alberi giovani sono particolarmente sfavorevoli, perché possono riprendersi solo lentamente in seguito a un disturbo. Nel complesso, sono aumentati quelli con scarsa rinnovazione (grado di copertura della rinnovazione inferiore al 5 %) che attualmente rappresentano il

Figura 5.1.2

Quota dei gradi di copertura della rinnovazione nel bosco di protezione IFN5 (2018–2022), IFN4 (2009–2017) e IFN3 (2004–2006) nelle cinque regioni di produzione e in tutta la Svizzera.



Fonte: IFN

30 per cento dell'intera superficie del bosco di protezione (fig. 5.1.2). Anche in questo caso si evidenziano importanti differenze regionali: nel Giura e sull'Altipiano, ad esempio, circa il 12 per cento della superficie del bosco di protezione presenta una rinnovazione insufficiente, nelle Prealpi il 19 per cento, nelle Alpi il 34 per cento e al Sud delle Alpi il 41 per cento.

Le cause di questo fenomeno sono molteplici (cap. 4.2), tra cui la carenza di luce dovuta all'aumento della densità dei boschi e il crescente livello di brucamento di giovani piante

da parte di caprioli, cervi e camosci. I risultati dell'IFN5 (2018–2022) hanno mostrato che nel bosco di protezione il 18 per cento dei giovani alberi, ovvero quasi uno su cinque di quelli di altezza compresa tra 10 e 129 centimetri, ha subito il brucamento della cacciata apicale nell'anno precedente (Abegg et al. 2023). Al Sud delle Alpi è stato danneggiato in questo modo il 29 per cento delle giovani piante. Particolamente colpiti sono l'abete bianco (31 %), l'acero (24 %) e la quercia (25 %), tre specie di grande importanza per l'adattamento al cambiamento climatico.

Bosco di protezione adattato al clima

Il rapido avanzamento del cambiamento climatico pone nuove sfide ai boschi di protezione e alla loro gestione. Le specie arboree che svolgono un ruolo centrale soffrono sempre più spesso di stress da calore e siccità. Inoltre, il cambiamento climatico associato all'incremento della provvigione legnosa in alcune aree, comporta un maggior rischio di eventi su larga scala, come gli schianti da vento, le infestazioni da bostrico o gli incendi boschivi. Affinché i boschi di protezione possano continuare a fornire l'azione protettiva richiesta, occorre sostenere il loro adattamento al cambiamento del clima e incrementarne la resilienza. I tagli di rinnovazione, ad esempio, possono aumentare la disponibilità di luce in popolamenti densi e strutturalmente uniformi e promuovere la rinnovazione naturale. Contemporaneamente, questa misura contrasta la tendenza verso popolamenti monoplani. Gli interventi devono essere mirati alla promozione della diversità delle specie arboree in generale e di quelle più resilienti in particolare (querzia nei boschi di faggio o abete bianco nei boschi di abete rosso), ad esempio attraverso la rinnovazione naturale e anche la piantumazione. È importante ridurre al minimo l'impatto del brucamento in modo da consentire ai giovani alberi di continuare a crescere. I disturbi riducono l'azione protettiva di un bosco perché nelle aree colpite gli alberi muoiono o si aprono ampi varchi nel bosco di protezione. Promuovendo in modo mirato la prerinnovazione, il rimboschimento in seguito a schianti da vento e/o infestazioni da bostrico può avvenire più rapidamente perché sotto al popolamento principale sono già disponibili nuovi alberi. Lasciando sul posto anche gli alberi morti in piedi o a terra, si preserva l'azione protettiva residua contro le valanghe e la caduta di massi. Questa misura a lungo termine migliora la rinnovazione perché il legno decomposto forma un substrato di germinazione favorevole (fig. 5.1.3).

Figura 5.1.3

Bosco di protezione sopra a Bonaduz (GR). Popolamenti diversificati con luce sufficiente, specie arboree diverse e legno morto aumentano la resilienza del bosco. Foto: Peter Bebi



5.2 Acqua potabile

Barbara Allgaier Leuch, Sabine Braun, Katrin Meusburger, Simon Tresch, Miriam Reinhardt, Peter Waldner, Oliver Wolf

- Le acque sotterranee provenienti dalle aree forestali sono solitamente di qualità tale da poter essere immesse nella rete dell'acqua potabile senza ulteriori trattamenti.
- Il dilavamento dei nitrati dal suolo forestale nell'ultimo decennio non ha subito variazioni. Tuttavia, localmente può essere elevato e indicare un eccessivo carico di azoto.
- Per abbattere le concentrazioni di nitrato nell'acqua di falda e quindi in quella potabile, occorre ridurre gli apporti di azoto atmosferico. Le misure selviculturali che rafforzano la resilienza dei boschi possono anche ridurre il rischio di dilavamento dei nitrati in seguito a perturbazioni.

Poiché la struttura del Rapporto forestale si basa sui criteri di Forest Europe per una gestione sostenibile del bosco (Forest Europe 2020), il ruolo del bosco nella fornitura di acqua potabile è trattato nel capitolo sul bosco di protezione. In Svizzera i boschi da cui si estrae acqua potabile non sono classificati come boschi di protezione. Il termine bosco di protezione è riservato alle aree forestali che proteggono le persone o i beni materiali dai pericoli naturali (cap. 5.1).

Protezione dell'acqua potabile nelle aree forestali

Ogni anno, nella rete dell'acqua potabile vengono immessi un miliardo di metri cubi di acqua proveniente dai laghi (20 %) e dalle falde (80 %) (SVGW 2023). Le acque sotterranee provenienti dai bacini imbriferi dei boschi solitamente sono di qualità tale da poter essere immesse nella rete senza trattamenti (UFAM 2019b). In primo luogo, perché nella gestione forestale è vietato l'impiego di fertilizzanti e pesticidi. Possono essere concesse deroghe solo per singole situazioni molto circoscritte, ad esempio per il trattamento del tondame nei luoghi di stoccaggio con insetticidi contro il bostrico del legno (all. 2.5 e 2.6 dell'ordinanza del 18 maggio 2005 sulla riduzione dei rischi inerenti ai prodotti chimici [ORRPChim]; RS 814.81). In secondo luogo, la vegetazione dei boschi, di solito permanentemente densa, e il suolo forestale, generalmente indisturbato, assorbono una parte considerevole degli inquinanti trasportati dall'aria, impedendo loro di raggiungere le acque sotterranee.

Intorno alle captazioni delle acque sotterranee i Cantoni hanno l'obbligo di definire delle zone per proteggere l'acqua potabile da pericoli immediati (art. 20 della legge federale del 24 gennaio 1991 sulla protezione delle acque [LPAc]; RS 814.20). Queste zone di protezione delle acque sotterranee comportano restrizioni nell'utilizzazione. Nel bosco, ad esempio, nelle zone di protezione S1 (zona di captazione), S2 (zona di protezione adiacente) e Sh (zona di protezione ad elevata vulnerabilità), il tondame a terra nelle aree di stoccaggio non può essere trattato con insetticidi (all. 2.5 ORRPChim).

Nel 2022, secondo un'analisi dell'Inventario forestale nazionale (IFN), le zone di protezione delle acque sotterranee coprivano un'area di quasi 250 000 ettari a livello nazionale (Abegg et al. 2023), di cui circa la metà nel bosco e in territorio aperto. Poiché il bosco rappresenta solo un terzo della superficie nazionale, la percentuale relativa di zone di protezione delle acque sotterranee nel bosco (ca. il 10 % della sua superficie totale) è significativamente più alta rispetto al territorio aperto (4 %). Questo dato non deve sorprendere, in quanto le aree boschive sono preferite dalle aziende di approvvigionamento idrico perché i costi per estrarre acqua potabile sono sensibilmente più bassi grazie all'alta qualità delle acque sotterranee. Tuttavia, le restrizioni nelle utilizzazioni possono causare costi aggiuntivi o ricavi minori per i gestori delle foreste.

Dilavamento dei nitrati dal suolo forestale

Per valutare la qualità dell'acqua potabile è fondamentale la concentrazione di nitrati. Se questi valori sono elevati, non è possibile escludere rischi per la salute dell'uomo (Rohrmann et al. 2021). Le captazioni di acqua potabile nelle zone agricole sono solitamente più contaminate da nitrati rispetto a quelle nei boschi. Per abbassare il tenore di nitrato, spesso l'acqua di falda proveniente dalle regioni agricole viene miscelata con quella proveniente da aree forestali. Le concentrazioni di nitrati possono essere elevate anche nelle foreste, soprattutto in caso di elevati apporti di azoto atmosferico, provenienti soprattutto dall'agricoltura (cap. 2.1). Quando il carico inquinante è particolarmente elevato, i nitrati vengono dilavati dal suolo (CLRTAP 2017b,

Bobbink et al. 2022), provocando perdite di nutrienti, e quindi l'acidificazione del suolo (cap. 2.2), come anche l'introduzione di nitrati nelle acque sotterranee.

La qualità di queste ultime è influenzata dall'acqua d'infiltrazione dei suoli forestali. Le misurazioni di lungo termine effettuate dal 2002 al 2022 nelle aree di saggio della Ricerca a lungo termine su ecosistemi forestali (LWF) e del Programma intercantonale di osservazione permanente del bosco (WDB) hanno mostrato che i massimi annuali delle concentrazioni di nitrati nelle acque d'infiltrazione superavano il valore limite di 25 milligrammi per litro applicabile alle acque sotterranee nel 69 per cento dei siti e nel 26 per cento dei campioni (fig. 5.2.1). Poiché le concentrazioni di nitrati si riducono durante l'infiltrazione per effetto di miscelazione e denitrificazione, i valori massimi nelle acque sotterranee erano superiori al valore limite solo in circa il 2 per cento dei siti della rete di Osservazione nazionale delle acque sotterranee (NAQUA) (UFAM 2023b). La concentrazione media di nitrati era di 4–8 milligrammi per litro (UFAM 2019b, UFAM 2023b).

Esiste una forte correlazione tra gli elevati apporti di azoto proveniente dall'atmosfera e le concentrazioni di nitrati nell'acqua d'infiltrazione (Waldner et al. 2019, Braun et al. 2020a). All'inizio degli anni Duemila, sia gli apporti di azoto che le concentrazioni di nitrati nelle acque di infiltrazione nelle aree forestali erano leggermente diminuiti. Da allora, rimangono a un livello elevato (fig. 5.2.1; Thimonier et al. 2019). Anche le caratteristiche del suolo, la mescolanza delle specie arboree e il tipo di gestione forestale influenzano il dilavamento dei nitrati (Waldner et al. 2019, Braun et al. 2020a). Gli esperimenti condotti negli Stati Uniti e nei Paesi europei (Hegg et al. 2004) e le osservazioni in Svizzera (Schleppi et al. 2017, Braun et al. 2020a) hanno mostrato che l'abbattimento degli alberi o un forte disturbo (p. es. schianto da vento o infestazione da bostrico) possono portare a un marcato aumento del dilavamento dei nitrati fino a cinque anni dopo l'evento.

Promozione della qualità dell'acqua potabile

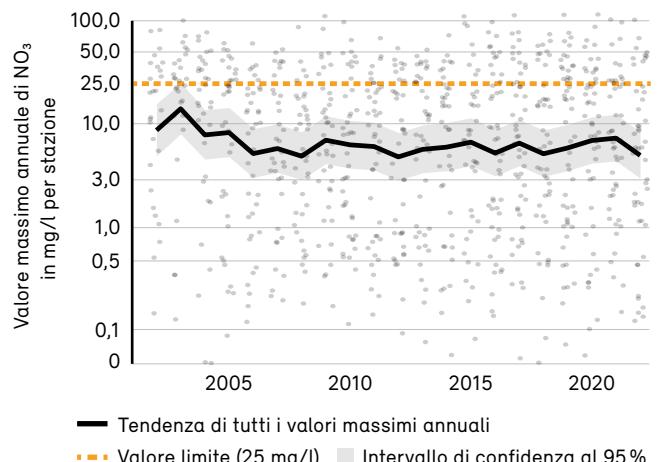
La protezione legale del bosco nella sua estensione territoriale e in quanto comunità naturalistica comprende anche la protezione dell'acqua potabile. Gli operatori del settore forestale possono adottare misure volontarie per migliorare

la qualità dell'acqua potabile o ridurre il rischio di contaminazione, ad esempio incrementando la quota di latifoglie nei popolamenti con una percentuale innaturalmente alta di conifere e utilizzando solo combustibili e lubrificanti biodegradabili nelle attività di gestione (Blatttert et al. 2012). Alcuni proprietari hanno concordato contrattualmente la fornitura e il finanziamento di tali servizi con le aziende di approvvigionamento idrico (Godi 2020).

Il cambiamento climatico pone nuove sfide per la protezione dell'acqua potabile nelle aree forestali, in quanto provoca maggiori disturbi che aumentano il dilavamento dei nitrati nelle aree con elevati apporti di azoto. I risultati del WDB mostrano che i faggi in queste zone hanno tollerato meno bene la siccità estiva (Braun et al. 2021), gli abeti rossi sono deperiti (Tresch et al. 2023) ed entrambe le specie sono risultate più vulnerabili alle tempeste (Braun et al. 2023b). Una riduzione degli apporti di azoto atmosferico e una selvicoltura che rafforzi la resistenza e la resilienza dei popolamenti ai disturbi e sostenga l'adattamento delle foreste al cambiamento climatico possono garantire basse concentrazioni di nitrati nelle acque di infiltrazione e quindi anche nell'acqua potabile proveniente dalle aree forestali.

Figura 5.2.1

Massimi annuali delle misurazioni mensili della concentrazione di nitrati nell'acqua d'infiltrazione sulle 45 superfici WDB e sulle 8 superfici LWF dal 2002 al 2022. Viene presa in considerazione la concentrazione di nitrati della misurazione più bassa nell'acqua del suolo per ogni stazione.



Fonte: Simon Tresch (IAP), Katrin Meusburger (WSL)

6

Socio- economia

Sentieri dell'Uetliberg (ZH): soprattutto in prossimità della città, il bosco offre spazi per lo svago e il benessere della popolazione.

Foto: Roland Olschewski



Hohenspienstrasse

47

Blätter-Denkmal
Festtagssingen 1999

Feldenmooshau	30min
Altstetten	55min
Schlieren	1h 35min
Urdorf	1h 35min

Uetliberg	30min
Uetliberg Uto Kulm	40min

Albisrieden 45min



6 Socioeconomia

Roland Olschewski, Clémence Dirac Ramohavelo

L'economia forestale e del legno fornisce numerose prestazioni per l'economia e la popolazione svizzera. Tuttavia, queste ultime hanno a loro volta un forte impatto sull'utilizzazione del bosco e del legno. Le crescenti esigenze della popolazione nei confronti dei proprietari pubblici e privati dei boschi e della loro multifunzionalità presentano sia vantaggi che svantaggi: da un lato consentono di sfruttare fonti di reddito aggiuntive, ad esempio attraverso i certificati di compensazione del carbonio; dall'altro possono nascere conflitti di obiettivi quando il bosco deve fornire contemporaneamente prestazioni diverse, come la produzione di legno, le funzioni ricreative e la protezione dai pericoli naturali. La situazione è poi aggravata dal cambiamento climatico che richiede investimenti affinché il bosco possa adattarsi alle mutate condizioni. Anche la crescente domanda di risorse naturali nell'ambito della transizione energetica rappresenta una sfida per la gestione forestale. Questa situazione richiede un maggiore coordinamento e una migliore integrazione delle politiche oltre i confini settoriali.

6.1 Proprietari di bosco

Matthias Biolley, Claire-Lise Suter Thalmann

- Il 71 per cento della superficie forestale appartiene a 3400 proprietari di diritto pubblico che mediamente possiedono 265 ettari di bosco. Il restante 29 per cento è di proprietà di 245 000 persone private che detengono mediamente 1,5 ettari.
- Per i proprietari privati i valori ideali sono spesso altrettanto o addirittura più importanti dei benefici materiali derivanti dalla gestione forestale.
- Il numero delle aziende forestali è destinato a diminuire in seguito a risanamenti strutturali. Le dimensioni medie delle aziende forestali rimanenti sono in aumento.

Condizioni di proprietà

Per legge, il bosco svizzero è accessibile a tutti. Per questo motivo la popolazione spesso non sa che ogni bosco è anche una proprietà. La superficie forestale totale nel 2021 era suddivisa tra oltre 248 000 proprietari privati e pubblici, il 99 per cento dei quali erano privati (fig. 6.1.1; UST 2022a). Questi ultimi possiedono principalmente piccoli boschi di una superficie inferiore a 50 ettari, le cui dimensioni medie sono di appena 1,5 ettari.

Gli altri circa 3400 proprietari pubblici possiedono il 71 per cento della superficie forestale e sono responsabili per il 64 per cento dell'utilizzazione del legno. Con 265 ettari di superficie media, le dimensioni dei loro boschi sono decisamente superiori rispetto a quelle dei privati. Le condizioni di proprietà, tuttavia, presentano differenze a livello cantonale. Nell'Appenzello esterno è di proprietà privata il 77 per cento del bosco, nel Vallese appena il 9 per cento.

A livello nazionale, il 42 per cento delle superfici forestali pubbliche appartiene a Comuni e il 41 per cento a patriziati. Complessivamente, queste due entità possiedono una superficie forestale di quasi 750 000 ettari, pari al 59 per cento del bosco svizzero (UST 2022a). Un buon 5 per cento della superficie è di proprietà di Confederazione e Cantoni, poco meno del 7 per cento degli altri proprietari pubblici. Nell'ultimo decennio la distribuzione e il numero dei proprietari non sono cambiati sensibilmente.

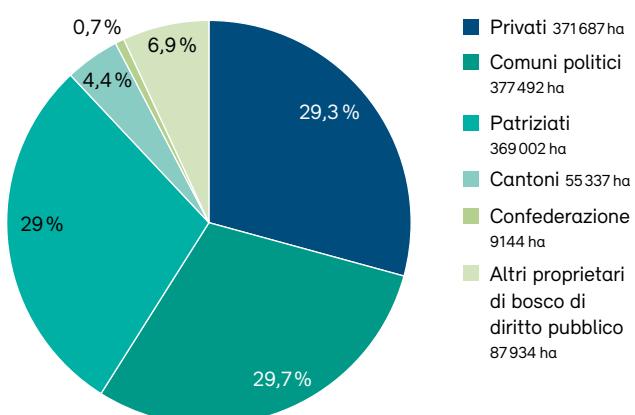
Considerazioni a riguardo del proprio bosco

I proprietari si pongono diversamente nei confronti del proprio bosco. In occasione di uno studio del 2018 è stato delineato un profilo dei proprietari forestali pubblici e privati (Walker e Artho 2018): il 35 per cento dei privati non persegue in generale alcun obiettivo e il 21 per cento si concentra sulla raccolta del legname, attribuendo molta importanza alla salute e alla stabilità del bosco per produrre legno. Questi proprietari privati in genere abitano e lavorano in aree rurali. Altri gruppi di persone che possono essere definite ambientaliste (11 %) e orientate al bene comune (16 %) danno la priorità alla cura del bosco. Per quanto riguarda la raccolta del legno, i proprietari privati si concentrano sul legno da energia per consumo proprio.

Il settore pubblico persegue l'obiettivo di un bosco sano e stabile (Walker e Artho 2018). Mentre la produzione del legname è la finalità principale per le aziende, i servizi a beneficio della collettività, come la promozione della biodiversità o la protezione dell'acqua potabile, sono più importanti per Comuni e patriziati.

Figura 6.1.1

Distribuzione della superficie forestale (in % e ha) della Svizzera per tipo di proprietà, 2021.



Fonte: UST 2022a

Il 64 per cento dei privati gestisce il bosco in autonomia e il 16 per cento lo lascia a se stesso. Per i proprietari privati i valori ideali sono altrettanto o più importanti dei benefici materiali derivanti dalla gestione forestale. Il 55 per cento dei proprietari pubblici di boschi li ha gestiti direttamente mediante il personale della propria organizzazione o azienda forestale. L'8 per cento non ha effettuato alcun intervento gestionale (Walker e Artho 2018).

Cambiamenti strutturali nelle aziende forestali

Nel 2021, 2360 proprietari forestali facevano gestire i loro boschi a 656 imprese forestali, per un totale di circa 795 000 ettari o il 63 per cento della superficie forestale svizzera (UST 2022a). Il termine «azienda forestale» è stato ridefinito nel 2015 in occasione della revisione della statistica forestale svizzera. Un'unità di gestione è considerata azienda forestale se:

- sull'area forestale gestita vanta diritti di proprietà o di disporre di tale bene per oltre 1 anno,
- possiede una superficie produttiva minima (Giura ≥ 200 ha, Altipiano ≥ 150 ha, Prealpi ≥ 250 ha, Alpi e Sud delle Alpi ≥ 500 ha),
- tiene un conto consolidato.

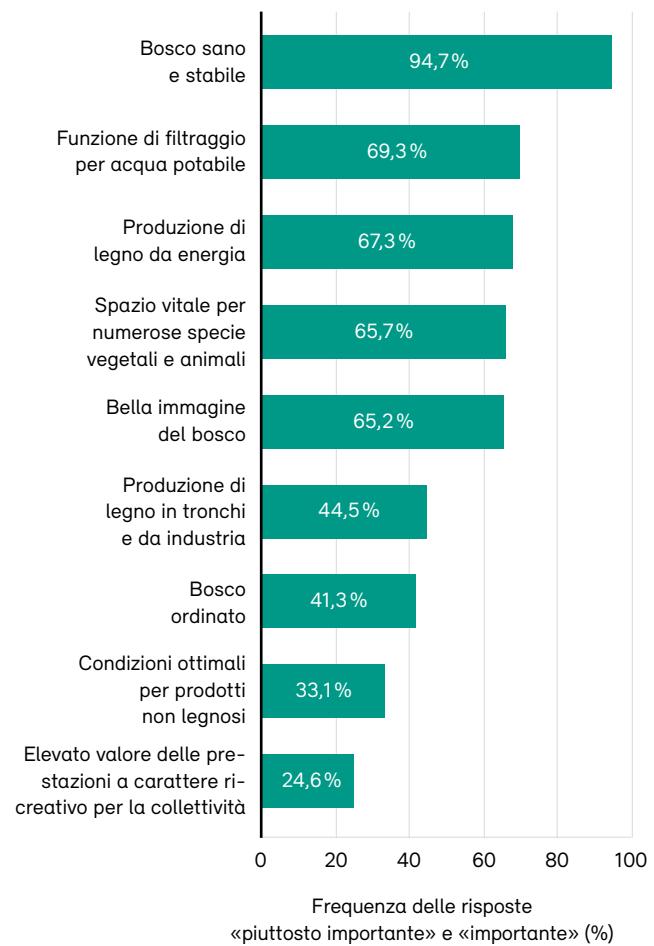
La maggior parte dei boschi gestiti da aziende forestali appartiene al settore pubblico. Gli altri (piccoli boschi pubblici o privati) sono per lo più gestiti da un'impresa forestale privata.

Per poter lavorare in futuro in modo economicamente sostenibile, le aziende forestali devono organizzarsi con maggiore efficienza rispetto al passato e fondersi in unità gestionali più grandi. Le dimensioni delle aziende forestali svizzere negli ultimi sette anni sono cresciute mediamente dell'8 per cento (UST 2022a), per lo più attraverso fusioni. La superficie totale gestita da aziende forestali invece non è aumentata. Anche le strutture per la gestione dei piccoli boschi con una superficie inferiore a 50 ettari non sono

cambiate molto. Tuttavia, vista la necessità di adattarsi al cambiamento climatico, sarebbe vantaggioso se i piccoli proprietari si organizzassero in unità operative più grandi e professionali o si unissero ad aziende forestali esistenti, così da disporre di maggiori conoscenze tecniche e risorse economiche per attuare le misure selviculturali necessarie quando le condizioni cambiano.

Figura 6.1.2

Obiettivi dei proprietari privati nell'utilizzazione del proprio bosco.



Fonte: Walker e Artho 2018

6.2 Importanza dell'economia forestale e del legno per l'economia nazionale

Franz Murbach

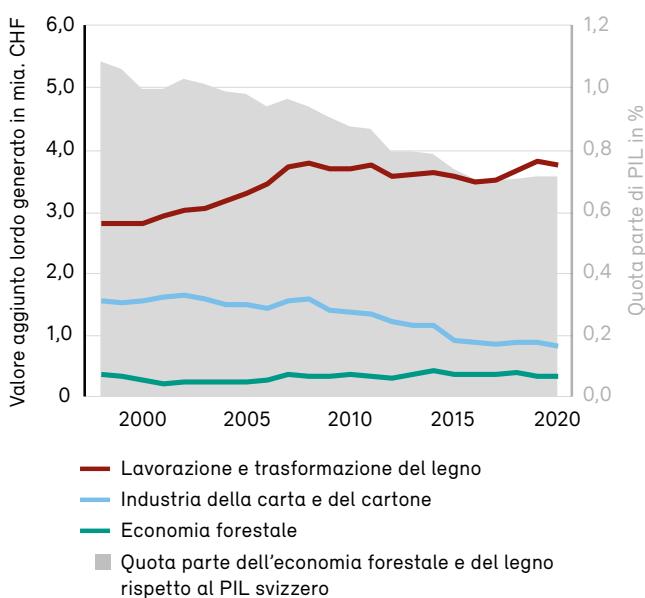
- Nell'ultimo decennio il volume e il valore della produzione del settore forestale hanno subito oscillazioni. Dal 2021, la maggior parte dei prezzi del legno è aumentata a causa dei problemi di approvvigionamento provocati dalla pandemia e dalla domanda aggiuntiva innescata dalla guerra in Ucraina.
- Nel 2020 il valore aggiunto lordo dell'economia forestale e del legno ammontava a 4,9 miliardi di franchi, pari allo 0,7 per cento del prodotto interno lordo elvetico.
- Le prestazioni economiche del settore forestale a livello cantonale presentano numerose differenze e dipendono in larga parte dalle dimensioni e dalla topografia dell'area forestale.

Sviluppi economici

L'economia forestale e del legno svizzera nel 2020 ha prodotto beni e servizi per un valore di 12,7 miliardi franchi e quindi generato un valore aggiunto lordo di 4,9 miliardi, pari allo 0,7 per cento del prodotto interno lordo della Svizzera (UST 2022b). Dopo un continuo aumento tra il 1998 e il 2008, il valore aggiunto del settore della lavorazione e trasformazione del legno ha oscillato tra i 3,5 e i 3,8 miliardi di franchi. L'industria della carta e del cartone ha subito una forte contrazione fino al 2015 e da allora ha ristagnato (fig. 6.2.1). La tempesta Lothar alla fine del 1999 ha provocato un forte eccesso di offerta sul mercato del legname. Da allora, il valore aggiunto lordo è aumentato e nell'ultimo decennio ha raggiunto circa 0,4 miliardi di franchi. Nel 2014, 2018 e 2021 questa cifra è stata superata. Dal 2014 al 2020 i prezzi del tondame sono scesi del 12 per cento, mentre quelli del legno da energia sono saliti del 4 per cento. Tra il 2020 e il 2022, anche i prezzi del legname grezzo (+ 20 %) e dei segati (+ 27 %) hanno registrato un forte aumento (UST 2023). La ripresa economica dopo la pandemia e la guerra in Ucraina hanno avuto un impatto significativo sui mercati del legname. Le forniture tempestive di legname da costruzione e da energia rappresentano una sfida per l'intero settore, poiché a causa delle caratteristiche della risorsa legno non è possibile reagire immediatamente a un aumento della domanda. Tra la raccolta, il taglio, l'essiccazione e la lavorazione possono passare mesi o addirittura anni.

Figura 6.2.1

Valore aggiunto lordo generato dall'economia forestale e del legno svizzera a prezzi correnti e quota parte rispetto al prodotto interno lordo elvetico.



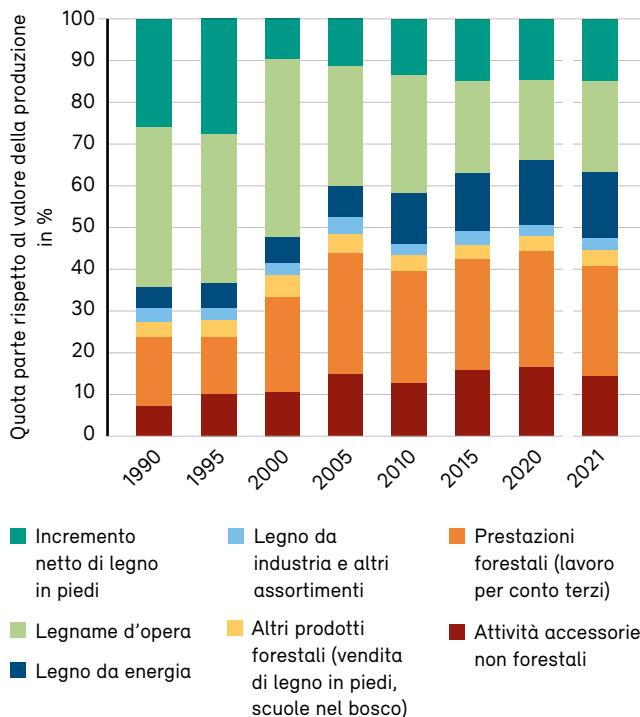
Fonti: UST 2022b, UST 2022c

Diversificazione e specializzazione della produzione forestale

Dal 1990 la composizione del valore della produzione dell'economia forestale svizzera è cambiata e riflette una profonda trasformazione (fig. 6.2.2). Sono aumentate le attività accessorie non economiche, fatto che indica una diversificazione delle unità forestali, ad esempio nel settore della lavorazione del legno. Le prestazioni forestali (lavori per conto terzi come il taglio del legno) fornite da imprese specializzate per conto dei proprietari dei boschi hanno acquisito una maggiore rilevanza in particolare dopo la tempesta Lothar. Nell'ultimo decennio la quota parte di legname d'opera nella produzione è diminuita drasticamente, mentre il legno da energia ha acquisito maggiore importanza (cap. 3.2, cap. 6.7). L'incremento netto del valore della provvigione legnosa in piedi nei boschi economicamente utilizzabili è influenzato in particolare dall'andamento dei prezzi del legname grezzo e della raccolta (esclusi boschi protetti e boschi non economici in cui i costi di raccolta supererebbero i potenziali ricavi di vendita). Questi cambiamenti influiscono sul valore della provvigione legnosa.

Figura 6.2.2

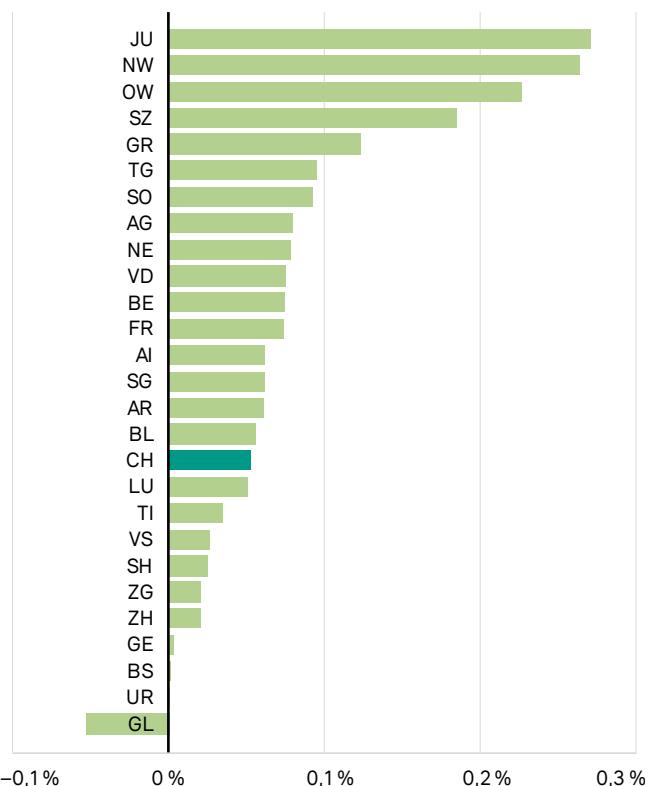
Valori percentuali della produzione dell'economia forestale a prezzi correnti.



Fonte: UST 2022c

Figura 6.2.3

Quota parte del valore aggiunto lordo generato dall'economia forestale rispetto all'economia cantonale a prezzi correnti, 2020.



Fonte: UST 2022c, UST 2022d

in piedi (cap. 1.2). Il volume della provvigione (economica, non economica e protetta) del bosco svizzero è aumentato da 380 milioni di metri cubi nel 1990 a quasi 440 milioni di metri cubi nel 2021 (UST 2022c). Invece, nello stesso periodo il valore della provvigione in piedi è sceso bruscamente da quasi 20 miliardi a meno di 7 miliardi di franchi, soprattutto a causa del continuo aumento dei costi di raccolta del legname. La fluttuazione dei prezzi del legname grezzo nel corso degli anni ha portato complessivamente a una valutazione inferiore.

Importanza economica dell'economia forestale

Le prestazioni economiche del settore forestale a livello cantonale presentano numerose differenze (fig. 6.2.3). Nel Canton Giura, il settore forestale rappresentava poco meno dello 0,3 per cento del valore aggiunto lordo nel 2020, mentre la quota parte era significativamente inferiore in Cantoni prevalentemente urbani come Basilea Città o Ginevra. I valori bassi nei Cantoni di Glarona e Uri dimostrano che il valore di

produzione del legno non copre ogni anno i costi intermedi, perché la topografia alpina rende molto costose la gestione e le operazioni di taglio. In generale, tuttavia, occorre tenere presente che, oltre alla produzione di legno registrata statisticamente, il bosco fornisce «gratuitamente» numerosi servizi ecosistemici non rilevati (cap. 3.4). La contabilità nazionale, perciò, non rispecchia appieno l'effettiva importanza socioeconomica dell'economia forestale.

6.3 Situazione economica delle aziende forestali

Matthias Biolley, Janine Schweier

- Nel complesso, la situazione economica delle imprese forestali non è cambiata di molto nell'ultimo decennio.
- In tutte le zone sono presenti aziende che gestiscono il bosco con profitto. In media, però, il risultato finanziario è negativo.
- L'adattamento al cambiamento climatico e gli eventi estremi sempre più frequenti mettono a dura prova le aziende forestali. Gli strumenti più importanti per una gestione sostenibile sono la riduzione dei costi e la valorizzazione dei servizi ecosistemici.

Costi, ricavi e risultati finanziari

Il risultato complessivo delle aziende forestali svizzere è migliorato leggermente in epoca recente, soprattutto in seguito al sensibile aumento dei prezzi del legname a partire dal 2021. Nel complesso la situazione economica delle imprese forestali non è cambiata di molto nell'ultimo

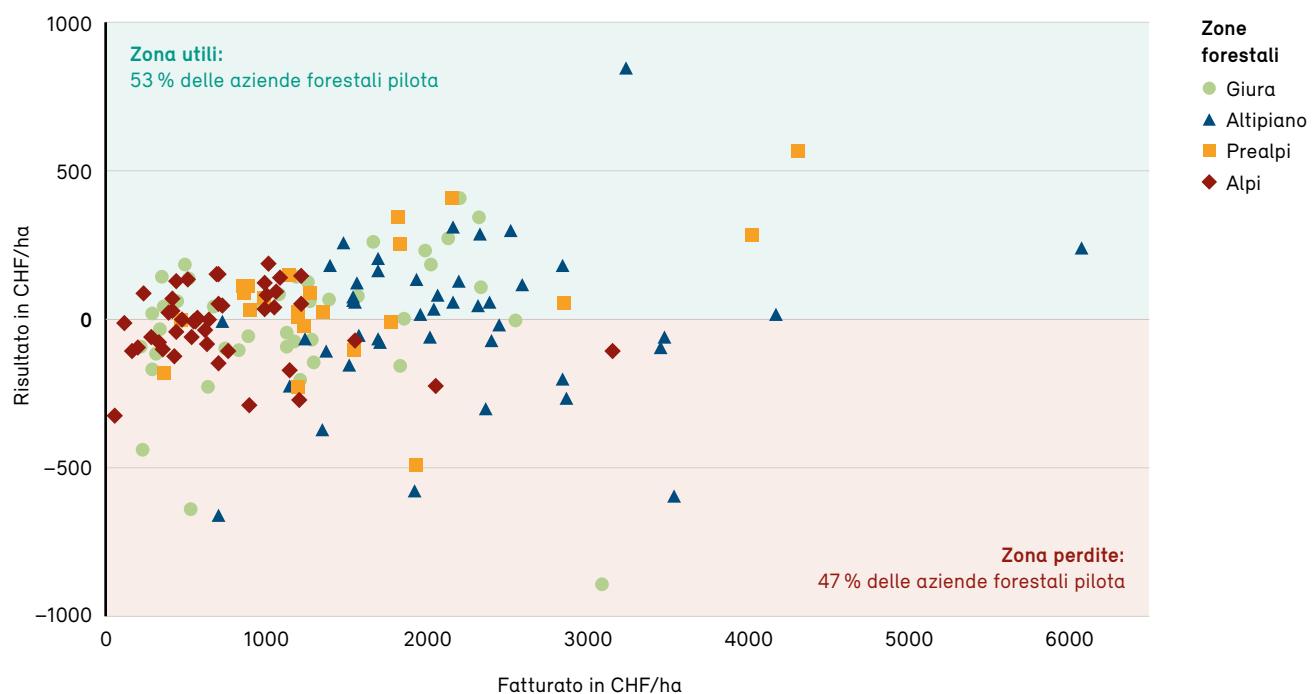
decennio. Le aziende devono far fronte a costi elevati e a ricavi piuttosto bassi (UFAM 2022c).

Secondo la statistica forestale svizzera, nel 2021 i costi delle aziende forestali ammontavano a circa 590 milioni, mentre i ricavi erano di circa 583,5 milioni, con perdite per 6,5 milioni di franchi. Nonostante il risultato negativo, si tratta comunque di un miglioramento significativo: tra il 2010 e il 2020, la perdita media annua era ancora superiore a 41 milioni di franchi (UST 2022a).

I dati chiave 2021 della Rete pilota di aziende forestali della Svizzera (TBN) – un campione costituito da 160 aziende forestali – mettono in luce l'eterogeneità della situazione finanziaria di questo comparto (Bürgi et al. 2021). I costi di gestione più elevati, espressi in franchi svizzeri per metro cubo di legname tondo, sono stati sostenuti nelle Alpi

Figura 6.3.1

Distribuzione dei risultati operativi delle aziende forestali della rete pilota per zona forestale, 2021.



(184 CHF/m³) e i più bassi nel Giura (89 CHF/m³). Anche i ricavi, compresi i contributi pubblici, sono stati più alti nelle Alpi (165 CHF/m³) e nel Giura (91 CHF/m³).

Se si considerano i risultati per ettaro, i costi e i ricavi di gestione sono più elevati sull'Altipiano (1031 CHF/ha e 942 CHF/ha), mentre i costi e i ricavi più bassi si registrano nelle Alpi (366 CHF/ha e 328 CHF/ha). Questo si spiega con il fatto che l'intensità di utilizzazione (in m³/ha) è significativamente inferiore in montagna rispetto all'Altipiano. Mentre il risultato medio della gestione forestale nel Giura è stato di 11 franchi per ettaro, nell'Altipiano centrale è stato di – 89 franchi per ettaro. Nelle Prealpi e nelle Alpi, i risultati sono stati rispettivamente di – 24 franchi per ettaro e – 38 franchi per ettaro.

I servizi forniti dalle attività forestali, come la potatura nei giardini, le visite guidate e la gestione di boschi di terzi, hanno avuto un impatto positivo sui risultati operativi (+ 12 CHF/ha). Invece la vendita di beni materiali (cipiato, lavorazione del legno, alberi di Natale ecc.) ha avuto un impatto negativo (– 7 CHF/ha). Il risultato finanziario medio dell'intero comparto (compresa la gestione forestale, la produzione di beni materiali e i servizi) è stato di – 29 franchi per ettaro.

I risultati delle aziende forestali TBN variano fortemente anche all'interno della stessa zona (fig. 6.3.1). Questo significa che i risultati finanziari non sono determinati solo da fattori naturali come la topografia.

Fattori esplicativi e voci di ricavo

Le voci di costo principali sono quelle relative a personale e macchinari, che in molte aziende non sono del tutto adeguati alle condizioni operative. La più alta densità di personale per ettaro gestito si trova sull'Altipiano, mentre quella più bassa è nelle Alpi, in parte a causa della minore intensità di utilizzazione in montagna. Di norma, un'azienda con un numero elevato di dipendenti e di macchinari ha anche una percentuale più elevata di prestazioni proprie, poiché di solito cerca di utilizzare al meglio le proprie risorse (Bürgi e Pauli 2016). Questo comporta il ricorso a metodi di raccolta del legname non ottimali e quindi più costosi.

La principale voce di ricavo delle aziende TBN è la gestione forestale con il 51 per cento, che si suddivide in ricavi da legname (26 %), sussidi pubblici, indennità per la gestione del bosco di protezione (23 %) e altri ricavi dalla gestione forestale (2 %). Altre fonti di reddito sono i servizi con il 35 per cento e la vendita di beni materiali con il 14 per cento (Bürgi et al. 2021). I servizi ecosistemici che non sono espressamente richiesti dal settore pubblico, come le prestazioni in ambito ricreativo, in molti luoghi sono ancora difficilmente valorizzabili.

Sebbene la situazione economica sia generalmente difficile, in tutte le zone forestali sono presenti aziende che registrano un successo economico ma che perseguono strategie diverse. Tra quelle di successo, il 14 per cento concentra le proprie attività economiche quasi esclusivamente sulla gestione forestale. Una maggioranza (86 %), oltre alla gestione forestale fornisce servizi in misura media o superiore e produce beni materiali (Bürgi et al. 2021).

Strategie per il futuro

La riduzione delle prestazioni in proprio e una strategia chiara potrebbero aiutare molte aziende forestali a fare un uso migliore delle moderne tecnologie di informazione e comunicazione, incrementando la loro produttività (Bürgi e Pauli 2016). Una delle soluzioni potrebbe consistere nel disporre di personale e di un parco macchine adeguati alla superficie da gestire. In questo modo, facendo ricorso in misura più massiccia ma flessibile ad aziende forestali e a macchine più efficienti, sarebbe possibile contenere i costi. Altrettanto importante sarebbe valorizzare in modo adeguato le prestazioni forestali finora non compensate come i servizi per lo svago (cap. 3.4). L'ottimizzazione dei costi dovrebbe avere la priorità assoluta, soprattutto in considerazione del fatto che molti operatori forestali dovranno effettuare importanti investimenti per adattare i boschi al cambiamento climatico.

6.4 Sostegno all'economia forestale da parte della Confederazione

Tobias Schulz, Tamaki Ohmura, Jacqueline Bütikofer, Michael Husistein

- Dal 2016 i contributi federali si sono concentrati sull'adattamento al cambiamento climatico, di pari passo con un maggiore sostegno alle misure selviculturali nelle aree esterne al bosco di protezione.
- In via eccezionale, i contributi federali sono stati aumentati a favore delle cure colturali nel periodo dal 2021 al 2024 in seguito all'intensificarsi e al moltiplicarsi degli effetti climatici, soprattutto delle annate siccose.
- La «Strategia integrale per le foreste e il legno 2050» consente un migliore coordinamento della politica forestale e di quella della risorsa legno, ponendo i contributi federali per il bosco su una nuova base politica.

Evoluzione storica della politica di sostegno al settore forestale

A differenza degli elementi consolidati della politica forestale, come l'obbligo di conservazione del bosco, la politica di promozione forestale si evolve in modo dinamico. Inizialmente si concentrava su rimboschimenti, opere di prevenzione e infrastrutture come le strade forestali. A metà degli anni Ottanta del secolo scorso sono stati introdotti i contributi per la gestione dei boschi di montagna e, poco dopo, nell'ambito del dibattito sulla moria dei boschi, i sussidi sono stati estesi a tutti i boschi della Svizzera (Zimmermann 2015). Di conseguenza, i contributi federali sono aumentati notevolmente, fino a superare i 300 milioni di franchi all'anno negli anni successivi alle devastanti tempeste Vivian (1990) e Lothar (1999).

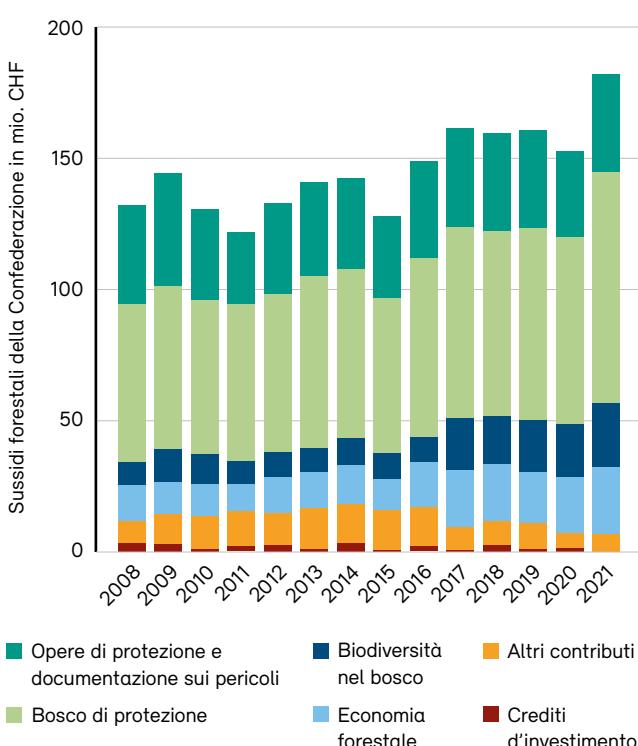
Evoluzione dei contributi federali dal 2008 al 2015

La «Nuova impostazione della perequazione finanziaria e della ripartizione dei compiti tra Confederazione e Cantoni» (NPC) nel 2008 ha cambiato le modalità di assegnazione dei sussidi federali per la promozione della gestione forestale, che ora non sono più basati sui costi bensì sulle prestazioni. Nel primo periodo NPC (2008–2011), i contributi federali sono stati in media di 130 milioni di franchi all'anno (fig. 6.4.1).

Fino al 2019, la promozione del bosco comprendeva i tre programmi «Bosco di protezione», «Biodiversità nel bosco» e «Gestione del bosco», nonché la voce «altri contributi». Questi ultimi sono stati utilizzati per le misure previste dalla «Politica della risorsa legno» e dal programma di ricerca «Bosco e cambiamento climatico», come anche per interventi di protezione dei boschi. I contributi federali al settore forestale comprendono anche crediti d'investimento volti a migliorare le strutture operative e le metodologie di lavoro, che sono state particolarmente importanti per far fronte agli effetti della tempesta Lothar (Zimmermann 2015). È inoltre sostenuta la protezione dai pericoli naturali come scivolamenti, cadute di massi e valanghe tramite il programma «Opere di protezione e documentazione sui pericoli».

Figura 6.4.1

Sussidi forestali della Confederazione dal 2008.



L'attuazione degli obiettivi definiti nei rispettivi programmi è un compito comune in conformità con gli accordi programmatici NPC ed è finanziata in parti pressoché uguali dalla Confederazione e dai Cantoni. In questo modo gli obiettivi definiti a livello nazionale possono essere adattati alle circostanze cantonali. Di conseguenza, i Cantoni stabiliscono priorità diverse nei programmi e nei rispettivi obiettivi.

Nei primi due periodi NPC (2008–2011 e 2012–2015) l'ammontare dei contributi annui è stato pressoché uguale (fig. 6.4.1). Le spese per i programmi «Bosco di protezione» e «Opere di protezione e documentazione sui pericoli» hanno rappresentato circa i due terzi di tutti i sussidi forestali, mentre i programmi «Biodiversità nel bosco» e «Gestione del bosco» hanno ricevuto circa il 10 per cento ciascuno.

Adattamento del bosco al cambiamento climatico e biodiversità dal 2016

Nel gennaio 2017 è entrata in vigore la revisione della legge forestale, che ha comportato un aumento dei finanziamenti dei singoli programmi per misure di adattamento del bosco al cambiamento climatico all'inizio del periodo NPC 2016–2019. I contributi per il bosco di protezione («Cure nel bosco di protezione») e la promozione dell'economia forestale («Rinnovazione del bosco e cura dei giovani popolamenti») sono stati aumentati di 10 milioni di franchi ciascuno dal 2017 (FF 2014 4237, qui 4273). La modifica legislativa ha introdotto anche la promozione, necessaria e urgente, di misure di protezione e di allacciamento forestale fuori dal bosco di protezione (FF 2014 4237, qui 4239).

Inoltre, è stato dato un peso maggiore all'ambito della biodiversità forestale. Tutto questo si è tradotto in un aiuto all'esecuzione per la promozione della biodiversità nel bosco e in un aumento dei contributi federali di 10 milioni di franchi (fig. 6.4.1), adottato con il piano d'azione della Strategia Biodiversità Svizzera (UFAM 2013) per il periodo 2017–2023.

Incremento straordinario dei contributi federali dal 2021

Con l'avvio degli accordi programmatici NPC per il periodo 2020–2024 è stato pubblicato il rapporto «Politica forestale: obiettivi e misure 2021–2024» come impegno a proseguire sostanzialmente la politica forestale 2020

(UFAM 2021c). Questo piano di misure ha confermato gli obiettivi precedenti e mira a coordinare meglio l'attuazione tra Confederazione, Cantoni e altri attori. Si prefigge inoltre di formulare in modo più aperto l'attuazione delle misure e migliorare il dialogo tra l'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) e i Cantoni. In termini di contenuti, il piano di misure ha posto l'accento sulla promozione del legno come materia prima e sull'adattamento del bosco al cambiamento climatico. A tal fine, la Confederazione ha riunito i programmi NPC sul bosco di protezione, sulla biodiversità e sulla gestione forestale in un unico accordo programmatico «Bosco» a partire dal 2020 (con le precedenti categorie come sottoprogrammi). Questo offre una maggiore flessibilità, perché il fabbisogno di contributi varia notevolmente da un Cantone all'altro.

I danni causati dalla combinazione di eventi estremi come siccità e schianto da vento si sono accentuati dal 2018 e colpiscono anche popolamenti che in precedenza non erano considerati particolarmente in pericolo (cap. 2.5). Questo ha originato una serie di interventi parlamentari che chiedevano un incremento delle risorse a breve termine per far fronte a questi danni (magine Fässler 20.3745) e una nuova strategia a più lungo termine per adattare la gestione forestale al cambiamento climatico (magine Hêche/Engler 19.4177 e postulato Vara 20.3750). Di conseguenza, i contributi federali per l'accordo programmatico NPC «Bosco» e per le misure complementari (cura delle foreste finalizzata alla stabilità, taglio di sicurezza nei boschi ricreativi e rigenerazione forestale in funzione del clima) sono stati aumentati di 25 milioni di franchi l'anno per quattro anni (2021–2024). Le misure a medio termine per affrontare le sfide del cambiamento del clima sono illustrate nel rapporto sull'adattamento del bosco ai cambiamenti climatici (disponibile solo in tedesco o francese)» (Consiglio federale svizzero 2022).

L'aumento dei contributi federali dal 2008 dimostra che la politica e la società sono disposte a sostenere l'economia forestale nei suoi sforzi per preservare il bosco e le sue diverse prestazioni nelle difficili condizioni del cambiamento climatico. La «Strategia integrale per le foreste e il legno 2050» consente un migliore coordinamento della politica forestale e di quella della risorsa legno, ponendo i contributi federali per il bosco su una nuova base politica.

6.5 Occupazione nell'economia forestale e del legno

Gerda Jimmy, Achim Schafer

- Il tasso di occupazione nell'economia forestale e del legno è rimasto costante dal 2011 al 2020. Nel settore dell'economia forestale è diminuito del 17 per cento fino al 2018 per poi aumentare nuovamente del 7 per cento.
- Nel 2020 il settore forestale e del legno occupava complessivamente circa 96 000 persone, di cui 2900 nell'economia forestale e 3300 in imprese di servizi che operano in questo settore.
- Si prevede che in futuro gli operatori del settore forestale e del legno si concentreranno soprattutto sulle misure per combattere la carenza di manodopera qualificata.

Professioni del settore forestale e del legno

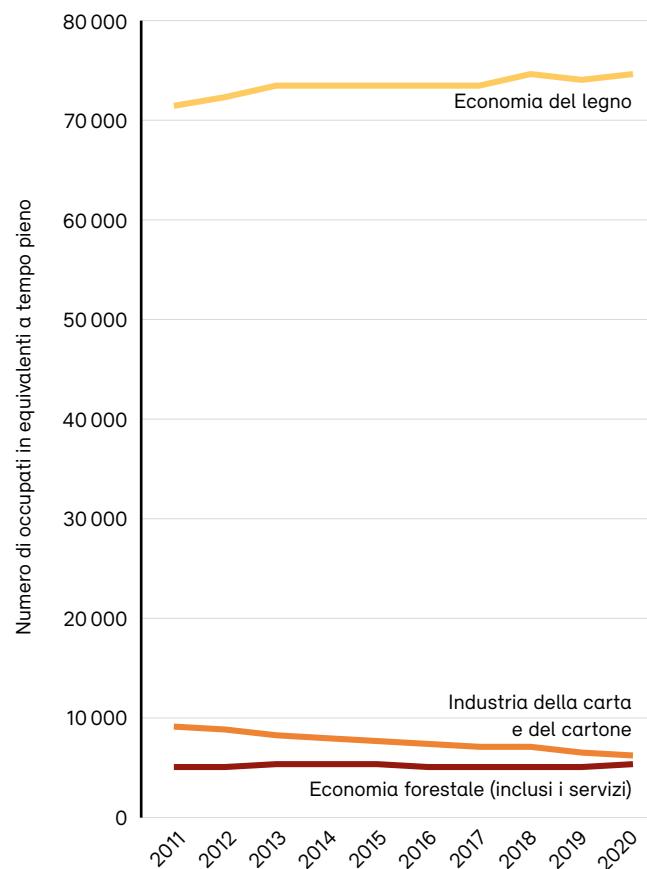
L'economia forestale e del legno (comprese la lavorazione e la trasformazione del legno) include anche l'industria della carta e del cartone (comprendente anche quella della cellulosa). La formazione di base consente di conseguire l'attestato federale di capacità (AFC) di selvicoltore/selvicoltrice, operatore/operatrice dell'industria del legno, carpentiere/carpentiera, falegname, cartaio/cartaia. In tutti i settori vengono offerti anche diversi corsi di formazione continua sia per la specializzazione (conducente di macchine forestali o capo carpentiere/carpentiera) sia per l'assunzione di funzioni dirigenziali (forestale o responsabile della produzione nell'industria del legno).

Numero di occupati nell'economia forestale e del legno

Dal 2011 al 2020, il numero totale di persone impiegate nell'economia forestale e del legno ha oscillato tra 96 300 e 97 600, con circa 86 000–87 000 equivalenti a tempo pieno (ETP) (UST 2022e). L'occupazione nell'economia del settore legno (principalmente imprese artigianali come falegnamerie, carpenterie e segherie) è aumentata costantemente fino al 2020 per un complessivo 4 per cento (fig. 6.5.1). Invece, l'industria della carta e del cartone ha registrato un calo di un terzo, con 6700 ETP nel 2020 (UST 2022e). Nel settore forestale l'occupazione è diminuita di quasi il 10 per cento tra il 2011 e il 2020, con un picco negativo del – 17 per cento nel periodo tra

Figura 6.5.1

Evoluzione dell'occupazione nell'economia forestale e del legno dal 2011 al 2020, suddivisa in tre settori.



Fonte: UST 2022e

il 2011 e il 2018. Da allora è in atto una ripresa. Il numero degli occupati delle aziende che forniscono servizi per il settore forestale è invece aumentato del 25 per cento tra il 2011 e il 2020 (UST 2022e).

Tasso di occupazione nell'economia forestale

Nel 2020 il settore forestale impiegava poco meno di 2900 persone, che corrispondevano a 2500 ETP o a poco meno di 2 ETP per 1000 ettari di bosco. Le loro mansioni comprendono la cura del bosco, la raccolta del legname e le attività dei vivai forestali. Sono affiancate da circa

3300 fornitori di servizi per la selvicoltura e le operazioni di taglio con circa 2800 ETP ovvero 2,2 ETP per 1000 ettari di bosco (UST 2022e). Nelle zone forestali il numero di occupati per unità di superficie varia sensibilmente e riflette la diversa intensità di utilizzazione del legno nelle regioni (fig. 6.5.2); spicca l'elevato impiego di personale sull'Altipiano (cap. 6.3). Nel 2020, nella zona forestale dell'Altipiano sono stati raccolti 8,75 metri cubi di legno per ettaro (m^3/ha), più del doppio della media nazionale ($3,77 m^3/ha$) (UFAM 2021d).

Prospettive occupazionali

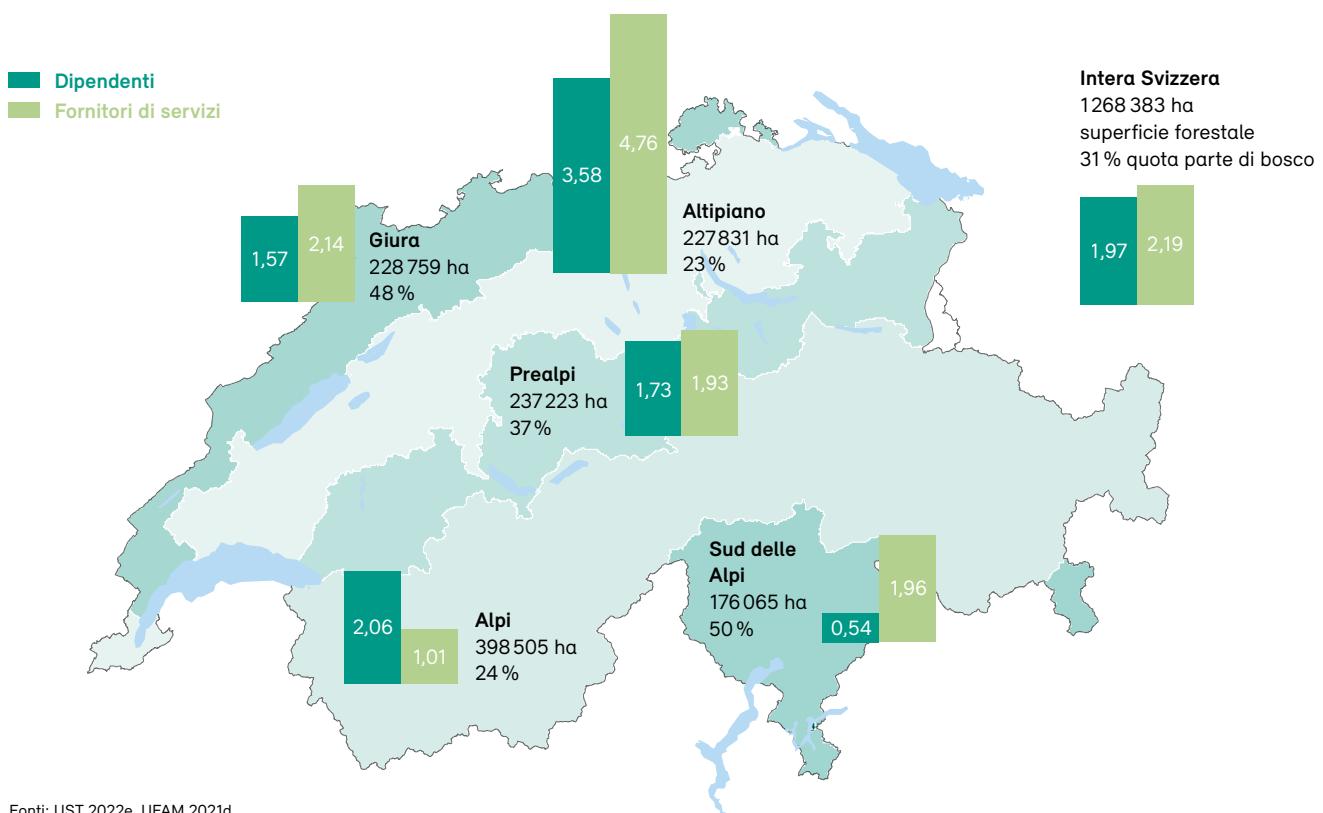
Nonostante il grande interesse e il numero sufficiente di diplomati in materie forestali, la carenza di manodopera qualificata è un problema anche nel settore dell'economia forestale. Gli specialisti ben formati sono diventati

sempre più rari nell'ultimo decennio e la situazione tende a peggiorare. L'Associazione nazionale delle organizzazioni del mondo del lavoro forestale (Oml forestale Svizzera) nel 2022 ha avviato un'analisi per contrastare la carenza di lavoratori qualificati. I risultati evidenziano che uno dei principali problemi è la fidelizzazione a lungo termine del personale. Pertanto, lo studio propone miglioramenti soprattutto nell'ambito delle condizioni di lavoro e di impiego, ad esempio modelli di orario di lavoro flessibili e mansioni diversificate (Landolt et al. 2023).

Anche gli operatori dell'economia del legno segnalano problemi nel reclutare un numero sufficiente di specialisti. Pertanto, l'industria del legno ha lanciato una campagna informativa sulle opportunità professionali in questo settore destinata agli studenti delle scuole.

Figura 6.5.2

Numeri di persone occupate nell'economia forestale per ogni 1000 ettari di superficie forestale nelle cinque regioni di produzione e in tutta la Svizzera (con superficie complessiva del bosco in ettari e quota di bosco per zona), 2020.



6.6 Sicurezza e salute sul lavoro

Gerda Jimmy, Janine Schweier

- Dal 2012 al 2021, il numero di infortuni sul lavoro nel bosco è leggermente diminuito.
- Poiché i pericoli in questo settore sono elevati, esistono diverse misure per garantire la salute e la sicurezza sul lavoro.
- Quelle preventive devono essere portate avanti a un livello elevato, tenendo conto delle conseguenze del cambiamento climatico. Le nuove tecnologie potrebbero dare un valido supporto a questi sforzi.

Misure preventive nel settore forestale

Lavorare nel bosco è fisicamente impegnativo e comporta spesso situazioni potenzialmente pericolose. In Svizzera, si applicano misure di prevenzione degli infortuni e di promozione della salute per preparare gli addetti al lavoro fisico ed evitare gli infortuni.

Nell'ambito della prevenzione degli infortuni, l'assicurazione svizzera contro gli infortuni (Suva) analizza i sinistri pregressi, sensibilizza le aziende e i lavoratori mettendo a disposizione informazioni e vademecum in materia di sicurezza sul lavoro. Il cuore delle misure di prevenzione è costituito dalle «Dieci regole vitali per i lavori forestali» che dal 2012 si insegnano a tutti gli allievi dei corsi interaziendali. Queste illustrano come indossare i dispositivi di protezione, raggiungere un luogo sicuro o garantire i primi soccorsi in caso di infortunio. Dal 2016, coloro che completano l'apprendistato senza infortuni ricevono un premio dalla Suva.

Gli apprendisti possono contare anche sul programma di promozione della salute di Codoc, il servizio specializzato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) per la formazione forestale. Dal 2018 fornisce documenti che possono essere utilizzati nelle scuole professionali, nei corsi interaziendali o di formazione in aggiunta ai contenuti già oggetto delle lezioni. La documentazione, sviluppata sulla base dell'esperienza e di elementi esistenti, comprende ad esempio numerosi esercizi utili per il riscaldamento sul posto (fig. 6.6.1) o per comporre un programma di allenamento. Contiene anche un test di fitness per le lezioni di sport e un manuale con proposte didattiche per la scuola

professionale. È stata inoltre introdotta una piattaforma sui quasi infortuni, che il personale docente può utilizzare per discutere situazioni difficili e trarre conclusioni insieme alla classe. Nel gennaio 2022, nelle scuole forestali di Maienfeld (GR) e Lyss (BE) sono stati organizzati eventi di mezza giornata sul tema della tutela della salute per sensibilizzare i futuri dirigenti su questa tematica.

Infortuni e malattie professionali

Nel 2021, nelle aziende e imprese forestali sono stati registrati 277 infortuni sul lavoro ogni 1000 lavoratori occupati a tempo pieno (Suva 2022; fig. 6.6.2); si tratta del valore più basso dal 2012. In 119 casi, ovvero nel 43 per cento degli infortuni, si è registrata un'assenza dal lavoro di oltre tre giorni, un valore tre volte superiore alla media di tutti i settori assicurati dalla Suva (40 casi ogni 1000 occupati a tempo pieno). Mentre gli infortuni con assenze prolungate sono diminuiti dal 2019, quelli con assenze più brevi non hanno registrato variazioni di rilievo. Il lavoro nel bosco

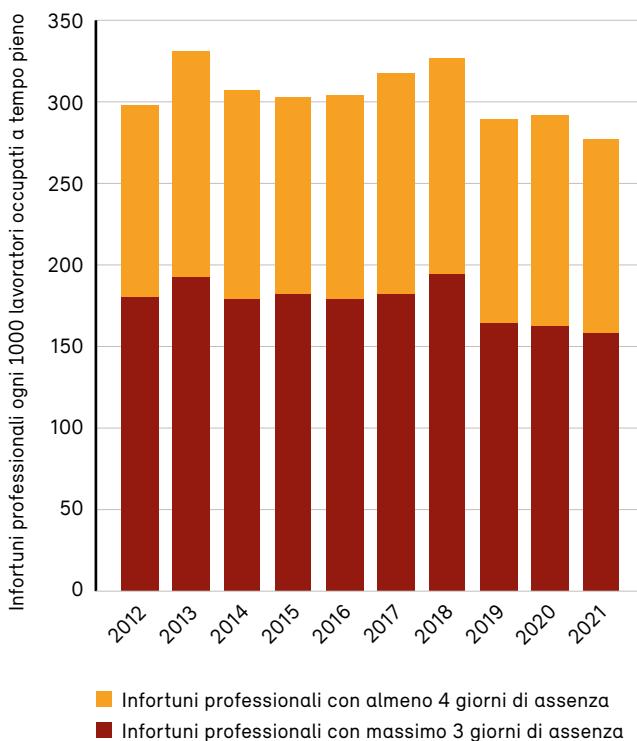
Figura 6.6.1

Corso interaziendale a Le Mont-sur-Lausanne (VD). Gli esercizi di equilibrio e riscaldamento contribuiscono a prevenire gli infortuni causati ad esempio da cadute. Foto: Gerda Jimmy



Figura 6.6.2

Infortuni professionali nelle aziende e imprese professionali ogni 1000 occupati a tempo pieno dal 2012 al 2021.



Fonte: Suva 2022

continua a presentare un elevato livello di rischio. Dal 2012 e il 2021 si sono verificati 32 decessi, 6 solo nel 2012. Negli anni successivi si sono registrati da 1 a 4 infortuni mortali (Suva 2022).

A prima vista, l'andamento delle malattie professionali appare preoccupante, in quanto le statistiche mostrano un continuo aumento delle nuove malattie professionali riconosciute dal 2012 al 2021: da 16 a 28 casi ovvero da 3,0 a 4,7 casi per ogni 1000 occupati a tempo pieno (Suva 2022). Un'analisi approfondita mostra però che i disturbi muscoloscheletrici sono diminuiti drasticamente (Wettmann 2022). L'aumento è dovuto piuttosto ai danni all'udito, che spesso si manifestano solo decenni dopo l'esposizione. Ora, però, un'intera generazione di operatori forestali indossa costantemente protezioni per l'udito, per cui si può prevedere una diminuzione di questi casi in futuro (U. Limacher, Suva, comunicazione personale, 28 febbraio 2023).

Lavori forestali nel settore agricolo

I dati sopra descritti riguardano il lavoro nelle aziende e imprese forestali. Tuttavia, il lavoro nei boschi è spesso svolto anche da privati, soprattutto nel settore agricolo. Anche questi lavoratori sono supportati in materia di sicurezza sul lavoro. Dopo la tempesta Lothar alla fine del 1999, quando diverse persone sono morte in incidenti durante i lavori di taglio alberi, la Confederazione ha lanciato una campagna per promuovere la sicurezza dei lavoratori forestali che non dispongono di una formazione specifica. Sono previste numerose misure, ad esempio la promozione e il sostegno finanziario dei corsi di sicurezza sul lavoro per i lavoratori forestali non qualificati, una maggiore informazione sui possibili pericoli per gli operai forestali del settore agricolo e l'obbligo di frequentare corsi di formazione, sancito per legge, per le persone che svolgono lavori forestali per conto di terzi. Il fatto che gli sforzi per migliorare la sicurezza sul lavoro debbano continuare si riflette anche nelle statistiche sugli infortuni mortali in ambito forestale tra le persone che lavorano in agricoltura. Dal 2013 al 2022 sono stati registrati 51 casi, che corrispondono al 17 per cento di tutti gli infortuni mortali registrati in agricoltura (SPIA 2023).

Il cambiamento climatico ha un impatto anche sulla sicurezza sul lavoro nei boschi. Ad esempio, il corso di formazione continua dell'Associazione dei proprietari di bosco (BoscoSvizzero) sull'abbattimento in sicurezza del legname morto è molto richiesto. Sono inoltre disponibili nuove tecnologie per simulare digitalmente infortuni in un ambiente virtuale.

6.7 Uso del legno come materiale e vettore energetico

Achim Schafer, Claire-Lise Suter Thalmann, Janine Schweier, Oliver Thees

- Nell'ultimo decennio, il consumo finale di legno, comprese le importazioni, è aumentato a circa 11 milioni di metri cubi all'anno.
- L'uso del legno come materiale rispetto al suo uso energetico tende a diminuire e nel 2021 ammontava ancora al 41 per cento circa.
- Molto del legno da energia proviene direttamente dal bosco: nell'ultimo decennio questo quantitativo è aumentato del 20 per cento. Il potenziale aggiuntivo di legno da energia proveniente dai boschi che può essere sfruttato in futuro è di circa 0,8 milioni di metri cubi o 2,3 terawattora di energia finale all'anno.

Dalla produzione e raccolta nel bosco al prodotto finito, la materia prima legno passa attraverso varie fasi di lavorazione e canali commerciali. La durata dei processi e i percorsi di trasporto variano a seconda dell'utilizzo. A tutti i livelli vengono importati ed esportati anche semilavorati e prodotti finiti in legno. A questi vanno aggiunti i processi di riciclaggio, che contribuiscono all'ulteriore utilizzo del legno come materiale. La decisione se utilizzare il legno come materiale o per l'energia è presa spesso direttamente durante la vendita nel bosco. Un modello, basato su calcoli dei volumi e dell'utilizzo della materia prima, rappresenta i flussi del materiale (fig. 6.7.1).

Uso come materiale

Nel 2021, il consumo finale di legno è stato di 11,2 milioni di metri cubi, con un aumento del 5,1 per cento rispetto all'anno precedente. Il consumo finale è registrato in base a tre usi principali: come materiale, per energia e altri usi. Questi ultimi includono applicazioni in agricoltura e orticoltura come anche le perdite. La quota parte di consumo finale di materiale è diminuita rispetto all'uso energetico: nel 2021 ammontava a circa il 41 per cento. Questi materiali comprendevano per due terzi prodotti del legno (p. es. segati) e un buon terzo prodotti di carta e cartone. La quota parte di uso energetico è leggermente aumentata e ammontava a circa il 56 per cento nel 2021. Gli altri usi sono rimasti al livello dell'anno precedente con quasi il 3 per cento (UFAM 2022c).

Legno e carta usati

Oltre al legno prodotto in bosco e a quello importato, il legno e la carta usati sono importanti fonti di materia prima. Ogni

anno in Svizzera vengono raccolte circa 840 000 tonnellate di legno usato, di cui 250 000 esportate. Circa il 36 per cento del legno usato è riutilizzato, soprattutto nella produzione di pannelli truciolari all'estero. All'incirca 50 000 tonnellate sono considerate rifiuti problematici perché sono stati trattati con preservanti del legno. Sono utilizzate principalmente a fini energetici e una minima parte viene smaltita in discarica. Ogni anno in Svizzera si raccolgono circa 1,2 milioni di tonnellate di carta usata, di cui circa due terzi sono riciclati in carta e cartone. Il resto è esportato o utilizzato termicamente (UFAM 2022c).

Semilavorati in legno

Nel 2021, le segherie svizzere hanno prodotto circa 1,3 milioni di metri cubi di segati da circa 2 milioni di metri cubi di tondame. Dopo i cali degli anni precedenti, il taglio del legname è aumentato e nel 2021 ha raggiunto il livello del 2016. Questo incremento è dovuto alla tendenza di un maggiore utilizzo dei prodotti del legno nell'edilizia. La quota parte di legno di conifere rispetto alla produzione di segati era del 96 per cento, quella di latifoglie appena del 4 per cento. Questi valori corrispondono alla media dei 5 anni precedenti. I pannelli in truciolato hanno rappresentato la quota parte maggiore nella produzione di materiali derivati dal legno con 450 000 metri cubi (70 %), seguiti dai pannelli di fibra con 190 000 metri cubi (29 %) e dal compensato con 7000 metri cubi (1 %). La pasta di legno ha registrato 94 000 tonnellate (UFAM 2022c).

Legno da industria

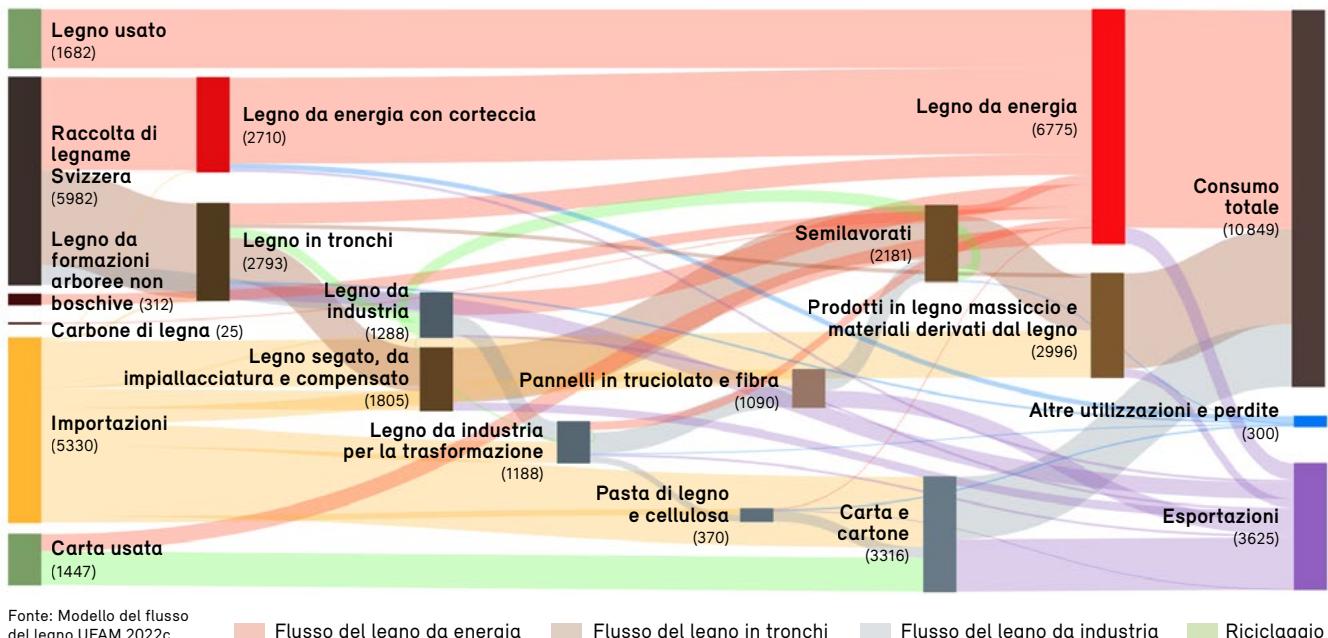
Nel 2021 sono stati prodotti poco meno di 1,1 milioni di metri cubi di legno da industria, di cui 544 000 metri cubi di legno da industria proveniente dal bosco e 538 000 metri cubi di scarti di legno. Inoltre, sono stati importati poco meno di 110 000 metri cubi di scarti di legno. Questi quantitativi sono stati utilizzati come materia prima nell'industria dei materiali a base di legno, della carta e della cellulosa (UFAM 2022c).

Principio dell'utilizzazione a cascata

Nel contesto del legno, questo principio significa che il legno può essere utilizzato come materiale più volte di seguito, contribuendo così a un bilancio favorevole di CO₂. Il legno prodotto in bosco utilizzato come materiale

Figura 6.7.1

Il modello mostra i diversi flussi del legno (in 1000 m³) in Svizzera nel 2021.



(legname d'opera e da industria) dovrebbe essere sfruttato per scopi energetici soltanto nella fase finale sotto forma di scarti o legno usato. Questo principio è molto più efficiente in termini di consumo di energia e di risorse e si inserisce nel sistema dell'economia circolare.

Uso energetico

Il legno è una fonte di energia rinnovabile, che nel lungo periodo ha un impatto neutro sul CO₂, è disponibile a livello decentralizzato e tutto l'anno e può essere stoccatto. Consente di ricavare calore, elettricità e combustibili con diverse perdite dovute ogni volta alla trasformazione. Da oltre 20 anni il consumo di legno da energia è in costante aumento e nel 2022 ha raggiunto circa 6 milioni di metri cubi (UST 2023). Secondo la statistica forestale, nei boschi svizzeri nel 2022 sono stati raccolti 2,1 milioni di metri cubi di legno da energia, che corrispondono a un aumento di circa il 20 per cento in dieci anni e quasi a un raddoppio in 20 anni (UFAM 2022c). Una parte significativa del legno utilizzato a scopi energetici proviene dal bosco, il resto da formazioni arboree non boschive o dalla manutenzione del paesaggio, da scarti di lavorazione e trasformazione (sciavero, schegge, trucioli e segatura) e da legno usato, come per esempio quello utilizzato in edifici o mobili. È impiegato a fini energetici il 50–70 per cento del legno

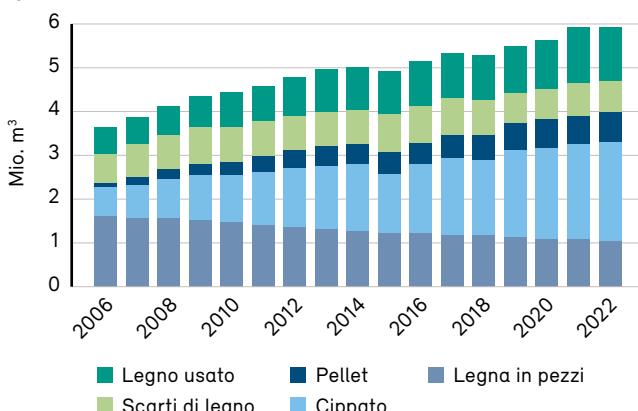
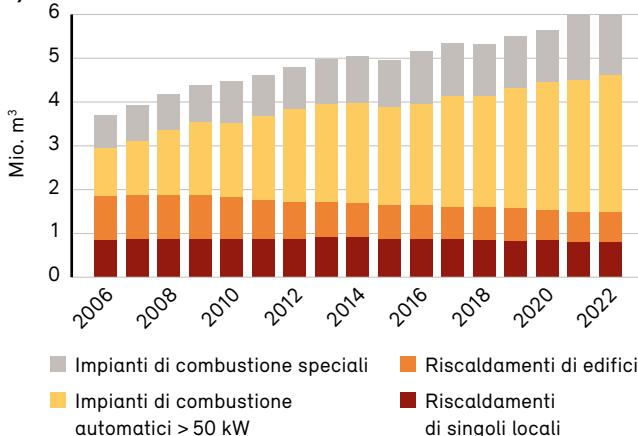
di latifoglie raccolto in Svizzera e solo il 15–20 per cento del legno di conifere. Il legno da energia proveniente dal bosco è fornito per il 40 per cento sotto forma di legna in pezzi e il 60 per cento di cippato, la cui quota è in aumento da diversi anni. Il fatto che il legno raccolto nel bosco sia utilizzato per scopi energetici o come materiale dipende dall'andamento dei prezzi sul mercato del legno e dell'energia nonché dalle strutture di produzione e commercio presenti nella rispettiva regione.

Condizioni politiche, climatiche ed economiche generali

La tendenza all'uso del legno per l'energia è stata favorita dalle condizioni politiche generali, dagli effetti del riscaldamento globale sul bosco e dai cambiamenti economici. A livello politico è stata determinante la decisione del Consiglio federale e del Parlamento sulla transizione energetica nel 2011. Inoltre, nel 2017 la popolazione svizzera ha approvato una nuova legge sull'energia che promuove le energie rinnovabili. Nel 2019 è stata decisa l'attuazione nazionale dell'Accordo di Parigi. Queste decisioni hanno comportato una maggiore promozione dell'utilizzo del legno come fonte energetica, ad esempio attraverso il premio clima per la sostituzione di un sistema di riscaldamento a olio o a gas con un riscaldamento a legna.

Figura 6.7.2

Consumo di legno da energia in funzione di a) assortimento di combustibile e b) tipo di impianto, dal 2006 al 2022.

a)**b)**

Fonte: UFE 2023

Il riscaldamento globale favorisce le latifoglie, che attualmente rappresentano quasi i due terzi del legno utilizzato per produrre energia (UFAM 2022c). Invece, gli abeti rossi, soprattutto in popolamenti non conformi alla stazione, soffrono per la siccità e le infestazioni da bostrico e deperiscono (cap. 2.3 e 3.1). Le conseguenze sono utilizzazioni forzate più frequenti che producono grandi quantità di legno danneggiato, parte del quale utilizzato per produrre energia.

Infine, gli sviluppi economici, come la migrazione delle aziende di lavorazione del legno da industria o il declino della produzione nazionale di mobili, hanno favorito l'utilizzo di assortimenti di legno per produrre energia che si sarebbero potuti impiegare come materiale di pregio; i prezzi del legno da energia sono

aumentati a causa della crescita della domanda. Queste due tendenze comportano un utilizzo più intensivo del legno per produrre energia e uno spostamento degli assortimenti, con un aumento della quota parte di legno da energia e una diminuzione di quella di legname d'opera e da industria.

Quota parte della produzione energetica svizzera

L'importanza dell'energia da legno per la produzione energetica nazionale è aumentata in modo significativo nell'ultimo decennio. Nel 2022, dal legno sono state generati circa 11,2 terawattora (TWh) di energia utile (corretto per le variazioni meteorologiche). Con una quota parte di circa il 5,5 per cento del consumo finale, l'energia da legno è oggi il secondo vettore energetico rinnovabile più importante della Svizzera dopo l'energia idroelettrica. Per la produzione di calore, l'energia da legno ha rappresentato poco meno del 14 per cento del consumo finale nel 2022 e poco meno dell'1 per cento della produzione lorda di elettricità, mentre nella produzione di carburanti la sua percentuale è nulla (UFAM 2022c, UFE 2023).

Con una quota di circa il 75 per cento, la maggior parte del legno da energia è utilizzato in sistemi di combustione automatici e in impianti di combustione speciali (fig. 6.7.2). Il numero degli impianti è in calo e nel 2022 ammontava a 510 000 unità. I sistemi di riscaldamento degli edifici azionati manualmente sono sostituiti da impianti automatici più grandi con una conseguente riduzione delle perdite di trasformazione. Il rendimento della produzione di calore dal legno nel 2022 ha raggiunto il 76 per cento (esclusi gli impianti di incenerimento dei rifiuti). Questo incremento dell'efficienza ha portato anche a una riduzione delle emissioni di polveri fini, ossidi di azoto, composti organici volatili (COV) e monossido di carbonio; 451 500 impianti (90 %) continuano a essere utilizzati per il riscaldamento di ambienti.

Per molto tempo, il legno da energia proveniente dalla Svizzera è stato il 97 per cento (Lehner et al. 2013), oggi però la situazione è cambiata (cap. 6.8). Nell'ultimo decennio, le importazioni di pellet di legno sono raddoppiate, raggiungendo circa 70 000 tonnellate all'anno. Le quantità importate provengono quasi esclusivamente da Germania (48 %), Austria (30 %) e Francia (19 %) (UFE 2023). L'aumento della domanda di importazioni è stato favorito anche dal crescente numero di impianti per la produzione di energia a legna situati nella zona di frontiera.

Tabella 6.7.1

Consumo di legno da energia, potenziale totale e potenziale utilizzabile aggiuntivo nel 2022 (differenze dovute ad arrotondamenti).

Assortimenti di combustibile	Consumo totale all'anno		Potenziale totale all'anno		Potenziale utilizzabile aggiuntivo all'anno	
	Mio. m ³	TWh	Mio. m ³	TWh	Mio. m ³	TWh
Legno prodotto in bosco (incluse importazioni)	3,0	8,2	3,5	9,5	0,5	1,3
Legname da formazioni arboree non boschive	0,3	0,8	0,5	1,2	0,2	0,4
Scarti di legno	0,7	2,2	0,8	2,4	0,1	0,2
Legno usato	1,2	3,2	1,4	3,6	0,1	0,4
Totale	5,3	14,4	6,1	16,7	0,8	2,3

Fonte: Keel e Chrenko 2023.

«Monitoraggio dell'energia da legno»

A causa della forte domanda di energia da legno, l'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) nel 2022 ha lanciato il progetto «Monitoraggio dell'energia del legno» per analizzare il consumo effettivo di legno da energia, i progetti in corso e il potenziale di questa fonte energetica, al fine di utilizzare in futuro solo un quantitativo sostenibile di legno da energia. Il progetto ha anche l'obiettivo di armonizzare e adattare le fonti di dati e le statistiche.

Potenziale di energia da legno

Da alcuni anni si misura il potenziale energetico della biomassa svizzera (Thees et al. 2017). Attualmente, il potenziale di energia da legno nazionale non è ancora pienamente sfruttato. Dal 2015 al 2022, sono stati utilizzati per produrre energia in media 5,5 milioni di metri cubi di legno all'anno, a fronte di un potenziale per tutti i tipi di combustibile di circa 6,8 milioni di metri cubi, pari a 18,6 TWh di energia finale (UFE 2023). Il potenziale ancora sfruttabile è quindi di circa 1,3 milioni di metri cubi o 3,6 TWh di energia finale all'anno (Keel e Chrenko 2023). Per il 2022 la tabella 6.7.1 mostra un ridotto potenziale ancora sfruttabile di 0,8 milioni di metri cubi. Questo potenziale però potrebbe presto esaurirsi. Un'analisi del consumo previsto ha dimostrato che il potenziale aggiuntivo è già stato assegnato ai progetti in corso e quindi non è sufficiente per coprire tutti quelli futuri (Keel e Chrenko 2023). Quando si progettano nuovi

impianti per la produzione di energia dal legno, occorre quindi verificare la disponibilità a lungo termine di legno da energia.

Le simulazioni basate sui dati dell'Inventario forestale nazionale (IFN) consentono di effettuare analisi a lungo termine della disponibilità di legno da energia. Rilevano la dipendenza del potenziale di energia da legno dal tipo di gestione forestale e dall'andamento dei mercati del legno e dell'energia. Il potenziale ha perciò un'evoluzione dinamica. Ipotizzando una moderata riduzione delle elevate provvigioni nel bosco svizzero e una preferenza per l'uso del legno come materiale, uno scenario rileva un potenziale di energia da legno aggiuntivo di 0,7 milioni di metri cubi all'anno entro il 2056 (Thees et al. 2017). I risultati confermano la carenza di legno da energia individuata dal «Monitoraggio dell'energia del legno».

Vantaggi in termini di disponibilità, efficienza energetica e bilancio di CO₂

Il potenziale limitato del legno da energia richiede un utilizzo efficiente, tenendo conto dei vantaggi del legno in termini di disponibilità, efficienza energetica e bilancio di CO₂ per il sistema energetico complessivo rispetto ad altre energie rinnovabili. In termini di impatto sul clima, il legno da energia dovrebbe essere utilizzato idealmente per la produzione di calore di processo ad alta temperatura per l'industria e in impianti di cogenerazione di energia elettrica e termica per colmare le carenze dell'approvvigionamento elettrico invernale (Nussbaumer 2023, Thees et al. 2023). Le tecnologie per la produzione di vettori energetici chimici o di combustibili dal legno non sono ancora del tutto sviluppate. Nel settore del riscaldamento, il legno da energia dovrebbe essere utilizzato principalmente in impianti automatici di grandi dimensioni, molto più efficienti e puliti di quelli piccoli. Come vettore energetico, il legno può contribuire a compensare le oscillazioni nell'offerta di energia da fonti rinnovabili come l'eolico o il solare, sostenendo così la transizione energetica (Thees et al. 2023).

Secondo il principio a cascata, il legno dovrebbe essere utilizzato in via prioritaria come materiale prima di essere impiegato come fonte energetica, al fine di proteggere il clima, promuovere l'efficienza delle risorse e accrescere la creazione di valore (Bernath et al. 2013). Per realizzare questo obiettivo, sono necessari nuovi incentivi, in quanto attualmente l'utilizzo del legno preferito è quello come fonte energetica rispetto a quello come materiale (Odermatt et al. 2023).

6.8 Commercio estero di legname e prodotti del legno

Achim Schafer

- Il commercio estero di legname e prodotti del legno è caratterizzato da un surplus di importazioni, che nel 2021 è aumentato del 13,4 per cento rispetto all'anno precedente, raggiungendo un valore di 4,5 miliardi di franchi.
- Nonostante l'incremento delle esportazioni di legname grezzo, la quantità disponibile a livello nazionale è aumentata del 2,9 per cento, raggiungendo i 4,6 milioni di metri cubi nel 2021, grazie alla maggiore raccolta.
- Il surplus di importazioni di legno da energia è aumentato costantemente. Nel 2022, le importazioni di legna da ardere hanno superato per circa 346 000 tonnellate le esportazioni.

Tabella 6.8.1

Volume e valore totali del commercio estero di legname e prodotti del legno dal 2017 al 2021.

	Importazioni		Esportazioni	
	in 1000 m ³ massa legnosa solida	in mio. CHF	in 1000 m ³ massa legnosa solida	in mio. CHF
2017	6182	7343	4826	2390
2018	5825	7578	4992	2339
2019	5575	7463	4746	2455
2020	5380	6814	4324	1867
2021	5720	7576	4490	2160

Fonte: UFAM 2022c

Commercio estero di legname in sintesi

I principali partner commerciali della Svizzera in questo settore sono i Paesi confinanti: Germania, Austria, Italia e Francia. Sulla bilancia commerciale incidono in particolare l'andamento congiunturale dei mercati di vendita specifici, le forti oscillazioni dei tassi di cambio e i costi di trasporto e logistica. Se combinati con eventi eccezionali (disponibilità di legname schiantato e legno bostricato), questi effetti possono determinare importanti fluttuazioni della bilancia commerciale nel breve periodo.

Nel 2021, sono stati importati legname e prodotti del legno per 6,37 miliardi di franchi mentre le relative esportazioni erano di 1,83 miliardi di franchi, corrispondenti al 3,2 per cento delle importazioni totali di beni della Svizzera e allo 0,7 per cento delle esportazioni. Il surplus di importazioni è aumentato del 13,4 per cento rispetto all'anno precedente, producendo un saldo commerciale negativo di – 4,54 miliardi di franchi.

Per quanto riguarda i prodotti a base di legno nel loro complesso, ogni anno dal 2017 al 2021 è stata importata una quantità maggiore di quella esportata (tab. 6.8.1). In termini di valore, la differenza tra le importazioni e le esportazioni è ancora più marcata, in quanto si importano più legno e assortimenti pregiati di quelli esportati.

Il volume di legname grezzo esportato (legname d'opera, da industria e da energia) è aumentato significativamente nel 2021 di quasi il 15 per cento, raggiungendo

0,55 milioni di metri cubi. Poiché la raccolta nazionale di legname è aumentata del 4 per cento, raggiungendo i 5 milioni di metri cubi, a importazioni costanti di 0,1 milioni di metri cubi, il legname grezzo disponibile è aumentato del 2,9 per cento, raggiungendo i 4,55 milioni di metri cubi.

Categorie di legname grezzo 2021

Legname d'opera di conifere

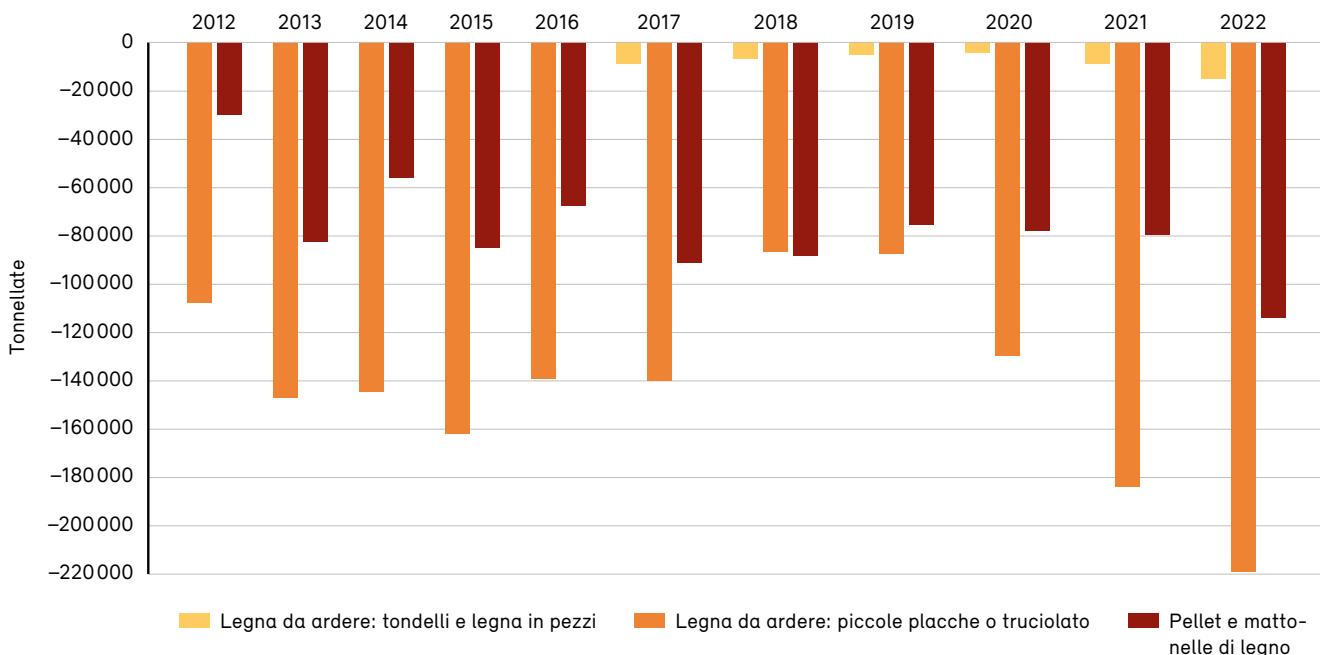
Le importazioni nel 2021 sono diminuite del 3,6 per cento rispetto all'anno precedente, scendendo a 38 300 metri cubi o 34 500 tonnellate di massa legnosa solida. Le principali forniture sono arrivate dalla Germania, con una quota parte del 91,7 per cento. Le esportazioni sono state circa dieci volte superiori alle importazioni e, dopo i cali dei due anni precedenti, hanno registrato un forte aumento del 25,3 per cento raggiungendo i 324 600 metri cubi o poco meno di 292 400 tonnellate. Il principale acquirente è stata l'Italia, con una quota parte del 51,5 per cento.

Segati di conifere

Le importazioni sono aumentate del 2,3 per cento e sono state pari a 299 900 metri cubi. Le principali forniture nel 2021 sono arrivate da Germania (33,7 %) e Austria (30,9 %). Le esportazioni sono aumentate dell'8,8 per cento attestandosi a 214 600 metri cubi, il livello più alto dal 2010. Il principale acquirente, come nel caso del legname d'opera di conifere, è stata l'Italia (40,9 %), seguita dalla Francia (39,4 %). Hanno registrato un forte incremento anche le esportazioni verso l'Asia.

Figura 6.8.1

Saldo commerciale estero delle categorie di legna da ardere in tonnellate dal 2012 al 2022. La categoria «tondelli e ceppi» viene rilevata solo dal 2017.



Fonte: Statistica del commercio estero UDSC

Legname d'opera di latifoglie

Le importazioni sono diminuite del 15 per cento rispetto all'anno precedente, scendendo a 27 400 metri cubi di massa legnosa solida. Le esportazioni, invece, nel 2021 sono aumentate nuovamente del 12,2 per cento, raggiungendo i 149 400 metri cubi, dopo il calo dell'anno precedente. L'Asia è rimasta un importante mercato per le esportazioni, con una quota del 20,4 per cento, seguita dall'Italia (41,7 %) e dalla Germania (21,2 %). La Cina da sola ha raggiunto una quota parte del 13,8 per cento.

Segati di latifoglie

Con circa 45 400 metri cubi, le importazioni hanno superato quelle dell'anno precedente per un 2,9 per cento. Il 24,8 per cento nel 2021 proveniva dalla Germania, seguita da Austria (23,1 %) e Francia (20,5 %). Le esportazioni, pari a circa la metà, sono aumentate dell'11,3 per cento attestandosi a 22 800 metri cubi, con l'Italia che è stata il maggiore acquirente (45,1 %). Dopo il 16 per cento dell'anno precedente, solo il 5,0 per cento è stato destinato all'Asia.

Legno da industria e legname residuo

Dopo tre anni, le importazioni di legno da industria di conifere sono aumentate nuovamente nel 2021, con un incremento del

32 per cento, raggiungendo i 19 800 metri cubi. Questo valore, tuttavia, è ben al di sotto della media dell'ultimo decennio. Le esportazioni si sono stabilizzate a 53 900 metri cubi dopo il forte calo dell'anno precedente e hanno raggiunto il livello del 2016. Per quanto riguarda il legno da industria di latifoglie, sia le importazioni che le esportazioni sono fortemente calate rispettivamente del 25,4 e del 38 per cento.

Legno usato

Dopo il calo degli anni precedenti, nel 2021 le importazioni sono salite a 1900 metri cubi. Le esportazioni sono diminuite ulteriormente del 14,8 per cento scendendo a 466 000 metri cubi, tuttavia sono rimaste una voce significativa nelle esportazioni totali di legname e prodotti del legno, con una quota superiore al 10,4 per cento.

Legno da energia

Le importazioni sono aumentate costantemente nell'ultimo decennio, determinando un saldo commerciale negativo per molti prodotti a base di legna da ardere (fig. 6.8.1). Nel 2022 sono state importate 346 467 tonnellate di legno da energia in più rispetto alle esportazioni, pari a circa 610 000 metri cubi di legname tondo. Particolarmente elevato è stato il saldo negativo di cippato e pellet.

6.9 Attività ricreative nel bosco

Tessa Hegetschweiler, Marcel Hunziker, Boris Salak, Jean-Laurent Pfund

- Il bosco era, è e rimarrà un'importante area ricreativa, soprattutto per gli abitanti delle zone urbane e periurbane. Nelle città gli alberi, gli spazi verdi e i boschi di prossimità hanno un impatto decisivo sulla qualità della vita.
- La popolazione apprezza il bosco in cui si reca più spesso. Tuttavia, il grado di soddisfazione di coloro che hanno frequentato il bosco è diminuito nell'ultimo decennio e i disturbi percepiti sono aumentati.
- A causa della crescita demografica e della densificazione delle aree urbane, si prevede un aumento dell'utilizzo del bosco a scopo ricreativo. Questa tendenza pone sfide importanti alla gestione dei boschi vicini alle aree urbane.

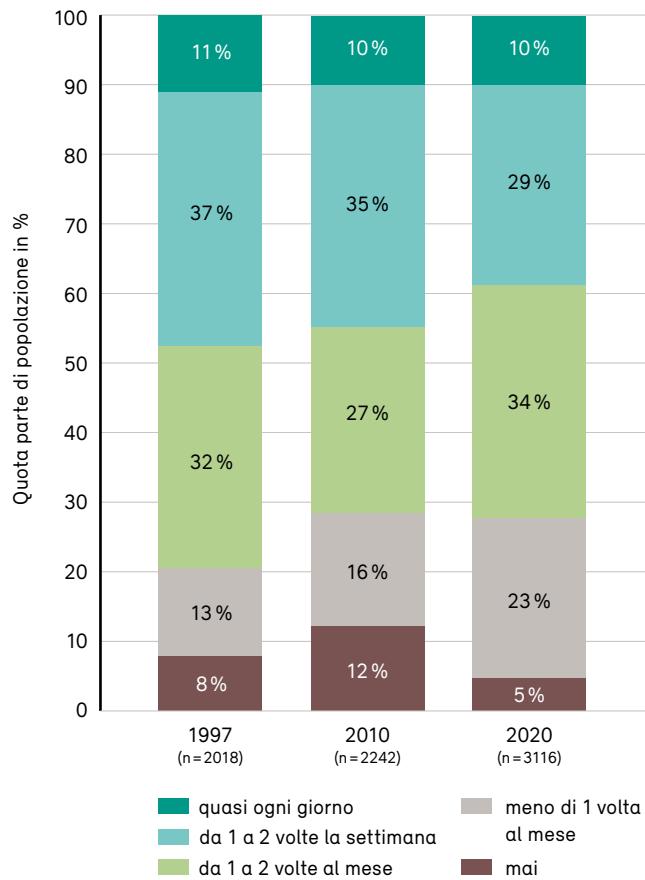
Popolazione nel bosco

In Svizzera, l'80 per cento della popolazione può raggiungere il bosco più vicino dalla propria abitazione in 15 minuti di cammino (UFAM/WSL 2022). Secondo la terza indagine demografica Monitoraggio socioculturale del bosco (WaMos3), condotta nel 2020, il 10 per cento delle persone si reca nel bosco quasi ogni giorno (UFAM 2022d). Il 29 per cento lo visita una o due volte alla settimana e il 34 per cento una o due volte al mese (Hegetschweiler et al. 2022). Oltre a WaMos, anche l'Inventario forestale nazionale (IFN) rileva informazioni sull'utilizzo del bosco come area ricreativa e di svago. Infatti, i forestali di sezione sono intervistati in merito alle funzioni forestali e a quelle prioritarie come intensità, stagionalità e tipo di utilizzazione a scopi ricreativi in un raggio di 100 metri dalle aree di saggio IFN. I risultati dell'IFN4 (2009–2017) mostrano che una percentuale crescente della superficie forestale svizzera è utilizzata per attività di svago e del tempo libero e sia la frequenza delle visite che il numero delle varie attività sono in aumento (Fischer et al. 2020, Hegetschweiler et al. 2021).

Dal secondo monitoraggio del bosco nel 2010 (WaMos2; UFAM/WSL 2013; Hunziker et al. 2012), si è assistito a una riduzione del numero di visite occasionali al bosco, che sono passate da una o due volte alla settimana a

Figura 6.9.1

Frequenza delle visite nel bosco secondo i sondaggi del 1997 (WaMos1), 2010 (WaMos2) e 2020 (WaMos3).



Fonte: Hegetschweiler et al. 2022

una o due volte al mese (fig. 6.9.1). Invece, il numero di persone che non si recano mai nel bosco è diminuito nel corso degli anni. Complessivamente, perciò, per oltre 40 anni la frequenza media delle visite pro capite è rimasta costante. Il fatto che l'IFN4 indichi comunque un aumento nella frequenza delle visite è dovuto alla crescita demografica in Svizzera (UST 2020). Tuttavia, dal 1997 la durata media del tempo trascorso nel bosco è diminuita in modo costante (WaMos1; UFAFP 1999): 106 minuti in WaMos1, 90 minuti in WaMos2 e 79 minuti in WaMos3.

Attività preferite nel bosco e motivazioni

Oltre il 90 per cento della popolazione assegna al bosco che visita più di frequente un giudizio da «abbastanza apprezzato» a «molto apprezzato». Tuttavia, rispetto a WaMos2, la quota parte di persone che valuta il bosco «molto bene» è scesa dal 58 al 40 per cento. Come già rilevato in WaMos2, il bosco misto continua a riscuotere il maggior gradimento. La presenza di uno strato arbustivo è più gradita alla popolazione in WaMos3 rispetto a WaMos2. È inoltre aumentato il gradimento del legno morto, anche se rimane a un livello basso. I margini boschivi con grandi alberi e quelli con arbusti hanno pressoché lo stesso fascino. Tuttavia, la preferenza di margini boschivi con alberi grandi è leggermente diminuita in WaMos3 rispetto a WaMos2. Nell'indagine del 2020, hanno ottenuto una valutazione minore rispetto al 2010 anche le infrastrutture per le attività ricreative nel bosco, a parte i sentieri, le panchine e le piste finlandesi o i percorsi vita. L'83 per cento della popolazione è soddisfatto della quantità di infrastrutture e non ne desidera né di più né di meno.

Le persone si recano nel bosco principalmente per respirare aria fresca, vivere la natura, fare attività fisica o evadere dalla vita quotidiana. È sorprendente che solo la motivazione «solitudine» sia aumentata rispetto a WaMos2. In linea con le motivazioni menzionate, «passeggiare/camminare» è l'attività più comune, seguita da «osservare la natura» e «godere di pace e tranquillità / rilassarsi / spiritualità», dove le ultime due attività sono presumibilmente praticate in combinazione con «passeggiare/camminare».

Complessivamente, l'88 per cento della popolazione è «abbastanza» o «assolutamente soddisfatto» delle proprie attività nel bosco. Le visite al bosco hanno un effetto rilassante sulla maggior parte della popolazione. Nelle città gli alberi, gli spazi verdi e i boschi di prossimità hanno un impatto decisivo sulla qualità della vita. Sono tuttavia aumentate le fonti di disturbo: mentre in WaMos2 il 74 per cento della popolazione dichiarava di non sentirsi mai disturbato nel bosco, in WaMos3 questa percentuale è del 54 per cento. Parallelamente alla crescita della popolazione, continua la tendenza a una maggiore percezione dei disturbi nella foresta.

Terapie forestali, percorsi avventura e scuole nel bosco

Il numero crescente di persone in cerca di svago, la diversificazione delle attività del tempo libero, l'aumento dei disturbi percepiti e i cambiamenti nelle preferenze dimostrano che il monitoraggio dell'utilizzazione del bosco a scopi ricreativi può continuare a fornire preziose informazioni anche in futuro. In taluni casi possono affermarsi rapidamente nuove tendenze in grado di attirare molte persone. Il monitoraggio sistematico può contribuire a individuare tempestivamente le nuove tendenze e a fornire le basi per la gestione dei boschi di svago. Attualmente sono in crescita nel bosco le terapie, i percorsi avventura e i veicoli elettrici. Anche le scuole nel bosco e le escursioni per le classi scolastiche sono in forte aumento (cap. 6.11). Le principali sfide della gestione forestale consistono nel guidare i visitatori, mettere a disposizione infrastrutture, garantire la sicurezza e l'accessibilità del bosco. Allo stesso tempo chi utilizza il bosco a scopi ricreativi ha la necessità di disporre di informazioni sulla gestione forestale. La crescente comunicazione e il coinvolgimento della popolazione nei processi partecipativi offrono opportunità di sensibilizzazione, ma comportano anche elevate esigenze per il personale (Wilkes-Allemann et al. 2022). In ogni caso anche in futuro il bosco avrà un ruolo importante come area di svago per la popolazione.

6.10 Bosco e patrimonio culturale

Jean-Laurent Pfund

- Il patrimonio culturale della Svizzera è strettamente legato al bosco.
- Il bosco è presente nel patrimonio culturale immateriale attraverso le tradizioni e il folclore e in quello materiale attraverso le foreste particolari e l'ambiente forestale di alcuni oggetti. Alcune faggete svizzere dal 2021 fanno parte del patrimonio mondiale dell'UNESCO.
- In epoca recente si assiste a un ritorno alla natura, con boschi e alberi che tornano ad essere parte integrante della cultura. La ricerca sui valori culturali del bosco e la loro inclusione nella pianificazione dello sviluppo forestale potrebbero essere promosse attraverso una più ampia partecipazione della popolazione.

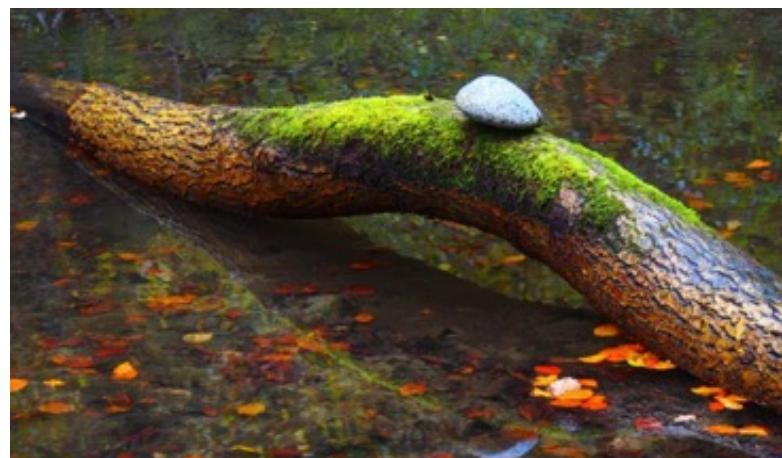
Per cultura si intende il complesso degli aspetti spirituali, materiali, intellettuali ed emotivi unici che contraddistinguono una società o un gruppo sociale. Il patrimonio culturale immateriale comprende tradizioni e pratiche associate all'identità culturale. Nel 2017, l'Ufficio federale della cultura ha aggiornato la «Lista delle tradizioni viventi in Svizzera» (UFC 2017), che includono anche forme culturali tradizionalmente associate al bosco e al legno, come la lotta svizzera o la produzione di scandole nei Cantoni di Friburgo e Vaud. In ambiente urbano si celebra il castagno sulla passeggiata della Treille a Ginevra, che annuncia la primavera, e l'albero di maggio nei Cantoni di Argovia e Basilea Campagna.

Il patrimonio materiale comprende beni culturali creati dall'uomo e paesaggi naturali eccezionali. La Convenzione sul Patrimonio mondiale dell'Unesco include 13 oggetti, tra cui le faggete della Valle di Lodano in Ticino e la foresta di Bettlachstock nel Cantone di Soletta, aggiunte alla lista nel 2021 (Unesco 2021). Il bosco fornisce anche un luogo protettivo per un centinaio di altri oggetti, come ad esempio i tumuli preistorici e i cimiteri silvestri.

La nostra cultura si fonda sul passato, ma rimane viva attraverso gli stili di vita e le convinzioni che sperimentiamo oggi. Un gruppo di ricerca internazionale ha analizzato i valori spirituali del bosco in 13 Paesi, tra cui la Svizzera, in funzione, tra l'altro, della copertura forestale (Roux et al. 2022). Sono state analizzate quattro fasi successive e le rispettive transizioni utilizzando degli indicatori. Secondo l'ipotesi di transizione, si prospetta un ritorno ai valori immateriali della natura, dopo un periodo di gestione razionale caratterizzato da considerazioni di natura più economica. In effetti, attualmente in Svizzera si osserva un aumento delle attività a sfondo spirituale e terapeutico nel bosco (cap. 6.9). Questa fase di transizione potrebbe essere utile per la conservazione dei boschi. La ricerca sui valori culturali e spirituali del bosco e la loro inclusione nella pianificazione dello sviluppo forestale potrebbero essere promosse attraverso una più ampia partecipazione della popolazione.

Figura 6.10.1

La natura ispira le persone: riposizionando semplicemente i materiali naturali esistenti si creano luoghi meravigliosi (Elfenau, Berna). Foto: Andreas Bernasconi



6.11 Pedagogia forestale

Gerda Jimmy

- Nelle scuole d'infanzia ed elementari il bosco è sempre più utilizzato come aula didattica.
- A livello pedagogico il bosco offre un valore aggiunto per la didattica di varie materie.
- Anche gli insegnanti della scuola secondaria intendono integrare maggiormente questo spazio vitale nelle lezioni e utilizzarlo come luogo di apprendimento.

Il bosco è utilizzato in maniera crescente come luogo per attività pedagogiche. Nelle scuole d'infanzia si organizzano periodicamente le giornate del bosco e le classi della scuola primaria effettuano sempre più lezioni nel bosco, spesso in collaborazione con il settore forestale. Parallelamente, continuano a essere richiesti progetti in cui le classi partecipano alla manutenzione del bosco sotto la supervisione di un esperto. Le visite guidate delle aziende forestali hanno avuto un grande riscontro e gli uffici forestali cantonali hanno creato nuovi posti di lavoro nel settore della pedagogia forestale.

A livello di scuola elementare, negli ultimi anni si è osservato un crescente interesse per la foresta come luogo di apprendimento, al di là della tradizionale educazione forestale (C. Stocker, Fondazione Silviva, comunicazione personale, 27 febbraio 2023). Questo perché anche altre materie come la matematica possono essere insegnate in modo vivace nel bosco. Nell'ambito del programma «Imparare all'aperto» della Fondazione Silviva e del WWF, è disponibile uno strumento didattico con numerose idee da realizzare, nonché una piattaforma per lo scambio e per ulteriori opportunità di formazione. Una tendenza simile si osserva in altri Paesi europei, come dimostra l'esperienza della rete europea Forest Pedagogics (C. Stocker, Fondazione Silviva, comunicazione personale, 27 febbraio 2023).

Uno studio commissionato dall'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) mostra che il bosco non è quasi mai materia di studio a livello di scuola secondaria (Probst et al. 2021). In particolare, nel materiale didattico mancano i contenuti sul bosco svizzero, e le conoscenze sul bosco trasmesse sono scarse. Tuttavia, il personale insegnante ha espresso un grande interesse per le attività e le visite guidate nel bosco e per l'integrazione di questo tema nelle proprie lezioni.

In generale, l'interesse per la pedagogia forestale offre l'opportunità di far conoscere anche alle generazioni future il bosco come ecosistema da proteggere.

Figura 6.11.1

Il bosco come spazio di apprendimento offre un'ampia gamma di opportunità, ad esempio per esperienze sensoriali. Foto: UFAM





Glossario

A

Abiotico

Detto di processi e fattori in cui non sono coinvolti esseri viventi. I → fattori stazionali abiotici sono fattori ambientali non causati o influenzati da esseri viventi, ad esempio precipitazioni o rocce (→ biotico).

Accordo di Parigi

Accordo raggiunto alla Conferenza sul clima di Parigi del 2015, che impegna tutti i Paesi a ridurre le emissioni di gas serra. Ha sostituito il Protocollo di Kyoto del 1997 e ha esteso gli obiettivi di emissione a tutti i Paesi del mondo. La Svizzera ha ratificato l'Accordo di Parigi il 6 ottobre 2017.

Acidificazione del suolo

Processo in cui aumenta la concentrazione di → acidi nel suolo. I suoli sono in grado di tamponare gli acidi neutralizzandoli fino a un determinato grado tramite sostanze tampone e lo scambio di cationi. Se l'acido apportato a un suolo, ad esempio dagli inquinanti atmosferici, è superiore alla quantità che il suolo è in grado di tamponare, la sua capacità di tamponamento si riduce; il → valore pH crolla, la → saturazione basica si riduce e i → protoni liberati dagli acidi possono poi sostituirsi ai nutrienti presenti nel suolo. Un suolo acido può pertanto fornire alle piante una quantità di nutrienti molto più bassa di quella offerta da suoli neutri o basici → capacità di scambio cationico.

Acido

Composto chimico che in soluzione acquosa rilascia → protoni (→ base).

Aerosol

Sospensione nell'aria di particelle solide o liquide (→ polveri fini).

Albero habitat

Detto anche albero biotopo. Albero vivo con microhabitat quali cavità di nidificazione di picidi, → cavità con legno in decomposizione, nidi di grandi uccelli (rapaci e gufi), corpi fruttiferi fungini, lesioni da fulmini, rami morti di grandi dimensioni nella corona, cavità o tasche nella corteccia o flusso di linfa superficiale.

Albero morto in piedi

Nell' → Inventario forestale nazionale (IFN) albero o arbusto morto a partire dai 12 centimetri di → diametro a petto d'uomo (DPU).

Alluvionamento da materiale grossolano

Deposito di materiale prevalentemente grossolano fuori-uscito dall'alveo di un corso d'acqua (→ pericoli naturali gravitativi).

Alterazione chimica

Dissoluzione e trasformazione di rocce e minerali nel suolo forestale. Costituisce il più importante processo di neutralizzazione degli acidi nei suoli e la più importante fonte di nutrienti per le piante (→ acidificazione del suolo).

Ammoniaca (NH_3)

Composto gassoso dell'azoto dall'odore pungente, velenoso. L'ammoniaca contamina l'ambiente, ad esempio in conseguenza di attività agricole (concimazione con liquame, allevamento).

Arbusteto

Secondo l' → Inventario forestale nazionale (IFN), area boschiva coperta da arbusti per più di due terzi del → popolamento. Sono considerati arbusteti in particolare i boschi di ontano verde e di pino mugo prostrato, ma anche i nocciioletti (cedui) e soprassuoli simili.

Aree di conservazione genetica

Zone forestali spazialmente definite, designate e protette per la conservazione a lungo termine della diversità genetica di importanti specie arboree principali.

Associazione forestale

Associazione vegetale dominata da alberi in un'unità floristicamente definita della struttura della vegetazione, caratterizzata dalla presenza di determinate specie vegetali.

Azienda forestale

Persona giuridica di diritto pubblico o privato o persona fisica, composta da uno o più proprietari del bosco e le cui aree boschive sono gestite con una direzione strategica e operativa unitaria. In Svizzera sono in genere sostenute dal settore pubblico, per esempio un Comune. Per essere incluse come tali nella → statistica forestale svizzera dell'Ufficio federale di statistica, le aziende forestali devono disporre di un conto consolidato in merito alla superficie gestita e di una superficie minima (Altipiano: 150 ha, Giura: 200 ha, Prealpi: 250 ha, Alpi e Sud delle Alpi: 500 ha).

Azoto (N)

Importante nutriente delle piante. L'azoto (N_2), un gas incolore e inodore, è il principale componente dell'aria. Affinché le piante possano assorbirlo, l'azoto atmosferico deve essere convertito in → nitrato (NO_3^-) o ammonio (NH_4^+).

B

Base

Composto chimico in grado di accettare → protoni. Può neutralizzare un → acido.

Biodiversità

Termine generico per indicare la diversità degli → ecosistemi (habitat, comunità) e dei loro processi, la diversità delle specie e la diversità genetica all'interno delle specie.

Biomassa

Insieme di tutte le sostanze organiche di origine vegetale o animale, compreso il materiale morto, in un → ecosistema.

Biotico

Detto di processi e fattori in cui sono coinvolti degli organismi viventi. I → fattori stazionali biotici sono fattori ambientali influenzati da esseri viventi, per esempio la concorrenza, gli organismi nocivi o il brucamento (→ abiotico).

Bosco disetaneo

→ Fustaia a struttura stratificata in cui alberi di tutte le classi di diametro crescono uno accanto all'altro e in cui si pratica sempre lo stesso tipo di intervento selvicolturale, cioè il taglio a scelta. Attraverso quest'ultimo si perseguono contemporaneamente i seguenti obiettivi: raccolta degli alberi maturi, selezione dei candidati, mantenimento su piccole superfici di una struttura stratificata e → rinnovazione costante.

Bosco giovane

→ Popolamento negli → stadi di sviluppo → novelleto/spessina e perticaia bassa. Nell' → Inventario forestale nazionale (IFN) tutti i popolamenti con → diametro a petto d'uomo dominante (DPUdom) inferiore a 12 centimetri vengono considerati bosco giovane.

Bosco naturale

Bosco formatosi da → rinnovazione naturale e che si sviluppa liberamente da molto tempo senza intervento umano. Nell' → Inventario forestale nazionale (IFN) sono considerati bosco naturale tutti i boschi gestiti o pascolati dal bestiame da più di 100 anni, che sono il risultato di una rinnovazione naturale pura e che contengono una proporzione di conifere vicina allo stato naturale.

Bosco permanente

Forma di gestione di un → popolamento. Il bosco viene rigenerato senza tagli di intere aree, ma con la rimozione di singoli alberi maturi (→ bosco disetaneo) o di piccoli gruppi di alberi (bosco disetaneo per gruppi e bosco disetaneo di montagna). Questo porta a un bosco disomogeneo in cui tutte le generazioni di alberi sono presenti l'una accanto all'altra in aree piccole o addirittura molto ristrette (→ taglio successivo a gruppi).

Burglind

Tempesta invernale che si è abbattuta sulla Svizzera il 3 gennaio 2018. È stata la più forte dai tempi di → Lothar nel 1999 e ha abbattuto circa 1,3 milioni di metri cubi di legno, in particolare nel Giura e nelle pianure a nord delle Alpi.

C

Capacità di scambio cationico

Misura che indica la capacità di stoccaggio del suolo per → cationi, misurato in quantità di cationi scambiabili (cationi basici: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ ; cationi acidi: H^+ , Al^{3+} , Fe^{2+}).

Carbonio (C)

Elemento base di tutti i composti organici. La combustione di carbonio o di composti a base di carbonio produce → diossido di carbonio (CO_2).

Catione

Composto chimico a carica positiva (→ catione, basico, → capacità di scambio cationico).

Catione, basico

Catione il cui idrossido (OH^-) è una → base debole. Sono basici i cationi nutritivi Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ . In inglese: base cation, acronimo BC. → rapporto BC/Al.

Cavità di legno in decomposizione

Cavità dell'albero in cui si è depositato legno in decomposizione (miscela di legno morbido in avanzato stato di decomposizione, residui vegetali ed escrementi di animali). Costituiscono un prezioso → habitat per specie rare e altamente specializzate.

Ceduo

Forma di base di un → popolamento, i cui alberi sono generati da polloni da ceppaia (riproduzione mediante una cacciata da un ceppo) o radicali. È la più antica forma di gestione regolamentata del bosco, finalizzata prevalentemente alla produzione di legna da ardere. Favorisce lo sviluppo di specie arboree capaci di generare polloni, quali il carpino e la quercia. Il ceduo è gestito con → turni da 10 a 30 anni (→ fustaia, → ceduo composto).

Ceduo composto

Forma di governo con elementi del → ceduo e della → fustaia, costituito da uno strato inferiore di polloni (alberi nati dalla formazione di una cacciata da un ceppo) e da uno strato superiore di piedi franchi (alberi nati da seme o talee) e, in parte, anche da polloni invecchiati nello strato superiore. Forma di gestione oggi rara, praticata soprattutto nel primo Medioevo fino al XIX secolo.

Composti organici volatili (COV)

Gruppo di composti a base di carbonio che evaporano facilmente. Possono contenere componenti tossici.

Conservazione ex situ

Conservazione di una specie al di fuori del suo spazio vitale naturale, ad esempio in collezioni di individui vivi appositamente allestite o sotto forma di semi in una banca genetica (→ conservazione in situ).

Conservazione in situ

Conservazione mirata di una specie nel suo spazio vitale naturale (→ conservazione ex situ).

Contabilità nazionale

Forma di calcolo e rappresentazione per il rilevamento statistico annuale dell'economia di un Paese, in cui vengono registrati la creazione, la distribuzione e l'utilizzo del valore totale di tutti i beni e servizi prodotti.

Criterio

Nell'ambito del Rapporto forestale 2025 un criterio secondo → Forest Europe definisce una tematica, ad esempio un aspetto del bosco, il cui stato o le cui caratteristiche possono essere descritti o valutati con vari → indicatori.

Critical Load

Carico critico di immissione di inquinanti (composti di zolfo e azotati, metalli pesanti) dall'atmosfera che un → ecosistema può sopportare, secondo le conoscenze attuali, senza subire danni a lungo termine.

Crittogame

Vegetali privi di fiori che si riproducono tramite spore (funghi, felci, equiseti) e funghi.

D**Definizione di bosco**

Il bosco è un ecosistema ricoperto in modo permanente da alberi. Secondo la definizione di bosco dell' → Inventario forestale nazionale (IFN) sono determinanti i criteri seguenti: → grado di copertura minimo del 20 per cento, altezza dominante di almeno 3 metri e larghezza minima da 25 a 50 metri (larghezza del bosco a seconda del → grado di copertura).

Diametro a petto d'uomo (DPU)

Diametro del fusto, misurato a un'altezza di 1,3 metri sopra il suolo (→ diametro medio).

Diametro medio

Diametro del tondame, misurato al centro del tronco, di solito sotto la corteccia (→ diametro a petto d'uomo DPU).

Dilavamento dei nitrati

Quantità annua di → nitrato (NO_3^-) dilavato dalla rizosfera nei corsi d'acqua e nelle acque sotterranee.

Diossido di carbonio (CO_2)

È prodotto dalla combustione o dalla decomposizione di materie prime contenenti carbonio quali legno o petrolio. Quale gas serra, il CO_2 è il principale responsabile del riscaldamento climatico. I vegetali legano il CO_2 atmosferico e fissano il → carbonio (C) nella loro → biomassa (→ fotosintesi).

Diversità strutturale

Nell' → Inventario forestale nazionale (IFN) indicatore per la caratterizzazione del → popolamento come spazio vitale, ottenuta dai parametri: → stadio di sviluppo, → grado di chiusura, → struttura del popolamento, proporzione di legname grosso, grado di danneggiamento del popolamento, presenza di margine del bosco o del popolamento, presenza e tipo di chiarie nel popolamento, → grado di copertura dello → strato arbustivo, grado di copertura degli arbusti produttori di bacche, così come la presenza di ceppaie, → legno morto a terra, → alberi morti in piedi e mucchi di rami.

E**Ecosistema**

Complesso dinamico e funzionale di tutti gli esseri viventi in un habitat (comunità simbiotica). Gli esseri viventi interagiscono con il loro ambiente → abiotico e → biotico e scambiano energia, sostanze e informazioni.

Eterozigosi

Individui che in un dato locus genico presentano geni materni e paterni (alleli) diversi sono eterozigoti per quanto riguarda il locus analizzato. Il tasso di eterozigosi (in %) indica quanti loci genici sono eterozigoti in un singolo albero o quanto è alto questo valore in media per tutti gli alberi di una popolazione. È utilizzato come misura della diversità genetica all'interno di popolazioni.

F**Fascia alberata**

Pascolo con alberi forestali e soggetto alla legislazione forestale svizzera. Si tratta di un paesaggio forestale aperto caratterizzato dall'alternarsi di isole di bosco e pascoli su piccole superfici. È un'area di particolare pregio naturalistico, formatasi in seguito al pascolamento estensivo. In Svizzera, i pascoli alberati più belli si trovano nell'Alto Giura e nelle Alpi centrali (→ selva).

Fascia altitudinale

Complesso delle stazioni con rapporti vegetativi simili (→ associazione forestale) tenendo in considerazione i fattori stazionali determinanti, in particolare la quota. In Svizzera si distinguono cinque fasce altitudinali principali: collinare (piano collinare), montana (piano sub-montano), subalpina (piano montano), alpina (piano alpino) e nivale (piano nivale). I confini tra le fasce altitudinali non sono netti e possono cambiare nel tempo.

Fattori stazionali

Complesso di tutti gli influssi ambientali che agiscono sugli organismi viventi in una determinata stazione. Comprende gli influssi → biotici e → abiotici dell'ambiente. Si distingue tra fattori stazionali primari, che hanno un impatto diretto, come ad esempio acqua, calore, luce e fattori chimici e meccanici, e secondari, che hanno un impatto indiretto, come quelli climatici, l'altitudine o i fattori biotici del suolo.

Flusso detritico

Colata a scorrimento da lento a veloce di un composto di acqua e materiali solidi (ad es. pietre), con un'elevata quota di materiale solido (anche colata di fango) (→ pericoli naturali gravitativi).

Flusso di ozono

Quantità di → ozono che viene assorbito attraverso le aperture degli stomi delle foglie e degli aghi. La quantità di ozono dipende sia dalla specie arborea che dalle condizioni ambientali (→ POD).

Flusso genetico

Diffusione dei geni (nel caso delle piante tramite polline e semi) all'interno e tra popolazioni.

Fonte di carbonio

Contrario di → serbatoio di carbonio

Forestà vergine

Forestà di cui non sono note né riconoscibili passate utilizzazioni da parte dell'uomo o i cui utilizzi sono stati talmente insignificanti e avvenuti in tempi tanto remoti da non lasciar intravvedere alcun influsso sulla mescolanza delle specie arboree, la struttura, la quantità di legno morto e la dinamica forestale. La forestà vergine è caratterizzata da grandi quantità di → legno morto, poiché il legname degli alberi deperiti rimane sul posto.

Forest Europe

Processo che vede coinvolti 45 Paesi europei e la Commissione europea per la protezione e la gestione sostenibile delle foreste in Europa.

Fotosintesi

Processo biochimico nel quale i vegetali utilizzano l'energia della luce solare per produrre composti organici da → diossido di carbonio (CO_2) e acqua e costituire con questi la → biomassa.

FSC

Acronimo di Forest Stewardship Council. Organizzazione internazionale di associazioni ambientaliste, popoli indigeni e rappresentanti dell'economia forestale e del legno, fondata nel 1993. Promuove una gestione ecologicamente e socialmente sostenibile delle foreste e certifica il legname prodotto secondo i relativi standard con la certificazione FSC (→ PEFC).

Funzione prioritaria

Se una foresta o un'area boschiva adempiono contemporaneamente a diverse → funzioni forestali, la principale di queste è definita funzione prioritaria. Nell' → Inventario forestale nazionale (IFN) si tratta della funzione che in caso di conflitti di utilizzazione è prioritaria secondo le indicazioni del forestale di sezione, tenendo conto, ove possibile, anche delle altre funzioni forestali.

Funzioni forestali

Compiti che il bosco svolge (effetti o potenzialità del bosco) o che ci si aspetta che svolga (esigenze dell'uomo). Nella Costituzione federale sono suddivise in funzioni protettive, economiche e ricreative (→ prestazioni forestali).

Fustaia

Forma di base di un → popolamento, i cui alberi sono per la maggior parte a piede franco (vale a dire alberi generati da semi o da talee). Si distingue tra fustaia regolare e → bosco disetaneo. La prima consiste in popolamenti omogenei, territorialmente e temporalmente chiaramente definibili, con una struttura stratificata, in cui il popolamento principale ha un → diametro a petto d'uomo (DPU) simile e può quindi essere assegnato a uno → stadio di sviluppo. Nella fustaia per tagli successivi la → rinnovazione al termine del → turno avviene tramite tagli di superfici intere (→ ceduo, → ceduo composto).

G**Gestione integrale dei rischi**

Gestione dei rischi che considera tutti i pericoli naturali e tutti i tipi di provvedimenti, nella quale tutti i responsabili partecipano alla progettazione e attuazione. Persegue la sostenibilità ecologica, economica e sociale.

Giganti

Alberi con un → diametro a petto d'uomo (DPU) superiore agli 80 centimetri. Sono particolarmente preziosi dal punto di vista ecologico perché offrono → habitat a molte specie di animali e insetti grazie al loro grande volume di legno, alla corteccia spessa e alla chioma solitamente molto densa e altamente strutturata.

Grado di chiusura

Struttura orizzontale di un popolamento e misura della concorrenza reciproca delle chiome (chiusura delle chiome). Il grado di chiusura si riferisce allo strato superiore del relativo popolamento, a condizione che questo raggiunga il 20 per cento del → grado di copertura. Nell' → Inventario forestale nazionale (IFN) si distinguono i seguenti gradi di chiusura: «stracolmo», «normale», «leggero», «aperto», «rado», «stracolmo a gruppi», «normale a gruppi» e «a fasce».

Grado di copertura

Rapporto tra la superficie coperta dalla proiezione verticale delle chiome (eventuali strati sovrapposti vengono conteggiati una sola volta) e la superficie totale di un popolamento o di una determinata superficie. Il grado di copertura non può superare il 100 per cento (→ grado di chiusura, → definizione di bosco).

H**Habitat**

Spazio vitale di una specie vegetale o animale che comprende l'insieme dei fattori ambientali-ecologici di una comunità.

Humus

Complesso delle sostanze (organiche) morte contenenti carbonio presenti nell'orizzonte organico e nel suolo (0–100 cm di profondità), (→ orizzonte organico).

I**Impianto di cogenerazione di energia elettrica e termica**

Impianto nel quale con il combustibile (ad es. legno) si produce elettricità, mentre contemporaneamente il calore generato è recuperato per altri scopi (ad es. processi industriali, riscaldamento), (→ impianto di combustione speciale).

Impianto di combustione speciale

Impianto nel quale si brucia → legname da energia in forma di pellet o cippato al fine di ricavarne calore ed elettricità. Al contrario degli impianti di combustione per locali singoli e alimentati con legna in pezzi, possono essere usati sia in grandi che in piccole dimensioni (→ impianto di cogenerazione di energia elettrica e termica).

Incremento

Nell' → Inventario forestale nazionale (IFN) incremento lordo del volume di legno. Esso comprende l'aumento del volume di → legno del fusto (con corteccia) di tutti gli alberi e arbusti con un → diametro a petto d'uomo (DPU) di almeno 12 centimetri sopravvissuti tra due inventari, il volume di legno del fusto (con corteccia) di tutti gli alberi e arbusti che hanno superato la soglia di cavallattamento e l'aumento modellizzato del volume di legno del fusto (con corteccia) degli alberi e arbusti scomparsi durante la metà del periodo di inventario (→ incremento netto).

Incremento lordo

vedi → incremento.

Incremento netto

→ Incremento del volume del legno dedotto il volume della mortalità.

Indicatore

Misura semplice e rilevabile per fatti, sistemi o processi complessi. Nell' → Inventario forestale nazionale (IFN) gli indicatori sono caratteristiche con particolari contenuti informativi relativi ai → criteri utilizzati per il controllo della sostenibilità.

Infrastruttura ecologica

Rete di aree importanti per la biodiversità che serve a conservare, valorizzare, ripristinare e collegare pregiati spazi vitali naturali e seminaturali.

Inquinanti atmosferici

Sostanze inquinanti trasportate dall'aria. Ne fanno parte → ozono, → ammoniaca, ossidi di azoto o diossido di zolfo, ma anche le polveri fini (→ aerosol).

Inventario forestale

Rilevamento periodico delle caratteristiche degli alberi e dei popolamenti forestali come base per il monitoraggio e la pianificazione forestale a livello aziendale, cantonale o nazionale (→ Inventario forestale nazionale [IFN], → Inventario Sanasilva).

Inventario forestale nazionale (IFN)

Inventario per campionamento su circa 6500 aree di saggio distribuite in tutta la Svizzera. Rileva periodicamente lo stato e i cambiamenti del bosco svizzero. Questa raccolta di dati permette asserzioni statisticamente attendibili per la Svizzera, i Cantoni più grandi e le regioni. Attualmente è in corso il quinto inventario (IFN5 2018–2026). Nel Rapporto forestale 2025 sono stati integrati i risultati della valutazione intermedia IFN5 (2018–2022). I precedenti hanno avuto luogo nel 1983–1985 (IFN1), 1993–1995 (IFN2), 2004–2006 (IFN3) e 2009–2017 (IFN4). Dal 2009 i dati sono rilevati in modo continuativo, con l'esame annuale di un nono delle aree di saggio. Le fonti primarie di dati sono immagini aeree, rilevamenti nel bosco e inchieste presso → servizi forestali.

Inventario Sanasilva

Rilevamento annuale della → trasparenza della chioma e della mortalità su circa 50 aree di saggio situate su una sub-rete di punti sistematici dell' → Inventario forestale nazionale (IFN). È parte del reticolo di 16 × 16 km rappresentativa a livello europeo di → UNECE Forests Level I (→ inventario forestale).

Isola di bosco vecchio

Generalmente un popolamento che ricopre da 1 a 5 ettari composto prevalentemente da alberi vetusti che vengono lasciati decadere naturalmente. Le isole di bosco vecchio servono ad arricchire il soprassuolo vecchio e il → legno morto nel bosco gestito.

L

Legge forestale (LFo)

Legge federale del 4 ottobre 1991 sulle foreste, entrata in vigore il 1° gennaio 1993, e la relativa ordinanza del 30 novembre 1992 sulle foreste (OFo). La prima legge forestale svizzera è stata la «legge federale di alta sorveglianza sulla polizia delle foreste in alta montagna» entrata in vigore nel 1876, che conteneva già i principi della gestione sostenibile dei boschi, fra cui in particolare l'obbligo di conservazione delle foreste, secondo cui i dissodamenti nei boschi non di protezione sono consentiti solo se la medesima superficie viene rimboschita altrove.

Legna in pezzi

Legno forestale essiccato, segato e spaccato che viene utilizzato come → legname da energia.

Legno bostricato

Alberi infestati dal bostrico.

Legname da energia

Legno destinato ad essere utilizzato termicamente, ovvero attraverso la combustione, per la produzione di energia. Viene impiegato sotto forma di legna da ardere classica (→ legna in pezzi), cippato, bricchette o pellet. In base all'origine, si distingue tra legno prodotto in bosco, → legname da formazioni arboree non boschive, → Inventario forestale nazionale (IFN) e → legno usato.

Legname da formazioni arboree non boschive

Legname che cresce al di fuori del bosco sui campi. È detto anche legno proveniente dalla cura del paesaggio. Comprende il legno proveniente da aree residenziali, scarpate stradali o argini e dalla manutenzione di siepi o singoli alberi.

Legname d'opera

→ Tondame trasformato in prodotti pregiati come → segati o legno impiallacciato. Si tratta generalmente di → legno del fusto.

Legname residuo (residui delle utilizzazioni forestali)

Parte della raccolta del legname che non può essere utilizzata come → tondame. Si tratta di ramaglia così come di tronchi e rami che non raggiungono i diametri e le lunghezze prestabilite per gli assortimenti di legname tondo. Viene utilizzato a scopi energetici e raramente come materia prima.

Legname residuo (scarti industriali)

Scarti della lavorazione del legno di aziende come segherie, piallerie e falegnamerie, ad esempio trucioli e segatura. Viene utilizzato come materia prima e a scopi energetici.

Legno da industria

Legname grezzo, sminuzzato e scomposto meccanicamente o chimicamente. Serve alla produzione di pasta di legno o cellulosa per l'industria cartaria, lana di legno, pannelli in truciolato e fibra e altri prodotti industriali.

Legno del fusto

Legno epigeo del tronco fino al cimale (senza ramaglia), nell'→ Inventario forestale nazionale (IFN) con corteccia (→ legname d'opera).

Legno morto

Alberi e arbusti morti, in piedi o a terra. (→ albero morto in piedi).

Legno usato (economia del legno)

Legno proveniente ad esempio dalla demolizione di edifici e dallo smaltimento di mobili e imballaggi. A seconda della provenienza può essere naturale o trattato.

Limite del bosco, statico

Limite fisso del bosco iscritto nel piano regolatore. I popolamenti che crescono al di fuori di questo limite non sono considerati bosco in senso giuridico e possono pertanto essere dissodati senza specifica autorizzazione.

Lothar

Nome di una depressione atmosferica che il 26 dicembre 1999 ha attraversato l'Europa occidentale e centrale. In Svizzera questa tempesta ha causato danni per quasi 1,8 miliardi di franchi.

M**Margine boschivo**

Zona limite o di transizione dalla forma vegetativa bosco ad altri elementi del paesaggio. Comprende il mantello boschivo con i tipici alberi marginali con → diametro a petto d'uomo (DPU) di almeno 12 centimetri, la fascia arbustiva con specie legnose al di sotto di 12 centimetri DPU e l'orlo erbaceo, una zona cuscinetto inutilizzata o utilizzata solo in modo estensivo che arriva fino al terreno coltivo utilizzato in modo intensivo.

Metro cubo di legname tondo

Unità di misura per il legname tondo (→ tondame), il più delle volte senza corteccia. Corrisponde a un metro cubo di massa legnosa solida. L'unità di misura è utilizzata per il legname tondo raccolto e venduto.

Micorriza

Associazione simbiotica tra un fungo e una pianta in cui il fungo è a contatto con il sottile sistema radicale della pianta. I funghi micorrizici forniscono alla pianta nutrienti e acqua dal terreno e in cambio ricevono dalla pianta verde il glucosio prodotto dalla fotosintesi.

Monitoraggio della biodiversità (MBD)

Progetto dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) per il rilevamento della → biodiversità in Svizzera. Nell'ambito dell'MBD si rileva periodicamente il numero di determinate specie animali e vegetali. Rileva le tendenze dello sviluppo della biodiversità.

Monitoraggio socioculturale del bosco (WaMos)

Sondaggio periodico sul rapporto della popolazione con il bosco svizzero svolto nel 1997 (WaMos 1) e 2010 (WaMos 2) sotto forma di indagini telefoniche rappresentative e nel 2020 (WaMos 3) di indagine online.

N**Neofita**

Specie vegetale introdotta intenzionalmente o inavvertitamente dall'uomo al di fuori del suo areale di distribuzione naturale dopo il 1492 (viaggio di Colombo in America).

Nitrato (NO_3^-)

Composto idrosolubile di azoto e ossigeno. I vegetali coprono il loro fabbisogno di azoto anche assorbendo nitrato dall'acqua del suolo.

Novelletto/Spessina

→ Stadio di sviluppo di un → popolamento del quale i 100 alberi più alti all'ettaro presentano un'altezza media massima di 1,3 metri. I giovani alberi non formano un popolamento chiuso e appartengono allo strato erbaceo o allo → strato arbustivo.

O**Obbligo di conservazione dei boschi**

vedi → legge forestale (LFo)

Orizzonte organico

Strato superiore del suolo forestale composto da residui organici della vegetazione in vari stadi di decomposizione (→ strato attivo).

Ozono (O_3)

Composto di ossigeno fortemente ossidante. Gas in tracce nell'atmosfera. A grandi altezze lo strato di ozono protegge la Terra dai pericolosi raggi ultravioletti. In prossimità del suolo invece è dannoso già in minime concentrazioni: irrita le vie respiratorie dell'essere umano e nei vegetali aggredisce la membrana cellulare delle foglie.

P**Parassita**

Un organismo parassita vive a spese di altri organismi viventi attingendo alle loro sostanze nutritive.

Patrimonio culturale immateriale

Tradizioni e modi di esprimersi trasmessi oralmente, arti figurative, pratiche sociali, rituali e feste, conoscenze e pratiche nei rapporti con la natura e l'universo nonché conoscenze tecniche di pratiche artigianali tradizionali.

PEFC

Acronimo di Programme for the Endorsement of Forest Certification. Sistema indipendente di certificazione per garantire e migliorare continuamente una gestione forestale secondo il principio della continuità (→ FSC).

Pericoli naturali gravitativi

Movimenti verso valle come processi di crollo, valanghe, smottamenti, colate detritiche e piene.

Perturbazioni

Eventi limitati nel tempo e nello spazio che provocano la perdita di biomassa vivente, ad esempio schianto del vento, infestazione da bostrico, incendio boschivo o siccità (→ utilizzazione forzata).

Piano collinare

vedi → Fascia altitudinale

Piano di sviluppo forestale (PSF)

È lo strumento direttivo e coordinativo per il → servizio forestale cantonale (in alcuni Cantoni anche piano forestale regionale). Vincolante per le autorità, stabilisce le prestazioni del bosco (→ Funzioni forestali) di interesse pubblico ed emana direttive inerenti la sostenibilità della gestione forestale. Il piano di sviluppo forestale deve essere coordinato con il piano direttore cantonale secondo la legge sulla pianificazione del territorio.

Piantagione

L'attività di piantare, nel loro sito definitivo, giovani alberi o arbusti da seme o da talea. Viene utilizzata spesso per la → rinnovazione del bosco, ad esempio su superfici con alberi abbattuti da una tempesta (→ rinnovazione naturale).

Piante autoctone

Piante indigene che si sono sviluppate naturalmente nel loro areale di distribuzione o che l'hanno colonizzata senza introduzione diretta o indiretta o senza intervento dell'uomo.

Piante vascolari

Piante che dispongono di un sistema di conduzione dell'acqua stabile (trachee o vasi conduttori). Presentano una struttura formata da radici, fusto e foglie; si suddividono in crittogene (senza semi, come felci ed equiseti) e spermatofite (con semi, come alberi, arbusti, erbe, fiori).

Plasticità

Alterazione delle caratteristiche esterne di un individuo in reazione alle variazioni dei fattori ambientali. Anche differenze esterne tra individui con genotipi identici (cloni) o almeno molto simili. Spesso è la conseguenza di un'alterazione dell'espressione genica.

POD

Dose di ozono fitotossica (ingl.: *phytotoxic ozone dose*). Indice della dose di ozono assorbita attraverso l'apertura degli stomi della pianta (→ flusso di ozono).

Polveri fini

Microscopiche particelle nell'aria che si formano durante processi diversi (combustione, abrasione meccanica, formazione secondaria da precursori gassosi) (→ aerosol).

Popolamento

Insieme di alberi che si differenzia in modo significativo dall'ambiente circostante in termini di composizione delle specie arboree, età o struttura. Il popolamento è l'unità spaziale più piccola nell'ambito degli interventi selvicolturali e dell' → inventario forestale.

Popolamento, denso

→ Popolamento in cui le chiome degli alberi sono ravvicinate e si influenzano a vicenda, presentando di conseguenza spesso chiome deformate (→ grado di chiusura).

Popolamento madre (da seme)

→ Popolamento di almeno 100 alberi di qualità selezionata, dai quali si traggono le → sementi.

Potenziale di energia da legno

Quantità di legno utilizzabile a fini energetici. Si distingue tra potenziale teorico e sostenibile. Mentre il primo riflette un limite massimo che può essere raggiunto solo in teoria (p. es. → incremento), il secondo indica il potenziale disponibile, tenendo conto delle condizioni quadro sul piano legale, politico, ecologico, tecnico ed economico.

Prestazioni forestali

Benefici economici, sanitari o sociali che la foresta apporta agli individui o alla società nel suo complesso. Spesso utilizzato come sinonimo di → servizi ecosistemici del bosco (→ funzioni forestali).

Programma intercantonale di osservazione permanente (Interkantonale Walddauerbeobachtung, WDB)

Programma di ricerca per il monitoraggio a lungo termine delle foreste, gestito dal 1984 dall'Institut für angewandte Pflanzenbiologie (IAP) per conto di attualmente 13 Cantoni e dell'UFAM. Registra periodicamente la salute e la vitalità dei boschi su 190 aree di osservazione, monitorando in particolare la crescita dei boschi e il bilancio dei nutrienti del suolo.

Protone

Atomo di idrogeno a carica elettrica positiva (H^+). I protoni vengono liberati da → acidi in soluzione acquosa e assorbiti da → basi. I terreni acidi presentano un'elevata concentrazione di protoni (→ valore pH).

Provenienza

Detta anche origine. Luogo di provenienza di → sementi o giovani alberi per la → piantagione. Ad esempio, i faggi del Sihlwald hanno una provenienza pregiata per le loro caratteristiche di crescita. Alla luce del cambiamento climatico assumono importanza le provenienze di specie autoctone da zone più asciutte e calde.

Provvigione (provvigione legnosa)

Volume di → legno del fusto (per lo più espresso in m^3 per ha) con corteccia di tutti gli alberi e gli arbusti vivi (in piedi e a terra) con un → diametro a petto d'uomo (DPU) di almeno 12 centimetri per un → popolamento o su una superficie.

R**Raccolta del legname**

Prelievi di alberi dal bosco. Il processo di raccolta del legname comprende il taglio del legname (taglio e lavorazione, sramatura e sezionatura degli alberi), l'esbosco e l'accatastamento dei tronchi e degli alberi (trasporto fino alla strada forestale) e il deposito in luoghi adatti per il successivo trasporto su strada fino all'azienda di lavorazione (→ sentiero di esbosco).

Rapporto BC/Al

Rapporto tra → cationi basici Ca, Mg e K (*base cations* = BC) e alluminio inorganico (Al) nella → soluzione del suolo (misura dell' → acidificazione del suolo).

Resilienza

Capacità di un → ecosistema di mantenere uno stato di equilibrio nonostante le diverse perturbazioni ecologiche.

Rete pilota di aziende forestali**(Forstwirtschaftliches Testbetriebsnetz, TBN)**

Indagine sistematica sulla situazione economica di 160 aziende forestali pubbliche. I dati raccolti per zona forestale e per l'insieme del territorio elvetico consentono di effettuare valutazioni per l'intero settore.

Ricerca a lungo termine su ecosistemi forestali**(Langfristige Waldökosystemforschung, LWF)**

Programma di ricerca che studia i carichi ambientali sul bosco di origine antropica e naturale. Questo programma si basa su una rete di superfici e serie di misurazioni che sono parte della rete dell' → UNECE (49 superfici dell' → Inventario Sanasilva su un reticolo sistematico di 16 × 16 km e 19 aree sperimentali per la ricerca a lungo termine).

Rinnovazione

Sementazione e crescita di alberi giovani. La rinnovazione può essere promossa da misure selviculturali (p. es. il diradamento per la → rinnovazione naturale) o con interventi mirati da parte dell'uomo (→ piantagione). Anche: collettivi di giovani alberi.

Rinnovazione naturale

→ Rinnovazione nata in modo naturale per sementazione o moltiplicazione vegetativa.

Risorse genetiche

Diversità genetica presente in popolamenti naturali o in → Conservazione ex situ.

S**Saprofitti**

Organismi, soprattutto funghi e batteri, che si nutrono di materiale organico morto (legno, parti di piante, foglie, aghi, pigne, corna, animali morti ecc.) perché non sono in grado di sintetizzare materia organica.

Saturazione basica

Percentuale di → cationi basici sulla → capacità di scambio cationico del suolo. Un'elevata saturazione basica significa di solito una buona disponibilità di nutrienti per le piante, mentre una bassa è caratteristica dei terreni acidi.

Segati

Prodotti di segheria dal taglio di → legname d'opera; ad esempio, listelli e assi per l'edilizia, l'industria degli imballaggi o la produzione di mobili.

Selva

Pascolo simile a un parco con castagni o noci, che serve sia all'utilizzazione di legname e frutti sia per la raccolta del fieno o come pascolo; in Svizzera diffuso soprattutto al Sud delle Alpi. In ambito agroforestale la selva sta assumendo un'importanza sempre maggiore per una produzione agricola sostenibile (→ fascia alberata).

Selvicoltura naturalistica

Gestione che si orienta secondo lo sviluppo naturale del bosco. Persegue popolamenti misti adatti alla stazione, strutturati in modo ricco sia orizzontalmente sia verticalmente, nonché la → rinnovazione naturale. Al contrario del → bosco naturale, il bosco a gestione naturalistica è utilizzato.

Sementi

Semi raccolti direttamente da alberi madre, con reti o da terra, utilizzati per la coltivazione di giovani alberi forestali.

Sentiero di esbosco

Striscia aperta nel soprassuolo, costruita senza spostamenti di terreno, accessibile ai trattori per il trasporto del legname fino alla più vicina strada camionabile (→ tappeto di ramaglia).

Serbatoio di carbonio

Serbatoio che assorbe e immagazzina il → carbonio (detto anche pozzo di carbonio). I boschi assorbono il carbonio con la crescita degli alberi e con il suo accumulo nella materia organica, nel terreno e nel legno morto. I boschi rilasciano invece il carbonio nell'atmosfera a seguito del loro utilizzo e del processo di decomposizione. Se il carbonio assorbito è superiore rispetto a quello ceduto, il bosco diventa un pozzo di carbonio. Questa definizione non considera la capacità d'immagazzinamento nel legname utilizzato nelle costruzioni.

Servizio ecosistemico

Vantaggio che un → ecosistema fornisce alla società, ad esempio la produzione di biomassa o lo stoccaggio di carbonio (→ funzioni forestali, → prestazioni forestali).

Servizio forestale

Ufficio dell'Amministrazione federale e cantonale responsabile dell'applicazione della legislazione forestale. I Cantoni suddividono il loro territorio in circondari forestali e sezioni forestali.

Solcatura

Formazione di solchi nel suolo forestale causata dalle forze di attrito delle ruote o dei cingoli di macchine forestali pesanti durante la raccolta del legname. La solcatura può essere ridotta con accorgimenti tecnici.

Soluzione del suolo

Tenore d'acqua del suolo, comprese le sostanze in esso disciolte. Svolge l'importante funzione di mezzo di trasporto e di reazione nel suolo.

Soprassuolo vecchio (economia forestale)

Stadio di sviluppo di un popolamento nel quale i 100 alberi con diametro maggiore per ettaro hanno mediamente un → diametro a petto d'uomo di almeno 50 centimetri. Corrisponde allo stadio di sviluppo «fustaia matura» nell' → Inventario forestale nazionale (IFN).

Sostenibilità nell'utilizzazione del bosco e del legno

Principio di gestione forestale volto a preservare il bosco e le sue numerose funzioni e prestazioni nel lungo periodo (→ funzioni forestali, → prestazioni forestali).

Specie bersaglio

Specie animale o vegetale la cui conservazione e promozione è l'obiettivo diretto e specifico delle misure di cura e protezione. Spesso una → specie prioritaria a livello nazionale. Il successo dei provvedimenti si misura con l'effettiva presenza della specie bersaglio (→ specie ombrello).

Specie del bosco climax

Specie arborea che si stabilisce verso il termine della → successione (→ specie pioniera).

Specie invasiva alloctona

Specie introdotta di cui è noto o si può ragionevolmente ritenere che si stia diffondendo in Svizzera e che potrebbe formare popolazioni così dense da danneggiare la biodiversità e il suo uso sostenibile, o mettere in pericolo l'uomo, gli animali o l'ambiente.

Specie ombrello

Specie bersaglio nella conservazione delle specie. La protezione di una specie ombrello va a beneficio anche di numerose altre specie presenti nello stesso habitat.

Specie pioniera

Specie vegetale che emerge nei primi stadi della → successione. Le specie pioniere presentano generalmente le seguenti caratteristiche: produzione abbondante di semi che si disperdono facilmente, fruttificazione annuale, crescita rapida in gioventù, bassa tolleranza all'ombra, alta tolleranza a condizioni climatiche estreme e solitamente una breve durata di vita (→ specie del bosco climax).

Specie prioritarie a livello nazionale, ambienti prioritari a livello nazionale

Elenchi di specie animali e vegetali e di ambienti che la Confederazione ha definito prioritari per la promozione delle specie in Svizzera. La definizione delle priorità si basa sul grado di minaccia e sulla responsabilità della Svizzera per la conservazione di una specie o di un ambiente.

Stadio di sviluppo

Tappa nell'evoluzione di un popolamento, definita in base alle dimensioni medie o dominanti raggiunte (diametro o altezza). Nell' → Inventario forestale nazionale (IFN) gli stadi di sviluppo vengono distinti sulla base del → diametro a petto d'uomo dominante (DPUdom): novelleto/spessina (< 12 cm), perticaia (12–30 cm), fustaia giovane (31–40 cm), fustaia adulta (41–50 cm) e fustaia matura (> 50 cm).

Statistica forestale svizzera

Dati e informazioni raccolte per mezzo di rilevamenti annuali condotti dall'Ufficio federale di statistica sulla quantità di legname reso disponibile dalla catena di lavorazione per assortimento e tipologia, sui rimboschimenti e sui dati finanziari operativi (esclusi i piccoli proprietari forestali). Le indagini vengono effettuate in modo completo presso tutte le aziende forestali e in parte presso la → rete pilota di aziende forestali (TBN).

Strategia integrale per le foreste e il legno 2050

Strategia nazionale che dal 2025 sostituirà la politica forestale e quella della risorsa legno. Comprende un approccio integrato (equilibrio tra aspetti di protezione e utilizzazione) tenendo conto degli obiettivi settoriali (clima, energia, biodiversità, pianificazione territoriale, economia regionale, agricoltura, economia circolare, sicurezza, bioeconomia ecc.).

Strato arboreo

Strato di vegetazione formato principalmente da alberi. Lo strato arboreo determina la composizione e la struttura del bosco, contiene la maggior parte della sua biomassa e controlla molti importanti → servizi ecosistemici e funzioni ecosistemiche (→ strato arbustivo).

Strato arbustivo

Strato nella → struttura del popolamento verticale, composto principalmente da arbusti con un'altezza massima di 5 metri (→ strato arboreo).

Strato attivo

Secondo strato superiore del suolo forestale, detto anche orizzonte A, costituito da terra minerale e humus (→ orizzonte organico).

Struttura del popolamento

Stratificazione verticale di un popolamento, definita dalle proporzioni dei suoi strati (superiore, medio e inferiore) come monoplana, pluriplana, stratificata o a collettivi (a gruppi).

Successione

Continuità naturale di associazioni vegetali o animali in un determinato luogo. La successione forestale è la continuità di cosiddette associazioni pioniere con specie arboree eliofile fino alle associazioni forestali del bosco maturo con specie arboree sciafile (→ specie pioniera, → specie del bosco climax o definitivo).

Superficie forestale

Totale di tutte le superfici che corrispondono alla definizione di bosco dell' → Inventario forestale nazionale (IFN). Comprende boschi e → arbusteti.

Swiss Bird Index (SBI[®])

Indice della Stazione ornitologica svizzera di Sempach, che riprende lo sviluppo degli uccelli nidificanti dal 1990. Nell'indice relativo al bosco sono analizzate 56 specie di uccelli dei quali vi sono dati sufficienti per valutare gli sviluppi delle popolazioni.

T

Taglio successivo a gruppi

Tipo di rinnovazione di un → popolamento. Il bosco viene rigenerato attraverso una combinazione di diversi tipi di taglio (schermato, successivo, a orlo), in Svizzera generalmente su piccola scala. Si formano così popolamenti con → stadi di sviluppo che si differenziano chiaramente per le dimensioni degli alberi (→ bosco permanente, → bosco disetaneo).

Tappeto di ramaglia

Pista costituita da rami di alberi abbattuti che serve, durante la raccolta del legname, per preservare il suolo dai solchi provocati dal transito delle macchine forestali e dal trasporto dagli alberi (→ sentiero di esbosco).

Tondame

Definizione generale per il → legname d'opera, → legno da industria e → legname da energia preparato in forma grezza tonda al momento della → raccolta del legname. A seconda dei gruppi di specie arboree si distingue tra tondame di latifoglie e tondame di conifere.

Trasparenza della chioma

Perdita di aghi o foglie di un albero rispetto a un valore di riferimento, di cui tuttavia l'osservatore ritiene sconosciuta la causa. Il valore di riferimento corrisponde al valore massimo di aghi e foglie specifico della specie e del sito. La trasparenza della chioma e la crescita degli alberi sono gli → indicatori delle condizioni di salute del bosco nel lungo periodo.

Turno

Determinato periodo di tempo tra l'impianto e il taglio di sgombero (utilizzo finale) di un → popolamento. Corrisponde al periodo di tempo che intercorre tra due utilizzi finali (→ ceduo, → fustaia).

U**UNECE**

Acronimo di United Nations Economic Commission for Europe. La Commissione economica per l'Europa delle Nazioni Unite con sede a Ginevra è stata fondata nel 1947 come una delle cinque organizzazioni regionali dell'ONU. Il suo scopo primario è la promozione della collaborazione economica tra i suoi 56 Stati membri.

Ungulati

Termine collettivo per gli artiodattili selvatici. Nell'→ Inventario forestale nazionale (IFN) si intendono le specie animali cervo, capriolo e camoscio.

Utilizzazione forzata

Utilizzazione imprevista di popolamenti forestali a causa di → perturbazioni.

Utilizzo a cascata

Strategia che consiste nell'utilizzare il legno innanzitutto come materiale, ad esempio per l'edilizia o la fabbricazione di mobili e solo successivamente, al termine del ciclo di vita, a fini energetici, ad esempio per produrre calore.

V**Valore aggiunto lordo**

Valore di tutti i beni e servizi prodotti da un Paese in un anno al netto dei consumi intermedi, ossia dei beni o servizi consumati, lavorati o trasformati nel processo produttivo.

Valore pH

Unità di misura della concentrazione di → protoni in un ambiente acquoso, ad esempio in una → soluzione del suolo o anche nella pioggia. Più basso è il valore pH, maggiore è la concentrazione di protoni. I liquidi con un valore pH pari a 7 sono considerati neutri, quelli con un valore superiore a 7 basici e quelli con un valore inferiore a 7 acidi.

Vitalità

Caratteristica di un albero determinata dal suo patrimonio genetico e dalle condizioni ambientali. Si esprime soprattutto nell'adattabilità e nella competitività degli alberi.

Vivian

Nome di una tempesta che nel 1990 ha causato ingenti danni in Europa e anche in Svizzera. In Svizzera, Vivian ha colpito soprattutto le Prealpi del nord, dove sono state rase al suolo grandi superfici di boschi di montagna.

Volume di legno totale

Volume di → legno del fusto di tutti gli alberi e arbusti vivi e morti (in piedi e a terra) con un → diametro a petto d'uomo (DPU) di almeno 12 centimetri. Il volume di legno totale si compone della → provvigione (legnosa) e del volume di → legno morto.

X**Xilobionte, specie**

Funghi o animali che almeno in una fase della loro esistenza si nutrono completamente o parzialmente di legno o che lo abitano o lo utilizzano. La definizione è usata soprattutto per gli insetti.

Z**Zona di protezione delle acque sotterranee**

Lo strumento di pianificazione più importante per la protezione dell'acqua potabile. I Cantoni sono tenuti a designare le zone di protezione attorno a ogni captazione di acque sotterranee di interesse pubblico con diversi gradi di protezione. La zona S1 serve a proteggere direttamente la captazione dell'acqua potabile. La zona S2 protegge la captazione da influssi nocivi e interventi strutturali. La zona S3 è un cuscinetto di transizione verso l'area di protezione delle acque adiacente e prevede restrizioni d'uso e misure di prevenzione dei pericoli. Gli acquiferi in roccia carsica o fessurata fortemente eterogenei dal 2017 sono protetti anche dalle zone Sh (h = alta vulnerabilità) e Sm (m = media vulnerabilità).

Zone forestali

Regione definita da diverse condizioni di crescita e produzione di legname. La Svizzera è suddivisa nelle zone Giura, Altipiano, Prealpi, Alpi e Sud delle Alpi. Nell' → Inventario forestale nazionale (IFN) sono dette anche regioni di produzione.

Bibliografia

- Abegg M., Ahles P., Allgaier Leuch B., Cioldi F., Didion M., Düggelin C., Fischer C., Herold A., Meile R., Rohner B., Rösler E., Speich S., Temperli C. & Traub B., 2023:** Swiss national forest inventory NFI. Result tables and maps of the NFI surveys 1983–2022 (NFI1, NFI2, NFI3, NFI4, NFI5.1–5). <http://www.lfi.ch/resultate>
- Aleweli C., Egli M. & Meusburger K., 2015:** An attempt to estimate tolerable soil erosion rates by matching soil formation with denudation in Alpine grasslands. *Journal of Soils and Sediments* 15: 1383–1399. DOI: 10.1007/s11368-014-0920-6
- Arend M., Link R. M., Patthay R., Hoch G., Schuldt B. & Kahmen A., 2021:** Rapid hydraulic collapse as cause of drought-induced mortality in conifers. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 118 (16): 25111. DOI: 10.1073/pnas.2025251118
- ARGE Frehner M., Dionea S. A. & IWA Wald und Landschaft AG, 2020:** NaiS-LFI – Zuordnung der LFI-Stichprobenpunkte zu Waldgesellschaften. Erläuternder Schlussbericht. Su mandato dell’Ufficio federale dell’ambiente (UFAM).
- Arnold R., Auer N., Bürgi P., Coleman Brantschen E. C. & Pierre S., 2020:** Waldleistungen ausserhalb der Holzproduktion. Entwicklung von Einnahmen und Kostendeckung anhand empirischer Daten aus dem forstwirtschaftlichen Testbetriebsnetz (TBN) der Schweiz. Berner Fachhochschule, HAFL, Zollikofen.
- Associazione per l’acqua, il gas e il calore (SVGW), 2023:** Captazione dell’acqua in Svizzera, 1945–2020. Infografica. <https://www.svgw.ch/it/acqua/statistica-acqua-infografica/> (consultato per l’ultima volta il 28/6/2023)
- Bachmann P., 2005:** Forstliche Planung – heute und morgen. *Forestry planning: today and tomorrow*. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 156: 137–141. DOI: 10.3188/szf.2005.0137
- Bachofen H., Brändli U.-B., Brassler P., Kasper H., Lüscher P., Mahrer P., Rieger W., Stierlin H.-R., Strobel T., Sutter R., Wenger C., Winzeler K. & Zingg A., 1988:** Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der Erstaufnahme 1982–1986. WSL, Birmensdorf.
- Baumgarten F., Gessler A. & Vitasse Y., 2023:** No risk – no fun: Penalty and recovery from spring frost damage in deciduous temperate trees. *Functional Ecology* 37: 648–663. DOI: 10.1111/1365-2435.14243
- Bebi P., Piazza N., Ringenbach A., Caduff M., Conedera M., Krumm F. & Rigling A., 2023:** Schutzwirkung und Resilienz von Gebirgswäldern nach natürlichen Störungen. In: Bebi P., Schweier J.: *Aus Störungen und Extremereignissen im Wald lernen*. WSL, Birmensdorf. 41–48.
- Beenken L., Buser C., Dubach V., Forster B., Hölling D., Meier F., Meyer J. B., Odermatt O., Ruffner B., Schneider S., Stroheker S. & Queloz V., 2018:** Waldschutzüberblick 2017. WSL, Birmensdorf. WSL Berichte, Nr. 67.
- Bernasconi A., Dirac C., Griess V., de Groot R. & Inostroza L., 2022:** Erfassung und Bewertung von Waldleistungen Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 173: 284–287. DOI: 10.3188/szf.2022.0284
- Bernath K., von Felten N., Buser B. & Walker D., 2013:** Inländische Wertschöpfung bei der stofflichen und energetischen Verwendung von Holz. Studio commissionato dall’Ufficio federale dell’ambiente (UFAM).
- Birrer S., Bühler C., Fluri M., Heer N., Hutter P., Kipfer T., Kurtogullari Y., Kohli L., Martinez N., Plattner M., Roth T., Stalling T., Steiner E., Stickelberger C. & Zanger A., 2022:** In: Ursachenanalyse im Wald. Sonderheft zu Hotspot 46: 20–21.
- Blaser S., Ruffner B., Mittelstrass J., Dubach V. & Queloz V., 2023:** First detection of invasive Douglas fir needle midges from the genus *Contarinia* Rondani (Diptera: Cecidomyiidae) in Switzerland. In fase di revisione. Bioinvasions Records.

-
- Blattert C., Bürgi A. & Lemm R., 2012:** Berechnung von Mehraufwand und Minderertrag infolge des Trinkwasserschutzes im Wald. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 163: 437–444. *DOI: 10.3188/szf.2012.0437*
- Blattert C., Lemm R., Thürig E., Stadelmann G., Brändli U.-B. & Temperli C., 2020:** Long-term impacts of increased timber harvests on ecosystem services and biodiversity: A scenario study based on national forest inventory data. Ecosystem Services 45: 101–150. *DOI: 10.1016/j.ecoser.2020.101150*
- Bobbink R., Loran C. & Tomassen H., 2022:** Review and revision of empirical critical loads of nitrogen for Europe. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Bonnamour A., Gippet J. M. W. & Bertelsmeier C., 2021:** Insect and plant invasions follow two waves of globalisation. Ecology Letters 24: 2418–2426. *DOI: 10.1111/ele.13863*
- Bornand C., Gygax A., Juillerat P., Jutzi M., Möhl A., Rometsch S., Sager L., Santiago H. & Eggenberg S., 2016:** Lista Rossa delle piante vascolari. Specie minacciate in Svizzera. UFAM, Berna; Info Flora, Ginevra. Pratica ambientale n. 1621
- Bose A. K., Rigling A., Gessler A., Hagedorn F., Brunner I., Feichtinger L., Bigler C., Egli S., Etzold S., Gossner M. M., Guidi C., Lévesque M., Meusburger K., Peter M., Saurer M., Scherrer D., Schleppi P., Schönbeck L., Vogel M. E., von Arx G., Wermelinger B., Wohlgemuth T., Zweifel R. & Schaub M., 2022:** Lessons learned from a longterm irrigation experiment in a dry Scots pine forest: Impacts on traits and functioning. Ecological Monographs 92 (2): e1507. *DOI: 10.1002/ecm.1507*
- Brändli U. B. & Bollmann K., 2015:** Diversità delle specie. In: Rigling A., Schaffer H.-P.: Rapporto forestale 2015. Stato e utilizzazione del bosco svizzero. UFAM, Berna; WSL, Birmensdorf.
- Brändli U. B. & Cioldi F., 2015:** Distribuzione dell'età e struttura dei popolamenti. In: Rigling A., Schaffer H.-P.: Rapporto forestale 2015. Stato e utilizzazione del bosco svizzero. UFAM, Berna; WSL, Birmensdorf.
- Brändli U. B., Abegg M. & Allgaier Leuch B., 2020:** Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der vierten Erhebung 2009–2017. WSL, Birmensdorf; UFAM, Berna.
- Brang P. & Duc P., 2002:** Zu wenig Verjüngung im Schweizer Gebirgs-Fichtenwald: Nachweis mit einem neuen Modellansatz. A new modelling approach suggests insufficient regeneration in Swiss Norway spruce mountain forests. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 153: 219–227. *DOI: 10.3188/szf.2002.0219*
- Brang P. & Zingg A., 2002:** 600 bis 900 Jahre alte Buchen – wie ist die Faktenlage? Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 153: 417.
- Brang P., Heiri C. & Bugmann H., 2011:** Waldreservate. 50 Jahre natürliche Waldentwicklung in der Schweiz. Haupt Verlag, Berna, Stoccarda, Vienna.
- Brang P., Augustin S. & Pluess A. R., 2016:** Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. Haupt Verlag, Berna, Dübendorf.
- Braun S., Schindler C., Volz R. & Flückiger W., 2003:** Forest damages by the storm “Lothar” in permanent observation plots in Switzerland: The significance of soil acidification and nitrogen deposition. Water, Air, and Soil Pollution 142: 327–340. *DOI: 10.1023/A:1022088806060*
- Braun S., Cantaluppi L. & Flückiger W., 2005:** Fine roots in stands of *Fagus sylvatica* and *Picea abies* along a gradient of soil acidification. Environmental Pollution 137: 574–579. *DOI: 10.1016/j.envpol.2005.01.042*
- Braun S. & Flückiger W., 2013:** Wie geht es unserem Wald? 29 Jahre Walddauerbeobachtung. Bericht 4. IAP, Schönenbuch. 127 pagg.
- Braun S., Schindler C. & Rihm B., 2014:** Growth losses in Swiss forests caused by ozone: Epidemiological data analysis of stem increment of *Fagus sylvatica* L. and *Picea abies* Karst. Environmental Pollution 192: 129–138. *DOI: 10.1016/j.envpol.2014.05.016*

Braun S., Schindler C. & Rihm B., 2017: Growth trends of beech and Norway spruce in Switzerland: The role of nitrogen deposition, ozone, mineral nutrition and climate. *Science of the Total Environment* 599–600: 637–646. *DOI:* 10.1016/j.scitotenv.2017.04.230

Braun S., Tresch S. & Augustin S., 2020a: Soil solution in Swiss forest stands: A 20 year's time series. *PLOS ONE* 15: 129–138. *DOI:* 10.1371/journal.pone.0227530

Braun S., Schindler C. & Rihm B., 2020b: Foliar nutrient concentrations of European beech in Switzerland: Relations with nitrogen deposition, ozone, climate and soil chemistry. *Frontiers in Forests and Global Change* 3: 1–15. *DOI:* 10.3389/ffgc.2020.00033

Braun S., Hopf S.-E., Tresch S., Remund J. & Schindler C. 2021: 37 years of forest monitoring in Switzerland: Drought effects on *Fagus sylvatica*. *Frontiers in Forests and Global Change* 4: 765782. *DOI:* 10.3389/ffgc.2021.765782

Braun S., Rihm B. & Schindler C., 2022: Epidemiological estimate of growth reduction by ozone in *Fagus sylvatica* L. and *Picea abies* Karst: Sensitivity Analysis and Comparison with Experimental Results. *Plants* 11: 777. *DOI:* 10.3390/plants11060777

Braun S., Rihm B., Tresch S. & Schindler C., 2023a: Uprooting and stem breakage in beech and Norway spruce: A 37 year's time series. Versione preliminare. *Agricultural and Forest Meteorology*.

Braun S., Rihm B., Tresch S. & Schindler C., 2023b: Long-term risk assessment of uprooting and stem breakage under drought conditions and at high N deposition in beech and Norway spruce. In fase di revisione. *Agricultural and Forest Meteorology* 341: 109669. *DOI:* 10.1016/j.agrformet.2023.109669

Braun S., Frehner M., Rihm B. & Augustin S., 2023c: Feuchteachse von Ökogrammen: Quantifizierung und Abschätzung zukünftiger Veränderungen. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 174: 24–31. *DOI:* 10.3188/szf.2023.0024

Brose U. & Hillebrand H., 2016: Biodiversity and ecosystem functioning in dynamic landscapes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 371: 20150267 *DOI:* 10.1098/rstb.2015.0267

Bühler C. & Roth T., 2021: Biodiversitätsförderung im Wald durch Eingriffe: eine Wirkungskontrolle anhand von Fallstudien. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 172: 358–367. *DOI:* 10.3188/szf.2021.0358

Büntgen U., Urban O., Krusic P. J., Rybníček M., Kolář T., Kyncl T., Ač A., Koňasová E., Čáslavský J., Esper J., Wagner S., Saurer M., Tegel W., Dobrovolný P., Cherubini P., Reinig F. & Trnka M., 2021: Recent European drought extremes beyond Common Era background variability. *Nature Geoscience* 14: 190–196. *DOI:* 10.1038/s41561-021-00698-0

Bürgi P., Müller A., Thomas M. & Pauli B., 2021: Forstwirtschaftliches Testbetriebsnetz der Schweiz. Ergebnisse der Jahre 2017–2019. 52 pagg.

Bürgi P. & Pauli B., 2016: Ansätze für einen Strukturwandel in der Schweizer Forstwirtschaft (Essay). *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 167: 192–195.

Burner R. C., Drag L., Stephan J. G., Birkemoe T., Wetherbee R., Müller J., Siitonen J., Snäll T., Skarpaas O., Potterf M., Doerfler I., Gossner M. M., Schall P., Weisser W. W. & Sverdrup-Thygeson A., 2022: Functional structure of European forest beetle communities is enhanced by rare species. *Biological Conservation* 267: 109491. *DOI:* 10.1016/j.biocon.2022.109491

Bütler R., Lachat T., Krumm F., Kraus D., & Larrieu, L., 2020: Habitatbäume kennen, schützen und fördern. WSL, Birmensdorf. Merkblatt für die Praxis Nr. 64.

Caccia Svizzera, 2017: La caccia in Svizzera protegge ed è utile. <https://www.jagdschweiz.ch/assets/Widget/JagdSchweiz-A65-Broschüre-1-GzD.pdf>

Centre on Emission Inventories and Projections (CEIP), 2023: Officially reported emission data. <https://www.ceip.at/webdab-emission-database/reported-emissiondata>

Charrière J.-D., Frese S. & Herren P., 2018: Bienenhaltung in der Schweiz. Agroscope. Agroscope Transfer. Nr. 250.

CLRTAP, 2017a: Mapping Critical Levels for Vegetation. In: Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels of air pollution effects, risks and trends.: UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Bangor UK. Disponibile su: www.icpmapping.org

CLRTAP, 2017b: Mapping critical loads for ecosystems, Chapter V of Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollution effects, risks and trends. In: Spranger T., Lorenz U., Grego H.-D.: UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. UBA-Texte.

Conedera M., Barthold F., Torriani D. & Pezzatti G. B., 2010: Drought sensitivity of *Castanea sativa*: Case study of summer 2003 in the Southern Alps. *Acta Horticulturae* 866: 297–302. DOI: 10.17660/ActaHortic.2010.866.36

Conedera M. & Schoenenberger N., 2014: Wann werden gebietsfremde Gehölze invasiv? Ein methodologischer Ansatz. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 165: 158–165. DOI: 10.3188/szf.2014.0158

Conedera M. & Brändli U. B., 2015: Specie arboree non autoctone. In: Rigling A., Schaffer H.-P.: Rapporto forestale 2015. Stato e utilizzazione del bosco svizzero. UFAM, Berna; WSL, Birmensdorf.

Consiglio federale svizzero, 2014: Messaggio concernente la modifica della legge federale sulle foreste. Foglio federale (FF) 4237–4284.

Consiglio federale svizzero, 2022: Adattamento del bosco ai cambiamenti climatici (in tedesco e francese). Rapporto del Consiglio federale in adempimento della mozione 19.4177 Engler (Hêche). Rapporto del Consiglio federale in adempimento della mozione 19.4177 Engler (Hêche) del 25.9.2019 e del postulato 20.3750 Vara del 18.6.2020. Consiglio federale svizzero, Segreteria generale del DATEC; UFAM, Berna.

Dauphin B., Rellstab C., Schmid M., Zoller S., Karger D. N., Brodbeck S., Guillaume F. & Gugerli F., 2021: Genomic vulnerability to rapid climate warming in a tree species with a long generation time. *Global Change Biology* 27: 1181–1195. DOI: 10.1111/gcb.15469

de Witte L. C., Rosenstock N. P., van der Linde S. & Braun S., 2017: Nitrogen deposition changes ectomycorrhizal communities in Swiss beech forests. *Science of The Total Environment* 605–606: 1083–1096. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.06.142

Delarze R., Eggenberg S., Steiger P., Bergamini A., Fivaz F., Gonseth Y., Guntern J., Hofer G. & Sager L., 2016: Rote Liste der Lebensräume der Schweiz. Aktualisierte Kurzfassung zum technischen Bericht 2013. Su mandato dell’Ufficio federale dell’ambiente (UFAM).

Didion M., Herold A. & Thürig E., 2019: Whole tree biomass and carbon stock. In: Fischer C., Traub B.: Swiss National Forest Inventory – Methods and models of the fourth assessment. Springer International Publishing. Cham. 243–248.

Dubach V., Dennert F., Blaser S., Beenken L., Hölling D., Stroheker S., TreeNet, Kupferschmid A. D., Heinzelmann R., Britt E. & Queloz V., 2023: Waldschutzblick 2022. WSL, Birmensdorf. WSL Berichte Nr. 135.

Egli S., Peter M., Buser C., Stahel W. & Ayer F., 2006: Mushroom picking does not impair future harvests – results of a long-term study in Switzerland. *Biological Conservation* 129: 271–276.

Eichhorn J., Roskams P., Potočić N., Timmermann V., Ferretti M., Mues V., Szepesi A., Durrant D., Seletković I., Schröck H., Nevalainen S., Bussotti F., Garcia P. & Wulff S., 2020: Visual assessment of crown condition and damaging agents (Part IV). ICP Forests Programme Coordinating Centre, Thünen Institute, Eberswalde.

Etzold S., Ferretti M., Reinds G. J., Solberg S., Gessler A., Waldner P., Schaub M., Simpson D., Benham S., Hansen K., Ingerslev M., Jonard M., Karlsson P. E., Lindroos A.-J., Marchetto A., Manninger M., Meesenburg H., Merilä P., Nöjd P., Rautio P., Sanders T. G. M., Seidling W., Skudnik M., Thimonier A., Verstraeten A., Vesterdal L., Vejpustkova M. & de Vries W., 2020: Nitrogen deposition is the most important environmental driver of growth of pure, even-aged and managed European forests. *Forest Ecology and Management* 458: 13–15. DOI: 10.1016/j.foreco.2019.117762

Etzold S., Eugster W., Braun S., Thimonier A., Waldner P., & Zweifel R., 2021: Stickstoffdeposition – ab wann ist es zu viel für das Baumwachstum? *Wald und Holz* 102(11): 15–18.

Etzold S., Sterck F., Bose A. K., Braun S., Buchmann N., Eugster W., Gessler A., Kahmen A., Peters R. L., Vitasse Y., Walther L., Ziemińska K. & Zweifel R., 2022: Number of growth days and not length of the growth period determines radial stem growth of temperate trees. *Ecology letters* 25: 427–439. DOI: 10.1111/ele.13933

FAO, 1999: Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura. FAO Forestry. Towards a harmonized definition of non-wood forest products. *Unasylva* No. 198. <https://www.fao.org/3/x2450e/x2450e0d.htm#fao%20forestry>

Ferretti M., Fischer C., Gessler A., Graham C., Meusburger K., Abegg M., Bebi P., Bergamini A., Brockerhoff E. G., Brunner I., Bühler C., Conedera M., Cothureau P., D'Odorico P., Düggelin C., Ginzler C., Grendelmeier A., Haeni M., Hagedorn F., Hägeli M., Hegetschweiler K. T., Holderegger R., Krumm F., Gugerli F., Queloz V., Rigling A., Risch A. C., Rohner B., Rosset C., Scherrer D., Schulz T., Thürig E., Traub B., von Arx G., Waldner P., Wohlgemuth T., Zimmermann N. E. & Shackleton R. T., 2024: Advancing forest inventorying and monitoring. *Annals of Forest Science* 81, 6. DOI: 10.1186/s13595-023-01220-9

Fischer C., Brändli U. B., Allgaier Leuch B. & Cioldi F., 2020: Sozioökonomie. In: Brändli U.-B., Abegg M., Allgaier Leuch B.: *Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der vierten Erhebung 2009–2017*. WSL, Birmensdorf; UFAM, Berna.

Fischer C. & Traub B., 2019: Swiss National Forest Inventory – Methods and Models of the Fourth Assessment. Springer International Publishing. Cham.

Forest Europe, 2020: State of Europe's Forests 2020. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. Liaison Unit Bratislava. https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2016/08/SoEF_2020.pdf

Forest Stewardship Council (FSC), 2023: PEFC and FSC Double Certification (2016–2022). <https://fsc.org>

Frehner M., Brang P., Kaufmann G. & Küchli C., 2018: Standortkundliche Grundlagen für die Waldbewirtschaftung im Klimawandel. WSL, Birmensdorf, WSL Berichte Nr. 66.

Frei E. R., Streit K. & Brang P., 2018: Testpflanzungen zukunftsfähiger Baumarten: auf dem Weg zu einem schweizweiten Netz. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 169: 347–350. DOI: 10.3188/szf.2018.0347

Frei E. R., Gossner M. M., Vitasse Y., Queloz V., Dubach V., Gessler A., Ginzler C., Hagedorn F., Meusburger K., Moor M., Samblàs Vives E., Rigling A., Uitentuis I., von Arx G. & Wohlgemuth T., 2022: Drought legacy effects and first signs of recovery in European beech after the severe 2018 drought. *Plant Biology* 24: 1132–1145.

Gehring E., Bellosi B., Reynaud N. & Conedera M., 2020: Chestnut tree damage evolution due to *Dryocosmus kuriphilus* attacks. *Journal of Pest Science* 93: 103–115. DOI: 10.1007/s10340-019-01146-0

Glatthorn J., Schweier J., Streit K., Thees O. & Hobi M., 2023: Adaptiver Waldbau – mit Wissen, Vorsicht und Mut. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 174: 64–69. DOI: 10.3188/szf.2023.0064

Godf F., 2020: Forêt-eau: devenir partenaires! *La Forêt* 4: 20–21.

Goldsmith G. R., Allen S. T., Braun S., Siegwolf R. T. W. & Kirchner J. W., 2022: Climatic influences on summer use of winter precipitation by trees. *Geophysical Research Letters* 49: e2022GL098323. DOI: 10.1029/2022GL098323

-
- Gossner M. M., Lachat T., Brunet J., Isacsson G., Bouget C., Brustel H., Brandl R., Weisser W. W. & Müller J., 2013:** Current near-to-nature forest management effects on functional trait composition of saproxylic beetles in beech forests. *Conservation Biology* 27: 605–614. *DOI: 10.1111/cobi.12023*
- Gossner M. M., Wende B., Levick S., Schall P., Floren A., Linsenmair K. E., Steffan-Dewenter I., Schulze E.-D. & Weisser W. W., 2016:** Deadwood enrichment in European forests – Which tree species should be used to promote saproxylic beetle diversity? *Biological Conservation* 201: 92–102. *DOI: 10.1016/j.biocon.2016.06.032*
- Gossner M. M., Perret-Gentil A., Britt E., Queloz V., Glauser G., Ladd T., Roe A. D., Cleary M., Liziniewicz M., Nielsen L. R., Ghosh S. K., Bonello P. & Eisenring M., 2023:** A glimmer of hope – ash genotypes with increased resistance to ash dieback pathogen show cross-resistance to emerald ash borer. *New Phytologist* 240: 1219–1232. *DOI: 10.1111/nph.19068*
- Graf M., Seibold S., Gossner M. M., Häge J., Weiss I., Bässler C. & Müller J., 2022:** Coverage-based diversity estimates of facultative saproxylic species highlight the importance of deadwood for biodiversity. *Forest Ecology and Management* 517: 120275. *DOI: 10.1016/j.foreco.2022.120275*
- Grossiord C., Bachofen C., Gisler J., Mas E., Vitasse Y. & DidionGency M., 2022:** Warming may extend tree growing seasons and compensate for reduced carbon uptake during dry periods. *Journal of Ecology* 110: 1575–1589. *DOI: 10.1111/1365-2745.13892*
- Gubler L., Ismail S. A. & Seidl I., 2020:** Biodiversitäts-schädigende Subventionen in der Schweiz. *Grundlagenbericht. Überarbeitete 2. Auflage.* WSL, Birmensdorf. WSL Berichte Nr. 96.
- Gugerli F., Frank A., Rellstab C., Pluess A. R., Moser B., Arend M., Sperisen C., Wohlgemuth T. & Heiri C., 2016:** Genetische Variation und lokale Anpassung bei Waldbauarten im Zeichen des Klimawandels. In: Brang P., Augustin S., Pluess A. R.: *Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien.* Haupt Verlag, Berna, Dübendorf.
- Hegetschweiler T., Allgaier Leuch B. & Fischer C., 2021:** Die Erholungsnutzung im Wald nimmt zu. *Wald und Holz* 102: 19–22.
- Hegetschweiler K. T., Salak B., Wunderlich A. C., Bauer N. & Hunziker M., 2022:** Das Verhältnis der Schweizer Bevölkerung zum Wald. *Waldmonitoring soziokulturell (WaMos3): Ergebnisse der nationalen Umfrage.* WSL, Birmensdorf. WSL Berichte Nr. 120.
- Hegg C., Jeisy M. & Waldner P., 2004:** Wald und Trinkwasser. Eine Literaturstudie. WSL, Birmensdorf.
- Heiri C., Brändli U.-B., Bugmann H. & Brang P., 2012:** Sind Naturwaldreservate naturnäher als der Schweizer Wald? *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 163: 210–221. *DOI: 10.3188/szf.2012.0210*
- Hermann M., Röthlisberger M., Gessler A., Rigling A., Senf C., Wohlgemuth T. & Wernli H., 2023:** Meteorological history of low-forest-greenness events in Europe in 2002–2022. *Biogeosciences* 20: 1155–1180. *DOI: 10.5194/bg-20-1155-2023*
- Herold A., Zell J., Rohner B., Didion M., Thürig E. & Rösler E., 2019:** State and change of forest resources. In: Fischer C., Traub B.: *Swiss National Forest Inventory – Methods and Models of the Fourth Assessment.* Springer International Publishing. Cham. 205–230.
- Hertig H.-P., 1979:** Die Einstellung der Bevölkerung zu Problemen des Waldes und der Waldwirtschaft. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 130: 591–620.
- Hunziker M., von Lindern E., Bauer N. & Frick J., 2012:** Das Verhältnis der Schweizer Bevölkerung zum Wald. *Waldmonitoring soziokulturell: Weiterentwicklung und zweite Erhebung – WaMos 2.* WSL, Birmensdorf.

-
- Imesch N., Stadler B., Bolliger M. & Schneider O., 2015:** Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen. Vollzugshilfe zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt im Schweizer Wald. UFAM, Berna. Umwelt-Vollzug Nr. 1503.
- Imesch N., Spaar R. & Stöckli B., 2020:** Aktionsplan zur Zielartenförderung im lichten Wald. Anleitung zur Kopplung der Zielarten- und Lebensraumförderung. InfoSpecies, AG Waldbiodiversität.
- Impuls AG, 2023:** Waldreservate in der Schweiz: Bericht über den Stand der Umsetzung per 31.12.2022. Perizia su mandato dell’Ufficio federale dell’ambiente (UFAM).
- Institut für Angewandte Pflanzenbiologie (IAP):** Interkantonale Walddauerbeobachtung (WDB). <https://www.iap.ch/index.html>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2022:** Summary for policymakers. In: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge University Press. 3–34
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2023:** Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Ginevra.
- Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), 2019a:** Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn.
- Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), 2019b:** Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn.
- IRP, 2019:** Global Resources Outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want. In: ARGE Frehner M., Dionea SA und IWA – Wald und Landschaft AG. NaiS-LFI – Zuordnung der LFI-Stichprobenpunkte zu Waldgesellschaften. Erläuternder Schlussbericht. Su mandato dell’Ufficio federale dell’ambiente (UFAM).
- Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio (WSL):** Langfristige Waldökosystemforschung LWF. <https://lwf.wsl.ch/de>
- Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio (WSL):** Inventario Sanasilva. <https://www.wsl.ch/de/wald/waldentwicklung-und-monitoring/sanasilva-inventur>
- Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio (WSL):** WSL Swissfire database. https://www.wsl.ch/swissfire_app
- Jonard M., Fürst A., Verstraeten A., Thimonier A., Timmermann V., Potočić N., Waldner P., Benham S., Hansen K., Merilä P., Ponette Q., De La Cruz A. C., Roskams P., Nicolas M., Croisé L., Ingerslev M., Matteucci G., Decinti B., Bascietto M. & Rautio P., 2014:** Tree mineral nutrition is deteriorating in Europe. Global Change Biology 21: 418–430. DOI: 10.1111/gcb.12657
- Kaufmann G., Staedeli M. & Wasser B., 2010:** Grundanforderungen an den naturnahen Waldbau. Projektbericht. UFAM, Berna.
- Keel A. & Chrenko R., 2023:** Monitoring Holzenergie. Su mandato dell’Ufficio federale dell’ambiente (UFAM).
- Klesse S., Wohlgemuth T., Meusburger K., Vitasse Y., von Arx G., Lévesque M., Neycken A., Braun S., Dubach V., Gessler A., Ginzler C., Gossner M. M., Hagedorn F., Queloz V., Samblás Vives E., Rigling A. & Frei E. R., 2022:** Long-term soil water limitation and previous tree vigor drive local variability of drought-induced crown dieback in *Fagus sylvatica*. Science of the Total Environment 851: 157926. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.157926

-
- Knaus P., Antoniazza S., Keller V., Sattler T. & Schmid H., 2021:** Lista Rossa degli uccelli nidificanti. Specie minacciate in Svizzera. UFAM, Berna. Pratica ambientale n. 2124.
- Knaus P., Schmid H., Strelbel N. & Sattler T., 2022:** Situazione dell'avifauna in Svizzera: Rapporto 2022. Stazione ornitologica svizzera. <https://www.vogelwarte.ch/it/ricercare/situazione-dellavifauna/rapporto-sulla-situazione-dellavifauna-2024>
- KORA, 2023:** Ecologia dei predatori e gestione della fauna selvatica: Lupo, Effettivi. <https://www.kora.ch/it/specie/lupo/effettivi>
- Krumm F., Schuck A. & Rigling A., 2020:** How to balance forestry and biodiversity conservation – A view across Europe. European Forest Institute, Bonn; WSL, Birmensdorf. 640 pagg. DOI: 10.16904/envidat.196
- Kuhlgatz C. & Bolliger C., 2021:** Funghi svizzeri in crescita. Osservazione del mercato funghi commestibili. <https://www.blw.admin.ch/blw/it/home/market/marktbeobachtung/speisepilze.html>
- Kupferschmid A. D. & Bollmann K., 2016:** Direkte, indirekte und kombinierte Effekte von Wölfen auf die Waldverjüngung. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 167: 3–12. DOI: 10.3188/szf.2016.0003
- Lachat T., Brang P., Bolliger M., Bollmann K., Brändli U.-B., Bütler R., Herrmann S., Schneider O. & Wermelinger B., 2019:** Totholz im Wald. Entstehung, Bedeutung und Förderung. WSL, Birmensdorf. Merkblatt für die Praxis Nr. 52.
- Landolt D., Tschannen A., Hess A. K. & Hänggli A., 2023:** Dem Fachkräftemangel im Wald begegnen. Kurzbericht im Auftrag der OdA Wald Schweiz. Interface Politikstudien Forschung Beratung. Lucerna.
- Larrieu L., Paillet Y., Winter S., Bütler R., Kraus D., Krumm F., Lachat T., Michel A. K., Regnery B. & Vandekerckhove K., 2018:** Tree-related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: A hierarchical typology for inventory standardization. Ecological Indicators 84: 194–207. DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.08.051
- Larsen J. B., Angelstam P., Bauhus J., Carvalho J. F., Daci J., Dobrowolska D., Gazda A., Gustafsson L., Krumm F., Knoke T., Konczal A., Kuuluvainen T., Mason B., Motta R., Pötzelsberger E., Rigling A. & Schuck A., 2022:** Closer-to-nature forest management. From Science to Policy 12. European Forest Institute (EFI).
- Lauber K., Wagner G. & Gygax A., 2018:** Flora Helvetica. Illustrierte Flora der Schweiz. Haupt Verlag, Berna.
- Lehner L., Kinnunen H., Weidner U. & Lehner J., 2013:** Branchenanalyse – Analyse und Synthese der Wertschöpfungskette (WSK) Wald und Holz in der Schweiz. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM).
- Lehnmann A., 2019:** Oh Tannenbaum. Forum D. Ufficio federale della dogana e della sicurezza dei confini (UDSC).
- Lieberherr E., Coleman Brantschen E. C., Ohmura T., Wilkes-Allemann J. & Zabel A., 2023:** Optimierung der Waldpolitik 2020. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 216 pagg.
- Limacher S. & Walker D., 2012:** Nicht-Holz-Waldprodukte in der Schweiz. Aktualisierung der Daten und Weiterentwicklung der Erhebungsmethoden im Hinblick auf die nationale und internationale Berichterstattung. Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). WaldKultur, Vitznau.
- Losey S. & Wehrli A., 2013:** Schutzwald in der Schweiz. Vom Projekt SilvaProtect-CH zum harmonisierten Schutzwald». UFAM, Berna.
- Lüscher P., Frutig F., Sciacca S., Spjekav S. & Thees O., 2019:** Physikalischer Bodenschutz im Wald. Bodenschutz beim Einsatz von Forstmaschinen. WSL, Birmensdorf. Merkblatt für die Praxis Nr. 45.
- MeteoSvizzera, 2023:** Bollettino del clima dell'anno 2022. Zurigo.

- Meusburger K., Trotsiuk V., Schmidt-Walter P., Baltensweiler A., Brun P., Bernhard F., Gharun M., Habel R., Hagedorn F., Köchli R., Psomas A., Puhlmann H., Thimonier A., Waldner P., Zimmermann S. & Walthert L., 2022:** Soil-plant interactions modulated water availability of Swiss forests during the 2015 and 2018 droughts. *Global Change Biology* 28: 5928–5944. DOI: 10.1111/gcb.16332
- Monnerat C., Barbalat S., Lachat T. & Gonseth Y., 2016:** Lista Rossa dei Coleotteri Buprestidi, Cerambicidi, Cetoniidi e Lucanidi. Specie minacciate in Svizzera. UFAM, Berna; InfoFauna – CSCF, Neuchâtel; WSL, Birmensdorf. Pratica ambientale n. 1622.
- Müller J. & Bütler R., 2010:** A review of habitat thresholds for dead wood: A baseline for management recommendations in European forests. *European Journal of Forest Research* 129: 981–992. DOI: 10.1007/s10342-010-0400-5
- Nilsson S. G., Niklasson M., Hedin J., Aronsson G., Gutowski J. M., Linder P., Ljungberg H., Mikusiński G. & Ranius T., 2002:** Densities of large living and dead trees in old-growth temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management* 161: 189–204. DOI: 10.1016/S0378-1127(01)00480-7
- Nussbaum M., Papritz A., Baltensweiler A. & Walthert L., 2012:** Organic carbon stocks of Swiss forest soils. Final Report. Institute of Terrestrial Ecosystems, Politecnico federale di Zurigo; WSL, Birmensdorf.
- Nussbaum M. & Burgos S., 2021:** Soil organic carbon stocks in forests of Switzerland. Update of soil organic carbon stock estimation for the national greenhouse gas inventory. Su mandato dell’Ufficio federale dell’ambiente (UFAM).
- Nussbaumer T., 2023:** Vergleich der Ressourceneffizienz verschiedener Verwertungspfade zur Nutzung von Energieholz. Su mandato dell’Ufficio federale dell’ambiente (UFAM). <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=53947&Sprache=de-CH>
- Odermatt B., Annaheim J., Suter F. & Buser B., 2023:** Ressource Holz: Förderung und Unterstützung der stofflichen und energetischen Verwendung im Vergleich. Su mandato dell’Ufficio federale dell’ambiente (UFAM).
- Ohmura T., Thürig E., Olschewski R. & Schulz T., 2023:** Mainstreaming von Waldökosystemleistungen. NFP 73 Policy Brief Nr. 7.
- Ott E., Lüscher F., Frehner M. & Brang P., 1991:** Verjüngungsökologie – Besonderheiten im Gebirgsfichtenwald im Vergleich zur Bergwaldstufe. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 142: 879–904. DOI: 10.5169/seals-766509
- Pancel L. & Köhl M., 2016:** Tropical Forestry Handbook. Springer, Berlino, Heidelberg.
- Peter M., Ayer F. & Egli S., 2001:** Nitrogen addition in a Norway spruce stand altered macromycete sporocarp production and below-ground ectomycorrhizal species composition. *New Phytologist* 149: 311–325.
- Pluess A. R., Augustin S. & Brang P., 2016:** Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. UFAM, Berna; WSL, Birmensdorf; Haupt Verlag, Berna, Stoccarda, Vienna. 447 pagg.
- Politecnico federale di Zurigo e cattedra di ecologia forestale, 2022:** Nationaler Generhaltungsgebiete-Kataster. <https://fe.ethz.ch/forschung/dendrology-and-vegetation-science/fgr/nkg.html> (consultato per l’ultima volta il 31.10.2022)
- Probst M., Lupatini M., Grob R., Blandenier G. & Hendier A., 2021:** Il futuro del bosco – uno studio sulla formazione. Rapporto finale sul progetto, su mandato dell’Ufficio federale dell’ambiente (UFAM).
- Programme for the Endorsement of Forest Certification PEFC, 2023:** PEFC and FSC Double Certification (2016–2022).
- Prospero S., Vannini A. & Vettraino A. M., 2012:** Phytophthora on *Castanea sativa* Mill. (sweet chestnut). Julius Kühn Institute Data Sheets. Plant Diseases and Diagnosis. DOI: 10.5073/jkidsppd.2012.006

-
- Rellstab C., Bühler A., Graf R., Folly C. & Gugerli F., 2016:** Using joint multivariate analyses of leaf morphology and molecular-genetic markers for taxon identification in three hybridizing European white oak species (*Quercus* spp.). *Annals of Forest Science* 73: 669–679. *DOI: 10.1007/s13595-016-0552-7*
- Rigling D., Hilfiker S., Schöbel C., Meier F., Engesser R., Scheidegger C., Stofer S., Senn-Irlet B. & Queloz V., 2016:** Das Eschentriebsterben. Biologie, Krankheitssymptome und Handlungsempfehlungen. WSL, Birmensdorf. Merkblatt für die Praxis Nr. 57.
- Rihm B. & Künzle T., 2023:** Nitrogen deposition and exceedances of critical loads for nitrogen in Switzerland 1990–2020. Su mandato dell’Ufficio federale dell’ambiente (UFAM). 106 pagg.
- Rogiers N., Hagedorn F. & Thürig E., 2015:** Riserva di carbonio. In: Rigling A., Schaffer H.-P.: Rapporto forestale 2015. Stato e utilizzazione del bosco svizzero. UFAM, Berna; WSL, Birmensdorf.
- Rohrmann S., Bisig-Inanir D., Dehler A. & Brüschweiler B. J., 2021:** Il contenuto di nitrato dell’acqua potabile influenza il rischio di cancro colorettale? In: Ufficio federale della sicurezza alimentare e di veterinaria (USA): Rassegna sulla nutrizione in Svizzera. 60–73.
- Roth N.:** Projekt AMORE. Artenmonitoring in Naturwaldreservaten. In preparazione.
- Roux J.-L., Konczal A., Bernasconi A., Bhagwat S., de Vreese R., Doimo I., Marini Govigli V., Kašpar J., Kohsaka R., Pettenella D., Plieninger T., Shakeri Z., Shibata S., Stara K., Takahashi T., Torralba M., Tyrväinen L., Weiss G. & Winkel G., 2022:** Exploring evolving spiritual values of forests in Europe and Asia: A transition hypothesis toward re-spiritualizing forests. *Ecology and Society* 27 (4): 20. *DOI: 10.5751/ES-13509-270420*
- Rudow A., 2016:** Generhaltung in bestehenden Waldreservaten. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 167: 344–347. *DOI: 10.3188/szf.2016.0341*
- Scherrer D., Ascoli D., Conedera M., Fischer C., Maringer J., Moser B., Nikolova P. S., Rigling A. & Wohlgemuth T., 2022:** Canopy disturbances catalyse tree species shifts in Swiss forests. *Ecosystems* 25: 199–214. *DOI: 10.1007/s10021-021-00649-1*
- Scherrer D., Baltensweiler A., Bürgi M., Fischer C., Stadelmann G. & Wohlgemuth T., 2023:** Low naturalness of Swiss broadleaf forests increases their susceptibility to disturbances. *Forest Ecology and Management* 532: 120827. *DOI: 10.1016/j.foreco.2023.120827*
- Schleppi P., Curtaz F. & Krause K., 2017:** Nitrate leaching from a sub-alpine coniferous forest subjected to experimentally increased N deposition for 20 years, and effects of tree girdling and felling. *Biogeochemistry* 134: 319–335. *DOI: 10.1007/s10533-017-0364-3*
- Schmid S., 2015:** Prodotti non legnosi. In: Rigling A., Schaffer H.-P.: Rapporto forestale 2015. Stato e utilizzazione del bosco svizzero. UFAM, Berna; WSL, Birmensdorf.
- Schoenenberger N., Röthlisberger J. & Carraro G., 2014:** La flora esotica del Cantone Ticino (Svizzera). *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali* 102: 13–30.
- Schuldt B., Buras A., Arend M., Vitasse Y., Beierkuhnlein C., Damm A., Gharun M., Grams T. E. E., Hauck M., Hajek P., Hartmann H., Hiltbrunner E., Hoch G., Holloway-Phillips M., Körner C., Larysch E., Lübbe T., Nelson D. B., Rammig A., Rigling A., Rose L., Ruehr N. K., Schumann K., Weiser F., Werner C., Wohlgemuth T., Zang C. S. & Kahmen A., 2020:** A first assessment of the impact of the extreme 2018 summer drought on Central European forests. *Basic and Applied Ecology* 45: 86–103. *DOI: 10.1016/j.baae.2020.04.003*
- Rudow A., 2014:** Dendrologie-Grundlagen. Unterrichtsunterlagen. Politecnico federale di Zurigo.

- Schütz J.-P., 2002:** Die Plenterung und ihre unterschiedlichen Formen. Skript zu Vorlesung Waldbau II und Waldbau IV. ETH Zürich, Professur Waldbau. <https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/usys/ites/waldmgmt-waldbau-dam/documents/Lehrmaterialien/Skripte/Waldbau/plenterskript-02-03> (consultato per l'ultima volta il 7/7/2023).
- Seibold S., Brandl R., Buse J., Hothorn T., Schmidl J., Thorn S. & Müller J., 2015:** Association of extinction risk of saproxylic beetles with ecological degradation of forests in Europe. *Conservation Biology* 29: 382–390. DOI: 10.1111/cobi.12427
- Seibold S., Bässler C., Brandl R., Büche B., Szallies A., Thorn S., Ulyshen M. D. & Müller J., 2016:** Microclimate and habitat heterogeneity as the major drivers of beetle diversity in dead wood. *Journal of Applied Ecology* 53: 934–943. DOI: 10.1111/1365-2664.12607
- Senf C., Pflugmacher D., Zhiqiang Y., Sebald J., Knorn J., Neumann M., Hostert P. & Seidl R., 2018:** Canopy mortality has doubled in Europe's temperate forests over the last three decades. *Nature Communications* 9: 4978. DOI: 10.1038/s41467-018-07539-6
- Senn-Irlet B., Bieri G. & Egli S., 2007:** Lista Rossa dei macromiceti minacciati in Svizzera. UFAM, Berna; WSL, Birmensdorf. Pratica ambientale n. 0718.
- Servizio per la prevenzione degli infortuni nell'agricoltura (SPIA), 2023:** Incidenti mortali in agricoltura. Statistiche e comunicato stampa del 25.1.2023. <https://www.bul.ch/it-ch/attualita/comunicato-stampa/244/comunicato-stampa>
- Shanley P., Pierce A. R., Laird S. A., Binnqüist C. L. & Guariguata M. R., 2016:** From Lifelines to Livelihoods: Non-timber Forest Products into the Twenty-First Century. In: Pancel L., Köhl M.: *Tropical Forestry Handbook*. Springer, Berlino, Heidelberg. 2713–2760.
- Stadler B. & de Sassi C., 2021:** Aktive Biodiversitäts-Fördermassnahmen im Schweizer Wald. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 172: 350–357. DOI: 10.3188/szf.2021.0350
- Steiger P., 2014:** Gutachten «Repräsentativität der Waldgesellschaften im Waldreservatsnetz». Perizia commis-sionata dall'Ufficio dell'ambiente UFAM. Non pubblicata.
- Stokland J., Siitonen J. & Jonsson B., 2012:** *Biodiversity in Dead Wood*. Cambridge University Press.
- Stroheker S., Forster B. & Queloz V., 2020:** Zweithöchster je registrierter Buchdruckerbefall (*Ips typographus*) in der Schweiz. WSL, Birmensdorf. Waldschutz aktuell Nr. 1.
- Sturrock R., 2012:** Climate change and forest diseases: Using today's knowledge to address future challenges. *Forest Systems* 21 (2): 329–336. DOI: 10.5424/fs/2012212-02230
- Suva, 2022:** Zeitreihen zum Unfallgeschehen nach Klasse. Kategorie 42B, Forstbetriebe.
- Suz L. M., Bidartondo M. I., van der Linde S. & Kuyper T. W., 2021:** Ectomycorrhizas and tipping points in forest ecosystems. *New Phytologist* 231: 1700–1707. DOI: 10.1111/nph.17547
- Sverdrup H. & Warfvinge P., 1993:** The effect of soil acidification on the growth of trees, grass and herbs as expressed by the (Ca+Mg+K)/Al ratio. *Reports in Ecology and Environmental Engineering*. Report 2:1993. 1–108.
- Swisstopo, 2023:** Il modello topografico del paesaggio in Svizzera. <https://www.swisstopo.admin.ch/it/informazioni-modello-topografico-del-paesaggio>
- Taglioferro F., Ferrara A. M., Zotti M., Paravino M., Di Piazza S., Dente F., Rolland B., Tbourret P. & Pierangelo A., 2013:** Funghi e tartufi risorse del bosco. Il progetto Amycoforest: sviluppo di una selvicoltura favo-revole alla produzione fungina. 112 pagg.
- Talkner U., Meiws K. J., Potočić N., Seletković I., Cools N., de Vos B. & Rautio P., 2015:** Phosphorus nutri-tion of beech (*Fagus sylvatica* L.) is decreasing in Europe. *Annals of Forest Science* 72: 919–928. DOI: 10.1007/s13595-015-0459-8

-
- Temperli C., Blattert C., Stadelmann G., Brändli U.-B. & Thürig E., 2020:** Trade-offs between ecosystem service provision and the predisposition to disturbances: A NFI-based scenario analysis. *Forest Ecosystems* 7: 27. *DOI:* 10.1186/s40663-020-00236-1
- Temperli C., Nikolova P. & Brang P., 2023:** Zukunftsfähigkeit der Baumartenzusammensetzung des Schweizer Waldes. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 174: 76–84. *DOI:* 10.3188/szf.2023.0076
- Thees O., Burg V., Erni M., Bowman G. & Lemm R., 2017:** Biomassepotenziale der Schweiz für die energetische Nutzung. Ergebnisse des Schweizerischen Energiekompetenzzentrums SCCER BIOSWEET. WSL, Birmensdorf. WSL Berichte Nr. 57.
- Thees O., Erni M., Burg V., Bowman G., Biollaz S., Damartzis T., Griffin T., Luterbacher J., Maréchal F., Nussbaumer T., Schweier J., Studer M. & Kröcher O., 2023:** White paper – Energieholz in der Schweiz: Potenziale, Technologieentwicklung, Ressourcenmobilisierung und seine Rolle bei der Energiewende. SCCER BIOSWEET, WSL, Birmensdorf. 34 pagg.
- Thimonier A., Kosonen Z., Braun S., Rihm B., Schleppi P., Schmitt M., Seitler E., Waldner P. & Thöni L., 2019:** Total deposition of nitrogen in Swiss forests: Comparison of assessment methods and evaluation of changes over two decades. *Athmospheric Environment* 198: 335–350. *DOI:* 10.1016/j.atmosenv.2018.10.051
- Thriplleton T., Blattert C., Bont L. G., Mey R., Zell J., Thürig E. & Schweier J., 2021:** A multi-criteria decision support system for strategic planning at the Swiss forest enterprise level: Coping with climate change and shifting demands in ecosystem service provisioning. *Frontiers in Forests and Global Change* 4: 693020. *DOI:* 10.3389/ffgc.2021.693020
- Tresch S., Roth T., Schindler C., Hopf S.-E., Remund J. & Braun S., 2023:** The cumulative impacts of droughts and N deposition on Norway spruce (*Picea abies*) in Switzerland based on 37 years of forest monitoring. *Science of the Total Environment* 892: 164223. *DOI:* 10.1016/j.scitotenv.2023.164223
- Ufficio federale della cultura (UFC), 2017:** Tradizioni viventi in Svizzera. <https://www.lebendige-traditionen.ch/tradition/it/home.html>
- Ufficio federale della dogana e della sicurezza dei confini (UDSC):** Statistica del commercio estero. <https://www.bazg.admin.ch/bazg/it/home/temi/statistica-del-commercio-estero-svizzero.html>
- Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), 2013:** Piano d'azione Strategia Biodiversità Svizzera. UFAM, Berna.
- Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), 2014:** Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM. UFAM, Berna. Umwelt-Wissen Nr. 1410.
- Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), 2019a:** Lista delle specie e degli ambienti prioritari a livello nazionale. Specie e ambienti prioritari da promuovere in Svizzera. UFAM, Berna. Pratica ambientale n. 1709.
- Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), 2019b:** Zustand und Entwicklung Grundwasser Schweiz. Ergebnisse der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA. UFAM, Berna. Umwelt-Zustand Nr. 1901.
- Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), 2021a:** Ökologische Infrastruktur. Arbeitshilfe für die kantonale Planung im Rahmen der Programmvereinbarungsperiode 2020–2024. Versione 1.0. UFAM, Berna
- Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), 2021b:** Ressourcenpolitik Holz 2030. Strategie, Ziele und Aktionsplan Holz 2021–2026. UFAM, Berna. Umwelt-Info Nr. 2103.
- Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), 2021c:** Politica forestale: obiettivi e misure 2021–2024. Per una gestione sostenibile del bosco svizzero. Prima versione aggiornata 2021. Prima edizione 2013. UFAM, Berna. Informazione ambientale n. 2119.
- Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), 2021d:** Jahrbuch Wald und Holz 2021. UFAM, Berna. Umwelt-Zustand Nr. 2125.

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), 2022a: Pianificazione forestale. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/it/home/temi/bosco/info-specialisti/strategie-e-misure-della-confederazione/pianificazione-forestale.html> (consultato per l'ultima volta il 10.9.2023).

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), 2022b: Luftqualität 2021. Messresultate des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL). UFAM, Berna. Umwelt-Zustand Nr. 2227.

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), 2022c: Jahrbuch Wald und Holz 2022. UFAM, Berna. Umwelt-Zustand Nr. 2225.

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), 2022d: Il bosco secondo la popolazione svizzera. Risultati del terzo monitoraggio socioculturale del bosco (WaMos 3) realizzato tra la popolazione. UFAM, Berna. Studi sull'ambiente n. 2212.

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), 2022e: Funzioni e prestazioni forestali. Scheda informativa. UFAM, Berna.

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), 2022f: Specie esotiche in Svizzera. Una panoramica delle specie esotiche e dei loro effetti. UFAM, Berna. Studi sull'ambiente n. 2220. 62 pagg.

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), 2023a: Jagdstatistik. <https://www.jagdstatistik.ch/de/statistics?tt=0>

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), 2023b: Nitrati nelle acque sotterranee. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/it/home/temi/acque/info-specialisti/stato-delle-acque/stato-delle-acque-sotterranee/qualita-delle-acque-sotterranee/nitrati-nelle-acque-sotterranee.html> (consultato per l'ultima volta l'1.4.2023)

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), 2024: Continuità nel bosco di protezione e controllo dell'efficacia. Istruzioni per le cure nei boschi con funzione protettiva. Terza edizione aggiornata 2024. Prima edizione 2005. UFAM, Berna. Pratica ambientale n. 2409

Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio (UFAFP), 1999: Gesellschaftliche Ansprüche an den Schweizer Wald – Meinungsumfrage. Berna.

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) e InfoSpecies, Centro svizzero d'informazione sulle specie, 2023: Gefährdete Arten und Lebensräume in der Schweiz. Synthese Rote Listen, Stand 2022. UFAM, Berna; Info-Species, Neuchâtel. Umwelt-Zustand Nr. 2305.

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) e Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio (WSL), 2013: Die Schweizer Bevölkerung und ihr Wald. Bericht zur zweiten Bevölkerungsumfrage Waldmonitoring soziokulturell (WaMos 2). UFAM, Berna; WSL, Birmensdorf. 92 pagg.

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) e Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio (WSL), 2022: Landschaft im Wandel. Ergebnisse aus dem Monitoringprogramm Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES). UFAM, Berna; WSL, Birmensdorf. Umwelt-Zustand Nr. 2219.

Ufficio federale dell'energia (UFE), 2023: Schweizerische Holzenergiestatistik. Erhebung für das Jahr 2022. Berna.

Ufficio federale di statistica (UST), 2020: Bilancio della popolazione residente permanente per Cantone, 1991–2019. Neuchâtel.

Ufficio federale di statistica (UST): Statistica della superficie della Svizzera (AREA), Neuchâtel.

Ufficio federale di statistica (UST), 2022a: Risultati della statistica forestale svizzera. STAT-TAB – Tabelle interattive. www.bfs.admin.ch

Ufficio federale di statistica (UST), 2022b: Conti nazionali. Neuchâtel.

Ufficio federale di statistica (UST), 2022c: Forstwirtschaftliche Gesamtrechnung (FGR). Neuchâtel.

Ufficio federale di statistica (UST) 2022d: Regionale Branchenkonten des Primärsektors. Neuchâtel.

Ufficio federale di statistica (UST), 2022e: Statistica strutturale delle imprese. Neuchâtel.

Ufficio federale di statistica (UST), 2023: Indice dei prezzi alla produzione (IPP). Neuchâtel.

-
- Unesco, 2021:** Patrimonio mondiale. <https://www.unesco.ch/cultura/patrimonio-mondiale/?lang=it>
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, 2018:** World Urbanization Prospects. The 2018 Revision. United Nations. New York.
- Vitasse Y., Schneider L., Rixen C., Christen D. & Rebetez M., 2018:** Increase in the risk of exposure of forest and fruit trees to spring frosts at higher elevations in Switzerland over the last four decades. *Agricultural and Forest Meteorology* 248: 60–69. DOI: 10.1016/j.agrformet.2017.09.005
- Waldner P., Braun S. & Rihm B., 2019:** Schlussbericht des Projekts «Nitrate leaching risk mapping (NitLeach II)». WSL, Birmensdorf; IAP, Witterswil; Meteotest, Berna. 46 pagg. DOI: 10.3929/ethz-b-000585539
- Walker D. & Artho J., 2018:** Eigentümerinnen und Eigentümer des Schweizer Waldes. Untersuchung des Verhältnisses privater und öffentlicher Eigentümerinnen und Eigentümer zu ihrem Wald. UFAM, Berna. Umwelt-Wissen Nr. 1814.
- Wermelinger B., Düggelin C., Freitag A., Fitzpatrick B. & Risch A. C., 2019:** Die Roten Waldameisen – Biologie und Verbreitung in der Schweiz. WSL, Birmensdorf. Merkblatt für die Praxis Nr. 63.
- Wettmann O., 2022:** Branchenlösung Forst. Solothurn. www.sylvatop.ch
- Wiesmeier M., Prietzel J., Barthold F., Spörlein P., Geuss U., Hangen E., Reischl A., Schilling B., von Lützow M. & Kögel-Knabner I., 2013:** Storage and drivers of organic carbon in forest soils of southeast Germany (Bavaria) – Implications for carbon sequestration. *Forest Ecology and Management* 295: 162–172. DOI: 10.1016/j.foreco.2013.01.025
- Wilkes-Allemann J., Rolf A. & Geissler E., 2022:** Umsetzung der Massnahme 1.3. «Der Bund fördert das Bereitstellen von Informationen über die verschiedenen Freizeit- und Erholungsaktivitäten in Schweizer Wäldern». Schlussbericht. Berner Fachhochschule, HAFL, Zollikofen. 31 pagg.
- Wohlgemuth T. & Kramer K., 2015:** Waldverjüngung und Totholz in Sturmflächen 10 Jahre nach Lothar und 20 Jahre nach Vivian. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 166: 135–146. DOI: 10.3188/szf.2015.0135
- Wolfslehner B., Prokofieva I. & Mavšar R., 2019:** Non-wood forest products in Europe: Seeing the forest around the trees. *What Science Can Tell Us* 10. European Forest Institute (EFI).
- Wong J. L. G. & Wiersum F. K., 2019:** A spotlight on NWFPs in Europe. In: Wolfslehner B., Prokofieva I., Mavšar R.: Non-wood forest products in Europe: Seeing the forest around the trees. *What Science Can Tell Us* 10. European Forest Institute (EFI).
- Zimmermann W., 2015:** Sostegno statale all'economia forestale da parte della Confederazione. In: Rigling A., Schaffer H.-P.: Rapporto forestale 2015. Stato e utilizzazione del bosco svizzero. UFAM, Berna; WSL, Birmensdorf. 108–109.
- Zischg A. P., Frehner M., Gubelmann P., Augustin S., Brang P. & Huber B., 2021:** Participatory modelling of upward shifts of altitudinal vegetation belts for assessing site type transformation in Swiss forests due to climate change. *Applied Vegetation Science* 24: e12621. DOI: 10.1111/avsc.12621

Autori

- **Abegg** Meinrad, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **Allgaier Leuch** Barbara, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **Augustin** Sabine, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
- **Bebi** Peter, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **Beyeler** Stefan, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
- **Bolley** Matthias, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
- **Blaser** Simon, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **Bolgé** Roberto, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
- **Bollmann** Kurt, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **Bont** Leo G., Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **Braun** Sabine, Institut für Angewandte Pflanzenbiologie IAP, Witterswil
- **Bugmann** Harald, Politecnico federale di Zurigo PFZ
- **Bürgi** Matthias, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **Bütkofer** Jacqueline, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
- **Bütler** Rita, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **Cioldi** Fabrizio, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **Conedera** Marco, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **De Sassi** Claudio, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
- **Dirac Ramohavelo** Clémence, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
- **Etzold** Sophia, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **Ferretti** Marco, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **Fischer** Christoph, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **Gessler** Arthur, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **Ginzler** Christian, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **Gossner** Martin, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **Grendelmeier** Alex, Stazione ornitologica svizzera, Sempach
- **Gross** Andrin, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **Grossiord** Charlotte, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf, e Politecnico federale di Losanna PFL
- **Guggerli** Felix, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **Hagedorn** Frank, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **Hegetschweiler** Tessa, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **Hobi** Martina, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **Hug** Christian, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **Hunziker** Marcel, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **Hunziker** Stefan, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **Husstein** Michael, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
- **Jenni** Robert, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
- **Jimmy** Gerda, waldstark GmbH, Uster
- **Kammerhofer** Alfred W., Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
- **Knoblauch** Aline, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
- **Kunnala** Marjo, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
- **Kupferschmid** Andrea D., Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
- **Lachat** Thibault, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf, e Scuola universitaria di scienze agrarie, forestali e alimentari HAFL, Zollikofen
- **Lange** Benjamin, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
- **Lauper** Bruno, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
- **Losey** Stéphane, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
- **Maineri** Cristiana, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna

-
- **Meusburger** Katrin, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Mollet** Pierre, Stazione ornitologica svizzera, Sempach
 - **Moser** Barbara, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Murbach** Franz, Ufficio federale di statistica UST, Neuchâtel
 - **Nikolova** Petia, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Ohmura** Tamaki, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Olszewski** Roland, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Peter** Martina, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Pezzatti** Gianni B., Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Pfund** Jean-Laurent, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
 - **Queloz** Valentin, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Reinhard** Michael, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
 - **Reinhardt** Miriam, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
 - **Rellstab** Christian, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Rigling** Andreas, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf, e Politecnico federale di Zurigo PFZ
 - **Rogiers** Nele, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
 - **Salak** Boris, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Saurer** Matthias, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Sautter** Michael, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Schafer** Achim, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
 - **Schaub** Marcus, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Scherrer** Daniel, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Schneider** Olivier, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
 - **Schulz** Tobias, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Schweier** Janine, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Stofer** Silvia, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Strauss** Alexandra, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
 - **Streit** Kathrin, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Strohiker** Sophie, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Suter** Thalmann Claire-Lise, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
 - **Tempertli** Christian, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Thees** Oliver, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Thimonier** Anne, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Thriplleton** Timothy, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
 - **Thürig** Esther, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Tresch** Simon, Institut für Angewandte Pflanzenbiologie IAP, Witterswil
 - **Vollenweider** Pierre, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Waldner** Peter, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf
 - **Wolf** Oliver, Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna
 - **Zimmermann** Stephan, Istituto fed. di ricerca WSL, Birmensdorf