



L'ITALIA FORESTALE E MONTANA

RIVISTA DI POLITICA ECONOMIA E TECNICA

Edita dall'Accademia Italiana di Scienze Forestali

ANNO LXXIX - MAGGIO/GIUGNO 2024 - N. 3



ITALIAN JOURNAL OF FOREST AND MOUNTAIN ENVIRONMENTS

Published by the Italian Academy of Forest Sciences



L'ITALIA FORESTALE E MONTANA

RIVISTA DI POLITICA ECONOMIA E TECNICA

Edita dall'Accademia Italiana di Scienze Forestali

ANNO LXXIX - MAGGIO/GIUGNO 2024 - N. 3

ITALIAN JOURNAL OF FOREST AND MOUNTAIN ENVIRONMENTS

Published by the Italian Academy of Forest Sciences



**ACCADEMIA ITALIANA
DI SCIENZE FORESTALI**

PIAZZA EDISON, 11 - 50133 FIRENZE

Tel. 055 570348

www.aisf.it - info@aisf.it

CONSIGLIO

Presidente

Orazio Ciano

Vice-Presidenti

Piermaria Corona, Susanna Nocentini

Segretario generale e Tesoriere

Susanna Nocentini

Bibliotecario

Andrea Battisti

Consiglieri

*Raffaello Giannini, Francesco Iovino,
Marco Marchetti, Augusto Marinelli,
Giuseppe Scarascia Mugnozza*

COLLEGIO DEI REVISORI DEI CONTI

Presidente

Fiammetta Terlizzi

Revisori effettivi

Paolo Gajo, Federico Maetzke

Revisori supplenti

Enrico Marchi, Andrea Tani

In copertina foto G. Puccioni

L'ITALIA FORESTALE E MONTANA

ISSN 0021-2776

Italian Journal of Forest and Mountain Environments

Direttore responsabile / Editor in chief

Susanna Nocentini, Università di Firenze

Curatori / Associate editors

Giovanni Argenti, Università di Firenze; Andrea Battisti, Università di Padova; Giovanni Bovio, Accademia Italiana di Scienze Forestali; Giacomo Certini, Università di Firenze; Gherardo Chirici, Università di Firenze; Piermaria Corona, Università della Toscana; Nicoletta Ferrucci, Università di Firenze; Marco Fioravanti, Università di Firenze; Francesco Iovino, Università della Calabria; Federico Roggero, Università la Sapienza, Roma; Elena Paoletti, Consiglio Nazionale delle Ricerche; Federico Maetzke, Università di Palermo; Marco Marchetti, Università del Molise; Maurizio Marchi, Consiglio Nazionale delle Ricerche; Enrico Marchi, Università di Firenze; Enrico Marone, Università di Firenze; Christian Messier, University of Quebec (Canada); Paolo Nanni, Università di Firenze; Donatella Paffetti, Università di Firenze; Luigi Portoghesi, Università della Toscana; Giovanni Sanesi, Università di Bari; Federico Selvi, Università di Firenze; Davide Travaglini, Università di Firenze

Comitato scientifico / Editorial advisory board

Mariagrazia Agrimi, Università della Toscana; Naldo Anselmi, Università di Firenze; Annemarie Bastrup-Birk, European Environmental Agency (Denmark); Marco Borghetti, Università della Basilicata; Filippo Brun, Università di Torino; Maria Giulia Cantiani, Università di Trento; Raffaele Cavalli, Università di Padova; Giancarlo Dalla Fontana, Università di Padova; Paolo De Angelis, Università della Toscana; Giovanbattista De Dato, FAO (Italia); Antonino D'Ippolito, Università della Calabria; Giovanni Di Matteo, FAO (Italia); Lorenzo Fattorini, Università di Siena; Agostino Ferrara, Università della Basilicata; Sara Franceschi, Università di Siena; Raffaello Giannini, Accademia Italiana di Scienze Forestali; Andrea Laschi, Università di Palermo; Federico Magnani, Università di Bologna; Augusto Marinelli, Accademia Italiana di Scienze Forestali; Luigi Masutti, Università di Padova; Giorgio Matteucci, Consiglio Nazionale delle Ricerche; Renzo Motta, Università di Torino; Antonino Nicolaci, Università della Calabria; Davide Pettenella, Università di Padova; Caterina Pisani, Università di Siena; Enrico Pompei, Direzione Generale Foreste, Ministero Politiche Agricole Alimentari e Forestali; Andrea R. Proto, Università Mediterranea di Reggio Calabria; Donato Romano, Università di Firenze; Giuseppe Scarascia Mugnozza, Università della Toscana; Roberto Scotti, Università di Sassari; Riccardo Valentini, Università della Toscana

Segreteria / Handling editor

Giovanna Puccioni, Accademia Italiana di Scienze Forestali



INAUGURAZIONE DEL 73° ANNO ACCADEMICO DELL'ACCADEMIA ITALIANA DI SCIENZE FORESTALI

Il 9 maggio u.s., nella Sala Luca Giordano di Palazzo Medici Riccardi, cortesemente concessa dalla Città Metropolitana di Firenze, alla presenza di numerose Autorità e di un folto pubblico, si è tenuta la Cerimonia di inaugurazione del 73° anno di attività dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali. Il Presidente Orazio Ciancio ha illustrato l'attività dell'Accademia e ha concluso con una breve relazione sul tema "La Silvosistemica o L' Italian Forest Theory". La prolusione, dal titolo "Natura e gestione forestale" è stata tenuta dall'Accademica Susanna Nocentini, già Prof.ssa Ordinaria di Selvicoltura e Assestamento Forestale nell'Università di Firenze. Al termine della Cerimonia sono stati consegnati i diplomi ai nuovi Accademici e i premi indetti dall'UNIF (Unione Nazionale per l'Innovazione Scientifica e Forestale) in collaborazione con l'Accademia, per le migliori tesi di dottorato nel settore forestale.

RELAZIONE DEL PRESIDENTE SULL'ATTIVITÀ DELL'ACCADEMIA

Autorità, cari Accademici, gentili ospiti, cari studenti, Vi ringrazio per essere qui presenti all'Inaugurazione del 73° Anno di attività della nostra Accademia.

Ringrazio la Città Metropolitana di Firenze che ci ha concesso ancora una volta la Sala Luca Giordano.

Quest'anno la prolusione sarà tenuta dalla Professoressa Susanna Nocentini sul tema: "Natura e gestione forestale".

Passo brevemente a illustrare l'attività della Accademia nell'anno passato.

MANIFESTAZIONI

Dopo la cerimonia di inaugurazione tenutasi il 21 aprile 2023 con la prolusione del Prof. Andrea Battisti sul tema "Clima e abete rosso: una difficile convivenza", l'Accademia ha organizzato le seguenti manifestazioni:

- 15 giugno 2023 - L'Accademia Italiana di Scienze Forestali e l'Accademia dei Georgofili, entrambe legate ad Arrigo Serpieri, hanno promosso, in occasione dei cento anni dalla emanazione della Legge n. 3267, una giornata di studio e di riflessione su: "Arrigo Serpieri, un grande Maestro";
- 20-22 settembre 2023 - L'Accademia ha supportato l'organizzazione del 55° Convegno internazionale sulla Meccanizzazione Forestale (FORMEC) e la 7^a Conferenza di Ingegneria Forestale (FEC) che si sono tenuti nella città di Firenze. L'evento ha rappresentato un'importante opportunità per rimanere aggiornati sugli ultimi sviluppi della meccanizzazione forestale;
- 20 marzo 2024 - L'Accademia ha organizzato il convegno "Il Silvomuseo di Vallombrosa" dove è stato presentato il volume "Storia della scienza forestale - Il Silvomu-

seo di Vallombrosa” pubblicato con il contributo della Fondazione Cassa Risparmio Firenze;

- 9 aprile 2024 - L'Accademia ha organizzato il convegno “A cinque anni dal quarto Congresso Nazionale di Selvicoltura - Riflessioni e prospettive”, con l'obiettivo di fare il punto su quanto successo in questi ultimi anni nel settore forestale italiano dopo il Congresso di Torino del 2018.

RICERCA

Nel 2022 l'Accademia ha ricevuto dalla Regione Calabria, in attuazione a quanto disposto dal TUFF e in coerenza con la Strategia Forestale Nazionale, l'incarico per il servizio di redazione del nuovo “Programma Forestale Regionale e per la verifica tecnica di 90 piani di gestione”. A fine 2023 il Programma Forestale Regionale è stato consegnato alla Regione Calabria che lo ha approvato il 27 febbraio 2024. La regione Calabria attualmente è la prima Regione italiana ad avere un Programma Forestale Regionale. La verifica tecnica dei 90 piani di gestione si concluderà quest'anno.

Grazie al contributo della Fondazione Cassa di Risparmio Firenze l'Accademia ha proseguito, per tutto il 2023, gli studi sul Silvomuseo di Vallombrosa, che hanno portato alla pubblicazione, ad inizio 2024, del volume di cui ho già accennato. Nel libro abbiamo voluto descrivere in cosa consiste il Silvomuseo, raccogliendo tutte le informazioni che hanno portato alla sua istituzione, spiegando come funziona operativamente, presentando le prospettive scientifiche e applicative. Per fare questo abbiamo coinvolto gli studiosi, i ricercatori, gli amministratori che più hanno contribuito con le loro conoscenze, i loro studi e la loro quotidiana attività nella Foresta di Vallombrosa, perché questa idea diventasse realtà. A tutti loro va un sentito ringraziamento.

Sono continuati gli studi sulla “Caratterizzazione in termini strutturali e dendroecologici delle faggete e faggete miste con abete bianco del Parco della Sila al fine di ricostruire la loro storia gestionale e caratterizzarne il livello di integrità e naturalità”, un progetto di ricerca che ci ha affidato il Parco della Sila.

È stato sottoscritto un accordo operativo con il Comando Unità Forestali Ambientali e Agroalimentari Carabinieri (CUFAA) per il supporto scientifico nella fase di preparazione dell'Inventario Forestale Nazionale italiano.

Infine è stata stipulata una convenzione con il CREA per lo studio dello stato dell'arte e delle modalità di gestione selvicolturale e valorizzazione dei rimboschimenti di conifere con particolare riferimento al pino nero e alla douglasia.

Il 23 ottobre 2023 è stato stipulato un memorandum di intesa con l'Agenzia Nazionale di Ricerca e Innovazione (BRIN) dell'Indonesia, necessario per l'attuazione del progetto “Un ponte verde tra l'Italia e l'Indonesia”, che coinvolge l'Orto botanico di Firenze.

A inizio 2024 si è conclusa la collaborazione con un gruppo danese di consulenza ingegneristica per il “Supporto alla valutazione d'impatto della proposta legislativa per un nuovo quadro comunitario sul monitoraggio forestale e proposte di piani strategici”. Inoltre è stata stipulata una convenzione con l'Ente Parco dell'Etna per degli studi specialistici relativi a un Piano di gestione forestale e a un nuovo piano di monitoraggio dell'areale di Monte Egitto.

ATTIVITÀ EDITORIALE

Nel 2023 l'attività editoriale è proseguita con la pubblicazione bimestrale online e cartacea del periodico “L'Italia Forestale e Montana” giunta al suo 78° anno. La pubblicazione on line è disponibile sulla piattaforma della FUP (*Firenze University Press*).



Figura 1 - La Sala Luca Giordano durante la Cerimonia (foto G. Pasquini).

Il numero 5 della Rivista contiene gli atti della Conferenza “Vaia: 5 anni dopo”, sui risultati delle ricerche condotte sugli schianti da vento e relativi disturbi a cascata (ad esempio gli attacchi di bostrico) causati dalla tempesta Vaia. La conferenza si è tenuta presso l'Università di Padova il 30 ottobre 2023, ed è stata organizzata dal Prof. Andrea Battisti, anche in veste di coordinatore della Sezione Nord della nostra Accademia.

BIBLIOTECA

La biblioteca è rimasta aperta al pubblico per la consultazione e il prestito del materiale. Il servizio di riproduzione testi è rimasto attivo su richiesta. La biblioteca, grazie a un contributo del Ministero della Cultura, ha

proseguito la catalogazione dei suoi volumi e delle miscellanee sul Servizio Bibliotecario Nazionale (SBN).

PREMI

Nel 2023 l'UNIF (Unione Nazionale per l'Innovazione Scientifica e Forestale) in collaborazione con l'Accademia Italiana di Scienze Forestali ha indetto due premi per le migliori tesi di dottorato nel settore forestale.

Il premio per l'ambito scientifico “Aspetti ecologici gestionali modellistici e tecnologici per lo studio e la valutazione degli eventi e delle dinamiche dei disturbi naturali e antropici anche in relazione al cambiamento climatico” è stato assegnato alla Dottoressa Cristiana Gasperini dell'Università degli Studi di Firenze.

Il premio per l'ambito scientifico “Sistemi selvicolturali, metodi di pianificazione e tecnologie di monitoraggio e ICT applicate alla gestione sostenibile e multifunzionale delle risorse forestali, valorizzazione delle filiere forestali e dei prodotti legnosi, usi e conservazione del legno” è stato assegnato alla Dottoressa Serena Sofia dell'Università degli Studi di Palermo.

I premi sono stati consegnati dal Presidente dell'UNIF Ferdinando Dalle Nogare.

COMMEMORAZIONI

Un affettuoso ricordo va agli Accademici recentemente scomparsi, il Prof. Bruno Fassi, Accademico corrispondente dal 1980 e il Prof. Alberto Abrami, Accademico ordinario dal 1987. Sul numero 6 del 2023 de “L'Italia Forestale e Montana” si può trovare un accorato ricordo del Prof. Abrami scritto dal nostro Accademico e Tenente Colonnello dell'Arma dei Carabinieri Cristiano Manni.

Infine desidero ringraziare tutti gli Accademici che hanno sottratto tempo al proprio



Figura 2 - La Prof.ssa Susanna Nocentini mentre espone il tema della prolusione (foto Pasquini).

lavoro e ai propri interessi per aiutare la nostra Istituzione, gli anonimi donatori del cinque per mille e il personale tutto.

Come negli anni passati concludo la relazione sull'attività dell'Accademia con una breve riflessione su:

LA SILVOSISTEMICA O L'ITALIAN FOREST THEORY

Nel Congresso Nazionale di Selvicoltura svoltosi a Torino nel 2018 è emersa la necessità di mettere in evidenza e illustrare le innovazioni in campo scientifico, culturale e istituzionale conseguite rispetto al precedente congresso svoltosi a Taormina nel 2008.

Si tratta di una attività di ricerca e sperimentazione che ha condotto all'elaborazione di nuovi approcci metodologici e di importanti ricadute sul piano operativo e istituzionale. Epperò si sottolinea che questa attività non avrebbe solide fondamenta se non fosse accompagnata da una elaborazione teorica coerente. Appunto perciò questa elaborazione ha contribuito alla discussione relativa al paradigma di riferimento della selvicoltura classica.

La Scuola forestale italiana dall'inizio di questo secolo si caratterizza per lo sviluppo

della cosiddetta *Italian Forest Theory* o *Silvosistemica*. Teoria che si basa su un concetto: "La cultura del bosco tra Umanesimo, Scienza, Etica e Arte".

Qualcuno si domanderà cosa c'entra la suddetta controversia con la "scienza della Natura" in generale e del bosco in particolare. Il rapporto tra la propria disciplina e la filosofia ha interessato scienziati di altissimo valore che hanno prima progettato e poi realizzato sia l'avanzamento scientifico sia il progresso culturale.

D'altra parte si deve riconoscere che tale controversia culturale ha inciso sulla "questione" tra *humanae litterae* e Scienza, influenzando negativamente per quasi un secolo la cultura, la scuola, la politica e finanche lo sviluppo economico del nostro Paese.

Si è finalmente compreso che in campo forestale Umanesimo, Scienza, Etica e Arte non sono in contrapposto ma insieme costituiscono "Cultura". L'unica vera e sola "Cultura del bosco". Perdi più è subentrata l'Arte nella ricerca scientifica. Un simbolo strettamente connesso alla civiltà e alla incommensurabile storia culturale italiana.

C'è da chiedersi cosa si intenda con Arte della ricerca scientifica. Secondo Albert Einstein "La più bella e profonda emozione che

possiamo provare è il senso del mistero; sta qui il seme di ogni arte, di ogni vera scienza”.

La ricerca scientifica è un'attività complessa in cui si utilizzano strumenti concettuali e materiali e prende forma nelle intuizioni, nella creatività e nella conoscenza. E poiché si fonda sulla destrezza - operativa e intellettuale - è Arte.

Appunto, l'Arte della ricerca scientifica. Essa determina la creazione di nuovi modelli di pensiero. L'Arte è l'anima della ricerca, dunque. In tal senso per la silvosistemica, l'*Italian Forest Theory*, è significativo quanto sostiene Galileo Galilei: “Credo che l'arte, come la scienza, debba sforzarsi di essere fedele alla natura”.

L'innovazione in campo scientifico avviene attraverso l'elaborazione e l'esposizione di nuove teorie. Secondo William I.B. Beveridge (1950) “Per il pensiero creativo è più importante vedere il bosco che gli alberi; lo studioso si trova nel pericolo di riuscire a vedere soltanto gli alberi. Lo scienziato con una mente matura, che ha riflettuto molto su una quantità di materiale scientifico, non ha avuto soltanto il tempo di accumulare dettagli tecnici, ma ha acquisito una visuale sufficiente per scorgere il bosco”.

I giovani ricercatori devono sapere che l'avanzamento della conoscenza avviene per ipotesi, per pregiudizi metafisici. Ovvero attraverso l'utilizzo e la valorizzazione dell'intuito e della capacità di prefigurare congetture. Se si vuole conseguire una reale innovazione non si può e non si deve tener conto della sperimentazione già nota.

Il ricercatore che guarda al futuro è a un tempo innovatore e artista. Da innovatore ama pensare fuori dagli schemi ed esalta lo spirito critico che è proprio della laicità scientifica. Da artista fa proprio il sentimento di libertà che presuppone la laicizzazione culturale.

L'Arte della ricerca ha prodotto una importante apertura alla generazione dell'Etica

e a quella conoscitiva del bosco come sistema biologico complesso. Si è passati da una *cultura* basata sul dominio dell'Uomo sulla Natura che ha causato danni elevati all'ambiente e al bosco, a una *cultura* diversa, peculiare dell'italianità, che ha provocato sia *La laicizzazione scientifica e culturale del rapporto Bosco Uomo* e sia *i diritti del bosco*.

Cosicché oggi prevale la concezione della tutela, preservazione e conservazione del bosco. Il bosco non è più solo *oggetto* di esplorazione scientifica per aumentare la produzione legnosa, ma è soprattutto *soggetto di diritto* e, in quanto tale, entità di esplorazione e studio per lo scienziato e l'umanista.

I ricercatori peraltro farebbero bene a soffermarsi sui principi fondanti della ricerca scientifica che, proprio perché tali, hanno implicazioni di carattere filosofico e possono suddividersi in due categorie. Da un lato, i principi *ontologici*, relativi all'oggetto della conoscenza scientifica indipendentemente dai suoi rapporti con l'osservatore; dall'altro, i principi *epistemologici*, che ammettono una diretta relazione tra lo scienziato sperimentatore e l'oggetto del conoscere. Ma c'è di più: l'interazione scienziato-oggetto rappresenta la realtà ultima della ricerca.

E si è accettato acriticamente l'implicazione filosofica del principio ontologico, ovvero il “riduzionismo”, il “determinismo”, il “meccanicismo” e, soprattutto, la validità del rapporto *causa-effetto*.

Tale metodologia peraltro comporta l'oggettivazione dei risultati sperimentali, con la conseguente definizione di specifiche leggi. Ciò può valere per la *biologia molecolare*, certamente no per la *biologia evoluzionistica*.

La selvicoltura è biologia applicata e in questo campo, come già accertato, non si possono conseguire certezze assolute. *In selvicoltura la sola certezza è l'incertezza*. Ovvero, nel *sistema biologico complesso bosco* l'imprevedibilità è la norma.

Il radicale cambiamento della selvicoltura è avvenuto negli anni Novanta del secolo scorso con l'enunciazione della silvosistemica: l'*Italian Forest Theory*. Da questa teoria emerge la necessità di rendere comprensibile in senso scientifico l'idea di bosco.

Cambiano i presupposti e, di conseguenza, mutano le interpretazioni dei fenomeni. Così, a esempio, l'idea del "*bosco sistema biologico complesso*" - ormai accettata da gran parte dell'establishment scientifico - comporta l'analisi e la rielaborazione di problemi epistemologici, scientifici, storici, etici e culturali, ma anche di quelli giuridici, economici, sociali e politici.

Gli studi relativi alla silvosistemica ormai sono oggetto di discussione a livello nazionale e internazionale. *La silvosistemica è la scienza che ha per oggetto lo studio, la coltivazione e l'uso del bosco, un sistema biologico autopoietico, adattativo, estremamente complesso, in grado di perpetuarsi autonomamente e capace di assolvere molteplici funzioni.*

La gestione forestale sistemica prevede:

- il mantenimento dei caratteri naturali dei boschi;
- il rispetto dei cicli naturali di rinnovazione;
- la rinaturalizzazione dei boschi che, a causa di una gestione eccessivamente intensa, hanno perduto le proprie caratteristiche;
- il monitoraggio dei mutamenti relativi alla biodiversità e al recupero ambientale.

La teoria della silvosistemica - l'*Italian Forest Theory* - ha determinato un cambiamento inarrestabile in campo scientifico. Cambiamento che sarà sempre più noto e accettato perché cresce una nuova generazione che ha familiarità con essa - si pensi a quanti e quali contributi già danno e continueranno a dare i forestali nativi digitali. Come sempre, *nella scienza le frontiere di oggi sono i limiti di domani.*

Recentemente la teoria della selvicoltura sistemica o silvosistemica ha avuto un impor-

tante riconoscimento a livello internazionale. Wilhelm Bode, forestale e ambientalista tedesco, portavoce della politica agricola e forestale dell'Unione tedesca per la conservazione della natura (*Naturschutzbund Deutschland* - NABU) e autore di numerosi libri, tra cui una ristampa commentata del trattato di Alfred Möller *Il concetto di foresta permanente*, ha espresso un forte apprezzamento per la selvicoltura sistemica e per l'analisi della storia del pensiero forestale che ha portato all'elaborazione di questa teoria.

In particolare, riferendosi al libro *Il bosco e l'uomo: l'evoluzione del pensiero forestale dall'umanesimo moderno alla cultura della complessità. La selvicoltura sistemica e la gestione su basi naturali*, che aveva sollevato critiche e perplessità al momento della sua pubblicazione nel 1996, ha affermato: *non esiste nulla di paragonabile nella letteratura tedesca. È il miglior libro che ho letto fino a oggi sulla cultura delle idee in Europa ed è un peccato che non sia stato tradotto e pubblicato in lingua tedesca.* E ancora: *Un libro in tedesco sulla selvicoltura sistemica riempirebbe un grande vuoto e attirerebbe l'attenzione pubblica e politica su di essa.*

Riporto tutto ciò perché se da un lato è di notevole importanza aver sollevato l'interesse del mondo forestale tedesco per questa teoria, dall'altro dimostra la rilevanza del contributo scientifico e culturale della Scuola Forestale Italiana e della nostra Accademia.

All'inizio di Agosto 2019, Wilhelm Bode insieme a oltre settanta esperti forestali ed ecologi, rappresentanti di associazioni ambientaliste, di proprietari forestali e istituzioni di ricerca, ha scritto una lettera al Ministro tedesco dell'Agricoltura e Foreste, Julia Klöckner, per sollecitare una gestione forestale che abbandoni la politica delle piantagioni intensive e tratti finalmente le foreste come ecosistemi e non più come fabbriche di legno, adottando così i principi della gestione sistemica.

I risultati di quanto esposto con l'*Italian Forest Theory* non sono un punto di arrivo ma un punto di partenza per lo sviluppo di una selvicoltura che sempre più tenga conto della funzionalità del bosco, della corretta gestione dell'ambiente e, in definitiva, del benessere sociale.

Concludo con un aforisma di Petronio - *Satyricon*, cap. 44 - che è parte integrante del logo dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali: *Serva me, servabo te*.

Dichiaro aperto il settantatreesimo Anno accademico e passo la parola alla Prof.ssa Susanna Nocentini che terrà la prolusione sul tema "Natura e gestione forestale".



Nature and Forest management ^(a)

Susanna Nocentini ^(b)

^(a) Inaugural lecture at the opening ceremony of the 73rd Academic year of the Italian Academy of Forest Sciences.

^(b) Former full professor of Silviculture and Forest management at the University of Florence; susanna.nocentini@unifi.it

Abstract: In recent years there has been a growing attention to the need for a more “natural” approach in forest management. The call for a close to nature forest management is certainly not new. The aim of this review is to analyze how the concept of nature has evolved in forest management and discuss if naturalness is still a viable reference for managing forests ecosystems considering the multiple values which are today attributed to forests.

Over a century ago foresters turned to virgin forests as inspiration for modeling silviculture. This approach refers to the classic “balance of nature” paradigm which for a long time was the prevailing paradigm in ecology. More recently “disturbance ecology” has recognized the role of natural disturbances in determining the structure, biodiversity and functioning of forest ecosystems, and has inspired forest management approaches based on natural disturbance regimes.

The search for a “natural” reference model is based on the belief that through management it is possible to forecast with sufficient accuracy the reaction of the ecosystem and thus bring it to a “more natural” composition, structure and functioning. Both these approaches are based on a deterministic and anthropocentric view of nature, which today is considered unable to capture the complexity and unpredictability of forest ecosystems in a changing world.

A truly “close to nature” management should instead consider human action as part of the system, recognizing the needs of society, but without forcing the forest in a predefined model, considered more “natural” and aimed at providing specific products or “services”. In this sense a systemic, adaptive management approach, coherent with a forest ethic, is needed.

Key words: close to nature silviculture; old growth forests; disturbance ecology; forest ethic; systemic silviculture.

Citation: Nocentini S., 2024 - *Nature and Forest management*. L'Italia Forestale e Montana, 79 (3): 99-133; <https://dx.doi.org/10.36253/ifm-1137>

1. INTRODUCTION

In the last decades of the 20th century and the first decade of the 21st century the key words regarding natural resource management have been sustainability and biodiversity, widely used both in the scientific discourse and in the political and institutional agenda. But in recent years the focus has turned to “nature” and

“naturalness” and in silviculture and forest management there is a growing demand for greater attention towards the “natural” functioning of forest ecosystems.

The European Biodiversity Strategy 2030, with the slogan “Bringing back nature into our lives”, asks Member States to promote “biodiversity-friendly” forestry practices and “close to nature” silvicultural approaches.

The European Forestry Strategy 2030 proposes a vision and direction for managed forests aimed at improving their conservation value and climate resilience, promoting “closer to nature” forest management. An EFI report (Larsen *et al.*, 2022) attempts to define “closer to nature” forest management and outlines a reference framework for its flexible implementation in all European Union countries. Following this report, the “Guidelines on closer to nature forest management” have been published (European Commission, Directorate-General for Environment, 2023).

The need to increase the degree of naturalness in the European Union is at the center of another important proposal, the so-called Nature restoration law which, after a long discussion, was approved by the European Council on June 17, 2024. This Law sets specific, legally binding targets and obligations for nature restoration of important terrestrial, marine, freshwater and urban ecosystems, across member states, contributing to the European climate change mitigation and adaptation targets.

My aim here is to analyze the evolution of the concept of “nature” in relation to forest management to see if today it can actually contribute to a breakthrough in forestry, accepting the challenge of an open, complex and adaptive world.

international policies. But, despite this, the concept of “nature” and “natural” has been used to define very different things and concepts (Ducarme and Couvet, 2020; Ducarme *et al.*, 2020; Lie, 2016), with the risk of becoming, as Simberloff observed (2014), another meaningless *panchreston*, i.e. a concept that is so generally applicable that it has no specific meaning, too broad and over-simplified to be of any practical use.

The reference to nature is certainly not new in the history of forestry, in certain historical moments it has set the bases for an evolution of forestry sciences with tangible results on a conceptual and operational level. Early on foresters faced the problem of mitigating the impact of management on forest ecosystems by searching for “close to nature” silviculture approaches and, although the question of what was meant in a philosophical and epistemological sense by nature was not addressed directly, however it is possible to connect the different positions that have developed over time to different conceptions of nature and naturalness. Furthermore, the development of forestry thought has at times contributed to supporting new perspectives in the field of ecology and environmental philosophy, i.e. on the relationship between human activity and nature.

2. NATURE: A *PANCHRESTON*?

The word “nature” is among the most complex to define (Williams, 1976). The urgency of putting a stop to the indiscriminate use of natural resources, especially since the end of the 1960s, has brought the need to protect nature to the attention of public opinion and scientific research. This has stimulated intense debates, developments in thought and scientific progress, with an impact on national and

3. NATURE AND FORESTRY: THE ORIGINS

In forestry, the call for a return to nature dates back more than two centuries ago, as a reaction to forest management which, starting from the end of the 18th century, had turned to mathematics and geometry to organize production, in accordance with what Heilbron (1990) has defined “the quantifying spirit of the 18th century.” The most striking example of this spirit occurred in Germany. The aim

was to fit “scattered pieces of knowledge... into systems” and to transform “all sorts of activities previously left to habit... into a science” (Bechstein, 1797).

The result was quantification and rationalization applied both to the description of nature and to the regulation of economic practice. The objective was to guide the forest towards the “normal state”, that is, towards a forest which can provide maximum and constant annual production with minimum expenditure and for an unlimited time (Patrone, 1972). The consequence was that natural forests were replaced by monocultures, laid out according to geometric patterns: silviculture adopted typical agricultural methods, nature had to subordinate to the concept of foresters, who cultivated the forest from a productive and financial point of view (Johann, 2006).

The positions of this line of thought reflected a conception of nature as something disordered, unknown, which had to be brought back to a rational order to satisfy human needs. The “German forest” became the first example of the way in which the ordered constructions of science were made to prevail over the disorder of nature. Practical objectives had favored mathematical utilitarianism, which in turn, seemed to favor geometric perfection as an external sign of good forest management: the rational placement of trees thus offered the possibility of controlling nature (Johann, 2006).

This agronomic approach to silviculture has been present in forestry for a long time if we consider that as late as 1962 David Smith’s book “The practice of Silviculture” defined silviculture as “something analogous to agronomy in agriculture, in that it is concerned with the technical details of crop production.”

Between the end of the 19th and the beginning of the 20th century, following the failures resulting from the application of this type of silviculture which can be defined as financial, a new way of thinking and looking at the forest was set forth. In 1886 Karl Gayer, professor of forestry at the University of Munich, published his famous book *Der gemischte Wald* (The Mixed Forest), where he promoted the establishment of mixed forests and the use of natural regeneration. The aphorism “imitez la nature, hâtez son oeuvre”, credited to Parade (1883), and the equally famous maxim by Gayer (1880), “Zurück der Natur”, are the emblem of this change.

4. “NATURE” IN FORESTRY

4.1 *Undisturbed forests*

The first attempts to turn silviculture in a “naturalistic” sense sought inspiration from the study of virgin forests, with the aim of understanding their structure, composition and functioning in order to draw useful indications for silviculture¹.

Interest in virgin forests, both as an object of study by botanists and naturalists and as models for a more natural silviculture, spread as early as the second half of the 19th century, with studies in virgin forests in Europe, particularly the Balkans and in small Alpine areas (Brang, 2005). One of the authors who first attributed value to virgin forests as an example for silviculture was Rubner (1920, in Brang, 2005), who in an article entitled “Die waldbaulichen Folgerungen des Urwaldes”, wrote: “with the increase in culture and more sophisticated techniques, man will not distance himself from nature, but will increase his ties

¹ A vast literature has developed discussing the definition of virgin forest/old growth forests (see for example Wirth *et al.*, 2009), as well as old growth indicators (see e.g. Bauhus *et al.*, 2009; Lombardi *et al.*, 2012; Meyer *et al.*, 2021; Borghi *et al.*, 2024; Motta *et al.*, 2024).

with it and govern it, knowing it and subordinating himself to its restrictions". Thus, on the one hand the knowledge of virgin forests, on the other the possibility of governing nature by knowing its limits. According to Baseler (1932, p. 39, in Brang, 2005) the scientists investigating virgin forests thought that these forests "should become an educational aid for managing cultivated forests in a close-to-nature manner". Therefore the "natural model" in these first decades of development of an alternative silviculture to the classical and financial model, became the natural forest, free from any human interference and free to organize itself autonomously according to the laws of nature.

In 1945 Jones wrote an interesting article in the journal *New phytologist* entitled "The structure and reproduction of the virgin forest of the north temperate zone". His goal was to analyze the structure and regeneration of virgin forests in relation to ecological theory. The article was the result of the lessons that Jones gave to students, and it was published because in that period the Journal had a shortage of papers. This was a lucky coincidence because Jones offers some very interesting insights into the question (Bradshaw *et al.*, 2011).

Jones examined the scientific articles that reported quantitative data for temperate forests that could be considered as virgin forests in different geographical areas: from the mountain areas of central Europe (Seidel, 1848; von Berg, 1861; Wessely, 1853), to the Carpathians (Mauve (1931), the Balkans (Markgraf and Dengler, 1931; Cermak, 1910; Fröhlich, 1930), Anatolia (Baseler, 1932), North America (Cooper, 1913; Nichols, 1913; Lutz, 1930) and Manchuria (Iwaschkewitsch, 1929). Examining the data relating to the age and size of the trees, structure, mortality and regeneration, the main question he tried to answer was: is the structure of the "virgin forests" even-aged

or uneven-aged? He noted that most of the European foresters who wrote about virgin forests were interested in the implications for silviculture, and therefore were not always free from a certain prejudice, while for the ecologist the interest concentrated more on the problems of succession and climax.

His analysis shows that these studies described multiple structures, ranging from the evenaged, monoplane with uniform and complete cover, to structures with two or more distinct age classes in layers or groups, to structures with a mosaic of age groups, to structures with all age classes, with uniform cover. Very often, these virgin forests presented intermediate situations, with mixtures of all the different structures. Jones observed that these structures were inferred from the distribution of trees in size classes, a parameter not always correlated with age. He concluded his analysis by saying that there are many different types of structure, and it would be a mistake to expect the natural forest to conform rigidly to a single pattern, indeed it may be so variable that there is no prevailing structure.

Based on this analysis he then discussed knowledge of virgin forests in relation to the climax theory, which at that time was still the prevailing theory in ecology. According to him, the "climax forest" was just a concept that never exists in reality because catastrophic events start new series, or because the time needed for the forest cover to balance with the environment is necessarily very long when very large, long-lived trees are present, and above all in consideration of the fact that the environment is constantly changing. Furthermore, even if the climax condition were reached, theoretical considerations do not give us any clue as to what the minimum surface area could be, i.e. the size of the area in which the kaleidoscopic distribution of vegetation remains unchanged in the aggregate, nor do they indicate the de-

gree of precision with which the climax can be defined. There could be, for example, several variants that are equally stable and capable of replacing each other in time and space. For this reason, Jones criticized Baseler (1932) and Zednik (1938-39) who equaled the virgin forest to the climax.

More recently Lucio Susmel has given an important contribution to the study of virgin forests as inspiration for silviculture. On the basis of investigations carried out in virgin forests in the Dinaric Alps and data present in the literature, Susmel (1956) studied the mechanisms that regulate the functioning of cultivated uneven-aged high forests in relation to natural forests of the same type of composition and site.

According to Susmel (1980) the close to nature approach aims to imitate "natural forests of different floristic types, trying to implement extensively and with the greatest possible capillarity - ideal goals which can never be fully reached - cultivation models which, like the natural models, are provided with the essentials characters of homeostasis".

Susmel considered virgin forests "a climatic climax, that is, the theoretical community towards which the successional development of the area of a climatically defined region tends when the substrate conditions are not so limiting as to overwhelm the effects of the climate". "As a climax, virgin forests also have a more or less high biotic diversity and biochemical diversity (mature ecosystems), which are in close relation with the stability of the ecosystem in the face of external oscillations (climate, pollution); in them, as the final result of the interactions within the community, there is also an increase in the conservation of nutrients, symbiosis and information content".

Susmel built a model of the equilibrium state of the cultivated uneven-aged high forest following an exponential curve, which he

called the "norm", using height of the tallest trees, composition and diameter distribution as parameters. Based on research in pure and mixed forests of the eastern Alps, in beech forests of the Apennines and in holm oak forests, he defined the parameters that characterize the "norm" for cultivated forests for the same type and site condition as the old-growth forests he had examined (Susmel, 1955; 1956; 1959; 1970; 1980).

4.2 *Disturbed forests*

The search for a model of naturalness in virgin forests, from which to draw indications for silviculture, refers to the classical paradigm in ecology which for many years has been the "paradigm of equilibrium", that is, the idea that ecological systems are in equilibrium, with a stable point defined as the climax community. This paradigm involves closed systems and encompasses the common vision of the "balance of nature" (O'Neill *et al.*, 1986; DeAngelis and Waterhouse, 1987; Wu and Loucks 1995).

Since the early decades of the 20th century many ecologists have questioned the idea of the balance of nature and the related concept of stability (e.g., Elton, 1930; Ehrlich and Birch, 1967; Botkin and Sobel, 1975; Caswell, 1978; Chesson and Case, 1986; Pickett *et al.*, 1992; Wu, 1992).

One of the contributions that had the greatest influence was the speech given by Alex Watt on February 11th, 1947, to the British Ecological Society, entitled "Pattern and process in the plant community", which presented a vision of the community as a dynamic mosaic of patches in different successional stages (Levin *et al.*, 1993; Wiens *et al.*, 1993; Wu, 1994; Wu and Levin, 1994; Wu and Loucks, 1995).

Attention to the relationships between balance and disturbance in ecosystems has developed since the 1970s, driven by concerns about the impacts of human activity on

ecological systems which were becoming increasingly pressing in that period. In 1985, Pickett and White, together with many other authors, wrote a book, "The ecology of natural disturbances and patch dynamics", that was a turning point in the way ecosystems are considered. The focus of scientific investigation became the phenomena connected to the disturbances, the conditions created by the disturbance, the frequency, severity, intensity and predictability of these events, and the response of organisms to the disturbance regimes. The concept of "patch dynamics" or "phases", as Watt (1947) called them, concerns both disturbances external to the community and internal processes of change. The idea is that natural disturbances, such as hurricanes, wildfires, insect attacks, etc., open up patches in ecosystems that tend to initiate a dynamic process that dominates the system as a whole. The patchy structure brings heterogeneity to the system which often creates more heterogeneity. Disturbances, as individual events, are important for co-creating the historical uniqueness of each system. Thus, an ecosystem is not a stable, ordered and uniform state, where uniformities of organisms can be found, but rather a heterogeneous mosaic of different successional states (Wu and Loucks, 1995).

The emergence of what can be defined as "disturbance ecology" has contributed to the recognition of the role of natural disturbances in determining the structure, biodiversity and development of forest ecosystems and maintaining their adaptive capacity (Kuuluvainen *et al.*, 2021).

In forestry this theory was translated into hypothesis and models which have been a reference for the definition of alternative forest management approaches, such as the "shifting mosaic steady state" hypothesis (Bormann and Likens, 1979), and the "gap model" of forest succession (West *et al.*, 1981; Shugart, 1984).

In forest ecosystems, the scale of disturbances ranges from situations that are the result of the senescence and fall of individual trees, to those that result from the felling of small groups of trees by wind, up to very large surfaces felled by windstorms.

In the 1980s, opposition to forest management focused on wood production began to grow in North America, both in the public opinion and within the forestry community. As a reaction, alternative approaches were proposed (e.g. the "New Forestry" Franklin, 1989a, 1989b) which shifted attention to the need to support the ecological integrity of forest ecosystems.

The different proposals have been collectively termed "ecological forestry" (Batavia and Nelson, 2016a), which will have a different definition over time, but which essentially translates into "keeping the modifications of forest ecosystems within the limits of the disturbance regime present before a significant human impact" (Seymour and Hunter, 1999). The assumption of this approach is that since species have evolved naturally in relation to the sequence of disturbances, forest management which mimics a full range of disturbances is the best insurance against biodiversity loss. The aim is to mitigate many of the negative effects of classical forest management, so as to achieve economic objectives without compromising the ecological value of forests (Batavia and Nelson, 2016a).

Compared to the simplistic interpretation of classical silviculture which is based on specific characteristics of the forest species to determine the cultivation model (e.g. species considered intolerant are managed by clear cutting etc., the more tolerant ones with the uniform shelterwood system, etc.), management based on the natural disturbance regime requires the study of how these disturbances modify forests from the stand level up to the

landscape scale. Rather than considering what is removed, attention shifts to what remains, i.e. deadwood, standing trees, all that series of elements defined as “biological legacies”. These biological legacies are considered crucial for the recovery of forest ecosystems after a disturbance, i.e. to maintain the functionality and diversity of habitats. Since this approach focuses on what is left behind, not what is taken away, it is also referred to as “retention forestry” (Lindenmayer *et al.*, 2012).

Aszalos *et al.* (2022) examined the disturbance regime in European forests and found that natural disturbances are highly variable in size, frequency and severity, thus creating variations in the structural complexity of forests. In temperate and boreal forests, the most frequent disturbances are those that open small gaps which generally do not exceed 200 m², caused by the death or fall of one or a few trees, every 1 to 10 years (Aszalós *et al.*, 2022; Kuuluvainen and Aakala, 2011; Mountford, 2001). Disturbances that damage larger surfaces, up to 100 hectares or more, with return times exceeding a century and even up to 1000 years, are much less frequent. Comparing these data with managed forests, the authors conclude that most forests in Europe are managed outside their historical disturbance range (Aszalós *et al.*, 2022).

Among all the forms of management examined, uneven-aged temperate forests are the most similar to natural dynamics, however in managed forests the complexity produced by natural dynamics is missing, in particular the quantity of deadwood standing and on the ground in different stages of decomposition and the presence of large and old trees, which are fundamental habitats for many species (Paillet *et al.*, 2015; Vítková *et al.*, 2018; Keren and Diaci, 2018; Iovino, 2024). In forests managed with clear cutting, even where the natural disturbance regime is characterized

by the occurrence of events that destroy large surfaces, all those elements that characterize natural disturbances are missing, such as large quantities of deadwood on the ground, single trees or groups of standing trees, etc. (Aszalós *et al.*, 2022; Keren and Diaci, 2018). Forest management based on the natural disturbance regime is part of the recent proposal for a “closer” to nature silviculture (Larsen *et al.*, 2022; Motta and Larsen, 2022).

Upon closer inspection, forest management based on the natural disturbance regime is in a certain sense paradoxical because foresters historically have always tried to maintain the stability and “health” of forest stands by controlling mortality and growth on well-established scientific bases. In this school of thought, management was focused on excluding natural disturbances and producing predictable results (Kuuluvainen *et al.*, 2021).

It should be underlined that the different forms of close to nature silviculture promoted since the end of the 19th century, which rejected clear cutting and artificial regeneration, focused on maximizing economic return (Bauhus *et al.*, 2013; Kuuluvainen *et al.*, 2021), as do most of the recent proposals for management based on disturbance and succession, which seek to mitigate many of the negative impacts associated with classical silviculture, in order to respond to economic needs (Seymour and Hunter, 1999; Franklin and Johnson, 2013).

5. STILL LOOKING FOR NATURALNESS

Despite the long history of forest management approaches inspired by “nature”, why is it still necessary to insist on the issue? And why, even though there is now a vast scientific literature on the subject, an alternative silviculture to the classical model, oriented mainly if not exclusively towards wood production,

is still struggling to establish itself, both on a global and European scale?

Intensive clear-cutting practices continue to prevail globally, causing biodiversity loss and ecosystem degradation in many regions of the world (FAO, 2020). And there is a risk that this trend could increase as a result of policies focused on the production of biomass for energy purposes and on a reductive interpretation of bioeconomy, not based on solid ecosystemic foundations and which does not take into account forests' multiple functions.

A survey carried out in 13 countries in Europe (Finland, Sweden, Lithuania, Poland, Germany, Slovakia, Czechia, Austria, Hungary, Romania, Slovenia, France and Italy) highlighted that over 72% of managed forests have evenaged structures, of which over 51% are managed with clear-felling and the remaining 21% with the uniform shelterwood system (Aszalós *et al.*, 2022). Less than 10% is managed with uneven-aged systems, while the remaining surfaces are coppices or unmanaged areas. Obviously, there are differences between the various countries, for example in temperate forests the percentage of even-aged forests is around 61%, of which 37% are clearfelled, while 14% have uneven-aged structures. Nevertheless these are very low percentages if compared to the importance that is recognized today to close to nature management.

The answer to the question is not simple, because it requires considering multiple aspects (Puettmann *et al.*, 2015). Economic and financial factors are certainly decisive in the distribution of different forms of land use, as already demonstrated by von Thünen in 1842 with his theory on the spatial distribution of forests and agriculture. The main economic-financial reasons that slow down the spread of an alternative silviculture compared to classical silviculture are well known and depend on the fact that at a global level the main objective is still the pro-

duction in a short time of large quantities of wood with homogeneous characteristics.

But other factors have, in my opinion, considerable importance in limiting the diffusion of alternative forms of forest management. An important factor is that traditional forestry education over the last century, at different levels, has focused mainly on classical silvicultural practices, while long-term field investigations on alternative silvicultural methods are relatively uncommon (Puettmann *et al.*, 2015): thus, forest managers may be reluctant to take risks and accept the uncertainties associated with unfamiliar forms of management without having this type of scientific support. Furthermore, in many areas there is a lack of field examples that can be used as demonstration projects for students and professionals (see an example in Bravo-Oviedo *et al.*, 2020.)

Other motivations have deeper historical reasons. The expansion of “scientific forestry” (*sensu* Lowood, 1990 and Oosthoek, 2007), based on the controlled management of monospecific plantations developed in central Europe at the end of the 19th century, was accepted in other countries because it corresponded to the dominant ideas of the time, centered on control and efficiency (Ciancio and Nocentini, 1997; Lang and Pye, 2001; Oosthoek, 2007; Cock, 2008; Puettmann *et al.*, 2009; Sears and Pinedo-Vasquez, 2011). This approach also helped to elevate forestry activity to an autonomous discipline in universities and research institutes, facilitating its recognition in society.

This educational focus on classical silviculture has led to an “imprinting” or cognitive block in many foresters who are led to prefer, even unconsciously, the classical management model (Puettmann *et al.*, 2015). An exemplary case of this can be found in the management history of the beech and black pine forests of southern Italy, where the traditional selective

cutting applied during the last centuries by many private owners, based on local knowledge, was considered, and sometimes still is considered “irrational” by forest administrations and technicians (Ciancio *et al.*, 2006; Ciancio *et al.*, 2008; Nocentini, 2009; Iovino, 2011, 2024; Iovino and Menguzzato, 2014).

Puettman *et al.* (2015) report other interesting examples from Finland and Sweden, where forestry authorities and professionals have actively encouraged clear-cutting because there were concerns that the forms of free-cutting applied in the past on many private properties could degrade forests (Siiskonen, 2007; Brukas and Weber, 2009). In 1948 a group of influential Finnish researchers published a statement against the destructive impacts of selection cutting. Similarly, German forestry professors were successful in discrediting the “Dauerwald,” primarily on the basis of concerns regarding financial performance and management complexity (Pommerening and Murphy, 2004; Ciancio, 2014). Another well-known example is that reported by Hockenjos (1993, 1995): in 1833 a law was passed in Baden-Württemberg (Germany) which prohibited *Femel* and *Plenter* (small groups and or single tree selection); this law was abolished in 1976 but only starting from 1992 did the forestry administration actively encourage the adoption of these silvicultural systems.

Another factor that should not be underrated is that foresters’ expectation of simple operational guidelines cannot be easily met by a more flexible silvicultural approach aiming at structural and compositional variety. The search for simplicity in forestry is often encouraged by the shortage of personnel both in administration offices and on site. In offices, in highly computerized environments, foresters increasingly find themselves having to deal with tasks that are far from forest practice (Puettmann *et al.*, 2015).

6. IS A “NATURAL” MODEL NECESSARY?

The theories underlying the proposals for close to nature silviculture, in its various meanings, whether connected to the concept of climax or to disturbance dynamics, refer to a specific idea of nature and naturalness.

In both cases the logic is to be able to replicate, through management, natural structures and processes, actually a manipulation of nature. If we consider natural everything that is not modified by human action, this is a conceptual paradox.

The search for a reference model implies the belief that through management it is possible to predict with sufficient certainty the reaction of the ecosystem and thus bring it towards a predetermined composition, structure and functioning. This belief derives from the deterministic paradigm which still conditions our way of seeing reality. As already mentioned, imprinting is particularly strong in foresters, educated in a forest management approach which is based on the archetype of the reference model: the normal forest (Ciancio *et al.*, 1994).

The search for a model of naturalness raises a series of questions that are not easy to answer. There is a fundamental contradiction in wanting to base management on information deduced from a predefined model of naturalness: while recognizing the dynamic and unpredictable nature of ecosystems, one cannot at the same time act as if ecosystems responded in a linear and predictable manner, according to trajectories of the ecosystem taken as an example.

If we look for a model of naturalness in old-growth forests, we must consider the so-called inertia of ecosystems, a particularly important phenomenon when dealing with ecosystems characterized by the decisive presence of very long-lived organisms such as trees. The inertia with which forest ecosystems respond to climate fluctuations means that they may find

themselves out of equilibrium with current climatic conditions (Millar and Woollfenden, 1999; Allen *et al.*, 2002). For example, the combination of species and the way they occupy the different layers of an ecosystem as we see them today may have originated in a different climatic situation from the current one.

If the model is instead the natural disturbance range for a specific geographical and forest situation, the problem does not change. The recent EFI report “Closer-to-Nature Forest Management. From Science to Policy” (Larsen *et al.*, 2022), underlines the need to develop a long-term vision (up to a century) by quantifying the future structure and composition of forests and the spatial distribution of the different components. This shows a belief in the possibility of identifying a model of naturalness for the future towards which management can, in a predictable manner, shape the forest. In this case there is also the challenge represented by the increase in the frequency, intensity and complex consequences of disturbances linked to climate change with the added effects of human activities (Sommerfeld *et al.*, 2018; McDowell *et al.*, 2020). Management based on historical natural disturbance regimes must therefore be able to adapt to a rapidly changing environment (Kuuluvainen *et al.*, 2021), actually refuting the predictability of the system’s response and the possibility of adhering to a predetermined reference model.

Today there is an almost general agreement on the fact that forest ecosystems are complex biological systems, which follow trajectories that cannot be predicted or modeled with certainty, where there is a continuous turnover of generations and organisms. As such, they have no impermeable boundaries and are subject to internal and external influences (Filotas *et al.*, 2014). Furthermore, forest systems are perfect examples of complex socio-ecological systems (Nocentini *et al.*, 2017), that is, they are the

product of interactions between all the components of the system, biotic and abiotic, including humans and social structures that have coevolved over time.

I therefore believe that the only possibility of managing forests in harmony with nature and with the essence of forest ecosystems, is to operate in a manner consistent with the scientific paradigm of complexity (Ciancio and Nocentini, 1997). This means adopting a systemic approach, as suggested by systemic silviculture, which does not attempt to shape the forest according to predetermined models, aimed at maximizing one or more functions or according to a predefined model of naturalness. On the contrary, based on natural regeneration and interventions with low environmental impact, it tends to conserve and increase biological diversity, abandoning the search for homogeneity and favoring instead the structural and compositional diversification and the forest’s capacity for self-organization. The optimal utilization levels must be based on monitoring the system’s reactions to previous interventions, following an adaptive approach (see Ciancio, 2009, and Borghetti *et al.*, 2024, for applications of systemic silviculture).

This does not mean rejecting all the research carried out to date on old-growth forests or natural disturbance regimes. Instead, it means putting the results of this research into a different framework: no longer the attempt to use the information to define a model of naturalness, but to try to understand the complexity of the processes and interactions that condition the evolution of forest ecosystems.

7. THE NEED FOR AN ETHICAL LEAP

The different “close” or “closer” to nature forest management approaches which have

been defined in time, are of a technical-practical nature, but the question of managing ecosystems in such a way as to respect their natural functioning poses a deeper question: what is our position in nature?

Paraphrasing Batavia and Nelson (2016a), it can be said that the concept of “natural”, when used to characterize forms of forest management, becomes a normative term because, unlike properties such as mass or temperature which can be measured, it implies beliefs about what type of conditions are good or desirable, that is, it presupposes a value judgment. Natural thus becomes better, more acceptable than non-natural, artificial.

It is now clear that the negative impacts of classical forest management are symptoms of a deeper pathology, a fallacious ethical orientation that treats forests as simple resources that can be exploited for human needs (White, 1967; Plumwood, 1993; Batavia and Nelson, 2016a).

Natural resource management, and specifically forest management, is an application of ethics, because it reflects normative ideas about how we should behave or interact with the world around us (Nelson and Vucetich, 2012; Batavia and Nelson, 2016a). There is no doubt that classical forest management underlies a utilitarian vision characteristic of the anthropocentric conception.

Since the 1970s, the possibility of attributing legal rights to natural entities, i.e. recognizing their intrinsic value (Stone, 1972), has entered the debate on the use and conservation of natural resources. Recently the question of the intrinsic value of non-human entities has involved a growing number of institutions: there is an ever-increasing number of legislative provisions, national constitutions, statutes and local laws, which recognize the Rights of Nature, according to the so-called Earth Jurisprudence, pointing out human responsibili-

ty in the conservation of ecosystem integrity (Schimmöller, 2020).

With Aldo Leopold’s *Land Ethic* (1949) forestry thought has been a precursor of this drive towards a different vision of the relationship between humans and nature. Today, with the theory of systemic silviculture and the recognition of the rights of the forest, we are moving towards what could be defined as *Forest Ethics* (Ciancio and Nocentini, 1997; Nocentini *et al.*, 2021).

While the ethical question has received some attention in the North American forestry world - see for example the interesting debate in the *Journal of Forestry* between 1989 and 1992 (Coufal, 1989; Craig, 1992a, 1992b), and again more recently (Batavia and Nelson, 2016a, b) - and although the need for change to respond to society’s growing expectations regarding forests in recent decades is clearly perceived, European forestry literature, if we exclude systemic silviculture, has never considered the importance of ethics and the related vision of the world. Ethical considerations have been dismissed with the assertion that forest management is a scientific and technical activity, not a philosophical one.

Thus, the possibility of making that “ethical leap” necessary for forest management to truly respond to the request for “more nature” is lost. Systemic silviculture can be an answer to the question: it is a conceptual approach that goes beyond the recommendation of specific cultivation practices (Messier *et al.*, 2019), considering human action as part of the system, it recognizes the needs of society without forcing the forest into a predefined structure and composition aimed at obtaining specific products or “services”. Thus, wood production is no longer the primary aim but becomes the consequence of management that operates in the interest of the forest, to maintain or increase its biodiversity, complexity and adaptive capacity.

8. TOWARDS A MORE NATURAL FOREST FUTURE

The request for “more nature” in forest management may seem strange to professionals, who have always considered their work to be based on solid ecological foundations. Paradoxically, foresters today find themselves having to justify their actions and in a certain sense acquire a new “naturalness license”.

I believe that the current paradox is instead trying to pursue close to nature management while remaining in the old reference paradigm, linked to predictability and the belief that it is possible to shape forest ecosystems to meet our needs according to predetermined functioning models.

History has clearly demonstrated that over two centuries of attempts to make forest systems predictable have reduced forests into plantations and transformed silviculture into tree farming (Ciancio and Nocentini, 1997; Nocentini, 2011; Puettmann *et al.*, 2009).

We need to rediscover that love for nature that probably inspired many of us to get involved in a forestry degree: I believe that today many young students choose the field of forest and environmental studies more for ethical-aesthetic inspiration, than for economic-productive reasons (Ubertini, 2011). We must accept change, find the motivation for a commitment that is truly in favor of forests, no longer tolerating or justifying forms of management that degrade or destroy forest ecosystems.

The growing body of scientific knowledge and technical skills can help in truly operating in harmony with nature, but for this to become true the classical forestry imprinting must be overcome. A forest cannot be seen only as a collection of trees, or a list of species or, as a series of disturbances. The forest is a complex biological system, which carries within itself

the traces of interactions with human society, representing a set of values that goes beyond the simple provision of goods or “services”.

In conclusion, to respond in a truly effective way to the request for more nature in forest management it is necessary to take into account the ethics of the forest, applying a careful, adaptive and systemic management approach.

REFERENCES

- Allen C.D, Savage M., Falk D., Suckling K.F., Swetnam T.W., Schulke T., Stacey P.B., Morgan P., Hoffman M., Klingel J.T., 2002 - *Ecological restoration of Southwestern ponderosa pine ecosystems: a broad perspective*. Ecological Applications, 12: 1418-1433.
- Aszalós, R., Thom D., Aakala T., Angelstam P., Brümelis G., Gálhidy L., Gratzer G., Hlásny T., Katzensteiner K., Kovács B., Knoke T., Larrieu L., Motta R., Müller J., Ódor P., Roženbergar D., Paillet Y., Pitar D., Standovár T., Svoboda M., Szwagrzyk J., Toscani P., Keeton W.S., 2022 - *Natural disturbance regimes as a guide for sustainable forest management in Europe*. Ecological Applications, 32, e2596.
- Baseler J., 1932 - *Urwaldprobleme in Nordanatolien*. Mitt. Inst. ausl. Forstwirtschaft. Tharandt, 2; 168 p.
- Batavia C., Nelson M.P., 2016a - *Conceptual Ambiguities and Practical Challenges of Ecological Forestry: A Critical Review*. Journal of Forestry, 114: 1-10.
- Batavia C., Nelson M.P., 2016b - *The Logical and Practical Necessity of Ethics in Ecological Forestry: A Reply to Palik and D'Amato*. Journal of Forestry, 115 (1): 56-57; <http://dx.doi.org/10.5849/jof.2016-078>
- Bauhus J., Puettmann K., Messier C., 2009 - *Silviculture for old-growthness*. Forest Ecology and Management, vol. 258: 525-537.
- Bauhus J., Puettmann K.J., Kuhne C., 2013 - *Close-to-nature forest management in Europe: does it support complexity and adaptability of forest ecosystems?* In: Messier C., Puettmann K.J., Coates K.D. (eds.), Managing forests as complex adaptive systems: Building resilience to the challenge of global change. Routledge, New York, p. 187-213.
- Bechstein J.M., 1797 - *Anzeige von der Herzoglich-Sächsisch-Gothaischen und Altenburgischen Societät der Forst- und Jagdkunde zu Waltershausen nebst den vorläufigen Statuten derselben*. Diana, 1: 424-429.

- Berg F. von, 1861 - *Die Wälder im Banate*. Tharandt. Forstl. Jh., p. 94-165.
- Bormann F.H., Likens G.E., 1979 - *Catastrophic disturbance and the steady state in northern hardwood forests: a new look at the role of disturbance in the development of forest ecosystems suggests important implications for land-use policies*. American Scientist, 67: 660-669.
- Borghetti M., Ferrara A., Moretti N., Nolè A., Pierangeli D., Ripullone F., Todaro L., 2024 - *Prendersi cura dei boschi di un'area interna nell'era del cambiamento climatico: il caso della Basilicata*. Forest@, 21: 10-36; <https://doi.org/10.3832/efor0042-021>
- Borghi C., Francini S., McRoberts R.E., Parisi F., Lombardi F., Nocentini S., Maltoni A., Travaglini D., Chirici G., 2024 - *Country-wide assessment of biodiversity, naturalness and old-growth status using national forest inventory data*. Eur J Forest Res, 143: 271-303; <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01620-6>
- Bormann F.H., Likens G.E., 1979 - *Catastrophic disturbance and the steady state in northern hardwood forests*. Am. Sci., 67: 660-669.
- Botkin D.B., Sobel M.J., 1975 - *Stability in time-varying ecosystems*. Am. Nat., 109: 625-646.
- Bradshaw R.H.W., Josefsson T., Clear J.L., Peterken G.F., 2011 - *The structure and reproduction of the virgin forest: A review of Eustace Jones (1945)*. Scandinavian Journal of Forest Research, 26 (Suppl 10): 45-53.
- Brang P., 2005 - *Virgin forests as a knowledge source for central European silviculture: reality or myth?* Forest Snow and Landscape Research, 79 (1/29): 19-32.
- Bravo-Oviedo A., Marchi M., Travaglini D., Pelleri F., Manetti M.C., Corona P., Cruz F., Bravo F., Nocentini S., 2020 - *Adoption of new silvicultural methods in Mediterranean forests: the influence of educational background and sociodemographic factors on marker decisions*. Annals of Forest Science, 77 (48): 1-17; ISSN:1297-966X
- Brukas V., Weber N., 2009 - *Forest management after the economic transition at the crossroads between German and Scandinavian traditions*. For Pol Econ, 11: 586-592.
- Caswell H., 1978 - *Predator mediated coexistence: a non-equilibrium model*. Am. Nat., 112: 127-154.
- Cermak L., 1910 - *Einiges über den Urwald von waldbaulichen Gesichtspunkten*. Cent.bl. Ges. Forstwes., 36: 340-370.
- Chesson P.L., Case T.J., 1986 - *Non-equilibrium community theories: chance, variability, history, and coexistence*. In: J. Diamond and T.J. Case (eds.), Community Ecology, p. 229-239. Harper & Row, New York.
- Ciancio O. (a cura di), 2009 - *Riserva Naturale Statale Biogenetica di Vallombrosa. Piano di Gestione e Silvomuseo 2006-2025*. Corpo Forestale dello Stato, Ufficio Territoriale per la Biodiversità di Vallombrosa, Reggello (FI), 449 p.
- Ciancio O., 2014 - *Storia del pensiero forestale. Silvicultura filosofia etica*. Rubbettino Editore, p. 79-122.
- Ciancio O., Iovino F., Menguzzato G., Nicolaci A., 2008 - *Struttura e trattamento in alcune faggete dell'Appennino meridionale*. L'Italia Forestale e Montana, 63 (6): 465-48.
- Ciancio O., Iovino F., Menguzzato G., Nicolaci A., Nocentini S., 2006 - *Structure and growth of a small group selection forest of Calabrian pine in Southern Italy: A hypothesis for continuous cover forestry based on traditional silviculture*. Forest Ecology and Management, 224: 229-234; <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.12.057>
- Ciancio O., Iovino F., Nocentini S., 1994 - *The theory of the normal forest. La teoria del bosco normale*. L'Italia forestale e montana, 49 (5): 446-462.
- Ciancio O., Nocentini S., 1997 - *The forest and man: the evolution of forestry thought from modern humanism to the culture of complexity. Systemic silviculture and management on natural bases*. In: "The forest and man", edited by O. Ciancio, Florence, Italian Academy of Forest Sciences, p. 21-114; <https://www.aisf.it/wp-content/uploads/2014/06/forest-and-man.pdf>
- Cock A.R., 2008 - *Tropical forests in the global states system*. Int Aff, 84 (2): 315-333.
- Cooper W.S., 1913 - *The climax forest of Isle Royale, Lake Superior, and its development*. Botanical Gazette, 55: 1-44.
- Coufal J.E., 1989 - *The land ethic question*. Journal of Forestry, 87 (6): 23-24.
- Craig R.S., 1992a - *Further development of a land ethic canon*. Journal of Forestry, 90 (1): 30-31.
- Craig R.S., 1992b - *Land ethic canon proposal: a report from the Task Force*. Journal of Forestry, 90 (8): 40-41.
- DeAngelis D.L., Waterhouse J.C., 1987 - *Equilibrium and non-equilibrium concepts in ecological models*. Ecol. Monogr., 57: 1-21.
- Ducarme F., Couvet D., 2020 - *What does 'nature' mean?* Palgrave Communications, 6, art. n. 14; <https://doi.org/10.1057/s41599-020-0390-y>
- Ducarme F., Flipo F., Couvet D., 2020 - *How the diversity of human concepts of nature affects conservation of biodiversity*. Conservation Biology, 35 (3): 1019-1028.

- Ehrlich P.R., Birch L.C., 1967 - *The "balance of nature" and "population control"*. Am. Nat., 101: 97-107.
- Elton C., 1930 - *Animal Ecology and Evolution*. Oxford University Press, New York.
- European Commission, Directorate-General for Environment, 2023 - *Guidelines on closer-to-nature forest management*, Publications Office of the European Union; <https://data.europa.eu/doi/10.2779/731018>
- FAO, 2020 - *Global Forest Resources Assessment 2020 - Key findings*. Rome; <https://doi.org/10.4060/ca8753en>
- Filotas E., Parrott L., Burton P.J., Chazdon R.L., Coates K.D., Coll L., Haeussler S., Martin K., Nocentini S., Puettmann K.J., Putz F.E., Simard S.W., Messier C., 2014 - *Viewing forests through the lens of complex systems science*. Ecosphere, 5 (1): 1-23; <http://dx.doi.org/10.1890/ES13-00182.1>
- Franklin, J.F., 1989a - *The "new forestry"*. J. Soil Water Conserv., 44 (6): 549.
- Franklin J.F., 1989b - *Toward a new forestry*. Am. For., 95 (11/12): 37-44.
- Franklin, J.F., Johnson K.N., 2012 - *A restoration framework for federal forests in the Pacific Northwest*. Journal of Forestry, 110 (8): 429-439.
- Franklin, J.F., Johnson K.N., 2013 - *Ecologically based management: A future for federal forestry in the Pacific Northwest*. Journal of Forestry, 111 (6): 429-432.
- Fröhlich, J., 1930 - *Der südosteuropäische Urwald und seine Überführung in Wirtschaftswald*. Centralblatt für das Gesamte Forstwesen, 56: 1-17, 49-65.
- Gayer K., 1880 - *Der Waldbau*. Wiegandt, Hempel, Parey Berlin, 700 p.
- Gayer K., 1886 - *Der gemischte Wald seine Begründung und Pflege, insbesondere durch Horst- und Gruppenwirtschaft*. Parey, Berlin.
- Harrison Pogue R., 1992 - *Forests. The shadow of civilization*. University of Chicago Press, 304 p.
- Heilbron J.L., 1990 - *Introductory Essay*. In: The quantifying spirit of the Eighteenth Century. Frangsmyr T., Heilbron J.L., Rider R.E. (eds.). University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California, p. 1-23.
- Hockenjos W., 1993 - *Die Wiederentdeckung des Fehmälwäldes. Auf forstgeschichtlicher Spuren suche im Bücherschrank eines badischen Forstamtes*. Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 164 (12): 213-218.
- Hockenjos W., 1995 - *Forstideologisches aus Baden*. Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 166 (2/3): 34-38.
- Iovino F., 2011 - *Classic silviculture, local knowledge and systemic silviculture*. L'Italia Forestale e Montana, 66 (3): 197-202.
- Iovino F., 2024 - *Lo studio della struttura di boschi vetusti nell'Appennino meridionale come base per la definizione di approcci selvicolturali sostenibili*. L'Italia Forestale e Montana, 79 (1): 7-23; <https://dx.doi.org/10.36253/ifm-1123>
- Iovino F., Menguzzato G., 2014 - *Presupposti e contraddizioni della selvicoltura in ambiente appenninico*. In: Storia del pensiero forestale. Selvicoltura Filosofia Etica, di Orazio Ciancio. Rubbettino Editore, p. 427-441.
- Iwaschkewitsch B.A., 1929 - *Die wichtigsten Eigenarten der Struktur und der Entwicklung der Unvaldbestände*. Proc. Int. Congr. For. Exp. Sta., Stockholm, p. 129-47.
- Johann E., 2006 - *Historical development of nature-based forestry in Central Europe*. In: Nature-based forestry in Central Europe. Alternatives to industrial forestry and strict preservation. Diaci, J. (ed.). Proceedings, Univ. of Ljubljana, p. 1-18.
- Jones E.W., 1945 - *The structure and reproduction of the virgin forest of the north temperate zone*. New phytologist, p. 130-148.
- Keren S., Diaci J., 2018 - *Comparing the Quantity and Structure of Deadwood in Selection Managed and Old-Growth Forests in South-East Europe*. Forests, 9 (2): 76; <https://doi.org/10.3390/f9020076>
- Kuuluvainen T., Aakala T., 2011 - *Natural forest dynamics in boreal Fennoscandia: a review and classification*. Silva Fennica, 45 (5): 823-841.
- Kuuluvainen T., Angelstam P., Frelich L., Jögist K., Koivula M., Kubota Y., Laffeur B., Macdonald E., 2021 - *Natural Disturbance-Based Forest Management: Moving Beyond Retention and Continuous-Cover Forestry*. Front. For. Glob. Change, 4: 629020; <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.629020>
- Lang C., Pye O., 2001 - *Blinded by science: The invention of scientific forestry and its influence in the Mekong Region*. Watershed, 6: 25-34.
- Larsen J.B., Angelstam P., Bauhus J., Carvalho J.F., Diaci 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; <https://doi.org/10.36333/fs12>
- Leopold, A., 1949 - *A Sand County almanac and sketches here and there*. Oxford University Press, New York, N.Y.

- Levin S.A., Steele J.H., Powell T.M. (eds.), 1993 - *Patch Dynamics*. Springer-Verlag, New York.
- Lie S.A.N., 2016 - *Philosophy of Nature. Rethinking naturalness*. Routledge, 240 p.
- Lindenmayer D.B., Franklin J.F., Löhmus A., Baker S.C., Bauhus J., Beese W., Brodie A. et al., 2012 - *A major shift to the retention approach for forestry can help resolve some global forest issues*. *Conserv. Lett.*, 5 (6): 421-431.
- Lombardi F., Lasserre B., Chirici G. et al., 2012 - *Deadwood occurrence and forest structure as indicators of old-growth forest conditions in Mediterranean mountainous ecosystems*. *Ecoscience*, 19: 344-355; <https://doi.org/10.2980/19-4-3506>
- Lowood H.E., 1990 - *The Calculating Forester: quantification, cameral science, and the emergence of scientific forestry management in Germany*. In: The quantifying spirit of the XVIIIth century (Frangmyr T., Heilbron J.L., Rider R.E. eds.). University of California Press, Berkeley and Los Angeles, p. 315-342.
- Lutz H.J., 1930 - *The vegetation of Heart's Content, a virgin forest in northwestern Pennsylvania*. *Ecology*, 11: 1-29.
- Markgraf F., Dengler A., 1931 - *Aus den Waldern Albaniens*. *Z. Forst- u. jagdztg.*, 63: 1-31.
- Mauve K., 1931 - *Ueber Bestandesaufbau, Zuwachsverhältnisse und Verjüngung im galizischem Karpathen-Urwäld*. *Mitt. Forstwirt. Forstwiss.*, 2: 257-311.
- McDowell N.G. et al., 2020 - *Pervasive shifts in forest dynamics in a changing world*. *Science*, 368, 964.
- Messier C., Bauhus J., Doyon F., Maure F., Sousa-Silva R., Nolet P., Mina M., Aquilué N., Fortin M.J., Puettmann K., 2019 - *The functional complex network approach to foster forest resilience to global changes*. *Forest Ecosystems*, 6 (21); <https://doi.org/10.1186/s40663-019-0166-2>
- Meyer P., Aljes M., Culmsee H. et al., 2021 - *Quantifying old-growthness of lowland European beech forests by a multivariate indicator for forest structure*. *Ecol Indic.*, 125: 107575; <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107575>
- Millar C.I., Woolfenden W.B., 1999 - *The role of climate change in interpreting historical variability*. *Ecological Applications*, 9: 1207-1216.
- Motta R., Alberti G., Ascoli D., Berretti R., Bilic S., Bono A., Milic C., Vojislav D., Finsinger W., Garbarino M., Govedar Z., Keren S., Meloni F., Ruffinatto F., Nola P., 2024 - *Old-growth forests in the Dinaric Alps of Bosnia-Herzegovina and Montenegro: a continental hot-spot for research and biodiversity*. *Front. For. Glob. Change*, 7: 1371144; <https://doi.org/10.3389/ffgc.2024.1371144>
- Motta R., Larsen J.B., 2022 - *Un nuovo paradigma per la gestione forestale sostenibile: la selvicoltura "più" prossima alla natura*. *Forest@*, 19: 52-62; <https://doi.org/10.3832/efor4124-019>
- Mountford, E.P., 2001 - *Natural Gap Canopy Characteristics in European Beech Forests*. NAT-MAN Working Report No. 2. Forest & Landscape, Denmark.
- Nelson M.P., Vucetich J.A., 2012 - *Environmental ethics for wildlife management*. In: Human dimensions of wildlife management (edited by Decker, J.D., S.J. Riley, and W.F. Siemer). Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore, MD, p. 223-237.
- Nichols G.E., 1913 - *The vegetation of Connecticut. II. Virgin Forests*. *Torrey*, 13: 199-215.
- Nocentini S., 2009 - *Structure and management of beech (Fagus sylvatica L.) forests in Italy*. *iForest*, 2: 105-113. [online 2009-06-10]; URL: <http://www.sisef.it/forest/show.php?id=499>; <https://doi.org/10.3832/ifor0499-002>
- Nocentini S., 2011 - *The forest as a complex biological system: theoretical and practical consequences*. *L'Italia Forestale e Montana*, 66 (3): 191-196; <https://doi.org/10.4129/ifm.2011.3.02>
- Nocentini S., Buttoud G., Ciancio O., Corona P., 2017 - *Managing forests in a changing world: the need for a systemic approach. A review*. *Forest Systems*, 26: 1-15.
- Nocentini S., Ciancio O., Portoghesi L., Corona P., 2021 - *Historical roots and the evolving science of forest management under a systemic perspective*. *Canadian Journal of Forest Research*, 5: 163-171 (online November 2020).
- O'Neill R.V., DeAngelis D.L., Waide J.B., Allen T.F.H., 1986 - *A Hierarchical Concept of Ecosystems*. Princeton University Press, Princeton.
- Oosthoek J., 2007 - *The colonial origins of scientific forestry in Britain*. Working paper; <https://dlc.dlib.indiana.edu/dlc/items/78da3119-bff6-4a44-8e57-b1ec77b37d09>
- Paillet Y.C., Pernot V., Boulanger N., Debaive M., Fuhr M., Gilg O., Gosselin F., 2015 - *Quantifying the Recovery of Old-Growth Attributes in Forest Reserves: A First Reference for France*. *Forest Ecology and Management*, 346: 51-64; <https://doi.org/10.1186/s40663-019-0166-2>
- Parade A., 1883 - *Cours élémentaire de culture des bois*. Sixième édition publiée par A. Lorentz et L. Tassy. Octave Doin Editeur, Paris.

- Patrone G., 1972 - *Stravaganza prima: l'essenza dell'asestamento forestale*. L'Italia Forestale e Montana, 27 (1): 1-22.
- Pickett S.T.A., White P.S. (eds.), 1985 - *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press, New York.
- Pickett S.T.A., Parker V.T., Fiedler P.L., 1992 - *The new paradigm in ecology: implications for conservation biology above the species level*. In: Fiedler P.L. and Jain S.K. (eds.), *Conservation Biology*, p. 65-88. Chapman and Hall, New York.
- Plumwood V., 1993 - *Feminism and the mastery of nature*. Routledge, New York, 239 p.
- Pommerening A., Murphy S., 2004 - *A review of the history, definitions and methods of continuous cover forestry with special attention to afforestation and re-stocking*. *Forestry*, 77: 27-44.
- Puettmann K.J., Coates K.D., Messier C., 2009 - *A critique of silviculture: managing for complexity*. Island press, Washington DC., 190 p.
- Puettmann K.J., Wilson S.McG., Baker S.C., Donoso P.J., Drössler L., Amente G., Harvey B.D., Knoke T., Lu Y., Nocentini S., Putz F.E., Yoshida T., Bausch J., 2015 - *Silvicultural alternatives to conventional even-aged forest management - what limits global adoption?* *Forest Ecosystems*, 2 (8): 1-16; <https://doi.org/10.1186/s40663-015-0031-x>
- Rubner K., 1920 - *Die waldbauliche Folgerungen des Urwaldes*. *Naturwiss. Z. Forst- Landwirtschaft*, 18: 201-214.
- Schimmöller L., 2020 - *Paving the Way for Rights of Nature in Germany: Lessons Learnt from Legal Reform in New Zealand and Ecuador*. *Transnational Environmental Law*, 1-24; <https://doi.org/10.1017/S2047102520000126>
- Sears R.R., Pinedo-Vasquez M., 2011 - *Forest policy reform and the organization of logging in Peruvian Amazonia*. *Dev Change*, 42 (2): 609-631.
- Seidel A., 1848 - *Beiträge zur Kenntnis des Urwaldes*. *Tharandter Forstliches Jahrbuch*, 5: 158-181.
- Seymour R.S., Hunter M.L. Jr., 1999 - *Principles of ecological forestry*. In: Hunter M.L. (ed.), *Maintaining biodiversity in forest ecosystems*, p. 22-61. Cambridge Univ. Press, New York.
- Shugart H.H., 1984 - *A Theory of Forest Dynamics: The Ecological Implications of Forest Succession Models*. Springer-Verlag, New York.
- Siiskonen H., 2007 - *The conflict between traditional and scientific forest management in 20th century Finland*. *Forest Ecology and Management*, 249: 125-133; <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.03.018>
- Simberloff D., 2014 - *The "balance of nature" - Evolution of a panchreston*. *PLoS Biol*, 12 (10): e1001963; <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001963>
- Smith D., 1962 - *The Practice of Silviculture*. John Wiley and Sons, Inc. New York, London, Sidney, 578 p.
- Sommerfeld A. et al., 2018 - *Patterns and drivers of recent disturbances across the temperate forest biome*. *Nat. Commun.*, 9, 4355; <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06788-9>; pmid: 30341309
- Stone C.D., 1972 - *Should Trees Have Standing? Towards Legal Rights for Natural Objects*. *Southern California Law Review*, 45: 450-501.
- Susmel L., 1955 - *Conservazione e miglioramento delle abetine delle Alpi Orientali*. In: *Atti del Congresso Nazionale di Selvicoltura*, Firenze, 1954, p. 331-372.
- Susmel L., 1956 - *Leggi di variazione dei parametri della foresta disetanea normale*. *L'Italia Forestale e Montana*, 11 (3): 105-116.
- Susmel L., 1959 - *Riordinamento su basi bioecologiche delle faggete di Corleto Monforte*. *Pubbl. della Stazione Sperimentale di Selvicoltura*, Firenze.
- Susmel L., 1970 - *Dove va la selvicoltura?* *Monti e Boschi*, 21 (2): 3-8.
- Susmel L., 1980 - *Normalizzazione delle foreste alpine. Basi ecosistemiche, equilibrio, modelli culturali, produttività*. Liviana Editrice, Padova, 437 p.
- Thünen von J.H., 1842 - *Der isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*, 2nd ed. Leopold, Rostock, Germany.
- Ubertini C., 2011 - *Etica forestale*. *L'Italia forestale e Montana*, 66 (1): 7-13; <https://doi.org/10.4129/ifm.2011.1.01>
- Vítková L., Bače R., Kjučukov P., Svoboda M., 2018 - *Deadwood Management in Central European Forests: Key Considerations for Practical Implementation*. *Forest Ecology and Management*, 429: 394-405.
- Watt A.S., 1947 - *Pattern and process in plant community*. *J. Ecol.*, 35: 1-22; <https://doi.org/10.2307/2256497>
- Wessely J., 1853 - *Die österreichischen Alpenländer und ihre Forste*. Wien.
- West D.C., Shugart, H.H., Botkin D.B. (eds.), 1981 - *Forest Succession: Concepts and Application*. Springer-Verlag, Berlin and New York.
- White L. Jr., 1967 - *The historical roots of our ecological crisis*. *Science*, 155 (3767): 1203-1207.
- Wiens J.A., Stenseth N.C., Van Horne B., Ims R.A., 1993 - *Ecological mechanisms and landscape ecology*. *Oikos*, 66: 369-380.

- Williams R., 1976 - *Keywords: A Vocabulary of Culture and Society*, Oxford University Press.
- Wirth C., Messier C., Bergeron Y., Frank D., Fankhänel A., 2009 - *Old-growth forest definitions: a pragmatic view*. In: Wirth C., Heimann M., Gleixner G. (eds.), *Old-growth forests: function, fate and values*. Ecological studies. Springer, New York.
- Wu J., 1992 - *Balance of nature and environmental protection: a paradigm shift*. In Proc. 4th Intern. Conf Asia Experts, Portland State University, Portland, 22 p.
- Wu J., 1994 - *Modeling dynamics of patchy landscapes: linking metapopulation theory, land- scape ecology and conservation biology*. In: Year- book of Systems Ecology, Chinese Academy of Sciences, Beijing.
- Wu J., Levin S.A., 1994 - *A spatial patch dynamic modeling approach to pattern and process in an annual grassland*. Ecol. Monogr., 64: 447-464.
- Wu J., Loucks O., 1995 - *From Balance of Nature to Hierarchical Patch Dynamics: A Paradigm Shift in Ecology*. The Quarterly Review of Biology, 70 (4): 439-466.
- Zednik F., 1938-39 - *Ueber den Aufbau des Urwaldes der Gemäßigten Zone*. Z. Weltforstw., 6: 215-29.



Natura e gestione forestale ^(a)

Susanna Nocentini ^(b)

^(a) Prolusione tenuta alla Cerimonia di Inaugurazione del 73° Anno accademico dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali.

^(b) Già Professoressa Ordinaria presso l'Università di Firenze; susanna.nocentini@unifi.it

Riassunto: Negli ultimi anni le parole chiave nella gestione delle risorse ambientali sono diventate “natura” e “naturalità”. L'obiettivo di questo contributo è di analizzare come si è evoluto il concetto di natura in relazione alla gestione forestale e se questo possa portare un progresso nella ricerca di una gestione che riesca a tener conto dei molteplici valori che vengono oggi riconosciuti alle foreste.

I primi tentativi di orientare in senso “naturalistico” la selvicoltura risalgono a ben oltre un secolo fa, quando i forestali cercarono ispirazione nello studio delle foreste vergini, per trarre indicazioni su cui plasmare la selvicoltura. Questa impostazione fa riferimento al paradigma classico in ecologia che per molti anni è stato il “paradigma dell'equilibrio”. Più recentemente, l'affermarsi della cosiddetta “ecologia del disturbo” ha contribuito al riconoscimento del ruolo dei disturbi naturali nel determinare la struttura, la biodiversità e lo sviluppo degli ecosistemi forestali, e ha portato alla proposta di ispirare la gestione forestale al regime naturale di disturbo. La logica di questi due approcci è quella di poter replicare, attraverso la gestione, le strutture e i processi naturali, una logica basata su una visione deterministica del funzionamento degli ecosistemi forestali. Una gestione veramente in armonia con la natura e con l'essenza degli ecosistemi forestali, deve invece operare in maniera coerente con il paradigma scientifico della complessità, superando il vecchio paradigma di riferimento, riduzionista e antropocentrico, legato alla prevedibilità e alla convinzione che sia possibile plasmare gli ecosistemi forestali per rispondere alle nostre esigenze secondo modelli di funzionamento predeterminati. L'azione umana deve essere considerata come parte del sistema, riconoscendo le esigenze e i bisogni della società ma senza forzare la foresta in una struttura e una composizione predefinita mirata a ottenere specifici prodotti o “servizi”, o ritenuta più “naturale”. In conclusione, per rispondere in maniera realmente efficace alla richiesta di “più natura” occorre adottare una gestione accorta, adattativa, coerente con l'etica della foresta e quindi sistemica.

Parole chiave: : selvicoltura naturalistica; foreste vergini; ecologia del disturbo; etica della foresta; silvosistemica.

Citazione: Nocentini S., 2024 - *Natura e gestione forestale*. L'Italia Forestale e Montana, 79 (3): 117-133; <https://dx.doi.org/10.36253/ifm-1137>

1. PREMESSA

Se fra l'ultima decade del XX secolo e la prima del XXI secolo le parole chiave sono state sostenibilità e biodiversità, utilizzate largamente sia in campo scientifico che sul piano politico e

istituzionale, negli ultimi anni si fa sempre più spesso riferimento alla “natura”. In particolare, nella selvicoltura e nella gestione forestale vi è un crescente richiamo alla necessità di una maggiore attenzione verso la compatibilità con il funzionamento “naturale” degli ecosistemi forestali.

La Strategia europea per la biodiversità 2030 con lo slogan *Bringing back nature into our lives* chiede agli Stati membri di promuovere pratiche forestali “amiche della biodiversità” e approcci selvicolturali “vicini alla natura”. La Strategia forestale europea 2030 ha l’obiettivo di dare una visione e un indirizzo per le foreste gestite in Europa in grado di migliorare il loro valore di conservazione e la loro resilienza climatica, promuovendo una gestione forestale “più rispettosa della natura”. È già stato pubblicato un rapporto dell’EFI (Larsen *et al.*, 2022) che mira a dare una definizione di gestione forestale “più vicina alla natura” e delineare un quadro di riferimento per una sua implementazione flessibile valevole per tutti i paesi dell’Unione Europea; inoltre sono state recentemente pubblicate le “Linee guida per pratiche forestali più rispettose della natura” (European Commission, Directorate-General for Environment, 2023).

La necessità di aumentare il grado di naturalità nel territorio dell’Unione Europea è al centro di un’altra importante proposta, la cosiddetta *Nature restoration law* che, dopo una lunga discussione, è stata approvata il 17 giugno 2024 dal Consiglio europeo. La proposta mira a definire delle regole a livello europeo sul “restauro” degli ecosistemi per assicurare il ripristino di una natura biodiversa e resiliente, contribuendo così anche agli obiettivi europei di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici.

In questo quadro è interessante analizzare come si è evoluto il concetto di “natura” in relazione alla gestione forestale per verificare se e come questo possa contribuire a un salto di qualità nella gestione forestale che tenga conto dei molteplici valori che vengono oggi riconosciuti alle foreste, accogliendo la sfida di un mondo aperto, complesso e adattativo.

2. IL TERMINE “NATURA”: UN *PANCHRESTON*?

La parola “natura” è fra le più complesse da definire (Williams, 1976). L’urgenza di porre un freno all’utilizzazione indiscriminata delle risorse naturali, soprattutto a partire dalla fine degli anni Sessanta del secolo scorso, ha portato all’attenzione della pubblica opinione e della ricerca scientifica la necessità di proteggere la natura. Questo ha stimolato intensi dibattiti, sviluppi di pensiero e progressi scientifici, con ricadute sulle politiche nazionali e internazionali. Ma, nonostante ciò, il concetto di “natura” è stato utilizzato per definire cose e concetti anche molto diversi (Ducarme e Couvet, 2020; Ducarme *et al.*, 2020; Lie, 2016), con il rischio di diventare, come ha osservato Simberloff (2014), un altro *panchreston* privo di significato, cioè un concetto che è così generalmente applicabile da non avere un significato specifico, troppo ampio e iper-semplificato per essere di qualsiasi utilità pratica.

Il riferimento alla natura non è certamente nuovo nella storia della selvicoltura, in determinati momenti storici ha rappresentato la base per una evoluzione delle scienze forestali che ha prodotto tangibili risultati sul piano concettuale e operativo.

I forestali si occuparono molto presto del problema di mitigare l’impatto della gestione sugli ecosistemi forestali con una gestione “vicino alla natura” e, anche se la questione di cosa si dovesse intendere in senso filosofico ed epistemologico per natura non venne affrontata direttamente, tuttavia è possibile collegare le diverse posizioni che si sono sviluppate nel tempo a diverse concezioni di natura e naturalità. Inoltre, lo sviluppo del pensiero forestale ha contribuito in alcuni momenti a fornire supporto a nuove posizioni nell’ambito dell’ecologia e della filosofia ambientale, e quindi sul rapporto fra attività umana e natura.

3. NATURA E SELVICOLTURA: LE ORIGINI

In selvicoltura il richiamo a un ritorno alla natura risale alla seconda metà del XIX secolo, come reazione verso una gestione forestale che a partire dalla fine del XVIII secolo si era rivolta alla matematica e alla geometria per organizzare la produzione, in accordo con quello che Heilbron (1990) ha definito “lo spirito quantificatore del XVIII secolo”. L'esempio più eclatante di questo spirito si ebbe in Germania. Lo scopo era quello di incastrare “pezzi sparsi di sapere... dentro sistemi” e di trasformare “ogni tipo di attività prima lasciata alle consuetudini... in una scienza” (Bechstein, 1797).

Il risultato fu la quantificazione e la razionalizzazione applicate sia alla descrizione della natura sia alla regolazione della pratica economica. L'obiettivo era quello di guidare il bosco verso lo *stato normale*, cioè verso quel bosco che per struttura e accrescimento è in grado di fornire con il minimo dispendio e per un tempo illimitato, una produzione annua massima e costante (Patrone, 1972). La conseguenza fu che le foreste naturali vennero sostituite da piantagioni monospecifiche, eseguite secondo schemi geometrici: la selvicoltura adottò metodi propri dell'agricoltura, la natura venne subordinata alla concezione dei forestali, finalizzata a coltivare la foresta dal punto di vista produttivo e finanziario (Johann, 2006).

Le posizioni di questa linea di pensiero riflettevano una concezione della natura come qualcosa di disordinato, sconosciuto, che doveva essere riportato a un ordine razionale per soddisfare i bisogni umani. La foresta tedesca divenne il primo esempio del modo in cui le costruzioni ordinate della scienza vennero fatte prevalere sul *disordine* della *natura*. Obiettivi pratici avevano favorito l'utilitarismo matema-

tico, che a sua volta, sembrava favorire la perfezione geometrica come segno esteriore della buona amministrazione forestale: la razionale collocazione degli alberi offriva così la possibilità di *controllare la natura* (Johann, 2006).

Questa impostazione “agronomica” della selvicoltura ha continuato a lungo a essere presente nel pensiero forestale se pensiamo che ancora nel 1962 il libro di selvicoltura di David Smith “The practice of Silviculture” caratterizzava la selvicoltura come “qualcosa di analogo all'agronomia in agricoltura, perché si occupa dei dettagli tecnici della produzione”.

Tra la fine del XIX e l'inizio del XX secolo, a seguito degli insuccessi conseguenti all'applicazione di questo tipo di selvicoltura che si può definire *finanziaria*, si affermò un nuovo modo di pensare e di guardare al bosco. Nel 1886 Karl Gayer, professore di selvicoltura all'Università di Monaco, pubblicò il suo famoso libro *Der gemischte Wald* (La foresta mista), dove promuoveva la costituzione di foreste miste e l'uso della rinnovazione naturale. L'aforisma “*imitiez la nature, hâtez son oeuvre*”, attribuito a Parade (1883), e l'altrettanto famosa massima di Gayer (1880), “*Zurück der Natur*” sono l'emblema di questo cambiamento.

4. QUALE “NATURA” IN SELVICOLTURA?

4.1 *Le foreste indisturbate*

I primi tentativi di orientare in senso “naturalistico” la selvicoltura cercarono ispirazione dallo studio delle foreste vergini, con l'obiettivo di conoscerne la struttura, la composizione e il funzionamento per trarre indicazioni su cui modellare la selvicoltura¹.

L'interesse per le foreste vergini, sia come oggetto di studio da parte di botanici e natu-

¹ Si rimanda alla vasta letteratura esistente per la discussione sulla definizione di foresta vergine/bosco vetusto, nelle varie accezioni (es. Wirth *et al.*, 2009), e gli indicatori di vetustà (cfr. Bauhus *et al.*, 2009; Lombardi *et al.*, 2012; Meyer *et al.*, 2021; Borghi *et al.*, 2024; Motta *et al.*, 2024).

ralisti sia come modelli da conoscere per ottenere indicazioni per una selvicoltura più naturale, si diffuse già a partire dalla seconda metà del XIX secolo, con studi nelle foreste vergini in Europa, che a quel tempo erano ormai già relegate in piccole aree alpine e soprattutto nei Balcani (Brang, 2005). Uno degli autori che per primo attribuì valore alle foreste vergini come esempio per la selvicoltura fu Rubner (1920, in Brang, 2005), che in un articolo dal titolo “Die waldbaulichen Folgerungen des Urwaldes”, scrisse: “con l’aumento della cultura e tecniche più sofisticate, l’uomo non si allontanerà dalla natura, ma aumenterà i suoi legami con essa e la governerà, conoscendola e subordinandosi alle sue restrizioni”.

Quindi da un lato la conoscenza delle foreste vergini, dall’altro la possibilità di governare la natura conoscendone i limiti. Secondo Baseler (1932, p. 39, in Brang, 2005) gli scienziati che avevano investigato queste foreste pensavano che potessero diventare un ausilio educativo per una selvicoltura vicina alla natura. Quindi la “natura” di riferimento in questi primi decenni di sviluppo di una selvicoltura alternativa a quella classica e finanziaria divenne il bosco naturale, libero da qualsiasi interferenza umana e libero di organizzarsi autonomamente secondo le leggi della natura.

Nel 1945 Jones scrisse sulla rivista *New phytologist* un interessante articolo dal titolo “The structure and reproduction of the virgin forest of the north temperate zone”. Il suo obiettivo era di analizzare la struttura e la rinnovazione delle foreste vergini in relazione alla teoria ecologica. L’articolo, frutto delle lezioni che Jones teneva agli studenti e pubblicato perché in quel periodo mancavano articoli, offre alcuni interessanti spunti alla questione (Bradshaw *et al.*, 2011).

Jones prese in considerazione gli articoli scientifici che riportavano dati quantitativi per esempi di foreste temperate che potevano

essere considerate vergini di diverse aree geografiche: dalle zone montuose del centro Europa (Seidel, 1848; von Berg, 1861; Wessely, 1853), ai Carpazi (Mauve (1931), i Balcani (Markgraf e Dengler, 1931; Cermak, 1910; Fröhlich, 1930), l’Anatolia (Baseler, 1932), il Nord America (Cooper, 1913; Nichols, 1913; Lutz, 1930) fino alla Manciuria (Iwaschkewitsch, 1929). Esaminando i dati relativi a età e dimensione degli alberi, struttura, mortalità e rinnovazione, la principale domanda a cui si proponeva di rispondere era: La struttura delle “foreste vergini” è coetanea o disetanea? Egli notava che la maggior parte dei forestali europei che avevano scritto sulle foreste vergini erano interessati alle ricadute sulla selvicoltura, e quindi non erano sempre liberi da un certo pregiudizio, mentre per l’ecologo l’interesse si concentrava di più sui problemi di successioni e del climax.

Dalla sua analisi emerge che questi studi avevano descritto molteplici strutture, che andavano dalla struttura coetanea, monoplana con copertura uniforme e completa, a strutture con due o più classi di età ben distinte in piani o gruppi, a strutture con un mosaico di gruppi coetanei, fino a strutture con tutte le classi di età, con una copertura uniforme, regolare e distribuita in piani. Molto spesso poi, le foreste vergini descritte presentavano situazioni intermedie, con mescolanze a tratti di tutte le diverse strutture. Jones osservava che queste strutture erano dedotte dall’esame della distribuzione degli alberi in classi dimensionali, parametro non sempre correlabile con l’età. Concludeva la sua analisi dicendo che ci sono molte e diverse tipologie di strutture e sarebbe un errore aspettarsi che la foresta naturale si conformi rigidamente a un solo schema, addirittura può essere così variabile che non vi è nessuna struttura prevalente.

Sulla base di questa analisi egli discute poi le conoscenze delle foreste vergini in relazione

alla teoria del climax, che a quel tempo rappresentava ancora la teoria prevalente in ecologia. Secondo lui la “foresta climax” era solo un concetto che non esiste mai nella realtà perché eventi catastrofici danno inizio a nuove serie, o perché il tempo necessario affinché la copertura forestale si bilanci con l’ambiente è necessariamente molto lungo quando sono presenti alberi molto longevi e soprattutto in considerazione del fatto che l’ambiente è costantemente mutevole. Inoltre, anche se fosse raggiunta la condizione climax, considerazioni teoriche non ci danno alcun indizio su quale potrebbe essere la superficie minima, l’ampiezza dell’area in cui la distribuzione caleidoscopica della vegetazione rimane immutata nell’aggregato, né indicano il grado di precisione con cui può essere definito il climax. Ci potrebbero essere, per esempio, diverse varianti ugualmente stabili e in grado di rimpiazzarsi l’un l’altra nel tempo e nello spazio. Per questo motivo Jones criticava Baseler (1932) e Zednik (1938-39) che eguagliavano la foresta vergine al climax.

Non si può parlare della ricerca scientifica sulle foreste vergini in relazione alla selvicoltura senza citare Lucio Susmel, che sulla base di indagini svolte nelle foreste vergini nelle Alpi Dinariche (Susmel, 1956) e di dati presenti in letteratura, ha studiato i meccanismi che regolano il funzionamento delle fustaie disetanee coltivate in relazione a quelli delle foreste naturali.

Secondo Susmel (1980) “La linea naturalistica si volge precisamente all’imitazione delle foreste naturali dei diversi tipi floristici cercando di realizzare estesamente e con la massima capillarità possibili - mete ideali che sa di non poter mai compiutamente raggiungere - dei modelli colturali provvisti, come i modelli, naturali, dei caratteri essenziali dell’omeostasi.” Egli considerava le foreste vergini come un “un climax climatico, cioè la comunità teorica cui tende lo sviluppo successionale dell’area di una regione climaticamente definita dove le con-

dizioni del substrato non sono così limitanti da sovrastare gli effetti del clima”. “In quanto climax, le foreste vergini hanno anche una diversità biotica e una diversità biochimica più o meno elevate (ecosistemi maturi), che sono in stretta relazione con la stabilità dell’ecosistema di fronte a oscillazioni esterne (climatiche, inquinamenti); in esse, quale risultato finale delle interazioni all’interno della comunità, si ha pure un aumento della conservazione delle sostanze nutritive, della simbiosi e del contenuto di informazione”.

Susmel ha costruito un modello dello stato di equilibrio della fustaia disetanea coltivata usando come parametri la statura dello strato arboreo, la composizione floristica e la ripartizione degli alberi in classi diametriche, che egli considera di tipo esponenziale, con un determinato coefficiente di decrescenza (“norma”). Le ricerche condotte nei boschi puri e misti delle Alpi orientali e in parte nelle faggete dell’Appennino e nelle leccete (Susmel, 1955; 1956; 1959; 1970; 1980) gli hanno permesso di individuare e definire i parametri che caratterizzano la “norma” per le fustaie coltivate dello stesso tipo e per situazioni stazionali simili ai boschi vetusti da lui esaminati.

4.2 *Le foreste disturbate*

La ricerca di un modello di naturalità nelle foreste vergini, da cui trarre indicazioni per la selvicoltura, fa riferimento al paradigma classico in ecologia che per molti anni è stato il “paradigma dell’equilibrio”, cioè l’idea che i sistemi ecologici siano in equilibrio, con un punto stabile identificabile come la “comunità climax”. Questo paradigma implica sistemi chiusi e racchiude la visione comune di “equilibrio della natura” (DeAngelis e Waterhouse, 1987; O’Neill *et al.*, 1986; Wu e Loucks 1995).

Molti ecologi hanno messo in dubbio l’idea dell’equilibrio della natura e il relativo concetto di stabilità sin dai primi decenni del XX

secolo (e.g., Elton, 1930; Ehrlich and Birch, 1967; Botkin and Sobel, 1975; Caswell, 1978; Chesson and Case, 1986; Pickett *et al.*, 1992; Wu, 1992).

Uno degli interventi che ebbe la maggiore influenza fu la prolusione tenuta da Alex Watt l'11 febbraio 1947 alla *British Ecological Society*, dal titolo "Pattern and process in the plant community", che presentava una visione della comunità come un mosaico dinamico di chiazze in diversi stadi successionali (Levin *et al.*, 1993; Wiens *et al.*, 1993; Wu, 1994; Wu and Levin, 1994; Wu e Loucks, 1995).

L'attenzione ai rapporti fra equilibrio e disturbo negli ecosistemi si è sviluppata a partire dagli anni Settanta, sulla spinta delle preoccupazioni per gli impatti dell'attività umana sui sistemi ecologici che in quel periodo si stavano facendo sempre più pressanti. Nel 1985 Pickett e White insieme a numerosi altri autori, scrissero un libro che ha rappresentato un punto di svolta nel modo in cui si considerano gli ecosistemi: "The ecology of natural disturbances and patch dynamics". Il *focus* dell'indagine scientifica diventano i fenomeni collegati ai disturbi, le condizioni create dal disturbo, la frequenza, severità, intensità e prevedibilità di questi eventi, e la risposta degli organismi ai regimi di disturbo. Il concetto di "dinamica a chiazze" (*patch dynamics*) o "fasi", come preferiva chiamarle Watt (1947), riguarda sia disturbi esterni alla comunità, sia processi interni di cambiamento. L'idea è che i disturbi naturali, come uragani, incendi, pullulazione di insetti, etc., aprono delle chiazze negli ecosistemi che tendono ad avviare un processo dinamico che domina il sistema nel suo insieme. La struttura a chiazze porta eterogeneità al sistema che spesso crea altra eterogeneità. I disturbi, in quanto eventi individuali, sono importanti per co-creare l'unicità storica di ogni sistema. Così un ecosistema non è uno stato stabile, ordinato e uniforme, dove si possono

trovare uniformità di organismi, ma piuttosto un mosaico eterogeneo di diversi stati successionali (Wu e Loucks, 1995).

L'affermarsi di questa che può essere definita "ecologia del disturbo" ha contribuito al riconoscimento del ruolo dei disturbi naturali nel determinare la struttura, la biodiversità e lo sviluppo degli ecosistemi forestali e mantenere la loro capacità di adattamento (Kuuluvainen *et al.*, 2021).

In campo forestale questa teoria è stata ripresa con alcune proposte che rappresentano ancor oggi un riferimento per la definizione di approcci alternativi di gestione forestale, come a esempio l'ipotesi dello "shifting mosaic steady state" (Bormann e Likens, 1979), e i "gap models" per la successione forestale (West *et al.*, 1981; Shugart, 1984).

Negli ecosistemi forestali la scala dei disturbi va da situazioni che sono il risultato della senescenza e caduta di singoli alberi, a quelle che risultano dall'abbattimento di piccoli gruppi di alberi da parte del vento, fino a superfici molto vaste abbattute da tempeste di vento.

Negli anni Ottanta nel Nord America cominciarono a manifestarsi dei dissensi verso una gestione forestale incentrata sulla produzione legnosa, sia nella pubblica opinione che all'interno della comunità forestale. Come reazione cominciarono a diffondersi proposte alternative (a es. la "New Forestry", Franklin, 1989a, 1989b) che spostavano l'attenzione sulla necessità di sostenere l'integrità ecologica degli ecosistemi forestali.

È in questo periodo che si afferma la cosiddetta "ecological forestry" che avrà nel tempo diverse definizioni, ma che sostanzialmente si traduce nel "mantenere le modificazioni degli ecosistemi forestali entro i limiti del regime di disturbo presente prima di un significativo impatto umano" (Seymour e Hunter, 1999). L'assunto di questa proposta è che poiché le specie si sono evolute naturalmente in relazione alla se-

quenza di disturbi, riprodurre attraverso le utilizzazioni un *range* completo di disturbo nelle foreste gestite è la migliore assicurazione contro la perdita di biodiversità. L'obiettivo è di mitigare molti degli effetti negativi della gestione forestale classica, in modo da ottenere gli obiettivi economici senza compromettere il valore ecologico delle foreste (Batavia e Nelson, 2016a).

Rispetto all'interpretazione semplicistica della selvicoltura classica che si basa su alcune caratteristiche delle specie forestali per determinare le forme colturali (a es. le specie considerate intolleranti o eliofile si trattano con il taglio raso, quelle più tolleranti con i tagli successivi uniformi, etc.), la gestione basata sul regime di disturbi naturali richiede lo studio di come questi disturbi modifichino le foreste dal livello di popolamento fino alla scala di paesaggio. Più che considerare cosa viene tolto, l'attenzione si sposta su cosa rimane, cioè necromassa, alberi in piedi, tutta quella serie di elementi definiti "eredità biologiche" (*legacies*). Queste eredità biologiche sono considerate cruciali per il recupero degli ecosistemi forestali dopo un disturbo, cioè per mantenere la funzionalità e la diversità di habitat presenti. Poiché questo approccio si incentra su cosa si lascia, non su cosa si toglie, viene oggi definito anche come *retention forestry* (Lindenmayer *et al.*, 2012).

Aszalós *et al.* (2022) hanno esaminato il regime di disturbo nelle foreste europee e hanno trovato che i disturbi naturali sono molto variabili in termini di dimensione, frequenza e severità, creando così variazioni nella complessità strutturale delle foreste. Nelle foreste temperate e boreali più frequentemente prevalgono disturbi che aprono piccoli gap, determinati dalla morte o caduta di uno o pochi alberi, che generalmente non superano i 200 m², con una frequenza che varia fra 1 e 10 anni (Aszalós *et al.*, 2022; Kuuluvainen e Aakala, 2011; Mountford, 2001). Meno fre-

quenti sono invece i disturbi che danneggiano superfici più ampie, fino a 100 ettari e oltre, con tempi di ritorno che superano il secolo per arrivare anche fino a 1000 anni. Confrontando questi dati con le foreste gestite, questi autori concludono che la maggior parte delle foreste in Europa sono gestite al di fuori del loro *range* storico di disturbo (Aszalós *et al.*, 2022).

Fra tutte le forme di gestione esaminate, per le foreste temperate quella disetanea è la più simile alla dinamica naturale, purtuttavia manca la complessità prodotta dalle dinamiche naturali, in particolare la quantità di necromassa in piedi e a terra in diversi stadi di decomposizione e la presenza di alberi grandi e vecchi, fondamentali come habitat per molte specie (Paillet *et al.*, 2015; Vítková *et al.*, 2018; Keren e Diaci, 2018; Iovino, 2024). Nelle foreste gestite con il taglio raso, anche dove il regime di disturbo naturale prevede il verificarsi di eventi che abbattano ampie superfici, mancano tutti quegli elementi che caratterizzano i disturbi naturali, come grandi quantità di legno morto a terra, singoli alberi o gruppi di alberi rimasti in piedi, etc. (Aszalós *et al.*, 2022; Keren e Diaci, 2018). Una gestione forestale basata sul regime di disturbo naturale è contenuta nella recente proposta di una selvicoltura "più" prossima alla natura (Larsen *et al.*, 2022; Motta e Larsen, 2022).

A ben vedere una gestione forestale basata sul regime di disturbi naturali è in un certo senso paradossale perché i forestali storicamente hanno sempre cercato di mantenere la stabilità e la "salute" dei popolamenti controllando i processi di mortalità e accrescimento su basi scientifiche ben affermate. In questa scuola di pensiero la gestione si focalizzava sull'escludere i disturbi naturali e produrre risultati prevedibili (Kuuluivanen *et al.*, 2021).

Occorre poi sottolineare che le forme di selvicoltura vicino alla natura promosse sin dalla fine del XIX secolo, che rigettavano il taglio

raso e l'artificialità della rinnovazione, erano comunque incentrate sulla massimizzazione del ritorno economico (Bauhus *et al.*, 2013; Kuuluvainen *et al.*, 2021), così come le più recenti proposte di una gestione basata sui processi naturali di disturbo e successione, cercano di mitigare molti degli impatti negativi associati con la selvicoltura classica, in modo da rispondere alle esigenze economiche (Seymour e Hunter, 1999; Franklin e Johnson, 2013).

5. ANCORA IN CERCA DELLA NATURALITÀ

Come mai, nonostante la lunga storia di forme di gestione forestale ispirate alla natura è necessario intervenire ancora sulla questione? E perché, nonostante esista ormai una vastissima letteratura scientifica, una selvicoltura alternativa rispetto al modello classico di tipo agronomico, orientato principalmente se non esclusivamente alla produzione di legno, stenta ancora ad affermarsi, sia a livello globale, sia a scala europea?

Utilizzazioni intensive basate sul taglio raso continuano a prevalere a livello globale, causando perdita di biodiversità e degradazione degli ecosistemi in molte regioni del mondo (FAO, 2020). Ed esiste il rischio che questa tendenza possa aumentare come risultato di politiche incentrate sulla produzione di biomasse per fini energetici e per sostenere una bioeconomia interpretata in maniera riduttiva, non fondata su solide basi ecosistemiche e che non tiene conto delle molteplici funzioni delle foreste.

Per quanto riguarda l'Europa, una indagine svolta in 13 paesi (Finlandia, Svezia, Lituania, Polonia, Germania, Slovacchia, Cechia, Austria, Ungheria, Romania, Slovenia, Francia e Italia) ha evidenziato come complessivamente oltre il 72% delle foreste gestite presentino strutture coetanee, di queste oltre il 51% gesti-

te con il taglio raso e per il restante 21% con i tagli successivi uniformi (Aszalós *et al.*, 2022). Alle forme di gestione "vicine" alla natura rimane meno del 10%, la restante superficie riguarda boschi trattati a ceduo o non gestiti. Ovviamente ci sono differenze fra i vari paesi, per esempio nelle foreste temperate la percentuale di foreste coetanee è di circa il 61%, di cui il 37% trattate con il taglio raso, mentre il 14% presenta strutture di tipo disetaneo. In ogni caso, queste sono percentuali molto basse rispetto all'importanza che si riconosce oggi a una gestione vicina alla natura.

La risposta alla domanda non è semplice, perché richiede di considerare molteplici aspetti (Puettmann *et al.*, 2015). I fattori economico finanziari sono sicuramente determinanti nella distribuzione delle diverse forme di uso del territorio, come già dimostrato da von Thünen nel 1842 con la sua teoria sulla distribuzione spaziale di foreste e agricoltura. Le principali motivazioni di tipo economico finanziario che frenano l'affermazione di una selvicoltura alternativa rispetto alla selvicoltura classica sono ben note e dipendono dal fatto che ancora a livello globale il principale obiettivo è la produzione in tempi brevi di grandi quantità di legno con caratteristiche omogenee.

Ma altri fattori hanno a mio parere una notevole importanza nel limitare la diffusione di forme di gestione forestale alternative alla gestione classica.

Nell'ultimo secolo molti programmi educativi nelle scuole forestali ai diversi livelli e i programmi di formazione professionale, si sono incentrati soprattutto sulle pratiche selvicolturali classiche, spesso con una limitata presentazione di forme alternative di selvicoltura (Puettmann *et al.*, 2015). A questo si aggiunge che, a differenza della selvicoltura classica basata sul modello agronomico e sul paradigma dell'efficienza finanziaria, indagini in campo di lungo periodo su metodi selvicolturali alter-

nativi sono relativamente poco diffuse. Così i gestori forestali possono essere riluttanti a prendere i rischi e accettare le incertezze associate a forme di gestione non familiari senza avere a disposizione questo tipo di supporto scientifico (Puettmann *et al.*, 2015). Inoltre, in molte zone mancano esempi concreti da poter usare come progetti dimostrativi per studenti e professionisti (v. un esempio in Bravo-Oviedo *et al.*, 2020.)

Altre motivazioni hanno ragioni storiche più profonde. L'espansione della "scientific forestry" (*sensu* Lowood, 1990, e Oostoheck, 2007), basata sulla gestione controllata di piantagioni monospecifiche sviluppata nell'Europa centrale della fine del XIX secolo, veniva accettata in altri paesi perché corrispondeva alle idee dominanti del tempo, incentrate sul controllo e l'efficienza (Ciancio e Nocentini, 1996; Lang e Pye, 2001; Oosthoek 2007; Cock, 2008; Puettmann *et al.*, 2009, 2015; Sears e Pinedo-Vasquez, 2011). Questo approccio aiutò anche a elevare l'attività forestale a disciplina autonoma nelle università e negli istituti di ricerca, facilitando il suo riconoscimento nella società.

Questo focus educativo sulla selvicoltura classica ha portato a un "imprinting" o blocco conoscitivo in molti forestali che sono portati a preferire, anche inconsciamente, il modello di gestione classico. Un caso esemplare di questo si può trovare nella storia gestionale dei boschi di faggio e di pino nero dell'Italia meridionale, dove il taglio a scelta tradizionale applicato durante gli ultimi secoli da alcuni proprietari privati, basato sui saperi locali, veniva considerato, e ancora a volte è considerato, "irrazionale" dalle amministrazioni e dai tecnici forestali (Ciancio *et al.*, 2006; Ciancio *et al.*, 2008; Nocentini, 2009; Iovino, 2011, 2024; Iovino e Menguzzato, 2014).

Altri esempi interessanti sono riportati da Puettman *et al.* (2015) per la Finlandia e la Svezia, dove le autorità forestali e i professionisti incoraggiavano attivamente il taglio raso perché

si temeva che le forme di taglio a scelta applicati in passato in molte proprietà private potessero degradare le foreste (Siiskonen, 2007; Brukas e Weber, 2009). Nel 1948 un gruppo di influenti ricercatori finlandesi pubblicò una dichiarazione contro gli impatti distruttivi del taglio a scelta. In maniera simile professori forestali tedeschi ebbero successo nel discreditare il "Dauerwald", soprattutto sulla base di preoccupazioni riguardanti i risultati economico-finanziari e la complessità di gestione (Pommerening e Murphy 2004; Ciancio, 2014). Un altro esempio ben noto è quello riportato da Hockenjos (1993, 1995): nel 1833 venne promulgata una legge nel Baden-Württemberg (Germania) che proibiva il *Femel* e il *Plenter* (taglio a scelta a piccoli gruppi e per pedali); questa legge fu abolita nel 1976 ma solo a partire dal 1992 l'amministrazione forestale incoraggiò attivamente l'adozione di questi sistemi selvicolturali.

L'aspettativa di linee guida operative semplici da parte degli operatori non può essere soddisfatta facilmente da una selvicoltura che si incentra su una maggiore flessibilità colturale e in una grande varietà strutturale e compositiva. La ricerca di semplicità in selvicoltura è spesso incoraggiata dalla scarsità di personale sia negli uffici delle amministrazioni, sia sul territorio. Negli uffici, in ambienti fortemente computerizzati, i forestali si trovano sempre più spesso a dover affrontare compiti lontani dalla pratica del bosco.

6. È NECESSARIO UN MODELLO DI NATURALITÀ?

Le teorie che fanno da sfondo alle proposte di una selvicoltura vicino alla natura nelle sue diverse accezioni, siano esse collegate al concetto di climax oppure alla dinamica dei disturbi, fanno riferimento a una specifica idea di natura e di naturalità.

In ambedue i casi esaminati la logica è quella di poter replicare, attraverso la gestione, le strutture e i processi naturali, quindi di fatto una manipolazione della natura. Se consideriamo naturale tutto ciò che non è modificato dall'azione umana questo rappresenta concettualmente un paradosso.

La ricerca di un modello di riferimento sottintende la convinzione che attraverso la gestione si possa prevedere con sufficiente certezza la reazione dell'ecosistema e così portarlo verso una composizione, una struttura e una funzionalità predeterminata. Questa convinzione discende dal paradigma deterministico che condiziona ancora il nostro modo di vedere la realtà. Come già ricordato, l'*imprinting* è particolarmente forte nei forestali, educati a indirizzare la gestione del bosco in base all'archetipo del modello di riferimento: il bosco normale (Ciancio *et al.*, 1994).

La ricerca di un modello di naturalità pone una serie di questioni di non facile soluzione. Vi è una contraddizione di fondo nel voler basare la gestione su informazioni dedotte da un modello di naturalità predefinito: nel mentre si riconosce la natura dinamica e imprevedibile degli ecosistemi non si può allo stesso tempo agire come se rispondessero in maniera lineare e prevedibile, secondo le traiettorie dell'ecosistema preso a esempio.

Se ricerchiamo un modello di naturalità nei boschi vetusti, occorre tener conto della cosiddetta *inerzia* degli ecosistemi, fenomeno particolarmente importante quando si ha a che fare con ecosistemi caratterizzati dalla presenza determinante di organismi molto longevi come gli alberi. L'inerzia con cui gli ecosistemi forestali rispondono alle fluttuazioni climatiche fa sì che essi possano trovarsi in disequilibrio con le condizioni climatiche correnti (Millar e Wölfenden, 1999; Allen *et al.*, 2002). A esempio, la combinazione di specie e il modo in cui occupano i diversi strati di un ecosistema come lo

vediamo oggi possono essersi originate in una situazione climatica diversa da quella attuale.

Se il modello è invece il *range* di disturbi naturali per una determinata situazione geografica e forestale, il problema non cambia. Il recente rapporto dell'EFI "Closer-to-Nature Forest Management. From Science to Policy" (Larsen *et al.*, 2022), riporta la necessità di sviluppare una visione di lungo termine (fino a un secolo) quantificando la struttura e la composizione *futura* delle foreste e la distribuzione spaziale dei diversi componenti. Quindi ancora la fiducia nella possibilità di identificare un modello di naturalità per il futuro verso cui la gestione può, in maniera prevedibile, orientare la foresta. In questo caso si aggiunge poi la sfida rappresentata dall'aumento della frequenza, dell'intensità e delle complesse conseguenze dei disturbi legati al cambiamento climatico a cui si sommano gli effetti delle attività umane (Sommerfeld *et al.*, 2018; McDowell *et al.*, 2020). La gestione basata su regimi storici di disturbo naturale deve quindi essere in grado di adattarsi a un ambiente in rapido cambiamento (Kuuluivanen *et al.*, 2021), confutando di fatto la prevedibilità delle risposte del sistema e la possibilità di aderire a un modello di riferimento predeterminato.

Oggi quasi tutti concordano sul fatto che gli ecosistemi forestali sono sistemi biologici complessi, che seguono traiettorie non prevedibili né modellizzabili con certezza, dove vi è un continuo ricambio di generazioni e di organismi. In quanto tali, non hanno confini impermeabili e sono soggetti a influenze interne ed esterne (Filotas *et al.*, 2014). A ciò si aggiunge che i sistemi forestali sono dei perfetti esempi di complessi sistemi socio-ecologici (Nocentini *et al.*, 2017), cioè sono il prodotto delle interazioni fra tutti i componenti del sistema, biotici e abiotici, compreso gli esseri umani e le strutture sociali che si sono coevolute nel tempo.

Per una gestione dei sistemi forestali che sia veramente in armonia con la natura e con l'essenza degli ecosistemi forestali, ritengo quindi che l'unica possibilità sia di operare in maniera coerente con il paradigma scientifico della complessità (Ciancio e Nocentini, 1997).

Questo vuol dire adottare un approccio sistemico, secondo la *Silvosistemica*, che non cerca di plasmare il bosco secondo modelli predeterminati, finalizzati alla massimizzazione di una o più funzioni o secondo un modello di naturalità predefinito. Al contrario, basandosi sulla rinnovazione naturale e su interventi a basso impatto ambientale, tende a conservare e ad aumentare la diversità biologica del bosco, assecondandone la disomogeneità e la diversificazione strutturale e compositiva, e ad accrescere la sua capacità di autorganizzazione. I livelli ottimali di utilizzazione devono essere individuati sulla base del monitoraggio delle reazioni del sistema agli interventi precedenti, secondo un approccio adattativo (vedi Ciancio, 2009 e Borghetti *et al.*, 2024, per applicazioni dei principi della *Silvosistemica*).

Questo non vuol dire rigettare tutta la ricerca che è stata fatta finora sulle foreste vetuste o sui regimi di disturbo naturali. Vuol dire invece inserire i risultati di queste ricerche in un quadro diverso: non più il tentativo di utilizzare le informazioni acquisite per definire un modello di naturalità, ma per cercare di comprendere la complessità dei processi e delle interazioni che condizionano l'evoluzione degli ecosistemi forestali.

7. LA NECESSITÀ DI UN SALTO ETICO

Se le diverse forme di gestione forestale considerate “vicine” o “più vicine” alla natura rappresentano delle opzioni operative di tipo tecnico-pratico, la questione di gestire degli ecosistemi in modo da rispettare il loro funzio-

namento naturale pone una domanda più profonda: qual è la nostra posizione nei confronti della natura?

Parafrasando Batavia e Nelson (2016a), si può dire che il concetto di “naturale”, quando è usato per caratterizzare forme di gestione forestale, diventa un termine normativo perché, a differenza di proprietà come la massa o la temperatura che possono essere misurate, esso sottende dei convincimenti su quale tipo di condizioni siano buone o desiderabili, cioè presuppone un giudizio di valore. Naturale diventa così migliore, più accettabile di artificiale.

È ormai evidente che gli impatti negativi della gestione forestale classica sono i sintomi di una patologia più profonda, un orientamento etico fallace che tratta le foreste come semplici risorse che possono essere sfruttate per le necessità umane (White, 1967; Plumwood, 1993; Batavia e Nelson, 2016a).

La gestione delle risorse naturali, e quindi anche la gestione forestale, è un'applicazione dell'etica, perché riflette le idee normative su come ci dovremmo comportare o interagire con il mondo che ci circonda (Nelson e Vucetich, 2012; Batavia e Nelson, 2016a). È indubbio che la gestione forestale classica sottende una visione utilitaristica caratteristica della concezione antropocentrica.

A partire dagli anni Settanta, la possibilità di attribuire diritti giuridici alle entità naturali, cioè riconoscere il loro valore intrinseco (Stone, 1972), è entrata nel dibattito relativo all'uso e alla conservazione delle risorse naturali. Recentemente la questione del valore intrinseco delle entità non umane ha interessato un crescente numero di istituzioni. Sono infatti sempre più numerosi i provvedimenti legislativi, le costituzioni e gli statuti nazionali e le leggi locali, che riconoscono i Diritti della Natura, secondo la cosiddetta *Giurisprudenza della Terra* (*Earth Jurisprudence*), mettendo in primo piano la responsabilità umana nella

conservazione dell'integrità degli ecosistemi del pianeta (Schimmöller, 2020).

Il pensiero forestale è stato precursore di questa spinta verso una visione diversa dei rapporti fra società umana e natura, con l'enunciazione da parte di Aldo Leopold della cosiddetta *Etica della Terra* (1949); oggi, con la teoria della *Silvosistemica* e il riconoscimento dei *diritti del bosco*, si va verso quella che potremmo definire l'*Etica della Foresta* (Nocentini *et al.*, 2021).

Mentre la questione etica ha ricevuto una certa attenzione nel mondo forestale nord americano - vedi l'interessante dibattito sulla rivista *Journal of Forestry* tra il 1989 e il 1992 (Coufal, 1989; Craig, 1992a, 1992b), e di nuovo più recentemente (Batavia e Nelson, 2016a, b) - e sebbene sia chiaramente percepita la necessità di un cambiamento per rispondere alle crescenti aspettative della società nei riguardi delle foreste negli ultimi decenni, la letteratura forestale europea, se si esclude la *Silvosistemica*, non ha mai considerato l'importanza dell'etica e della connessa visione del mondo. Le valutazioni di tipo etico sono state liquidate sulla base dell'affermazione che la gestione forestale è un'attività scientifica e tecnica, non filosofica.

Così si perde la possibilità di effettuare quel "salto etico" che ritengo sia necessario affinché la gestione forestale possa veramente rispondere alla richiesta di "più natura". La *Silvosistemica*, un approccio concettuale che va oltre la raccomandazione di specifiche pratiche colturali (Messier *et al.*, 2019), considerando l'azione umana come parte del sistema, riconosce le esigenze della società senza forzare la foresta in una struttura e una composizione predefinita mirata a ottenere specifici prodotti o "servizi". La produzione legnosa non è più l'obiettivo, ma diviene la conseguenza di una gestione che opera nell'interesse del bosco, per mantenere o aumentare la sua biodiversità, complessità e capacità adattativa.

8. VERSO UN FUTURO FORESTALE PIÙ NATURALE

La richiesta di "più natura" nella gestione forestale può apparire strana agli addetti ai lavori, che hanno sempre considerato il proprio operato come fondato su solide basi ecologiche. Paradossalmente, i forestali si ritrovano oggi a dover giustificare la propria azione e in un certo senso acquisire una nuova "patente di naturalità".

Ritengo invece che il paradosso attuale sia rappresentato dal cercare di perseguire una gestione più in sintonia con la "natura" rimanendo nel vecchio paradigma di riferimento, legato alla prevedibilità e alla convinzione che sia possibile plasmare gli ecosistemi forestali per rispondere alle nostre esigenze secondo modelli di funzionamento predeterminati.

La storia ha dimostrato chiaramente che oltre due secoli di tentativi di rendere prevedibili i sistemi forestali hanno ridotto i boschi in piantagioni e trasformato la selvicoltura in arboricoltura da legno (Ciancio e Nocentini, 1997; Nocentini, 2011; Puettmann *et al.*, 2009).

Occorre ritrovare quell'amore per la natura che probabilmente ha spinto molti a scegliere le scienze forestali, perché sicuramente oggi chi sceglie il campo di studi forestali lo fa, più che mai, per afflato etico-estetico, non più per dominante spinta economico-produttivistica (Ubertini, 2011). Dobbiamo accettare il cambiamento, ritrovare le motivazioni per un impegno che sia realmente a favore del bosco. Non dobbiamo più sopportare o giustificare forme di gestione che degradano o distruggono gli ecosistemi.

Ci sono le conoscenze scientifiche e le competenze tecniche per operare veramente in sintonia con la natura. Se questo stenta a verificarsi è perché quello che serve è piuttosto il superamento dell'imprinting forestale classico. Perché la foresta non può essere vista

solo come un insieme di alberi, o una lista di specie o, tantomeno, una sequenza di disturbi. La foresta è un sistema biologico complesso, che porta in sé le tracce delle interazioni con la società umana, e come tale è portatrice di un insieme di valori che vanno oltre la semplice fornitura di beni o “servizi”.

In conclusione, per rispondere in maniera realmente efficace alla richiesta di più natura occorre operare con una gestione accorta, coerente con l’etica della foresta e quindi sistemica.

BIBLIOGRAFIA

- Allen C.D, Savage M., Falk D., Suckling K.F., Swetnam T.W., Schulke T., Stacey P.B., Morgan P., Hoffman M., Klingel J.T., 2002 - *Ecological restoration of Southwestern ponderosa pine ecosystems: a broad perspective*. Ecological Applications, 12: 1418-1433.
- Aszalós, R., Thom D., Aakala T., Angelstam P., Brümeli G., Gálhidy L., Gratzner G., Hlásny T., Katzensteiner K., Kovács B., Knoke T., Larrieu L., Motta R., Müller J., Ódor P., Rozenberger D., Paillet Y., Pitar D., Standovár T., Svoboda M., Szwagrzyk J., Toscani P., Keeton W.S., 2022 - *Natural disturbance regimes as a guide for sustainable forest management in Europe*. Ecological Applications, 32, e2596.
- Baseler J., 1932 - *Urwaldprobleme in Nordanatolien*. Mitt. Inst. ausl. Forstwirtschaft. Tharandt, 2; 168 p.
- Batavia C., Nelson M.P., 2016a - *Conceptual Ambiguities and Practical Challenges of Ecological Forestry: A Critical Review*. Journal of Forestry, 114: 1-10.
- Batavia C., Nelson M.P., 2016b - *The Logical and Practical Necessity of Ethics in Ecological Forestry: A Reply to Palik and D’Amato*. Journal of Forestry, 115 (1): 56-57; <http://dx.doi.org/10.5849/jof.2016-078>
- Bauhus J., Puettmann K., Messier C., 2009 - *Silviculture for old-growthness*. Forest Ecology and Management, vol. 258: 525-537.
- Bauhus J., Puettmann K.J., Kuhne C., 2013 - *Close-to-nature forest management in Europe: does it support complexity and adaptability of forest ecosystems?* In: Messier C., Puettmann K.J., Coates K.D. (eds.), *Managing forests as complex adaptive systems: Building resilience to the challenge of global change*. Routledge, New York, p. 187-213.
- Bechstein J.M., 1797 - *Anzeige von der Herzoglich-Sächsisch-Gothaischen und Altenburgischen Societät der Forst- und Jagdkunde zu Waltershausen nebst den vorläufigen Statuten derselben*. Diana, 1: 424-429.
- Berg F. von, 1861 - *Die Wälder im Banate*. Tharandt. Forstl. Jh., p. 94-165.
- Bormann F.H., Likens G.E., 1979 - *Catastrophic disturbance and the steady state in northern hardwood forests: a new look at the role of disturbance in the development of forest ecosystems suggests important implications for land-use policies*. American Scientist, 67: 660-669.
- Borghetti M., Ferrara A., Moretti N., Nolè A., Pierangeli D., Ripullone F., Todaro L., 2024 - *Prendersi cura dei boschi di un’area interna nell’era del cambiamento climatico: il caso della Basilicata*. Forest@, 21: 10-36; <https://doi.org/10.3832/efor0042-021>
- Borghi C., Francini S., McRoberts R.E., Parisi F., Lombardi F., Nocentini S., Maltoni A., Travaglini D., Chirici G., 2024 - *Country-wide assessment of biodiversity, naturalness and old-growth status using national forest inventory data*. Eur J Forest Res, 143: 271-303; <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01620-6>
- Bormann F.H., Likens G.E., 1979 - *Catastrophic disturbance and the steady state in northern hardwood forests*. Am. Sci., 67: 660-669.
- Botkin D.B., Sobel M.J., 1975 - *Stability in time-varying ecosystems*. Am. Nat., 109: 625-646.
- Bradshaw R.H.W., Josefsson T., Clear J.L., Peterken G.F., 2011 - *The structure and reproduction of the virgin forest: A review of Eustace Jones (1945)*. Scandinavian Journal of Forest Research, 26 (Suppl 10): 45-53.
- Brang P., 2005 - *Virgin forests as a knowledge source for central European silviculture: reality or myth?* Forest Snow and Landscape Research, 79 (1/29): 19-32.
- Bravo-Oviedo A., Marchi M., Travaglini D., Pelleri F., Manetti M.C., Corona P., Cruz F., Bravo F., Nocentini S., 2020 - *Adoption of new silvicultural methods in Mediterranean forests: the influence of educational background and sociodemographic factors on marker decisions*. Annals of Forest Science, 77 (48): 1-17; ISSN:1297-966X
- Brukas V., Weber N., 2009 - *Forest management after the economic transition at the crossroads between German and Scandinavian traditions*. For Pol Econ, 11: 586-592.
- Caswell H., 1978 - *Predator mediated coexistence: a non-equilibrium model*. Am. Nat., 112: 127-154.
- Cermak L., 1910 - *Einiges über den Urwald von waldbaulichen Gesichtspunkten*. Cent.bl. Ges. Forstwes., 36: 340-370.

- Chesson P.L., Case T.J., 1986 - *Non-equilibrium community theories: chance, variability, history, and coexistence*. In: J. Diamond and T.J. Case (eds.), *Community Ecology*, p. 229-239. Harper & Row, New York.
- Ciancio O. (a cura di), 2009 - *Riserva Naturale Statale Biogenetica di Vallombrosa. Piano di Gestione e Silvo-museo 2006-2025*. Corpo Forestale dello Stato, Ufficio Territoriale per la Biodiversità di Vallombrosa, Reggello (FI), 449 p.
- Ciancio O., 2014 - *Storia del pensiero forestale. Selvicoltura filosofia etica*. Rubbettino Editore, p. 79-122.
- Ciancio O., Iovino F., Menguzzato G., Nicolaci A., 2008 - *Struttura e trattamento in alcune faggete dell'Appennino meridionale*. L'Italia Forestale e Montana, 63 (6): 465-48.
- Ciancio O., Iovino F., Menguzzato G., Nicolaci A., Nocentini S., 2006 - *Structure and growth of a small group selection forest of Calabrian pine in Southern Italy: A hypothesis for continuous cover forestry based on traditional silviculture*. Forest Ecology and Management, 224: 229-234; <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.12.057>
- Ciancio O., Iovino F., Nocentini S., 1994 - *The theory of the normal forest. La teoria del bosco normale*. L'Italia forestale e montana, 49 (5): 446-462.
- Ciancio O., Nocentini S., 1997 - *The forest and man: the evolution of forestry thought from modern humanism to the culture of complexity. Systemic silviculture and management on natural bases*. In: "The forest and man", edited by O. Ciancio, Florence, Italian Academy of Forest Sciences, p. 21-114; <https://www.aisf.it/wp-content/uploads/2014/06/forest-and-man.pdf>
- Cock A.R., 2008 - *Tropical forests in the global states system*. Int Aff, 84 (2): 315-333.
- Cooper W.S., 1913 - *The climax forest of Isle Royale, Lake Superior, and its development*. Botanical Gazette, 55: 1-44.
- Coufal J.E., 1989 - *The land ethic question*. Journal of Forestry, 87 (6): 23-24.
- Craig R.S., 1992a - *Further development of a land ethic canon*. Journal of Forestry, 90 (1): 30-31.
- Craig R.S., 1992b - *Land ethic canon proposal: a report from the Task Force*. Journal of Forestry, 90 (8): 40-41.
- DeAngelis D.L., Waterhouse J.C., 1987 - *Equilibrium and non-equilibrium concepts in ecological models*. Ecol. Monogr., 57: 1-21.
- Ducarme F., Couvet D., 2020 - *What does 'nature' mean?* Palgrave Communications, 6, art. n. 14; <https://doi.org/10.1057/s41599-020-0390-y>
- Ducarme F., Flipo F., Couvet D., 2020 - *How the diversity of human concepts of nature affects conservation of biodiversity*. Conservation Biology, 35 (3): 1019-1028.
- Ehrlich P.R., Birch L.C., 1967 - *The "balance of nature" and "population control"*. Am. Nat., 101: 97-107.
- Elton C., 1930 - *Animal Ecology and Evolution*. Oxford University Press, New York.
- European Commission, Directorate-General for Environment, 2023 - *Guidelines on closer-to-nature forest management*, Publications Office of the European Union; <https://data.europa.eu/doi/10.2779/731018>
- FAO, 2020 - *Global Forest Resources Assessment 2020 - Key findings*. Rome; <https://doi.org/10.4060/ca8753en>
- Filotas E., Parrott L., Burton P.J., Chazdon R.L., Coates K.D., Coll L., Haeussler S., Martin K., Nocentini S., Puettmann K.J., Putz F.E., Simard S.W., Messier C., 2014 - *Viewing forests through the lens of complex systems science*. Ecosphere, 5 (1): 1-23; <http://dx.doi.org/10.1890/ES13-00182.1>
- Franklin, J.F., 1989a - *The "new forestry"*. J. Soil Water Conserv., 44 (6): 549.
- Franklin J.F., 1989b - *Toward a new forestry*. Am. For., 95 (11/12): 37-44.
- Franklin, J.F., Johnson K.N., 2012 - *A restoration framework for federal forests in the Pacific Northwest*. Journal of Forestry, 110 (8): 429-439.
- Franklin, J.F., Johnson K.N., 2013 - *Ecologically based management: A future for federal forestry in the Pacific Northwest*. Journal of Forestry, 111 (6): 429-432.
- Fröhlich, J., 1930 - *Der südosteuropäische Urwald und seine Überführung in Wirtschaftswald*. Centralblatt für das Gesamte Forstwesen, 56: 1-17, 49-65.
- Gayer K., 1880 - *Der Waldbau*. Wiegandt, Hempel, Parey Berlin, 700 p.
- Gayer K., 1886 - *Der gemischte Wald seine Begründung und Pflege, insbesondere durch Horst- und Gruppenwirtschaft*. Parey, Berlin.
- Harrison Pogue R., 1992 - *Forests. The shadow of civilization*. University of Chicago Press, 304 p.
- Heilbron J.L., 1990 - *Introductory Essay*. In: The quantifying spirit of the Eighteenth Century. Frangmyr T., Heilbron J.L., Rider R.E. (eds.). University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California, p. 1-23.
- Hockenjos W., 1993 - *Die Wiederentdeckung des Femelwaldes. Auf forstgeschichtlicher Spuren suche im Bücherschrank eines badischen Forstamtes*. Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 164 (12): 213-218.

- Hockenjos W., 1995 - *Forstideologisches aus Baden*. Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 166 (2/3): 34-38.
- Iovino F., 2011 - *Classic silviculture, local knowledge and systemic silviculture*. L'Italia Forestale e Montana, 66 (3): 197-202.
- Iovino F., 2024 - *Lo studio della struttura di boschi vetusti nell'Appennino meridionale come base per la definizione di approcci selvicolturali sostenibili*. L'Italia Forestale e Montana, 79 (1): 7-23; <https://dx.doi.org/10.36253/ifm-1123>
- Iovino F., Menguzzato G., 2014 - *Presupposti e contraddizioni della selvicoltura in ambiente appenninico*. In: Storia del pensiero forestale. Selvicoltura Filosofia Etica, di Orazio Ciancio. Rubbettino Editore, p. 427-441.
- Iwaschkewitsch B.A., 1929 - *Die wichtigsten Eigenarten der Struktur und der Entwicklung der Unvaldbestände*. Proc. Int. Congr. For. Exp. Sta., Stockholm, p. 129-47.
- Johann E., 2006 - *Historical development of nature-based forestry in Central Europe*. In: Nature-based forestry in Central Europe. Alternatives to industrial forestry and strict preservation. Diaci, J. (ed.). Proceedings, Univ. of Ljubljana, p. 1-18.
- Jones E.W., 1945 - *The structure and reproduction of the virgin forest of the north temperate zone*. New phytologist, p. 130-148.
- Keren S., Diaci J., 2018 - *Comparing the Quantity and Structure of Deadwood in Selection Managed and Old-Growth Forests in South-East Europe*. Forests, 9 (2): 76; <https://doi.org/10.3390/f9020076>
- Kuuluvainen T., Aakala T., 2011 - *Natural forest dynamics in boreal Fennoscandia: a review and classification*. Silva Fennica, 45 (5): 823-841.
- Kuuluvainen T., Angelstam P., Frelich L., Jógiste K., Koivula M., Kubota Y., Lafleur B., Macdonald E., 2021 - *Natural Disturbance-Based Forest Management: Moving Beyond Retention and Continuous-Cover Forestry*. Front. For. Glob. Change, 4: 629020; <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.629020>
- Lang C., Pye O., 2001 - *Blinded by science: The invention of scientific forestry and its influence in the Mekong Region*. Watershed, 6: 25-34.
- Larsen J.B., Angelstam P., Bauhus J., Carvalho J.F., Diaci 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; <https://doi.org/10.36333/fs12>
- Leopold, A., 1949 - *A Sand County almanac and sketches here and there*. Oxford University Press, New York, N.Y.
- Levin S.A., Steele J.H., Powell T.M. (eds.), 1993 - *Patch Dynamics*. Springer-Verlag, New York.
- Lie S.A.N., 2016 - *Philosophy of Nature. Rethinking naturalness*. Routledge, 240 p.
- Lindenmayer D.B., Franklin J.F., Löhmus A., Baker S.C., Bauhus J., Beese W., Brodie A. et al., 2012 - *A major shift to the retention approach for forestry can help resolve some global forest issues*. Conserv. Lett., 5 (6): 421-431.
- Lombardi F., Lasserre B., Chirici G. et al., 2012 - *Deadwood occurrence and forest structure as indicators of old-growth forest conditions in Mediterranean mountainous ecosystems*. Ecoscience, 19: 344-355; <https://doi.org/10.2980/19-4-3506>
- Lowood H.E., 1990 - *The Calculating Forester: quantification, cameral science, and the emergence of scientific forestry management in Germany*. In: The quantifying spirit of the XVIIIth century (Frangsmyr T., Heilbron J.L., Rider R.E. eds.). University of California Press, Berkeley and Los Angeles, p. 315-342.
- Lutz H.J., 1930 - *The vegetation of Heart's Content, a virgin forest in northwestern Pennsylvania*. Ecology, 11: 1-29.
- Markgraf F., Dengler A., 1931 - *Aus den Waldern Albaniens*. Z. Forst- u. jagdztg., 63: 1-31.
- Mauve K., 1931 - *Ueber Bestandesaufbau, Zuwachsverhältnisse und Verjüngung im galizischem Karpathen-Urwäld*. Mitt. Forstwirt. Forstwiss., 2: 257-311.
- McDowell N.G. et al., 2020 - *Pervasive shifts in forest dynamics in a changing world*. Science, 368, 964.
- Messier C., Bauhus J., Doyon F., Maure F., Sousa-Silva R., Nolet P., Mina M., Aquilué N., Fortin M.J., Puettmann K., 2019 - *The functional complex network approach to foster forest resilience to global changes*. Forest Ecosystems, 6 (21); <https://doi.org/10.1186/s40663-019-0166-2>
- Meyer P., Aljes M., Culmsee H. et al., 2021 - *Quantifying old-growthness of lowland European beech forests by a multivariate indicator for forest structure*. Ecol Indic, 125: 107575; <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107575>
- Millar C.I., Woolfenden W.B., 1999 - *The role of climate change in interpreting historical variability*. Ecological Applications, 9: 1207-1216.
- Motta R., Alberti G., Ascoli D., Berretti R., Bilic S., Bono A., Milic C., Vojislav D., Finsinger W., Gar-

- barino M., Govedar Z., Keren S., Meloni F., Ruffinatto F., Nola P., 2024 - *Old-growth forests in the Dinaric Alps of Bosnia-Herzegovina and Montenegro: a continental hot-spot for research and biodiversity*. *Front. For. Glob. Change*, 7: 1371144; <https://doi.org/10.3389/ffgc.2024.1371144>
- Motta R., Larsen J.B., 2022 - *Un nuovo paradigma per la gestione forestale sostenibile: la selvicoltura "più" prossima alla natura*. *Forest@*, 19: 52-62; <https://doi.org/10.3832/efor4124-019>
- Mountford, E.P., 2001 - *Natural Gap Canopy Characteristics in European Beech Forests*. NAT-MAN Working Report No. 2. Forest & Landscape, Denmark.
- Nelson M.P., Vucetich J.A., 2012 - *Environmental ethics for wildlife management*. In: Human dimensions of wildlife management (edited by Decker, J.D., S.J. Riley, and W.F. Siemer). Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore, MD, p. 223-237.
- Nichols G.E., 1913 - *The vegetation of Connecticut. II. Virgin Forests*. *Torreyia*, 13: 199-215.
- Nocentini S., 2009 - *Structure and management of beech (Fagus sylvatica L.) forests in Italy*. *iForest*, 2: 105-113. [online 2009-06-10]; URL: <http://www.sisef.it/iforest/show.php?id=499>; <https://doi.org/10.3832/ifor0499-002>
- Nocentini S., 2011 - *The forest as a complex biological system: theoretical and practical consequences*. *L'Italia Forestale e Montana*, 66 (3): 191-196; <https://doi.org/10.4129/ifm.2011.3.02>
- Nocentini S., Buttoud G., Ciancio O., Corona P., 2017 - *Managing forests in a changing world: the need for a systemic approach. A review*. *Forest Systems*, 26: 1-15.
- Nocentini S., Ciancio O., Portoghesi L., Corona P., 2021 - *Historical roots and the evolving science of forest management under a systemic perspective*. *Canadian Journal of Forest Research*, 5: 163-171 (online November 2020).
- O'Neill R.V., DeAngelis D.L., Waide J.B., Allen T.F.H., 1986 - *A Hierarchical Concept of Ecosystems*. Princeton University Press, Princeton.
- Oosthoek J., 2007 - *The colonial origins of scientific forestry in Britain*. Working paper; <https://dlc.dlib.indiana.edu/dlc/items/78da3119-bff6-4a44-8e57-b1ec77b37d09>
- Paillet Y.C., Pernot V., Boulanger N., Debaive M., Fuhr M., Gilg O., Gosselin F., 2015 - *Quantifying the Recovery of Old-Growth Attributes in Forest Reserves: A First Reference for France*. *Forest Ecology and Management*, 346: 51-64; <https://doi.org/10.1186/s40663-019-0166-2>
- Parade A., 1883 - *Cours élémentaire de culture des bois*. Sixième édition publiée par A. Lorentz et L. Tassy. Octave Doin Editeur, Paris.
- Patrone G., 1972 - *Stravaganza prima: l'essenza dell'assetamento forestale*. *L'Italia Forestale e Montana*, 27 (1): 1-22.
- Pickett S.T.A., White P.S. (eds.), 1985 - *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press, New York.
- Pickett S.T.A., Parker V.T., Fiedler P.L., 1992 - *The new paradigm in ecology: implications for conservation biology above the species level*. In: Fiedler P.L. and Jain S.K. (eds.), *Conservation Biology*, p. 65-88. Chapman and Hall, New York.
- Plumwood V., 1993 - *Feminism and the mastery of nature*. Routledge, New York, 239 p.
- Pommerening A., Murphy S., 2004 - *A review of the history, definitions and methods of continuous cover forestry with special attention to afforestation and re-stocking*. *Forestry*, 77: 27-44.
- Puettmann K.J., Coates K.D., Messier C., 2009 - *A critique of silviculture; managing for complexity*. Island press, Washington DC., 190 p.
- Puettmann K.J., Wilson S.McG., Baker S.C., Donoso P.J., Drössler L., Amente G., Harvey B.D., Knoke T., Lu Y., Nocentini S., Putz F.E., Yoshida T., Bauhus J., 2015 - *Silvicultural alternatives to conventional even-aged forest management - what limits global adoption?* *Forest Ecosystems*, 2 (8): 1-16; <https://doi.org/10.1186/s40663-015-0031-x>
- Rubner K., 1920 - *Die waldbauliche Folgerungen des Urwaldes*. *Naturwiss. Z. Forst- Landwirtschaft*, 18: 201-214.
- Schimmöller L., 2020 - *Paving the Way for Rights of Nature in Germany: Lessons Learnt from Legal Reform in New Zealand and Ecuador*. *Transnational Environmental Law*, 1-24; <https://doi.org/10.1017/S2047102520000126>
- Sears R.R., Pinedo-Vasquez M., 2011 - *Forest policy reform and the organization of logging in Peruvian Amazonia*. *Dev Change*, 42 (2): 609-631.
- Seidel A., 1848 - *Beiträge zur Kenntnis des Urwaldes*. *Tharandter Forstliches Jahrbuch*, 5: 158-181.
- Seymour R.S., Hunter M.L. Jr., 1999 - *Principles of ecological forestry*. In: Hunter M.L. (ed.), *Maintaining biodiversity in forest ecosystems*, p. 22-61. Cambridge Univ. Press, New York.
- Shugart H.H., 1984 - *A Theory of Forest Dynamics: The Ecological Implications of Forest Succession Models*. Springer-Verlag, New York.
- Siiskonen H., 2007 - *The conflict between traditional and*

- scientific forest management in 20th century Finland*. Forest Ecology and Management, 249: 125-133; <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.03.018>
- Simberloff D., 2014 - *The "balance of nature" - Evolution of a pantheon*. PLoS Biol, 12 (10): e1001963; <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001963>
- Smith D., 1962 - *The Practice of Silviculture*. John Wiley and Sons, Inc. New York, London, Sidney, 578 p.
- Sommerfeld A. et al., 2018 - *Patterns and drivers of recent disturbances across the temperate forest biome*. Nat. Commun., 9, 4355; <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06788-9>; pmid: 30341309
- Stone C.D., 1972 - *Should Trees Have Standing? Towards Legal Rights for Natural Objects*. Southern California Law Review, 45: 450-501.
- Susmel L., 1955 - *Conservazione e miglioramento delle abetine delle Alpi Orientali*. In: Atti del Congresso Nazionale di Selvicoltura, Firenze, 1954, p. 331-372.
- Susmel L., 1956 - *Leggi di variazione dei parametri della foresta disetanea normale*. L'Italia Forestale e Montana, 11 (3): 105-116.
- Susmel L., 1959 - *Riordinamento su basi bioecologiche delle faggete di Corleto Monforte*. Pubbl. della Stazione Sperimentale di Selvicoltura, Firenze.
- Susmel L., 1970 - *Dove va la selvicoltura?* Monti e Boschi, 21 (2): 3-8.
- Susmel L., 1980 - *Normalizzazione delle foreste alpine. Basi ecosistemiche, equilibrio, modelli culturali, produttività*. Liviana Editrice, Padova, 437 p.
- Thünen von J.H., 1842 - *Der isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*, 2nd ed. Leopold, Rostock, Germany.
- Ubertini C., 2011 - *Etica forestale*. L'Italia forestale e Montana, 66 (1): 7-13; <https://doi.org/10.4129/ifm.2011.1.01>
- Vítková L., Bače R., Kjučukov P., Svoboda M., 2018 - *Deadwood Management in Central European Forests: Key Considerations for Practical Implementation*. Forest Ecology and Management, 429: 394-405.
- Watt A.S., 1947 - *Pattern and process in plant community*. J. Ecol., 35: 1-22; <https://doi.org/10.2307/2256497>
- Wessely J., 1853 - *Die österreichischen Alpenländer und ihre Forste*. Wien.
- West D.C., Shugart, H.H., Botkin D.B. (eds.), 1981 - *Forest Succession: Concepts and Application*. Springer-Verlag, Berlin and New York.
- White L. Jr., 1967 - *The historical roots of our ecological crisis*. Science, 155 (3767): 1203-1207.
- Wiens J.A., Stenseth N.C., Van Horne B., Ims R.A., 1993 - *Ecological mechanisms and landscape ecology*. Oikos, 66: 369-380.
- Williams R., 1976 - *Keywords: A Vocabulary of Culture and Society*, Oxford University Press.
- Wirth C., Messier C., Bergeron Y., Frank D., Fankhänel A., 2009 - *Old-growth forest definitions: a pragmatic view*. In: Wirth C., Heimann M., Gleixner G. (eds.), *Old-growth forests: function, fate and values*. Ecological studies. Springer, New York.
- Wu J., 1992 - *Balance of nature and environmental protection: a paradigm shift*. In Proc. 4th Intern. Conf Asia Experts, Portland State University, Portland, 22 p.
- Wu J., 1994 - *Modeling dynamics of patchy landscapes: linking metapopulation theory, landscape ecology and conservation biology*. In: Year-book of Systems Ecology, Chinese Academy of Sciences, Beijing.
- Wu J., Levin S.A., 1994 - *A spatial patch dynamic modeling approach to pattern and process in an annual grassland*. Ecol. Monogr., 64: 447-464.
- Wu J., Loucks O., 1995 - *From Balance of Nature to Hierarchical Patch Dynamics: A Paradigm Shift in Ecology*. The Quarterly Review of Biology, 70 (4): 439-466.
- Zednik F., 1938-39 - *Ueber den Aufbau des Urwaldes der Gemäßigten Zone*. Z. Weltforstw., 6: 215-29.



Forest and water cycle: the biotic pump

Foreste e ciclo dell'acqua: la pompa biotica

Alessandro Bottacci

SIRF - Società Italiana di Restauro Forestale. Già Docente a contratto di *Nature Conservation*, Università di Camerino; alessandro.bottacci@gmail.com

Abstract: This is a review article on the relationship between forests and the water cycle, with particular regard to the process referred to as the “biotic pump”. The Planet is witnessing unprecedented global change. There is a sharp increase in temperature and a decrease in the availability of fresh water. Deforestation negatively affects the water cycle, modifying the natural process of long-distance transport of moist air from the ocean to the internal areas of the continents. This process, discovered only a few years ago, has been called the biotic pump, and is activated by the planet's forests, especially the natural ones. The operating mechanisms of this process, the relationship with natural forests and the negative effects of its alteration are analysed.

Key words: water cycle; atmospheric rivers; biotic pump; forest biocomplexity; deforestation; desertification.

Citation: Bottacci A., 2024 - *Foreste e ciclo dell'acqua: la pompa biotica*. L'Italia Forestale e Montana, 79 (3): 135-153; <https://dx.doi.org/10.36253/ifm-1130>

Received: 19/04/2024 **Revised version:** 08/07/2024 **Published online:** 05/09/2024

*Purtroppo, è molto più facile creare
un deserto che una foresta.*

JAMES LOVELOCK

1. INTRODUZIONE

Il Pianeta sta assistendo ad un cambiamento globale senza precedenti, sia per la sua intensità sia, soprattutto, per la sua velocità di evoluzione.

Rispetto all'epoca pre-industriale si possono osservare due cambiamenti molto importanti:

- la temperatura superficiale globale è aumentata negli ultimi 200 anni di quasi 1,1°C (IPCC, 2021; GISTEMP Team, 2023),

- nonostante l'impegno degli Stati di mantenere l'aumento della temperatura del Pianeta al disotto di +1,5°C (IPCC, 2022);
- la disponibilità di acqua dolce è in progressiva diminuzione ed è in aumento la porzione di acqua salata, che rappresenta già più del 97,3 % dell'acqua totale (Kravčík *et al.*, 2007; 2021) (Tabella 1).

Sono miliardi le persone che subiscono gli effetti negativi di questi cambiamenti (Ellison *et al.*, 2017). Questi cambiamenti sono in gran parte dovuti, direttamente o indirettamente, ad interventi antropici, tra i quali deforestazione, aumento delle combustioni, cambiamento dell'uso del suolo (impermeabilizzazione, am-

Tabella 1 - Stima della quantità di acqua presente sulla Terra per comparto (da Enciclopedia Treccani, modif.).

	COMPARTO	VOLUME (km ³)	%
ACQUA SALATA	Oceani	1.348.000.000	97,33105
	Laghi salati e mari interni	105.000	0,00758
	<i>Totale acqua salata</i>	<i>1.348.105.000</i>	<i>97,3386</i>
	Calotte polari e ghiacciai	28.200.000	2,03615
ACQUA DOLCE	Acque profonde	in profondità comprese tra -800 e -4000 m 4.710.000	0,34008
		in profondità comprese tra 0 e -800 m 3.740.000	0,27004
	Laghi	125.000	0,00903
	Umidità del suolo	69.000	0,00498
	Vapore atmosferico	13.500	0,00097
	Fiumi	1.500	0,00011
	<i>Totale acqua dolce</i>	<i>36.859.000</i>	<i>2,66137</i>
<i>TOTALE</i>		<i>1.384.964.000</i>	<i>100</i>

pliamento dell'agricoltura e degli allevamenti industriali, ecc.), consumo delle risorse idriche. Il rapporto tra precipitazioni e deflusso si sta modificando, aumentando l'evaporazione e accelerando il deflusso dalla terra agli oceani. Il cambiamento climatico riduce progressivamente la disponibilità di acqua dolce e minaccia la sicurezza alimentare, acuendo i conflitti sociali e innescando migrazioni di massa (Kelley *et al.*, 2015; Padròn *et al.*, 2020).

L'acqua dolce che alimenta tutta la vita terrestre e gli usi umani, ammonta a solo circa lo 0,001% di tutta l'acqua presente sul Pianeta (Damiani, 2024). Si calcola che, entro il 2025, circa 1,8 miliardi di persone vivranno in aree colpite da scarsità di acqua potabile. In base alle più recenti stime, entro il 2030 il mondo dovrà far fronte ad un deficit di risorse idriche del 40%, secondo il cosiddetto scenario *business-as-usual* in materia di clima (2030WRG, 2009; Eberhardt *et al.*, 2019).

La carenza di acqua dolce aumenta di anno in anno, sia per la riduzione del rapporto af-

flussi/deflussi continentali, sia per la crescita dell'impronta idrica (volume di acqua necessario per la produzione dei beni e dei servizi consumati dagli abitanti di un Paese) nei Paesi industrializzati. Di fronte ad una impronta idrica media mondiale pari a 1240 m³/cap/anno, gli USA hanno una impronta doppia (2480 m³/cap/anno) (Hoekstra e Chapagain, 2007).

La presenza e la conservazione di foreste estese ed efficienti è una pre-condizione indispensabile per mantenere questi equilibri (El-lison *et al.*, 2017), agendo sul ciclo dell'acqua (mantenendo inalterato il rapporto afflussi/deflussi dei continenti) e sull'assorbimento e la redistribuzione dell'energia solare (agendo sulla capacità dell'acqua di catturare e rilasciare energia sotto forma di calore latente).

Gli ecosistemi forestali sono fondamentali nella regolazione del ciclo dell'acqua e nella disponibilità di acqua dolce, considerato il fatto che il 75% dell'acqua potabile proviene dai bacini forestali (MEA, 2005; FAO, IUFRO, USDA, 2021).

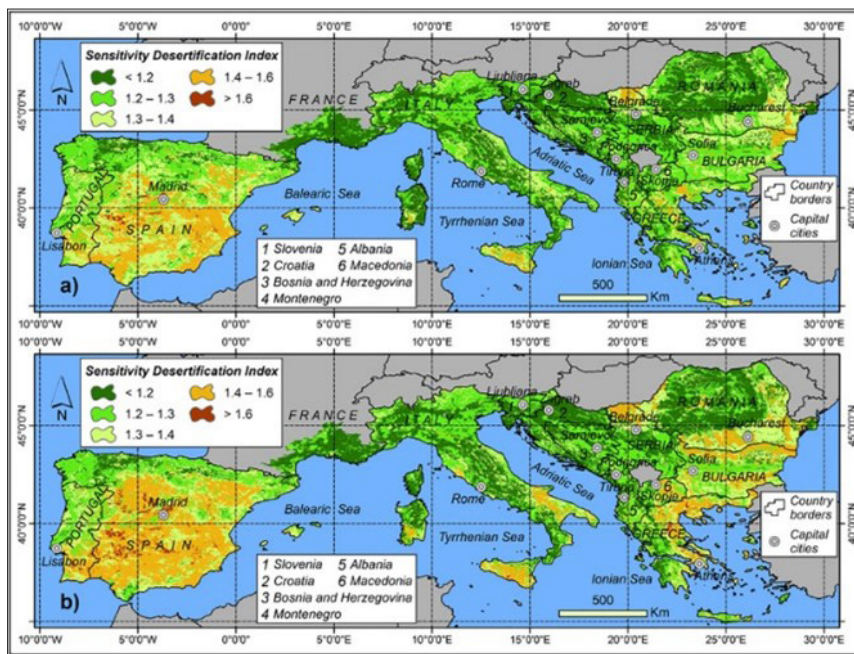


Figura 1 - Variazione dell'Indice di sensibilità alla desertificazione (SDI) nei Paesi dell'Europa mediterranea, tra il 2008 (a) ed il 2017 (b) (da Právělie *et al.*, 2017).

Per questo motivo l'accesso all'acqua (in quantità e qualità adeguata) e le temperature atmosferiche compatibili con la vita e con la produzione di alimenti, divengono il fondamento dell'equilibrio ambientale e sociale del Pianeta.

La diminuzione degli ecosistemi forestali e la loro semplificazione comportano sensibili effetti negativi su entrambi gli aspetti (temperatura e disponibilità di acqua dolce). Le variazioni a carico della copertura forestale contribuiscono per il 30% circa al cambiamento climatico globale (Wei *et al.*, 2017).

Nel periodo 1990-2020 nel mondo sono stati deforestati 420 milioni di ettari (FAO, 2022). Nella sola Amazzonia si perdono 20.000 km²/anno di foreste, ma gravi riduzioni della copertura forestale sono presenti anche nelle aree boreali (Canada e Russia) e nelle fasce tropicali asiatiche e africane (FAO, 2020).

Si stima che, se non modifichiamo il trend della deforestazione, la copertura forestale globale potrebbe ridursi di ulteriori 223 milioni di ettari entro il 2050 (Bastin *et al.*, 2019).

Una delle conseguenze più gravi della deforestazione e, in generale, del cambiamento

globale è l'aumento delle aree aride e della desertificazione, con severe conseguenze anche di ordine socio-economico (migrazioni climatiche) (Kelley *et al.*, 2015; Kaczan e Orgill-Meyer, 2020; Papa Francesco, 2023).

Le aree in cui si prevede che i rischi di desertificazione aumenteranno nel tempo sono principalmente l'Africa, il Nord America e le aree settentrionali della Cina e dell'India (Huang *et al.*, 2020).

Anche in Europa sono presenti vaste aree sottoposte a crisi idrica, in particolare le aree meridionali del continente (Spagna, Italia, Grecia), che sono considerate già in "piena emergenza" (ECA, 2018).

I risultati di una ricerca nelle aree mediterranee dell'Europa, basandosi sul SDI (*Sensitivity Desertification Index*), hanno evidenziato che ben 400.000 km² (~25% del territorio considerato) mostrano elevata e molto elevata sensibilità al degrado e, di conseguenza, alla desertificazione (Právělie *et al.*, 2017) (Figura 1).

In Italia le aree a rischio desertificazione coprono il 20% del territorio italiano (Corona *et al.*, 2006), di queste il 41% si trova nel Sud-I-

talia. La Sicilia presenta un grado medio alto di vulnerabilità ambientale sul 70% del suo territorio, la Puglia il 57%, la Basilicata il 55% (Ceccarelli *et al.* 2006; Centritto, 2015). In Italia tale situazione è decisamente aggravata dalla continua perdita di suolo libero (agricolo e naturale), che, tra il 2021 e il 2022, è ammontata a ben 71 km² (Cimini *et al.*, 2023; Munafò, 2023).

La ricerca scientifica ha evidenziato che le interazioni tra ecosistemi forestali, acqua, rocce ed energia forniscono le basi per lo stoccaggio del carbonio, per il raffreddamento delle superfici terrestri e per la produzione, conservazione, mineralizzazione e distribuzione delle risorse idriche (Ellison *et al.*, 2017).

Il presente è un articolo di *review* sul rapporto tra le foreste e il ciclo dell'acqua, con particolare riguardo al processo indicato come "pompa biotica".

2. GRANDE CICLO DELL'ACQUA: I FIUMI VOLANTI

La distribuzione dell'acqua su tutti i continenti è interessata da due tipi di flusso: il grande ciclo e il piccolo ciclo (Kravčík *et al.*, 2007; 2021).

Il grande ciclo consiste nel trasporto del vapore acqueo su grandi distanze dagli oceani alle aree più interne dei continenti. Il piccolo ciclo consiste nella concatenazione tra evaporazione, condensazione e precipitazione su territori più ristretti. Il grande ed il piccolo ciclo interagiscono tra loro, in un sistema nel quale il piccolo ciclo fornisce l'aria umida alle parti superiori dell'atmosfera e il grande ciclo la distribuisce nei territori più interni.

Illustriamo per primo il grande ciclo.

La portata del deflusso totale dalla terraferma agli oceani è di oltre 1,3 milioni di m³/s, una quantità elevatissima che può essere ben evidenziata dalla portata dei grandi fiumi come

il Rio delle Amazzoni (200.000 m³/s), il Congo (42.000 m³/s), il Chang Jian (34.000 m³/s), il Mississippi-Missouri (20.000 m³/s).

Dal momento, però, che la terraferma non si prosciuga, appare evidente che esiste un trasporto atmosferico di umidità che fa un percorso inverso, capace di compensare il deflusso gravitazionale (Makarieva e Gorshkov, 2007).

La fisica dell'atmosfera tradizionale riteneva che le correnti atmosferiche di aria umida fossero alimentate esclusivamente dai gradienti di temperatura e di pressione tra le varie porzioni della Terra, seguendo processi meramente fisici (teoria di Halley - 1686, celle di Hadley - 1735, forza di Coriolis - 1835, celle di Ferrel - 1858, ecc.).

Molto più recentemente, questi principi sono stati integrati dalla scoperta di flussi di grandi quantità di vapore acqueo che si muovono negli strati bassi dell'atmosfera (tra i 1500 e i 3000 m s.l.m.). Questi flussi furono denominati *Rios voadores* (in italiano "fiumi volanti") o "fiumi atmosferici" per la capacità di trasportare grande quantità di acqua (sotto forma gassosa) a lunga distanza (Salati *et al.*, 1979; Salati e Vose, 1984; Newell *et al.*, 1992) (Figura 2). Questi flussi sono stati individuati inizialmente nella regione Amazonica, ma studi successivi hanno evidenziato flussi simili anche nel bacino del Congo, nella Siberia, in Cina, nelle aree boreali fredde del Canada, ecc. (Gimeno *et al.*, 2014; Worden *et al.*, 2021).

Uno studio sulle aree di origine delle correnti umide evidenzia provenienze molto differenziate (Gimeno *et al.*, 2012). Alcune aree continentali ricevono l'umidità solo dallo stesso emisfero (Europa settentrionale e Nord America orientale), mentre altre ricevono l'umidità da entrambi gli emisferi (Sud America settentrionale). Le aree interessate dai regimi monsonici (India, Africa tropicale, Nord America) ricevono acqua da molte regioni, seguendo complessi sistemi di correnti umide.

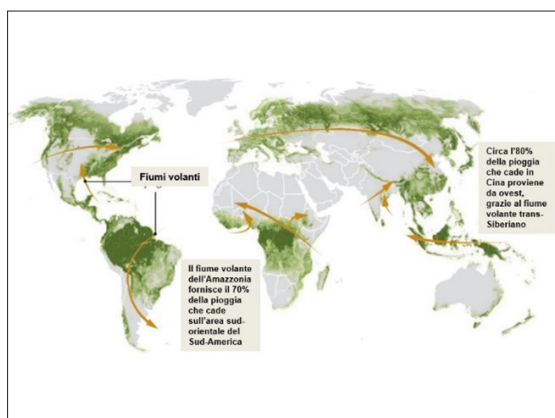


Figura 2 - I principali fiumi volanti che alimentano la pioggia nel Pianeta (da Pearce, 2020 modif. e trad. dall'autore).

I fiumi volanti si fermano quando incontrano barriere montuose molto alte (Ande, Himalaya, ecc.) scaricando molto vapore d'acqua, sotto forma di pioggia e determinando le sorgenti dei grandi fiumi della Terra (Marengo *et al.*, 2002; Marengo *et al.*, 2004).

Nel caso della foresta amazzonica, la forza di questi flussi di aria umida è tale che, impattando con la catena andina, variano il loro corso verso sud e alimentano il 70% delle precipitazioni che cade nel bacino del Rio de la Plata (un sistema fluviale esteso quasi 4 milioni di km²) (Fu *et al.*, 2013).

Gli studi sui fiumi volanti e sulla distribuzione dell'umidità hanno evidenziato un fenomeno straordinario: tutto il sistema è alimentato dalla traspirazione delle foreste e dalla emanazione di nuclei di condensazione, secondo un meccanismo che sarà illustrato nel prossimo paragrafo (Makarieva *et al.*, 2006).

Inizialmente si riteneva che la maggior parte del vapore acqueo, trasportato verso l'interno dei continenti, derivasse dalla evaporazione diretta degli oceani. Più recentemente i ricercatori di fisica dell'atmosfera hanno evidenziato che l'apporto della umidità atmosferica è legato al fenomeno del riciclo: nel viaggio delle correnti umide verso l'interno, il vapore,

grazie ai nuclei di condensazione, si condensa e cade sotto forma di pioggia; una parte di questa acqua scorre verso l'oceano o nelle parti più profonde della Terra, ma una parte di essa viene reimpressa nell'atmosfera dalla traspirazione della foresta, favorendo così il trasporto dell'umidità ancora più internamente e riattivando il ciclo. (Pearce, 2020).

Il valore dell'umidità riciclata dalla vegetazione è stato evidenziato per la prima volta nel bacino del Rio delle Amazzoni da Salati *et al.* (1979), utilizzando la percentuale di isotopo Ossigeno-18 (¹⁸O) presente. In natura questo isotopo è molto scarso (0,1% dell'ossigeno), ma nell'acqua riciclata dalla traspirazione della vegetazione forestale la percentuale è decisamente superiore, rispetto a quella evaporata dall'oceano. Sulla base di questi rilievi gli autori conclusero che circa metà delle precipitazioni dell'Amazzonia proveniva dal riciclo dell'acqua traspirata dalla foresta stessa.

Savenije (1995a; 1995b) ha evidenziato che, in Africa occidentale, man mano che ci si sposta nell'entroterra, la percentuale di precipitazioni provenienti dal riciclo delle foreste rispetto al totale aumentava, raggiungendo il 90% nelle aree più interne. Questo spiega anche l'aumento della aridità delle regioni del Sahel dopo la scomparsa delle foreste costiere, negli ultimi 50 anni, che ha determinato una modificazione negativa del coefficiente di deflusso in queste aree (Savenije, 1996).

Ruud van der Ent, allievo di Savenije, ha creato un modello valido del riciclo per l'intero globo (van der Ent *et al.*, 2010; 2014) giungendo alla conclusione che, a livello globale, almeno il 40% di tutte le precipitazioni proviene dal riciclo dell'acqua traspirata dalle foreste piuttosto che dall'oceano. Un risultato inatteso di questo studio è stato che il riciclo dell'acqua delle foreste boreali eurasiatiche (in particolare di quelle russe, estese su 5 milioni di km²) induce il trasporto dell'umidità

dall'Oceano Atlantico verso la Siberia, la Mongolia e la Cina. L'80% dell'acqua che precipita in quest'ultima regione arriva da ovest, con un percorso che consiste in diversi cicli di traspirazione e condensazione della durata di sei mesi.

Un recente studio nel bacino del Congo (Worden *et al.*, 2021) ha evidenziato, infine, che la maggior parte delle precipitazioni di quella area deriva dal riciclo prodotto dalle foreste pluviali (fino all'80% nella stagione delle piogge primaverili).

Questa nuova ipotesi suggerisce che la copertura forestale, soprattutto nelle aree tropicali, svolga un ruolo molto più importante nel determinare le precipitazioni rispetto a quanto precedentemente riconosciuto. In base a questa ipotesi, le precipitazioni elevate si verificano nelle aree interne continentali, come i bacini fluviali dell'Amazzonia e del Congo, soprattutto a causa della copertura forestale quasi continua dalla costa all'interno (Sheil e Murdiyarso, 2009).

3. IL PICCOLO CICLO: LA POMPA BIOTICA

Il grande ciclo, come sopra illustrato, trasporta grandi quantità di umidità verso le aree interne dei continenti. L'apporto di acqua, sotto forma di vapore acqueo, che lo alimenta, deriva da una concatenazione di processi a scala minore, definito piccolo ciclo, in cui il principale attore sono gli ecosistemi forestali.

In realtà è stato scoperto che a favorire questo poderoso spostamento di masse di acqua è un processo più complesso di concatenazione di piccoli cicli, indissolubilmente legato alla presenza delle foreste naturali. Sono esse infatti che, secondo una recente teoria avanzata da due fisici russi, alimentano il processo definito *Pompa biotica* (Gorshkov *et al.*, 2000; Makarieva e Gorshkov, 2007).

La pompa biotica agisce prevalentemente in senso verticale, mentre i fiumi atmosferici si sviluppano prevalentemente in senso orizzontale.

Consiste sostanzialmente in un processo circolare attivato dalla traspirazione delle foreste, utilizzando l'energia solare e dissipandola sotto forma di calore latente di evaporazione (Makarieva e Gorshkov, 2010), seguendo la seguente successione: evaporazione (dagli oceani) → trasporto → condensazione → precipitazione → infiltrazione → traspirazione (delle foreste) → condensazione, proseguendo il circolo senza soluzione di continuità (Figura 3).

Per comprendere meglio il meccanismo bio-fisico che sottende alla pompa biotica occorre fare una premessa terminologica, che ritengo basilare. Sia in climatologia che in ecologia forestale si utilizza, frequentemente, il termine *evapotraspirazione* (ET). In realtà vi è una fondamentale differenza dei due termini:

- *Evaporazione* = processo meramente fisico, passivo, incontrollabile, legato al gradiente di temperatura o di concentrazione di vapore acqueo. Prevale nelle aree aperte (oceani, superfici artificiali, ecc).
- *Traspirazione* = processo biofisico attivo, regolato dalle piante, prevalentemente tramite l'apertura e la chiusura degli stomi. Prevale nelle aree a copertura forestale.

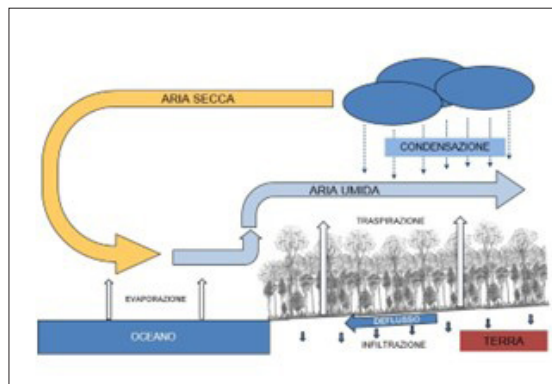


Figura 3 - Schema di funzionamento della pompa biotica (disegno originale dell'autore).

In funzione della diversa copertura del suolo, abbiamo una differente importanza relativa dell'uno e dell'altro processo.

Passando da aree nude ad aree coperte da foreste naturali, spesse e col piano delle chiome chiuso, il rapporto traspirazione/evaporazione decresce.

Potremmo creare una scala di rapporto evaporazione/traspirazione partendo dal deserto - aree nude - terreni agrari - praterie - boschi cedui - fustaie - foreste a copertura continua - foreste ad evoluzione naturale. Il rapporto traspirazione/evaporazione dipende prevalentemente dall'indice di area fogliare (LAI), come sarà illustrato più avanti nel presente lavoro.

Le aree prive di vegetazione perdono acqua quasi esclusivamente attraverso l'evaporazione. Questo processo interessa solamente la porzione più superficiale del suolo, è rapido e non controllato. In conseguenza di questo, il vapore immesso nell'atmosfera per unità di superficie è relativamente scarso.

Nelle aree coperte da foreste naturali con piano delle chiome chiuso (*closed canopy*), l'apporto di umidità nell'aria è dovuto prevalentemente alla traspirazione mentre la percentuale derivante dalla evaporazione ha un valore relativamente basso.

Le foreste assorbono attivamente l'acqua dal suolo, attingendo anche agli strati più profondi, e la trasportano fino alle foglie, immettendola nell'atmosfera sotto forma di vapore attraverso la traspirazione. In questo processo sono liberate grandi quantità di vapore acqueo che sale verso strati più alti e più freddi nei quali si raggiunge la saturazione e, successivamente, la condensazione (Makarieva *et al.*, 2013a).

$$PV=nRT \quad [1]$$

dove:

- P = pressione (Pa);
- V = volume (m³);

- n = numero moli;
- R = costante universale dei gas (8,314 Jmol⁻¹K⁻¹);
- T = temperatura (K).

Seguendo l'equazione di stato dei gas perfetti (formula 1), il passaggio dell'acqua dalla fase gassosa a quella liquida induce un calo della pressione atmosferica (caduta della pressione parziale) nella bassa atmosfera (Makarieva *et al.*, 2013b). Quando l'atmosfera, a causa della traspirazione, non è in equilibrio aerostatico si creano flussi verticali verso l'alto del vapore acqueo, che si traducono in gradienti orizzontali di pressione atmosferica tali da richiamare l'aria umida dagli oceani all'interno (Makarieva e Gorshkov, 2007).

Salendo nella colonna di aria, il vapore incontra strati più freddi e, grazie anche ai nuclei di condensazione emanati dagli alberi (Zhao *et al.*, 2017), inizia a condensarsi fino al punto di saturazione, dopo di che si ha la precipitazione dell'acqua sotto forma liquida (pioggia, rugiada, ecc.) o solida (neve, grandine, ecc.). Una parte dell'acqua evapora, una parte si infiltra nel suolo, tornando disponibile per le piante, e una parte defluisce. Contemporaneamente l'aria secca segue il percorso inverso dall'interno dei continenti all'oceano, dove ricomincia il ciclo, ricaricandosi di umidità. Il richiamo del flusso di aria umida dall'oceano alla terraferma, compensa il deflusso dalla terraferma all'oceano (*runoff*) (Makarieva e Gorshkov, 2010) e, in condizioni normali, la terra non si inaridisce.

I profili verticali di temperatura, sviluppati nelle foreste naturali ad elevata tridimensionalità e con piano delle chiome chiuso, mantengono il vapore acqueo in equilibrio aerostatico limitando la perdita di umidità del suolo per evaporazione, al contrario di quanto avviene negli ecosistemi aperti come le praterie e le foreste rade (Makarieva, Gorshkov e Li, 2006;

Bottacci, 2020); questo si riflette positivamente sulla disponibilità idrica nel terreno, alimentando il processo della pompa biotica.

L'azione della traspirazione e della condensazione nella formazione di aree a bassa pressione atmosferica, determina non solo movimenti locali ma anche a livello territoriale più ampio. Approfondendo gli studi sulla pompa biotica, Makarieva e Gorshkov (2009) hanno introdotto il concetto essenziale della *dinamica atmosferica indotta dalla condensazione* (CIAD - *condensation-induced atmospheric dynamics*). L'intensa condensazione del vapore acqueo, associata all'elevata traspirazione dalla copertura forestale naturale, produce instabilità dell'aria atmosferica su vasti territori e induce una portata stabile ed elevata del ciclo idrologico, indipendentemente dall'entità dei gradienti di temperatura orizzontali (Makarieva e Gorshkov, 2007; Makarieva e Gorshkov, 2010; Bouman, 2023).

Sulla teoria della CIAD, alla base della pompa biotica, non sono mancate critiche, specialmente sugli effetti dinamici del processo, considerati non fisicamente possibili (Jaramillo *et al.*, 2018). A tali critiche i ricercatori, che hanno scoperto il processo, hanno risposto in modo circostanziato (Makarieva *et al.*, 2019).

L'elevata evapotraspirazione e l'ampia estensione di foreste naturali garantiscono un ciclo idrologico sia stabile che ad alto rendimento, limitando forti squilibri energetici che sono alla base di inondazioni devastanti, siccità, uragani e tornado. Sostenere le foreste naturali è una valida strategia per la sicurezza idrica e la stabilizzazione del clima (Makarieva *et al.*, 2023). La velocità di condensazione è proporzionale alla velocità verticale. In assenza dell'azione mitigatrice della temperatura da parte delle foreste questa velocità si auto-alimenta, senza trovare compensazione nella capacità di assorbire energia sotto forma di ca-

lore latente. In assenza di vegetazione forestale si possono innescare eventi ad alta energia ed alta intensità.

L'effetto positivo delle foreste naturali sulla funzionalità della pompa biotica è legato anche alla struttura delle foreste stesse. Il piano delle chiome chiuso, esteso e pluristratificato controlla il processo di condensazione riducendo la velocità orizzontale a causa dell'attrito e influenzando il gradiente termico verticale (Vinod *et al.*, 2022). Nelle ore diurne il gradiente termico verticale si inverte (il suolo è più freddo del piano delle chiome) per cui la salita verticale è lenta e questo riduce la dispersione di umidità. Nelle ore notturne avviene il processo inverso, controllando la perdita di acqua, di conseguenza maggiore è l'altezza del piano delle chiome, più alto è il gradiente termico inverso (Makarieva *et al.*, 2023).

Per la proprietà di far funzionare la pompa biotica, le foreste sono state definite anche "gigantesche fontane di acqua", considerando che solo il 4% dell'acqua assorbita dalla vegetazione viene impiegata nella fotosintesi, mentre il resto 96% viene reimmesso nell'atmosfera con la traspirazione (Pearce, 2020).

La vegetazione forestale ha una elevata capacità di estrarre acqua dal suolo e rilasciarla con la traspirazione. Mentre il tasso medio di evaporazione della superficie libera degli oceani è di circa 30 m³/ha/giorno, una foresta può immettere nell'atmosfera con la traspirazione 50 m³/ha/giorno (Jasechko *et al.*, 2013).

Il meccanismo della pompa biotica si basa su una grande varietà di proprietà complesse che vedono protagoniste le foreste: dalla capacità delle radici degli alberi di diffondersi in profondità, accedendo alle acque sotterranee immagazzinate in quelli strati, alla capacità delle foglie di emettere grandi quantità di composti organici volatili di origine biologica (BVOC - *biological volatile organic compounds*), i quali, per ossidazione, producono aerosol or-

ganico secondario (SOA - *secondary organic aerosol*) che, a loro volta, agiscono come nuclei di condensazione delle nuvole (CCN - *cloud condensation nuclei*) (Hallquist *et al.*, 2009; Makarieva *et al.*, 2013a; Zhao *et al.*, 2017).

Recentemente è stato inoltre evidenziato l'importante ruolo della rete di funghi micorrizici, conosciuta anche col termine inglese *wood wide web*, maggiormente sviluppata nelle foreste evolute e indisturbate. Tra le tante funzioni assolve, questa rete ha una elevata capacità di recepire, assorbire e distribuire tra tutte le piante del popolamento l'acqua del suolo (Simard e Durall, 2004; Simard *et al.*, 2012).

Un ruolo fondamentale nella funzionalità della pompa biotica è giocato dalla superficie traspirante che viene quantificato attraverso l'Indice di area fogliare (LAI - *Leaf Area Index*) (Makarieva, Gorshkov e Li, 2006; Bréda, 2008; Tao *et al.*, 2020).

Questo indice, come noto, rappresenta il rapporto tra la somma delle aree delle singole foglie presenti nell'unità di superficie di suolo e l'unità di superficie di suolo stessa (in genere m^2/m^2) (Bréda, 2008). Nei biomi vegetali indisturbati, il valore del LAI varia da $3 \text{ m}^2/\text{m}^2$ a $19 \text{ m}^2/\text{m}^2$, il valore più alto si ha nelle foreste boreali naturali, formate per lo più da conifere, mentre per i boschi naturali di latifoglie si aggira intorno a $6\text{-}8 \text{ m}^2/\text{m}^2$.

Uno studio di sintesi globale delle misurazioni del LAI su più di 1000 stime pubblicate, riguardanti 15 diversi biomi, ha evidenziato che il valore medio globale è di $4,5 \pm 2,5 \text{ m}^2/\text{m}^2$ (variando da $1,3 \pm 0,9 \text{ m}^2/\text{m}^2$, per i deserti, a $8,7 \pm 4,3 \text{ m}^2/\text{m}^2$, per le piantagioni arboree). Tra le classi di vegetazione naturale terrestre il valore medio più alto ($5,1\text{-}6,7 \text{ m}^2/\text{m}^2$) è stato rilevato nelle foreste temperate sempreverdi (Asner *et al.*, 2003). Lo stesso studio ha evidenziato una tendenza significativa alla diminuzione dei valori del LAI negli ultimi anni.

Nelle foreste naturali, con biospazio tridimensionale ampio, struttura multiplana e piano delle chiome chiuso (*closed-canopy forests*), il LAI è molto elevato; questo mantiene alti flussi di traspirazione e supporta il movimento ascendente dell'aria sulla foresta, attivando la pompa biotica. La quantità di acqua che una foresta ad elevato LAI può traspirare arriva fino a circa $10.000 \text{ l/ha/giorno}$ (Makarieva e Gorshkov, 2007).

Un altro fattore importante nel processo traspirativo è la rugosità aerodinamica delle chiome (*canopy roughness*), a sua volta legata alla complessità strutturale delle formazioni forestali naturali (Zhou *et al.*, 2006); questa caratteristica ha effetto sulla resistenza superficiale e influenza il vento, la temperatura e i profili di umidità specifica nello strato limite superficiale, nonché il bilancio energetico superficiale e lo scambio di vapore acqueo (Hansen, 1996; Brunet, 2020).

Nella foresta naturale, la maggiore rugosità aerodinamica, la maggiore altezza del piano delle chiome e il più elevato indice di area fogliare inducono una traspirazione totale decisamente più alta rispetto alle colture agrarie ed altre formazioni vegetali più basse e temporanee (Fritschen e Simpson, 1985; Iovino *et al.*, 2009; Sheil e Murdiyarso, 2009), tutto questo a vantaggio di un miglior funzionamento della pompa biotica.

Infine si evidenzia la stretta correlazione tra energia e traspirazione. A causa delle caratteristiche fisiche dell'acqua (una delle sostanze a maggior capacità termica), il cambiamento di stato determina assorbimento o rilascio di energia sotto forma di calore latente di evaporazione. In presenza di acqua, gran parte dell'energia della radiazione solare viene investita, nella evapotraspirazione, come calore latente e contribuisce solo in minima parte alla variazione del calore sensibile (Damiani, 2024).

Il vapore acqueo, rilasciato attraverso la traspirazione, rappresenta una riserva di energia potenziale disponibile per accelerare l'aria e quindi influenzare i venti, oltre ad evitare pericolosi accumuli di energia negli strati più bassi dell'atmosfera (Makarieva *et al.*, 2013b). Per questo le foreste, in particolare quelle naturali ad elevata complessità, sono un sistema dissipativo, idoneo a impiegare efficacemente l'energia solare in arrivo sulla Terra.

Per l'evapotraspirazione di 1 g di acqua sono necessari 2440 J. Considerando le quantità di acqua traspirate, gli ecosistemi terrestri possono essere considerati gigantesche e silenziose macchine termodinamiche, capaci di utilizzare, sotto forma di calore latente, rilevanti quantitativi di energia. La maggior parte dell'energia non viene convogliata nei processi fotosintetici, ma nell'evapotraspirazione e nel ciclo idrologico (Makarieva *et al.*, 2014).

Gli ecosistemi forestali, nella loro estensione, struttura e composizione naturali, si sono evoluti per circa 480 milioni di anni per attirare l'acqua dagli oceani, distribuirla sulla terraferma, trattenere l'acqua liquida nel suolo e nei tessuti organici e rallentare il fenomeno del deflusso (Gorshkov *et al.*, 2000).

4. RIDUZIONE E SEMPLIFICAZIONE DELLE FORESTE E PERDITA DI EFFICIENZA DELLA POMPA BIOTICA

Le foreste coprono quasi un terzo della superficie terrestre globale e svolgono un ruolo essenziale nella regolazione dei processi idrologici e dei servizi ecologici, come l'approvvigionamento idrico, la purificazione dell'acqua, la mineralizzazione dell'acqua, la biodiversità, il sequestro del carbonio e, grazie allo ione idrogenocarbonato (HCO_3^-), la stabilità del pH degli ecosistemi acquatici. Tuttavia le foreste subiscono una grave ridu-

zione e alterazione in seguito al cambiamento climatico e alla trasformazione antropica dell'uso del suolo per incrementare le attività economiche (espansione agricola e urbanizzazione) (FAO, 2020).

La pioggia dipende, in modo rilevante, dalla copertura forestale. Quando le foreste vengono sostituite da pascoli o colture, l'evapotraspirazione dell'umidità dal suolo e dalla vegetazione spesso diminuisce, determinando una riduzione dell'umidità atmosferica e potenzialmente la diminuzione delle precipitazioni. È stato scoperto che, per più del 60% della superficie terrestre tropicale (latitudini da 30 gradi sud a 30 gradi nord), l'aria che è passata sopra un'estesa vegetazione nei giorni precedenti produce almeno il doppio della pioggia rispetto all'aria che è passata sopra una vegetazione scarsa (Spracklen *et al.*, 2012).

Gli effetti negativi della deforestazione sul ciclo idrologico e del carbonio sono maggiori di quelli positivi conseguenti alle nuove piantagioni (Hou *et al.*, 2023), per questo investire fondi ed energia nel solo rimboschimento, rischia di divenire un semplice palliativo, se non si diminuiscono drasticamente il taglio delle foreste evolute.

In assenza di copertura forestale alta e continua o in presenza di foreste impoverite e semplificate, la Pompa biotica perde di efficacia e il trasporto dell'umidità si limita ad alcune centinaia di km ed è meno costante. Nelle aree con copertura continua di foreste naturali la capacità di trasporto dell'umidità dall'oceano all'interno continua per migliaia di km (Bacino del Rio dell'Amazzoni o nel Bacino del fiume Yenisey, nella Siberia artica o nel bacino del fiume Congo). La riduzione degli ecosistemi forestali naturali ed efficienti, l'impermeabilizzazione del suolo, l'aumento della temperatura, la dispersione dell'acqua, la diminuzione delle risorse idriche nel sot-

tosuolo, aumentano lo squilibrio tra afflussi e deflussi e innescano processi di desertificazione (Makarieva *et al.*, 2006; Makarieva e Gorshkov, 2010).

La deforestazione ha spinto la foresta amazzonica ad una soglia critica di deperimento. Più di tre quarti della foresta pluviale amazzonica ha perso resilienza a partire dai primi anni 2000, perdita misurata, rilevata a distanza, come diminuzione della profondità ottica (*optical depth*) (Boulton *et al.*, 2022).

Il valore medio dell'Indice di area fogliare (LAI), per tutti i biomi combinati, è diminuito significativamente negli anni '90, influenzando su fotosintesi, scambi gassosi e traspirazione (Asner *et al.*, 2003). La sostituzione della copertura forestale naturale con una vegetazione a basso biospazio (altezza del piano delle chiome, profondità degli apparati radicali e superficie delle foreste) e a bassa LAI può portare a una riduzione fino a dieci volte delle precipitazioni continentali medie (Makarieva e Gorshkov, 2007). La riduzione del biospazio forestale si traduce in una minore immissione di acqua per evapotraspirazione e in un aumento del deflusso locale (Calder, 2005).

In conseguenza dell'attuale trend di deforestazione si stimano riduzioni dal 12 al 21% rispettivamente nelle precipitazioni della stagione delle piogge e della stagione secca in tutto il bacino amazzonico entro il 2050, a causa del riciclaggio dell'umidità meno efficiente (Fu *et al.*, 2013; Makarieva *et al.*, 2014).

A tale proposito, basti ricordare i processi degenerativi derivati dalla eliminazione della copertura forestale nel nord Africa, in Australia e in Cina. Le foreste continentali esistenti delle regioni ora desertificate in Australia, Arabia e il Sahara non sono sopravvissute all'eliminazione della zona forestale costiera (Makarieva e Gorshkov, 2010). Processi simili si stanno manifestando nelle regioni del Sahel in seguito alla scomparsa delle foreste costiere negli ultimi 50 anni (Xue

e Shukla, 1993; 1996; Savenije, 1995a; 1995b; 1996; Sheil e Murdiyarso, 2009).

La recente riduzione delle foreste boreali fredde della Russia, a causa di tagli e di disastrosi incendi, ha reso irregolare il flusso di aria umida che alimenta l'Asia centrale (Cazzolla Gatti *et al.*, 2021).

I risultati di una valutazione pantropicale degli impatti della perdita di foreste sulle precipitazioni nel periodo 2003-2017, mostrano che questa ha causato forti riduzioni delle precipitazioni su distanze superiori a 50 km dalla costa (Smith *et al.*, 2023). Il maggiore calo delle precipitazioni si è verificato a 200 km dalla costa, per la quale 1 punto percentuale di perdita di foresta ha ridotto le precipitazioni di circa 0,25 mm al mese. Si stima che la futura deforestazione in Congo ridurrà le precipitazioni locali dell'8-10% entro il 2100. Questo lavoro fornisce un solido argomento a favore della conservazione delle foreste tropicali per sostenere la resilienza climatica regionale. Sempre nel bacino del fiume Congo il cambiamento nell'uso del suolo e la riduzione della vegetazione della foresta pluviale sta cambiando la quantità di pioggia nel periodo primaverile e questo potrebbe influire negativamente sul benessere delle comunità locali e dei raccolti durante il resto dell'anno (Worden *et al.*, 2021).

Un cambiamento, anche piccolo, nella copertura forestale può determinare una modifica sensibile alle precipitazioni; in uno scenario di totale disboscamento della foresta amazzonica le precipitazioni potrebbero essere ridotte fino al 55-70% (Baudena *et al.*, 2021).

In assenza di copertura forestale continua, la forza di trasporto dell'aria umida si esaurisce entro 500-600 km dalla costa. Per questo, in Europa, l'effetto negativo della vasta perdita di copertura forestale a partire dal neolitico, non è stato finora percepito nella sua vera dimensione, dal momento che gran parte del territo-

rio si trova a distanze inferiori (Makarieva *et al.*, 2013b).

Nelle foreste temperate e boreali vi è una stagionalità: in estate le foreste traspirano di più e la pompa biotica ha una forza maggiore rispetto all'inverno. Nelle foreste tropicali non si ha una stasi stagionale, per cui l'attività della pompa biotica è continua (Hesslerová *et al.*, 2007; Makarieva *et al.*, 2009).

I modelli sviluppati indicano che, in conseguenza dell'attuale tasso di deforestazione su larga scala, le precipitazioni in alcune porzioni del pianeta si ridurranno fino al 30% (Spracklen e Garcia-Carreras, 2015), influenzando negativamente il regime delle precipitazioni anche a molta distanza (Ellison *et al.*, 2017) e inducendo un disseccamento a causa della interruzione del flusso di aria umida (Makarieva e Gorshkov, 2010).

Le foreste d'alta quota hanno una speciale capacità di intercettare la nebbia e le goccioline delle nuvole. La condensa sulle superfici delle piante, comprese le dense comunità epifite di licheni e muschi, fornisce ulteriore umidità per la crescita degli alberi. La riduzione e la semplificazione di queste delicate foreste influiscono negativamente su ET, infiltrazione, ricarica delle acque sotterranee e, infine, sul deflusso (Ghazoul e Sheil, 2010).

La diminuzione della capacità attrattiva delle correnti umide verso l'entroterra è correlata anche alla deframmentazione degli habitat e agli incendi boschivi, quest'ultimi conseguenza e causa dell'incremento della siccità e delle temperature (Cantin e Verdère, 2020). Se la deforestazione continuerà con questi ritmi, entro il 2050 la temperatura aumenterà di 1,45°C, rendendo più suscettibili agli incendi e alla siccità vastissime aree del Pianeta (Prevedello *et al.*, 2019).

Una ridotta efficacia della pompa biotica influisce, infine, sul deficit di pressione di vapore atmosferica (VPD - *vapour pressure defi-*

cit), una variabile critica della fotosintesi che ha avuto un forte aumento fino alla fine degli anni '90. La modellistica applicata a questa variabile prevede aumenti continui correlati ad una diminuzione della produzione primaria lorda, guidata dall'aumento della temperatura e dalla diminuzione dell'umidità (Mirabel *et al.*, 2023). Questo determinerà un rallentamento della futura crescita delle foreste e, conseguentemente una minore capacità di risposta alla deforestazione (Yuan *et al.*, 2019).

Alcuni esempi dell'importanza degli scambi energetici superficiali sono stati riportati da Xue e Shukla (1993; 1996) che hanno mostrato come la deforestazione e i cambiamenti di uso del suolo nelle regioni del Mediterraneo e del Sahel possano portare a una riduzione delle precipitazioni e a un conseguente aumento dell'aridità e dei processi di desertificazione.

Alkama e Cescatti (2016) evidenziano che la perdita di foreste influisce non solo su ciclo del carbonio, ma anche sul ciclo dell'acqua e sui flussi di energia. La deforestazione amplifica le variazioni diurne di temperatura (continentalizzazione) e aumenta la temperatura media e massima dell'aria.

L'aumento del calore sulla terraferma, a causa della perdita della copertura forestale e della modifica dell'uso del suolo verso superfici a minore capacità di assorbimento, rischia di influenzare negativamente il flusso di vapore acqueo dall'oceano alla terra e addirittura di invertirlo, richiamando umidità dalla terraferma verso l'oceano, come avviene nelle aree desertiche (Makarieva e Gorshkov, 2010). Ciò può spiegare le crescenti fluttuazioni nel ciclo idrico continentale, comprese siccità e inondazioni, e indica l'importanza, potenzialmente ancora maggiore, per la conservazione delle foreste su larga scala (Makarieva *et al.*, 2022).

La deforestazione influenza il ciclo idrologico dell'atmosfera rendendola più secca e, anche in caso di recupero della vegetazione

forestale, si deve superare un periodo (spesso lungo) nel quale le “nuove foreste”, nella fase di ricrescita, estraendo acqua dal suolo, addirittura possono anche intensificare l'aridità che possa riattivarsi la pompa biotica (Makarieva *et al.*, 2023).

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il Pianeta ha assistito negli ultimi secoli ad una riduzione drastica della copertura forestale. Contestualmente è aumentato l'uso dei combustibili fossili, causa della preoccupante crescita della concentrazione di anidride carbonica e di altri gas serra.

La riduzione ed il frazionamento della copertura forestale, specialmente nelle aree di pianura destinate all'agricoltura, hanno diminuito la funzionalità e l'efficacia della pompa biotica, cioè di quel sistema di attrazione delle correnti umide dagli oceani alle aree interne dei continenti, azionato dalla traspirazione delle foreste. Questa funzionalità è massima nel caso delle foreste naturali che hanno bio-complessità, struttura e composizione frutto di milioni di anni di evoluzione (Makarieva e Gorshkov 2007).

La maggior parte dell'acqua è indisponibile per la vita e quella disponibile proviene quasi tutta dalle foreste. Il trend combinato di aumento della temperatura e riduzione della disponibilità di acqua dolce, produce scenari di preoccupante emergenza nei prossimi anni, ai quali occorre rispondere rapidamente e decisamente, prima che sia raggiunto il punto di non ritorno.

Le foreste complesse, interagendo sul ciclo dell'acqua e sul ciclo energetico, agiscono positivamente sui due fattori a rischio (diminuzione dei serbatoi di acqua dolce disponibile e aumento della temperatura atmosferica), per cui la loro conservazione e restauro sono urgenti

per il raggiungimento degli obiettivi di adattamento, mitigazione e recupero climatico.

Nel considerare il ruolo delle foreste nella risposta al *global change*, si è data molta più enfasi al ciclo del carbonio, mentre si è sottovalutata l'importanza degli ecosistemi naturali come principali regolatori del ciclo dell'acqua e dell'energia. È urgente una inversione di paradigma da un modello prevalentemente basato sulle alterazioni del ciclo del carbonio a uno che consideri gli effetti idrologici e di raffreddamento climatico di alberi e foreste come il primo ordine di priorità (Ellison *et al.*, 2017).

Per rispondere efficacemente al cambiamento climatico e fermare il “disseccamento” della terraferma, occorrono azioni concrete di conservazione delle foreste naturali e, sul lungo periodo, di restauro delle foreste semplificate e frammentate. Occorre assolutamente tenere presente il concetto di “regolazione biotica dell'ambiente”, cioè la capacità degli ecosistemi forestali di influire attivamente e positivamente sui parametri vitali del pianeta. È ormai ampiamente dimostrato che, in condizioni di crescente destabilizzazione climatica, il valore della funzione di regolazione climatica delle foreste e, in particolare, i suoi aspetti legati al ciclo dell'acqua, aumenta rapidamente rispetto alle tradizionali funzioni economiche delle foreste (Makarieva *et al.*, 2020).

Quanto analizzato nel presente lavoro, ci permette di concludere che il ciclo intensivo dell'acqua sulla terra può essere ripristinato solo ripristinando ecosistemi forestali naturali e autosufficienti con un piano delle chiome chiuso, a scala continentale (Makarieva *et al.*, 2006).

Un intenso ciclo idrico terrestre è irrealizzabile senza il recupero di foreste naturali autosufficienti su aree continentali (Hakimovich e Alishovich, 2023). Solo la comunità ecologica naturale possiede l'insieme completo delle proprietà necessarie per controllare efficacemente il ciclo dell'acqua su un determinato

territorio. La semplice piantagione di alberi è una misura inefficace per ripristinare, nei tempi rapidi richiesti dall'emergenza, le complesse funzioni integrative del clima di terra, piante, acqua, oceani e aria in movimento (Makarieva *et al.*, 2013b).

Il Pianeta potrebbe sostenere ulteriori 0,9 miliardi di ettari di foresta continua, per cui il ripristino della copertura forestale su scala globale è, fino ad oggi, una delle soluzioni più efficaci per la riduzione dell'accumulo di anidride carbonica nell'atmosfera e del cambiamento climatico (Bastin *et al.*, 2019), pur tenendo in considerazione le critiche avanzate a questa ipotesi (Friedlingstein *et al.*, 2019).

Appare indispensabile anche una diminuzione del disturbo antropico non solo nelle grandi foreste (Amazzonia, sud-est asiatico, bacino del Congo, aree boreali del nord America e della Russia) ma anche nei boschi locali, troppo spesso oggetto di interventi di utilizzazioni senza regole. In questa linea si dovranno sostenere gli indirizzi mondiali dell'ampliamento delle aree strettamente protette, come proposto dalla strategia UE sulla biodiversità nel 2020 e da Wilson (2016).

Non si può sottovalutare, inoltre, l'urgenza di procedere al restauro delle foreste che hanno subito riduzione della biomassa e della necromassa, compressione delle tridimensionalità e frammentazione, e semplificazione strutturale e compositiva, incidendo negativamente sulla resistenza, resilienza e capacità adattativa (Bottacci, 2020).

Si dovrà portare avanti interventi di deframmentazione delle aree forestali, costituendo ampi corridoi di continuità forestale dalla costa alle aree interne, con particolare attenzione alla conservazione della vegetazione ripariale. A questo scopo si dovrà reperire e indirizzare fondi pubblici, oggi, troppo spesso, utilizzati per interventi alteranti del ciclo del carbonio e dell'acqua.

Il target dovrà essere conservare foreste efficienti, con piano delle chiome chiuse (con continuità spaziale e temporale quanto più integra) e con suolo evoluto e poroso. Occorre massimizzare le azioni di rallentare, distribuire, infiltrare l'acqua meteorica, ravvenare le falde e limitare la percentuale di acqua persa per evaporazione a favore di quella traspirata dalle chiome.

Seguendo questi indirizzi si potrà ripristinare, anche se con tempi lunghi, la pompa biotica nelle aree nelle quali è scomparsa o rallentata, facendo nostro lo slogan *no trees, no water, non trees* (niente alberi, niente acqua, niente alberi).

Come riflessione finale propongo quanto scritto da Sheil (2018): "La vita dipende dall'acqua, mentre l'acqua spesso dipende dalla vita. Comprendere queste dipendenze è fondamentale per garantire la disponibilità affidabile di acqua dolce. Sappiamo che le foreste e gli alberi svolgono un ruolo importante, anche se molti dettagli rimangono dibattuti. In futuro, le foreste dovrebbero essere protette, gestite e piantate, almeno in parte, per il loro ruolo nel sostenere l'acqua atmosferica e tutto ciò che dipende da essa. Molto ora dipende dal miglioramento della nostra comprensione. Gli scienziati forestali e altri biologi hanno un ruolo importante da svolgere."

RIASSUNTO

Il presente è un articolo di *review* sul rapporto tra le foreste e il ciclo dell'acqua, con particolare riguardo al processo indicato come "pompa biotica". Il Pianeta sta assistendo ad un cambiamento globale senza precedenti. Si registra un forte aumento della temperatura ed una diminuzione della disponibilità di acqua dolce.

La deforestazione influisce negativamente sul ciclo dell'acqua, modificando il processo naturale di trasporto a grande distanza dell'aria umida dall'oceano alle aree interne dei continenti. Questo processo, scoperto solo da pochi anni, è stato denominato *pompa biotica*, ed è attivato proprio dalle foreste, specialmente da quelle

naturali. Vengono analizzati i meccanismi di funzionamento di questo processo, la relazione con le foreste naturali e gli effetti negativi della sua alterazione.

BIBLIOGRAFIA

- 2030WRG, 2009 - *2030 Water resources group*. Annual report 2009.
- Alkama R., Cescatti, A., 2016 - *Biophysical climate impacts of recent changes in global forest cover*. Science 351: 600-604; <https://doi.org/10.1126/science.aac8083>
- Asner G.P., Scurlock J.M.O., Hicke J.A., 2003 - *Global synthesis of leaf area index observations: implications for ecological and remote sensing studies*. Global Ecology & Biogeography, 12: 191-205.
- Bastin J.-F., Finegold Y., Garcia C., Mollicone D., Rezende M., Routh D., Zohner C.M., Crowther T.W., 2019 - *The global tree restoration potential*. Science, 365 (6448), 76-79; <https://doi.org/10.1126/science.aax0848>
- Baudena M., Tuinenburg O.A., Ferdinand P.A., Staal A., 2021 - *Effects of land-use change in the Amazon on precipitation are likely underestimated*. Global Change Biology, 27: 5580-5587; <https://doi.org/10.1111/gcb.15810>
- Bottacci A., 2020 - *Lo spazio e il tempo per le foreste resilienti*. L'Italia Forestale e Montana / Italian Journal of Forest and Mountain Environments, 75 (2): 1-12; <https://doi.org/10.4129/ifm.2020.2.02>
- Boulton C.A., Lenton T.M., Boeri N., 2022 - *Pronounced loss of Amazon rainforest resilience since the early 2000s*. Nature climate change, 12 (march 2022): 271-278; <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01287-8>
- Bouman M., 2023 - *Investigating the biotic pump theory. A study on condensation-induced atmospheric dynamics*. MSc thesis, Meteorology and Air Quality (MAQ) Group, Wageningen University: 1-31; <https://edepot.wur.nl/634471>
- Bréda N.J.J., 2008 - *Leaf Area Index*. In: Encyclopedia of Ecology, p. 2148-2154; <https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00849-1>
- Brunet Y., 2020 - *Turbulent flow in plant canopies: historical perspective and overview*. Boundary-Layer Meteorology, 177: 315-364; <https://doi.org/10.1007/s10546-020-00560-7>
- Calder I.R., 2005 - *Blue Revolution: Integrated Land and Water Resources Management*. Routledge; 2. ed., 376 p.
- Cantin G., Verdière N., 2020 - *Networks of forest ecosystems: Mathematical modeling of their biotic pump mechanism and resilience to certain patch deforestation*. Ecol. Complex., 43: 100850; <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2020.100850>
- Cazzolla Gatti R., Velichevskaya A., Dudko A., Fabio L., Notarnicola C., 2021 - *The smokescreen of Russian protected areas*. Science of the total environment, vol. 785; <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147372>
- Ceccarelli T., Giordano F., Luise A., Perini L., Salvati L., 2006 - *La vulnerabilità alla desertificazione in Italia: raccolta, analisi, confronto e verifica delle procedure cartografiche di mappatura e degli indicatori a scala nazionale e locale*. APAT - CRA UCEA Manuali e linee guida, 40; 128 p.
- Centritto M., 2015 - *Siccità, degrado del territorio e desertificazione nel Mondo*. CNR, Intervento del 26/08/2015, EXPO2015, Padiglione Italia, Milano.
- Cimini A., De Fioravante P., Dichicco P., Munafo M. (a cura di), 2023 - *Atlante nazionale del consumo di suolo*. Edizione 2023. ISPRA, p. 1-47.
- Corona P., Ferrari B., Marchetti M., Barbati A., 2006 - *Risorse forestali e rischio di desertificazione in Italia. Standard programmatici di gestione*. Università della Tuscia, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Comitato Nazionale per la Lotta alla Siccità e alla Desertificazione, Roma.
- Damiani G., 2024 - *Per fare l'acqua ci vuole l'albero*. Simbiosi, n. 9: 75-87.
- Eberhardt U., Springgay E., Gutierrez V., Casallas-Ramirez S., Cohen R., 2019 - *Advancing the forest and water nexus - A capacity development facilitation guide*. Rome, FAO, 140 p.; <https://doi.org/10.4060/ca6483en>
- ECA, 2018 - *Combating desertification in the EU: a growing threat in need of more action*. Special report n. 33, European Court of Auditors, Luxembourg. Available from: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR18_33/SR_DESERTIFICATION_EN.pdf
- Ellison D., Morris C.E., Locatelli B., Sheil D., Cohen J., Murdiyarso D. et al., 2017 - *Trees, forests and water: Cool insights for a hot world*. Global environmental change, 43: 51-61.
- FAO, 2020 - *Global Forest Resources Assessment 2020: Main report*. Rome, Italy, 184 p.; <https://doi.org/10.4060/ca9825en>
- FAO, 2022 - *The State of the World's Forests 2022. Forest pathways for green recovery and building inclusive*,

- resilient and sustainable economies*. Rome, FAO; <https://doi.org/10.4060/cb9360en>
- FAO, IUFRO, USDA, 2021 - *A guide to forest-water management*. FAO Forestry Paper No. 185. Rome; <https://doi.org/10.4060/cb6473en>
- Friedlingstein P., Allen M., Canadell J.G., Peters G.P., Seneviratne S.I., 2019 - *Comment on "The global tree restoration potential"*. Science, 366 (6463); <https://doi.org/10.1126/science.aay8060>
- Fritschen L.J., Simpson J.R., 1985 - *Evapotranspiration from forests: measurement and modeling*. In: "The forest-atmosphere interaction" (Hutchison B.A, Hicks B.B eds.). Reidel Publishing Co., Boston, MS, USA, p. 293-308.
- Fu Y., Argus D.F., Freymueller J.T., Heflin M.B., 2013 - *Horizontal motion in elastic response to seasonal loading of rain water in the Amazon Basin and monsoon water in Southeast Asia observed by GPS and inferred from GRACE*. Advancing Earth and Space Sciences, 40 (23): 6048-6053; <https://doi.org/10.1002/2013GL058093>
- Ghazoul J., Sheil D., 2010 - *Tropical rain forest ecology, diversity and conservation*. University Press, Oxford.
- Gimeno L., Nieto R., Vázquez M., Lavers D.A., 2014 - *Atmospheric rivers: a mini-review*. Frontiers in earth science, vol. 2, art. 2: 1-6; <https://doi.org/10.3389/feart.2014.00002>
- Gimeno L., Stohl A., Trigo R.M., Dominguez F., Yoshimura K., Yu L. *et al.*, 2012 - *Oceanic and terrestrial sources of continental precipitation*. Rev. Geophys., 50, RG4003; <https://doi.org/10.1029/2012RG000389>.
- GISTEMP Team, 2023 - *GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP), version 4*. NASA Goddard Institute for Space Studies. Dataset accessed 20YY-MM-DD at <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>
- Gorshkov V.G., Gorshkov V.V., Makarieva A.M., 2000 - *Biotic regulation of environment. Key issue of global change*. Springer-Praxis books in environmental science; 384 p.
- Hakimovich H.H., Alishovich K.B., 2023 - *The importance of reforestation in preventing desertification*. Intent Research Scientific Journal, 2.7: 23-29.
- Hallquist M., Wenger J.C., Baltensperger U., Rudich Y., Simpson D., Claeys M. *et al.*, 2009 - *The formation, properties and impact of secondary organic aerosol: current and emerging issues*. Atmos. Chem. Phys., 9: 5155-5236; <https://doi.org/10.5194/acp-9-5155-2009>
- Hansen F.V., 1993 - *Surface roughness lengths*. Army Research Laboratory TR-61, 51 p.
- Hesslerová P., Pokorný J., Huryna H., Harper D., 2019 - *Wetlands and forests regulate climate via evapotranspiration*. In: Wetlands: Ecosystem Services, Restoration and Wise Use. Shuqing An & Jos T.A. Verhoeven Eds.; Springer Nature Switzerland AG 2019. Cham, Switzerland, p. 63-93.
- Hoekstra A.Y., Chapagain A.K., 2007 - *Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern*. In: Craswell E., Bonnell M., Bossio D., Demuth S., Van De Giesen N. (Eds.), Integrated Assessment of Water Resources and Global Change. Springer, Dordrecht; https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5591-1_3.
- Hou Y., Wei X., Zhang M., Creed I.F., McNulty S.G., Ferraz S.F.B., 2023 - *A global synthesis of hydrological sensitivities to deforestation and forestation*. Forest Ecology and Management, 529 12071; <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120718>
- Huang J., Zhang G., Zhang Y., Guan X., Wei Y., Guo R., 2020 - *Global desertification vulnerability to climate change and human activities*. Land degradation & Development, 31 (11): 1380-1391; <https://doi.org/10.1002/ldr.3556>
- Iovino F., Borghetti M., Veltri A., 2009 - *Foreste e ciclo dell'acqua*. Forest@, 6: 256-273.
- IPCC, 2021 - *Summary for Policymakers*. In: V. Masson-Delmotte *et al.* (Eds.), - Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC, 2022 - *Summary for Policymakers*. In: Shukla P. *et al.* (Eds.) - Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA; <https://doi.org/10.1017/9781009157926.001>
- Jaramillo A., Mesa J., Raymond D.J., 2018 - *Is condensation-induced atmospheric dynamics a new theory of the origin of the winds?* J. Atmos. Sci., 75: 3305-3312; <https://doi.org/10.1175/JAS-D-17-0293.1>
- Jasechko S., Sharp Z., Gibson J.J., Birks J.S., Yi Y., Fawcett P.J., 2013 - *Terrestrial water fluxes dominated by transpiration*. Nature, 496: 347-350; <https://doi.org/10.1038/nature11983>
- Kaczan D.J., Orgill-Meyer J., 2020 - *The impact of climate change on migration: a synthesis of recent empirical insights*. Climatic Change, 158: 281-300; <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02560-0>

- Kelley C.P., Mohtadi S., Cane M.A., Seager R., Kushnir Y., 2015 - *Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought*. PNAS, 112 (11): 3241-3246; <https://doi.org/10.1073/pnas.1421533112>
- Kravčík M., Pokorný J., Kohutiar J., Kováč M., Tóth E., 2007 - *Water for the Recovery of the Climate - A New Water Paradigm*. Krupa Print, Žilina.
- Kravčík M., Pokorný J., Kohutiar J., Kováč M., Tóth E., 2021 - *L'acqua per il recupero del clima*. Un nuovo paradigma dell'acqua. Biologia Ambientale, vol. 35, 1° suppl., 123 p.; <https://doi.org/10.30463/ao211.008>
- Makarieva A.M., Nefiodov A.V., Nobre A.D., Sheil D., Nobre P., Pokorný J., Hesslerová P., Li B.-L., 2022 - *Vegetation impact on atmospheric moisture transport under increasing land-ocean temperature contrasts*. Heliyon, 8, e11173: 1-12; <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11173>
- Makarieva A.M., Gorshkov V.G., 2007 - *Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land*. Hydrol. Earth Syst. Sci., 11: 1013-1033; <https://doi.org/10.5194/hess-11-1013-2007>
- Makarieva A.M., Gorshkov V.G., 2009 - *Condensation-induced dynamic gas fluxes in a mixture of condensable and non-condensable gases*. Physics Letters A, 373 (32): 2801-2804; <https://doi.org/10.1016/j.physleta.2009.05.057>
- Makarieva A.M., Gorshkov V.G., 2010 - *The biotic pump: condensation, atmospheric dynamics and climate*. International Journal of Water, 5 (4): 365-385; <https://doi.org/10.1504/IJW.2010.038729>
- Makarieva A.M., Gorshkov V.G., Li B.-L., 2006 - *Conservation of water cycle on land via restoration of natural closed-canopy forests: implications for regional landscape planning*. Ecol. Res., 21: 897-906; <https://doi.org/10.1007/s11284-006-0036-6>
- Makarieva A.M., Gorshkov V.G., Li B.-L., 2009 - *Precipitation on land versus distance from the ocean: Evidence for a forest pump of atmospheric moisture*. Ecological Complexity, 6 (3): 302-307; <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2008.11.004>
- Makarieva A.M., Gorshkov V.G., Li B.-L., 2013b - *Revisiting forest impact on atmospheric water vapor transport and precipitation*. Theor. Appl. Climatol., 111: 79-96; <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0643-9>
- Makarieva A.M., Gorshkov V.G., Nobre A.D., Nefiodov A.V., Sheil D., Nobre P., Li B.-L., 2019 - *Commenti su "La dinamica atmosferica indotta dalla condensazione è una nuova teoria dell'origine dei venti?"*. Giornale delle scienze atmosferiche, 76: 2181-2185; <https://doi.org/10.1175/JAS-D-18-0358.1>
- Makarieva A.M., Gorshkov V.G., Sheil D., Nobre A.D., Bunyard P., Li B.-L., 2014 - *Why does air passage over forest yield more rain? Examining the coupling between rainfall, pressure, and atmospheric moisture content*. Journal of Hydrometeorology, 15 (1): 411-426; <https://doi.org/10.1175/JHM-D-12-0190.1>
- Makarieva A.M., Gorshkov V.G., Sheil D., Nobre A.D., Li B.-L., 2013a - *Where do winds come from? A new theory on how water vapor condensation influences atmospheric pressure and dynamics*. Atmospheric Chemistry and Physics, 13 (2): 1039-1056; <https://doi.org/10.5194/acp-13-1039-2013>
- Makarieva A.M., Nefiodov A.V., Li B.-L., 2020 - *Life's Energy and Information: Contrasting Evolution of Volume- versus Surface-Specific Rates of Energy Consumption*. Entropy, 22 (9): 1025; <https://doi.org/10.3390/e22091025>
- Makarieva A.M., Nefiodov A.V., Nobre A.D., Baudena M., Bardi U., Sheil D., Saleska S.R., Molina R.D., Rammig A., 2023 - *The role of ecosystem transpiration in creating alternate moisture regimes by influencing atmospheric moisture convergence*. Global Change Biology, 29 (9): 2536-2556; <https://doi.org/10.1111/gcb.16644>
- Marango J.A., Soares, W.R., Saulo C., Nicolini, M., 2004 - *Climatology of the low-level jet East of the Andes derived from NCEP-NCAR reanalyses: Characteristics and temporal variability*. Journal of Climate, 17 (12): 2261-2280.
- Marango J.A., Douglas M.W., Silva Dias P.L., 2002 - *The South American low-level jet east of the Andes during the 1999 LBA-TRMM and LBA-WET AMC campaign*. Journal of Geophysical Research, 107, D20, 8079; <https://doi.org/10.1029/2001JD001188>
- MEA., 2005 - *A Report of the Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being*. Island Press, Washington DC.
- Mirabel A., Girardin M.P., Metsaranta J., Way D., Reich P.B., 2023 - *Increasing atmospheric dryness reduces boreal forest tree growth*. Nat. Commun., 14, 6901; <https://doi.org/10.1038/s41467-023-42466-1>
- Munafò M. (a cura di), 2023 - *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. Edizione 2023. Report SNPA 37/23.
- Newell R.E., Newell N.E., Zhu Y., Scott C., 1992 - *Tropospheric rivers? A pilot study*. Geophysical Research Letters, 19 (24): 2401-2404; <https://doi.org/10.1029/92GL02916>

- Padròn R.S., Gudmundsson L., Decharme B., Ducharme A., Lawrence D.M., Mao J., Peano D., Krinner G., Kim H., Serevinatne S.I., 2020 - *Observed changes in dry-season water availability attributed to human-induced climate change*. *Nature Geoscience*, 13: 477-481.
- Papa Francesco, 2023 - *Laudate Deum. Esortazione apostolica del 4 ottobre 2023*.
- Pearce F., 2020 - *Water makers*. *Science*, 368 (6497): 1302-1305; <https://doi.org/10.1126/science.368.6497.1302>
- Právělie R., Patriche C., Bandoc G., 2017 - *Quantification of land degradation sensitivity areas in Southern and Central Southeastern Europe. New results based on improving DISMED methodology with new climate data*. *Catena*, 158: 309-320; <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.07.006>
- Prevedello J.A., Winck G.R., Weber M.M., Nichols E., Sinervo B., 2019 - *Impacts of forestation and deforestation on local temperature across the globe*. *PLoS ONE*, 14 (3): e0213368; <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213368>
- Salati E., Vose P.B., 1984 - *Amazon basin: a system in equilibrium*. *Science*, 225 (4658): 129-138; <https://doi.org/10.1126/science.225.4658.129>
- Salati E., Dall'Olio A., Matsui E., Gat J.R., 1979 - *Recycling of water in the Amazon Basin: An isotopic study*. *Water Resour. Res.*, 15: 1250-1258; <https://doi.org/10.1029/WR015i005p01250>
- Savenije H.H.G., 1995a - *New definitions for moisture recycling and the relationship with land-use changes in the Sahel*. *Journal of Hydrology*, 167 (1-4): 57-78.
- Savenije H.H.G., 1995b - *Does moisture feedback affect rainfall significantly?* *Physics and Chemistry of the Earth*, 20 (5-6): 507-513; [https://doi.org/10.1016/S0079-1946\(96\)00014-6](https://doi.org/10.1016/S0079-1946(96)00014-6)
- Savenije H.H.G., 1996 - *The runoff coefficient as the key to moisture recycling*. *Journal of Hydrology*, 176 (1-4): 219-225; [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(95\)02776-9](https://doi.org/10.1016/0022-1694(95)02776-9)
- Sheil D., 2018 - *Forests, atmospheric water and an uncertain future: the new biology of the global water cycle*. *For. Ecosyst.*, 5, 19; <https://doi.org/10.1186/s40663-018-0138-y>
- Sheil D., Murdiyarso D., 2009 - *How forests attract rain: an examination of a new hypothesis*. *BioScience*, 59 (4): 341-347; <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.4.12>
- Simard S.W., Beiler K.J., Bingham M.A., Deslippe J.R., Philip L.J., Teste F.P., 2012 - *Mycorrhizal networks: mechanisms, ecology and modelling*. *Fungal Biology Reviews*, 26 (1): 39-60.
- Simard S.W., Durall D.M., 2004 - *Mycorrhizal networks: a review of their extent, function, and importance*. *Canadian Journal of Botany*, 82 (8); <https://doi.org/10.1139/b04-116>
- Smith, C., Baker, J.C.A., Spracklen, D.V., 2023 - *Tropical deforestation causes large reductions in observed precipitation*. *Nature*, 615: 270-275; <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05690-1>
- Spracklen D.V., Arnold S.R., Taylor C., 2012 - *Observations of increased tropical rainfall preceded by air passage over forests*. *Nature*, 489: 282-285; <https://doi.org/10.1038/nature11390>
- Spracklen D.V., Garcia-Carreras L., 2015 - *The impact of Amazonian deforestation on Amazon basin rainfall*. *Geophys. Res. Lett.*, 4; <https://doi.org/10.1002/2015GL066063>
- Tao F., Chen Y., Fu B., 2020 - *Impacts of climate and vegetation leaf area index changes on global terrestrial water storage from 2002 to 2016*. *Science of the Total Environment*, vol. 724; <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138298>
- van der Ent R.J., Wang-Erlandsson L., Keys P.W., Savenije H.H.G., 2014 - *Contrasting roles of interception and transpiration in the hydrological cycle - Part 2: Moisture recycling*. *Earth Syst. Dynam.*, 5: 471-489; <https://doi.org/10.5194/esd-5-471-2014>, 2014
- van der Ent R.J., Savenije H.H.G., Schaeffli B., Steele-Dunne S.C., 2010 - *Origin and fate of atmospheric moisture over continents*. *Water Resour. Res.*, 46 (9); <https://doi.org/10.1029/2010WR009127>
- Vinod N., Slot M., McGregor I., Ordway E.M., Smith M.N., Taylor T.C. et al., 2022 - *Thermal sensitivity across forest vertical profiles: patterns, mechanisms, and ecological implications*. *New Phytologist*, 237 (1); <https://doi.org/10.1111/nph.18539>
- Wei X., Li Q., Zhang M., Giles-Hansen K., Liu W., Fan H., Wang Y., Zhou G., Piao S., Liu S., 2017 - *Vegetation cover - another dominant factor in determining global water resources in forested regions*. *Glob Chang Biol.*, 24 (2): 786-795; <https://doi.org/10.1111/gcb.13983>
- Wilson E.O., 2016 - *Half-Earth. Our Planet's Fight for Life*. Liveright Publishing Corporation, a division of W.W. Norton & Company, New York, N.Y.
- Worden S., Fu R., Chakraborty S., Liu J., Worden J., 2021 - *Where does moisture come from over the Congo basin?* *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 126 (8); <https://doi.org/10.1029/2020JG006024>
- Xue Y., Shukla J., 1993 - *The influence of land surface*

- properties on Sahel climate: Part 1: Desertification*. J. Climate, 6: 2232-2245.
- Xue Y., Shukla J., 1996 - *The influence of land surface properties on Sahel climate. Part 2: Afforestation*. J. Climate, 9 (12): 3260-3275; [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1996\)009<3260:TIOLSP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1996)009<3260:TIOLSP>2.0.CO;2)
- Yuan W., Zheng Y., Piao S., Ciais P., Lombardozzi D., Wang Y. *et al.*, 2019 - *Increased atmospheric vapor pressure deficit reduces global vegetation growth*. Sciences Advances, 5 (8): 1-12; <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax1396>
- Zhao D.F., Bucholz A., Tillmann R., Kleist E., Wu C., Rubach F. *et al.*, 2017 - *Environmental conditions regulate the impact of plants on cloud formation*. Nature Communications, 8 article n. 14067; <https://doi.org/10.1038/ncomms14067>
- Zhou Y., Sun X., Zhu Z., Zhang R., Tian J., Liu Y., Yuan G., 2006 - *Surface roughness length dynamic over several different surfaces and its effects on modeling fluxes*. Sci China Ser D, 49 (Suppl. 2): 262-272; <https://doi.org/10.1007/s11430-006-8262-x>



MORENO MORALDI (2024) - *Vivaistica forestale - Conoscerla per praticarla con successo*. Compagnia delle Foreste (Collana I Manuali). 221 pagine; ISBN 978-88-98850-49-5; € 22,00.

Chi insegna oggi il “mestiere” di vivaista forestale? A questa domanda, tutt'altro che semplice, prova a dare risposta l'autore, Moreno Moraldi, con questo manuale, rivolto soprattutto agli appassionati e a coloro che sono interessati alla produzione professionale di piante forestali e che troveranno in questo scritto preziose e utili informazioni. L'autore dopo un interessante excursus storico sull'attività della vivaistica forestale suddivide, come in ogni manuale che si rispetti, gli argomenti trattati in diciassette punti, che affrontano i vari step operativi da seguire all'interno della filiera del postime forestale. Il contenuto del libro è un completo insieme di informazioni teoriche e tecnico-pratiche riguardanti l'attività vivaistica forestale che vanno dalla raccolta dei semi, alla produzione e conservazione, mettendo in evidenza anche l'importanza degli aspetti

della tracciabilità del prodotto, della commercializzazione e della conformità, con utili riferimenti legislativi. Interessanti sono anche il capitolo dedicato alla meccanizzazione dei vivai forestali, quello che tratta delle avversità delle piante in vivaio e i capitoli che fanno riferimento alle cure, dall'irrigazione agli elementi nutritivi e biostimolanti.

Leggendo il libro si comprende che c'era la necessità di un manuale didattico-formativo di questo tipo proprio perché oggi il rilancio legato ai vari programmi di piantagione su larga scala e di ripristino ambientale richiedono l'attenzione di nuovi professionisti nel campo della vivaistica forestale che indubbiamente negli ultimi decenni è stata trascurata e merita invece di essere rivalutata.

L'autore ha voluto mettere a disposizione in questo libro la sua preparazione e competenza con l'auspicio di provare ad insegnare un mestiere... appunto, quello di vivaista forestale.

CHIARA LISA

L'ITALIA FORESTALE E MONTANA

ANNO LXXIX - MAGGIO-GIUGNO 2024 - N. 3

EDITORIAL - SPECIAL SECTION / EDITORIALE - SEZIONE SPECIALE

Inaugurazione del 73° Anno accademico dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali

- Relazione del Presidente sull'attività dell'Accademia	91
- <i>Susanna Nocentini</i> - Nature and Forest management	99
- Natura e gestione forestale	117

REVIEW

Alessandro Bottacci

Foreste e ciclo dell'acqua: la pompa biotica	135
<i>Forest and water cycle: the biotic pump</i>	

NEWS AND BOOK REVIEWS / NOTIZIARIO E RECENSIONI	155
---	-----

ISSN 0021-2776

