



L'ITALIA FORESTALE E MONTANA

RIVISTA SCIENTIFICA

Edita dall'Accademia Italiana di Scienze Forestali

ANNO LXXX GENNAIO-MARZO 2025 - N. 1



ITALIAN JOURNAL OF FOREST AND MOUNTAIN ENVIRONMENTS

Published by the Italian Academy of Forest Sciences



L'ITALIA FORESTALE E MONTANA

RIVISTA SCIENTIFICA

Edita dall'Accademia Italiana di Scienze Forestali

ANNO LXXX - GENNAIO/MARZO 2025 - N.1

ITALIAN JOURNAL OF FOREST AND MOUNTAIN ENVIRONMENTS

Published by the Italian Academy of Forest Sciences

L'ITALIA FORESTALE E MONTANA

Italian Journal of Forest and Mountain Environments

ISSN 0021-2776 (stampa) - 2036-3494 (online)

Editore



Accademia Italiana di Scienze Forestali
Piazza T.A. Edison 11 - 50133 Firenze
Telefono 055 570348
Email info@aisf.it
Web www.aisf.it

Direttore

Susanna Nocentini

Vicedirettori

Davide Travaglini

Diritto forestale e ambientale

Federico Roggero

Comitato editoriale

Andrea Battisti, Gherardo Chirici, Elena Paoletti, Luigi Portoghesi, Sandro Sacchelli

Forest and Environmental Law - Diritto forestale e ambientale

Michael Cardwell, Nicoletta Ferrucci, Alfredo Moliterni, Christopher Rodgers

Comitato scientifico consultivo

Mariagrazia Agrimi, Naldo Anselmi, Giovanni Argenti, Annemarie Bastrup-Birk, Marco Borghetti, Giovanni Bovio, Filippo Brun, Maria Giulia Cantiani, Raffaele Cavalli, Giacomo Certini, Piermaria Corona, Antonino D'Ippolito, Paolo De Angelis, Giovanbattista De Dato, Giovanni Di Matteo, Lorenzo Fattorini, Marco Fioravanti, Sara Franceschi, Raffaello Giannini, Francesco Iovino, Andrea Laschi, Federico Maetzke, Federico Magnani, Marco Marchetti, Enrico Marchi, Maurizio Marchi, Giorgio Matteucci, Christian Messier, Renzo Motta, Paolo Nanni, Donatella Paffetti, Davide Pettenella, Caterina Pisani, Enrico Pompei, Andrea R. Proto, Giuseppe Scarascia Mugnozza, Giovanni Sanesi, Federico Selvi, Roberto Scotti, Riccardo Valentini

Segreteria editoriale

Chiara Lisa, Giovanna Puccioni



© 2025 Author(s)

Content license: except where otherwise noted, the present work is released under Creative Commons Attribution 4.0 International license (CC BY 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>). This license allows you to share any part of the work by any means and format, modify it for any purpose, including commercial, as long as appropriate credit is given to the author, any changes made to the work are indicated and a URL link is provided to the license.

Metadata license: all the metadata are released under the Public Domain Dedication license (CC0 1.0 Universal: <https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/legalcode>)



Un nuovo spazio della Rivista dedicato alla riflessione giuridica sulla conservazione e la gestione sostenibile delle foreste

A partire da questo numero la Rivista si arricchisce di una Sezione dedicata alla pubblicazione di contributi relativi al Diritto forestale e ambientale. Si rinnova così una tradizione editoriale che fin dalla fondazione della Rivista ha ospitato interventi di illustri giuristi che hanno contribuito a far conoscere l'importanza del Diritto forestale, evidenziandone le radici nella storia, nel costume delle classi rurali e nell'ordinamento fondiario strutturato dalle civiltà locali.

L'Accademia Italiana di Scienze Forestali ha sempre avuto un interesse particolare per gli sviluppi della legislazione forestale. Già nel 1966 il primo Presidente e fondatore dell'Accademia, Generoso Patrone, istituì una Commissione che elaborò una proposta di “Legge per la tutela del suolo e del bosco e per la protezione della natura”. Ai lavori avevano collaborato, oltre a studiosi e tecnici forestali, due illustri giuristi quali Carlo Frassoldati e Enzo Capaccioli e la relazione introduttiva fu scritta dallo stesso Patrone. Quasi venti anni dopo, nel 1984, venne pubblicato uno “Studio di una legge cornice per la tutela dei boschi, dei pascoli montani e dei terreni soggetti a dissesto idrogeologico”, che affrontava i nuovi problemi nati dall'avvenuto trasferimento alle Regio-

ni delle competenze in materia di agricoltura e foreste.

Nel 2001, infine, su affidamento della Direzione Generale delle Risorse Forestali, Montane e Idriche del Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, fu elaborata e pubblicata una Proposta di Legge quadro forestale. Questa proposta, a differenza delle precedenti che non avevano trovato riscontro in Parlamento, fu tradotta nel decreto legislativo 18 maggio 2001 n. 227 “Orientamento e modernizzazione del settore forestale”, che, oltre a rappresentare il primo provvedimento legislativo per una revisione complessiva dell'ordinamento forestale italiano dopo la Legge Serpieri del 1923, conteneva alcune importanti novità.¹

Il quadro istituzionale che caratterizza tutto ciò che concerne le foreste e l'ambiente è molto complesso, perché deve cogliere le peculiarità e le interazioni fra il Diritto internazionale, dell'Unione Europea, nazionale e regionale, tenendo conto delle molte e diverse sfaccettature della multifunzionalità del bosco: ambientale, paesaggistica, produttiva, culturale e sociale.

Oggi appare quindi quanto mai opportuno offrire ai lettori e al mondo della ricerca uno spazio per la conoscenza e la riflessione giuridica intorno alla gestione forestale sostenibile,

¹ Ciano O., Nocentini S., 2001 (a cura di) - *Proposta di legge quadro forestale*. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, 268 p. <https://www.aisf.it/wp-content/uploads/2014/02/legge-quadro.pdf>

concetto centrale attorno al quale ruotano gli strumenti normativi di *Hard* e *Soft Law* che disciplinano la materia.

I temi di interesse sono molteplici, tra questi l'equilibrio fra le attività forestali e la conservazione della natura a livello di proprietà pubblica e privata, le innovative forme di partnership pubblico-privato per la valorizzazione delle molteplici utilità ecosistemiche, l'armonizzazione delle politiche forestali nazionali con le convenzioni internazionali e i regolamenti EU, la disciplina degli incentivi per l'imboschimento, il rimboschimento e l'uso sostenibile del territorio, la definizione e la regolamentazione del ruolo delle foreste nella vita rurale e nello sviluppo socio-economico. Ma allo stesso tempo emergono con forza aspetti nuovi, come la bioetica e il riconoscimento giuridico dei diritti delle foreste e dell'ambiente. La nuova Sezione si propone quindi come luogo di dibattito per tutti coloro che a diverso titolo si occupano di Diritto forestale ed ambientale anche sotto il profilo etico e sociale.

In linea con la politica editoriale della Rivista, la Sezione ospita contributi originali di ricerca e review sottoposti a revisione dai massimi esperti del settore. Verranno altresì segnalate, commentate e annotate le principali novità normative che emergono nel quadro internazionale, europeo e nazionale, nonché le decisioni giurisprudenziali più significative per il settore.

L'avvio della Sezione di Diritto forestale e ambientale coincide con una riorganizzazione della squadra editoriale della Rivista, per renderla più efficiente dal punto di vista operativo, ma avendo sempre come obiettivo prioritario la qualità scientifica e culturale. Desidero qui ringraziare tutte le colleghe e i colleghi che hanno accettato di far parte di questa rinnovata squadra, nella speranza di contribuire al progresso delle scienze forestali e a una sempre più consapevole attenzione verso le foreste e il loro fondamentale ruolo per il benessere collettivo.

SUSANNA NOCENTINI



A new Section of the Journal dedicated to Forest and Environmental Law

Starting with this issue, the Journal opens a section dedicated to the publication of articles on forest and environmental law. This renews an editorial tradition which, since the Journal's foundation, has hosted illustrious jurists who have contributed to raising awareness of the importance of forest law, highlighting its roots in history, in the customs of the rural classes and in the land system structured by local societies.

The Italian Academy of Forestry Sciences has always been particularly interested in the development of forestry legislation. As early as 1966, the first president and founder of the Academy, Generoso Patrone, set up a commission to draft a proposal for a “Law for the Protection of Soil and Forests and for the Protection of Nature”. In addition to forestry scientists and technicians, two eminent jurists, Carlo Frassoldati and Enzo Capaccioli, collaborated on the work, and the introductory report was written by Patrone himself. Almost twenty years later, in 1984, a “Study for a framework law for the protection of forests, mountain pastures and areas subject to hydrogeological instability” was published, which dealt with the new problems that had arisen since the transfer of responsibilities for agriculture and forestry to the Regions.

Finally, in 2001, at the request of the General Directorate of Forests, Mountain and Water

Resources of the Ministry of Agriculture and Forestry, a proposal for a forestry framework law was drafted and published. This proposal, unlike the previous ones that had not found a response in Parliament, was translated into the Legislative Decree No. 227 of May 18, 2001, “Orientation and Modernization of the Forestry Sector”, which, in addition to being the first legislative measure for a comprehensive revision of the Italian forestry system since the Serpieri Law of 1923, contained some important innovations.¹

The institutional framework that characterizes everything related to forests and the environment is very complex, because it must capture the peculiarities and interactions between International, European Union and national Law, taking into account the many different facets of the multifunctionality of the forest: environmental, landscape, productive, cultural and social.

Today, therefore, it seems more appropriate than ever to offer readers and researchers a space for knowledge and legal reflection on sustainable forest management, a central concept around which the hard and soft law regulatory instruments governing the subject revolve.

There are many topics of interest, such as the balance between forestry activities and nature

¹ Ciano O., Nocentini S., 2001 (a cura di) - *Proposta di legge quadro forestale*. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, 268 p. <https://www.aisf.it/wp-content/uploads/2014/02/legge-quadro.pdf>

conservation at the level of public and private property, innovative forms of public-private partnerships for the enhancement of multiple ecosystem benefits, the harmonization of national forest policies with international conventions and EU regulations, the regulation of incentives for afforestation, reforestation and sustainable land use, and the definition and regulation of the role of forests in rural life and socio-economic development.

At the same time, new aspects such as bioethics and the legal recognition of the rights of forests and the environment are strongly emerging. Thus the new Section aims to be a place of debate for all those who, in different capacities, are concerned with forest and environmental law, also from an ethical and social point of view.

In line with the editorial policy of the Journal, the Section hosts reviews and original re-

search papers, reviewed by leading experts in the sector. The main regulatory innovations emerging in the international, European and national framework will also be reported, commented and noted, as well as the most significant jurisprudential decisions for the sector.

The launch of the Forest and Environmental Law Section coincides with a reorganization of the editorial team of the Journal to make it more efficient from an operational point of view, but always with the primary objective of scientific and cultural quality. I would like to thank all the colleagues who have agreed to be part of this renewed team, in the hope of contributing to the progress of forest sciences and to an increased attention to forests and their fundamental role for the collective well-being.

SUSANNA NOCENTINI



FO₃X (Ozone FACE - Free Air Controlled Exposure): An innovative infrastructure for a realistic assessment of the impact of tropospheric ozone on vegetation

FO₃X (Ozone FACE - Free-Air Controlled Exposure): un'infrastruttura innovativa per una valutazione realistica dell'impatto dell'ozono troposferico sulla vegetazione

Leonardo Lazzara ^(a) - Elena Marra ^{(a)(*)} - Barbara Baesso Moura ^{(a)(b)} - Jacopo Manzini ^{(a)(c)}
Andrea Viviano ^{(a)(c)} - Cesare Garosi ^(a) - Yasutomo Hoshika ^{(a)(b)} - Elena Paoletti ^{(a)(b)}

^(a) Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri (IRET), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Via Madonna del Piano 10, 50019 Sesto Fiorentino, Italia.

^(b) National Biodiversity Future Center (NBFC), Palermo 90133, Italia.

^(c) Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI), Università degli Studi di Firenze, Piazzale delle Cascine 18, 50144 Firenze, Italia.

^(*) Corresponding author; elena.marra@cnr.it

Abstract: Tropospheric ozone (O₃) is an oxidative air pollutant causing a significant negative effect on forest species. Therefore, it is essential to develop exposure systems that can provide realistic estimates of plant responses to O₃ under real world conditions. This article focuses on an O₃ Free-Air Controlled Exposure (FACE) system developed in Italy (FO₃X facility). Since 2015, the FO₃X has been running as a last generation O₃ FACE facility at the CNR experimental garden in central Italy, which is a unique facility in Mediterranean Europe within the AnaEE (Analysis and Experimentation on Ecosystems) European research infrastructure. This facility allows the exposure of plants to three levels of O₃ concentrations (ambient, 1.5- and 2.0-times ambient concentration), with main environmental variables continuously monitored. This paper also introduces the five modern O₃ FACE facilities for plant species currently running in the world and a further technological development with perspective for climate change studies.

Key words: tropospheric ozone; ozone FACE; forest health; technological development.

Citation: Lazzara L., Marra E., Moura B.B., Manzini J., Viviano A., Garosi C., Hoshika Y., Paoletti E., 2025 - FO₃X (Ozone FACE - Free-Air Controlled Exposure): Un'infrastruttura innovativa per una valutazione realistica dell'impatto dell'ozono troposferico sulla vegetazione. L'Italia Forestale e Montana, 80 (1): 7-22; <https://dx.doi.org/10.36253/ifm-1155>

Received: 05/12/2024 **Revised version:** 11/03/2025 **Published online:** 06/05/2025

1. INTRODUZIONE

L'ozono troposferico (O₃), oltre ad esse-

re un gas serra (Ainsworth *et al.*, 2012), è un inquinante atmosferico stagionale fortemente connesso con il cambiamento climatico (Ste-

venson *et al.*, 2005; De Marco *et al.*, 2022). In presenza di luce solare, si innescano reazioni fotochimiche tra ossidi di azoto (NO_x), composti organici volatili (COV) e monossido di carbonio (CO) che portano alla formazione di O_3 (Paoletti, 2007). Inoltre, l'aumento della temperatura e della radiazione solare, nonché il rilascio dei precursori a causa delle attività antropiche, favoriscono l'aumento delle concentrazioni atmosferiche di O_3 . Alte concentrazioni di O_3 si ritrovano nell'area Mediterranea in particolare durante la stagione estiva, quando le condizioni climatiche sono più stabili e caratterizzate da un'intensa esposizione solare con elevate e persistenti temperature (Paoletti, 2006). In particolare, le concentrazioni di O_3 in Italia continuano a superare il livello standard stabilito nella comunità Europea (40 ppb), e l'impatto di questo inquinante ha un'incidenza maggiore nelle zone prealpine e montane a causa della facilità di spostamento dei precursori (Paoletti *et al.*, 2022). Questo inquinante secondario, oltre ad essere dannoso per la salute umana, risulta essere un importante fattore di stress abiotico per le specie vegetali forestali provocando effetti negativi evidenti sulla fisiologia, la biochimica e la morfologia fogliare (Chappelka e Samuelson, 1998; Paoletti *et al.*, 2022). Le alterazioni nei processi di scambio gassoso indotte dall' O_3 causano un disaccoppiamento tra fotosintesi e conduttanza stomatica (Paoletti e Manning, 2007), con conseguenti cambiamenti funzionali negli stomi delle piante, sia in latifoglie che in conifere (Larsen *et al.*, 1990; Tognetti *et al.*, 2004; Contrana e Paoletti, 2007). L'azione fitotossica dell' O_3 comporta una ridotta assimilazione del carbonio ed un cambiamento nella riallocazione delle risorse nutritive, maggiormente indirizzate verso i meccanismi di difesa antiossidante a scapito della crescita (Fiscus *et al.*, 2005). Le principali conseguenze possono essere riassunte in una riduzione della

copertura fogliare, causata da defogliazione e anomalie morfologiche, dell'accrescimento radiale e della produttività, influenzando negativamente sia la resa delle colture agrarie che la biomassa delle foreste (Paoletti *et al.*, 2022). In particolare, i sintomi visibili sulle foglie, pur essendo specie-specifici, si presentano come diverse tipologie di punteggiature e bronzature, e risultano essere indicatori chiave per monitorare l'inquinamento da O_3 e valutare il rischio per gli ecosistemi forestali europei (Moura *et al.*, 2022).

Questi sintomi sono confermati da osservazioni sul campo e possono essere riprodotti tramite esperimenti. Solitamente la simulazione sperimentale dell'esposizione all' O_3 viene effettuata mediante l'utilizzo di camere chiuse o *closed chamber* (inclusi fitotroni, serre e camere di crescita), camere a tetto aperto o *open top* (Bortier *et al.*, 2000, Novak *et al.*, 2007), o fumigazione in aria libera e controllata (Mattysek *et al.*, 2007). La maggior parte degli esperimenti vengono eseguiti in queste condizioni, sebbene le camere non rappresentino fedelmente le condizioni reali di campo (luce, temperatura, precipitazioni, umidità dell'aria e ventilazione rispetto all'aria ambiente) (Paoletti, 2007). Inoltre, queste strutture hanno generalmente dimensioni limitate, per cui sono in grado di ospitare solo piante giovani, spesso in vaso (McLeod e Long, 1999). Queste metodologie sono più adatte per studiare i meccanismi di funzionamento della pianta, ma possono generare valutazioni fuorvianti del rischio da O_3 .

Negli anni '90 sono stati sviluppati invece i primi sistemi *Free Air Controlled Enrichment* (FACE) per simulare elevate concentrazioni atmosferiche di anidride carbonica (CO_2), ed il loro utilizzo è cresciuto significativamente già nel decennio successivo (Hendrey *et al.*, 1993). I sistemi FACE utilizzano tecniche sperimentali atte a valutare gli effetti dell'aumento delle concentrazioni di gas inquinanti atmosferici su

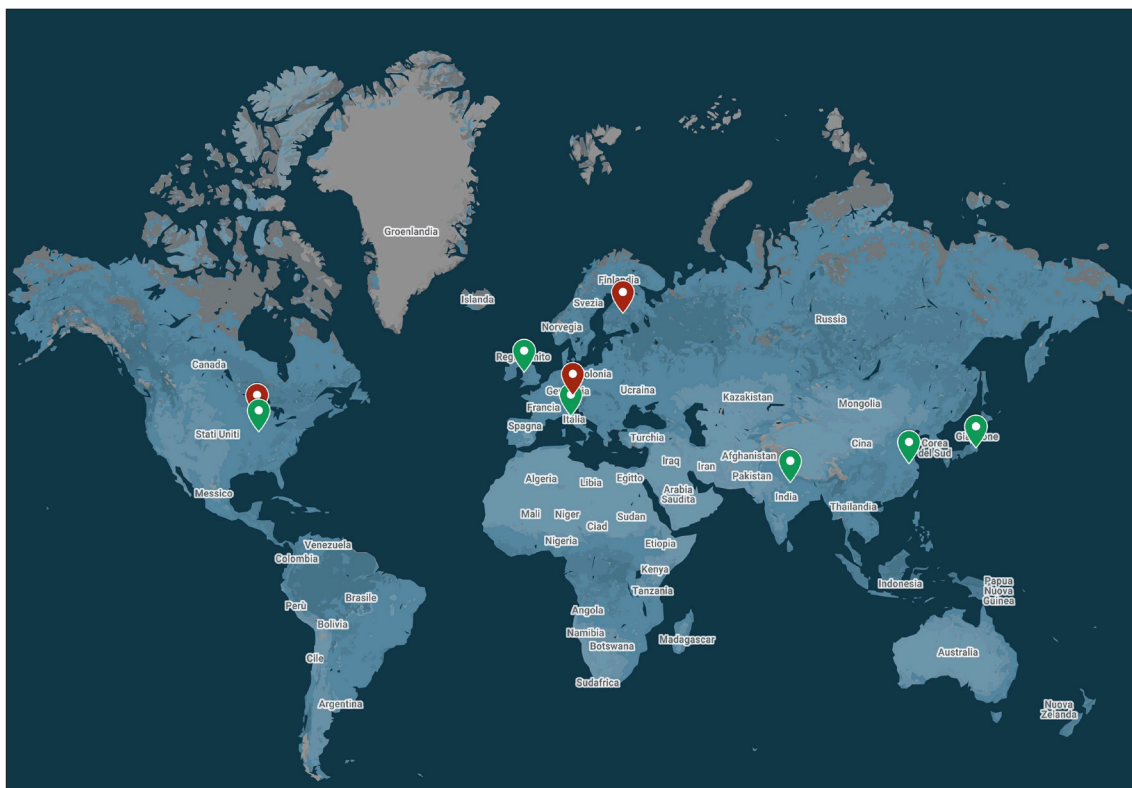


Figura 1 - Localizzazione dei siti Free Air Controlled Enrichment (FACE) di ozono (O₃ FACE) attualmente in funzione (tag verde) e dismessi (tag rosso).

piante di diversa tipologia, con l'obiettivo di mantenere l'ambiente in uno stato più naturale e realistico in cui solo determinate variabili possano essere modificate. Negli ultimi anni strutture FACE, simili a quelle utilizzate per simulare elevate concentrazioni atmosferiche di CO₂, sono state sviluppate anche per l'esposizione delle piante all'O₃. I sistemi FACE prevedono l'utilizzo di una struttura costituita da tubature verticali ed orizzontali, che consentono la diffusione controllata di getti d'aria o di gas puro direttamente a livello della chioma delle piante. I primi sistemi FACE utilizzavano soffiatori o ventole per distribuire aria arricchita di CO₂ (Hendrey *et al.*, 1993); le più moderne versioni, invece, prevedono il rilascio ad alta velocità del gas puro da tubi di emissione dotati di numerose e piccole perforazioni. I vantaggi di questi sistemi sono notevoli.

Innanzitutto, la possibilità di controllare con precisione le concentrazioni di gas e condurre studi a lungo termine permette di ottenere dati preziosi sugli effetti cronici dell'inquinamento. Inoltre, i risultati possono essere utilizzati per fare previsioni sugli effetti futuri dell'inquinamento atmosferico su scala globale, aiutando a capire come affrontare le sfide del cambiamento climatico. Tuttavia, questi impianti presentano anche delle criticità. La loro costruzione e gestione sono estremamente costose, poiché richiedono infrastrutture complesse e manutenzione continua. Infine, i sistemi FACE coprono aree relativamente piccole, il che limita la possibilità di replicare gli esperimenti su larga scala o su ecosistemi più complessi.

Il presente studio ha come obiettivo quello di (i) fare una panoramica sulle principali strutture FACE presenti a livello mondiale;

(ii) descrivere l'innovativo impianto FO_3X , un FACE ad esposizione controllata, che consente di monitorare le risposte fisiologiche degli alberi a diverse concentrazioni di O_3 ; (iii) analizzare le future implementazioni tecnologiche di FO_3X per condurre ricerche che considerino anche le conseguenze del cambiamento climatico.

2. FACE DELL'OZONO (O_3 FACE) NEL MONDO

A livello globale, esistono 14 siti FACE distribuiti nei cinque continenti (Ainsworth e Long, 2021). Questi impianti, sebbene molteplici nella loro applicazione, sono progettati per osservare gli effetti dell'arricchimento atmosferico di CO_2 (Free Air CO_2 Enrichment), NO_2 , CH_4 e altri gas, analizzando la crescita e la biomassa delle piante, gli effetti sulla fotosintesi, l'efficienza nell'uso dell'acqua e le interazioni con altri fattori ambientali.

Negli ultimi anni, sono stati sviluppati sistemi di fumigazione in aria libera e controllata per studiare l'impatto dell' O_3 sulle piante, basati su strutture simili ai sistemi FACE utilizzati per simulare alte concentrazioni di CO_2 . Tuttavia, a causa della reattività molto maggiore dell' O_3 (Penner *et al.*, 2010) il controllo delle sue concentrazioni e distribuzione nei sistemi FACE risulta tecnicamente più complesso rispetto a quello del CO_2 (Paoletti *et al.*, 2017). Di conseguenza, attualmente esistono sei strutture FACE dedicate all' O_3 in tutto il mondo (Fig. 1), situate in Cina, Giappone, Inghilterra, India, Stati Uniti e Italia. Alcuni dei primi impianti sono stati dismessi, come quelli negli Stati Uniti (Karnosky *et al.*, 2007), Finlandia (Oksanen *et al.*, 2007), Germania (Werner e Fabian, 2002, Matyssek *et al.*, 2010).

I sistemi FACE per l' O_3 sopradescritti sono strutturati attorno ad alcuni elementi chiave. Innanzitutto, vi è la presenza di un sistema di diffusione, che circonda l'area sperimentale e

rilascia il gas in modo controllato. In secondo luogo, vengono utilizzati sensori ambientali per monitorare la concentrazione di O_3 e regolare il flusso del gas in base a parametri come temperatura e velocità del vento. Questi sistemi sono installati in ecosistemi naturali, come foreste o campi agricoli, e ogni area di trattamento con O_3 è accompagnata da un'area di controllo in cui la concentrazione rimane a livello ambientale, per consentire confronti affidabili. Nonostante queste somiglianze, ogni sito ha delle peculiarità che lo rendono unico (Tabella 1). Il sito FACE di Jiangsu (Cina), per esempio, si distingue per focalizzare le sue attività di ricerca sulle colture alimentari chiave, come il riso, che rappresenta una risorsa fondamentale per l'economia agricola cinese (Zaisheng *et al.*, 2024; Xu *et al.*, 2021; Feng *et al.*, 2012). Questo sito utilizza un sistema avanzato chiamato O_3 -T-FACE, che permette di simulare simultaneamente l'aumento delle concentrazioni di O_3 e della temperatura. Questo approccio è essenziale per studiare non solo gli effetti dell' O_3 , ma anche quelli del cambiamento climatico sul lungo termine.

Alcuni sistemi avanzati, come il moderno sistema FACE in Giappone (Tsukuba), rilasciano l' O_3 attraverso una rete tridimensionale (3D) di tubi, migliorandone la sua distribuzione uniforme, riducendo i gradienti di concentrazione che spesso si creano con i sistemi più tradizionali (Koike *et al.*, 2013; Kitao *et al.*, 2015; Tobita *et al.*, 2019). A Tsukuba vengono studiate sia specie forestali come querce, sia colture agrarie come il riso, rendendo questo impianto cruciale per capire l'impatto dell' O_3 su diversi tipi di ecosistemi.

Lucknow (India), invece, è un sito strategico per lo studio delle colture tipiche dell'agricoltura indiana, come il grano e il riso. Il focus principale di questo sito è la sicurezza alimentare, poiché l'India è particolarmente vulnerabile agli effetti dell'inquinamento atmosferico

Tabella 1 - Riassunto dei principali studi effettuati con l'utilizzo di sistemi di Free Air Controlled Enrichment (FACE) con O₃ presenti nel mondo.

SITO	ANNI DI ATTIVITÀ*	COLTURA STUDIATA	LIVELLO DI O ₃ PER TRATTAMENTO	FONTE BIBLIOGRAFICA
Cina - Jiangsu (O ₃ -T-FACE)	2020 - 2024	<i>Oryza sativa</i> L.	Ambiente (39 ppb), O ₃ elevato (1,5 × ambiente - 57 ppb), combinati con trattamenti di temperatura	Zaisheng <i>et al.</i> , 2024
Cina - Beijing (O ₃ -N-FACE)	2018 - 2019 - 2022	Cloni di Pioppo (<i>Populus deltoides</i> cv. '55/56' × <i>Populus deltoides</i> cv. 'Imperial' e <i>Populus euramericana</i> cv. '74/76')	Ambiente (40 ppb), O ₃ elevato (ambiente + 70%), combinati con trattamento azoto	Xu <i>et al.</i> , 2021
Cina - Jiangdou	2007 - 2010	Cultivar di grano (<i>Triticum aestivum</i> L. cv. Yangmai 15, Yangmai 16, Yangfuma 2, Yannong 9, Jia002)	Ambiente (36 ppb), O ₃ elevato (2 × ambiente)	Feng <i>et al.</i> , 2012
Cina - Jiangdou	2007 - 2009	Cultivar di Riso (<i>Oryza sativa</i> cv. Yangdao 6, Shanyou 63, Liangyoupeijiu, Wujing 15, Wuyujing 21)	Ambiente, O ₃ elevato	Zhang e Zhu 2016
Giappone - Tsukuba	2011 - 2012	<i>Fagus crenata</i> Blume	Ambiente (36 ppb), O ₃ elevato (2 × ambiente)	Tobita <i>et al.</i> , 2019
Giappone - Hokkaido	2011	<i>Quercus mongolica</i> Fisch var. <i>crispula</i> e <i>Quercus serrata</i> Murray	Ambiente, O ₃ elevato (2 × ambiente)	Watanabe <i>et al.</i> , 2013
Giappone - Tsukuba	2012 - 2013	<i>Quercus mongolica</i> Fisch var. <i>crispula</i> e <i>Quercus serrata</i> Murray	Ambiente (27 ppb), O ₃ elevato (2 × ambiente)	Kitao <i>et al.</i> , 2015
Inghilterra - North Wales	2014 - 2017	<i>Lolium perenne</i> L.	Ambiente (24 ppb), O ₃ elevato (ambiente + 10 ppb), O ₃ molto elevato (ambiente + 20 ppb)	Wang <i>et al.</i> , 2019
India - Lucknow (CSIR-NBRI FAOE)	2018 - 2024	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss., <i>Bougainvillea spectabilis</i> Willd., <i>Ficus benghalensis</i> L., <i>Ficus religiosa</i> L., <i>Nerium indicum</i> L., <i>Plumeria rubra</i> L., <i>Saraca asoca</i> W.J.de Wilde, <i>Tabernaemontana divaricata</i> L., <i>Terminalia arjuna</i> Roxb. Wight & Arn.	Ambiente (49 ppb), O ₃ elevato (ambiente + 20 ppb - 70 ppb)	Jamal <i>et al.</i> , 2023
USA - Champaign (SoyFACE)	2002 - 2003	<i>Glycine max</i> L. e <i>Zea mays</i> L.	Ambiente, O ₃ elevato (ambiente × 1,23)	Morgan <i>et al.</i> , 2006
USA - Champaign	2007 - 2008 - 2009 - 2010	Cultivar di soia (<i>Glycine max</i> cv. HS93-4118, IA-3010, Loda, LN97-15076, Pana)	Ambiente, O ₃ elevato 40 ppb, 55 ppb, 70 ppb, 85 ppb, 110 ppb, 130 ppb, 160 ppb, 200 ppb	Betzberger <i>et al.</i> , 2010
USA - Wisconsin (ASPEN FACE)	1998 - 2009	<i>Acer saccharum</i> Marshall, <i>Betula papyrifera</i> Marshall, <i>Populus tremuloides</i> Michx., <i>Fagus sylvatica</i> L., <i>Picea abies</i> L.	Ambiente, O ₃ elevato	Karnosky <i>et al.</i> , 2007
Finlandia - Kuopio	1996 - 2003	<i>Betula pendula</i> Roth	Ambiente, O ₃ elevato	Oksanen <i>et al.</i> , 2007
Germania - Freising	2000	<i>Fagus sylvatica</i> L., <i>Picea abies</i> L.	Ambiente, O ₃ elevato	Werner e Fabian, 2002
Germania - Freising	1997-2007	<i>Fagus sylvatica</i> L., <i>Picea abies</i> L.	Ambiente, O ₃ elevato	Matyssek <i>et al.</i> , 2010

*Anno a cui si riferisce lo studio.

(Jamal *et al.*, 2023). A differenza degli altri siti, Lucknow si concentra maggiormente sugli impatti economici e sociali dell'O₃ sulla produzione alimentare.

Negli Stati Uniti (Morgan *et al.*, 2006; Betzelberger *et al.*, 2010; Ainsworth, 2017), il sito SoyFACE (Champaign, Illinois) è uno dei più grandi e importanti a livello mondiale. Qui l'attenzione è rivolta principalmente alla soia e al mais, due colture di enorme rilevanza economica. SoyFACE è noto per la sua capacità di simulare scenari ambientali futuri, permettendo di valutare gli effetti combinati di CO₂ e O₃ su queste specie, con un focus sulla produttività agricola in un contesto di cambiamento climatico.

Infine, il sito di North Wales (UK) (Wang *et al.*, 2019) rappresenta un'eccezione rispetto agli altri, in quanto si concentra prevalentemente su ecosistemi naturali, come prati e foreste. Mentre gli altri impianti concentrano la loro attività sperimentale soprattutto sulle colture alimentari, a North Wales si studiano specie vegetali native e praterie, esplorando l'impatto dell'O₃ su ambienti naturali temperati. Questo lo rende particolarmente utile per capire come l'inquinamento atmosferico influenzerà la biodiversità in ambienti meno controllati. Studi recenti hanno infatti evidenziato come l'O₃ abbia un effetto nocivo sulla biodiversità influenzando microflora e fauna (ad esempio insetti impollinatori; Vanderplank *et al.*, 2021) con forti ripercussioni sugli ecosistemi (Grulke e Heath, 2020).

Tuttavia, la maggior parte degli impianti O₃-FACE utilizza anelli di distribuzione per trasportare il gas, ma a causa della sua elevata reattività, si creano forti gradienti di concentrazione dall'esterno dell'anello verso il centro (Paoletti *et al.*, 2017). Ciò limita lo studio a un piccolo numero di piante situate alla stessa distanza dall'anello. Inoltre, in questi impianti, l'unità statistica è la singola pianta o addirittu-

ra la singola foglia, poiché non sono disponibili appezzamenti replicabili. Inoltre, in genere vengono studiati solo due livelli di O₃: uno ambientale e uno arricchito (Tabella 1).

Il sistema FO₃X di Sesto Fiorentino si distingue come uno dei migliori impianti FACE dedicati all'O₃ grazie a una serie di innovazioni tecnologiche e metodologiche che lo rendono unico rispetto ad altri siti globali. Uno dei suoi principali vantaggi è la capacità di garantire una distribuzione uniforme dell'inquinante, superando i problemi dei gradienti di concentrazione che affliggono molti impianti.

FO₃X offre anche maggiore flessibilità nella sperimentazione, permettendo di applicare una gamma più ampia di concentrazioni di O₃, rispetto a molti altri siti che si limitano a uno o due livelli. Questo consente di studiare le risposte delle piante in modo più dettagliato e con maggiore replicabilità, cosa che non sempre è possibile in impianti più tradizionali. Inoltre, a differenza di molti altri siti, FO₃X permette di condurre esperimenti su un'ampia varietà di specie vegetali, dalle colture alimentari alle specie forestali fino a quelle ornamentali per il verde urbano. L'impianto è parte di una rete internazionale di ricerca (AnaEE), che facilita la collaborazione con piattaforme FACE, sviluppate per la valutazione dell'impatto sulla vegetazione di altri stress abiotici come, ad esempio, CO₂ e deposizioni azotate. Infine, FO₃X è altamente adattabile e predisposto per futuri aggiornamenti tecnologici, rendendolo una struttura di riferimento per lo studio degli effetti dell'O₃ sugli ecosistemi in un contesto di cambiamento climatico.

Nonostante le sfide tecniche e i costi elevati, i sistemi FACE per l'O₃ rimangono strumenti fondamentali per comprendere l'impatto dell'inquinamento atmosferico sugli ecosistemi e sono cruciali per sviluppare strategie di mitigazione a lungo termine.

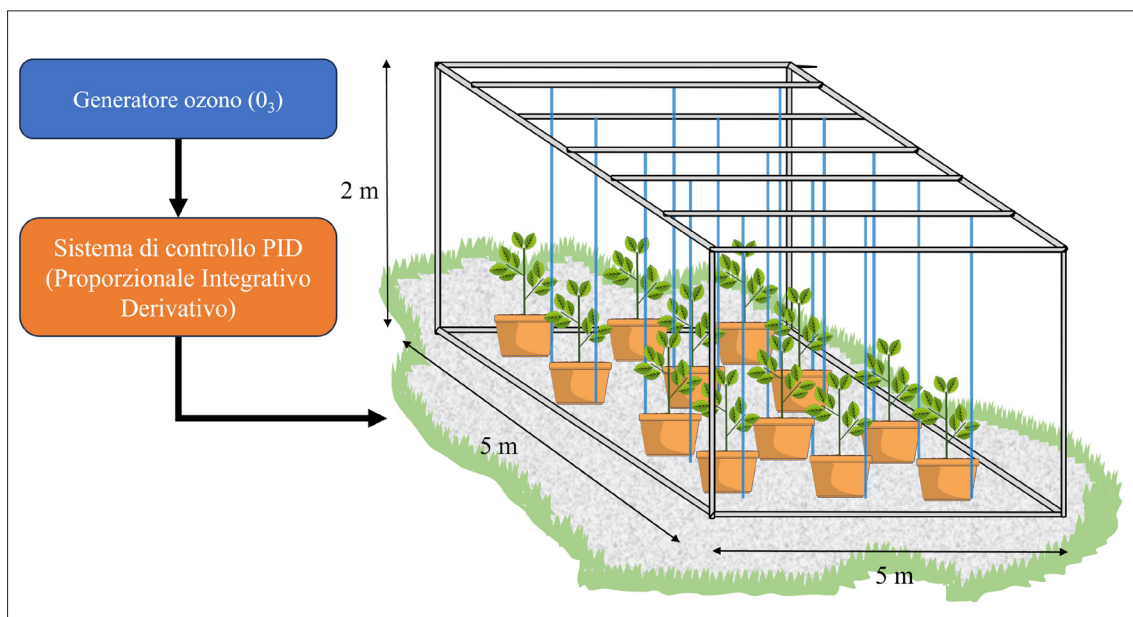


Figura 2 - Rappresentazione schematica di una delle parcelle in cui viene effettuato l'arricchimento di O₃ (1,5 e 2,0 volte la concentrazione ambientale).

3. LA PIATTAFORMA FO₃X (OZONE FACE - FREE AIR CONTROLLED EXPOSURE)

La piattaforma FO₃X (Free-air O₃ Exposure), situata presso l'area di ricerca CNR di Sesto Fiorentino (43°48'59"N, 11°12'01"E, 55 m s.l.m.), rappresenta l'unico impianto FACE al mondo dedicato allo studio dell'O₃ in condizioni di clima mediterraneo. Questa struttura consente di simulare, in condizioni di campo aperto, l'esposizione realistica delle piante a differenti livelli di O₃. La piattaforma FO₃X è progettata per esperimenti a lungo termine sulla vegetazione, finalizzati anche a valutare gli effetti combinati dell'O₃ e di altri fattori di stress ambientale, come la salinità, la carenza idrica e la disponibilità di nutrienti. L'impianto comprende nove parcelle sperimentali (5 × 5 m ciascuna, volume di 50 m³ - Figura 2), disposte in tre blocchi di tre parcelle. In ciascun blocco è presente un livello di O₃ differente: livello ambientale (AA), livello intermedio (1,5 × AA) e livello elevato di

O₃ (2,0 × AA). In questi ultimi due blocchi viene immesso O₃, in maniera controllata, per raggiungere la concentrazione richiesta. Tale disposizione consente di ridurre le interferenze tra i blocchi sperimentali, grazie anche a una distanza minima di 15 m tra di essi.

La piattaforma FO₃X è sostanzialmente formata da tre componenti: un generatore di O₃ che produce l'O₃ necessario ad arricchire l'aria all'interno delle parcelle, un'unità di controllo che regola la quantità di O₃ immessa ed un sistema di distribuzione che assicura la corretta distribuzione dell'O₃ all'interno delle parcelle.

Per la produzione dell'O₃ viene utilizzato il generatore industriale TOGC45X (Suez Environment, Paris, France), con capacità di produzione di 45 g/h di O₃. Questo generatore è dotato di un compressore di aria e un concentratore di ossigeno (O₂) integrati, il che evita l'uso di sorgenti di O₂ esterne. L'O₂ prodotto è fatto passare attraverso una cella di produzione di O₃ basata sull'effetto corona, in grado di garantire una purezza dell'O₂ superiore al

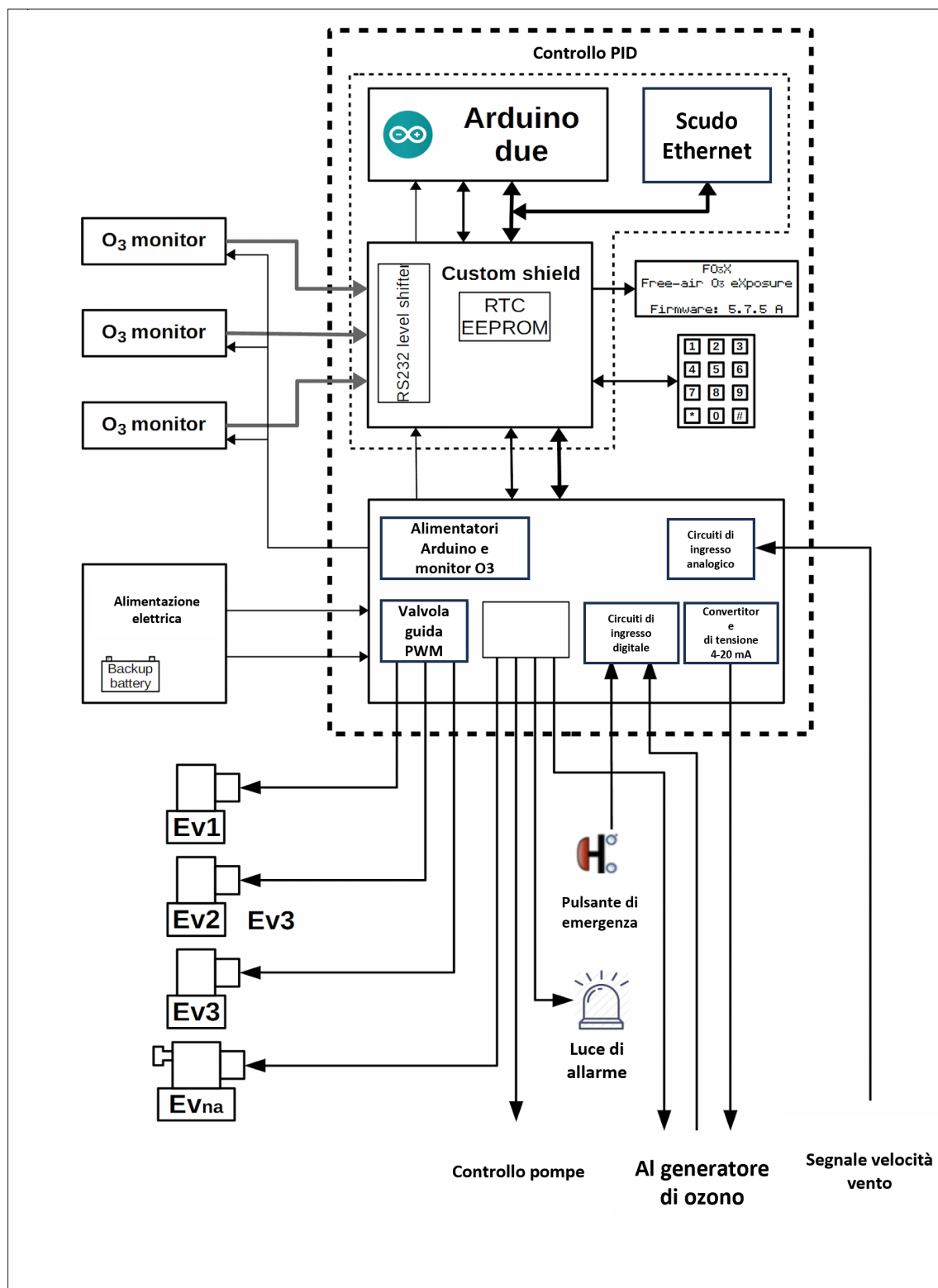


Figura 3 - Schema a blocchi dell'unità di controllo.

90%, per evitare la produzione di altri inquinanti quali NO_x (Tang *et al.*, 2011). Poiché la reazione che avviene all'interno della cella produce calore questa necessita di un raffreddamento a liquido. È possibile regolare la produzione di O₃, sia direttamente sul generatore sia da remoto tramite un segnale elettrico.

L'O₃ prodotto dal generatore è convogliato all'unità controllo dove delle servovalvole regolano il flusso di O₃ verso le parcelle. Queste valvole sono comandate da un controllo di tipo PID (Proporzionale Integrativo Derivativo).

L'unità di controllo (Figura 3) è basata su una scheda Arduino DUE (Arduino S.r.l., Italia), dotata di un microcontrollore ARM a 32 bit. Intorno a questa scheda sono stati realizzati *ad hoc* tutti i circuiti necessari al pilotaggio delle servovalvole, alla regolazione della produzione dell'O₃, all'acquisizione dei dati dei sensori e all'alimentazione. È presente una porta Ethernet, per la connessione a un server FTP, e l'alloggiamento per una scheda memoria μSD, per la memorizzazione dei dati in locale. La misura dell'O₃ è affidata a tre strumenti basati sul principio dell'assorbimento UV

(modello 202 e 205, 2B Technologies, Boulder CO, USA) mentre un anemometro a ultrasuoni (WindSonic, Gill Instruments, UK), fornisce la misura della direzione e della velocità del vento. Il circuito di alimentazione è provvisto di una batteria in tampone che mantiene alimentata l'unità di controllo in assenza della rete elettrica. La misura dell'O₃ e della velocità del vento vengono effettuate ogni 10 s, e con la stessa frequenza il controllo regola l'apertura delle servovalvole che regolano il flusso dell'O₃. Ogni minuto il controllo regola la produzione di O₃ da parte del generatore, basandosi sui valori dei livelli di O₃ e della velocità del vento. Con questo intervallo sono memorizzati i dati sulla scheda di memoria e sul server FTP e vengono gestite eventuali condizioni di errore, per le quali è previsto l'invio di e-mail di segnalazione. Durante il periodo notturno, in presenza di condizioni di calma di vento e bassa concentrazione dell'inquinante, l'arricchimento di O₃ viene interrotto.

Il sistema di distribuzione dell'O₃ (Figura 4) è costituito da due unità identiche, ciascuna delle quali alimenta tre parcelle. Sopra ogni

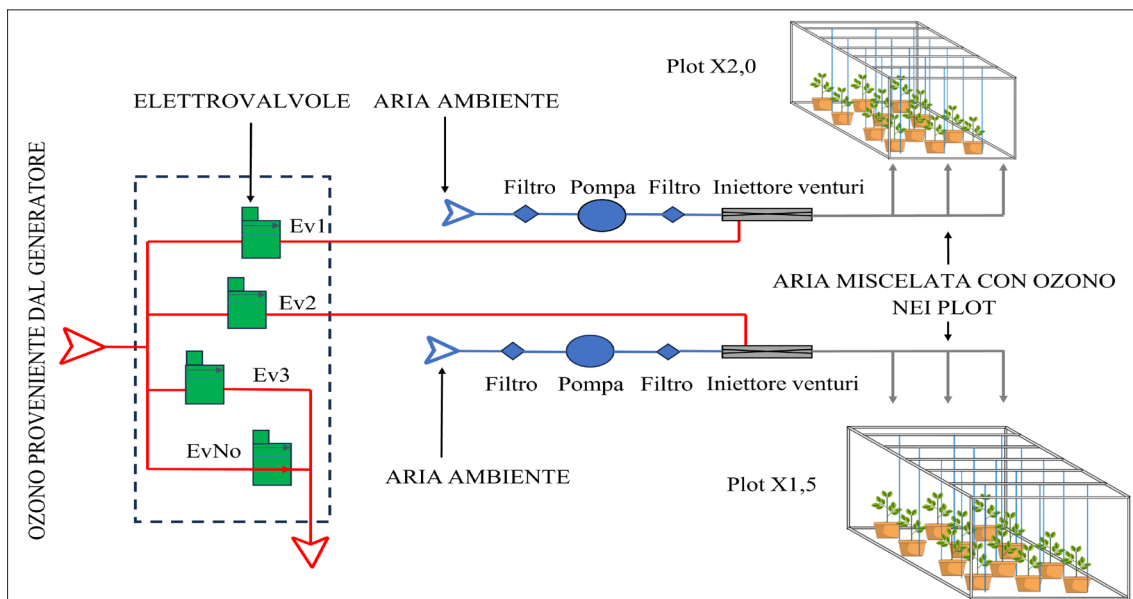


Figura 4 - Schema illustrativo della distribuzione dell'O₃ proveniente dal generatore, nei due plot.

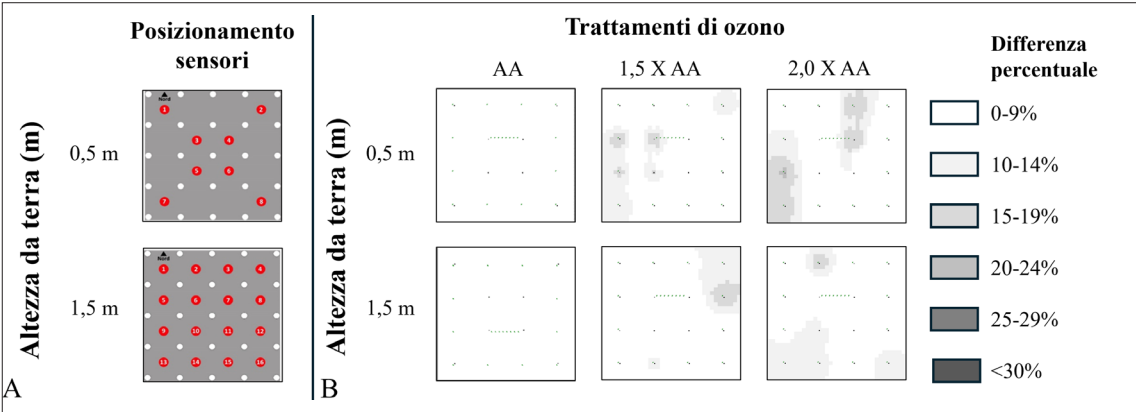


Figura 5 - Rappresentazione schematica della posizione di campionatori passivi di O₃ a diverse altezze (A) utilizzati per confrontare le differenze percentuali delle concentrazioni all'interno dei trattamenti (B).

Tabella 2 - Concentrazione di O₃ nell'ultimo triennio (2021-2023) per i diversi trattamenti.

ANNO	CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUALE DI O ₃ PER DIVERSI TRATTAMENTI		
	AA (ppb)	1,5 × AA (ppb)	2,0 × AA (ppb)
2021	37,61	54,04	71,01
2022	35,35	50,55	68,12
2023	37,06	49,77	66,22

Tabella 3 - Media delle concentrazioni orarie di O₃ (± errore standard) per ogni classe di velocità del vento (periodo 2021-2023) e frequenza di scostamento del 20% dalla concentrazione target di O₃.

VELOCITÀ DEL VENTO (m s ⁻¹)	FREQUENZA (%)	MEDIA O ₃ AA (ppb)	MEDIA O ₃ 1,5×AA (ppb)	MEDIA O ₃ 2,0×AA (ppb)	SCOSTAMENTO ±20 % DAL VALORE DI CONCENTRAZIONE ATTESO	
					Frequenza (%) 1,5×AA*	Frequenza (%) 2,0×AA*
0-0,5	31,1	21,7 ± 0,2	32,1 ± 0,4	42,3 ± 0,7	68,3	53,1
0,5-1,0	27,4	30,8 ± 0,3	43,1 ± 0,5	56,3 ± 0,8	67,6	49,4
1,0-1,5	20,0	49,7 ± 0,3	69,8 ± 0,5	94,2 ± 0,7	88,4	82,3
1,5-2,0	12,6	52,9 ± 0,3	74,1 ± 0,5	99,9 ± 0,7	93,8	91,8
>2,0	8,9	53,1 ± 0,4	71,4 ± 0,5	94,9 ± 0,7	89,7	85,2
Totale	100	36,5 ± 0,2	51,4 ± 0,3	68,4 ± 0,3	78,4	67,3

* Sono stati inclusi solo i valori orari > 10 ppb.

parcella, sostenuto da un telaio realizzato con profilati tubolari, è presente un reticolo di tubi, in PVC-C, resistenti all' O₃. A questo reticolo sono collegati 25 tubi in PTFE del diametro di 10 mm disposti verticalmente e chiusi alla base. Ciascuno di essi presenta 20 microfori disposti a intervalli regolari. Ogni gruppo di tre reticoli è alimentati dal flusso d'aria, fornito da un compressore a palette, a cui viene miscelato l'O₃ proveniente dall'unità di controllo, tramite un iniettore Venturi.

Alla piattaforma FO₃X è associata una stazione meteorologica, composta da un data-logger Campbell Scientific CR1000 (Campbell Scientific, Logan, UT, USA) accoppiato a un multiplexer AM16/32B (Campbell Scientific, Logan, UT, USA). Per la misura dei parametri meteo è utilizzato un multisensore HD52.3DP147 (DeltaOHM, Padova, Italia), posizionato all'altezza di 3 m. Questo strumento permette la misura delle seguenti grandezze: intensità e direzione del vento, temperatura e umidità dell'aria, radiazione solare e pressione atmosferica. La misura della pioggia è affidata a un pluviometro Munro a vaschetta oscillante con bocca tarata di 203 mm di diametro e risoluzione nominale 0,2 mm.

La distribuzione dell'O₃ è stata testata tramite campionatori passivi, posizionati a due differenti altezze (0,5 e 1,5 m) e in varie posizioni all'interno del plot (Figura 5A). La variabilità spaziale della concentrazione di O₃ nei plot è risultata essere inferiore al 20%, evidenziando la precisione del sistema di distribuzione (Figura 5B).

Questi dati, insieme alle misure di concentrazione rilevate dal monitor centrale, consentono di verificare l'uniformità della diffusione nelle parcelle sperimentali. In tabella 2 sono riportati i dati relativi alla concentrazione di O₃ durante il periodo sperimentale (Maggio - Ottobre) degli ultimi 3 anni. Il sistema è ottimizzato per garantire una stabilità costante

della concentrazione di O₃ durante l'intero periodo sperimentale, anche in presenza di agenti atmosferici. In tabella 3 è possibile osservare la variazione nella concentrazione di O₃ in presenza di vento. Nel complesso, la regolazione delle concentrazioni di O₃ risulta essere molto accurata, in quanto nel 79 % e 68 % delle volte la concentrazione ha uno scostamento inferiore al 20 % dal valore atteso, rispettivamente in 1,5 × AA e 2,0 × AA. Valori della concentrazione di O₃ meno accurati si registrano quando si hanno basse velocità del vento, situazione tipica durante le ore notturne durante le quali è possibile che l'arricchimento di O₃ venga interrotto. Tuttavia, durante la notte, quindi in assenza di attività fotosintetica, gli effetti dell'O₃ sulla vegetazione sono ridotti.

4. PROSPETTIVA (O₃ × HEAT FACE)

L'interazione tra O₃ e riscaldamento globale costituisce una delle principali sfide per lo studio della risposta delle piante e per la gestione degli ecosistemi nel contesto dei cambiamenti climatici (Bytnerowicz *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2022; Gupta *et al.*, 2022). I sistemi FACE rappresentano un'infrastruttura preziosa per studiare in modo realistico gli effetti di diversi stress abiotici, tra cui l'O₃ (FO₃X) e l'incremento della temperatura (Heat-FACE), oppure la loro combinazione, su diverse specie vegetali. Questi esperimenti offrono la possibilità di simulare in ambienti reali le condizioni future del clima, fornendo dati cruciali per comprendere la risposta fisiologica delle piante.

Numerosi studi hanno evidenziato che l'esposizione combinata a elevate concentrazioni di O₃ e temperature più alte intensifica lo stress ossidativo, con effetti negativi sulla capacità fotosintetica, sullo sviluppo vegetativo e, soprattutto, sulla resa delle colture (Feng *et al.*, 2015; Cotrozzi *et al.*, 2016; Lee *et al.*,

2020). Mentre un lieve incremento della temperatura (1-5 °C) può stimolare la fotosintesi e la crescita, alte concentrazioni di O_3 sono spesso associate a riduzioni nella conduttanza stomatica, fotosintesi e sviluppo generale della pianta (Lee *et al.*, 2020). La risposta finale delle piante all'interazione tra O_3 e temperatura è determinata da complesse interazioni tra i loro processi fisiologici e biochimici. Ad esempio, temperature superiori all'ottimale possono ridurre l'assorbimento di O_3 riducendo la conduttanza stomatica, mentre temperature moderate (+5 °C) possono aumentarne l'assorbimento (Lee *et al.*, 2020; Lee *et al.*, 2022).

Esperimenti sul campo hanno mostrato che l' O_3 accelera la senescenza fogliare, mentre un modesto incremento di temperatura (+1,2 °C) può ritardare questo processo, come osservato nelle betulle (*Betula pendula* Roth.) (Kasurinen *et al.*, 2012). La comprensione dell'effetto combinato di O_3 e temperature elevate sulle

piante è ancora oggetto di discussione e approfondimento nella comunità scientifica, soprattutto riguardo al ruolo della variazione del deficit di pressione di vapore (VPD) che influisce sul movimento stomatico e sul flusso di O_3 all'interno delle piante (Wittig *et al.*, 2007).

L'integrazione di tecnologie come i sistemi di riscaldamento radiativo controllati da feedback che permettono un riscaldamento continuo delle chiome delle piante, associati ai sistemi FACE per l'esposizione all' O_3 , rappresenta un passo cruciale per studiare *in situ* le risposte delle specie vegetali. Questi sistemi combinati consentirebbero di ottenere dati più realistici, essenziali per sviluppare modelli predittivi accurati sugli effetti futuri del cambiamento climatico e dell'inquinamento atmosferico su diverse specie, erbacee e arboree. Ad oggi, l'unico sistema che possiede queste caratteristiche e permette lo studio dell'interazione temperatura- O_3 è il sistema O_3 -T-FACE, si-

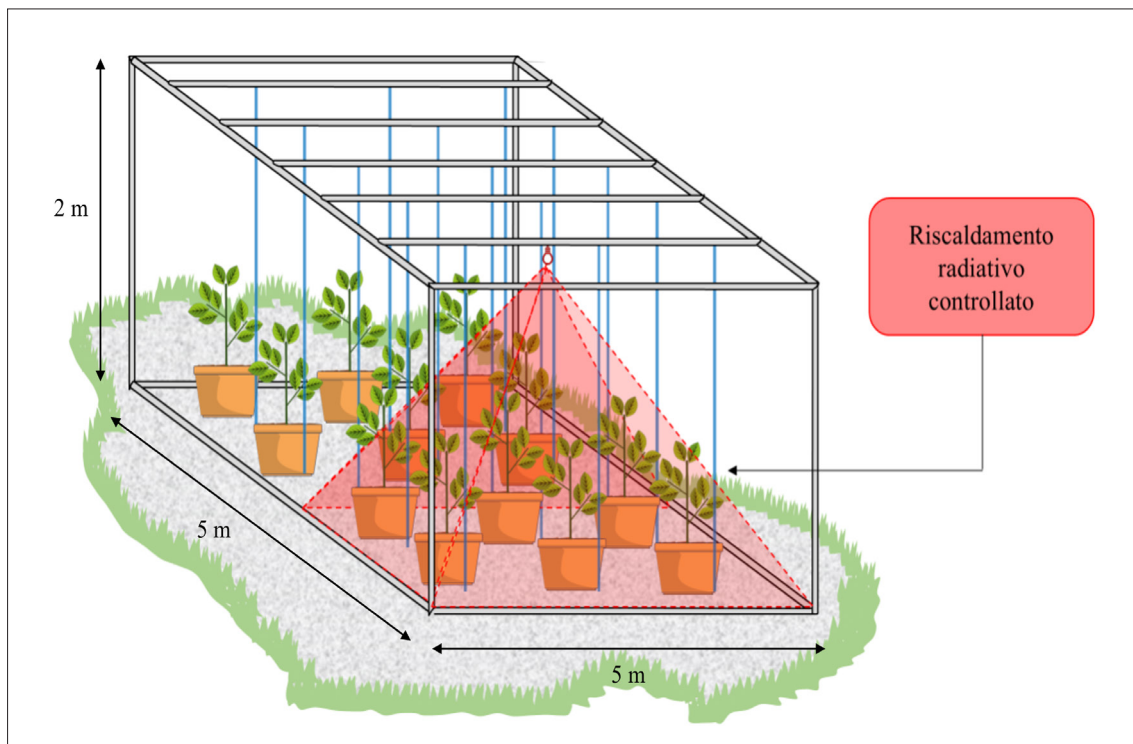


Figura 6 - Rappresentazione schematica del sistema $O_3 \times$ Heat FACE.

tuato a Wuqiao town, Jiangdu, in Cina (Shao *et al.*, 2024). Questo sistema consente lo studio di due livelli di esposizione all'O₃ (livello ambientale ed 1,5 × AA) e la regolazione della temperatura (fino ad un massimo di + 1,6°C rispetto alla temperatura ambientale) (Shao *et al.*, 2024).

Al fine di colmare le lacune nelle conoscenze sull'impatto a breve e lungo termine del cambiamento climatico e dell'inquinamento atmosferico, verrà predisposta l'implementazione di riscaldamento radiativo controllati da feedback nell'impianto FO₃X sopra descritto (Figura 6). In questo caso, il sistema FO₃X permetterà lo studio di 3 diversi livelli di O₃ (AA, 1,5 × AA e 2,0 × AA) in combinazione con la variazione di temperatura, utilizzando una tecnologia simile a quella implementata nell'impianto O₃-T-FACE descritto in Shao *et al.*, (2024).

L'implementazione di queste infrastrutture, come il sistema O₃ × Heat FACE, è dunque fondamentale per migliorare la nostra comprensione degli impatti a breve e lungo termine del riscaldamento globale e dell'inquinamento atmosferico sugli ecosistemi, supportando una loro gestione più sostenibile tramite strategie di mitigazione e adattamento più efficaci.

Ringraziamenti

Si ringraziano i progetti Fondazione Cassa di Risparmio di Firenze (2013/7956); PNRR for Mission 4 (Component 2, Notice 3264/2021, IR0000032) - ITINERIS - Italian Integrated Environmental Research Infrastructure System CUP B53C22002150006; Project funded under the National Recovery and Resilience Plan (NRRP), Mission 4 Component 2 Investment 1.4 - Call for tender No. 3138 of 16 December 2021, rectified by Decree n.3175 of 18 December 2021 of Italian Ministry of University and Research

funded by the European Union - NextGenerationEU, Award Number: Project code CN_00000033, Concession Decree No. 1034 of 17 June 2022 adopted by the Italian Ministry of University and Research, CUP, H43C22000530001 Project title "National Biodiversity Future Center - NBFC" (Spoke 3 and 5) e tutti i partecipanti al progetto che hanno fornito supporto tecnico e scientifico permettendo la realizzazione di questo lavoro, in particolare, Moreno Lazzara, Alessandro Materassi e Gianni Fasano.

RIASSUNTO

L'ozono troposferico (O₃) è un inquinante atmosferico secondario che arreca stress ossidativo alle specie forestali. Per questo motivo, è essenziale sviluppare sistemi di esposizione all'O₃ in grado di fornire prove empiriche in merito alla risposta delle piante a questo inquinante in condizioni ambientali reali. Il seguente articolo è incentrato sulla descrizione di un sistema di esposizione controllata in aria libera (FACE) all'O₃, sviluppato in Italia (FO₃X). Dal 2015, l'O₃ FACE di ultima generazione, FO₃X, è in funzione nell'Italia centrale presso gli orti sperimentali del CNR di Sesto Fiorentino. Si tratta di un impianto unico nell'Europa mediterranea ed è parte integrante della infrastruttura di ricerca europea AnaEE (Analisi e sperimentazione sugli ecosistemi). La struttura consente l'esposizione delle specie vegetali a tre livelli di concentrazioni di O₃ (ambiente, 1,5 e 2,0 volte la concentrazione ambiente), monitorando in continuo le principali variabili ambientali. Il sistema FO₃X assicura un rilascio costante di O₃, offrendo un'esposizione affidabile con un impatto minimo sul microclima. Questo documento presenta anche le cinque strutture O₃ FACE più moderne, attualmente in funzione a livello mondiale. Inoltre, l'articolo presenta gli sviluppi tecnologici e le prospettive future per implementare la struttura al fine di valutare anche le conseguenze connesse al cambiamento climatico.

BIBLIOGRAFIA

Ainsworth E.A., Yendrek C.R., Sitch S., Collins W.J., Emberson L.D., 2012 - *The effects of tropospheric*

- ozone on net primary productivity and implications for climate change. Annual review of plant biology, 63 (1): 637-661. PMID: 22404461. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042110-103829>
- Ainsworth E.A., 2017 - *Understanding and improving global crop response to ozone pollution*. The Plant Journal, 90 (5), 886-897. PMID: 27739639. <https://doi.org/10.1111/tpj.13298>
- Ainsworth E.A., Long S.P., 2021 - *30 years of free-air carbon dioxide enrichment (FACE): What have we learned about future crop productivity and its potential for adaptation?* Global Change Biology, 27 (1): 27-49. PMID: 33135850. <https://doi.org/10.1111/gcb.15375>
- Betzberger A.M., Gillespie K.M., Mcgrath J.M., Koester R.P., Nelson R.L., Ainsworth E.A., 2010 - *Effects of chronic elevated ozone concentration on antioxidant capacity, photosynthesis and seed yield of 10 soybean cultivars*. Plant, Cell & Environment, 33: 1569-1581. PMID: 20444212. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2010.02165.x>
- Bytnerowicz A., Omasa K., Paoletti E., 2007 - *Integrated effects of air pollution and climate change on forests: a northern hemisphere perspective*. Environmental Pollution, 147 (3): 438-45. PMID: 17034915. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.08.028>
- Bortier K., Dekelver, G., De Temmerman, L., Ceulemans, R., 2000 - *Stem injection of Populus nigra with EDU to study ozone effects under field conditions*. Environmental Pollution, 111: 199-208. PMID: 11202723. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(00\)00075-0](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00075-0)
- CLRTAP, 2017 - *Mapping Critical Levels for Vegetation, Chapter III of Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollution effects, risks and trends*. UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. accessed on 01st July 2022 on Web at www.icpmapping.org
- Chappelka A.H., Samuelson, L.J., 1998 - *Ambient ozone effects on forest trees of the eastern United States: a review*. New Phytologist, 139: 91-108. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.1998.00166.x>
- Contran N., Paoletti E., 2007 - *Visible foliar injury and physiological responses to ozone in Italian provenances of Fraxinus excelsior and F. ornus*. The Scientific World Journal, 7 (S1): 90-7. 3. PMID: 17450285. <https://doi.org/10.1100/tsw.2007.10>
- Cotrozzi L., Remorini D., Pellegrini E., Landi M., Massai R., Nali C., Guidi L., Lorenzini G., 2016 - *Variations in physiological and biochemical traits of oak seedlings grown under drought and ozone stress*. Physiologia Plantarum, 157 (1): 69-84. PMID: 26541269. <https://doi.org/10.1111/ppl.12402>
- De Marco A., Sicard P., Feng Z., Agathokleous E., Alonso R., Araminiene V., Augustatis A., Badea O., Beasley J.C., Branquinho C., Bruckman V.J. et al., 2022 - *Strategic roadmap to assess forest vulnerability under air pollution and climate change*. Global Change Biology, 28 (17): 5062-5085. PMID: 35642454. <https://doi.org/10.1111/gcb.16278>
- Feng Z., De Marco A., Anav A., Gualtieri M., Sicard P., Tian H., Paoletti E., 2015 - *Economic losses due to ozone impacts on human health, forest productivity and crop yield across China*. Environmental International, 131: 104966. PMID: 31284106. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.104966>
- Feng Z., Tang H., Uddling J., Pleijel H., Kobayashi K., Zhu J., Oue H. Guo W., 2012 - *A stomatal ozone flux-response relationship to assess ozone-induced yield loss of winter wheat in subtropical China*. Environmental pollution, 164: 16-23. PMID: 22310057. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.01.014>
- Fiscus E.L., Booker F.L., Burkey K.O., 2005 - *Crop responses to ozone: uptake, modes of action, carbon assimilation and partitioning*. Plant, Cell & Environment, 28 (8): 997-1011.
- Grulke N.E., Heath R.L., 2020 - *Ozone effects on plants in natural ecosystems*. Plant Biology, 22: 12-37. <https://doi.org/10.1111/plb.12971>
- Gupta A., Yadav D.S., Agrawal S.B., Agrawal M., 2022 - *Individual effects of high temperature and tropospheric ozone on tomato: a review*. Journal of Plant Growth Regulation, 42: 1421-1443. <https://doi.org/10.1007/s00344-022-10678-2>
- Hendrey G.R., Lewin K.F., Nagy J., 1993 - *Free air carbon dioxide enrichment: development, progress, results*. Vegetatio, 104/105, 17-31.
- Jamal R., Narayan S., Dubey R., Kannaujia R., Rai R., Behera S.K., Behera S.K., Shirke P.A., Pandey V., Barik S.K., 2023 - *Response of tropical trees to elevated Ozone: a Free Air Ozone Enrichment study*. Environmental Monitoring and Assessment, 195 (1), 238. PMID: 36574061. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10713-5>
- Kasurinen A., Biasi C., Holopainen T., Rousi M., Mäenpää M., Oksanen E., 2012 - *Interactive effects of elevated ozone and temperature on carbon allocation of silver birch (Betula pendula) genotypes*

- in an open-air field exposure*. Tree Physiology, 32: 737-751. PMID:22363070. <https://doi.org/10.1093/treephys/tps005>
- Karnosky D.F., Werner H., Holopainen T., Percy K., Oksanen T., Oksanen E., Heerdt C., Fabian P., Nagy J., Heilman W., Cox R., Nelson N., Matyssek R., 2007 - *Free-air exposure systems to scale up ozone research to mature trees*. Plant Biology (Stuttg), 9 (2): 181-90. PMID: 17357013. <https://doi.org/10.1055/s-2006-955915>.
- Kitao M., Komatsu M., Yazaki K., Kitaoka S., Tobita H., 2015 - *Growth overcompensation against O₃ exposure in two Japanese oak species, Quercus mongolica var. crispula and Quercus serrata, grown under elevated CO₂*. Environmental Pollution, 206: 133-41. PMID: 26162332. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.06.034>
- Koike T., Watanabe M., Hoshika Y., Kitao M., Matsumura H., Funada R., Izuta T., 2013 - *Effects of ozone on forest ecosystems in East and Southeast Asia*. Developments in Environmental Science, 13: 371-390. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-098349-3.00017-7>
- Larsen J.B., Yang W., and Tiedemann A.V., 1990 - *Effects of ozone on gas exchange, frost resistance, flushing and growth of different provenances of European silver fir (Abies alba Mill.)*. European Journal of Forest Pathology, 20: 211-218. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.1990.tb01132.x>
- Lee J.K., Woo S.Y., Kwak M.J., Park S.H., Kim H.D., Lim Y.J., Park J.H., Lee K.A., 2020 - *Effects of elevated temperature and ozone in Brassica juncea L.: Growth, physiology, and ROS accumulation*. Forests, 11 (1): 68. <https://doi.org/10.3390/f11010068>
- Lee J.K., Kwak M.J., Jeong S.G., Woo S.Y., 2022 - *Individual and Interactive Effects of Elevated Ozone and Temperature on Plant Responses*. Horticulturae, 8 (3): 211. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8030211>
- Matyssek R., Bytnerowicz A., Karlsson P. E., Paoletti E., Sanz M., Schaub M., Wieser G., 2007 - *Promoting the O₃ flux concept for European forest trees*. Environmental pollution, 146 (3): 587-607. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.11.011>
- Matyssek R., Wieser G., Ceulemans R., Rennenberg H., Pretzsch H., Haberer K., Löw M., Nunn A.J., Werner H., Wipfler P., Oßwald W. *et al.*, 2010 - *Enhanced ozone strongly reduces carbon sink strength of adult beech (Fagus sylvatica) - Resume from the free-air fumigation study at Kranzberg Forest*. Environmental Pollution, 158: 2527-2532. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.05.009>.
- Morgan P.B., Mies T.A., Bollero G.A., Nelson R.L., Long, S. P., 2006 - *Season-long elevation of ozone concentration to projected 2050 levels under fully open-air conditions substantially decreases the growth and production of soybean*. New Phytologist, 170: 333-343. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01679.x>
- Moura B.B., Carrari E., Dalstein-Richier L., Sicard P., Leca S., Badea O., Shashikumar A., Ciriani M.L., Paoletti E., Hoshika, Y., 2022 - *Bridging experimental and monitoring research for visible foliar injury as bio-indicator of ozone impacts on forests*. Ecosystem Health and Sustainability, 8 (1): 2144466. <https://doi.org/10.1080/20964129.2022.2144466>
- McLeod A.R., Long S.P., 1999 - *Free air carbon dioxide enrichment (FACE) in global change research: a review*. Advances in Ecological Research, 28: 1-55. [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(08\)60028-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60028-8)
- Novak K., Cherubini P., Saurer M., Fuhrer J., Skelly J.M., Kräuchi N., Schaub M. - 2007. *Ozone air pollution effects on tree-ring growth, $\delta^{13}C$, visible foliar injury and leaf gas exchange in three ozone-sensitive woody plant species*. Tree physiology, 27 (7): 941-949. PMID: 17403646. <https://doi.org/10.1093/treephys/27.7.941>
- Oksanen E., Kontunen-Soppela S., Riikonen J., Peltonen P., Uddling, J., Vapaavuori E., 2007 - *Northern environment predisposes birches to ozone damage*. Plant Biology, 9: 191-196. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924176>
- Paoletti E., 2006 - *Ozone impacts on Mediterranean forests: A review*. Environmental Pollution, 144: 463-474. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.12.051>
- Paoletti E., 2007 - *L'ozono ed i suoi effetti sulle foreste mediterranee*. Forest@, 4 (4): 478-487. [online] URL: <http://www.sisef.it/forest@/>. <https://doi.org/10.3832/efor0490-0040478>
- Paoletti E., Manning W.J., 2007 - *Toward a biologically significant and usable standard for ozone that will also protect plants*. Environmental Pollution, 150: 85-95. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.037>
- Paoletti E., Materassi A., Fasano G., Hoshika Y., Carriero G., Silaghi D., Badea O., 2017 - *A new-generation 3D ozone FACE (Free Air Controlled Exposure)*. Science of the Total Environment, 575: 1407-1414. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.217>

- Paoletti E., Sicard P., Hoshika Y., Fares S., Badea O., Pitar D., Popa I., Anav A., Moura B.B., De Marco A., 2022 - *Towards long-term sustainability of stomatal ozone flux monitoring at forest sites*. Sustainable Horizons, 2: <https://doi.org/100018.10.1016/j.horiz.2022.100018>
- Penner J.E., Prather M.J., Isaksen I.S.A., Fuglestvedt J.S., Klimont Z., Stevenson D.S., 2010 - *Short-lived uncertainty?* Nature Geoscience, 3: 587-588. <https://doi.org/10.1038/ngeo932>
- Werner H., Fabian P., 2002 - *Free-air fumigation of mature trees*. Environmental Science & Pollution Research., 9: 117-121. <https://doi.org/10.1007/BF02987458>
- Wittig V.E., Ainsworth E.A., Long S.P., 2007 - *To what extent do current and projected increases in surface ozone affect photosynthesis and stomatal conductance of trees? A meta-analytic review of the last 3 decades of experiments*. Plant, Cell & Environment, 30: 1150-1162. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2007.01717.x>
- Shao Z., Gu J., He L., Xu Y., Shang B., Feng Z., 2024 - *Effects of elevated ozone, warming, and their interactions on the stem lodging resistance of rice under fully open-field conditions*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 376, 109249, ISSN 0167-8809. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109249>
- Stevenson D., Doherty R., Sanderson M., Johnson C., Collins B., Derwent D., 2005 - *Impacts of climate change and variability on tropospheric ozone and its precursors*. Faraday Discussions, 130: 41-57. <https://doi.org/10.1039/B417412G>
- Tang H., Liu, G., Han, Y., Zhu, J., Kobayashi, K., 2011 - *A system for free-air ozone concentration elevation with rice and wheat: control performance and ozone exposure regime*. Atmospheric Environment, 45 (35): 6276-6282. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.08.059>
- Tobita H., Komatsu M., Harayama H., Yazaki K., Kitaoka S., Kitao M., 2019 - *Effects of combined CO₂ and O₃ exposures on net CO₂ assimilation and biomass allocation in seedlings of the late-successional Fagus crenata*. Climate, 7: 117. <https://doi.org/10.3390/cli7100117>
- Tognetti R., Sebastiani L., Nocci A., 2004 - *Gas exchange and foliage characteristic of two poplar clones grown in soil amended with industrial waste*. Tree Physiology, 24: 75-82. <https://doi.org/10.1093/treephys/24.1.75>
- Xu Y., Feng Z., Kobayashi K., 2021 - *Performances of a system for free-air ozone concentration elevation with poplar plantation under increased nitrogen deposition*. Environmental Science Pollution Research., 28: 58298-58309
- Vanderplanck M., Lapeyre B., Brondani M., Opsommer M., Dufay M., Hossaert-McKey M., Proffit M., 2021- *Ozone Pollution Alters Olfaction and Behavior of Pollinators*. Antioxidants, 10 (5): 636. <https://doi.org/10.3390/antiox10050636>
- Wang J., Hayes F., Turner R., Chadwick D.R., Mills G., Jones D.L., 2019 - *Effects of four years of elevated ozone on microbial biomass and extracellular enzyme activities in a semi-natural grassland*. Science of The Total Environment, 660: 260-268. PMID: 30640094. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.040>
- Zaisheng S., Jiaming G., Longxin H., Yansen X., Bo S., Zhaozhong F., 2024 - *Effects of elevated ozone, warming, and their interactions on the stem lodging resistance of rice under fully open-field conditions*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 376: 109249. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109249>



Pensare come una foresta. Aldo Leopold, il Dauerwald e la selvicoltura europea del XXI secolo

Thinking like a forest. Aldo Leopold, the Dauerwald and European silviculture in the 21st century

Luigi Portoghesi

Dipartimento per la Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali (DIBAF) - Università della Tuscia;
lporto@unitus.it

Abstract: Aldo Leopold is an American forester from the first half of the last century considered one of the fathers of environmental thought as he was among the first to propose extending the rights of human beings to the entire biotic community including plants, animals, soil and the whole earth. During a trip to Germany he sees in the Dauerwald, the type of forest management proposed to overcome the paradigm of the normal forest, the application of the concept of nature as an organism dear to him. In the post-war period, the principles of the Dauerwald were the basis that led to the concept of Closer to Nature Forestry, today a key element of the EU forestry strategy, which looks at the forest as a complex system to which however only an instrumental value is attributed. Yet, already at the end of the 20th century, in Italy, Systemic silviculture was proposed which attributes an intrinsic value and rights to the forest with a vision of the relationship between man and nature common to that of Leopold.

Key words: Aldo Leopold; Dauerwald; Close to nature silviculture; Systemic silviculture.

Citation: Portoghesi L., 2025 - *Pensare come una foresta. Aldo Leopold, il Dauerwald e la selvicoltura europea del XXI secolo*. L'Italia Forestale e Montana, 80 (1): 23-33; <https://dx.doi.org/10.36253/ifm-1160>

Received: 17/03/2025 **Revised version:** 31/03/2025 **Published online:** 06/05/2025

*Abusiamo della terra perché la consideriamo una merce che ci appartiene.
Quando la vedremo come una comunità a cui apparteniamo, potremo
iniziare a usarla con amore e rispetto*

ALDO LEOPOLD

1. INTRODUZIONE

L'articolo di Carlo Ubertini "L'archetipo Leopold", apparso sul numero 6/23 dell'Italia Forestale e Montana (Ubertini, 2023), ha ri-

proposto all'attenzione dei lettori la figura di Aldo Leopold, forestale americano noto a livello internazionale come uno dei padri dell'etica ambientale (Leopold jr, 2004; Mortari, 2020 pag. 21).

Pur non essendo un filosofo di formazione, Leopold, con la sua *Land Ethic* (Etica della terra), ha contribuito in modo sostanziale alla nascita e allo sviluppo del pensiero ambientale. Le sue idee sono state riprese, approfondite e diffuse da diversi studiosi, in particolare da Baird Callicott (1989) e da Holmes Rolston III (2003), due dei maggiori studiosi contemporanei di etica ambientale (Pagano, 2004).

Nel suo saggio Ubertini dimostra come il pensiero di Leopold non possa essere definito né antropocentrico né biocentrico e debba essere considerato in continuità con la tradizione della filosofia morale occidentale. Di particolare interesse è l'osservazione più volte ribadita che l'elaborazione dell'Etica della terra ha molto a che fare sia con la formazione forestale di Leopold sia con la sua diversificata attività professionale, cioè con l'essere abituato ad affrontare le questioni relative alla gestione delle risorse naturali rinnovabili ricercando l'equilibrio tra economia ed ecologia, tra utilità per l'uomo e rispetto per l'ecosistema.

Questo articolo si propone di riprendere i punti essenziali del pensiero di Leopold riguardo al rapporto tra uomo e natura, e di evidenziare come l'Etica della terra offra solide basi ai diversi tentativi, in atto in Europa e in Nord America dalla fine del XIX secolo, di superare definitivamente il paradigma del "bosco normale" come riferimento principale per la gestione forestale, a fronte delle sfide del cambiamento globale.

2. CENNI BIOGRAFICI

Aldo Leopold nasce nel 1887 in Iowa ed è tra i primi negli Stati Uniti a conseguire il *Master of Forestry* all'Università di Yale. Assunto nel Servizio Forestale, lavora in Arizona, in New Mexico e poi in Wisconsin dove acquista una fattoria di trenta ettari che diventa il

suo luogo privilegiato di osservazione scientifica e, allo stesso tempo, di contemplazione della natura. I suoi principali campi di azione professionale sono la lotta al degrado dei bacini montani causato da incendi ed erosione del suolo, e la gestione della fauna selvatica, disciplina che nella seconda parte della sua vita insegna per diversi anni presso l'università del Wisconsin. Nello stesso ateneo Leopold dirige anche un laboratorio di selvicoltura per studiare la ricostituzione dei paesaggi naturali originari del Wisconsin, scomparsi dai tempi dei coloni.

Il pragmatismo americano domina la sua formazione forestale, in particolare la visione utilitaristica di Gifford Pinchot, fondatore dell'*US Forest Service*, secondo cui l'applicazione delle conoscenze scientifiche e tecniche consente di trarre il massimo profitto dall'uso delle risorse naturali garantendone la conservazione. Di fatto, Pinchot introduce il principio della sostenibilità economica - appreso nell'anno di specializzazione trascorso a Nancy - nella gestione delle foreste del Nord America dove, a fine Ottocento, la disponibilità di aree boscate incontaminate da sfruttare era ancora grande e la preoccupazione per la rinnovazione della risorsa quasi assente (Miller, 2001).

Nel corso della sua vita professionale Leopold si allontana gradualmente da questo approccio, man mano che l'esperienza maturata nei diversi ambienti in cui opera e gli sviluppi della scienza ecologica, che segue costantemente, gli fanno prendere atto che perseguire sempre e comunque il massimo utile economico in molti casi non è compatibile con la tutela di ciò che chiama la "salute della terra", cioè della capacità di autoperpetuarsi dei sistemi naturali (Flader e Callicott, 1991). Ci sono, infatti, molte componenti animali e vegetali dell'ambiente che non hanno valore economico, eppure sono anche esse essenziali per la salvaguardia degli ecosistemi. Esempio

dell'evoluzione del suo pensiero in questo senso è l'atteggiamento nei confronti dei grandi predatori che egli inizialmente considera alla stregua di *parassiti* (Leopold, 1991a). Nei primi anni della sua carriera nello *US Forest Service*, occupandosi di conservazione della selvaggina, Leopold sostiene convintamente la necessità di eliminare lupi e grizzly per conservare il più alto numero possibile di capi di selvaggina a disposizione dei cacciatori. Gradualmente, si rende conto che il venir meno del controllo naturale dei predatori sulla numerosità delle prede va a danno della rinnovazione della foresta e della stessa vitalità degli animali da tutelare che non vi trovano più nutrimento sufficiente.

Al centro dei suoi interessi professionali e delle sue riflessioni ci sono i problemi posti alla conservazione della natura dal tumultuoso sviluppo economico degli Stati Uniti del suo tempo. Tra le conseguenze dell'aumentato benessere della popolazione c'è anche la nascita del turismo di massa, per via della maggiore disponibilità di tempo libero che sempre più persone amano trascorrere nelle aree naturali incontaminate favorendo così la costruzione di strutture e infrastrutture che riducono la disponibilità di natura selvaggia (*wilderness*).

Per diffondere le proprie idee Leopold collabora con diverse associazioni che si occupano di gestione della selvaggina e di conservazione delle aree naturali; tiene conferenze e scrive numerosi articoli e saggi che oggi consentono di conoscere e approfondire lo sviluppo del suo profondo e articolato pensiero (Flader e Callicott, 1991). Nel 1935 fonda la *Wilderness Society* con l'obiettivo di espandere la superficie delle aree protette in America: questa associazione contribuisce in modo sostanziale all'approvazione, nel 1964, da parte del governo degli Stati Uniti, del *Wilderness Act*, una legge che protegge una superficie di quaran-

tacinque milioni di ettari. La conservazione di aree naturali poco compromesse dall'azione umana e totalmente prive di infrastrutture turistiche ha per Leopold un significato non solo estetico e scientifico ma anche educativo per la formazione della gioventù americana, in quanto la cultura degli Stati Uniti è anche il frutto del confronto diretto tra i coloni e la natura selvaggia delle aree inesplorate dell'ovest.

Aldo Leopold muore improvvisamente nel 1948 poco prima della pubblicazione del suo libro più famoso, *A Sand County Almanac* (Leopold, 1970), riproposto di recente in Italia con il titolo di "Pensare come una montagna" (Leopold, 2023). Il titolo della nuova edizione italiana riprende un'espressione dell'autore, con la quale egli sintetizza in modo suggestivo uno degli esiti più importanti della sua riflessione circa il valore di qualsiasi essere vivente e della terra nel suo complesso: solo le montagne hanno assistito fin dall'inizio al processo che ha portato alla selezione degli esseri viventi che fanno parte di un ecosistema integro e sanno quanto sia importante il ruolo di ciascuno di essi nel mantenerne l'equilibrio. Gli elementi principali di ciò che Leopold chiama *Etica della terra* sono descritti nella terza parte del libro ma per comprendere meglio il senso di quanto l'autore propone per cambiare il comportamento dell'essere umano nei confronti della terra che abita, è necessario leggere con attenzione anche le prime due parti. Esse contengono in forma di osservazioni e riflessioni lungo il ciclo delle stagioni, e di racconti di viaggio, le sue esperienze di contatto diretto con gli ambienti naturali e le specie vegetali e animali che li popolano e che si sono coevolute nel corso di intere ere geologiche. All'ammirata descrizione fa da contrasto l'amara constatazione di come l'attività umana, grazie alle conquiste tecnologiche della modernità, abbia in tempi molto più brevi modificato tali ambienti e il loro equilibrio, portando a estinzione molte specie

considerate “non utili” o addirittura “dannose” per gli interessi economici. Dai testi del libro emerge la convinzione dell’autore che, oltre a una migliore conoscenza scientifica della natura, sia importante recuperare una relazione diretta, incarnata, di tipo sensoriale, con essa, capace di suscitare sentimenti di ammirazione e rispetto del valore che piante, animali, rocce e suolo hanno al di là dell’utilità che se ne può ricavare.

3. L’ETICA DELLA TERRA

Nel pensiero di Leopold l’etica ha basi ecologiche oltre che filosofiche, e da quel punto di vista viene definita “una limitazione della libertà d’azione nella lotta per l’esistenza” che favorisce lo sviluppo di tecniche di cooperazione tra individui e gruppi sociali. C’è anche un aspetto evolutivo ripreso da Darwin: il pensiero morale classico, nel decidere ciò che è giusto e ciò che è sbagliato, nel corso della storia si è occupato dapprima dei rapporti tra individui e poi di quelli tra individui e comunità, sottraendo sempre più situazioni alla mera valutazione della convenienza, quella economica prima di tutto. Solo il rapporto con la terra è ancora strettamente economico e comporta per gli esseri umani solo privilegi e mai obblighi. Per questo Leopold propone quale ulteriore evoluzione dell’etica l’allargamento dei suoi confini in modo da includere nella comunità degli individui soggetto di diritti intrinseci il suolo, le acque, le piante e gli animali o, collettivamente, la terra stessa.

La necessità di un diverso pensiero etico ha un profondo fondamento ontologico ed epistemologico. Esso deriva, cioè, dalla concezione che Leopold ha maturato sull’essenza della natura e del modo di rappresentarla per conoscerla. La scienza ecologica, grazie anche al contributo dell’evoluzionismo darwinia-

no, già ai tempi di Leopold aveva evidenziato come tra le numerose componenti della natura, esseri umani inclusi, esistono relazioni di interdipendenza e familiarità che danno vita a quelle che definisce *comunità biotiche*. Questa concezione della natura mette in discussione la visione meccanicistica fino ad allora dominante e la separazione cartesiana dell’uomo soggetto rispetto agli altri esseri viventi, considerati semplici oggetti, privi di valore proprio e liberamente manipolabili (Nelson, 1998). L’etica della terra è la risposta alla percezione che la natura è organizzata come una comunità della quale anche gli esseri umani sono componenti ordinari. È lecito usare le risorse naturali ma in modo etico, cioè tenendo conto del diritto di ogni specie vivente a essere preservata in virtù del proprio valore intrinseco e nell’interesse della comunità biotica tutta. La nostra comprensione ecologica del mondo è ancora molto imperfetta e ciò deve indurre a manipolare in modo prudente i sistemi naturali vista la limitata conoscenza delle conseguenze delle nostre azioni (Mortari, 2020 pag. 22-23). Ma, secondo Leopold, oltre la conoscenza ecologica è necessario che gli esseri umani, in virtù delle loro peculiarità, abbiano anche una “coscienza ecologica” che gli consenta di agire nell’ambito di un rapporto equilibrato tra economia e ecologia.

Il pensiero di Leopold ha un’importanza riconosciuta nell’ambito della filosofia ambientale e delle scienze che si occupano di conservazione della natura (Nelson, 1998; Piccolo, 2020). Tuttavia, l’approccio non-antropocentrico e olistico che lo contraddistingue è stato, a volte, mal interpretato fino a muovergli l’accusa di ecofascismo (Regan, 1982, citato in Callicott, 2013). In particolare, viene evidenziato che quella che è spesso ritenuta la *massima morale* alla base dell’Etica della terra, “Una cosa è giusta quando tende a preservare l’integrità, la stabilità e la bellezza della comu-

nità biotica; è sbagliata quando mostra una tendenza diversa” (Leopold, 2023 pag. 253), sembrerebbe sancire la superiorità della comunità rispetto al singolo individuo che ne fa parte e che può essere sacrificato per favorire l’interesse di un’entità superiore (Millstein, 2018). Secondo Callicott (2013), il pensiero di Leopold va, però, interpretato alla luce di tutti i suoi scritti e dell’azione professionale da lui svolta. In questo modo emerge come il dovere di rispettare la comunità biotica insito nell’Etica della terra non sostituisce i principi morali che, secondo l’etica classica, sono alla base delle relazioni tra individui e dell’individuo con la comunità, piuttosto si aggiunge a quelli già definiti nel corso della storia. Nel caso di conflitti tra i doveri verso individui o comunità sociali e quelli nei confronti delle comunità biotiche, vanno stabilite delle priorità considerando principi etici di secondo grado.

La massima morale sopra citata è stata criticata anche perché il giudizio sulla bontà o meno di un’azione umana nei confronti della natura andrebbe espresso in base al fatto che ne preservi “integrità” e “stabilità”, termini considerati superati alla luce della concezione dinamica della natura che oggi prevale nell’ambito della scienza ecologica (Hettinger e Throop, 1999). Anche in questo caso non si tiene conto che Leopold ha spesso operato a difesa di ecosistemi soggetti a disturbi e cambiamenti di diversa magnitudine, dovuti a cause naturali e antropiche, per cui dietro il termine di stabilità va visto quello spesso utilizzato di *salute della terra*, intesa come capacità di autoperpetuarsi (Millstein, 2018). È comunque vero che la formulazione della massima morale dell’Etica della terra è figlia di conoscenze ecologiche più limitate rispetto a quelle attuali e che andrebbe in un certo senso aggiornata ponendo come criterio etico di valutazione delle azioni umane il fatto che il disturbo arrecato a un sistema naturale avvenga o meno a una scala spaziale

(estensione) e temporale (frequenza) compatibili con quelle cui quel sistema è abituato a reagire (Callicott, 2013).

4. LEOPOLD E IL DAUERWALD

Nei suoi scritti Leopold si è occupato di selvicoltura soprattutto in occasione del suo viaggio in Germania, svoltosi nel corso del 1935, dove si recò per studiare la gestione della fauna selvatica in centro Europa e i suoi rapporti con la gestione forestale.

In una serie di articoli pubblicati al suo ritorno in America (vedi in particolare Leopold, 1936a, 1936b) egli critica, alla luce della ricostruzione delle vicende storiche che l’hanno determinata, la vasta diffusione della monocoltura di abete rosso e pino silvestre, gestita a taglio raso, rinnovazione artificiale e alta densità di alberi per rendere la coltivazione più redditizia. Al tempo della sua visita le piantagioni di conifere avevano già diffusamente sostituito le foreste naturali miste a prevalenza di latifoglie, e il paesaggio forestale del Centro Europa, sia pur dominato da vaste aree boscate, appare a Leopold innaturale perché troppo ordinato, troppo semplificato, troppo geometrico (Leopold lo paragona a un quadro “cubista” e parla di *wood factory*) anche rispetto a quello di diversi territori degli Stati Uniti dove la coltivazione di campi e foreste è spesso molto intensiva ma qualcosa viene sempre lasciato alla naturalità di forme e colori degli elementi che compongono l’ambiente.

Per di più, in questi soprassuoli estremamente semplificati viene altrettanto artificialmente mantenuta, per finalità puramente venatorie, una popolazione molto elevata di ungulati. Il risultato, secondo Leopold, è che da un lato c’è un sistema selvicolturale incompatibile con la presenza di un carico faunistico ecologicamente equilibrato, e dall’altro un si-

stema di gestione della selvaggina a sua volta incompatibile con una selvicoltura ecologicamente sostenibile. Il mantenimento di tale sistema ha richiesto l'eliminazione dei predatori naturali di cervi e caprioli e ha determinato un forte impatto sulla funzionalità ecologica della foresta naturale che Leopold (1936b) ravvisa nell'alterazione delle caratteristiche del suolo (podsolizzazione) e nella sparizione di gran parte della flora e dell'avifauna originarie. In un altro scritto, (Leopold, 1991b), egli ammette di essere stato colpito non tanto dalla completa assenza di aree *wilderness* (natura selvaggia) che certo non si aspettava di trovare in un paese come la Germania, densamente abitato e con un'economia industriale molto sviluppata dove la terra è un bene limitato, ma la mancanza di ciò che definisce *wildness*, un termine inglese che non ha una precisa corrispondenza in italiano ma che viene utilizzato per definire i sistemi naturali che conservano la capacità di autorizzarsi e autoperpetuarsi anche se utilizzati dall'uomo per la produzione di beni materiali (Flaspohler e Meine, 2006).

Ciò che è più significativo da un punto di vista forestale è il fatto che Leopold, durante la sua esperienza in centro Europa, ha modo di rendersi conto che la mancanza di equilibrio ecologico nella gestione selvicolturale e faunistica è già stata criticamente valutata e ha portato, come reazione, alla definizione di proposte alternative. In alcune foreste che egli visita, in particolare in quella di Bärenthoren, in Sassonia-Anhalt, fin dalla fine dell'Ottocento è applicata una selvicoltura basata sul taglio selettivo e la rinnovazione naturale, che lascia spazio alle latifoglie. Un modo di gestire il bosco che Alfred Möeller, anche alla luce di quanto osservato proprio a Bärenthoren, pochi anni prima aveva codificato e definito con il termine *Dauerwald* (Bosco permanente) (Leopold, 1936a; Shabel e Palmer, 1999; Jacobsen, 2001).

Come è noto, il *Dauerwald* non è un sistema selvicolturale in sé ma include più sistemi di trattamento del bosco applicati nel rispetto di alcuni principi che possono essere riassunti in questi cinque: 1) evitare il taglio a raso per garantire la continuità delle condizioni forestali; 2) rilasciare gli alberi che crescono vigorosi tagliando quelli in evidente declino; 3) non basare la gestione sul turno o sulle classi di età; 4) Considerare la rinnovazione del popolamento una conseguenza della buona gestione e non l'obiettivo che traina le scelte selvicolturali; 5) non pianificare la produzione legnosa sulla base di elaborati calcoli di previsione ma stabilirla in base a periodiche misure dell'incremento, scegliendo gli alberi da tagliare con criteri selvicolturali prima che economici cioè sull'ottenimento di un dato volume o di determinati assortimenti (Helliwell, 1997; Shabel e Palmer, 1999).

Leopold condivide con Möeller la visione della foresta come organismo composto da numerose parti interdipendenti tra loro, che può esprimere il proprio vigore e produttività solo se tutte le componenti sono presenti e sono in salute. Il *Dauerwald* è anche il frutto della collaborazione di Möeller con Karl Gayer, fra i primi studiosi a sostenere i sistemi di gestione forestale in grado di determinare disturbi di bassa intensità all'ecosistema in modo da interrompere il meno possibile i legami tra le diverse componenti. È probabile che l'aver osservato i risultati dell'applicazione dei principi del *Dauerwald* a Bärenthoren abbia aiutato Leopold a comprendere in modo compiuto l'importanza ecologica delle componenti delle foreste prive di valore economico anche ai fini della conservazione di elevati incrementi legnosi (Jacobsen, 2001; Shabel, 2001). Infatti, i dati provenienti dalla foresta di Bärenthoren dopo qualche decennio di applicazione dei principi del *Dauerwald* mostravano come fosse possibile sia pur nel medio-lungo perio-

do ottenere una migliore produttività legnosa, oltre a una migliore salute dell'ecosistema, rispetto alla monocultura di conifere (Leopold, 1936a). A dimostrazione che ottenere più incremento legnoso a spese della salute del suolo, della bellezza del paesaggio e della biodiversità rappresenta una cattiva forma di economia e politica pubblica (Leopold, 1936b; Shabel e Palmer, 1999).

Probabilmente, è da questa esperienza europea che Leopold trae lo spunto per distinguere due diversi tipi di selvicoltori che definisce di tipo A e di tipo B. I primi sono quelli che selezionano le specie arboree da coltivare nei boschi in base alla loro velocità di crescita e al loro valore economico, con un approccio di tipo agronomico. I secondi sono quelli che preservano anche le specie di scarsa o nulla importanza commerciale in quanto componenti della comunità biotica, favoriscono la rinnovazione delle specie autoctone e cercano di mantenere un ambiente naturale invece che crearne uno artificiale (Leopold, 2023 pag. 249).

L'anno precedente la sua visita in Germania il regime nazista rese obbligatorio per legge applicare i principi del Dauerwald nella gestione forestale al fine di ricostruire gradualmente le originarie foreste miste germaniche. Tale obbligo, tuttavia, fu di breve durata perché solo tre anni dopo venne abolito a causa della forte ostilità di proprietari forestali e cacciatori nonché delle esigenze dell'economia di un paese che si prepara alla guerra. Fu, però, sufficiente quel breve periodo perché al Dauerwald rimanesse addosso lo stigma della contiguità culturale con il regime nazista e la sua retorica nazionalista (Shabel e Palmer, 2001).

5. LA SELVICOLTURA SI AVVICINA ALLA NATURA

Il Dauerwald propone il passaggio da una gestione della produzione forestale basata su re-

gole di ordinamento dei soprassuoli rigide e predeterminate volte a disegnare una foresta sotto il pieno controllo del gestore (bosco normale), a una fondata sull'applicazione di principi selvicolturali strettamente collegati alla dinamica naturale dei popolamenti forestali e alla scienza ecologica, da applicare con modularità in relazione alle caratteristiche dei popolamenti e alle loro reazioni agli interventi. Questo ultimo è l'approccio selvicolturale che si è andato molto gradualmente affermando negli ultimi 75 anni.

In realtà, Möeller con il Dauerwald aveva messo a sistema principi guida che già esistevano nella cultura forestale e nella pratica selvicolturale europee pur se relegati in posizione molto marginale come importanza e diffusione.

Le prime reazioni alla dominante ipersemplificazione delle foreste si erano, infatti, avute già alla fine del XIX secolo di fronte ai primi segnali di perdita di vitalità, stabilità e produttività manifestata dalle monoculture di conifere, e al degrado estetico del paesaggio forestale. Fu allora coniato il termine "Selvicoltura vicino alla natura" (SVN), proposto da Karl Gayer e basato sul taglio selettivo per ottenere boschi misti e multietanei (Shütz *et al.*, 2016). Questo approccio selvicolturale fu sviluppato specialmente in Svizzera, innanzitutto da Arnold Engler e Henry Biolley che furono tra gli antesignani in campo forestale dello spirito del "back to nature", e successivamente da Leibundgut, e Mlinsek in Slovenia. La vera innovazione consisteva nel superare lo schematismo della scelta di un unico trattamento da applicare in modo omogeneo su un'intera superficie boscata, per cui tutti i principali sistemi selvicolturali (diradamenti, tagli successivi, tagli selettivi a gruppi o per piede d'albero) potevano essere utilizzati a seconda delle condizioni reali del popolamento in vista dell'obiettivo gestionale da raggiungere (Shabel, 2001; Jacobsen, 2001; Agrimi e Portoghesi, 2002; Johann, 2006; Shütz, 2006; Shütz *et al.*, 2016).

I principi del Dauerwald furono ripresi e riproposti nel secondo dopoguerra in Germania da una associazione di professionisti e proprietari privati forestali (ANW, *Arbeitsgemeinschaft Naturgemässe Waldwirtschaft*) convinti della maggiore efficienza economica ed ecologica nel lungo periodo dell'approccio di Möeller. Tuttavia, la loro effettiva applicazione fu limitata perché trovò nuovamente la forte opposizione della maggior parte dei proprietari forestali e dei gestori della selvaggina, poco favorevoli alla riduzione della densità di ungulati richiesta da una forma di gestione basata sulla rinnovazione naturale (Wolf e Berg, 1988; Shabel e Palmer, 1999; Shabel, 2001).

Il cambiamento innescato dalla riscoperta del Dauerwald accelera nella seconda metà degli anni '80 con il manifestarsi in modo sempre più intensivo e diffuso, particolarmente nel centro Europa, della moria delle foreste (*waldsterben*) che viene ricondotta all'interazione tra il fenomeno delle piogge acide (Migliorini, 1984) e le disfunzionalità ecologiche determinate, soprattutto a carico del suolo, dalla prolungata monocoltura di conifere oltre che dai primi effetti del cambiamento climatico. La maggiore sensibilità dell'opinione pubblica nei confronti dell'ambiente convince la politica forestale della Germania e di altri paesi europei a adottare i principi ecologici nella gestione forestale e della fauna selvatica (Wolfe and Berg, 1988; Shabel e Palmer, 1999; Shabel, 2001).

Parlare di SVN diviene sempre più di moda per sottolineare la volontà di cambiare decisamente strada rispetto all'artificialità della gestione forestale tradizionale. Il termine risulta, però, controverso in quanto ci possono essere modi diversi di valutare la naturalità della struttura e della composizione di una foresta risultanti da trattamenti selvicolturali definibili come SVN che spesso vengono limitati al taglio selettivo. Per questo Mason *et al.* (2022) propongono di riprendere un termine più neu-

trale, *Continuous Cover Forestry*, per comprendere tutti i tipi di trattamento forestale che non determinano l'interruzione della copertura arborea su ampie superfici.

Nel 1989 l'ANW si trasforma in PRO SILVA, una federazione europea di selvicoltori che sostengono la gestione forestale basata su principi fondati sui processi riscontrabili nelle foreste naturali, a cui aderiscono in prevalenza professionisti del settore forestale di 25 paesi europei (<https://www.prosilva.org/close-to-nature-forestry/pro-silva-principles/>; Helliwell, 1997).

Recentemente l'EU ha adottato la nuova Strategia per le foreste (European Commission, 2021) il cui obiettivo per il 2030 è di aumentare quantità e qualità delle foreste rafforzandone la protezione, la resilienza e il recupero funzionale (Motta e Larsen, 2022). Come strumento centrale di attuazione è proposto un nuovo concetto di gestione forestale definito "Selvicoltura più prossima alla natura" (SPPN). Secondo il gruppo di lavoro che l'ha definito, la selvicoltura più prossima alla natura è "un ombrello che riguarda tutti gli approcci e terminologie che sotto gli auspici della Gestione Forestale Sostenibile supportano la biodiversità, la resilienza e l'adattamento climatico a scala di paesaggio". Sulla base di questa definizione sono stati individuati sette principi che caratterizzano un trattamento definibile SPPN, che, almeno in parte, si rifanno a quelli del Dauerwald e, in un certo senso, ne rappresentano l'evoluzione visto che tengono conto delle più recenti acquisizioni dell'ecologia forestale, per esempio quelle che riguardano l'importanza del legno morto e degli alberi habitat.

6. RIFLESSIONI CONCLUSIVE

Quanto esposto nel precedente capitolo vuole evidenziare che il Dauerwald ha rap-

presentato un punto di svolta nel processo di superamento del paradigma della normalizzazione iniziato a fine '800.

Möeller sancì il primato della selvicoltura fondata sulle acquisizioni della scienza ecologica e, nel definirla un organismo, aprì a un nuovo modo di guardare alla foresta in cui tutte le componenti del sistema giocano un ruolo al di là del loro valore economico. Questa concezione della foresta rappresenta anche il punto d'incontro tra il Dauerwald e l'Etica della terra di Leopold che ne condivideva i principi in quanto coerenti con il suo modo di pensare la conservazione della natura equilibrando ecologia ed economia.

In tal senso il Dauerwald è andato oltre anche al Metodo del Controllo, storicamente antecedente e che aveva anticipato alcuni dei temi centrali dell'approccio di Möeller, liberando la selvicoltura dagli schematismi ma rafforzandone il ruolo di strumento utile all'intensiva produzione di legno. Il Dauerwald ha, invece, indicato la via da percorrere per affrancare la selvicoltura dall'essere mero strumento di produzione di beni e servizi, innovando il suo ruolo in chiave di conservazione delle foreste in quanto ecosistemi naturali. Questo percorso è ancora lungi dall'essere pienamente compiuto ma ha visto negli ultimi decenni una significativa accelerazione come testimonia quanto sopra illustrato.

In realtà, un ulteriore passo in avanti rispetto a quanto oggi definito SPPN era già stato compiuto alla fine del secolo scorso, proprio in Italia, con la proposizione della Selvicoltura Sistemica (Ciancio e Nocentini, 1996) che, non a caso, si rifà esplicitamente al Dauerwald e al pensiero di Aldo Leopold (Nocentini *et al.*, 2020). Le differenze sostanziali tra la *silvosistemica* e l'insieme di proposte riunite sotto l'ombrello della SPPN sono state molto bene illustrate e argomentate in un articolo, pubblicato su questa rivista, al quale si rimanda (Ubertini,

2024). In esso l'autore evidenzia che la SPPN ha accolto il paradigma epistemologico della complessità ma, a differenza della Selvicoltura sistemica, non ha superato la visione utilitaristica del bosco per cui la foresta pur concepita come sistema biologico complesso rimane un bene portatore solo di valore strumentale e non intrinseco.

Come Aldo Leopold sosteneva, nessun cambiamento etico nei confronti della natura è possibile se gli esseri umani non si percepiscono come facenti parte della stessa "comunità biotica" di cui sono parte le foreste e le altre componenti della terra, e non acquisiscono piena consapevolezza degli stretti legami che le comunità umane hanno con le altre componenti degli ecosistemi. Un cambiamento profondo, di tipo ontologico e non solo epistemologico, nella visione del mondo è necessario per riconoscere diritti intrinseci a tutte le entità naturali e cambiare efficacemente il modo di agire nei loro confronti. La Selvicoltura sistemica considera l'uomo come parte del sistema e in base a questo può considerare la foresta come soggetto di diritti definendo un coerente modo di procedere nella gestione forestale, e differenziandosi in questo dalle altre forme di gestione proposte in Europa e in Nord America (Nocentini *et al.*, 2020).

In conclusione di questa breve sintesi della figura di Aldo Leopold e dello sviluppo della selvicoltura in Europa si può dire che l'Etica della Terra, vista anche l'importanza che ha avuto nella nascita e nello sviluppo della filosofia ambientale, può costituire il riferimento ontologico ed etico necessario per riaffermare il ruolo della selvicoltura "... sia sotto il profilo della dignità disciplinare che sul versante della operatività applicativa, non più solo concepita in termini "difensivi" ma "costruttivi", nella necessità della sua applicazione per l'obiettivo ecologico" (Ubertini, 2024) da perseguire nel convulso mondo di oggi.

A partire dal pensiero di Aldo Leopold, dai principi del Dauerwald, dalla teoria della Selvicoltura Sistemica e dalle sue modalità pratico operative (Ciancio, 2014), possono essere ridefiniti l'identità e il compito del Forestale del XXI secolo. A fronte delle tante foreste la cui composizione, struttura e funzionalità biologica è stata profondamente alterata da secoli di azioni antropiche orientate prevalentemente alla produzione di legname, e delle incertezze determinate dal cambiamento globale, sarà sempre più necessaria una figura professionale in grado, per scienza e coscienza, di coadiuvare gli ecosistemi forestali a migliorare/ripristinare la loro capacità autoregolativa che gli consenta di adattarsi al cambiamento pur garantendo le funzioni del bosco, compresa quella produttiva di beni tangibili e intangibili. Inscrivendo in tal modo, naturalmente e logicamente, l'economia all'interno delle dinamiche ecologiche, l'ecologia umana all'interno dell'economia della natura (Ubertini, 2024). Ciò significherà, parafrasando Leopold, imparare a pensare come una foresta.

RIASSUNTO

Aldo Leopold, forestale americano della prima metà del secolo scorso, è considerato uno dei padri del pensiero ambientale in quanto fu tra i primi a proporre di estendere i diritti degli esseri umani all'intera comunità biotica includendo piante, animali, il suolo e la terra tutta. Durante un viaggio in Germania vede nel Dauerwald, il tipo di gestione forestale proposto per superare il paradigma del Bosco normale, l'applicazione del concetto di natura come organismo, a lui caro. Nel secondo dopoguerra, i principi del Dauerwald sono stati la base della Selvicoltura più Vicina alla Natura, oggi elemento portante della strategia forestale della UE, che guarda alla foresta come sistema complesso a cui però assegna solo valore strumentale. Eppure, già a fine del XX secolo, in Italia, è stata proposta la Selvicoltura sistemica che attribuisce alla foresta un valore intrinseco e dei diritti con una visione del rapporto tra uomo e natura comune a quella di Leopold.

BIBLIOGRAFIA

- Agrimi M., Portoghesi L., 2002 - *Il metodo del controllo nell'asestamento forestale*. Economia Montana Linea Ecologica, 34 (1): 39-42.
- Callicott J.B., 1989 - *In defense of the Land Ethic*. Essays in Environmental Philosophy. SUNY Series in Philosophy and Biology.
- Callicott J.B., 2013 - *The land ethic: key philosophical and scientific challenges*. College of Liberal Arts, Oregon State University.
- Ciancio O., Nocentini S., 1996 - *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*. In: Ciancio O. (a cura di) "Il bosco e l'uomo". Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, p. 21-115.
- Ciancio O., 2014 - *Selvicoltura sistemica*. In: Ciancio O., "Storia del Pensiero Forestale. Selvicoltura, Filosofia, Etica. Rubbettino, Soveria Mannelli, p. 225-246.
- European Commission, 2021 - *New EU Forest Strategy for 2030*. COM (2021) 572. European Union, Brussels.
- Flader S.L., Callicott J.B. (a cura di), 1991 - *The River of the Mother of God and Other Essays by Aldo Leopold*. The University of Wisconsin press, Madison, 384 p.
- Flaspohler D.J., Meine C., 2006 - *Planning for Wilderness. Aldo Leopold's Report on Huron Mountain Club*. Journal of Forestry, Jan/Feb: 32-46. <https://doi.org/10.1093/jof/104.1.32>
- Helliwel D.R., 1997 - *Dauerwald*. Forestry, 70 (4): 375-379. <https://doi.org/10.1093/forestry/70.4.375>
- Hettinger N., Throop B., 1999 - *Refocusing Ecocentrism: De-emphasizing Stability and Defending Wilderness*. Environmental Ethics, 21: 1-21. <https://doi.org/10.5840/enviroethics199921138>
- Jacobsen M.K., 2001 - *History and principles of close to nature forest management: a central Europe perspective*. In: Read H., Forfang A.S., Marciau R., Paltto H. (a cura di), "Tools for Preserving Woodland Biodiversity", Naconex Projects, p. 56-60.
- Johann E., 2006 - *Historical development of nature-based forestry in Central Europe*. In: Diaci J. (a cura di) "Nature-based Forestry in Central Europe. Alternatives to Industrial Forestry and Strict Preservation. Studia Forestalia Slovenica, 126: 1-18.
- Leopold A., 1970 - *A Sand County Almanac. And Sketches here and there*. Oxford University Press, London, Oxford, New York, 226 p.

- Leopold A., 2023 - *Pensare come una montagna. A sand county almanac*. Piano B, 256 p.
- Leopold A., 1936a - *Deer and Dauerwald in Germany. I History*. Journal of Forestry, 34: 366-375.
- Leopold A., 1936b - *Deer and Dauerwald in Germany. II Ecology and Policy*. Journal of Forestry, 34: 460-466.
- Leopold A., 1991a - *The Varmint Question*. In: Flader S.L., Callicott J.B. (a cura di), "The River of the Mother of God and Other Essays by Aldo Leopold". The University of Wisconsin Press, Madison, p. 47-48.
- Leopold A., 1991b - *Wilderness*. In: Flader S.L., Callicott J.B. (a cura di), "The River of the Mother of God and Other Essays by Aldo Leopold". The University of Wisconsin Press, Madison, p. 226-229.
- Leopold A.C., 2004 - *Living with the Land Ethic*. Bioscience, 54 (2): 149-154. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0149:LWTLE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0149:LWTLE]2.0.CO;2)
- Mason W.L., Diaci J., Carvalho J., Valkonen S., 2022 - *Continuous Cover Forestry in Europe: knowledge gaps and challenges to wider adoption*. Forestry, 95 (1): 1-12. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpab038>
- Miller C., 2001 - *Gifford Pinchot and the Making of Modern Environmentalism*. Island Press/Shearwater Books.
- Millstein M.R., 2018 - *Debunking myths about Aldo Leopold's land ethic*. Biological Conservation, 217: 391-396. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.11.027>
- Migliorini P., 1984 - *Le piogge acide e lo scambio ineguale dell'inquinamento atmosferico in Europa*. Bollettino della Società Geografica Italiana, ser. 11, vol. 1: 195-208
- Mortari L., 2020 - *Educazione ecologica*. Editori Laterza, Bari-Roma, 190 p.
- Motta R., Larsen 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>
- Nelson M.P., 1998 - *Aldo Leopold, Environmental Ethics, and Land Ethic*. Wildlife Society Bulletin, 26 (4): 741-744
- Nocentini S., Ciancio O., Portoghesi L., Corona P., 2020 - *Historical roots and the evolving science of forest management under a systemic perspective*. Can. J. For. Res., 51: 163-171. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0293>
- Pagano P., 2004 - *Antropocentrismo, biocentrismo, ecocentrismo: una panoramica di filosofia ambientale*. Energia, Ambiente, Innovazione, 50 (2): 72-86.
- Piccolo J.J., 2020 - *Celebrating Aldo Leopold's Land Ethic at 70*. Conservation Biology, 34 (6): 1586-1588. <https://doi.org/10.1111/cobi.13526>
- Rolston III H., 2003 - *Environmental Ethics*. In: Bunnin N. and Tsui-James E.P. (eds.), "The Blackwell Companion to Philosophy" 2nd ed., Blackwell Publishing, p. 517-530. <https://doi.org/10.1002/9780470996362.ch20>
- Schütz J.P., 2006 - *Le canton de Neuchâtel et le jardinage moderne*. Schweiz. Z. Forstwes., 157 (7): 250-253. <https://doi.org/10.3188/szf.2006.0250>
- Schütz J.P., Saniga M., Diaci J., Vrška T., 2016 - *Comparing close-to-nature silviculture with processes in pristine forests: lessons from Central Europe*. Annals of Forest Science, 73: 911-921. <https://doi.org/10.1007/s13595-016-0579-9>
- Shabel H.G., 2001 - *Deer and Daurwald in Germany: Any progress?* Wildlife Society Bulletin, 29 (3): 888-898.
- Shabel H.G., Palmer S.L., 1999 - *The Dauerwald and its Role in the Restoration of Natural Forest*. Journal of Forestry, nov: 20-25. <https://doi.org/10.1093/jof/97.11.20>
- Ubertini C., 2023 - *The Aldo Leopold Archetype*. L'Italia Forestale e Montana, 78 (6): 237-259. <https://doi.org/10.36253/ifm-1118>
- Ubertini C., 2024 - *Selvicoltura e Natura*. L'Italia Forestale e Montana, 79 (5/6): 217-231. <https://doi.org/10.36253/ifm-1149>
- Wolf M., Berg F.C., 1988 - *Deer and Forestry in Germany: Half a Century After Aldo Leopold*. Journal of Forestry, 86 (5): 25-36. <https://doi.org/10.1093/jof/86.5.25>



Forestry nurseries and urban reforestation: opportunities and legal challenges of the sector

Vivai forestali e riforestazione urbana: opportunità e sfide giuridiche del settore

Giorgia Di Domenico ^(a) - Stefano Ceci ^{(a)(*)} - Francesca Cellitti ^(a) - Valerio Di Stefano ^{(a)(b)}

^(a) CREA - Centro di ricerca Foreste e Legno, Via Valle della Quistione, 27 - 00166 Roma, Italia.

^(b) Università degli Studi "G. Marconi" di Roma, Via Plinio, 44 - 00193 Roma, Italia.

^(*) Corresponding author; stefano.ceci@crea.gov.it

Abstract: Forestry nurseries, through their contribution to reforestation, biodiversity conservation, and the fight against climate change, represent a strategic resource for the future of communities, particularly in highly urbanized contexts. A robust regulatory framework governing and ensuring the quality of forest reproductive material is essential to support these activities and to guarantee their effective contribution to sustainability objectives. Moreover, numerous European and national initiatives, such as the various urban reforestation programs planned and financed under the PNRR, underscore the critical role of forestry nurseries in addressing contemporary environmental challenges and fostering more sustainable development, particularly in urban areas. This paper aims to analyze and discuss Legislative Decree no. 386/2003, with a specific focus on the certification, labeling, and traceability requirements for basic forest material. Particular attention is given to the recent Delegation Law no. 102/2024, through which the Italian Parliament has authorized the Government to amend and expand the existing regulatory framework.

Key words: forestry law; urban reforestation; public private partnership; forestry nursery.

Citation: Di Domenico G., Ceci S., Cellitti F., Di Stefano V., 2025 - *Vivai forestali e riforestazione urbana: opportunità e sfide giuridiche del settore*. L'Italia Forestale e Montana, 80 (1): 35-44; <https://dx.doi.org/10.36253/ifm-1159>

Received: 19/02/2025 **Revised version:** 26/03/2025 **Published online:** 06/05/2025

1. INTRODUZIONE

Il verde urbano e le tecniche di produzione di alberi forestali rivestono un ruolo di primaria importanza per la promozione della sostenibilità ambientale, la mitigazione dei cambiamenti climatici e il miglioramento della qualità della vita nelle aree urbane (Marchetti *et al.*, 2020).

La qualità di vita in ambito cittadino è migliore in presenza di un numero maggiore di aree verdi, semi-naturali o artificiali (Nocentini *et al.*, 2021). Queste aree, oltre a migliorare l'estetica degli spazi urbani, contribuiscono significativamente a mitigare il microclima urbano, ad esempio riducendo le temperature estreme durante i periodi estivi. L'effetto di raffrescamento naturale assume particolare rilievo

nel contesto delle isole di calore, sempre più marcate nelle città, anche a causa del cambiamento climatico (Corona *et al.*, 2024).

In alcune città italiane, inoltre, il verde urbano e le alberature stradali rappresentano una vera e propria identità culturale, tutelata e salvaguardata *ex lege* (Abrami, 2013).

Attraverso la produzione di idoneo materiale vivaistico forestale, con la conseguente creazione di nuovi alberi forestali, è possibile recuperare gli ecosistemi danneggiati da eventi di varia natura, come tempeste, incendi, attacchi di parassiti e altre calamità naturali. Questi interventi sono cruciali per ripristinare la funzionalità degli ecosistemi, garantendo un adeguato livello di utilità ecosistemiche in ambito urbano, e per proteggere la biodiversità e limitare la diffusione di specie invasive, favorendo invece la reintroduzione e la diffusione di specie autoctone o comunque adatte a sopravvivere nelle città anche in prospettiva futura.

Le aree di forestazione urbana realizzate secondo l'ottica della mitigazione dei cambiamenti climatici nel 2022 risultano in crescita del 26% rispetto al 2012 (Istat, 2022), anche per effetto di interventi finanziari specifici.

Sebbene il vivaismo forestale ricopra un ruolo di primaria importanza, la produzione italiana risulta molto ridimensionata rispetto al passato, con una superficie occupata dai vivaisti forestali di circa 4 ha e una produzione per unità di superficie di circa 13.000 piantine ad ettaro (Mariotti *et al.*, 2022). Il settore vivaistico forestale italiano necessita di un significativo rilancio per rispondere alla crescente domanda di materiale target (Martini *et al.*, 2022).

In un contesto di crescente interesse per il verde urbano ma anche di pressione sugli ecosistemi forestali, il ruolo dei vivaisti forestali è di garantire una fornitura adeguata di materiale di propagazione di qualità, essenziale per progetti di rimboschimento e conservazione (Agrimi, 2024). In tale prospettiva, politiche

e normative coerenti assumono un'importanza rilevante nel supportare e promuovere queste attività.

2. POLITICHE PUBBLICHE IN TEMA DI VIVAISTICA FORESTALE E RIFORESTAZIONE URBANA

Il vivaismo forestale si inserisce in un contesto di politiche e strategie più generali, caratterizzato da numerose iniziative a favore della conservazione delle foreste e della riforestazione, anche in ambito urbano.

A livello internazionale, l'ONU ha proclamato il decennio 2021-2030 come la *UN Decade on Ecosystem Restoration*, ovvero come periodo dedicato al ripristino degli ecosistemi degradati, con l'obiettivo di contrastare la perdita di biodiversità e i cambiamenti climatici. Peraltro, la FAO ha rafforzato il *Forest and Landscape Restoration Mechanism*, un programma che promuove interventi su larga scala per il recupero dei paesaggi forestali (Agrimi, 2024).

In ambito europeo, iniziative come la Strategia sulla Biodiversità, la Strategia Forestale Europea, il *Green Deal* Europeo, il programma *Next Generation EU* e, in ultimo, la *Nature Restoration Law* (Regolamento UE n. 2024/1991) includono azioni specifiche per la promozione della riforestazione e per la tutela e valorizzazione delle aree verdi. In particolare, la *Nature Restoration Law* all'art. 8, prevede che entro il 31 dicembre 2030 gli Stati membri provvedono affinché non si registri alcuna perdita netta della superficie nazionale totale degli spazi verdi urbani né di copertura della volta arborea urbana e, dal 1 gennaio 2031, affinché si garantisca un aumento della superficie nazionale totale degli spazi verdi urbani, anche mediante l'integrazione di spazi verdi urbani negli edifici e nelle infrastrutture. Inoltre, all'art. 13, in linea con quanto previsto dalla

Strategia Forestale Europea, è stabilito che gli Stati membri mirano a contribuire all'impegno di piantare almeno tre miliardi di nuovi alberi entro il 2030 a livello dell'Unione.

Questi strumenti sono fondamentali per orientare le politiche e le normative nazionali verso obiettivi comuni e condivisi di sostenibilità e resilienza ambientale (Di Stefano *et al.*, 2025).

A livello nazionale, l'Italia ha sviluppato una serie di strategie e strumenti operativi che rafforzano e sottolineano l'importanza del vivaismo forestale. Tra questi vi sono la Strategia Forestale Nazionale (SFN), la Strategia Nazionale del Verde Urbano, la Strategia Nazionale per la Biodiversità e il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) per mezzo del quale è stato redatto il Piano di Forestazione Urbana ed Extraurbana, approvato con decreto del MiTE (oggi MASE) n. 439 del 30.11.2021. Solamente il PNRR mette a disposizione, attraverso la Misura 2, Componente 4, Investimento 3.1, circa 330 milioni di euro per la tutela e valorizzazione del verde urbano ed extra-urbano.

Questi atti di *soft law* includono misure per incrementare le superfici forestali, migliorare la gestione delle aree verdi urbane e periurbane e favorire la creazione di nuovi boschi.

Pertanto, anche a livello locale e regionale, vengono svolte molte iniziative dedicate alla messa a dimora di alberi e alla creazione di spazi verdi. Infatti, il coinvolgimento degli enti locali più vicini ai cittadini, delle associazioni ambientaliste e soprattutto dei cittadini stessi è un elemento essenziale per il successo di queste iniziative (Abrami, 2013). In un contesto di rinnovato interesse per la vivaistica forestale, un aspetto di primaria rilevanza è rappresentato dalla qualità del materiale di propagazione per le potenziali ripercussioni negative sulla riuscita degli interventi e sulla sostenibilità degli ecosistemi urbani nel caso di utilizzo di materiali non adeguati alla riforestazione urbana.

3. QUALITÀ DEL MATERIALE E NORMATIVA DI RIFERIMENTO: D.LGS. 386/2003

Al fine di evitare la presenza di materiale di propagazione e di piante di scarsa qualità, il legislatore europeo, e successivamente quello italiano, hanno adottato un quadro legislativo ben definito.

In Italia, la qualità del materiale vivaistico e la relativa commercializzazione sono regolate dal Decreto legislativo n. 386/2003, che ha recepito la Direttiva europea 1999/105/CE, abrogando la precedente legge quadro in materia (L. n. 269/1973). Oltre a questa norma, vi è il Testo Unico in materia di Foreste e Filieri forestali (D.Lgs. 3 aprile 2018, n. 34, TUFF), che ha attribuito al MiPAAF (oggi MASAF) il ruolo di coordinamento delle attività di vivaismo forestale a livello nazionale. Peraltro, il TUFF ha ripristinato la Commissione Tecnica, ovvero un organo con funzione di indirizzo e raccordo generale tra i soggetti istituzionali competenti.

Venendo al D.lgs. 386/2003, tale atto stabilisce le principali definizioni tecnico-giuridiche e i criteri per la classificazione dei materiali forestali di base (MB) (art. 2). In particolare, la norma divide i materiali forestali in quattro categorie: identificati alla fonte, selezionati, qualificati e controllati.

La legge disciplina, altresì, aspetti cruciali della materia come, ad esempio, la concessione delle licenze per la produzione (art. 4), i certificati di provenienza (art. 6), la movimentazione e l'identificazione dei materiali forestali (art. 8), le modalità di commercializzazione (art. 9) e l'istituzione di un registro ufficiale dei materiali di base (art. 10).

Proprio in applicazione dell'art. 10, la Direzione Generale delle Foreste e dell'Economia Montana del Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali (oggi MASAF), ha istituito il nuovo Registro Nazionale dei Mate-

riali di Base (RNMB) mediante il Decreto ministeriale 9403879/2020. Il Registro, approvato con l'elenco D.D. N. 307490 del 6 luglio 2021, rappresenta uno strumento fondamentale per garantire la tracciabilità e la qualità del materiale vivaistico (Mariotti *et al.*, 2022). Quest'ultimo, si basa sui Registri creati dalle Regioni e dalle Province autonome, sulla scorta delle specie presenti nel proprio territorio, contenenti i dati specifici relativi a ciascuna unità di ammissione unitamente al riferimento unico del registro.

Al Registro nazionale si affianca una cartografia delle Regioni di Provenienza (D.M. N. 269708 dell'11 giugno 2021), che fornisce un quadro di insieme sulle caratteristiche ecologiche generali dei luoghi di origine del materiale forestale e ne promuove un utilizzo sostenibile e adeguato. In ultimo, il MIPAAF (oggi MASAF) nel 2022 con D.M. 17 maggio 2022 ha emanato le Linee guida per la produzione e l'impiego di specie autoctone di interesse forestale, che forniscono indicazioni pratiche e scientifiche per promuovere la biodiversità e l'adattamento degli ecosistemi forestali ai cambiamenti climatici.

4. AUTORIZZAZIONI, CERTIFICAZIONI E TRACCIABILITÀ DEL MATERIALE FORESTALE AI SENSI DEL D.LGS. 386/2003

Nel novero degli aspetti disciplinati dal D.Lgs. 386/2003, appaiono di particolare importanza, e degni di approfondimento, quelli connessi alla classificazione e certificazione del materiale di propagazione, delle autorizzazioni dei vivai e, in ultimo, quelli relativi all'etichettatura e tracciabilità del materiale (Ducci, 2005).

4.1 *Requisiti e certificazione del materiale forestale di base*

Il D.Lgs. 386/2003 stabilisce che i materiali di propagazione forestale devono provenire da fonti certificate, definite come "Materiali forestali di base". Questi materiali, che in passato erano indicati come "Boschi da seme", devono rispettare requisiti minimi riportati negli allegati del decreto e variabili a seconda della categoria di materiale. Il decreto regola, quindi, la produzione e l'uso di tale materiale, che deve essere prodotto in modo da preservare la biodiversità forestale e favorire una gestione sostenibile delle risorse naturali.

La legge, inoltre, all'art. 4 introduce l'obbligo per le imprese che operano nel settore della vivaistica forestale, di ottenere una licenza di produzione. Questa, rilasciata dagli organismi ufficiali, assicura che la produzione di materiale di propagazione rispetti le principali normative sanitarie e di qualità. Tale disposizione è stata altresì recepita a livello europeo dal Regolamento n. 2016/2031 relativo alle misure di protezione contro gli organismi nocivi per le piante. In particolare, l'art. 65 istituisce il RUOP (Registro ufficiale degli operatori professionali), a cui gli operatori vivaistici devono iscriversi. Il registro, nel nostro ordinamento, è tenuto dalle Regioni, che disciplinano le modalità e i termini di iscrizione.

La norma all'art. 6 prevede che ogni partita di materiale di propagazione, sia essa costituita da piante, talee o sementi, deve essere accompagnata da un certificato di provenienza rilasciato dall'organismo ufficiale, che attesti l'origine e la qualità del materiale.

Questo certificato, insieme agli altri documenti richiesti, rappresenta un elemento fondamentale per garantire la tracciabilità del materiale forestale lungo tutta la sua catena di distribuzione e limitare, di conseguenza, problematiche fitosanitarie come l'immissione di

organismi nocivi sul territorio italiano (Marrioni *et al.*, 2015).

4.2 *Requisiti di etichettatura e tracciabilità, controllo fitosanitario e sistema sanzionatorio*

Le modalità di movimentazione e identificazione dei materiali sono regolate dal decreto all'art. 8, il quale stabilisce che ogni lotto di materiale forestale venga identificato in modo univoco. In questo modo, è possibile monitorare e tracciare il materiale dalla produzione alla vendita, garantendo che ciascuna fase della commercializzazione avvenga in conformità con i requisiti stabiliti.

Pertanto, la legge stabilisce precisi criteri di qualità e salute per il materiale di propagazione, i quali devono essere rispettati prima che il materiale possa essere messo in commercio. Detti criteri riguardano aspetti fondamentali come la salubrità del materiale e l'assenza di malattie o parassiti che potrebbero compromettere la salute delle piante o degli ecosistemi locali (Jansen *et al.*, 2019). La norma, onde evitare l'immissione nel territorio italiano di materiali di scarsa qualità, conferisce il potere alle Autorità competenti (organismi ufficiali, commissione tecnica o il MASE) di vietare su tutto il territorio nazionale, o su una parte di esso, la commercializzazione all'utilizzatore finale a fini di semina o impianto, di materiali di moltiplicazione specifici, qualora ci sia motivo di ritenere che l'uso di detti materiali, a causa delle loro caratteristiche fenotipiche e genotipiche, possa avere effetti negativi sulla selvicoltura, sull'ambiente, sulle risorse genetiche e sulla biodiversità.

Nel caso di violazioni delle disposizioni previste dal D.lgs. 386/2003, è previsto un sistema sanzionatorio basato sull'erogazione di sanzioni amministrative pecuniarie, che possono arrivare sino a un massimo di € 6.000 in base alla gravità dell'inadempienza.

5. PIANO DI FORESTAZIONE URBANA ED EXTRAURBANA

Il Piano di Forestazione Urbana ed Extraurbana, finanziato dal PNRR, è un'iniziativa strategica che si inserisce all'interno della Missione 2, "Rivoluzione verde e transizione ecologica", componente 4, "Tutela del territorio e della risorsa idrica".

Il piano è concepito per contrastare gli effetti negativi del cambiamento climatico, migliorare la qualità dell'aria e contribuire alla sostenibilità ambientale delle città e delle aree periurbane italiane, migliorando al contempo la qualità della vita dei cittadini.

Gli obiettivi principali di tale disposizione riguardano, in particolare, l'aumento del verde urbano e periurbano attraverso la creazione di nuovi boschi e la riqualificazione di aree degradate; la riduzione dell'inquinamento atmosferico, migliorando la qualità dell'aria tramite l'assorbimento di CO₂; la mitigazione degli effetti del cambiamento climatico e la tutela della biodiversità.

Le azioni previste per realizzare tali obiettivi includono la messa a dimora di circa 6,6 milioni di alberi su scala nazionale entro il 2026, concentrando gli sforzi sulle specie arboree autoctone per garantire un adeguato adattamento ecologico.

Per il raggiungimento di questi obiettivi, il piano dispone di un budget pari a 330 milioni di euro, così ripartiti: a) una quota significativa è destinata alle città metropolitane (Roma, Milano, Napoli, Torino, Palermo, ecc.) e ai territori adiacenti, con particolare attenzione alle aree caratterizzate da alti livelli di inquinamento atmosferico e alta densità demografica; b) una parte dei fondi è assegnata a Regioni ed Enti Locali per pianificare e attuare interventi locali di forestazione, con distribuzione basata su criteri come la densità di popolazione, l'estensione delle aree da riforestare e il livello

di inquinamento ambientale; c) una ulteriore quota è riservata ad aree degradate o vulnerabili, aree ecologicamente critiche, come ex siti industriali o altre zone compromesse.

Nel 2022 sono partiti i primi progetti di riforestazione urbana e periurbana finanziati dal PNRR, come ad esempio il progetto “Nuova vita ai polmoni verdi dei parchi urbani storici di Monte Urpinu e San Michele” della Città di Cagliari o “Genova Verde” della Città di Genova, per un totale di 35 progetti, 2.000 ha di superficie oggetto di intervento e 2 milioni di nuovi alberi, per un importo finanziato di oltre 84 milioni di euro (MASE, 2022). Secondo i dati ISTAT, nel 2022 56 capoluoghi hanno attivato interventi di forestazione urbana (erano 30 nel 2011), estesi per 13,2 milioni di m² (+3,5% rispetto al 2021), corrispondenti a 34 m² per ettaro.

Però, in base all'interpretazione fornita dal MASE, ai fini del conseguimento degli obiettivi previsti dal PNRR, risulterebbe sufficiente la coltivazione di semi in vivaio, senza la necessità di procedere alla materiale messa a dimora di nuovi alberi. In altre parole, il Ministero ha equiparato la semina nei vivai alla piantagione *in situ* di alberi forestali, omettendo tuttavia di considerare le potenziali criticità legate alla fallanza e agli insuccessi post-semine, cui le giovani piante potrebbero essere soggette.

Pertanto, sulla questione si è pronunciata anche la Corte dei Conti nell'ambito del c.d. controllo concomitante¹, rilevando, con Deliberazione n. 8/2023/CCC, significative criticità in diversi progetti di riforestazione urbana e periurbana. Tra queste, sono state evidenziate elevate percentuali di fallanza, ritardi nelle attività di piantagione e, più in generale, l'inadeguatezza dell'assimilazione tra la coltivazio-

ne di semi in vivaio e la piantagione *in situ* di alberi forestali.

Diversamente, però, la Commissione europea si è espressa in senso favorevole a tale equiparazione. Infatti, nella seconda metà del 2023, l'organo europeo ha ritenuto conforme agli obiettivi del PNRR la considerazione della coltivazione di semi in vivaio quale attività equivalente alla messa a dimora di alberi e di conseguenza, è stato disposto il riconoscimento del contributo PNRR all'ordinamento nazionale per l'annualità 2022, avendo il *milestone* prefissato non solo raggiunto, ma anche superato le aspettative. Se da un mero punto di vista giuridico-economico le due attività possono essere considerate equivalenti, dal punto di vista tecnico non lo sono: coltivare nei vivai semi forestali è assai differente dal mettere a dimora nuovi alberi forestali. Quest'ultima è un'attività che necessita di programmazione e pianificazione, sia in relazione all'area da destinare alla riforestazione, sia alle specie da mettere a dimora (Argentesi, 2025).

5.1 Riforestazione ed Enti locali

Oltre alle citate iniziative del PNRR a sostegno del settore vivaistico forestale e della riforestazione, si registra l'interesse anche di diversi Enti locali, tra cui Roma Capitale, che nell'ottobre 2022 ha sottoscritto un protocollo d'intesa con il Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA). In attuazione del protocollo d'intesa è stato successivamente stipulato un accordo esecutivo con il Centro di ricerca Foreste e Legno del CREA, volto a rafforzare la capacità di produzione e messa a dimora di specie arboree e forestali sperimentali e resilienti ai cambiamenti climatici, contribuendo così agli obiettivi di sostenibilità e rigenerazione ambientale

¹ L'obiettivo del controllo concomitante è di intervenire in itinere durante l'attuazione di un piano, programma o progetto, esercitando un'azione acceleratoria e propulsiva dell'azione amministrativa e assicurando, al contempo, il corretto impiego delle risorse rimesse alla gestione pubblica.

di Roma Capitale. Il progetto, di durata triennale, prevede la produzione di un massimo di 100.000 piantine sperimentali appartenenti a diverse specie arboree, selezionate in base alla loro capacità di adattarsi non solo alle attuali condizioni climatiche, ma anche alle sfide poste dal cambiamento climatico futuro, che interessano in modo significativo le aree urbane e metropolitane. Tale aspetto è cruciale per garantire che le specie introdotte possano contribuire efficacemente alla creazione di infrastrutture verdi durature, capaci di resistere alle pressioni ambientali e di supportare la biodiversità locale (Di Stefano *et al.*, 2024).

Uno degli elementi più innovativi e inclusivi di questa iniziativa riguarda il coinvolgimento diretto della cittadinanza e delle associazioni locali attraverso la partecipazione attiva a diverse attività, tra cui la gestione vivaistica e la messa a dimora degli alberi. Questo approccio non solo aumenta la consapevolezza collettiva sull'importanza del verde urbano, ma favorisce anche un senso di appartenenza e responsabilità condivisa nei confronti del patrimonio verde della città.

Le iniziative di forestazione urbana, quindi, rappresentano un'opportunità per sperimentare modelli di partecipazione sociale che possono essere replicati in altri contesti metropolitani (Baldessari *et al.*, 2024).

6. CONSIDERAZIONI E SPUNTI DI RIFLESSIONE ALLA LUCE DELLA LEGGE DELEGA N. 102/2024

Fonti giuridiche come il Decreto Legislativo 386/2003 e il TUFF, che disciplinano, tra le altre cose, la produzione, la certificazione e la movimentazione dei materiali forestali sono essenziali per assicurare il rispetto degli standard fitosanitari e genetici, ma soprattutto, per promuovere la biodiversità e la gestione sostenibile delle risorse forestali.

In questa prospettiva, il Parlamento italiano con legge delega n. 102/2024 ha incaricato il Governo, *ex multis*, di “disciplinare, in coerenza con quanto previsto dal decreto legislativo 10 novembre 2003, n. 386, e dai relativi decreti attuativi, le condizioni per la produzione di materiali forestali di moltiplicazione, prevedendo che la germinazione e la certificazione degli stessi materiali di moltiplicazione, nel rispetto delle disposizioni del medesimo decreto legislativo n. 386 del 2003, siano realizzate dagli organismi ufficiali competenti e che la successiva coltivazione dei predetti materiali possa essere svolta nei vivai di proprietà privata, allo scopo di sostenere le attività di rimboschimento, ricostituzione forestale e restauro e di forestazione urbana nonché di perseguire gli altri fini d'interesse forestale”, oltre che di “definire e incentivare l'avvio delle filiere produttive di livello regionale, quali elementi di promozione delle attività di forestazione soprattutto nei confronti dei comuni di minori dimensioni”.

Inoltre, la legge stabilisce “che le amministrazioni pubbliche possano definire, senza nuovi o maggiori oneri a carico della finanza pubblica, condizioni tecniche e contrattuali agevolate per la locazione di terreni di loro proprietà ai soggetti della filiera florovivaistica, con lo scopo di agevolare la produzione di alberature forestali”.

La legge delega, dunque, conferisce al Governo italiano il compito di integrare il quadro normativo esistente, prefigurando, attraverso il successivo decreto legislativo di attuazione, un percorso innovativo per la produzione del materiale vivaistico forestale basato su una sinergia tra pubblico e privato per quanto riguarda i primi segmenti della filiera (germinazione-certificazione e coltivazione). La previsione che la coltivazione del materiale certificato possa avvenire nei vivai privati offre l'opportunità per incrementare la produzione, utilizzando le potenzialità e le capacità del sistema vivaistico

nazionale, accanto alla garanzia dell'origine del materiale. Come tale sinergia si possa realizzare in termini operativi dipenderà dal contesto locale e dalle relazioni che si potranno instaurare tra i diversi attori del processo. In particolare, la sostenibilità del sistema produttivo dipenderà in larga parte dall'efficacia della programmazione, necessariamente pluriennale con una previsione della domanda e dell'offerta di materiale, ma anche dai requisiti qualitativi che il materiale prodotto potrà garantire in relazione alle esigenze di impiego. In questo senso, l'avvio di filiere produttive regionali potrebbe rappresentare un elemento positivo per valorizzare le risorse locali, anche in termini di materiali di moltiplicazione, purché si riesca a garantire adeguati standard qualitativi nella produzione.

D'altra parte, si potrebbero generare disomogeneità nelle pratiche produttive (Di Stefano *et al.*, 2025).

Inoltre, la previsione che le amministrazioni pubbliche possano definire condizioni agevolate per la locazione di terreni di loro proprietà potrebbe favorire la valorizzazione di beni pubblici spesso sottoutilizzati e/o abbandonati. Questo approccio consentirebbe di trasformare spazi non sfruttati in risorse produttive, sostenendo il settore vivaistico senza gravare ulteriormente sulla finanza pubblica e rafforzando le sinergie nel settore forestale tra pubblico e privato. Tale cooperazione è essenziale per creare una filiera produttiva più solida, in grado di rispondere alle sfide ambientali e di garantire una maggiore disponibilità di piante forestali di qualità.

Attualmente, in Italia esistono diversi esempi virtuosi in cui le Pubbliche Amministrazioni, attraverso specifici strumenti giuridici, hanno attivato o istituito vivai forestali dedicati alla produzione di piante per la riforestazione urbana e il ripristino ambientale. Un esempio significativo è Umbraflor, nata nel 2001 su iniziativa della Regione Umbria e

del Comune di Gubbio, con l'obiettivo di incentivare lo sviluppo economico, promuovere la tutela ambientale e salvaguardare la biodiversità. Analogamente, i Vivai di Montecchio Precalcino (VI) e Pian dei Spini (BL), gestiti da Veneto Agricoltura - l'Agenzia regionale del Veneto che si occupa di ricerca applicata e sperimentazione nel settore agricolo, agroalimentare, forestale e della pesca - rappresentano un punto di riferimento per la produzione di piante forestali destinate a progetti di riforestazione e miglioramento ambientale.

Tuttavia, al di là di alcune collaborazioni della componente pubblica con enti e aziende private attraverso convenzioni o progetti di ricerca e sperimentazione, in Italia manca ancora una vera e propria sinergia strutturata tra il settore pubblico e quello privato per la produzione vivaistica forestale.

Dunque, l'*emananda* norma potrà offrire importanti opportunità al settore, ma sarà necessario un coordinamento *top-down* al fine di rendere attuabile e concretamente realizzabile l'innovativo approccio basato sulla collaborazione tra pubblico e privato (Mariotti *et al.*, 2022).

È bene sottolineare, però, che non è sufficiente solamente coltivare in vivaio semi forestali o piantare nuovi alberi per promuovere e valorizzare aree verdi urbane e periurbane: infatti, un ruolo cruciale è svolto dal monitoraggio post piantagione e dalle cure colturali dei nuovi alberi e di quelli esistenti, che devono essere salvaguardati da un punto di vista fitosanitario e di stabilità, prevedendo interventi correttivi se necessari (Agrimi, 2013). La normativa italiana, se da un lato ha regolato in modo puntuale il processo di certificazione, tracciabilità e produzione di alberi forestali, dall'altro non ha ancora disciplinato in modo organico e dettagliato, se non attraverso atti di *soft law* come le Linee guida per la gestione del verde urbano e prime indicazioni per una pianificazione sostenibile, le modalità di gestione,

cura e monitoraggio degli stessi alberi nella fase post piantagione, determinando di fatto un *vulnus iuris* che lascia margini di incertezza e che potrebbe generare contenziosi sulle modalità di gestione del verde tra la componente pubblica e quella privata.

In conclusione, il dialogo tra tecnici delle pubbliche amministrazioni, *player* privati e ricerca scientifica sarà cruciale per costruire un futuro sostenibile e una corretta pianificazione del verde, dove la tutela, la cura, la gestione e il miglioramento delle aree verdi sia sempre più regolamentata e integrata nelle politiche di sviluppo a livello locale.

RIASSUNTO

Il vivaismo forestale, grazie al suo contributo per la riforestazione, per la conservazione della biodiversità e per la lotta contro i cambiamenti climatici, rappresenta una risorsa strategica per il futuro della collettività e, in particolare, per i contesti maggiormente urbanizzati. L'esistenza di un solido quadro normativo, che regola e garantisce la qualità del materiale forestale, è fondamentale per sostenere le diverse attività e assicurare che esse contribuiscano in modo efficace a raggiungere gli obiettivi di sostenibilità. Inoltre, le numerose iniziative europee e nazionali, come ad esempio i vari programmi di riforestazione urbana previsti e finanziati dal PNRR, dimostrano come il vivaismo forestale sia un elemento chiave per affrontare le sfide ambientali attuali e promuovere uno sviluppo più sostenibile, in particolare in ambito urbano. Il presente lavoro si pone l'obiettivo di analizzare e commentare il d.lgs. 386/2003, con particolare riferimento ai requisiti di certificazione, etichettatura e di tracciabilità del materiale forestale di base. Ampio spazio è dedicato alla recente legge delega n. 102/2024, con cui il Parlamento italiano ha delegato il Governo a modificare e integrare la disciplina vigente.

BIBLIOGRAFIA

- Abrami A., 2013 - *La recente disciplina giuridica del verde urbano*. L'Italia Forestale e Montana, 68 (4): 165-169. <https://doi.org/10.4129/ifm.2013.4.01>
- Agrimi M., 2013 - *Significato e ruolo della "Foresta urbana" nella gestione territoriale in Italia*. L'Italia Forestale e Montana, 68 (1): 11-23. <https://doi.org/10.4129/ifm.2013.1.01>
- Agrimi M., 2024 - *Boschi urbani e periurbani: definizioni, significati e percezioni in relazione al paesaggio naturale e sociale dei territori*. L'Italia Forestale e Montana, 78 (6), 219-236. <https://doi.org/10.36253/ifm-1125>
- Argentesi S., 2025 - *La mancanza di alberi da piantare e il PNRR*. <https://www.osservatorioamianto.it/>.
- Baldessari S., Paletto A., de Meo I., 2024 - *Rethinking Public Participation in Forest Policies: A Literature Review of Participatory Techniques*. Forests, 15 (9): 1514. <https://doi.org/10.3390/f15091514>
- Corona P., Clemente M., Alivernini A., Degaetano M., Di Stefano V. et al., 2024 - *Analisi e strategie per la riqualificazione delle alberature stradali di Roma Capitale*. Comune di Roma, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Roma. ISBN: 9788833853468
- Di Stefano V., Alemanno R., Angeloni L., Ceci S., Di Domenico G., Giorgioni M. et al., 2024 - *Produzione vivaistica e foreste urbane: il progetto VIVI-4ROMA*. SISEF 2024. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19652.85127>.
- Di Stefano V., Breda E., Di Domenico G., Corona P., 2024 - *Viabilità forestale e governance locale: analisi delle normative sul transito dei veicoli a motore. Il caso della Regione Umbria*. L'Italia Forestale e Montana, 79: (5-6), 193-201. <https://doi.org/10.36253/ifm-1148>
- Di Stefano V., D'Alessandro S., Di Domenico G., 2025 - *Biodiversity loss, climate change, and Nature Restoration Law in the modern legal system of the European Union*. Environmental Sustainability and Global Change, p. 245-256. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-31596-1.00017-9>
- Ducci F., 2005 - *Linee guida per il reperimento e l'impiego dei materiali forestali di base per l'applicazione della direttiva europea 1999/105/ce e del d.lgs 386/2003*. Programma finalizzato MIPAF "biodiversità e produzione di materiale forestale di propagazione".
- ISTAT, 2022 - *Ambiente Urbano. Nelle città peggiora la qualità dell'aria, progressi limitati su mobilità, verde e rifiuti urbani*. <https://www.istat.it/comunicato-stampa/ambiente-urbano-anno-2022-2/>
- Jansen S., Konrad H., Geburek T., 2019 - *Crossing borders-European forest reproductive material moving*

- in trade*. Journal of Environmental Management, 233 (1): 308-320. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.079>
- Marchetti M., Tognetti R., Salbitano F., 2020 - *Alberi e foreste, città (intelligenti) e salute*. In: "Oltre la Pandemia. Società, Salute, Economia e Regole nell'Era post Covid-19" (Palmeri Ged). Editoriale Scientifica, Napoli, vol. II: 1473-1496
- Mariotti B., Maltoni A., Tani A., 2015 - *Produzione vivaistica forestale e potenzialità applicative del "Target Plant Concept"*. In: Atti del II Congresso Internazionale di Selvicoltura. Progettare il futuro per il settore forestale, Firenze, 26-29 novembre 2014, Firenze, Accademia Italiana di Scienze Forestali. Vol. 2, p. 676-682. ISBN 978-88-87553-21-5. <http://dx.doi.org/10.4129/2cis-bm-pro>
- Mariotti B., Mezzalana G., Allasia E., Fazio F., Fiorentin R. et al., 2022 - *La vivaistica forestale in Italia al bivio: sfide e strategie*. Forest@, 19: 85-94. <https://doi.org/10.3832/efor4193-019>
- Martini S., Maltoni A., Monteverdi M.C., De Dato G., Salbitano F. et al., 2022 - *Indagine sulla produzione vivaistica forestale pubblica in Italia*. Forest@, 19: 18-30. <https://doi.org/10.3832/efor4083-019>
- MASE, 2022 - *Avviso per i progetti di forestazione nelle città metropolitane*. <https://www.mase.gov.it/bandi/avviso-i-progetti-di-forestazione-nelle-citta-metropolitane>
- Nocentini S., Salbitano F., Travaglini D. (a cura di), 2021 - *Il ruolo ambientale degli alberi e della foresta urbana a Firenze*. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze. ISBN 978-88-87553-26-0.



The European Union Regulation on Restoring Nature: a glance at some profiles of forestry interest

Il Regolamento dell'Unione Europea sul Ripristino della Natura: uno sguardo ad alcuni profili di interesse forestale

Nicoletta Ferrucci

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI), Università degli Studi di Firenze, Piazzale delle Cascine 18, 50144 Firenze, Italia.

Abstract: After outlining the main aims and structure of the EU Regulation 2024/1991 of the European Parliament and of the Council of 24 June 2024 on the Restoration of Nature, which came into force on 18 August 2024, the paper focuses on those aspects of the Regulation that are most relevant to forestry and, in this direction, analyses the instruments coined by the measure for the restoration of forest and urban ecosystems.

Key words: EU Regulation; Restoration; Forest Ecosystems; Urban Ecosystems.

Citation: Ferrucci N., 2025 - *The European Union Regulation on Restoring Nature: a glance at some profiles of forestry interest*. L'Italia Forestale e Montana, 80 (1): 45-50; <https://dx.doi.org/10.36253/ifm-1161>

Received: 18/03/2025 **Revised version:** 05/04/2025 **Published online:** 06/05/2025

1. THE NOVELTIES INTRODUCED BY THE NATURE RESTORATION REGULATION

The acknowledgement of the growing and unstoppable loss of habitats and plant and animal species, as attested by the Reports prepared by the International Union for Conservation of Nature (IUCN) and by the European Commission, and the now scientifically consolidated awareness of the reciprocal synergy between this *trend* and climate change, have triggered a change of course in the search for possible instruments that, by intervening on biodiversity, can induce beneficial effects on *climate change*.

Hence the turning point in the latest international agreements and EU legislation, the *Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework* agreed at the 2022 United Nations conference on biodiversity (COP 15) and the *EU Biodiversity Strategy for 2030, Bringing nature back into our lives*, are emblematic examples, is to abandon the measures aimed at protecting biodiversity and opt in favour of instruments aimed at restoring what has been lost from nature as a result of increasingly devastating human intervention.

At the same time, the European Union has become aware of the need to overcome the

limits intrinsically linked to the instruments used to date, the nature of Soft Law which characterizes its Strategies, and the excessive space reserved for the discretionary choices of the Member States inherent its Directives.

Against this backdrop of the revision of biodiversity policies comes Regulation (EU) 2024/1991 of the European Parliament and of the Council of 24 June 2024 *on the Restoration of Nature and amending Regulation (EU) 2022/869*, entered into force on 18 August 2024.

The Regulation translates into a set of detailed and strict rules, with which the Member States must comply, the directions provided by the *EU Biodiversity Strategy for 2030*, an ambitious and long-term plan for protecting nature and reversing the degradation of ecosystems, which is a core part of the European Green Deal.

The approach is an innovative one: the Regulation directs its action not on species but on ecosystems which are in need of restoration, and all its provisions are aimed at restoring them until a satisfactory degree is achieved.

The restoration measures that the Member States are required to implement fall into two categories. The first one includes restoration measures related to terrestrial, coastal and freshwater ecosystems (Art. 4), and marine ecosystems (Art. 5), in which the habitat types listed in Annex I and Annex II, respectively, are present.

These measures must be implemented starting with the habitats included in the Natura 2000 Network, which must be restored first, and then broadening the view to others located outside it, with the goal of restoring habitats to good status within the percentages and timelines, inside the range from 2030 to 2050, differentiated according to the two macrocategories of ecosystems: terrestrial, coastal and freshwater ecosystems (Art. 4) and marine ecosystems (Art. 5).

The second category of restoration measures contains specific and differentiated restoration measures according to the different areas considered by the Regulation: restoration of urban ecosystems (article 8); restoration of natural connectivity of rivers and natural functions of related floodplains (article 9); restoration of pollinator populations (article 10); restoration of agricultural ecosystems (article 11); restoration of forest ecosystems (article 11).

Finally, the Regulation envisages a cross-cutting measure to be implemented when identifying and implementing restoration measures, both general and specific: the obligation for Member States to contribute to the commitment to plant at least three billion new trees by 2030 at union level.

The Member States shall ensure that their contribution to the fulfilment of this last commitment is achieved in full compliance with the ecological principles, providing species diversity and diversity in terms of age pattern, giving priority to native tree species with the exception, in very specific cases and conditions, of non-native species adapted to the soil, climatic and ecological context and local habitat conditions, which help to promote greater resilience to climate change.

2. THE NATIONAL RESTORATION PLANS

The national restoration plans represent the keystone of restoration actions under the Regulation: the Member States are called upon to set up these plans following the format prepared by the Commission, in strict compliance with the indications provided by the same Regulation and, subsequently, by the future implementing acts of the Commission and under its constant and strict control.

In preparing their national restoration plans, as well as in monitoring progress to-

wards meeting the restoration targets and fulfilling the obligations, Member States benefit from support of European Environmental Agency (EEA).

The national restoration plans cover the period until 2050 and provides for intermediate deadlines corresponding to the objectives and obligations in articles 4 through 13.

The involvement of experts and citizen participation of the public and stakeholders in the preparation of plans are stressed by the Regulation.

The drafting of the national restoration plans is preceded by intensive monitoring activities that the Member States are required to implement within a predetermined timeframe, and in strict compliance with the directions contained in the Regulation and provided by the European Commission supported by the European Environment Agency.

The Regulations contains a set of binding indications (Art. 14) under which the Member States must put in place some preliminary activities: for instance, quantifying and mapping the surfaces of ecosystem which needs to be restored; or setting, through an open and effective process and assessment based on the latest scientific evidence, satisfactory levels for: pollinator populations referred to in Article 10, the indicator referred to in Article 12; each of the chosen indicators referred to in Article 11; each of the chosen indicators referred to in Article 12; urban green areas referred to in Article 8; and (e) urban tree canopy cover referred to in Article 8.

The article 15 of the Regulation gives detailed indications as to the content of the national restoration plans with which Member States must comply, using the uniform format drawn up by the Commission assisted by the Environmental European Agency.

The procedure for the preparation of restoration plans consists of several steps accompa-

nied by a strict time frame: 1) each Member State submits a draft of its national restoration plan to the Commission by 1 September 2026; 2) the Commission assesses the draft national restoration plan within six months of the date of its receipt, acting in close cooperations with the State, and assisted by Environmental European Agency; in this phase the Commission may address its observations on the draft national restoration plan to the State within six months of the date of receipt of it; 3) the State publishes and submits to the Commission the final national restoration plan within six months from the date of receipt of the Commission's observations.

The regulation provides a strict guide on the monitoring that Member States are committed to carry out, at predetermined time intervals, on the state of health of ecosystems subject to restoration measures, reporting its findings to the Commission.

The Commission, in turn, is required to report to the European Parliament and the Council on the results obtained from the application of the Regulation throughout the European Union, on the basis of reports drawn up by the individual Member States: in the light of this the Commission may propose to the European Parliament and the Council amendments to the text of the Regulation.

3. SPECIFIC ADDITIONAL RESTORATION MEASURES FOR FOREST ECOSYSTEMS

As for the other types of ecosystems, also for the forest ecosystems the choice made by the Regulation is to flank the general restoration measures provided for the terrestrial ecosystems by Article 4, with a package of additional measures, provided for in Article 12, titled *Restoration of forest ecosystems*, which the Member States are called upon to implement

in order to strengthen the biodiversity of these ecosystems, taking into account the risks of forest fires.

In the absence of a common method for assessing the state of forest ecosystems that would allow setting specific restoration objectives, the Regulation opts for the choice of two reference elements around which to base the general obligation to improve biodiversity in forest ecosystems, indicated in paragraphs 2 and 3, respectively, of art. 12, and further illustrated by Annex VI to the Regulation, which for each of them, offers the description, and indicates the unit and method of measurement: the common forest bird index and a package of seven other indicators that include standing deadwood; ground deadwood; percentage of uneven-aged forests; forest connectivity; organic carbon stock; percentage of forests dominated by native tree species; tree species diversity.

The first measure, set out in paragraph 2, imposes an obligation on Member States to achieve an upward trend in the *Common Forest Bird Index* at national level, measured between 18 August 2024 and 31 December 2030, and every six years thereafter, until satisfactory levels are reached.

The second additional measure relates to the obligation for Member States to achieve an upward trend at national level of at least six out of seven of the above-mentioned indicators, chosen on the basis of their capacity to demonstrate the enhancement of forest ecosystem biodiversity in the concerned Member State. The trend shall be measured in the period between 18 August 2024 and 31 December 2030, and every six years thereafter, until the satisfactory levels set in accordance with the national restoration plan are reached.

In the light of the Regulation, non-compliance with restoration obligations concerning forest ecosystems is justified if it is due to

large-scale cases of force majeure, including natural disasters, in particular unplanned and uncontrolled forest fires; or unavoidable habitat transformations caused directly by climate change.

The coordination that the Regulation introduces between the formulation of restoration measures by the Member States and the issue of forest fires is interesting, and to be emphasised as positive.

As is well known, the spreading of forest fires has significant negative repercussions on forest ecosystems, not only in terms of loss of biodiversity, but also in terms of further impact on *climate change*, due to the destruction of natural carbon sinks and the release of large quantities of greenhouse gases into the atmosphere.

Consistent with the perimeter of its powers, from which the regulatory competence on forest fires, which is attributed to individual Member States, is excluded, the European Union in the Regulation limits itself to ask Member States to take into account the risks of forest fires on the basis of local circumstances in the planning and implementation of restoration measures needed to strengthen biodiversity in forest ecosystems and in setting satisfactory levels for biodiversity indicators for forests; and to make use of best practices to reduce such risks, in particular in the light of the Commission's guidelines on land-based forest fire prevention, published in 2021.

The reference parameter at which the additional measures are aimed is the *satisfactory conservation status*, defined in accordance to Article 1 of the Habitat Directive. It is up to the Member States, in accordance with Art.14, paragraph 5 of the Regulation to determine, when preparing the national restoration plan, the satisfactory conservation levels relative to each of the indicators concerning forest ecosystems, which they choose from the seven listed in Art. 12. The importance of this

identification operation, which Member States must perfect by the *time limit* of 2030, is evident. As highlighted above, it requires, as does the entire national implementation of the Regulation's provisions, the strategic contribution of adequate professionalism from a scientific point of view, and, in keeping with the directives followed by the most recent international, European Union and national environmental legislation, under the banner of the principle of participation. In this direction, Article 14 requires Member States to conduct the identification of satisfactory levels for the forest indicators through an open and effective process and assessment based on the most recent scientific evidence and, where existing, on the framework for setting satisfactory conservation levels for these indicators, which the European Commission may prepare by means of an implementing Act by 31 December 2028.

4. THE RESTORATION OF URBAN ECOSYSTEMS

The *EU Biodiversity Strategy for 2030*, in the wake of the well-established scientific literature that places urban greening among the Nature Based Solutions, emphasises the need to reverse the tendency to favour the buildings in the competition for the use of city spaces, and to halt the loss of urban green ecosystems. Point 2 of this document drafted by the Commission devotes ample space to the greening of urban and peri-urban areas, highlighting their positive externalities, in terms of both protecting biodiversity and combating climate change: the promotion of intact ecosystems, green infrastructures and nature-based solution should be systematically integrated into urban planning, as well as into the design of buildings and their appurtenances; special attention should be paid to the preservation and expansion of Natura 2000 Sites wholly or par-

tially located in urban settings, which account for fifteen percent of the total area of the Natura 2000 Network.

The Regulation accepts these indications and translates them into binding rules.

The Regulation offers the definition of the urban ecosystem by articulating it in two different benchmarks for different restoration measures: urban green spaces, defined as the total area of trees, scrubland, shrubs, permanent herbaceous vegetation, lichens and mosses, ponds and watercourses in cities, small towns and suburbs; and urban tree canopy cover, defined as the total area of tree cover in cities, small towns and suburbs.

The restoration measures that Member States are called upon to implement in relation to urban ecosystem zones, which they have identified and mapped in all their cities, small towns and suburbs, consist of two steps that must respect a set timeline. Thus, by 31 December 2030, the Member States must ensure that there is no net loss of total national urban green space or urban tree canopy cover in urban ecosystem zones compared to 2024.

Subsequently, starting from 1 January 2031, Member States will have to achieve an upward trend in urban ecosystem areas both in the total national area of urban green areas, also through their integration in buildings and infrastructures, and in the coverage of the urban tree canopy: trends, both of which must be measured every six years starting from 1 January 2031, until they reach the satisfactory level that the Member States themselves are called upon to establish in their restoration plans on the basis of updated scientific evidence.

The increase in urban green area is considered under the Regulation as an important parameter for measuring the enhancement of the capacity of urban ecosystems to provide essential ecosystem services; in turn, increased vegetation cover in a given urban

area facilitates the slowing of water run-off, thus reducing the risk of river pollution due to overflows caused by heavy rainfall, and helps to contain summer temperatures, thus enhancing climate resilience, as well as providing nature with additional space to thrive, and in many cases improving the health of the urban ecosystem. In turn, healthy urban ecosystems are essential for supporting the health of other key European ecosystems, for example by connecting natural areas in surrounding rural areas, improving the health of rivers away from cities, providing a refuge and breeding ground for bird and pollinator

species linked to agricultural and forest habitats, and providing important habitat for migratory birds.

RIASSUNTO

Dopo aver tracciato le linee essenziali delle finalità e della struttura del Regolamento UE 2024/1991 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 24 giugno 2024, sul ripristino della Natura, entrato in vigore il 18 agosto 2024, il lavoro pone l'attenzione a quei suoi profili che più sono attinenti alla materia forestale e, in questa direzione, analizza gli strumenti conati dal provvedimento ai fini del ripristino degli ecosistemi forestali e degli ecosistemi urbani.



SIMPOSIO INTERNAZIONALE
SUGLI ASPETTI GIURIDICI
DELLO SVILUPPO FORESTALE
SOSTENIBILE A LIVELLO EUROPEO

Promosso dallo IUFRO - l'Unione Internazionale delle Organizzazioni di Ricerca Forestali che riunisce Istituzioni di ricerca, Università e singoli ricercatori, nonché autorità decisionali ed altri *stakeholders* del settore forestale - si svolgerà, dall'8 al 10 ottobre 2025 a Brasov, in Romania, il 20th *International Symposium on Legal Aspects of European Forest Sustainable Development*.

Il simposio costituirà un momento importante di aggiornamento e di confronto sulla disciplina legale del bosco a più livelli. L'evento si propone infatti l'o-

80 (1): 51, 2025 doi: 10.36253/ifm-1166

biettivo - come avverte l'annuncio pubblicato al link che segnaliamo qui sotto - di stimolare e facilitare le comunicazioni tra ricercatori e professionisti responsabili del diritto forestale e della legislazione ambientale nei paesi europei, specialmente in quelli con economie in transizione. La riflessione e lo scambio di esperienze a livello eurounitario sono essenziali nella costruzione di una legislazione forestale ed ambientale che nella cornice della Strategia forestale europea si declina sui livelli nazionali.

Link: <https://www.iufro.org/events/20th-international-symposium-on-legal-aspects-of-european-forest-sustainable-development>

FEDERICO ROGGERO

GAETANO AVENA (2024) - *Gli alberi e i Santi*. Media & Books. Collana "Scienza e fede". 334 p., € 28,00. ISBN 9791281485112

"Alberi e Santi: Un Viaggio tra Natura e Spiritualità" è un libro che invita il lettore a esplorare la connessione profonda tra la natura e la spiritualità, attraverso il racconto di 33 alberi, ognuno dei quali intreccia la sua storia con quella di un santo. Nonostante la struttura del libro suggerisca una lettura lineare, ho scelto di non seguire un ordine numerico di pagine, ma di lasciarmi guidare dalla curiosità, concentrandomi ora sul nome della specie arborea ora sul nome di un Santo. Questa modalità di lettura mi ha permesso di immergermi in modo personale nella narrazione, scoprendo storie e leggende di alberi e santi che mi erano sconosciute come ad esempio i lentischi di Sant'Isidoro di Chio. Ogni capitolo svela non solo le proprietà storiche e terapeutiche degli alberi, ma anche il loro valore simbolico legato alla spiritualità cristiana. La prefazione del cardinale Pietro Parolin sottolinea l'importanza di riconoscere la presenza di Dio nel creato evidenziando

80 (1): 51, 2025 doi: 10.36253/ifm-1167

l'esistenza di un legame profondo tra il mondo vegetale e il divino, mentre la presentazione del Professor Orazio Ciano mette più in risalto l'importanza della cultura forestale che va dall'esplorazione scientifica a quella umanistica. Ogni albero nel libro diventa un simbolo di connessione, non solo tra uomo e natura, ma anche tra uomo e spiritualità, come nel caso del faggio di San Giovanni Gualberto, del cipresso di San Francesco o del castagno di Sant'Agata. Una particolare curiosità emerge nelle pagine finali, con il racconto di Vincenzo Celano su un'antica pianta di rosa seminata ormai un secolo fa... Questo breve racconto, che mi ha riportato un po' alla mente la rosa de *Il piccolo principe* di Antoine de Saint-Exupéry mette in risalto la profonda connessione che lega l'uomo alla natura nelle diverse fasi della propria vita.

In sintesi, il libro è una riflessione sulle radici che ci legano alla terra e alla spiritualità, una lettura che si adatta ai ritmi del lettore e lo invita ad un viaggio tra natura e divino, tra il vissuto umano e il respiro degli alberi.

CHIARA LISA

MAURIZIO FLICK (2024) - *I nuovi contratti per le foreste. Tra proprietà "speciale" e tutela costituzionale dell'ambiente* CLEUP, Collana Scienze giuridiche. 260 pagine. ISBN: 9788854957343. € 20,00.

Il lavoro monografico di Flick presenta notevole interesse e utilità al lettore che voglia seguire le dinamiche più recenti del diritto e delle politiche ambientali e approfondirne la relativa applicazione al settore forestale.

L'Autore muove dalle coordinate costituzionali (artt. 9 e 41 Cost.), come riformate dalla legge costituzionale n. 1/2022, con la consapevolezza che si tratti di integrazioni che formalizzano approdi raggiunti da tempo dalla Corte costituzionale sulla rilevanza costituzionale dell'ambiente in termini di "valore" e "super-principio", ma anche con lo sforzo di cogliere sollecitazioni e prospettive nuove a favore delle politiche ambientali.

In altre parole, le rinnovate disposizioni costituzionali, per il riferimento esplicito alla "tutela dell'ambiente", possono valere come input ovvero, in termini giuridici, come garanzia e legittimazione a sostegno di politiche ecologicamente orientate, anzitutto quelle economiche.

La tematica ambientale è oggetto dell'attenzione della scienza e della tecnologia che sempre più intensamente formulano approcci, metodi e soluzioni rispetto ai quali il diritto fatica ancora a orientarsi; per questo le coordinate costituzionali, unitamente a quelle del diritto internazionale e del diritto europeo, sono utili per segnare, in modo profondo e oramai irreversibile, la strada che il legislatore deve percorrere.

Gli scenari inesplorati sono ancora tanti e in alcuni di essi si addentra l'Autore, con riflessioni e argomentazioni solide e convincenti, riferite specialmente al settore forestale.

Il settore forestale è al centro dell'agenda pubblica, sovranazionale (Dichiarazione sulle foreste di Glasgow 2021, Strategia forestale europea, ecc.) e nazionale (testo unico forestale, d.lgs. n. 34/2018), e i capisaldi or-

mai codificati (multifunzionalità, gestione sostenibile, servizi ecosistemici, forestazione urbana, lotta alla deforestazione, ecc.) inducono alla ricerca di nuovi strumenti giuridici di tutela e gestione.

Dallo studio dell'Autore emerge la rappresentazione dell'ambito forestale come di un settore vitale che rinnova la sua natura di "laboratorio giuridico" in cui possono sperimentarsi soluzioni peculiari e originali, le quali, a loro volta, possono essere trapiantate in altri settori del diritto ambientale.

L'indagine di Flick approfondisce lo strumentario a schema contrattuale presente in ambito forestale. Si tratta di istituti eterogenei, alcuni di recente recepimento normativo altri ancora in corso di definizione, accomunati dall'essere espressione di un approccio diverso da quello tradizionale - e ancora predominante - nel settore forestale e, più in generale, in materia ambientale.

Se l'approccio tradizionale è di tipo pubblicistico, incentrato sull'esercizio di poteri (di regolazione, pianificazione, imposizione di vincoli, controlli, autorizzazioni, ecc.), i quali si traducono in attività di natura unilaterale, cogente e "calata dall'alto", l'approccio che va emergendo, accuratamente descritto dall'Autore, è improntato sul consenso delle parti, ha natura volontaria e "muove dal basso". Un approccio che non pretende di sostituirsi o prevalere su quello tradizionale, ma che si propone come aggiuntivo e integrativo di esso nell'ottica dell'arricchimento delle politiche forestali. Un approccio che delinea nuove e suggestive rappresentazioni dei rapporti tra i soggetti coinvolti in ambito forestale (soggetti pubblici, operatori economici, consumatori, società civile), che sono corroborate dal principio costituzionale della sussidiarietà (art. 118 Cost.) e postulano una rinnovata *governance* del settore, ritenuta a buon diritto dall'Autore come essenziale "per valorizzare le potenzialità delle risorse forestali come risorsa economica, socioculturale e ambientale" (pag. 17).

MARCO BROCCA

L'ITALIA FORESTALE E MONTANA

ANNO LXXX - GENNAIO-MARZO 2025 - N. 1

EDITORIAL / EDITORIALE

Susanna Nocentini

Un nuovo spazio della Rivista dedicato alla riflessione giuridica sulla conservazione e la gestione sostenibile delle foreste	3
A new section of the Journal dedicated to Forest and Environmental Law	5

ORIGINAL RESEARCH ARTICLE / CONTRIBUTO ORIGINALE DI RICERCA

Leonardo Lazzara, Elena Marra, Barbara Baesso Moura, Jacopo Manzini, Andrea Viviano, Cesare Garosi, Yasutomo Hoshika, Elena Paoletti

FO3X (Ozone FACE - Free-Air Controlled Exposure): un'infrastruttura innovativa per una valutazione realistica dell'impatto dell'ozono troposferico sulla vegetazione	7
<i>FO3X (Ozone FACE - Free Air Controlled Exposure): An innovative infrastructure for a realistic assessment of the impact of tropospheric ozone on vegetation</i>	

REVIEW

Luigi Portoghesi

Pensare come una foresta. Aldo Leopold, il Dauerwald e la selvicoltura europea del XXI secolo	23
<i>Thinking like a forest. Aldo Leopold, the Dauerwald and European silviculture in the 21st century</i>	

FOREST AND ENVIRONMENTAL LAW - DIRITTO FORESTALE E AMBIENTALE

ORIGINAL RESEARCH ARTICLE / CONTRIBUTO ORIGINALE DI RICERCA

Giorgia Di Domenico, Stefano Ceci, Francesca Cellitti, Valerio Di Stefano

Vivai forestali e riforestazione urbana: opportunità e sfide giuridiche del settore	35
<i>Forestry nurseries and urban reforestation: opportunities and legal challenges of the sector</i>	

REVIEW

Nicoletta Ferrucci

The European Union Regulation on Restoring Nature: a glance at some profiles of forestry interest	45
<i>Il Regolamento dell'Unione Europea sul Ripristino della Natura: uno sguardo ad alcuni profili di interesse forestale</i>	

NEWS AND BOOK REVIEWS / NOTIZIARIO E RECENSIONI	51
---	----

ISSN 0021-2776

