



L'ITALIA
FORESTALE
E MONTANA

RIVISTA DI POLITICA ECONOMIA E TECNICA

Edita dall'Accademia Italiana di Scienze Forestali

ANNO LXXVIII - SETTEMBRE/OTTOBRE 2023 - N. 5



ITALIAN JOURNAL OF FOREST AND MOUNTAIN ENVIRONMENTS

Published by the Italian Academy of Forest Sciences



L'ITALIA
FORESTALE
E MONTANA

RIVISTA DI POLITICA ECONOMIA E TECNICA

Edita dall'Accademia Italiana di Scienze Forestali

ANNO LXXVIII - SETTEMBRE/OTTOBRE 2023 - N.5

ITALIAN JOURNAL OF FOREST AND MOUNTAIN ENVIRONMENTS

Published by the Italian Academy of Forest Sciences



**ACCADEMIA ITALIANA
DI SCIENZE FORESTALI**

PIAZZA EDISON, 11 - 50133 FIRENZE
Tel. 055 570348
www.aisf.it - info@aisf.it

CONSIGLIO

Presidente

Orazio Ciancio

Vice-Presidenti

Piermaria Corona, Susanna Nocentini

Segretario generale e Tesoriere

Susanna Nocentini

Bibliotecario

Andrea Battisti

Consiglieri

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

COLLEGIO DEI REVISORI DEI CONTI

Presidente

Fiammetta Terlizzi

Revisori effettivi

Paolo Gajo, Federico Maetzke

Revisori supplenti

Enrico Marchi, Andrea Tani

In copertina: rinnovazione naturale
dopo la tempesta Vaia (foto A. Battisti).

L'ITALIA FORESTALE E MONTANA ISSN 0021-2776
Italian Journal of Forest and Mountain Environments

Direttore responsabile / Editor in chief

Susanna Nocentini, Università di Firenze

Curatori / Associate editors

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

Comitato scientifico / Editorial advisory board

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

Segreteria / Handling editor

Giovanna Puccioni, Accademia Italiana di Scienze Forestali



Biomonitoring of edaphic microarthropods in broadleaf stands affected by wild fires in the Montefalcone Nature

Biomonitoraggio dei microartropodi edafici in popolamenti di latifoglie percorsi da incendi nella Riserva Naturale di Montefalcone

Chiara Lisa

Accademia Italiana di Scienze Forestali - Piazza T.A. Edison 11, 50133 - Firenze, Italia; chiara.lisa@aisf.it

Abstract: The aim of this study is to assess the impact of fire on edaphic microarthropod communities in stands of broadleaf trees with a prevalence of *Quercus* species affected by several fires: in 2001, in 2009, and in some areas in both years, within the Montefalcone Nature Reserve (Pisa). Soil sampling was carried out seasonally between autumn 2011 and autumn 2012 for a total of 120 samples including a nearby area where non fire has occurred since at least 40 years (control). Monitoring was carried out using the soil biological quality index (QBS-ar) and the abundances of microarthropods, which did not show clear differences between areas burned, once or twice, and the control area. Although no significant differences emerged, the study shows that some ecomorphological groups are more sensitive to the passage of fire than others. In our case, the density of microarthropods and the biological quality of the soil did not show any particular reductions, confirming that the recovery of edaphic communities, generally, takes place within a couple of years. This highlights the important role of monitoring over time in order to provide information on the impact of fire on a forest stand and therefore on its stability after a disturbance.

Key words: broadleaf forests; wild fires; soil; edaphic microarthropods; environmental monitoring.

Citation: Lisa C., 2023 - *Biomonitoraggio dei microartropodi edafici in popolamenti di latifoglie percorsi da incendi nella Riserva Naturale di Montefalcone*. *L'Italia Forestale e Montana*, 78 (5): 173-188; <https://dx.doi.org/10.36253/ifm-1122>

Received: 15/12/2023 **Revised version:** 29/01/2024 **Published online:** 14/02/2024

1. INTRODUZIONE

Gli incendi rappresentano una minaccia per la salvaguardia delle foreste europee e, in particolar modo, per quelle mediterranee. Gli ecosistemi forestali del bacino del Mediterraneo sono spesso caratterizzati dalla ricorrenza di incendi, per la maggior parte delle volte cau-

sati da volontarietà o da negligenza dell'uomo (WWF, 2021). Essi, oltre ad essere ritenuti tra le principali cause della distruzione della massa legnosa di un bosco più di una qualsiasi altra calamità naturale (Hadjibiros, 2001), sono in grado di condizionare la sostenibilità dell'intero ecosistema (Neary *et al.*, 1999). Il fuoco, infatti, è in grado di influire notevolmente oltre

che sulla composizione e sulle dinamiche della vegetazione anche sul ciclo dei nutrienti e sulle proprietà chimiche del terreno e può causare, dal punto di vista biologico, una perdita di microartropodi e microorganismi con riduzione della biodiversità edafica.

La maggior parte degli studi che hanno indagato l'impatto degli incendi sulle superfici boschive hanno interessato prevalentemente la componente vegetale e la sua evoluzione, ma molto interesse è stato rivolto anche all'impatto del fuoco sul suolo (Agbeshie *et al.*, 2022) sia dal punto di vista chimico, fisico, ma anche biologico. Meno noti però sono gli studi riguardanti gli effetti del fuoco sulle comunità dei microartropodi edafici (Lisa *et al.*, 2015) anche se essi si stanno dimostrando validi indicatori biologici sia in agricoltura, sia in ambienti forestali (Solascasas *et al.*, 2022).

In ambito forestale uno strumento indispensabile per il controllo dello stato e delle dinamiche di un ecosistema percorso da incendio è il monitoraggio o biomonitoraggio che può rappresentare un valido aiuto per ampliare le conoscenze sulla complessità del sistema, finalizzate a una sua gestione sostenibile. In particolare il biomonitoraggio di un suolo percorso da incendio può utilizzare differenti organismi viventi, ma i più utilizzati sono generalmente invertebrati e possono essere rappresentati sia dalla macrofauna, sia dalla meso- o microfauna edafica. La maggior parte dei bioindicatori appartengono però al *phylum* degli artropodi, sebbene anche i nematodi (Matlack, 2001) e gli anellidi (Bhadauria *et al.*, 2000) siano stati utilizzati per indagare i cambiamenti subiti dai suoli sottoposti a stress termici.

Lo scopo principale di questo studio è quello di monitorare e valutare il grado di disturbo (diretto ed indiretto) degli incendi sulla matrice biologica del suolo in popolamenti di latifoglie nell'area mediterranea in differenti periodi di tempo successivi al passaggio del fuoco. L'im-

patto del fuoco sulla biodiversità delle comunità di microartropodi edafici è stato valutato sia dal punto di vista qualitativo, applicando un indice biologico sintetico quale il QBS-ar (Indice di Qualità Biologica del Suolo) (Parisi, 2001; Parisi *et al.*, 2005), sia quantitativo valutando la numerosità degli individui. I risultati ottenuti sono stati poi discussi per confrontare l'impatto del fuoco sulle comunità di microartropodi edafici in boschi a prevalenza di specie quercine rispetto alla qualità biologica del suolo in popolamenti di pini mediterranei analizzati in uno studio precedente condotto nella stessa zona, nello stesso intervallo di tempo e con lo stessa metodologia (Lisa *et al.*, 2022).

2. MATERIALE E METODI

2.1 Area studio

L'area scelta per questo studio si trova nella Regione Toscana nel comprensorio collinare delle Cerbaie, situato a 50 km a est di Pisa e che comprende al suo interno la Riserva Naturale Statale di Montefalcone. Il territorio è inserito nel Sito di Interesse Comunitario delle Cerbaie (SIC: IT5170003) e ricade nella Zona di Protezione Speciale di Montefalcone (ZPS: IT517004).

Il clima delle Cerbaie è di tipo temperato umido con temperature medie annue comprese tra i 14 °C e i 15 °C e precipitazioni annue che variano dai 1000 mm ai 1150 mm. Secondo la classificazione fitoclimatica di Pavari le Cerbaie ricadono nella zona del Lauretum sottozona media con siccità estiva (Travaglini *et al.*, 2011). I venti dominanti che interessano l'area sono: la tramontana (N) che soffia soprattutto in inverno, e il libeccio (S-O) che è invece presente durante tutto l'arco dell'anno. Le alture presentano profili dolci ed arrotondati che vanno da 45 a 114 m s.l.m. Dal punto di vista idrografico le Cerbaie ricadono nel bacino del fiume Arno

e sono attraversate da un reticolo di torrenti, rii, fossi di origine naturale ed anche da canali di origine artificiale risalenti al XVI secolo. Per quel che riguarda l'aspetto pedologico i suoli delle Cerbaie sono orientati verso un processo pedogenetico di tipo climatico, caratteristico delle regioni a clima temperato atlantico o semi-continentale, dove la vegetazione è rappresentata da foreste di latifoglie o foreste miste di latifoglie e conifere. Dal momento che l'area non presenta eccessi termici e mancanza di umidità atmosferica, i suoli delle Cerbaie tendenzialmente subiscono processi pedogenetici di brunificazione (Olivari, 2004).

I boschi delle Cerbaie sono rappresentati per lo più da formazioni di pino marittimo (*Pinus pinaster* Aiton), di età compresa tra 80-85 anni, distribuite soprattutto nei pianori sommitali dei rilievi collinari e da boschi misti di specie quercine a prevalenza di cerro (*Quercus cerris* L.) e rovere (*Quercus petraea* Liebl.) distribuiti soprattutto nei vallini e nelle aree pianeggianti. Castagno (*Castanea sativa* Mill.), sorbo domestico (*Cormus domestica* L.), ciavardello (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz), agrifoglio (*Ilex aquifolium* L.), carpino bianco (*Carpinus betulus* L.) e carpino nero (*Ostrya carpinifolia* Scop) sono presenti in modo sporadico.

Le Cerbaie sono una zona caratterizzata da un'elevata frequenza di incendi, basti pensare che nell'arco di tempo che ha interessato questo studio, tra il 2000 e il 2010, si sono verificati un totale di 80 incendi che hanno percorso una superficie complessiva di 533 ettari.

Gli anni in cui si sono registrate le maggiori superfici percorse dal fuoco sono stati il 2001 e il 2009. L'incendio dell'agosto 2001 ha percorso una superficie di circa 70 ettari ed è durato, prima della sua estinzione, 47 ore. Sono stati distrutti e/o danneggiati dal fuoco 16200 m³ di massa legnosa. L'incendio dell'agosto 2009 ha interessato invece una superficie di circa 130 ettari ed ha avuto una durata di

circa 53 ore. L'incendio del 2009 ha ripercorso anche alcune aree già interessate dal fuoco nel 2001. La gravità degli incendi è stata stimata al momento dell'incendio dai responsabili delle operazioni di spegnimento basandosi su osservazioni dirette sul campo ed è stata valutata da "bruciatura superficiale moderata o grave" a "bruciatura profonda" (Keeley, 2009) che ha interessato la lettiera, lo strato organico del suolo, arbusti, tronchi e chioma degli alberi.

2.2 Area di campionamento

Le aree individuate per il campionamento del suolo sono state così suddivise:

1. Aree controllo 1 e 2 (non percorsa da incendio da almeno 40 anni) (AC1 e AC2) (Fig. 1 e 2);
2. Area incendiata nel 2001 (Fig. 3) (AI 2001);
3. Area incendiata nel 2009 (Fig. 4) (AI 2009);
4. Area incendiata sia nel 2001 sia nel 2009 (Figure 5 e 6) (AI 2001/09).

L'area controllo 1 ha caratteristiche più simili alle aree percorse dal fuoco nel 2001 e nel 2001/2009 (esposizione, pendenza, specie arboree ecc.) mentre l'area controllo 2 ha caratteristiche maggiormente affini all'area percorsa dal fuoco solamente nel 2009.

La descrizione del soprassuolo forestale delle aree esaminate in questo studio è riportata in tabella 1.

2.3 Campionamento del suolo

Per ciascuna area di campionamento sono stati scelti 2 punti rappresentativi e per ciascuno di essi è stato seguito un protocollo di campionamento del suolo che ha previsto il prelievo di tre zolle quadrate di terreno (10 cm di lato x 10 cm di profondità) lungo un transetto di circa 10 metri a 5 metri di distanza l'uno dall'altro. La posizione di ciascun punto è stata acquisita tramite GPS (*Trimble*) e le coordinate geografiche dei due punti più esterni di tutti i transetti sono riportate in tabella 2.



Figura 1 - Area Controllo AC1.



Figura 2 - Area Controllo AC2.



Figura 3 - Area AI 2001.



Figura 4 - Area AI 2009.



Figura 5 - Area AI 2001/2009.



Figura 6 - Area AI 2001/2009.

Il disegno di campionamento ha previsto di effettuare i prelievi del suolo sia nella stagione primaverile sia nella stagione autunnale. La fase di campionamento è iniziata nell'autunno del 2011 e si è conclusa nell'autunno 2012 per un totale di 120 campioni di suolo analizzati.

2.4 Qualità biologica del suolo e biodiversità

I campioni di suolo prelevati sono stati sistemati nel selettore Berlese-Tüllgren per 10 giorni e i microartropodi edafici che sono stati estratti sono stati contati e identificati a livello di ordine e classe attraverso uno stereomicroscopio con ingrandimenti tra i 20 X e i 40 X (Fig. 7).

La qualità biologica del suolo è stata valutata utilizzando l'indice QBS-ar (Parisi *et al.*, 2005).

Tale indice si basa sul concetto di ecomorfologia che suddivide gli organismi edafici in gruppi contraddistinti dall'aver la stessa serie di caratteri ecomorfologici (Forme Biologiche) evolutivamente convergenti (Sacchi e Testard, 1971; Parisi, 1974) e finalizzati all'adattamento alla vita ipogea.

A ciascuna Forma Biologica è associato un valore numerico, detto Indice Ecomorfologico (EMI), che va da un minimo di 1 ad un massimo di 20. Come regola generale, le forme eu-edafiche, ricevono un punteggio EMI = 20,

Tabella 1 - Descrizione delle aree prese in esame per il campionamento del suolo.

| <i>Aree</i> | <i>Vegetazione</i> |
|---|---|
| Area Controllo 1 (AC1) | Soprasuolo transitorio a prevalenza di cerro di età compresa tra 40 e 60 anni con un piano dominato composto da carpino bianco, orniello, sorbo e ciavardello, mentre quello dominante è costituito da specie quercine a prevalenza di cerro di età compresa tra i 40 e i 60 anni, avviati a fustaia. Il sottobosco è composto da pungitopo, agrifoglio, felce e rovo con una sporadica presenza di ginestra, erica e rinnovazione di cerro. |
| Area Controllo 2 (AC2) | Vegetazione simile all'area controllo 1 con presenza di eriche e corbezzolo nello strato arbustivo. |
| Area incendio 2001 (AI 2001) | Presenza di cerro, rovere e castagno sopravvissuti all'incendio con rinnovazione di pino marittimo e giovani polloni di cerro e orniello. Nel sottobosco presenza di ginestre, eriche, corbezzolo, rovo, cisto e felce. |
| Area incendio 2009 (AI 2009) | Presenza di cerro, rovere, orniello e ontano nero di circa 60 anni di età con presenza di alberi morti in piedi e a terra ed esemplari parzialmente danneggiati dal fuoco. Sottobosco composto da ginestre, erica e cisto, felci, rovi e leguminose con una sporadica presenza di muschio (<i>fire moss</i>). |
| Area incendio 2001/2009 (AI 2001/2009) | Presenza di cerro, rovere e sporadici esemplari di pino marittimo, con rinnovazione sporadica a prevalenza di carpino bianco e specie quercine in stadio di plantule. Le latifoglie presenti si trovano in un precario stato vegetativo e forniscono un grado di copertura scarso. Numerosi sono sia gli alberi morti in piedi sia quelli a terra. Sottobosco composto da eriche, ginestra, pungitopo, cisti, felci, rovi e muschio (<i>fire moss</i>). |

Tabella 2 - Coordinate punti campionamento.

| <i>Bosco latifoglie</i> | <i>Coordinate geografiche</i> | |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------|
| | <i>1</i> | <i>2</i> |
| AC1 Punto 1 | 4845437N 1637525E | 4845435N 1637434E |
| AC1 Punto 2 | 4845505N 1637474E | 4845505N 1637484E |
| AC2 Punto 1 | 4845285N 1638953E | 4845283N 1638964E |
| AC2 Punto 2 | 4845301N 1638936E | 4845310N 1638932E |
| AI 2001 Punto 1 | 4845276N 1637476E | 4845267N 1637469E |
| AI 2001 Punto 2 | 4845286N 1637505E | 4845279N 1637511E |
| AI 2009 Punto 1 | 4845548N 1638602E | 4845550N 1638592E |
| AI 2009 Punto 2 | 4845565N 1638578E | 4845569N 1638569E |
| AI 2001/2009 Punto 1 | 4845243N 1638802E | 4845247N 1638794E |
| AI 2001/2009 Punto 2 | 4845252N 1638785E | 4845260N 1638780E |



Figura 7 - Microartropodi osservati allo stereomicroscopio.

le forme epi-edafiche ricevono un punteggio uguale a 1 e le forme emi-edafiche ricevono un punteggio intermedio proporzionale al loro grado di specializzazione al suolo.

Alcuni ordini di microartropodi (ad esempio, Chilopoda, Diplopoda, Collembola e Coleoptera) hanno punteggi multipli, mentre altri come i Protura, Symphyla e Diplura ricevono un unico punteggio, perché tutte le specie appartenenti a questi gruppi mostrano un livello di adattamento simile. Le tabelle di valutazione degli indici eco-morfologici (EMI) sono state pubblicate da Parisi nel 2001. Il valore finale dell'indice QBS-ar viene calcolato considerando tutti i gruppi ecomorfologici rilevati in almeno uno dei tre campioni di terreno. Se in un gruppo sono presenti più forme biologiche, per la sommatoria si utilizza il massimo valore EMI ottenuto che rappresenta il più alto grado di adattamento alla vita

edafica (QBS-max). Ciò consente di valutare la qualità biologica potenziale dell'area esaminata riducendo i problemi connessi all'anisotropia con cui sono distribuiti i microartropodi del suolo. La maggiore qualità biologica del suolo corrisponde a un valore più elevato di QBS-ar che va da 0 a >200.

Nonostante l'indice QBS-ar sia un indice sintetico e che quindi non prevede la valutazione del numero dei microartropodi presenti nel suolo, in questo studio si è effettuato anche il conteggio degli organismi edafici al fine di fare anche una valutazione biologica quantitativa e non solo qualitativa.

2.5 Analisi chimico-fisiche del suolo

Per ogni campione di suolo prelevato sono stati determinati il pH, la temperatura, l'umidità e la quantità di sostanza organica.

La temperatura e l'umidità sono state rile-

vate in campo tramite un rilevatore di umidità per il suolo (*Misture meter type HH2*) a 10 cm di profondità.

Per la determinazione del pH e la valutazione del contenuto di sostanza organica (S.O.) nel suolo si sono seguite le procedure previste dal Decreto Ministeriale del 13/09/1999 - Metodi ufficiali di analisi del suolo.

Il pH è stato determinato per via potenziometrica, dopo taratura del sistema di misura, su sospensioni di suolo-acqua e suolo potassio di cloruro (KCl) con un rapporto di estrazione di 1:5 poiché il suolo è risultato molto ricco di sostanza organica. La determinazione della sostanza organica è stata effettuata secondo il metodo dell'analisi del carbonio totale o organico e dell'azoto totale su campioni di suolo secco all'aria e setacciato a 0,5 mm, con una quantità di terreno compresa tra i 15 e i 20 mg ($\pm 1 \mu\text{g}$). Per ciascun campione si è effettuata l'analisi tre volte e si è calcolata la media e la deviazione standard per ogni valore.

2.6 *Analisi statistiche*

Le analisi statistiche (univariate e multivariate) utilizzate in questo studio sono state effettuate con il software *PAST programme version 1.94b* (Hammer, 2001).

Le analisi univariate hanno riguardato i valori di QBS-ar ottenuti nelle differenti aree di campionamento prese in esame. Al fine di verificare se il passaggio del fuoco, una o più volte, possa aver influito in modo significativo sulla qualità biologica del suolo è stato applicato il t-test ai valori di QBS-ar riscontrati nei siti di campionamento.

Per l'analisi delle differenze presenti tra le aree percorse dal fuoco e le aree controllo per quel che riguarda la densità di individui/m² è stata invece effettuata l'analisi della varianza.

Le analisi multivariate utilizzate in questo studio sono l'Analisi delle Componenti Prin-

cipali (PCA) (Davis, 1986; Harper, 1999), la SIMPER analysis (Similarity Percentage) (Clark, 1993) e la MANOVA (Anderson, 2001).

La PCA è stata condotta sulla matrice rettangolare (siti campionati x gruppi tassonomici) dei valori EMI. La tecnica del bootstrap resampling (Efron, 1979) con 1000 repliche è stata impiegata per valutare il numero di assi informativi (Jackson, 1993) con un intervallo di confidenza del 95%. Gli assi informativi (*eigenvalues*) sono stati considerati significativi secondo l'approccio *broken stick* proposto da Jackson nel 1993.

Per verificare le variazioni della qualità biologica del suolo e della struttura delle comunità dei microartropodi edafici tra le aree controllo e le aree percorse da incendio è stata utilizzata l'analisi non parametrica MANOVA basata sulla distanza di dissimilarità di Bray Curtis. Questa tipologia di analisi, sovente utilizzata per confrontare i gruppi tassonomici, è stata scelta perché in grado di evidenziare le differenze significative esistenti tra due o più gruppi e, nello specifico, è stata applicata alla matrice rettangolare (siti campionati x gruppi tassonomici) dei dati EMI.

Le analisi multivariate riferite all'abbondanza dei microartropodi edafici sono state applicate ad una matrice rettangolare in cui nelle righe sono stati inseriti i siti di campionamento e nelle colonne le abbondanze dei gruppi ecomorfologici (ind./m²). Sono stati calcolati i seguenti indici di biodiversità: a) indice di Shannon (1948) che misura la diversità in termini di ricchezza; b) indice di Simpson (1949) che descrive la varianza nella distribuzione delle abbondanze specifiche (Magurran, 2004).

3. RISULTATI

3.1 Monitoraggio dei suoli percorsi dal fuoco attraverso la qualità biologica del suolo tramite indice QBS-ar

Su 120 campioni di suolo analizzati sono stati individuati 26 gruppi di microartropodi appartenenti ai *subphyla* Chelicerata e Mandibolata. Tra i chelicerati sono stati identificati Araneidi, Opilionidi, Scorpioni, Pseudoscorpioni e Acari, mentre nel *Subphylum* Mandibolata sono stati distinti gli isopodi (1 *taxon*) e altri 20 *taxa*.

I valori medi di QBS-ar risultano sempre maggiori di 150 sia per quel che riguarda i campioni controllo che per quel che riguarda i campioni percorsi dal fuoco in diversi intervalli e frequenze di tempo (2001, 2009, 2001/2009) con un valore massimo pari a 245 per il campione AC2 relativo all'autunno 2011, mentre il numero medio dei *taxa* varia da un minimo di 17, riscontrato nei campioni AC1 riferiti al 2012, ad un massimo di 23 identificati nel campione AC2 dell'autunno 2011 (Fig. 8).

Dal confronto effettuato con il t-Test della qualità biologica del suolo riscontrata nei campionamenti analizzati dal 2011 al 2012 non emergono significative differenze per quel che riguarda il confronto tra l'area bruciata nel 2009 rispetto alle altre aree esaminate fatta eccezione per l'Area Controllo AC2 che risulta significativamente diversa sia nella stagione autunnale che in quella primaverile del 2012.

Emergono invece significative differenze di QBS-ar tra i campioni controllo AC1 rispetto all'Area Controllo AC2 e l'area Incendiata nel 2001, esaminati entrambi nell'autunno 2011. Per quel che riguarda l'area incendiata due volte la qualità biologica del suolo risulta significativamente diversa solo rispetto all'Area Controllo AC2 e all'area incendiata nel 2001 dell'autunno 2011 (Tab. 3).

Al fine di verificare la significatività delle variazioni della qualità biologica del suolo e della struttura delle comunità di microartropodi tra il gruppo dei campioni controllo ed il gruppo dei campioni percorsi da incendio nei differenti intervalli di tempo è stata effettuata, sulla matrice dei gruppi ecomorfologici EMI, l'analisi non parametrica MANOVA basata sulla misura della distanza di dissimilarità di Bray Curtis. L'analisi non ha evidenziato differenze significative con un $F = 1,007$ e un p pari a 0,443.

È stata inoltre effettuata una PCA al fine di identificare i gradienti ecologici delle comunità edafiche. L'analisi è stata condotta su una matrice rettangolare: siti campionati x Gruppi EMI (eco-morfologici) (Fig. 9).

Nel complesso le prime due componenti spiegano solamente il 42% della varianza, la PC1 spiega il 27% mentre la PC2 il 15%. La distribuzione spaziale dei punti rappresentativi delle aree controllo rispetto alle aree percorse dal fuoco non sembra essere influenzata dalle componenti principali infatti troviamo aree controllo sia nei semiassi positivi come in quelli negativi.

Sebbene l'analisi delle componenti principali non metta in evidenza particolari variazioni tra le aree incendiate una o più volte e le aree non percorse dal fuoco, i gruppi eco-morfologici che influenzano maggiormente la Componente Principale 1 sono gli pseudoscorpioni, i collemboli euedafici (EMI 20), i dipluri e i proturi (Figura 10), mentre la componente principale 2 risulta influenzata quasi esclusivamente dalla presenza degli pseudoscorpioni. Entrambe le componenti principali risultano influenzate da gruppi eco-morfologici altamente adattati alla vita edafica, ma esse spiegano nel loro complesso meno del 50% della varianza dei campioni esaminati.

Anche dalla SIMPER analysis condotta sulla matrice siti x gruppi EMI è emerso che

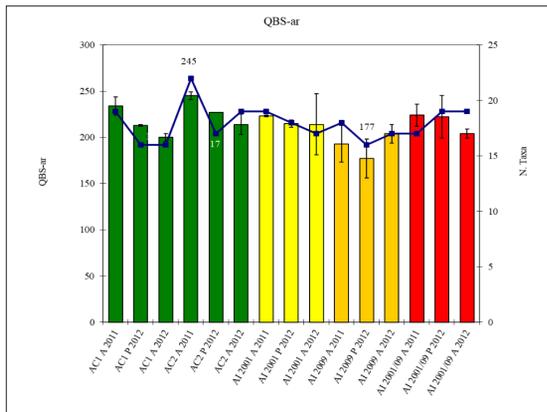


Figura 8 - Valori QBS-ar e numero taxa; (A=Autunno; P=Primavera).

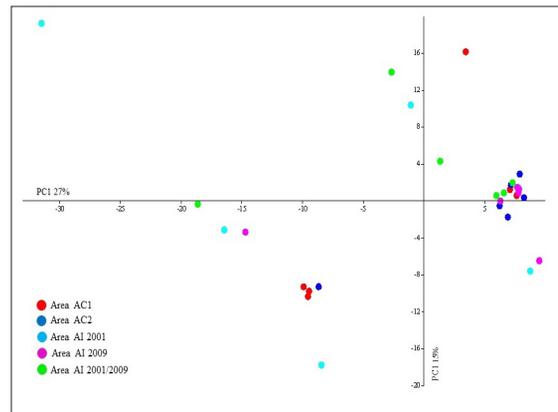


Figura 9 - Analisi delle Componenti Principali coi gruppi EMI.

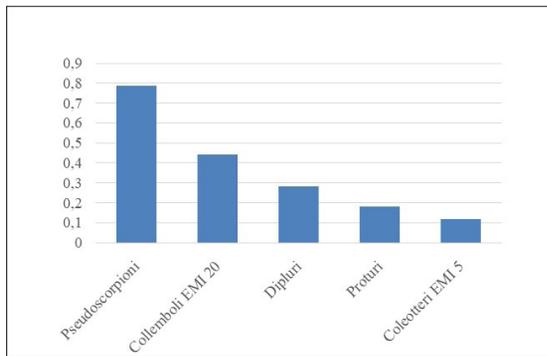


Figura 10 - Loading PC1.

la principale differenza tra i campioni prelevati nelle aree non percorse dal fuoco e i campioni prelevati nelle aree incendiate una o più volte è data dalla presenza degli pseudoscorpioni e collemboli euedafici (EMI 20) come già emerso dall'Analisi delle Componenti Principali.

3.2 Monitoraggio dei suoli percorsi dal fuoco attraverso l'abbondanza di microartropodi edafici

Per quel che riguarda l'abbondanza di individui riscontrata nei siti esaminati, il maggior valore lo si osserva nel campione bruciato nel 2009 (Autunno 2011) con 56351 ind./m², mentre la minore abbondanza di microartropodi edafici è rappresentata dal campione bruciato nel 2001 (Autunno 2012) con 13361 ind./m² (Fig. 11).

Dal confronto delle densità di microartropodi attraverso l'analisi della varianza non sono emerse differenze significative tra le aree controllo e le aree incendiate con un $F=1,036$ e un p pari a $0,436$.

La SIMPER analisi, basata sulle densità dei microartropodi, mostra una dissimilarità percentuale pari al 37 % tra le aree controllo e le aree incendiate e del 36 % se si paragonano le aree non bruciate con quelle percorse due volte dal fuoco. I gruppi che per densità mostrano una maggiore dissimilarità sono gli acari e i collemboli che sono anche i gruppi più abbondanti e diffusi nel suolo. Se si eliminano dall'analisi gli acari e collemboli, considerandoli come un dato ridondante, la dissimilarità tra le aree controllo e le aree bruciate aumenta sino al 58% e i gruppi che risultano maggiormente dissimili tra un suolo non bruciato e un suolo percorso dal fuoco sono i proturi e i pauropodi e, per l'area incendiata nel 2009, le formiche.

3.3. Monitoraggio dei suoli percorsi dal fuoco attraverso indici di biodiversità

Per quanto riguarda lo studio della biodiversità presente nei suoli occupati da latifoglie sono stati calcolati gli indici di biodiversità basati sulla ricchezza di specie e quelli basati sul-

Tabella 3 - t-Test valori QBS-ar.

| | | | |
|---------------|----------------|----------------|----------------|
| t-Test QBS-ar | AC2 A11 | AC2 P12 | AC2 A12 |
| AC1 A11 | 0,28 n.s. | Varianza =0 | 0,184 n.s. |
| AC1 P12 | 0,01** | Varianza =0 | 0,91 n.s. |
| AC1 A12 | 0,01** | Varianza =0 | 0,30 n.s. |
| t Test QBS-ar | AI 2001 A11 | AI 2001 P12 | AI 2001 A12 |
| AC1 A11 | 0,24 n.s. | 0,13 n.s. | 0,49 n.s. |
| AC1 P12 | 0,01** | 0,50 n.s. | 0,95 n.s. |
| AC1 A12 | 0,02** | 0,08 n.s. | 0,61 n.s. |
| t Test QBS-ar | AI 2009 A11 | AI 2009 P12 | AI 2009 A12 |
| AC1 A11 | 0,12 n.s. | 0,07 n.s. | 0,09 n.s. |
| AC1 P12 | 0,30 n.s. | 0,14 n.s. | 0,35 n.s. |
| AC1 A12 | 0,67 n.s. | 0,27 n.s. | 0,65 n.s. |
| t Test QBS-ar | AI 2001/09 A11 | AI 2001/09 P12 | AI 2001/09 A12 |
| AC1 A11 | 0,44 n.s. | 0,56 n.s. | 0,06 n.s. |
| AC1 P12 | 0,32 n.s. | 0,61 n.s. | 0,13 n.s. |
| AC1 A12 | 0,12 n.s. | 0,31 n.s. | 0,52 n.s. |
| t Test QBS-ar | AI 2001 A11 | AI 2001 P12 | AI 2001 A12 |
| AC2 A11 | 0,08 | 0,19 | 0,31 |
| AC2 P12 | Varianza=0 | Varianza=0 | Varianza=0 |
| AC2 A12 | 0,35 | 0,86 | 0,98 |
| t Test QBS-ar | AI 2009 A11 | AI 2009 P12 | AI 2009 A12 |
| AC2 A11 | 0,07 | 0,05* | 0,03** |
| AC2 P12 | Varianza=0 | Varianza=0 | Varianza=0 |
| AC2 A12 | 0,33 | 0,21 | 0,45 |
| t Test QBS-ar | AI 2001/09 A11 | AI 2001/09 P12 | AI 2001/09 A12 |
| AC2 A11 | 0,14 | 0,29 | 0,01** |
| AC2 P12 | Varianza=0 | Varianza=0 | Varianza=0 |
| AC2 A12 | 0,47 | 0,68 | 0,35 |
| t Test QBS-ar | AI 2001/09 A11 | AI 2001/09 P12 | AI 2001/09 A12 |
| AI 2001 A11 | 0,91 n.s. | 0,98 n.s. | 0,03** |
| AI 2001 P12 | 0,45 n.s. | 0,71 n.s. | 0,13 n.s. |
| AI 2001 A12 | 0,70 n.s. | 0,80 n.s. | 0,74 n.s. |
| t Test QBS-ar | AI 2001 A11 | AI 2001 P12 | AI 2001 A12 |
| AI 2009 A12 | 0,17 n.s. | 0,26 n.s. | 0,52 n.s. |
| AI 2009 A12 | 0,09 n.s. | 0,13 n.s. | 0,31 n.s. |
| AI 2009 A12 | 0,12 n.s. | 0,28 n.s. | 0,71 n.s. |
| t Test QBS-ar | AI 2001/09 A11 | AI 2001/09 P12 | AI 2001/09 A12 |
| AI 2009 A11 | 0,20 n.s. | 0,31 n.s. | 0,54 n.s. |
| AI 2009 P12 | 0,11 n.s. | 0,18 n.s. | 0,23 n.s. |
| AI 2009 A12 | 0,22 n.s. | 0,41 n.s. | 0,95 n.s. |

Legenda n.s.=non significativo; * p<0,05; **p<0,01

la dominanza (Figura 12). Dal calcolo degli indici di biodiversità è emerso che il maggior valore riscontrato per l'indice di Shannon è pari a 1,9 rilevato nell'autunno 2012 nell'Area Controllo 2, mentre il valore minore, pari a 0,9, è riferito all'Area Incendiata nel 2001 durante il campionamento dell'autunno 2011. Per quel che riguarda l'indice di Simpson il valore maggiore, pari a 0,7, si riscontra sia nell'Area Controllo 2 sia nell'Area Incendiata nel 2009 campionate entrambe nell'autunno 2012, mentre il valore più basso (0,3) si riscontra nel campione incendiato nel 2001 durante il campionamento dell'autunno 2011. L'andamento degli indici di biodiversità è molto simile sia per Shannon che per Simpson, con un'evidente riduzione dei valori per i campioni riferiti all'incendio del 2001 rispetto alle aree controllo. Dall'analisi della varianza risulta però che questa riduzione è significativa ($p=0.001$) solo per quel che riguarda la ricchezza di specie dell'area percorsa dal fuoco nel 2001 rispetto al controllo e all'area incendiata due volte.

3.4. *Analisi chimico fisiche e qualità biologica del suolo*

I parametri fisici del suolo, umidità e temperatura, non risultano essere in relazione né con la qualità biologica del suolo (QBS-ar), né con l'abbondanza di microartropodi edafici. I coefficienti di determinazione risultano infatti sempre inferiori a 0,1. Anche per i parametri chimici, pH e quantità di sostanza organica, non emergono relazioni né con i valori di QBS-ar né con l'abbondanza di individui. In particolare per il pH il coefficiente di determinazione risulta inferiore a 0,01 mentre per la sostanza organica, l' R^2 è pari a 0,26 se messa in relazione con la qualità biologica del suolo e pari a 0,001 se messa in relazione con l'abbondanza di microartropodi.

4. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Questo studio, attraverso il monitoraggio della fauna edafica, ha voluto indagare se gli effetti del fuoco potessero aver influenzato le comunità di microartropodi edafici in soprassuoli costituiti in prevalenza da latifoglie in un ambiente mediterraneo altamente soggetto ad incendi. Il risultato ottenuto mostra che la fauna edafica non ha subito significative alterazioni né per quel che riguarda l'abbondanza, né per quel che riguarda la qualità biologica del suolo, sebbene l'area sia stata percorsa dal fuoco più di una volta nel corso di 10 anni.

Quando un'area forestale è percorsa da incendi si possono osservare molteplici effetti, sia diretti che indiretti, non solo sulla vegetazione, ma anche sulle diverse componenti che costituiscono l'ecosistema bosco che spesso viene colpito in modo non uniforme. Di conseguenza si avranno aree maggiormente danneggiate rispetto ad altre (effetto a mosaico) (Brockett *et al.*, 2001; Bovio *et al.*, 2011) che rendono difficile dare una valutazione complessiva dei danni causati dal fuoco all'ecosistema stesso.

Studiare l'impatto degli incendi sulle comunità edafiche non è un approccio nuovo per valutare l'impatto del fuoco sugli ecosistemi. Molti sono gli studi condotti in varie parti del mondo e su differenti tipologie di soprassuolo forestale (Athias-Binche, 1987; Broza e Izhaki, 1997; Buddle *et al.* 2006; Malmström *et al.*, 2012; Lisa *et al.*, 2015; Mantoni *et al.*, 2020; Çakır *et al.*, 2023). Mentre in alcuni casi sono stati osservati significativi cambiamenti sulla componente ipogea, in altri studi il passaggio del fuoco non ha causato differenze, evidenziando una certa resilienza agli incendi da parte di alcune comunità edafiche (Majer 1984; Moretti *et al.*, 2006; Yang *et al.*, 2022) rispetto ad altre che sono invece risultate più sensibili.

Gli studi precedenti condotti sempre nella Riserva Naturale di Montefalcone (Lisa *et al.*,

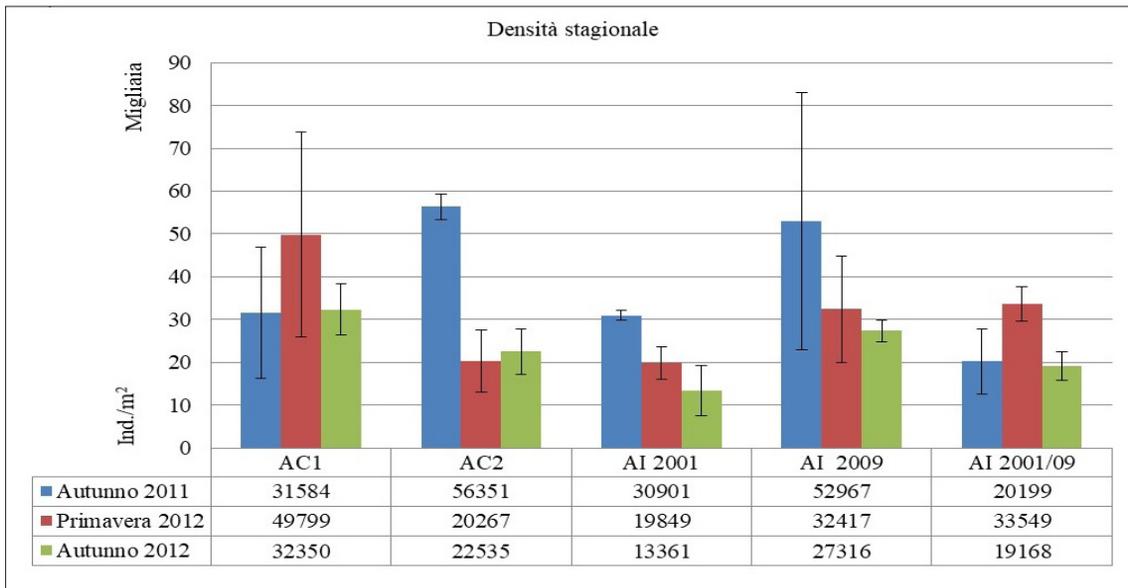


Figura 11 - Grafico della densità di microartropodi per area e per stagionalità.

2015; Lisa *et al.*, 2022), hanno interessato la fauna edafica in soprassuoli di pino domestico (*Pinus pinaster*) percorsi dagli stessi incendi (2001, 2009 e 2001/2009) ed hanno messo in evidenza come il fuoco sia risultato un importante fattore di disturbo per le comunità di microartropodi edafici al contrario di ciò che è accaduto per i soprassuoli di latifoglie dove invece il suolo ha sempre mantenuto un'elevata qualità biologica, indipendentemente dal tempo trascorso dal passaggio del fuoco e dalla sua frequenza. I valori QBS-ar ottenuti infatti vanno da un minimo di 177 ad un massimo di 245 e, anche dove il fuoco è passato due volte nel corso del tempo, il QBS-ar è risultato sempre >200 ad indicare condizioni ottimali di soprassuoli boschivi stabili (Menta *et al.*, 2018)

Se molti studi sono stati condotti sulla fauna edafica in suoli percorsi da incendio per quel che riguarda invece l'utilizzo specifico dell'indice QBS-ar gli unici studi trovati in letteratura sono quelli di Mantoni e collaboratori del 2020, Lisa e collaboratori del 2022 e Çakır *et al.* del 2023.

Mentre per Mantoni *et al.* (2020) sembra che la qualità biologica del suolo sia influenzata dal fuoco indipendentemente dall'habitat analizzato, nel nostro caso, se si considerano anche i risultati pubblicati nel 2015 da Lisa e collaboratori, si è osservato un differente comportamento della fauna edafica per i popolamenti di conifere rispetto a quelli di latifoglie percorsi dallo stesso incendio nel 2001, nel 2009 ed in entrambi gli anni. Dalle analisi svolte emerge, in accordo con lo studio svolto nel 2015, che i gruppi ecomorfologici degli pseudoscorpioni, dei collemboli euedafici e quello dei proturi, risultano quelli più sensibili al fuoco sia per quel che riguarda i soprassuoli di conifere sia per i soprassuoli a prevalenza di latifoglie sebbene la riduzione di questi gruppi ecomorfologici risulti meno significativa nei boschi misti di querce rispetto ai popolamenti di conifere.

Gli studi svolti da Çakır *et al.* nel 2023 su popolamenti di farnetto (*Quercus frainetto* Ten) mostrano invece significativi cambiamenti della fauna edafica sia per densità che per valori di QBS-ar, al contrario dei nostri risultati, ma in questo caso l'incendio analizzato era di tipo

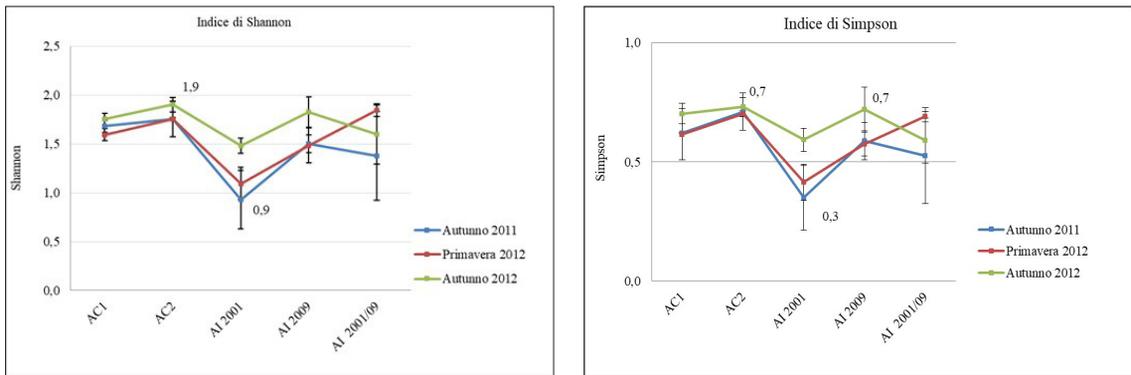


Figura 12 - Indici di biodiversità dall'Autunno 2011 all'Autunno 2012.

prescritto a bassa intensità e l'analisi è stata fatta subito dopo il passaggio del fuoco dove gli effetti diretti sugli invertebrati edafici risultano generalmente gravi (Mantoni *et al.*, 2020).

L'applicazione dell'indice QBS-ar pur non avendo messo in evidenza alcun cambiamento sulla fauna edafica dopo il passaggio del fuoco, ha tuttavia confermato che il fuoco potrebbe causare una maggior mortalità in soprassuoli di conifere (Giuntini *et al.*, 2017; Franklin *et al.*, 2006; Sibilio *et al.*, 2002), più infiammabili rispetto a boschi caratterizzati da specie quercine che sono maggiormente resistenti al fuoco (Conedera e Moretti, 2005). Inoltre, questo studio conferma che le comunità edafiche recuperano il loro status ottimale qualche anno dopo l'incendio come già osservato da Malmström (2008) e da Antunes (2009) e non nel breve termine dopo l'incendio, quando l'impatto del fuoco pare più incisivo.

Nonostante negli ultimi decenni ci sia stato un crescente interesse verso gli indici biologici ed in particolare verso l'indice QBS-ar, applicato ormai con successo in molti ambiti (Menta *et al.*, 2018), i risultati di questo tipo di indagine sono sempre soggetti a diverse fonti di incertezza a causa dell'imprevedibilità del comportamento degli incendi, dell'assenza di repliche, di dati imprecisi/mancanti o di una comprensione scientifica ancora incompleta della risposta ecologica agli incendi (Thompson e Calkin, 2011).

Ciononostante questa esperienza indica che nell'area percorsa da incendio nella Riserva Naturale di Montefalcone l'impatto del fuoco è stato molto minore sul suolo di latifoglie rispetto a quello di conifere e che i gruppi ecomorfologici più influenzati dal passaggio del fuoco sono quelli maggiormente adattati alla vita ipogea come già osservato nel 2015 da Lisa *et al.*

Il monitoraggio attraverso l'utilizzo di indicatori biologici del suolo in ecosistemi forestali percorsi da incendio consente di avere informazioni che possono essere molto difficili da ottenere da studi condotti su incendi sperimentali, dal momento che gli incendi che si verificano in natura presentano condizioni più estreme (Raymond e Peterson, 2005). Anche se in questo caso non sono stati ottenuti risultati che mostrino un significativo impatto del fuoco sulle comunità edafiche in soprassuoli di latifoglie, tuttavia il monitoraggio delle comunità di microartropodi edafici rimane un aspetto importante dal momento che può fornire fondamentali informazioni sulla stabilità del sistema bosco poiché, se si segue la teoria della complessità-stabilità, accettata dalla maggior parte degli ecologi (MacArthur, 1955; Hutchinson, 1959; Blandin, 2015) più grande è la biodiversità di una comunità di organismi maggiore sarà la sua stabilità.

RIASSUNTO

Lo studio ha esaminato l'impatto del fuoco sulle comunità di microartropodi edafici in popolamenti di latifoglie a prevalenza di specie quercine percorsi da incendio in due diversi periodi: nel 2001, nel 2009, e in alcune zone, in entrambe le annate, all'interno della Riserva Naturale di Montefalco (Pisa). Il campionamento del suolo è stato effettuato stagionalmente tra l'autunno 2011 e l'autunno 2012 per un totale di 120 campioni analizzati nelle aree percorse dal fuoco e in un'area limitrofa non interessata da incendi da almeno 40 anni (controllo). Il monitoraggio è stato effettuato utilizzando l'indice della qualità biologica del suolo (QBS-ar) e le abbondanze dei microartropodi che non hanno mostrato evidenti differenze tra le aree percorse dal fuoco, una o più volte, e le aree controllo. Nonostante non siano emerse significative differenze lo studio ha evidenziato come alcuni gruppi ecomorfologici siano comunque più sensibili al passaggio del fuoco rispetto ad altri. La densità dei microartropodi e la qualità biologica del suolo non hanno mostrato particolari riduzioni confermando che nella situazione esaminata il recupero delle comunità edafiche avviene generalmente nel giro di un paio di anni. Si evidenzia l'importante ruolo del monitoraggio nel tempo al fine di fornire informazioni sugli effetti, per lo più indiretti, del fuoco su un soprassuolo boschivo, quindi anche sulla stabilità del sistema bosco dopo l'evento di disturbo.

BIBLIOGRAFIA

- Agbeshie A.A., Abugr S., Atta-Darkwa, Awuah R., 2022 - *A review of the effects of forest fire on soil properties*. J. For. Res. 33: 1419-1444. <https://doi.org/10.1007/s11676-022-01475-4>
- Anderson M.J., 2001 - *A new method for non-parametric multivariate analysis of variance*. Austral. Ecology., 26: 32-46. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2001.01070.pp.x>
- Antunes S.C., Curado N., Castro B.B. et al., 2009 - *Short-term recovery of soil functional parameters and edaphic macro-arthropod community after a forest fire*. J Soils Sediments, 9: 267-278. <https://doi.org/10.1007/s11368-009-0076-y>
- Athias-Binche F., 1987 - *Regeneration patterns of Mediterranean ecosystems after fire: the case of some soil arthropods: uropodid mites*. Vie et Milieu, 37: 39-52.
- Bhadauria T., Ramakrisnan P.S., Srivastava K.N., 2000 - *Diversity and distribution of endemic and exotic earthworms in natural ecosystems in the central Himalayas, India*. Soil Biology and Biochemistry, 32: 2045-2054. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00106-1](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00106-1)
- Blandin P., 2015 - *La diversità del vivente prima e dopo la biodiversità*. Rivista di estetica, 59 (2): 63-92. <https://doi.org/10.4000/estetica.338>
- Bovio G., Ascoli D., Valsecchi C., Bottero A., 2011 - *Indagine sulle caratteristiche degli incendi boschivi e sulle dinamiche di risposta degli ecosistemi forestali. Gestione post-incendio in popolamenti di Fagus sylvatica L. del Piemonte*. Rapporto di ricerca. Regione Piemonte. Scaricabile on line: <http://www.regione.piemonte.it/montagna/pubblicazioni/pubblicazioni.htm>.
- Broza M., Izhaki I., 1997 - *Post-fire arthropod assemblages in Mediterranean forest soils in Israel*. International Journal of Wildland Fire, 7 (4): 317-325. <https://doi.org/10.1071/WF9970317>
- Brockett B.H., Biggs H.C., van Wilgen B.W., 2001 - *A patch mosaic burning system for conservation areas in southern African savannas*. International Journal of Wildland Fire, 10 (2): 169-183. <https://doi.org/10.1071/WF01024>
- Buddle C.M., Langor D.W., Pohl G.R., Spence J.R., 2006 - *Arthropod responses to harvesting and wildfire: Implications for emulation of natural disturbance in forest management*. Biological Conservation, 128 (3): 346-357. <https://doi.org/10.1016/j.bioccon.2005.10.002>
- Çakır M., Akburak S., Makineci E., Bolat F., 2023 - *Recovery of soil biological quality (QBS-ar) and soil microarthropod abundance following a prescribed fire in the Quercus frainetto forest*. Applied Soil Ecology, 184: 104768. ISSN 0929-1393, <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104768>
- Clark K.R., 1993 - *Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure*. Australian Journal of Ecology, 18:117-143. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>
- Conedera M., Moretti M., 2005 - *Gli incendi di bosco: le conseguenze sull'ecosistema*. Dati statistiche e società: trimestrale dell'Ufficio di statistica del Cantone Ticino, 1: 14-24.
- Davis J.C., 1986 - *Statistics and Data Analysis in Geology*. John Wiley and Sons, New York.
- Efron B., 1979 - *Bootstrap methods: Another look at jackknife*. Ann. Stat., 7: 1-26. <https://doi.org/10.1214/aos/1176344552>

- Franklin J., Spears-Lebrun L.A., Deutschman D.H., Marsden K., 2006 - *Impact of a high-intensity fire on mixed evergreen and mixed conifer forests in the Peninsular Ranges of southern California, USA*. Forest Ecology and Management, 235: 18-29. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.07.023>
- Giuntini F., De Meo I., Graziani A., Cantiani, P., Palletto, A., 2017 - *Stima del volume di legno morto in rimboschimenti di pino nero (Pinus nigra JF Arnold) in Toscana: confronto tra casi studio*. Dendronatura, 1: 19-28.
- Hadjibiros K., 2001 - *Setting priorities for wildfire suppression policy in Greece using a relation between yearly burned areas and recovery time*. Global NEST Journal, 3 (1): 37-43. <https://doi.org/10.30955/gnj.000141>
- Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D., 2001 - *PAST: Palaeontological Statistics software package for education and data analysis*. Palaeontologia Electronica, 4 (1): 9.
- Harper D.A.T., 1999 - *Numerical Palaeobiology*. John Wiley & Sons, Chichester.
- Hutchinson G.E., 1959 - *Homage to a Rosalia or why are there so many kinds of animals?* Am. Natur., 93: 145-158. <https://doi.org/10.1086/282070>
- Jackson D.A., 1993 - *Stopping rules in principal components analysis: a comparison of heuristic and statistical approaches*. Ecology, 74: 2204-2214. <https://doi.org/10.2307/1939574>
- Keeley J.E., 2009 - *Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage*. International Journal of Wildland Fire, 1: 116-126. <https://doi.org/10.1071/WF07049>
- Lisa C., Paffetti D., Marchi E., Nocentini S., Travaglini D., 2022 - *Use of an Eaphic Microarthropod Index for Monitoring Wildfire Impact on Soil in Mediterranean Pine Forests*. Frontiers in Forests and Global Change, Vol. 5: 900247. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.900247>
- Lisa, C., Paffetti, D., Nocentini, S., Marchi, E., Bottalico, F., Fiorentini, S., Travaffini D., 2015 - *Impact of wildfire on the edaphic microarthropod community in a Pinus pinaster forest in central Italy*. iForest. Biogeosci. For., 8: 874- 883. <https://doi.org/10.3832/ifer1404-008>
- MacArthur R.H. 1955 - *Fluctuations of animal populations and a measure of community stability*. Ecology, 36: 533-536. <https://doi.org/10.2307/1929601>
- Magurran A.E., 2004 - *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing, Oxford. ISBN 0-632-05633-9.
- Malmström A., 2012 - *Life-history traits predict recovery patterns in Collembola species after fire: a 10 years study*. Applied Soil Ecology, 56: 35-42. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2012.02.007>
- Malmström A., 2008 - *Temperature tolerance in soil microarthropods: simulation of forest fire heating in the laboratory*. Pedobiologia, 51: 419-426. ISSN 0031-4056. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2008.01.001>
- Mantoni C., Di Musciano M, Fattorini S., 2020 - *Use of microarthropods to evaluate the impact of fire on soil biological quality*. J. Environ Manage., 266:110624. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110624>
- Matlack G.R., 2001 - *Factors determining the distribution of soil nematodes in a commercial forest landscape*. Forest Ecology and Management, 146: 129-143. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00454-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00454-0)
- Majer J.D., 1984 - *Short term responses of soil and litter invertebrates to a cool autumn burn in Jarrah (Eucalyptus marginata) forest in Western Australia*. Pedobiologia, 26: 229-247. [https://doi.org/10.1016/S0031-4056\(23\)05977-2](https://doi.org/10.1016/S0031-4056(23)05977-2)
- Menta C., Conti F.D., Pinto S., Antonio Bodini A., 2018 - *Soil Biological Quality index (QBS-ar): 15 years of application at global scale*. Ecological Indicators, 85: 773-780 ISSN 1470-160X, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.11.030>
- Moretti M, Duelli P, Obrist M.K., 2006 - *Biodiversity and resilience of arthropods communities after fire disturbance in temperate forests*. Oecologia, 149 (2): 312-327. <https://doi.org/10.1007/s00442-006-0450-z>
- Neary D.G., Klopatek C.C., DeBano L.F, Ffolliott P.F., 1999 - *Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis*. Forest Ecology and Management, 122: 51-71. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00032-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00032-8)
- Olivari S., 2004 - *Morfologia, geologia e pedologia*. In: La Riserva Naturale di Montefalcone: storia, ambiente e territorio (Cappelli F., Cappelli V., Fabbrizzi F., Olivari S., Piussi P., Sbragia M., Stiavelli S.). Tipografia La Grafica Pisana - Bientina (PI), p. 21-30.
- Parisi V., 1974 - *Biologia ed ecologia del suolo*. Bringheri, Torino.
- Parisi V., 2001 - *The biological soil quality, a method based on microarthropods*. Acta Naturalia, Ateneo Parmense, 37: 97-106.
- Parisi V., Menta C., Gardi C., Jacomini C., Mozzanica E., 2005 - *Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach*

- in Italy*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 105 (1-2): 323-333. ISSN 0167-8809. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.02.002>
- Raymond C.L., Peterson D.L., 2005 - *Fuel treatments alter the effects of wildfire in a mixed-evergreen forest, Oregon, USA*. Canadian Journal of Forest Research, 35 (12): 2981-2995. <https://doi.org/10.1139/x05-206>
- Sacchi C.F., Testard P., 1971 - *Ecologie animale*. Doin, Paris.
- Shannon C.E., 1948 - *A Mathematical Theory of Communication*. The Bell System Technical Journal, 27: 379-423; 623-656. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb00917.x>
- Sibilio G., Cascone C., Taddei A., Taddei R., 2002 - *Distribuzione degli incendi in Campania e loro relazioni con le infrastrutture antropiche e le coperture forestali*. In: Proceedings of the XII Congresso Nazionale della Società Italiana di Ecologia - S.It.E - Urbino, Atti n. 26, 16-18 settembre 2002, La Complessità in Ecologia, p. 95-113.
- Simpson E.H., 1949 - *Measurement of Diversity*. Nature, 163: 688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- Solascasas P., Azcárate F.M., Hevia V., 2022 - *Edaphic arthropods as indicators of the ecological condition of temperate grassland ecosystems: A systematic review*. Ecological Indicators, Volume 142, 109277. ISSN 1470-160X, <https://doi.org/10.1016/j.ecoind.2022.109277>.
- Thompson M.P., Calkin D.E., 2011 - *Uncertainty and risk in wildland fire management: A review*. Journal of Environmental Management, 92 (8): 1895-1909, ISSN 0301-4797. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.03.015>
- Travaglini D., Bottalico F., Fiorentini S., Lisa C., Marchi E., Mottola S., Neri F., Nocentini S., Puletti N., 2011 - *I boschi delle Cerbaie - Gestione, conservazione e uso sostenibile*. Pacini Editore, Pisa. ISBN978-88-6315-297-5.
- Yang X., Liu R.T., Shao M.A., Wei X.R., Li T.C., Chen M.Y., Li Z.Y., Dai Y.C., Gan M., 2022 - *Short-term effects of wildfire on soil arthropods in a semi-arid grassland on the Loess Plateau*. Front Microbiol., 21: 13:989351. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.989351>.
- WWF, 2021 - *Mediterraneo in Fiamme Report sul problema degli incendi nell'area mediterranea*. <https://www.wwf.it/cosa-facciamo/pubblicazioni/mediterraneo-in-fiamme/>



Silvicultural management and landscape authorization in the light of Law 136/2023

Gestione selvicolturale e autorizzazione paesaggistica alla luce della Legge 136/2023

Valerio Di Stefano ^{(a)(b)} - Edoardo Breda ^(c) - Giorgia Di Domenico ^{(a)(*)} - Piermaria Corona ^{(a)(d)}

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

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

^(c) Ricercatore indipendente.

^(d) Università degli Studi della Tuscia, DIBAF, Via San Camillo de Lellis - 01100 Viterbo, Italia.

^(*) Corresponding author; giorgia.didomenico@crea.gov.it

Abstract: The recent Italian law 136/2023 has the objective of adapting the landscape authorization regime for the silvicultural management of forests of notable public interest to those protected by law ex Legislative Decree 42/2004, eliminating the so-called “landscape double bind”. This note analyses, in the form of a commented discussion, the reference legislation on the relationship between silvicultural management and landscape protection and explores the innovation introduced by the new law.

Key words: forestry law; landscape protection; silvicultural management.

Citation: Di Stefano V., Breda E., Di Domenico G., Corona P., 2023 - *Gestione selvicolturale e autorizzazione paesaggistica alla luce della Legge 136/2023*. L'Italia Forestale e Montana, 78 (5): 189-195; <https://dx.doi.org/10.36253/ifm-1116>

Received: 23/01/2024 **Revised version:** 01/02/2024 **Published online:** 14/02/2024

1. PREMESSA

A partire dal secolo scorso il paesaggio rurale italiano, con forte integrazione e sovrapposizione tra aree forestali e aree a coltivazione agricola e a pascolo è stato gradualmente occupato dal bosco, che ha raddoppiato la sua estensione. Conciliare le esigenze del paesaggio con gli aspetti multifunzionali connessi alla gestione forestale in termini di tutela della biodiversità, di contrasto e adattamento al cambiamento climatico e di produzione di

risorse legnose e non legnose è tema complesso (Corona e Lombardo, 2022), anche sotto il profilo giuridico (Di Stefano e Ingoglia, 2022; Ferrucci, 2023).

Il rapporto bosco-paesaggio è disciplinato da tre fondamentali provvedimenti normativi: il D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42 “Codice dei beni culturali e del paesaggio” (detto anche Codice Urbani e qui di seguito indicato come Codice); il D.P.R. 13 febbraio 2017, n. 31 “Regolamento recante individuazione degli interventi esclusi dall’autorizzazione paesaggistica o

sottoposti a procedura autorizzatoria semplificata”; il D.Lgs. 3 aprile 2018, n. 34 “Testo unico in materia di foreste e filiere forestali” (TUFF).

Obiettivo di questa nota è di offrire, in forma di discussione commentata, un quadro sintetico sulla normativa paesaggistica e sulla connessa disciplina autorizzatoria in materia di interventi selvicolturali sia nelle aree tutelate *ex lege* che nelle aree di notevole interesse pubblico, in particolare alla luce delle ultime pronunce giurisprudenziali e soprattutto della recente Legge 9 ottobre 2023, n. 136.

2. DISCIPLINA AUTORIZZATORIA IN MATERIA DI INTERVENTI SELVICOLTURALI E PAESAGGIO

L'inquadramento in materia di gestione forestale disegnato dal TUFF cerca un ragionevole equilibrio tra le esigenze gestionali, di tipo economico e produttivo, e le esigenze di tutela ambientale, naturale e paesaggistica (Stefani, 2023). Le attività selvicolturali sono disciplinate dagli artt. 7 e 8 del TUFF e regolamentate operativamente dalle apposite norme forestali emanate da ciascuna Regione e Provincia Autonoma. La definizione di bosco a cui fare riferimento in materia di paesaggio si rinviene nel TUFF, art. 3, commi 3 e 4.

In base all'art. 7, comma 13 del TUFF “le pratiche selvicolturali, i trattamenti e i tagli selvicolturali di cui all'articolo 3, comma 2, lettera c), eseguiti in conformità alle disposizioni del presente decreto ed alle norme regionali, sono equiparati ai tagli colturali di cui

all'articolo 149, comma 1, lettera c), del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42”.

L'art. 3, comma 2, lettera c) del TUFF fa rientrare nelle “pratiche selvicolturali” tagli, le cure e gli interventi volti all'impianto, alla coltivazione, alla prevenzione di incendi, al trattamento e all'utilizzazione dei boschi e alla produzione di quanto previsto alla lettera d) (che definisce i “prodotti forestali spontanei non legnosi”).

L'art. 149 del Codice stabilisce che “fatta salva l'applicazione dell'articolo 143, comma 4, lettera a), non è comunque richiesta l'autorizzazione prescritta dall'articolo 146, dall'articolo 147 e dall'articolo 159:

- a. per gli interventi di manutenzione ordinaria, straordinaria, di consolidamento statico e di restauro conservativo che non alterino lo stato dei luoghi e l'aspetto esteriore degli edifici;
- b. per gli interventi inerenti all'esercizio dell'attività agro-silvo-pastorale che non comportino alterazione permanente dello stato dei luoghi con costruzioni edilizie ed altre opere civili, e sempre che si tratti di attività ed opere che non alterino l'assetto idrogeologico del territorio;
- c. per il taglio colturale, la forestazione, la rife-stazione, le opere di bonifica, antincendio e di conservazione da eseguirsi nei boschi e nelle foreste indicati dall'articolo 142, comma 1, lettera g), purché previsti ed autorizzati in base alla normativa in materia”.

Gli interventi rientranti nelle definizioni di cui alle lettere b) e c) del comma 1 dell'art. 149, come sopra riportate, sono integrate e dettagliate rispettivamente dai punti A.19¹

¹ A.19. nell'ambito degli interventi di cui all'art. 149, comma 1, lettera b) del Codice dei beni culturali e del paesaggio: interventi su impianti idraulici agrari privi di valenza storica o testimoniale; installazione di serre mobili stagionali sprovviste di strutture in muratura; palificazioni, pergolati, singoli manufatti amovibili, realizzati in legno per ricovero di attrezzi agricoli, con superficie coperta non superiore a cinque metri quadrati e semplicemente ancorati al suolo senza opere di fondazione o opere murarie; interventi di manutenzione strettamente pertinenti l'esercizio dell'attività ittica; interventi di manutenzione della viabilità vicinale, poderale e forestale che non modifichino la struttura e le pavimentazioni dei tracciati; interventi di manutenzione e realizzazione di muretti a secco ed abbeveratoi funzionali alle attività agro-silvo-pastorali, eseguiti con materiali e tecniche tradizionali; installazione di pannelli amovibili realizzati

e A.20² dell'Allegato A del D.P.R. n. 31/2017. Inoltre, il richiamato art. 142, comma 1, lettera g), individua le "aree tutelate per legge" e dispone che "sono comunque di interesse paesaggistico e sono sottoposti alle disposizioni di questo Titolo ... *omissis*... g) i territori coperti da foreste e da boschi, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco, e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento".

È quindi evidente che il taglio colturale, la forestazione, la riforestazione, le opere di bonifica, antincendio e di conservazione, nonché le pratiche selvicolturali, i trattamenti e i tagli selvicolturali nei boschi tutelati ai sensi dell'art. 142, comma 1 lettera g), del Codice sono esentati dalla necessità di acquisire l'autorizzazione paesaggistica disciplinata dall'art. 146 (Cerofolini, 2014).

Si tratta di una deroga specifica ed espressa in quanto, in generale, l'art. 146 del Codice dispone che: "I proprietari, possessori o detentori a qualsiasi titolo di immobili ed aree di interesse paesaggistico, tutelati dalla legge, a termini dell'articolo 142, o in base alla legge, a termini degli articoli 136, 143, comma 1, lettera d), e 157, non possono distruggerli, né introdurre modificazioni che rechino pregiudizio ai valori paesaggistici oggetto di protezione. I soggetti di cui al comma 1 hanno l'obbligo di presentare alle amministrazioni competenti il progetto degli interventi che intendano intraprendere, corredato della prescritta documentazione, ed astenersi dall'av-

viare i lavori fino a quando non ne abbiano ottenuta l'autorizzazione".

Di più difficile interpretazione risulta, invece, la formulazione ampia e generica dell'art. 136 del Codice, che così dispone: "Sono soggetti alle disposizioni di questo Titolo per il loro notevole interesse pubblico: a) le cose immobili che hanno cospicui caratteri di bellezza naturale, singolarità geologica o memoria storica, ivi compresi gli alberi monumentali; b) le ville, i giardini e i parchi, non tutelati dalle disposizioni della Parte seconda del presente codice, che si distinguono per la loro non comune bellezza; c) i complessi di cose immobili che compongono un caratteristico aspetto avente valore estetico e tradizionale, inclusi i centri ed i nuclei storici; d) le bellezze panoramiche e così pure quei punti di vista o di belvedere, accessibili al pubblico, dai quali si goda lo spettacolo di quelle bellezze".

Il quadro normativo nazionale non ha agevolato l'azione degli Enti locali e in particolare delle Regioni, le quali devono svolgere il loro compito autorizzativo e di controllo in armonia con la normativa primaria, anche in relazione della predisposizione dei piani paesaggistici regionali (Tumminelli, 2022). Il rapporto tra piano paesaggistico e bosco coinvolge una funzione prescrittiva: operando in una dimensione regolamentare definisce, in linea di principio, discipline e indirizzi tesi ad attuare la tutela o la riqualificazione

in legno o altri materiali leggeri per informazione turistica o per attività didattico-ricreative; interventi di ripristino delle attività agricole e pastorali nelle aree rurali invase da formazioni di vegetazione arbustiva o arborea, previo accertamento del preesistente uso agricolo o pastorale, da parte delle autorità competenti e ove tali aree risultino individuate dal piano paesaggistico regionale.

2 A.20. nell'ambito degli interventi di cui all'art. 149, comma 1, lettera c) del Codice dei beni culturali e del paesaggio: pratiche selvicolturali autorizzate in base alla normativa di settore; interventi di contenimento della vegetazione spontanea indispensabili per la manutenzione delle infrastrutture pubbliche esistenti pertinenti al bosco, quali elettrodotti, viabilità pubblica, opere idrauliche; interventi di realizzazione o adeguamento della viabilità forestale al servizio delle attività agro-silvo-pastorali e funzionali alla gestione e tutela del territorio, vietate al transito ordinario, con fondo non asfaltato e a carreggiata unica, previsti da piani o strumenti di gestione forestale approvati dalla Regione previo parere favorevole del Soprintendente per la parte inerente la realizzazione o adeguamento della viabilità forestale.

del paesaggio dettando le cosiddette prescrizioni d'uso (Ferrucci, 2016).

L'attività di pianificazione paesaggistica a livello regionale è tuttora in corso: solamente pochissime Regioni hanno un piano paesaggistico vigente e, peraltro, in merito alle connesse prescrizioni d'uso è da evidenziare un quadro relativamente sfocato di interpretazione, con letture divergenti in seno agli uffici delle Regioni e delle Soprintendenze (Corona e Lombardo, 2022).

3. RUOLO DELLA GIURISPRUDENZA IN MATERIA DI INTERVENTI SELVICOLTURALI E PAESAGGIO

L'applicazione delle norme citate si è rivelata non sempre agevole in relazione alla gestione selvicolturale, soprattutto in quanto l'art. 149 del Codice fa espressa menzione delle attività inerenti i tagli colturali, la forestazione, la riforestazione, le opere di bonifica, antincendio e di conservazione, mentre l'art. 136 del medesimo decreto restava particolarmente generico e, con ogni probabilità, si è talora ingenerato l'equivoco secondo il quale boschi e foreste fossero tutelati essenzialmente ai sensi dell'art. 142, e non rientrassero tra i beni tutelati ai sensi dell'art. 136, a meno che il vincolo provvedimentale non fosse riconosciuto espressamente per il bosco stesso, e non solo per l'area su cui lo stesso insiste. Sebbene fosse unanime l'interpretazione dottrinale della norma in merito all'applicazione delle esenzioni di cui al secondo comma dell'art. 149, comma 1, lett. b) a tutti i boschi, e alla limitazione delle esenzioni previste dal comma 1, lett. c) della disposizione ai soli boschi vincolati per legge cioè ex art. 142, le incertezze applicative hanno avuto rilevanza significativa per l'assenza di definizioni precise su quelli che potevano essere ritenuti interventi "minori" o "ordinari", in attesa del-

le linee guida di cui all'art. 7, comma 12, del TUFF. Peraltro, erano state avviate iniziative in Conferenza Stato-Regioni con la formulazione del "Documento concernente l'illustrazione delle criticità relative ai tagli colturali in aree con vincolo paesaggistico e con conseguente proposta di modifica degli allegati A e B del D.P.R. 31/2017" (atto n. 23/44/CR10b/C10) nel quale venivano evidenziate le criticità collegate alla necessità di acquisire l'autorizzazione paesaggistica anche per i tagli colturali qualora si trattasse di interventi in aree tutelate ai sensi dell'art. 136 (Bisaglia, 2023); con il medesimo documento quindi era stata proposta una modifica del D.P.R. n. 31/2017 che potesse migliorare e chiarire il quadro normativo in materia.

Nel corso degli anni la giurisprudenza costituzionale e amministrativa è stata più volte chiamata a giudicare sulla materia ed è utile esaminare i più essenziali indirizzi interpretativi, pervenuti soltanto alla fine dello scorso anno, definiti dalla pronuncia della Corte Costituzionale, n. 239 del 29 novembre 2022 (G.U. n. 48 del 30.11.2022).

In particolare, la Consulta è stata chiamata a pronunciarsi sulla costituzionalità di alcune disposizioni contenute nella Legge regionale n. 28 dicembre 2021, n. 52 (Disposizioni in materia di tagli colturali. Modifiche alla L.r. 39/2000) emanata dalla Toscana, che intervenivano nella materia dei tagli colturali equiparandoli alle attività agro-silvo-pastorali e stabilendo, quindi, l'esenzione degli stessi dalla necessità di autorizzazione paesaggistica anche nelle aree vincolate ai sensi dell'art. 136 del Codice, con la sola eccezione di quelle in cui la dichiarazione di notevole interesse pubblico riguardasse in modo esclusivo e specifico i boschi e non generalmente l'area (Abrami, 2021).

Dalla disamina delle norme impugnate, sfociata nella dichiarazione di incostituziona-

lità, emergono chiari principi che riguardano l'autorizzazione paesaggistica in relazione ai tagli boschivi, materia che attiene alla tutela del paesaggio, di esclusiva competenza legislativa statale³. La Corte Costituzionale ha evidenziato che l'intervento di taglio colturale è regolato dall'art. 149, comma 1, lettera c), del Codice, che limita l'esonero dall'autorizzazione paesaggistica al caso in cui il taglio sia autorizzato "in base alla normativa in materia" e sia eseguito in un bosco vincolato *ex lege*, ossia ai sensi dell'art. 142.

La giurisprudenza amministrativa, nel corso degli anni, ha confermato che l'assoggettamento del taglio colturale alla specifica disciplina prevista dall'art. 149, comma 1, lettera c), escluderebbe di fatto che questo tipo di intervento possa ricadere fra quelli genericamente inerenti all'esercizio dell'attività agro-silvo-pastorale, già esonerati dall'autorizzazione paesaggistica ai sensi della lettera b) dello stesso art. 149, comma 1.

Tale soluzione è stata ribadita dal Consiglio di Stato, Sezione Prima, con il parere n. 1233 del 2020. Questa soluzione risulta coerente con il D.P.R. n. 31/2017, dal momento che il punto A.19 dell'Allegato A riconduce all'art. 149, comma 1, lettera b), solo attività minori relative ai boschi, mentre le "pratiche selvicolturali" in generale (comprendenti anche il taglio colturale) sono ricondotte dal punto A.20 all'art. 149, comma 1, lettera c).

Similmente, l'art. 7, comma 13, del TUFF dispone che "le pratiche selvicolturali, i trattamenti e i tagli selvicolturali di cui all'articolo 3, comma 2, lettera c), eseguiti in conformità alle disposizioni del presente decreto e dalle norme regionali, sono equiparati ai tagli colturali di cui all'articolo 149, comma 1, lettera c), del decreto legislativo gennaio 2004, n. 42".

Su questa base, il Consiglio di Stato, nel citato parere n. 1233 del 2020, ha affermato che l'esonero di cui all'art. 149, comma 1, lettera c), del Codice si applica solo se il taglio colturale deve essere eseguito in un bosco vincolato *ex lege*, ossia nelle ipotesi previste dall'art. 142 del Codice (Abrami, 2023; Ferrucci, 2021).

La Corte Costituzionale aveva, in conclusione, eliminato la tesi secondo la quale "l'esonero del taglio colturale dall'autorizzazione paesaggistica potrebbe operare anche nelle aree vincolate ai sensi dell'art. 136 cod. beni culturali".

4. NOVELLA NORMATIVA NEI RAPPORTI TRA INTERVENTI SELVICOLTURALI E TUTELA DEL PAESAGGIO

Per gli aspetti paesaggistici, il D.L. n. 104/2023 denominato "Disposizioni urgenti a tutela degli utenti, in materia di attività economiche e finanziarie e investimenti strategici", anche noto con il nome di "Decreto Asset" e convertito in L. n. 136/2023, ha introdotto una modifica nella materia giuridica connessa alla gestione selvicolturale che per parte della dottrina rappresenta una piccola rivoluzione.

Di fatto, l'articolo 5 *bis* di questa nuova legge ribalta la disciplina previgente e prevede che: "Al fine di incentivare e sviluppare le potenzialità della filiera nazionale foresta-legno e di favorire il riposizionamento strategico delle aziende italiane rispetto alla concorrenza dei mercati esteri, anche potenziando le possibilità di approvvigionamento della materia prima, all'articolo 149, comma 1, lettera c), del codice dei beni culturali e del paesaggio, di cui al Decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, le pa-

³ Sul punto vedasi Corte Costituzionale sentenza n. 160/2021 con cui ha riconosciuto che la conservazione ambientale e paesaggistica rientra nella competenza esclusiva dello Stato (art. 117, comma 2, lett. s), Cost.).

role: “indicati dall’articolo 142, comma 1, lettera g)” sono sostituite dalle seguenti: “indicati agli articoli 136 e 142, comma 1, lettera g)”.

Dunque, con la novella viene eliminata la necessità di autorizzazione paesaggistica per le operazioni selvicolturali anche nelle aree di notevole interesse pubblico tutelate ai sensi dell’art. 136 del Codice, parificando di fatto questa fattispecie a quella prevista dall’art. 149, comma 1, lettera c).

Per ragioni di completezza espositiva si evidenzia che, per effetto dell’entrata in vigore dell’art 8, comma 3, della L. n. 206/2023, sono state altresì abrogate le disposizioni di cui all’art. 36, commi 2 e 3, del D.L. n. 77/2021, anche noto come “Decreto semplificazioni *bis*” convertito con L. n. 108/2021: di conseguenza è da considerarsi decaduta *de jure* la necessità delle linee guida nazionali di cui all’art. 7, comma 12, del TUFF. Invero, come evidenziato dalla Circolare della Direzione generale economia montana e foreste del Ministero dell’agricoltura, sovranità alimentare e delle foreste prot. n. 20218 del 16 gennaio 2024, resta comunque impregiudicata la possibilità, per i piani paesaggistici regionali ovvero con specifici accordi di collaborazione stipulati tra le Regioni e i competenti organi territoriali del Ministero della cultura di cui all’art 15 della L. n. 241/1990, di concordare specifici interventi previsti ed autorizzati da eseguirsi nei boschi tutelati *ex art.* 136, come previsto dall’art. 7, comma 12, del TUFF.

Con la riforma del Decreto Asset, la disciplina autorizzatoria per la gestione selvicolturale nei boschi tutelati ai sensi dell’art. 136 risulta, dunque, semplificata. Viene implicitamente riconosciuto che una operazione selvicolturale realizzata in un qualsiasi bosco nel pieno rispetto delle norme nazionali e delle disposizioni regionali non costituisce *ex se* una trasformazione permanente dello stato dei luoghi. Di fatto, essendo il paesaggio percepibile come struttura e confi-

gurazione, una pura gestione conservativa sotto il profilo estetico rischierebbe di attribuire una fisicità statica a processi intrinsecamente sempre dinamici (Ciancio, 2003; Nocentini, 2006).

Sul punto è altresì opportuno evidenziare che sin dall’emanazione della legge “Galasso” (L. 8 agosto 1985, n. 431) le predette regole sono applicate ai boschi tutelati *ex lege* e, al contempo, in questi ultimi decenni i boschi italiani, oltre a crescere in superficie e in biomassa per unità di superficie (De Laurentis e Papitto, 2023), hanno aumentato la propria qualità ambientale (Comitato Capitale Naturale, 2021). L’approvazione della L. n. 136/2023 sottintende, dunque, che il taglio colturale previsto dal TUFF è parte della gestione forestale sostenibile e, se, in quanto tale, realizzato secondo le regole, non comporta alterazione permanente al paesaggio.

In conclusione, la L. n. 136/2023 costituisce un intervento volto a estendere la più snella disciplina dell’art. 149 del Codice dei beni culturali e del paesaggio anche ai boschi tutelati *ex art.* 136, eliminando dal nostro ordinamento un contrasto giuridico senza eliminare alcuna tutela: si tratta di promuovere una gestione amministrativamente più semplice per tali boschi, che rappresentano mediamente intorno al 20% della superficie forestale di ogni Regione e che sono comunque sottoposti al vincolo paesaggistico ai sensi del Codice stesso.

RIASSUNTO

La recente Legge 9 ottobre 2023, n. 136 si è posta l’obiettivo di adeguare il regime autorizzativo sotto il profilo paesaggistico per gli interventi di gestione selvicolturale dei boschi di notevole interesse pubblico a quelli tutelati *ex lege* ai sensi del Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, eliminando il cosiddetto “doppio vincolo paesaggistico”. La presente nota analizza, in forma di discussione commentata, la normativa in materia e approfondisce le novità introdotte dalla legge in questione.

BIBLIOGRAFIA

- Abrami A., 2021 - *Esercizio della selvicoltura e vincolo paesaggistico ex lege n. 1497 del 1939: due interessi a confronto*. L'Italia Forestale e Montana, 76 (1): 21-25.
- Abrami A., 2023 - *Il Consiglio di Stato e la tutela del bosco nella legislazione paesaggistica*. L'Italia Forestale e Montana, 78 (4): 167-168. <https://doi.org/10.36253/ifm-1113>
- Bisaglia S., 2023 - *Gli aspetti peculiari della tutela ex art. 136 del D.lgs. n. 42 del 2004 delle aree boscate*. L'Italia Forestale e Montana, 77 (6): 217-223. <https://doi.org/10.36253/ifm-1086>
- Cerofolini A., 2014 - *La definizione giuridica di bosco nell'ordinamento italiano*. L'Italia Forestale e Montana, 69 (1): 37-45. <https://doi.org/10.4129/ifm.2014.1.03>
- Ciancio O., 2003 - *Il valore del paesaggio nella gestione forestale*. L'Italia Forestale e Montana, 58 (3): 149-159.
- Comitato Capitale Naturale, 2021 - *Quarto Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia*. Ministero dell'Ambiente, Roma.
- Corona P., Lombardo E., 2022 - *Elementi di riferimento per la gestione selvicolturale dei boschi soggetti a vincolo paesaggistico provvedimentale*. L'Italia Forestale e Montana, 77 (6): 229-233. <https://dx.doi.org/10.36253/ifm-1088>
- De Laurentis D., Papitto G. (a cura di), 2023 - *Foreste d'Italia. Inventario Forestale Nazionale*. Arma dei Carabinieri - Comando Unità Forestali Ambientali e Agroalimentari. Roma.
- Di Stefano V., Ingoglia K., 2022 - *La pianificazione forestale alla luce della nuova Strategia forestale nazionale*. Diritto e Giurisprudenza Agraria Alimentare e dell'Ambiente, 1/2022.
- Ferrucci N., 2016 - *Il bosco tra norma e piano paesaggistico: uno sguardo all'esperienza regionale toscana*. Agricoltura - Istituzioni - Mercati, 2/2016.
- Ferrucci N., 2021 - *Riflessioni a margine del parere del Consiglio di Stato sul rapporto tra bosco e paesaggio*. L'Italia Forestale e Montana, 76 (3): 121-126.
- Ferrucci N., 2023 - *Le ragioni del Seminario: La gestione forestale dei boschi soggetti a vincolo paesaggistico provvedimentale*. L'Italia Forestale e Montana, 77 (6): 205-209. <https://doi.org/10.36253/ifm-1084>
- Nocentini S., 2006 - *La rinaturalizzazione dei sistemi forestali: è necessario un modello di riferimento?* Forest@ ,3 (3): 376-379.
- Stefani A., 2023 - *Il Decreto legislativo 42 del 2004 e il Testo unico delle foreste e filiere forestali: un percorso comune da completare verso la gestione forestale sostenibile*. L'Italia Forestale e Montana, 77 (6): 211-215. <https://doi.org/10.36253/ifm-1085>
- Tumminelli D., 2022 - *L'ampiezza e i limiti delle potestà regionali nell'ambito della disciplina dei beni paesaggistici "ope legis": le aree boschive e forestali*. Aedon, 2: 80-89. <https://doi.org/10.7390/106341>



FIVE YEARS AFTER VAIA

Forest and land management in mountain environments: experiences and knowledge five years after the Vaia storm

Edited by Andrea Battisti, Stefano Grigolato and Emanuele Lingua

The Vaia Storm had a significant impact on forests and on the related sector in North-Eastern Italy, considerably influencing forest management and the wood supply chain. Five years after the event, on October 30th 2023 in the Aula Magna of the Agripolis campus of the University of Padua, young researchers from the TESAF and DAFNAE Departments presented their results from ongoing research on windthrow and related cascade disturbances (e.g. bark beetle outbreaks). In the first part of the day, contributions from the various regions (Friuli-Venezia Giulia, Lombardy, Veneto) and the autonomous provinces (Bolzano/Bozen and Trento) were presented, with an update on the post-event management experiences and problems. In the second part, the projects financed by the University of Padua were presented (VAIAFRONT of TESAF and the “Young Researchers for Vaia” initiative), followed by talks delivered by doctoral students and research fellows who presented the main results relating to the research conducted on the Vaia storm. The problem was addressed from different points of view and with a multidisciplinary approach, analyzing aspects related to silviculture and forest ecology, mechanization and forest uses, entomology, hydrology, geomatics and the socio-economic context. Given the interest of the topics covered, here we report the summary of the contributions presented by the young researchers, with the hope that this will encourage the exchange of knowledge and provide inspiration for further collaborations and in-depth studies.

Citation: Battisti A., Grigolato S., Lingua E. (edited by), 2023 - *Five years after Vaia. Forest and land management in mountain environments: experiences and knowledge five years after the Vaia storm*. L'Italia Forestale e Montana, 78 (5): 197-213; <https://dx.doi.org/10.36253/ifm-1116>

Received: 23/12/2023 **Revised version:** 04/01/2024 **Published online:** 14/02/2024

Hydrology and Hydraulics

Characterization of the flood response to the Vaia storm (October 27th-30th, 2018) in the Eastern Italian Alps

Eleonora Dallan ^{(a)(*)} - Mattia Zaramella ^(b) - Lorenzo Marchi ^(c) - Francesco Marra ^(d) - Marco Cavalli ^(c)
Stefano Crema ^(c) - Marco Borga ^(a)

^(a) Department of Land, Environment, Agriculture and Forestry, University of Padua.

^(b) Inside Climate Service, Italy.

^(c) Research Institute for Geo-hydrological Protection, National Research Council (CNR IRPI), Padova, Italy.

^(d) Department of Geosciences, University of Padova, Italy.

^(*) Corresponding Author; (eleonora.dallan@unipd.it)

In October 2018, the Eastern Italian Alps experienced an unprecedented rainfall event, resulting in destructive flooding and hydro-geological hazards. Leveraging high-resolution rainfall data from rain gauges and weather radar, along with flood response data from stream gauges and post-event surveys, we analyse the hydro-meteorological and hydrological mechanisms of this extreme storm and subsequent flooding in a mountainous catchment. Vaia accumulated rainfall was exceptionally high in most of the area, with severity reaching return periods of 100 years or more. The event was characterized by i) dry antecedent conditions due to a prolonged drought, and ii) two distinct rainfall phases separated by a rainfall hiatus. Employing

a distributed hydrological model, we accurately simulate the flood response in the Cordevole basin, shedding light on the underlying processes. The flood response was controlled by three distinct factors: the prolonged antecedent dry period, the dry hiatus between two phases of intense rainfall, and the high groundwater storage capacity of the area mostly hit by the rainband. This study highlights the significance of combining post-event observations with hydrological modelling to improve our understanding of flood generating processes during extreme precipitation events like Vaia, ultimately improving our preparedness for them.

Key words: extreme event; hydrological modeling; flood; rainfall.

Morphological and sedimentological analysis of the Vaia event in the Rio Cordon and Tegnás Torrent basins

Giacomo Pellegrini

Department of Land, Environment, Agriculture and Forestry, University of Padua; giacomo.pellegrini@unipd.it

Mountain basins are governed by a dynamic equilibrium, alterable by natural and anthropic disturbances that affect sediment supply and transport capacity of mountain streams. This study explores the effects of the Vaia storm on two mountain basins, the Tegnás Torrent and the Rio Cordon (Northeast Italy, Belluno). For the analysis, data from remote sensing (LiDAR) and from the field were exploited. Along the Tegnás Torrent, the study highlighted predominant erosion along the secondary channel

network, associated with deposition along the valley floor. The study identified geology and land-use types as triggering factors of the newly (re)created instabilities. In the Rio Cordon, the Vaia storm generated the highest hydraulic force ever registered, resulting in lateral erosion, incision, and removal of the armoured layer all along the channel network, with an overall alluvial response. Here, the Vaia's total bedload constituted 79% of the load observed between 1986 and 2018. Nevertheless, monitoring

events secondary to Storm Vaia (2020–2022) revealed an increase in the efficiency of suspended sediment transport. This study underscores how extraordinary disturbances immediately alter the dynamic equilibrium of mountain ba-

sins, facilitating subsequent secondary processes driven by minor events that therefore need to be taken into serious consideration.

Keywords: mountain basins; dynamic equilibrium; sediment transport; secondary effects.

Forest ecology and silviculture

Influence of biological legacies and management activities on regeneration dynamics after stand replacing wind disturbances. Implications on restoration strategies

Davide Marangon ^{(a)(*)} - Emanuele Lingua ^(a)

^(a) Department of Land, Environment, Agriculture and Forestry, University of Padua, Italy.

^(*) Corresponding Author; (davide.marangon.1@unipd.it)

Windthrows are the first cause of damage to European forests. To mitigate the damage it is crucial to understand how to deal with deadwood on the ground: total salvage logging, no intervention at all or manipulation of the deadwood. Windthrows and the subsequent management strategies alter the ecosystem services provisioning, therefore it is important to restore forest cover as fast as possible. Natural regeneration plays a key role in this scenario, because it can cover large areas and it is highly cost-effective, even if under some conditions it is hard to recover in short times. Moreover, the distance from the living edges or seed-trees is crucial to make natural regeneration effective.

Deadwood and other disturbance legacies can help in this case, crating favourable microsites for regeneration establishment and survival, mitigating environmental stress at microsite level and protecting seedlings against mechanical damages and browsing. Both natural and artificial (reforestation) regeneration can benefit from this amelioration. In the end, different logging strategies influence the regeneration density, which is reduced in salvage logged areas, where most of the damages are to the advanced regeneration, a critical starting point of post-disturbance forest restoration.

Keywords: natural regeneration; salvage logging; deadwood; restoration; microsite amelioration.

Evaluating wind damage vulnerability of the Alpine forests: from field data to a new wind risk model parameterization

Tommaso Baggio ^{(a)(*)} - Emanuele Lingua ^(a)

^(a) Department of Land, Environment, Agriculture and Forestry, University of Padua, Italy.

^(*) Corresponding Author; tommaso.baggio@unipd.it

Windstorms have been responsible for severe damage to European forests in recent decades, and this trend is expected to increase in the near future. Various models have been developed to assess Critical Wind Speeds (CWS). However, the use of these mechanistic models is limited due to the difficulty in obtaining reliable input data. In this study, we propose a

methodology for calculating forest parameters through the analysis of LiDAR data. This algorithm can segment trees and calculate height, crown diameter, dominant height, density, distance from the edge, and gap size. These data are provided to the ForestGALES model to derive the CWS for a specific area. Additionally, species-specific data were improved through

real-scale experiments. The new methodology was applied to assess the CWS of the forests in the municipality of Rocca Pietore. The results are validated thanks to the damages caused by the Vaia storm. The study enhances the applicability of the ForestGALES model in assessing wind damage susceptibility in forest stands through the use of detailed input data. Stake-

holders can benefit from this new semi-automatic procedure to obtain more accurate maps of susceptibility to windthrow, even at a regional scale.

Keywords: windthrows; vulnerability model; critical wind speed; LiDAR.

Forest mechanisation

Eco-efficiency of forest mechanization in salvage logging operations in steep terrain

Alberto Cadei ^{(a)(*)} - Stefano Grigolato ^(a)

^(a) Department of Land, Environment, Agriculture and Forestry, University of Padua, Italy.

^(*) Corresponding Author; alberto.cadei@phd.unipd.it

Following the Vaia storm, the large amount of damaged trees that needed rapid removal has required a rapid intervention supported by a high level of forest mechanization. In the context of salvage logging of wind-thrown trees, the advantage of using specific-build forest machines such as harvesters and forwarders or cable yarders paired with processors, brings the advantage of working with high wood productivity while ensuring a higher level of safety for operators compared

to more traditional systems logging. The present work highlighted the advantage of using advanced forest mechanization systems in the utilization of windthrown trees and demonstrated the findings in terms of efficiency at the work sites concerning wood productivity and the efficiency in terms of fuel consumption, i.e. carbon emissions per unit of wood product (cubic meters of timber).

Keywords: logging operation; mechanization; safety; efficiency.

Quantification and spatial distribution of logging residues in salvaged logging areas

Alberto Udali ^{(a)(*)} - Stefano Grigolato ^(a)

^(a) Department of Land, Environment, Agriculture and Forestry, University of Padua, Italy.

^(*) Corresponding Author; alberto.udali@phd.unipd.it

Salvage logging post the 2018 Vaia storm has generated substantial residues vital for ecosystem health and regeneration. The operations predominantly employed two systems, Cut-to-Length (CTL) and Full-Tree (FT), with ground-based machinery (e.g., harvester and forwarder) and cable-based machines (e.g., cable yarder), respectively. To assess the distribution and quantity of residues, two areas impacted by the storm were surveyed. One, in the Northeast of the Province of Trento, by employing a Line In-

tercept Sampling (LIS) technique, assessing the quantity and spatial distribution within extraction lines and surrounding areas (10-15m), also considering the operations timing. Conversely, in the second area in the Asiago Plateau, a semi-automatic drone image classification and supervised volume estimation gauged distribution across the entire operational space. Findings indicate that CTL concentrates residues along extraction lines, while FT scatters them widely. Earlier operations yield fewer residues

(FT), with delayed operations leaving more coarse woody debris. CTL systems generally produce more residues, that can be potentially retrieved post-operations, while FT releases finer materials, increasing the coarse component with delayed operations. In essence, the study

reveals the differential impacts of CTL and FT systems on residue distribution and composition, emphasizing their ecological significance after storm-induced disturbances.

Keywords: salvage logging; logging residues; distribution; ecosystem regeneration.

Remote Sensing

Responding to large-scale forest damage in an alpine environment with remote sensing, machine learning, and web-GIS ⁽¹⁾

Marco Piragnolo ^{(a)(*)} - Francesco Pirotti ^(a)

⁽¹⁾ Abstract from the paper published at <https://doi.org/10.3390/rs13081541>

^(a) Department of Land, Environment, Agriculture and Forestry, University of Padua, Italy.

^(*) Corresponding Author; marco.piragnolo@unipd.it

Automated workflow for detection and quantification of forest damage from windthrow is a key topic that can be addressed using remote sensing. The Vaia storm in October 2018 provided the chance to validate approaches of different type. A web-GIS platform allows to select the damaged area by drawing polygons; several vegetation indices (VIs) can be automatically calculated using remote sensing data (Sentinel-2A) and tested to identify the more suitable ones for quantifying forest damage using cross-validation with ground-truth data. Results from tests over VAIA-damaged areas show that the mean value of NDVI and NDMI decreased in the damaged areas and have a strong negative correlation with severity. RGI has an opposite behaviour in contrast with NDVI and NDMI, as it highlights the red component of the land surface. In all cases, variance of the VI increases after the event between 0.03 and 0.15. Understorey not damaged from the windthrow, if consisting of 40% or more of the total cover

in the area, significantly undermines the sensibility of the VIs to detecting and predicting severity. Using aggregational statistics (average and standard deviation) of VIs over polygons as input to a machine learning algorithm, i.e., Random Forest, results in severity prediction with regression reaching a root mean square error (RMSE) of 9.96, on a severity scale of 0-100, using an ensemble of area averages and standard deviations of NDVI, NDMI, and RGI indices. The results show that combining more than one VI can significantly improve the estimation of severity, and web-GIS tools can support decisions with selected VIs. The reported results prove that Sentinel-2 imagery can be deployed and analysed via web-tools to estimate forest damage severity and that VIs can be used via machine learning for predicting severity of damage, with careful evaluation of the effect of understorey in each situation.

Keywords: vegetation indices; remote sensing; severity; forest disturbances.

LiDAR, Optical and RADAR imagery - how easily can we detect and quantify damage in mountain forests?

Francesco Pirotti

Department of Land, Environment, Agriculture and Forestry, University of Padua; francesco.pirotti@unipd.it

Remote sensing is a powerful tool for forest monitoring. Three main technologies are key to this application: light detection and ranging (LiDAR), optical and RADAR imagery. All have complementary aspects that are effective to detect and quantify canopy damage. In mountain areas some added complexity is worth noting; the terrain morphology implies that many areas are differently illuminated and thus have different reflectance capabilities, as well as LiDAR accuracy being diminished by high slope values. Active LiDAR technology uses laser pulses to measure the distance between the sensor and the surfaces, with multiple returns that can capture detailed information on tree vertical structure. Combined with reflected solar radiation

and backscatter from optical and RADAR technologies respectively, damaged forest areas can be detected with high probability. Quantification of the damage by estimating changes in foliage density and colour can be caught by the optical characteristics of the canopy. RADAR imagery uses microwaves and is thus almost unaffected by the atmospheric changes (clouds, rain, fog...), providing an important added value to detect damage in these areas. The combination of these three remote sensing technologies provides a comprehensive approach to monitoring the health of mountain forests.

Keywords: LiDAR; RADAR; optical remote sensing; forest disturbance.

Forest entomology

Bark beetle outbreak after Vaia: combining ground surveys and remote observations ⁽¹⁾

Davide Nardi ^{(a)(*)} - Andrea Battisti ^(a)

⁽¹⁾ Abstract from the paper at <https://doi.org/10.1186/s13595-023-01216-5>.

^(a) Department of Land, Environment, Agriculture and Forestry, University of Padua, Italy.

^(*) Corresponding Author; davide.nardi@unipd.it

Spruce forests in northeastern Italy are currently threatened by outbreaks of bark beetles. At this stage, it is critical to implement continuous monitoring of new spots. Using satellite imagery to map spots is difficult in mountainous landscapes due to rugged topography. Field surveys provide detailed information on symptoms and stages of attacks, but they are time-consuming and require intensive fieldwork. For this reason, we used a participatory approach in collecting information from the field through the use of a smartphone application, involving voluntary

citizens, who are aware of forestry practices. Through a WebGIS platform, we collected field reports in real-time and we compared the data with satellite images monthly from June to September 2022. We tested how spot size and infestation stage affect remote detectability. Only 50% of the reports were detected by photointerpretation, decreasing dramatically for smaller and early-stage spots. However, field observations covered only about 10% of remotely detected spots, concentrating near roads. The participatory approach appears particularly useful for mapping small and ear-

ly-stage infestations, while satellite imageries are more suitable for covering large areas and detecting large and late-stage spots.

Keywords: bark beetle; citizen science; GIS; smartphone application.

Early detection of trees colonized by bark beetles: an experimental approach

Aurora Bozzini ^{(a)(*)} - Massimo Faccoli ^(a)

^(a) Department of Agronomy, Food, Natural Resources, Animals and Environment. University of Padua, Italy.

^(*) Corresponding Author; aurora.bozzini@phd.unipd.it

Climate change-induced extreme weather events cause intensified stress on European conifer forests, leading to increased vulnerability towards pest infestations. Since 2019, the south-eastern Alpine populations of the Eurasian spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) shifted from an endemic to an epidemic phase, elicited by the dramatic windthrow occurred at the end of 2018 (Vaia). The early detection of infested trees remains a challenge for a successful outbreak management. Our study aimed to detect early infestation symptoms using multispectral drone imagery, by identifying the optimal indices and the best timing for early detection. *Ips typographus* attacks were induced on individual spruce trees using aggregation

pheromones. Once every two weeks for three months, the bark beetle development under the bark was monitored and the multispectral drone images were collected. Two vegetation indices, NDRE (Normalized Difference Red Edge) and SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index, correction factor 0.44), enabled the identification of infested trees at least a month before visible symptoms appeared (i.e., crown colour changes). This early-detection tool could allow the automatic diagnosis of the bark beetle infestations and provide a useful guidance for the management of areas suffering pest outbreaks.

Keywords: remote sensing; bark beetles; *Ips typographus*; early detection; drone imagery.

Forest policy, governance and economics

Forest risk assessment in relation to key ecosystem services in areas affected by the Vaia storm: an overview and an in depth study for landscape and recreational ecosystem services

Carolina Bonardi Pellizzari ^{(a)(*)} - Daniel Vecchiato ^(a) - Tiziano Tempesta ^(a)

^(a) Department of Land, Environment, Agriculture and Forestry, University of Padua, Italy.

^(*) Corresponding Author; carolina.bonardipellizzari@phd.unipd.it

This study investigates the population's preferences in Northeast Italy's mountainous regions following the 2018 VAIA windstorm, which caused extensive damage to trail networks and altered landscapes. Focusing on cultural services in the Alps, the research addresses the critical need to restore storm-affected areas while promoting forest resilience and aligning with public preferences. A survey conducted in May

2022, involving 830 residents in the Veneto region, utilized a choice experiment (CE) and the psychophysical approach to assess preferences for various reforestation strategies and emotional responses to landscape quality. According to the results obtained with the psychophysical approach, regression models revealed positive correlations between scenic quality and panoramic views, cultivated meadows, and forests, while

negative correlations were observed with abandoned areas and trees felled by VAIA. Emotions significantly influenced landscape perception, with the emotional model outperforming the physical characteristics model. Findings suggest that, for effective forest restoration, felled trees must be removed, and panoramic views enhanced by substituting some forested areas with cultivated meadows. CE results indicate a preference for a mixed reforestation policy (50% planted, 50% natural with fallen trees removed), yielding an average annual benefit of

€ 226.5 per family. In terms of the relative importance of attributes in guiding respondents' preferences, the presence of a natural forest with removed fallen trees emerged as the most crucial attribute (34%), followed by reforestation with planted forests (24%) and removal of fallen trees in less damaged areas (20%). These insights provide valuable guidance for enhancing recreational services in mountain territories and informing future reforestation initiatives.

Keywords: Vaia storm; extreme events; discrete choice experiment; landscape, emotions.

Windstorm impacts on forest-related socio-ecological systems: an analysis from a socio-economic and governance perspective with a focus on the Vaia storm

Alessandra Santini ^{(a)(*)} - Federica Romagnoli ^(a) - Laura Secco ^(a) - Mauro Masiero ^(a) - Davide Pettenella ^(a)
Giacomo Pagot ^(a)

^(a) Department of Land, Environment, Agriculture and Forestry, University of Padua, Italy.

^(*) Corresponding Author; alessandra.santini@phd.unipd.it

Strengthening the resilience capacities of forest socio-ecological systems (SES) to wind disturbances requires understanding also institutional, economic and social aspects. Combining content analysis (policy documents), online survey (68 respondents) and interviews to experts and citizens (304 respondents), the study explores the governance structures of the four most affected Regions/Autonomous Provinces and the stakeholders' satisfaction and priorities concerning public administrations' actions. It tentatively estimates the economic value changes of selected ecosystem services (ES) in the Belluno province and Rocca Pietore municipality. The site-specific results show that after Vaia the value of provisioning ES (wood production) has significantly increased, cultural

ES (tourism/recreation) has decreased and regulating ES (protection) increased. An innovative framework was created to evaluate governance in terms of institutional capacity to deal with windstorms and their consequences. While the governance responses were quite uniform in the emergency phase, differences exist among regions in the post-event phase. All the studied public administrations are weak in their foresight capacities and preparedness. 57% of the local population would like the forests to be restored and then carefully managed so that they will be more resilient to future events; 36% think it is necessary to talk more about forests in schools and the media.

Keywords: Vaia windstorm; governance; stakeholders' perceptions; economic value; ecosystem services.



VAIA 5 ANNI DOPO

La gestione delle foreste e del territorio in ambiente montano: esperienze e conoscenze a cinque anni dalla tempesta Vaia

A cura di Andrea Battisti, Stefano Grigolato e Emanuele Lingua

La tempesta Vaia ha avuto un impatto rilevante sulle foreste e sul relativo settore nell'Italia del Nord-Est, condizionando considerevolmente la gestione dei boschi e la filiera del legno. A cinque anni dall'evento, il 30 ottobre 2023, presso l'Aula Magna del campus di Agripolis dell'Università degli Studi di Padova, si è tenuta una giornata di aggiornamento e di condivisione dei risultati delle ricerche condotte dai giovani ricercatori dei Dipartimenti TESAF e DAFNAE nell'ambito degli schianti da vento e relativi disturbi a cascata (es. attacchi di bostrico). In una prima parte della giornata sono stati presentati contributi delle diverse regioni (Friuli-Venezia Giulia, Lombardia, Veneto) e delle province autonome (Bolzano/Bozen e Trento) nei quali sono state presentate le attività relative alla gestione post evento e le problematiche emerse. Nella seconda parte sono stati presentati i progetti finanziati dall'Università degli Studi di Padova (VAIAFRONT del TESAF e l'iniziativa Young Researchers for Vaia), seguiti da interventi di dottorandi e assegnisti che hanno presentato i principali risultati inerenti alle ricerche condotte sulla tempesta Vaia. La problematica è stata affrontata sotto diversi punti di vista e con un approccio multidisciplinare, analizzando aspetti legati alla selvicoltura e all'ecologia forestale, alla meccanizzazione e alle utilizzazioni forestali, all'entomologia, all'idrologia, alla geomatica e al contesto socio-economico. Dato l'interesse dei temi trattati si è ritenuto utile riportare una sintesi dei contributi presentati dai giovani ricercatori, con l'auspicio che questo possa favorire lo scambio di conoscenze e fornire lo spunto per ulteriori collaborazioni e approfondimenti.

Idrologia e Idraulica

Caratterizzazione della risposta di piena dell'evento Vaia (27-30 ottobre, 2018) nelle Alpi orientali italiane

Eleonora Dallan ^{(a)(*)} - Mattia Zaramella ^(b) - Lorenzo Marchi ^(c) - Francesco Marra ^(d) - Marco Cavalli ^(c)
Stefano Crema ^(c) - Marco Borga ^(a)

^(a) Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università degli Studi di Padova.

^(b) Inside Climate Service, Italia.

^(c) Istituto di ricerca per la protezione idrogeologica, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR IRPI), Padova.

^(d) Dipartimento di Geoscienze, Università degli Studi di Padova.

^(*) Autore corrispondente; eleonora.dallan@unipd.it

Il 27-30 ottobre 2018, le Alpi Orientali italiane sono state investite dall'evento Vaia con precipitazioni estreme che hanno generato esondazioni e dissesti idro-geologici. Utilizzando dati di pioggia da pluviometri e radar meteorologici, e dati idrometrici da misure di portata e da rilievi post-evento, abbiamo analizzato i meccanismi idrometeorologici e idrologici della risposta di piena sul bacino del Cordevole (tributario del Piave) particolarmente colpito dall'evento. Le precipitazioni accumulate durante l'evento sono state eccezionalmente elevate, con tempi di ritorno fino a 300 anni. L'evento è stato caratterizzato da i) condizioni antecedenti asciutte causate da una siccità prolungata e ii) due fasi distinte di pioggia separate da uno iato di precipitazione. Utilizzando un modello idrologico

distribuito, la risposta di piena del Cordevole è stata simulata accuratamente, comprendendone i processi fondamentali. In particolare, è stata controllata da tre distinti fenomeni: lo stato inizialmente asciutto dei terreni, lo iato di pioggia fra le due fasi di precipitazione intensa, l'elevata capacità di immagazzinamento delle acque sotterranee nell'area maggiormente colpita dalle precipitazioni. Questo studio sottolinea l'importanza di combinare le osservazioni post-evento con la modellazione idrologica per migliorare la comprensione dei processi che generano piene durante eventi di precipitazioni estreme come Vaia, migliorando la nostra preparazione ad affrontarli.

Parole chiave: evento estremo; modellizzazione idrologica; piene; precipitazioni.

Analisi morfologica e sedimentologica dell'evento Vaia nei bacini del Rio Cordon e del Torrente Tegnas

Giacomo Pellegrini

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università degli Studi di Padova; giacomo.pellegrini@unipd.it

I bacini montani sono regolati da un equilibrio dinamico, facilmente alterabile da disturbi naturali ed antropici che influenzano l'apporto di sedimenti e la capacità di trasporto dei corsi d'acqua. Questo studio esplora gli effetti della tempesta Vaia su due bacini dolomitici, il Torrente Tegnas ed il Rio Cordon (Italia, BL). Per l'analisi sono stati impiegati dati derivanti da telerilevamento (LiDAR) e dati raccolti in campo. Lungo il Torrente Tegnas, lo studio ha evidenziato un'erosione predominante lungo il retico-

lo secondario, associata a deposizione lungo il fondovalle. Si ritiene che le nuove instabilità di versante siano dovute a fattori scatenanti relativi alla tipologia geologica e al diverso uso del suolo. Nel Rio Cordon, Vaia ha causato erosione laterale lungo il reticolo idrografico, con incisione e rimozione dello strato corazzato, generando una risposta complessiva di tipo alluvionale. Qui, il carico di sedimenti trasportato al fondo è risultato pari al 79% del carico osservato nel periodo 1986-2018. Nondimeno, il monito-

raggio degli eventi secondari alla tempesta Vaia (2020-2022) ha rivelato un aumento dell'efficienza di trasporto solido in sospensione. Questo studio sottolinea come disturbi straordinari alterino immediatamente l'equilibrio dinamico

dei bacini montani, facilitando successivi processi secondari veicolati da eventi minori che meritano, quindi, di essere considerati.

Parole chiave: bacini montani; equilibrio dinamico; trasporto solido; effetti secondari.

Selvicoltura ed ecologia forestale

Influenza della copertura forestale e delle attività gestionali sulle dinamiche di rigenerazione dopo disturbi da vento. Implicazioni sulle strategie di ripristino

Davide Marangon ^{(a)(*)} - Emanuele Lingua ^(a)

^(a) Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università degli Studi di Padova.

^(*) Autore corrispondente; davide.marangon.1@unipd.it

Gli schianti da vento rappresentano la principale causa di danno ai popolamenti forestali in Europa. Per mitigarne l'impatto è fondamentale comprendere come gestire in modo ottimale il legno morto a terra: rimozione completa della necromassa (*salvage logging*), rimozione parziale e/o manipolazione della necromassa, la libera evoluzione (*passive management*). Sia gli schianti che gli interventi di esbosco del materiale alterano la fornitura di servizi ecosistemici, risulta quindi fondamentale ripristinare nel minor tempo possibile la copertura forestale. La rinnovazione naturale gioca un ruolo chiave in tal senso, poiché non comporta costi e può coprire vaste aree, anche se i tempi sono difficilmente prevedibili. La distanza da margini o piante porta-seme è un parametro fondamentale per

ottenere una buona rinnovazione naturale. La necromassa ed altre *disturbance legacies* possono aiutare creando micrositio favorevoli per l'insestimento e la sopravvivenza della rinnovazione, mitigando gli stress ambientali sul microsito, nonché fornendo protezione da danni meccanici e brucamento. Questa funzione di facilitazione può essere sfruttata sia dalla rinnovazione naturale che artificiale, attraverso rimboschimenti. Infine, diverse strategie di esbosco influenzano la densità di rinnovazione, riducendola in aree sottoposte a *salvage logging*, dove i danni sono prevalentemente a carico della rinnovazione avanzata, punto di partenza fondamentale nella ricostituzione post-disturbo.

Parole chiave: rinnovazione naturale; *salvage logging*; necromassa; ripristino; miglioramento del microsito.

Valutare la vulnerabilità delle foreste alpine agli schianti da vento: dai dati di campo a una nuova parametrizzazione della modellizzazione del rischio da vento

Tommaso Baggio ^{(a)(*)} - Emanuele Lingua ^(a)

^(a) Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università degli Studi di Padova.

^(*) Autore corrispondente; tommaso.baggio@unipd.it

Le tempeste di vento sono responsabili di gravi danni alle foreste europee e si prevede che questa tendenza aumenterà nel prossimo futuro. A tal proposito diversi modelli sono stati sviluppati per valutare le velocità critiche

del vento (CWS). Tuttavia, l'utilizzo di tali modelli meccanicistici è limitata a causa della difficoltà nel ricavare i dati di input. In questo studio proponiamo una metodologia per estrarre i parametri forestali, attraverso l'ana-

lisi di dati LiDAR. Si tratta di un algoritmo in grado di segmentare gli alberi e calcolare altezza, diametro della chioma, altezza dominante, densità, distanza dal margine e dimensione dell'apertura. Questi dati sono forniti al modello ForestGALES per derivare le CWS di una determinata area. Inoltre, i dati specie specifici sono stati migliorati tramite esperimenti su scala reale. La nuova metodologia è stata applicata per valutare le CWS delle foreste del comune di Rocca Pietore (BL), va-

lidando i risultati con i danni causati da Vaia. Lo studio migliora le performance del modello ForestGALES per valutare la suscettibilità dei danni da vento su popolamenti forestali grazie all'uso di dettagliati dati di input. Gli *stakeholders* possono beneficiare di questa nuova metodologia semi-automatica per ottenere mappe più accurate della suscettibilità allo schianto anche a scala regionale.

Parole chiave: schianti da vento; modellazione; *critical wind speed*; LiDAR.

Meccanizzazione forestale

Eco-efficienza della meccanizzazione forestale nelle operazioni di recupero di legname su terreni ripidi

Alberto Cadei ^{(a)(*)} - Stefano Grigolato ^(a)

^(a) Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università degli Studi di Padova.

^(*)Autore corrispondente; alberto.cadei@phd.unipd.it

A seguito della tempesta Vaia, gli elevati quantitativi di legname danneggiato da rimuovere in tempi rapidi ha comportato la necessità di intervenire con un livello di meccanizzazione avanzato. Nel contesto di lavoro di alberi danneggiati e schiantati, il vantaggio dell'impiego di macchine specializzate come *harvester* e *forwarder* per i terreni adatti all'impiego di macchine terrestri e l'impiego di gru a cavo abbinate con processore per i terreni più impervi comporta il vantaggio di lavorare con produttività elevate e allo stesso

tempo garantire un maggiore livello di sicurezza per gli operatori rispetto ai sistemi più tradizionali. Il lavoro presentato ha evidenziato il vantaggio dell'impiego dei sistemi di meccanizzazione avanzata nell'utilizzazione dei soprassuoli schiantati e evidenziato il riscontro in termini di efficienza dei cantieri relativi alla produttività e in termini di consumo di combustibili fossili e quindi di emissioni per unità di prodotto (m³ di legname).

Parole chiave: utilizzazioni forestali; meccanizzazione; sicurezza; efficienza.

Quantificazione e distribuzione spaziale dei residui di utilizzazioni in aree danneggiate da vento

Alberto Udali ^{(a)(*)} - Stefano Grigolato ^(a)

^(a) Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università degli Studi di Padova.

^(*)Autore corrispondente; alberto.udali@phd.unipd.it

Dopo la tempesta Vaia del 2018, la rimozione di legname danneggiato ha generato grossi volumi di residui forestali, preziosi per la salute dell'ecosistema. Le operazioni di salvage logging hanno impiegato principalmente due si-

stemi, Cut-to-Length (CTL) e Full-Tree (FT), con macchinari di terra (e.g., harvester and forwarder) e aerei (e.g., gru a cavo). Due aree colpite dalla tempesta sono state esaminate per valutare distribuzione e quantità di residui. Nel

primo sito in Trentino, utilizzando una tecnica di campionamento lineare (LIS), si è valutata la distribuzione spaziale nelle linee di estrazione e nelle aree circostanti (10-15m), considerando il tempismo delle operazioni. Nel secondo sito sull'Altopiano di Asiago, una classificazione semi-automatica delle immagini drone e la stima del volume hanno valutato la distribuzione nell'intera area delle operazioni. Il sistema CTL concentra i residui lungo le linee di estrazione, mentre FT li distribuisce in maniera più ampia. Le operazioni effettuate appena dopo

Vaia hanno lasciato meno residui (FT), mentre quelle negli anni a seguire hanno generato più detriti grossolani. CTL produce più residui recuperabili, FT rilascia materiali più fini, con componente grossolana crescente negli anni a seguire. In sintesi, lo studio evidenzia gli impatti differenziati di CTL e FT sulla distribuzione e composizione dei residui, sottolineando la loro rilevanza ecologica dopo le perturbazioni causate dalla tempesta.

Parole chiave: salvage logging; residui forestali; distribuzione spaziale; rigenerazione ecosistemica.

Telerilevamento

Analisi di danni forestali su larga scala in un ambiente alpino con telerilevamento, machine learning e web-GIS ⁽¹⁾

Marco Piragnolo ^{(a)(*)} - Francesco Pirotti ^(a)

⁽¹⁾ Abstract dell'articolo pubblicato <https://doi.org/10.3390/rs13081541>

^(a) Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università degli Studi di Padova.

^(*) Autore corrispondente; marco.piragnolo@unipd.it

Il flusso di lavoro automatizzato per il rilevamento e la quantificazione dei danni alle foreste causati dal *windthrow* è un argomento chiave che può essere affrontato utilizzando il telerilevamento. La tempesta Vaia dell'ottobre 2018 ha fornito l'occasione per validare approcci di diverso tipo. Una piattaforma web-GIS consente di selezionare l'area danneggiata disegnando poligoni; diversi indici di vegetazione (*vegetation indices* - VI) possono essere calcolati automaticamente utilizzando dati di telerilevamento (Sentinel-2A) e testati per identificare quelli più adatti a quantificare i danni alle foreste utilizzando una convalida incrociata con dati di verità a terra. I risultati dei test sulle aree danneggiate da VAIA mostrano che il valore medio di NDVI e NDMI è diminuito nelle aree danneggiate e ha una forte correlazione negativa con la gravità. L'RGI ha un comportamento opposto rispetto a NDVI e NDMI, in quanto

evidenzia la componente rossa della superficie del terreno. In tutti i casi, la varianza del VI aumenta dopo l'evento tra 0,03 e 0,15. Il sottobosco non danneggiato dal lancio del vento, se costituito dal 40% o più della copertura totale dell'area, compromette significativamente la sensibilità dei VI nel rilevare e prevedere la gravità. Utilizzando le statistiche aggregate (media e deviazione standard) dei VI sui poligoni come input per un algoritmo di apprendimento automatico, ovvero *Random Forest*, si ottiene una previsione della severità del danno con regressione che raggiunge un errore quadratico medio (RMSE) di 9,96, su una scala di gravità da 0 a 100, utilizzando un insieme di medie e deviazioni standard degli indici NDVI, NDMI e RGI. I risultati mostrano che la combinazione di più VI può migliorare significativamente la stima della gravità e che gli strumenti web-GIS possono supportare le decisioni con VI selezionati. I

risultati riportati dimostrano che le immagini Sentinel-2 possono essere utilizzate e analizzate tramite strumenti web per stimare la gravità dei danni alle foreste e che le VI possono essere utilizzate tramite machine learning per

prevedere la severità dei danni, con un'attenta valutazione dell'effetto del sottobosco in ogni situazione.

Parole chiave: indici vegetazionali; telerilevamento; disturbi forestali.

Immagini LiDAR, ottiche e RADAR: come possiamo rilevare e quantificare i danni nelle foreste montane?

Francesco Pirotti

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università degli Studi di Padova; francesco.pirotti@unipd.it

Il telerilevamento è uno strumento potente per il monitoraggio delle foreste. Tre tecnologie principali sono fondamentali per questa applicazione: il Light Detection and Ranging (LiDAR), le immagini ottiche e RADAR. Tutte hanno aspetti complementari che sono efficaci per rilevare e quantificare i danni alle chiome. Nelle aree montane è opportuno sottolineare un'ulteriore complessità: la morfologia del terreno implica che molte aree sono illuminate in modo diverso e quindi hanno capacità di riflessione differenti, così come l'accuratezza del LiDAR diminuisce a causa degli alti valori di pendenza. La tecnologia LiDAR attiva utilizza impulsi laser per misurare la distanza tra il sensore e le superfici, con ritorni multipli che possono catturare informazioni dettagliate sulla struttura verticale degli alberi. In com-

binazione con la radiazione solare riflessa e il *backscatter* delle tecnologie ottiche e RADAR, rispettivamente, è possibile individuare con elevata probabilità le aree forestali danneggiate. La quantificazione del danno attraverso la stima dei cambiamenti nella densità e nel colore del fogliame può essere catturata dalle caratteristiche ottiche della chioma. Le immagini RADAR utilizzano le microonde e non sono quindi influenzate dai cambiamenti atmosferici (nuvole, pioggia, nebbia...), fornendo un importante valore aggiunto per individuare i danni nelle aree. La combinazione di queste tre tecnologie di telerilevamento fornisce un approccio completo al monitoraggio della salute delle foreste di montagna.

Parole chiave: LiDAR; RADAR; telerilevamento; disturbi forestali.

Entomologia forestale

Attacchi di scolitidi dopo Vaia: analisi con rilievi a terra e osservazioni da remoto ⁽¹⁾

Davide Nardi ^{(a)(*)} - Andrea Battisti ^(a)

⁽¹⁾ Abstract dell'articolo pubblicato <https://doi.org/10.1186/s13595-023-01216-5>.

^(a) Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università degli Studi di Padova.

^(*) Autore corrispondente; ; davide.nardi@unipd.it

Le foreste di abete rosso del Nord-Est Italia sono attualmente minacciate da focolai di bostrico tipografo. In questa fase, è fondamentale attuare un continuo monitoraggio dei nuovi nuclei. L'utilizzo di immagini satellitari per mappare i nuclei risulta difficile nei paesaggi

montani a causa della topografia accidentata. I rilievi sul terreno forniscono informazioni dettagliate sui sintomi e sulla fase degli attacchi, ma richiedono molto tempo e un intenso lavoro sul campo. Per questo motivo, abbiamo utilizzato un approccio partecipativo nella rac-

colta delle informazioni dal campo attraverso l'uso di un'applicazione per smartphone, coinvolgendo cittadini volontari e consapevoli delle pratiche forestali. Una piattaforma WebGIS ha permesso di ricevere le segnalazioni in tempo reale e di confrontare mensilmente i dati con le immagini satellitari da giugno a settembre 2022. Abbiamo testato come la dimensione del nucleo e lo stadio dell'infestazione influiscono sulla rilevabilità da remoto. Soltanto il 50% delle segnalazioni è stato rilevato da fotointerpretazione, diminuendo drasticamente

per gli spot più piccoli e in fase iniziale. Tuttavia, le osservazioni sul campo hanno coperto solo circa il 10% dei punti rilevati da remoto, concentrandosi vicino alle strade. L'approccio partecipativo appare particolarmente utile per mappare le infestazioni in fase iniziale e di piccole dimensioni, mentre le immagini satellitari sono più adatte a coprire aree estese e a rilevare spot grandi e in fase avanzata. Questo contributo è un estratto da Nardi *et al.*, 2023.

Parole chiave: scolitidi; citizen science; GIS; applicazioni smartphone.

Individuazione precoce di alberi colonizzati da scolitidi: un approccio sperimentale

Aurora Bozzini ^{(a)(*)} - Massimo Faccoli ^(a)

^(a) Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse naturali e Ambiente, Università degli Studi di Padova.

^(*) Autore corrispondente; aurora.bozzini@phd.unipd.it

Gli eventi meteorologici estremi indotti dai cambiamenti climatici intensificano lo stress sulle foreste di conifere europee, aumentando la vulnerabilità alle infestazioni di parassiti. Dal 2019, le popolazioni alpine sud-orientali del bostrico tipografo (*Ips typographus* L.) sono passate da una fase endemica a una epidemica, innescate dalla violenta tempesta Vaia avvenuta alla fine del 2018. L'individuazione precoce degli alberi infestati rimane una sfida essenziale per la gestione efficace dell'epidemia. Il nostro studio mira a rilevare i sintomi precoci dell'infestazione utilizzando immagini multispettrali acquisite da drone, identificando gli indici più performanti e le tempistiche migliori per una diagnosi precoce. È stato indotto un attacco di *Ips typographus* su singoli abeti rossi

utilizzando feromoni di aggregazione e, ogni due settimane per tre mesi, è stato monitorato lo sviluppo degli scolitidi sotto corteccia e sono state raccolte le immagini multispettrali. Due indici di vegetazione, NDRE (*Normalized Difference Red Edge*) e SAVI (*Soil Corrected Vegetation Index*, fattore di correzione 0,44), hanno consentito l'identificazione degli alberi infestati almeno un mese prima della comparsa di sintomi visibili (cambiamento di colore della chioma). Questo strumento di rilevamento potrebbe consentire la diagnosi automatica dello stato di infestazione da scolitidi, costituendo un'utile guida per la gestione efficace delle aree infestate.

Parole chiave: remote sensing; scolitidi; *Ips typographus*; individuazione precoce; immagini da drone.

Politica, *governance* ed economia forestale

Valutazione del rischio forestale in relazione ai principali servizi ecosistemici nelle aree colpite dalla tempesta Vaia: una panoramica e un approfondimento per i servizi ecosistemici paesaggistici e ricreativi

Carolina Bonardi Pellizzari ^{(a)(*)} - Daniel Vecchiato ^(a) - Tiziano Tempesta ^(a)

^(a) Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università degli Studi di Padova

^(*) Autore corrispondente; carolina.bonardipellizzari@phd.unipd.it

Questo studio indaga le preferenze della popolazione nella regione del Nord-Est dell'Italia a seguito della tempesta di Vaia del 2018, che ha causato danni estesi alle reti di sentieri e modificato i paesaggi. Concentrandosi sui servizi ecosistemici di carattere culturale nelle Alpi, la ricerca affronta la necessità di ripristinare le aree colpite dalla tempesta promuovendo al contempo la resilienza forestale e rispettando le preferenze dei cittadini. L'indagine è stata condotta facendo uso di un questionario somministrato nel maggio 2022 a 830 residenti nella regione del Veneto. Da un punto di vista metodologico sono stati utilizzati un esperimento di scelta e l'approccio psicofisico per valutare le preferenze dei cittadini per diverse strategie di riforestazione e le risposte emotive alla qualità del paesaggio. I modelli di regressione applicati con l'approccio psicofisico hanno evidenziato come la qualità del paesaggio sia positivamente correlata a viste panoramiche, prati coltivati e la presenza di foreste, mentre è negativamente

influenzata dalla presenza di aree abbandonate e dagli alberi abbattuti da VAIA. I risultati suggeriscono che, per un efficace ripristino forestale, gli alberi abbattuti devono essere rimossi e le viste panoramiche potenziate sostituendo alcune aree boscate con prati coltivati. I risultati dell'esperimento di scelta indicano una preferenza per una politica di riforestazione mista (50% piantata, 50% naturale con alberi abbattuti rimossi), con un beneficio medio annuo di € 226,5 per famiglia. La presenza di una foresta naturale con alberi abbattuti rimossi è emersa come attributo più cruciale (34%) nell'influenzare le preferenze dei rispondenti, seguita dalla riforestazione con foreste piantate (24%) e dalla rimozione di alberi abbattuti in aree meno danneggiate (20%). Questi risultati forniscono preziose indicazioni per migliorare i servizi ricreativi nei territori montani e per informare future iniziative di riforestazione.

Parole chiave: tempesta Vaia; eventi estremi; esperimento di scelta; paesaggio; emozioni.

Gli impatti delle tempeste sui sistemi socio-ecologici legati alle foreste: un'analisi dal punto di vista socio-economico e di governance con un focus sulla tempesta Vaia

Alessandra Santini ^{(a)(*)} - Federica Romagnoli ^(a) - Laura Secco ^(a) - Mauro Masiero ^(a) - Davide Pettenella ^(a)

Giacomo Pagot ^(a)

^(a) Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università degli Studi di Padova.

^(*) Autore corrispondente; alessandra.santini@phd.unipd.it

Il rafforzamento delle capacità di resilienza dei sistemi socio-ecologici forestali alle tempeste di vento richiede di indagare anche aspetti istituzionali, economici e sociali. Combinando analisi di testi (documenti), un sondaggio online (68 risposte) e interviste a esperti e cittadini (304 intervistati), lo studio esplora le strutture

di governance delle Regioni/Province Autonome più colpite e la soddisfazione e priorità degli stakeholder rispetto alle azioni delle amministrazioni pubbliche. Inoltre, stima in via preliminare le variazioni del valore economico di alcuni servizi ecosistemici (SE) nella provincia di Belluno e nel comune di Rocca Pie-

tore. I risultati mostrano che dopo Vaia, nel sito specifico, il valore dei SE di approvvigionamento (produzione di legname) è aumentato significativamente, quello dei SE culturali (turismo/ricreazione) è diminuito e quello dei SE di regolazione (protezione) è aumentato. Il framework innovativo creato per valutare la governance in termini di capacità istituzionale di affrontare eventi estremi come Vaia mostra che mentre nella fase di emergenza le risposte sono state abbastanza uniformi ovunque, nella

fase post-evento sussistono differenze. Tutte le amministrazioni pubbliche studiate sono deboli in termini di capacità di previsione e livello di preparazione. Il 57% della popolazione vorrebbe che le foreste fossero ripristinate e poi gestite con attenzione, per essere più resilienti agli eventi futuri; il 36% ritiene che sia necessario parlare di più di foreste nelle scuole e nei media.

Parole chiave: tempesta Vaia; governance; percezione dei portatori di interesse; valore economico; servizi ecosistemici.



MARIELLA ZOPPI (2023) - *Giardini - L'arte della natura da Babilonia all'ecologia urbana*. Carocci Editore - Sfere. 445 pagine, 49 tavole a colori. € 35,00.

Mariella Zoppi definisce il giardino come *lo specchio della civiltà: scenario privilegiato della vita di donne e di uomini, dei grandi personaggi come delle umili comparse*. Questa affermazione racchiude in poche parole il percorso storico, geografico, culturale che l'autrice invita il lettore a fare leggendo le pagine del suo ricco e documentato libro. Durante la lettura si percorre una linea del tempo che passa dall'antico Egitto e la Mesopotamia sino ai giorni nostri, attraversando il pianeta da nord a sud, da oriente ad occidente, alla scoperta dei molteplici significati e ruoli che i giardini hanno per la nostra collettività. L'autrice si sofferma nel descrivere come le trasformazioni dei giardini siano sempre profondamente influenzate dalla sfera socio-economica e politica di un popolo facendo riferimento in particolare ai giardini francesi, italiani e inglesi. Una parte del libro è dedicata all'arte del giardino nei paesi orientali, dalla Cina, con un'idea del giardino che si rifà a concetti filosofici e ragionamenti poetici, sino al Giappone con i suoi giardini d'acqua e i giardini secchi, frutto di un radicamento culturale profondo basato su empatia e armonia con la natura.

Nel libro i più importanti creatori e creatrici di giardini e i paesaggisti e le paesaggiste della storia pas-

sata e contemporanea, vengono collocati dall'autrice nelle diverse epoche storiche e nei diversi luoghi con una sensibile attenzione verso il ruolo ricoperto dalle donne che, a cavallo tra l'800 e il '900, iniziarono a vedere nel giardinaggio una possibile professione, come dimostrato dalla nascita della *Lowthorpe School of Landscape Architecture, Gardening and Horticulture for Women*, fondata nel Massachusetts (USA) nel 1901, che recise il legame con le belle arti per affrontare un orientamento più tecnico-scientifico, mirato allo svolgimento di una professione autonoma.

In questi ultimi decenni si è affermata una maggior sensibilità verso la natura e con essa l'incalzante necessità di recuperare il verde nelle nostre città. Nella parte finale del libro, Mariella Zoppi descrive alcuni esempi di riqualificazione e riprogettazione del paesaggio verde che possono stravolgere il concetto di crescita-profitto-rendita fondiaria a favore del concetto di benessere psico-fisico della collettività che l'autrice definisce non *una parte di un'utopia sociale, ma una priorità, un'urgenza, una necessità per un futuro più sereno dell'umanità e del pianeta Terra*.

In definitiva, la lettura di questo libro ci porta in un viaggio affascinante attraverso i complessi intrecci che si sono sviluppati nel tempo fra civiltà umana e natura e che hanno trovato nell'idea di giardino una concreta e sfaccettata rappresentazione.

SUSANNA NOCENTINI

L'ITALIA FORESTALE E MONTANA

ANNO LXXVIII - SETTEMBRE/OTTOBRE 2023 - N. 5

ORIGINAL RESEARCH ARTICLE / CONTRIBUTO ORIGINALE DI RICERCA

Chiara Lisa

- Biomonitoraggio dei microartropodi edafici in popolamenti di latifoglie percorsi da incendi nella Riserva Naturale di Montefalcone 173
Biomonitoring of edaphic microarthropods in broadleaf stands affected by wild fires in the Montefalcone Nature

REVIEW / REVIEW

Valerio Di Stefano - Edoardo Breda - Giorgia Di Domenico - Piermaria Corona

- Gestione selvicolturale e autorizzazione paesaggistica alla luce della Legge 136/2023 189
Silvicultural management and landscape authorization in the light of Law 136/2023

BRIEF RESEARCH COMMUNICATION / BREVE COMUNICAZIONE DI RICERCA

Andrea Battisti - Stefano Grigolato - Emanuele Lingua (Edited by)

- Five years after Vaia - Forest and land management in mountain environments: experiences and knowledge five years after the Vaia storm 197
Vaia 5 anni dopo - La gestione delle foreste e del territorio in ambiente montano: esperienze e conoscenze a cinque anni dalla tempesta Vaia 205

- NEWS AND BOOK REVIEWS / NOTIZIARIO E RECENSIONI 215

ISSN 0021-2776

