

I GEORGOFILI

Quaderni
2019-II



**RISCHI AMBIENTALI
E CAMBIAMENTI CLIMATICI:
IL VENTO E IL FUOCO IN RAPPORTO
ALLA GESTIONE FORESTALE E DEL VERDE URBANO**

Firenze, 8 maggio 2019



EDIZIONI POLISTAMPA

Con il contributo di



FONDAZIONE
CR FIRENZE

Copyright © 2020
Accademia dei Georgofili
Firenze
<http://www.georgofili.it>

Proprietà letteraria riservata

Supplemento a «I Georgofili. Atti della Accademia dei Georgofili»
Anno 2019 - Serie VIII - Vol. 16 (195° dall'inizio)

ISSN 0367-4134

Direttore responsabile: Paolo Nanni

Edizioni Polistampa
Via Livorno, 8/32 - 50142 Firenze
Tel. 055 737871 (15 linee)
info@polistampa.com - www.polistampa.com
Sede legale: Via Santa Maria, 27/r - 50125 Firenze

ISBN 978-88-596-2084-6

Servizi redazionali, grafica e impaginazione
SOCIETÀ EDITRICE FIORENTINA

INDICE

RAFFAELLO GIANNINI <i>Presentazione</i>	7
ORAZIO CIANCIO <i>Le tre «E» della gestione forestale</i>	11
DAVIDE DE LAURENTIS <i>Saluto</i>	13
BERNARDO GOZZINI <i>Cambiamenti climatici e rischi ambientali</i>	17
GIACOMO CERTINI <i>Fuoco e vento: minacce crescenti per i suoli forestali</i>	37
PIERMARIA CORONA, GHERARDO CHIRICI, RAOUL ROMANO, LUCA CESARO <i>Danni da vento: strategie di monitoraggio e gestione forestale</i>	45
GIOVANNI BOVIO <i>Incendi: dal rischio alla gestione forestale</i>	51
VITTORIO LEONE <i>Scenari emergenti: gli incendi estremi</i>	63
PAOLA PASQUINELLI, LUCA TONARELLI <i>Il ruolo del Centro di addestramento AIB di Regione Toscana nella prevenzione, previsione e lotta attiva agli incendi boschivi</i>	75
MARCO BORGHETTI <i>La ricostituzione della foresta</i>	81

RAFFAELE CAVALLI <i>L'accessibilità delle foreste quale strategia per la gestione di eventi catastrofici naturali</i>	85
ALESSANDRA STEFANI <i>Intervento</i>	93
BRUNO PETRUCCI <i>Foreste - MATTM: gli incendi boschivi nei Parchi Nazionali</i>	97
SANDRO PIERONI <i>Da un approccio emergenziale alla cultura della prevenzione</i>	105
GIUSEPPE SCARASCIA-MUGNOZZA <i>Conclusioni</i>	107
<i>Sintesi delle relazioni non pervenute</i>	115

RAFFAELLO GIANNINI*

Presentazione

Innanzitutto un grazie sincero al contributo fornito da tutti i componenti del Gruppo di lavoro voluto dal presidente dell'Accademia dei Georgofili, prof. Massimo Vincenzini, per l'organizzazione di questa giornata. Un ringraziamento che porgo anche a tutti i relatori che con i loro interventi forniranno puntuali informazioni e linee operative di comportamento sugli effetti derivanti dalle relazioni intercorrenti tra eventi catastrofici sulle foreste e il verde urbano e i cambiamenti climatici.

Riconosco la nostra giornata di studio molto impegnativa per la vasta portata dei problemi che verranno affrontati avendo, questi, forti ricadute non solo sulla gestione del territorio, ma anche sul futuro della nostra vita.

I danni causati dall'uragano VAIA e i violenti incendi del recente passato, tra cui quello verificatosi sul Monte Pisano in Comune di Calci (PI), hanno rappresentato forte stimolo a ripetere un dibattito scientifico su questi temi. Ho usato il termine ripetere perché l'Accademia dei Georgofili più volte, dagli anni '90, ha insistito su questi argomenti con specifici incontri e comunicazioni accorate e non prive di preoccupazione.

Sottolineo l'impegno del prof. Giampiero Maracchi e la sua "frustrazione" – ricordata del resto dal nostro presidente nella Relazione tenuta alcune settimane fa durante l'inaugurazione del 266° anno accademico dei Georgofili – nel constatare quanto poco era stato fatto negli ultimi trent'anni per contenere e ridurre le cause di tali cambiamenti.

I cambiamenti climatici in atto si manifestano attraverso un aumento dei valori della temperatura e una forte variabilità delle precipitazioni che tendono a intensificarsi e a distribuirsi su un numero minore di giorni, sotto

* *Accademico emerito dell'Accademia dei Georgofili*

forma di violenti nubifragi (*bombe d'acqua*). Nel caso dei boschi e delle alberature, i nubifragi saturano i terreni diminuendo fortemente la consistenza del suolo rendendo precaria e a rischio la stabilità degli alberi. Aumentano anche le serie di periodi siccitosi con risultati che mostrano impatti diversi da zona a zona, ma che comportano spesso conseguenze disastrose nelle filiere agro-alimentari. I lunghi periodi di siccità, specialmente nel periodo estivo, sono associati, purtroppo, agli incendi che rimangono piaga per gli ecosistemi forestali e in particolare quelli presenti nelle aree climatiche mediterranee accentuando, fra l'altro, l'erosione del suolo. Nel 2018 gli incendi hanno raggiunto un nuovo record come numero, intensità, estensione e aree geografiche (California, Grecia, Spagna, Portogallo, Australia, Corea del Sud, ma anche Canada, Norvegia, Svezia, Finlandia, Lettonia).

A queste emergenze, in gran parte favorite e/o causate da una attività antropica assai poco virtuosa, si susseguono e si associano i disturbi naturali tra i quali gli eventi meteorici estremi, come le tempeste di vento che hanno sempre determinato forti modifiche alla presenza e alla struttura della copertura forestale e causato danni perniciosi alle alberature urbane.

La letteratura indica che, in Europa, le tempeste di vento, rappresentano, per i boschi, il principale evento naturale di danno superando di tre volte quello determinato dagli incendi. In effetti altri fattori possono interagire (caratteristiche eco-stazionali, orografia, tipologia e struttura del bosco) su magnitudo e frequenza, ma, sempre più spesso, viene associato, all'intensità del danno il fattore causale dei cambiamenti climatici.

Una rubrica, *Il diario della terra*, del settimanale «Internazionale», riferisce, in sintesi, notizie fornite da riviste scientifiche prestigiose («Nature», «Science», «Plos», «Cell», «Pnas», «The Lancet»), sui disastri naturali: terremoti, uragani, tifoni, eruzioni vulcaniche, alluvioni e allagamenti; un vero bollettino di guerra visto anche il numero di vittime umane coinvolte, ma anche quali e quanti di questi danni siano relazionati con i cambiamenti globali. Le previsioni future sono tragiche: ghiacciai che spariscono, aumento del livello del mare, isole sommerse, allagamenti, riduzione delle terre coltivabili, alterazione di interi ecosistemi, riduzione della biodiversità. Quanto tempo e denaro saranno necessari per riparare i danni? Sarà possibile un ritorno allo stato iniziale?

Ma è anche tragico che queste informazioni siano così poco diffuse. In un telegiornale della sera, ora di punta di lunedì 6 maggio, si è data precedenza e maggior spazio temporale alle vicende familiari della dinastia dei Windsor rispetto al Rapporto ONU sulla biodiversità (Ipbis-Piattaforma intergovernativa scientifico-politica sulla biodiversità e gli ecosistemi) elaborato da 450

esperti di 130 nazioni, che riporta un degrado ambientale allucinante con previsioni apocalittiche per il prossimo futuro. Futuro che da tempo è diventato Presente!

La giornalista Sara Gandolfi, sul «Corriere della Sera» (8 maggio 2019), sviluppa una sintesi dei contenuti di tale Rapporto indicando che «è il racconto della lenta agonia di buona parte dell'ecosistema planetario sottoposto alla pressione dell'uomo ed ai cambiamenti climatici di origine antropogenica» (uso incontrollato del suolo, agricoltura intensiva e deforestazione, sfruttamento eccessivo delle risorse, inquinamento, specie invasive) e termina indicando che i Ministri dell'Ambiente del G7, firmando in contenuti della «Carta di Metz sulla biodiversità», si impegnano «ad accelerare e intensificare gli sforzi per mettere fine alla perdita di biodiversità». Ha firmato pure il ministro USA, Andrew Wheeler, ma inserendo una postilla in cui ribadisce la volontà dell'Amministrazione Trump di ritirarsi dall'Accordo di Parigi sul clima.

A confronto è da elogiare l'attività della sedicenne svedese Greta Thunberg che è riuscita a mobilitare a livello mondiale una moltitudine di giovani in manifestazioni contro i cambiamenti climatici.

Anche per questo ritengo essenziale e doveroso continuare a informare e tenere vivo l'interesse per una sfida ambientale diretta alla ricerca delle più corrette strategie di contenimento e mitigazione.

L'uomo è andato sulla luna, ma ben poco si è interessato di cosa combinava in casa!

ORAZIO CIANCIO*

Le tre «E» della gestione forestale

Un sentito ringraziamento al presidente dei Georgofili Massimo Vincenzini per aver organizzato questa importante Giornata di Studio alla quale partecipano studiosi di diversi settori scientifici che chiariranno alcuni aspetti degli avvenimenti che ci riguardano da vicino e che provocano incertezza nella programmazione e realizzazione della gestione forestale.

Non vi è dubbio che gli attuali cambiamenti climatici, che sempre più spesso provocano veri e propri disastri, si devono all'azione dall'uomo nei confronti di Gaia. Queste problematiche costantemente denunciate dalle più importanti organizzazioni politiche mondiali purtroppo nel breve e medio periodo non riescono a modificare tale grave condizione. Di tutto ciò bisogna prendere atto.

Forse ai giovani non abbiamo trasmesso una puntuale conoscenza di quanto verificatosi in passato. Su questo argomento purtroppo quasi tutti sorvoliamo. Non procediamo con la *narrazione* degli eventi verificatisi. Presi dall'analisi della situazione corrente si tralascia di far conoscere alle nuove generazioni i rischi che l'uomo corre e quelli maggiori che quasi certamente si verificheranno in un prossimo futuro.

Per rientrare brevemente nella problematica odierna si sottolinea che in merito alla gestione forestale bisogna valutare l'influenza degli eventi climatici sui boschi e pianificare gli interventi colturali da effettuare sulla base dei seguenti tre criteri: *Etico*, *Estetico* ed *Ecobiosofico*, cioè le tre «E» della gestione forestale. In sintesi: la gestione forestale deve ricercare con costanza e puntualità l'armonia e l'equilibrio ecobiologico. Qualcuno sosterrà che si è sempre pianificato e gestito il bosco seguendo tale criterio.

Ma se così fosse vorrebbe dire che la gestione ha sconfessato il principio dell'ottenimento del massimo di produzione legnosa nel più breve tempo pos-

* *Presidente dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali*

sibile, con il minimo impiego di energia, lavoro e capitali. Ma così non è. Tale principio è tuttora considerato la base dei piani di assestamento e gestione forestale. E non solo del passato.

Inoltre occorre ricordare che una gestione forestale basata sui principi prima indicati comporta la presenza dell'uomo nel bosco con la conseguente riduzione significativa degli incendi e risparmi notevoli per lo Stato. Di più, il mantenimento della funzionalità del bosco, che non è un insieme di alberi ma un sistema biologico complesso, e il trasferimento delle funzioni che esso svolge provoca una elevata economicità degli interventi previsti e realizzati.

In questi giorni riflettendo su queste problematiche ho ritenuto che la logica dei principi prima espressi può superare la contrapposizione tra i conservatori e i cosiddetti progressisti e mi è venuto in mente uno scritto di Arne Naess che riporto perché, a mio avviso, per molti forestali costituisce *informazione*: «Esiste una proposta di costruire una strada all'interno di un grande bosco. I conservazionisti rifiutano la proposta. Tuttavia i proponenti dicono onestamente che l'area rovinata dalla strada sarà meno di una millesima parte dell'area del bosco. I conservazionisti rispondono che il cuore del bosco, o il bosco come un tutto, viene degradato (...). Tuttavia ciò è solo soggettivo. Oggettivamente il bosco è una molteplicità di alberi, ecc., e una strada costituisce una piccola intrusione (...). Il conservazionista ammetterà che nel bosco ci sono alberi. Queste sono *gestalt subordinate*, come sono molte altre caratteristiche del bosco. Ma il bosco come un tutto è una *gestalt sovraordinata*, estremamente preziosa e chiaramente vulnerabile allo sviluppo, qualsiasi sia la frazione di area che viene distrutta».

L'*informazione* è una parte della scienza senza la quale non è possibile sviluppare la conoscenza. In tal modo non si porta avanti né il dissenso né l'accettazione e la partecipazione ai principi scientifici di orientamento e sviluppo.

Credo si possa concludere questo breve, brevissimo indirizzo di saluto da parte dell'Accademia che ho l'onore di presiedere con la consapevolezza che la *narrazione* degli eventi passati e presenti, l'*informazione* ai giovani ricercatori dei risultati scientifici conseguiti e la *comunicazione* alla società civile, ai rappresentanti della cultura, dell'economia e della politica dei fondamentali obiettivi della gestione forestale sono decisive per la salvaguardia della funzionalità del sistema biologico complesso bosco.

RIFERIMENTO BIBLIOGRAFICO

NAESS A. (1994): *Ecosofia*, a cura di A. Airoidi e G. Salio; trad. it. di E. Recchia, Red Edizioni, Milano.

DAVIDE DE LAURENTIS*

Saluto

È veramente un onore per me essere oggi qui, presso l'Accademia dei Georgofili, in una sede così prestigiosa e in questa sala di straordinaria bellezza, per un convegno di elevato spessore culturale e di grande attualità.

Innanzitutto porto i saluti del generale di C.A. Angelo Agovino, comandante del Comando Unità Forestali Ambientali e Agroalimentari (CUFA) dell'Arma dei Carabinieri, che ci teneva a essere presente, ma purtroppo sopraggiunti inderogabili impegni istituzionali non glielo hanno consentito.

Un saluto particolare al presidente, prof. Vincenzini. È la prima volta che ci troviamo in questa sede dopo la sua elezione a presidente e approfitto dell'occasione per annunciare che finalmente siamo pronti per la firma del protocollo d'Intesa con l'Accademia dei Georgofili. È un protocollo a cui tenevamo particolarmente e che quando il presidente vorrà, potremo sottoscrivere. Il generale Agovino mi ha raccomandato di farle presente la sua disponibilità a fissare la data per la firma, che si potrà effettuare sia a Roma che eventualmente a Firenze.

Mi compiaccio per la tematica prescelta: i rischi ambientali collegati ai cambiamenti climatici sono purtroppo un tema di straordinaria attualità e non mi dilungherò su questi argomenti perché ho analizzato il programma e ho notato che sono presenti i maggiori studiosi a livello nazionale per fare il punto su questa situazione. Noi siamo sempre stati abbastanza pragmatici, prima come Corpo Forestale adesso come Carabinieri forestali: faccio solo qualche accenno relativamente agli incendi boschivi, al dissesto idrogeologico e ai fenomeni meteorologici estremi, come la tempesta VAIA che lo scorso

* *Viccomandante del Comando delle Unità forestali ambientali e agroalimentari dell'Arma dei Carabinieri*

autunno ha devastato i boschi del Nord Est del Paese, che sempre più si manifestano in relazione agli effetti causati dai cambiamenti globali.

Per quanto riguarda gli incendi boschivi la nostra azione continua a pieno regime: come sapete è cambiato il quadro normativo per quanto riguarda il concorso statale per lo spegnimento attivo, ma per quel che attiene alla prevenzione del fenomeno e al contrasto dei reati connessi alla nostra attività continua incessantemente. Volevo approfittare dell'occasione per darvi la situazione degli incendi praticamente ad oggi: quest'anno, in particolare negli ultimi 20 giorni, la situazione meteorologica complessiva fortunatamente è cambiata, quindi vi è stata un'attenuazione del fenomeno. Analizzando i dati dei primi 3 mesi del 2019, invece, il fenomeno degli incendi è stato drammatico e simile a quello del 2017.

Pur essendo sensibilmente migliorata la situazione, siamo comunque giunti a un totale elevato di quasi 1000 eventi: proprio ad oggi siamo a 916 eventi contro i 1300 del 2017 per lo stesso periodo, mentre nel 2018 sono stati solo 163. Speriamo nella diminuzione dei picchi di temperatura e dei periodi di lunga siccità che sicuramente che congiuntamente agli effetti dei venti favoriscono la diffusione degli incendi.

Per quanto riguarda gli altri aspetti oggetto del Convegno, in particolare i fenomeni naturali estremi congiunti agli effetti dei cambiamenti climatici, il riferimento è quello della tempesta VAIA, volevo nuovamente segnalare che il CUFA è in grado di fornire un contributo importante per la ricostituzione dei soprassuoli distrutti, grazie all'attività dei Centri nazionali per lo studio e la conservazione della biodiversità forestale. È noto che i meccanismi di autoregolazione della natura consentono nel tempo di riparare quasi sempre le ferite di questi eventi estremi, ma con i tempi delle dinamiche "forestali" che sono comunque molto lunghi. In alcune situazioni l'uomo può, ma anche deve, intervenire per accelerare questi tempi per garantire la qualità della vita e la sicurezza delle popolazioni locali, tenendo conto però delle singole situazioni ecologiche e stagionali e, soprattutto, disponendo di materiale forestale di propagazione di provenienza certa e con caratteristiche genetiche simili a quelle dei popolamenti oggetto dei danni. Proprio per far fronte a questa necessità si è sviluppata una collaborazione molto importante con la Regione Veneto (Agenzia Veneta Innovazione Settore Primario), le Province Autonome di Trento e Bolzano e la Magnifica Comunità della Val di Fiemme, in raccordo con la Direzione Foreste del MIPAAFT. Le operazioni di raccolta si sono concluse il 15 dicembre 2018, mentre l'estrazione del seme si è completata a marzo 2019, grazie a un impegno straordinario del Centro nazionale per lo studio e la conservazione della biodiversità forestale di Dogana di Peri

(VR). Con quei semi, attraverso la produzione di piantine da parte della rete vivaistica dei territori interessati, sarà possibile produrre circa 30 milioni di piantine delle 9 specie principali interessate dalla tempesta da utilizzare per quelle situazioni in cui si riterrà che vi sia bisogno dell'ausilio dell'uomo per favorire i processi naturali di ricostituzione dei soprassuoli forestali.

Altro elemento che volevo portare all'attenzione riguarda la correlazione esistente tra i fenomeni di dissesto idrogeologico, la difesa del suolo e gli eventi climatici estremi. Mi ha colpito un dato letto su un rapporto riguardante la spesa pubblica in Italia per far fronte alle calamità naturali: dal 1945 ad oggi la spesa media annua per interventi di emergenza legati appunto alle calamità naturali, nel nostro Paese, è di 3,5 miliardi di euro. Ebbene, sulla Gazzetta Ufficiale di un paio di settimane fa è stato pubblicato il Decreto del presidente del Consiglio dei Ministri del 20 febbraio 2019, che approva il piano nazionale per la mitigazione del rischio idrogeologico. Penso che sia un fatto molto importante perché pianificare e investire nella manutenzione del territorio, prevenire attraverso attività capillari a favore di una corretta gestione del territorio, avere cura della manutenzione del bosco e dei versanti in funzione della mitigazione del rischio idrogeologico, sia molto più conveniente, dal punto di vista economico-finanziario, piuttosto che dover intervenire successivamente in emergenza, spesso esponendo anche al rischio la vita degli abitanti di determinati territori.

Volevo sottolineare che lo stesso DPCM assegna proprio al CUFA un compito di presidio e di sorveglianza del territorio delle aree maggiormente a rischio idrogeologico, nonché la verifica degli interventi che vengono programmati e realizzati, in collaborazione con tutti i soggetti istituzionali centrali e territoriali aventi titolo sul territorio, attraverso sinergie scaturenti da un Accordo in Conferenza Stato-Regioni.

Non voglio sottrarre ulteriore tempo a questo interessantissimo convegno che seguirò con grande attenzione. Volevo portare solamente alcuni elementi di riflessione e, quindi, nel rinnovare il saluto e l'augurio del raggiungimento degli obiettivi attesi, anche a nome del nostro comandante, gen. C.A. Angelo Agovino, ringrazio per l'attenzione. Buon lavoro.

BERNARDO GOZZINI*

Cambiamenti climatici e rischi ambientali

INTRODUZIONE

«Siamo sull'orlo di una crisi climatica globale, per scongiurare la quale occorrono misure concordate a livello globale». Queste sono le parole utilizzate dal presidente della Repubblica Sergio Mattarella il 12 marzo scorso al Teatro comunale di Belluno durante la commemorazione delle 3 vittime venete della tempesta Vaia. Aggiungeva inoltre: «Vi invito quindi a cercare vie nuove, a studiare soluzioni diverse dal passato per prevenire e contenere i disastri ambientali. Vanno respinte decisamente tentazioni dirette a riproporre soluzioni già ampiamente sperimentate in passato con esito negativo, talvolta premessa per futuri disastri».

Uno degli elementi caratterizzanti il cambiamento climatico è l'aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi estremi. L'Agenzia Europea dell'Ambiente nel report n. 15 "Change adaptation and disaster risk reduction in Europe", pubblicato nel 2017, ha stimato che, nel periodo dal 1980 al 2015, le perdite economiche per i 33 paesi europei causate dai cosiddetti «extreme-weather and climate-related events» ammontano a circa 433 miliardi di euro. In figura 1 si riportano i diagrammi relativi alla distribuzione delle perdite economiche fra le varie tipologie di rischio, come riportato nel report dell'Agenzia.

Le maggior perdite economiche sono quindi causate da alluvioni e tempeste di vento mentre le ondate di calore sono quelle che determinano una maggior perdita in termini di vite umane essendo un fenomeno molto più esteso territorialmente rispetto agli altri e andando a colpire la popolazione più vulnerabile, vale a dire gli anziani.

* *Amministratore unico del Consorzio LaMMA*

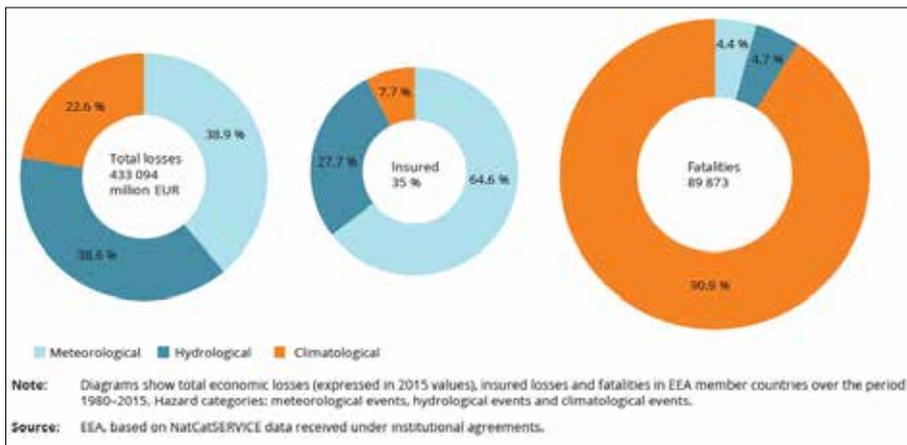


Fig. 1 Ripartizione delle perdite economiche totali (sinistra), in assicurazioni (centro) e in mortalità (destra) fra rischio idrologico (alluvioni, ...), rischio meteorologico (tempeste di vento, ...) e rischio climatico (ondate di calore, siccità)

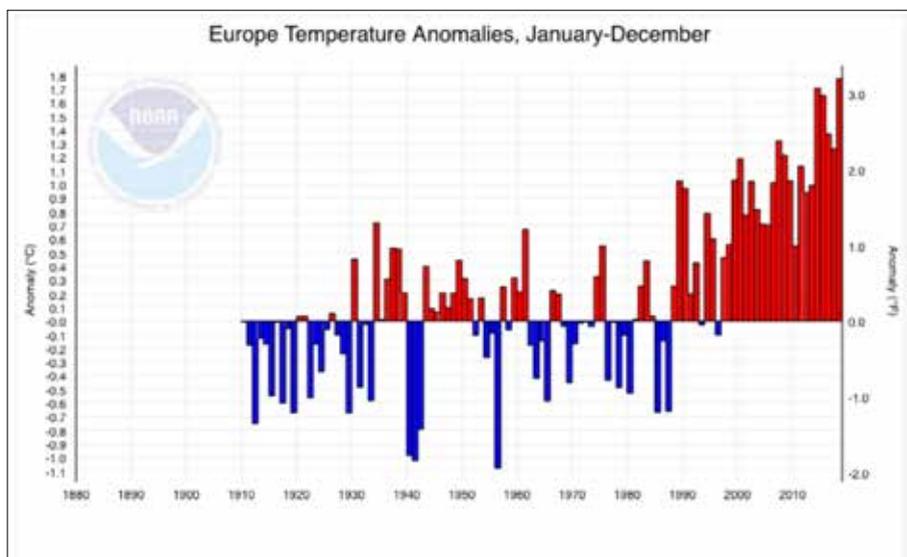


Fig. 2 Andamento delle anomalie delle temperature medie annuali in Europa dal 1910 al 2018, dati: NOAA

LA SITUAZIONE ATTUALE DEL PIANETA

La concentrazione di CO₂ ha ripreso a crescere arrivando nel marzo 2019 a 411,97 ppm. Avevamo avuto un periodo di circa 3 anni (2014, 2015, 2016),

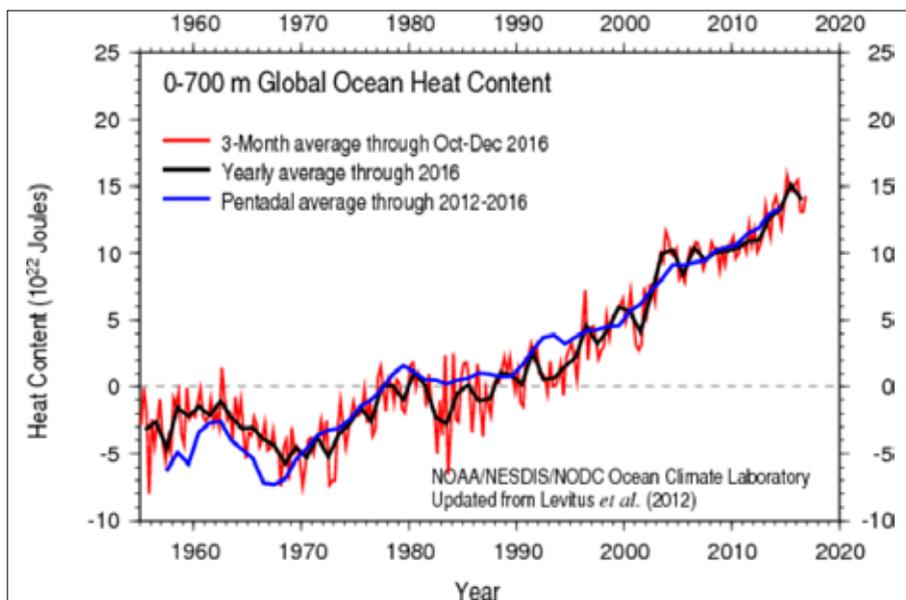


Fig. 3 Andamento del contenuto di calore dell'oceano in uno strato fra 0 e 750 metri dal 1950 ad oggi

molto probabilmente dovuto alla crisi economica, durante il quale l'emissione dell'anidride carbonica si era stabilizzata, poi nel 2018 è stato registrato un incremento di circa +1,7% rispetto al 2017. L'IPCC ha sottolineato come il valore di 470 ppm sia considerato come il livello limite, la soglia di non ritorno.

Per quanto riguarda la temperatura a livello mondiale, secondo i dati della NOAA il servizio meteorologico americano, il 2018 ha fatto registrare un aumento pari a +0.79°C risultando il 4° anno più caldo dal 1880 a oggi. L'anno più caldo è stato il 2016 con +0.94°C seguito dal 2015 e dal 2017.

Il 2018 è stato l'anno record sia per l'Europa sia per l'Italia con un aumento della temperatura media superiore a 1,5°, quindi con valori che si posizionano già sopra la soglia individuata come limite da non superare nel famoso accordo sottoscritto a Parigi nel 2015 alla fine della COP21 (Conference of Parties).

Anche la temperatura del mare presenta un trend in aumento, infatti il suo contenuto in calore sta aumentando in modo lineare non solo a livello superficiale, ma si riscalda anche in profondità. Nella figura 3 viene riportato il grafico, realizzato dall'Ocean Climate Laboratory della NOAA/NESDIS,

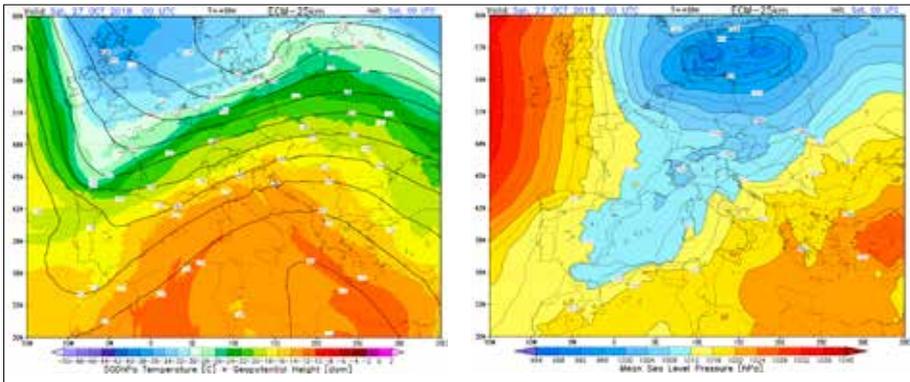


Fig. 4 *Temperatura e altezza geopotenziale a 500 hPa e pressione al livello del suolo alle ore 02 locale del 27 ottobre*

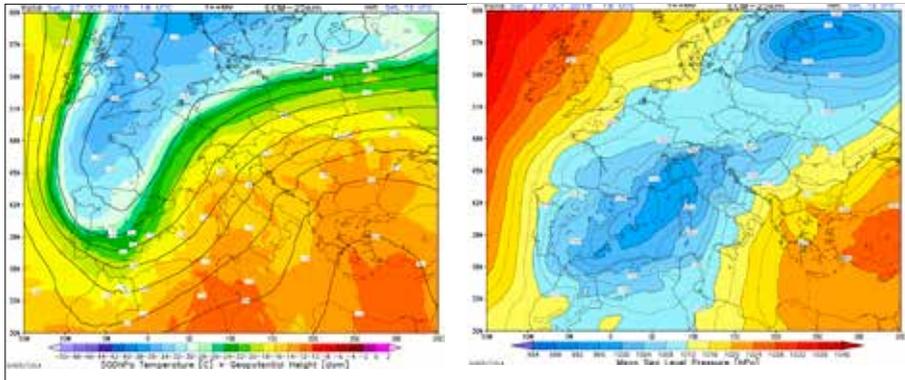


Fig. 5 *Temperatura e altezza geopotenziale a 500 hPa e pressione al livello del suolo alle ore 14 del 27 ottobre*

relativo al contenuto di calore dell'Oceano in uno strato compreso fra 0 e 700 metri di profondità dove i dati sono inequivocabili presentando un evidente trend a partire dalla metà degli anni '90.

L'incremento del contenuto di calore del mare ha come conseguenza una maggiore evaporazione dell'acqua, determinando un aumento dell'energia nel sistema che si traduce in un'accentuazione dell'intensità degli uragani e di tutti i cicloni in generale. Anche nel Mediterraneo sono in aumento gli eventi estremi che producono grandi quantità di pioggia in poche ore come per esempio il 25 ottobre 2011 nell'alluvione in Lunigiana dove a Pontremoli vennero registrati valori pari a 72,8 mm in 1 h, 376,2 mm in 24 h oppure il 9/10 settembre 2017 a Livorno dove sono caduti 250 mm in 4 ore.

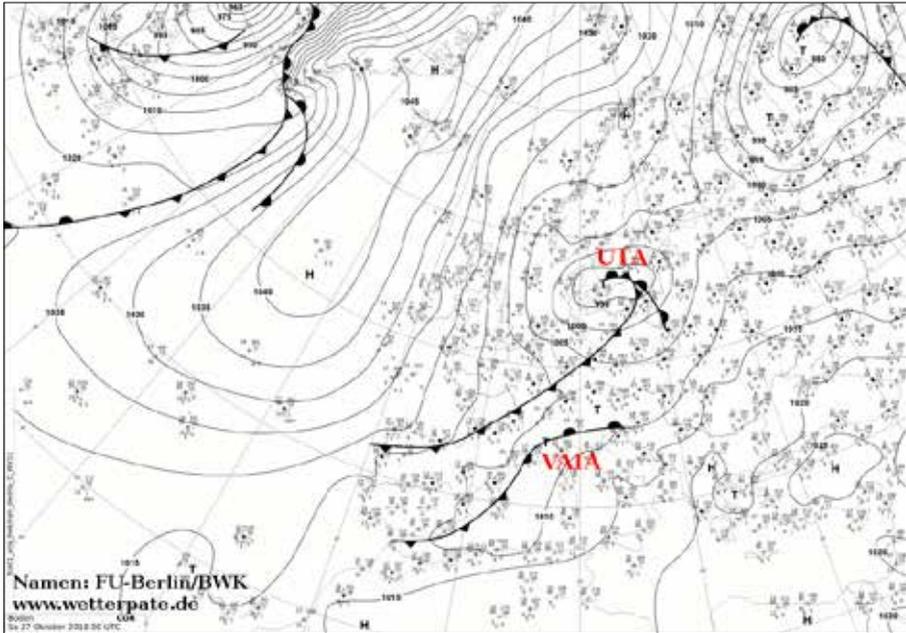


Fig. 6 *Analisi sinottica relativa alle ore 02 locali del 27 ottobre a cura dell'Università di Berlino*

LA TEMPESTA VAIA

Sinottica ed evoluzione meteo: dopo un inizio di autunno caratterizzato da prevalenti condizioni di alta pressione sulla nostra penisola, con poche precipitazioni e con temperature superiori alle medie, a partire dal 27 ottobre una vasta depressione atlantica si approfondisce inizialmente sulla Spagna per poi muovere molto lentamente verso est interessando gran parte del Mediterraneo centro-occidentale ove si assiste a un progressivo calo della pressione al suolo (figg. 4 e 5).

A tale perturbazione viene attribuito il nome di VAIA nella nomenclatura ufficiale curata dall'Istituto per la Meteorologia dell'Università di Berlino e a essa risulta inizialmente associato un sistema frontale, con il fronte freddo che si estende da Gibilterra fino alle Baleari e il fronte caldo che si estende dalle Baleari fino a nord della nostra penisola (fig. 6).

La configurazione del campo barico determina una circolazione spesso associata a eventi alluvionali in particolare sulle regioni tirreniche e su quelle settentrionali della penisola, oltre che a tempeste di vento e mareggiate: si viene infatti a instaurare un lungo e persistente flusso di correnti meridionali

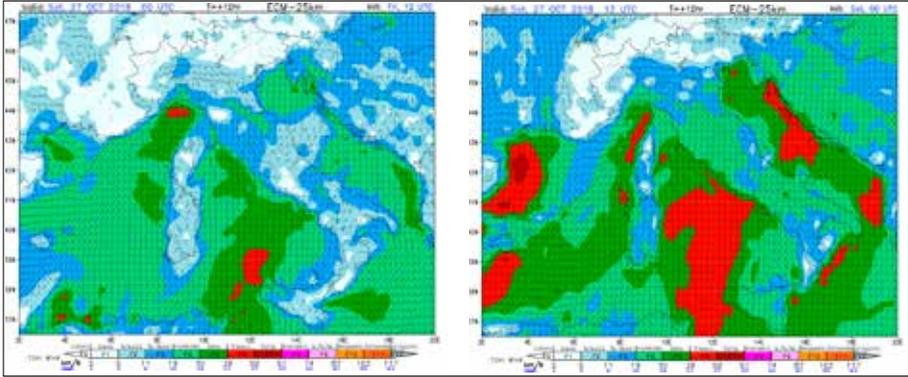


Fig. 7 Vento al suolo (10 metri) alle ore 02 e alle ore 14 ora locale del 27 ottobre

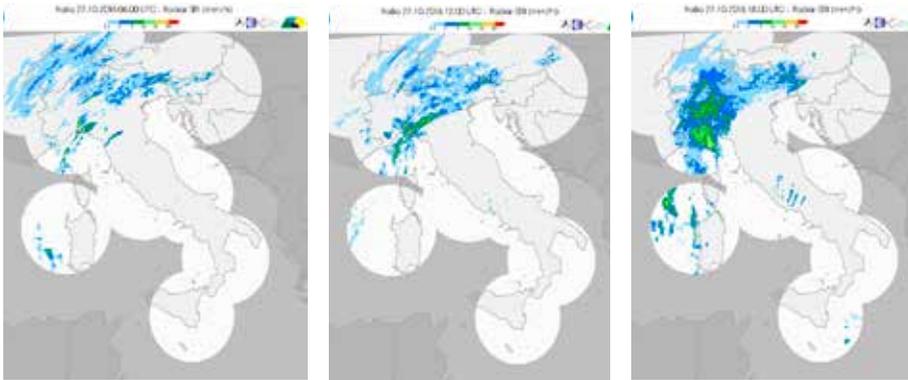


Fig. 8 Segnale di precipitazione rilevato dalla rete nazionale radar meteorologici alle ore 8, 14 e 20 locali del 27 ottobre

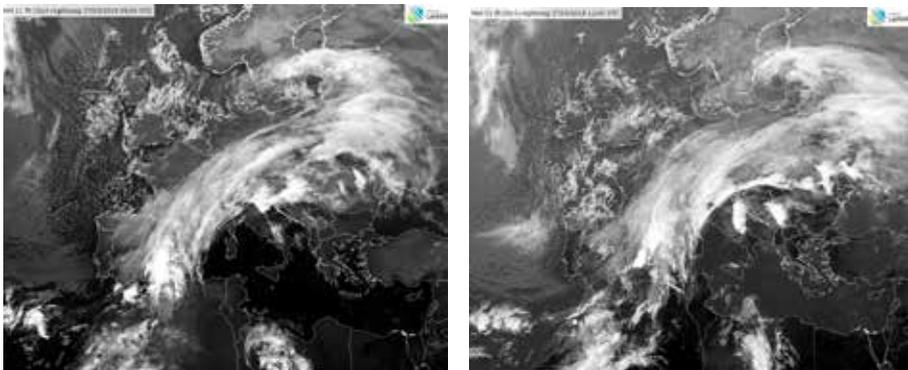


Fig. 9 Immagini radar nel canale dell'infrarosso alle ore 8 e 14 locali del 27 ottobre

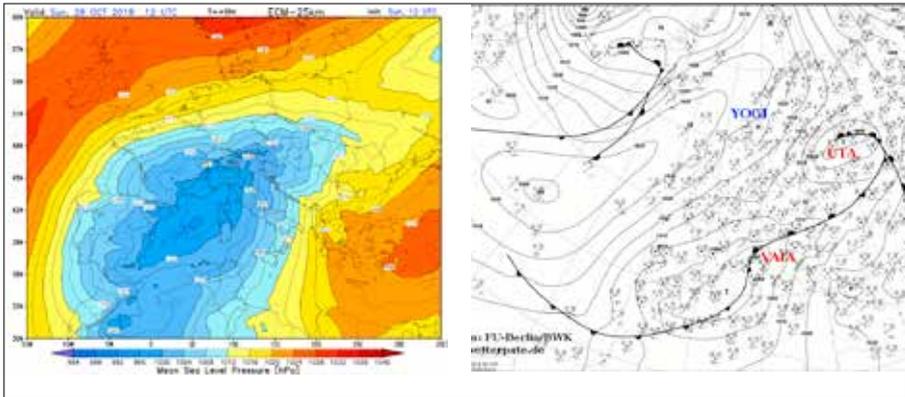


Fig. 10 *Pressione al suolo alle ore 13 ora locali del 28 ottobre e analisi sinottica e dei fronti a cura di a cura dell'Università di Berlino*

miti che scorrono dalle coste dell'Africa settentrionale fino alla nostra penisola (fig. 7), ove generalmente scaricano sotto forma di precipitazioni diffuse e insistenti gran parte dell'umidità di cui si sono arricchite scorrendo su gran parte del Mediterraneo.

Già dalle prime ore del 27 infatti, come si può vedere dalle immagini del radar meteorologico in figura 8 e dalle immagini del satellite europeo nel canale dell'infrarosso in figura 9, si registrano precipitazioni diffuse e insistenti sulla Liguria e sulle regioni alpine con i massimi precipitativi osservati in particolare sulla Liguria.

Il giorno successivo, il 28 di ottobre, la depressione si presenta stazionaria sul Mediterraneo occidentale con minimo al suolo di 996 hPa posizionato tra Baleari e Corsica e il sistema frontale che si estende dall'entroterra Algerino e fino all'Europa centro settentrionale (fig. 10). Il centro nord della penisola risulta quindi ancora interessato dalla presenza di un sistema frontale a carattere caldo quasi stazionario e sotto l'influenza di un intenso flusso mite e umido meridionale, che favorisce ancora piogge diffuse e insistenti; si osserva inoltre una progressiva intensificazione della velocità del vento (fig. 11).

Nel corso della giornata le precipitazioni iniziano a interessare anche le regioni centrali e meridionali della penisola, come risulta dal segnale radar riportato in figura 12.

Nel contempo sull'Europa orientale si va irrobustendo un campo di alta pressione che inizia a esercitare un'azione di blocco sulla perturbazione VAIA che di conseguenza si mantiene quasi stazionaria sul Mediterraneo anche per la giornata del 29 di ottobre. Si assiste inoltre a un ulteriore deciso appron-

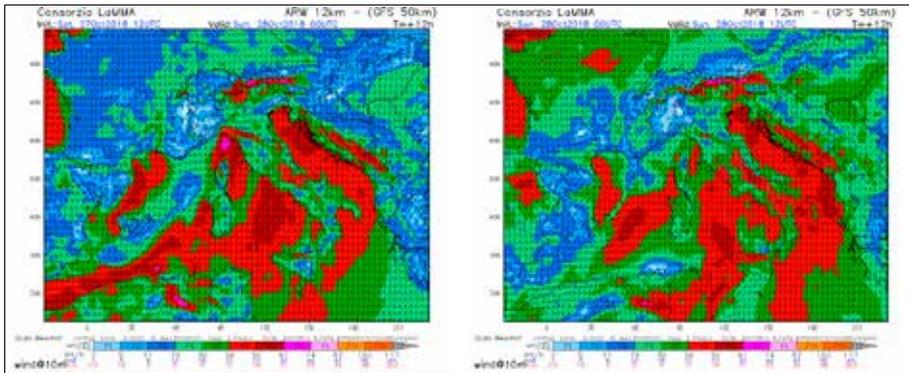


Fig. 11 Vento al suolo (10 metri) alle ore 01 e alle ore 13 ora locale del 28 ottobre previsto dal modello GFS

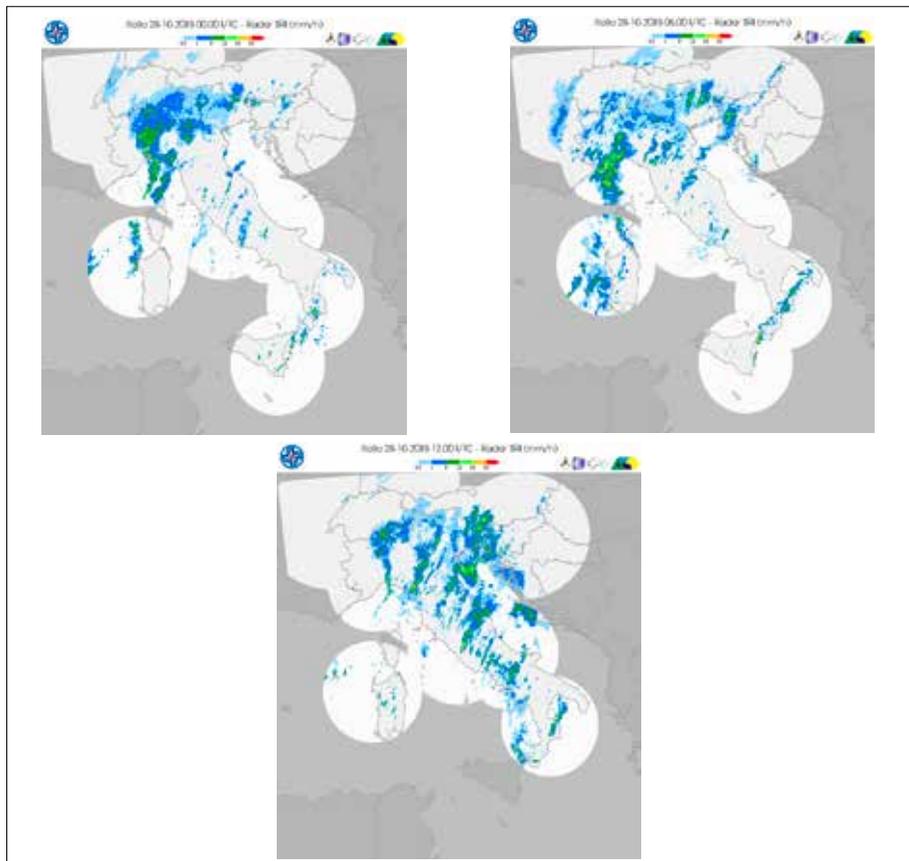


Fig. 12 Segnale di precipitazione rilevato dalla rete nazionale radar meteorologici alle ore 1, 7 e 13 locali del 28

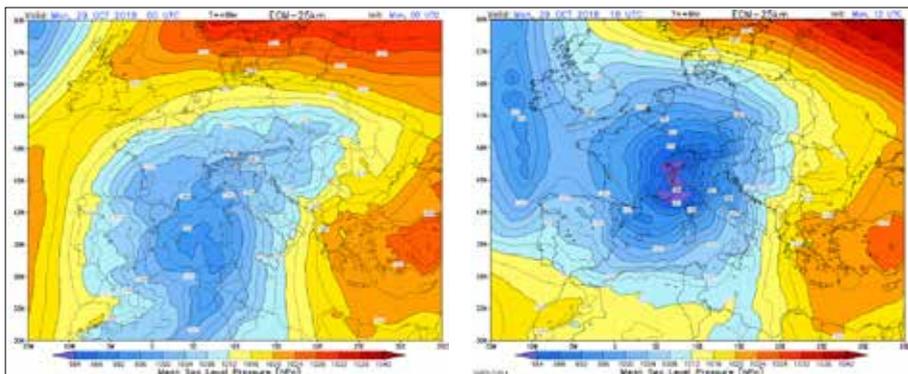


Fig. 13 Pressione al suolo prevista alle 01 ora locale del 29 ottobre e alle 19 ora locale del 29 ottobre

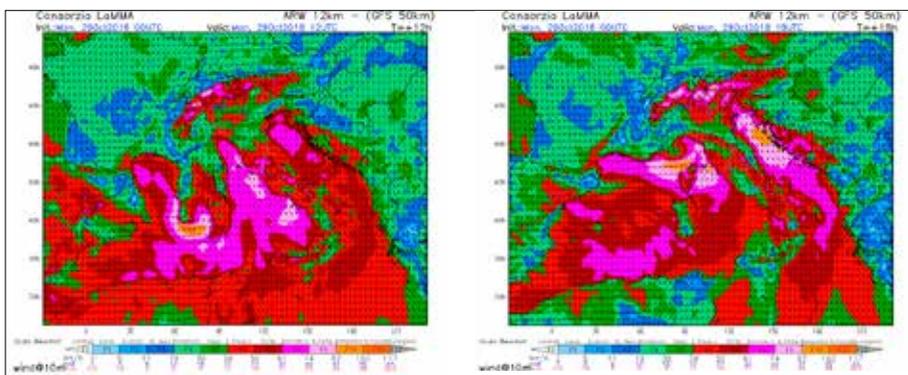


Fig. 14 Vento al suolo (10 metri) alle ore 13 e alle ore 19 locali del 29 ottobre previsto dal modello GFS

Si riportano alcuni valori di velocità del vento registrati da alcune stazioni:

STAZIONE:	KM/H	STAZIONE	KM/H
Monte Giovi	158	Pontremoli	88
Monte Gomito	204	Gorgona	155
Monte Rest	200	Monte Cesen	192
Spezia	171	Marina di Loano	180
Colle di Cadibona	155	Follonica	171
Capo Carbonara	148		

dimento del minimo ancora presente tra Corsica e Baleari, come si vede dalla mappa delle pressioni al suolo in figura 13; in questa figura si può anche notare una rapida ciclogenesi sul Mar di Sardegna, Mar di Corsica, Mar Ligure

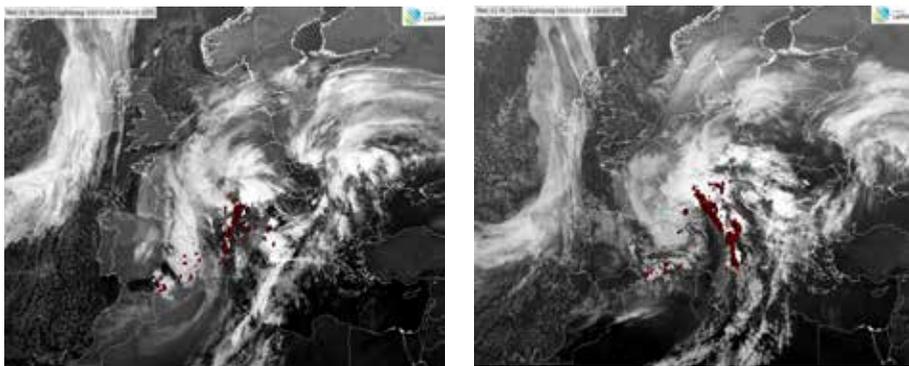


Fig. 15 Immagini radar nel canale dell'infrarosso alle ore 7 e 13 locali del 29

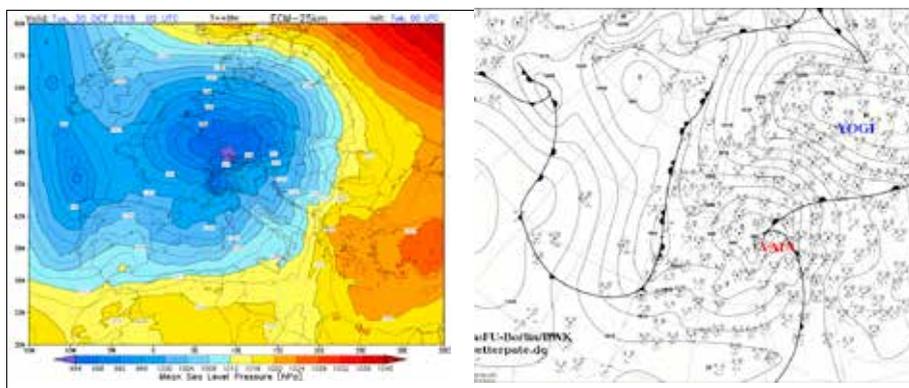


Fig. 16 Pressione al suolo alle ore 01 ora locali del 30 ottobre e analisi sinottica e dei fronti a cura dell'Università di Berlino

con la pressione che cala di circa 20 hPa in 18 ore (da circa 1000 a 979 hPa) e nello stesso tempo il forte gradiente barico tra il Mediterraneo occidentale e il Mediterraneo orientale (ove la pressione si mantiene attorno a 1020 hPa), che ha come conseguenza un'ulteriore intensificazione dei venti meridionali su tutta la penisola che raggiungono tra il pomeriggio e la sera del 29 ottobre valori decisamente eccezionali (fig. 14).

In questa fase si assiste inoltre al transito della parte fredda del fronte perturbato, che risulta essere quella caratterizzata dai fenomeni temporaleschi più diffusi e più intensi: le immagini dal satellite nel canale dell'infrarosso riferite alle ore 7 locali e alle ore 12 locali (fig. 15) mostrano intensa attività temporalesca inizialmente a carattere persistente su Liguria e alta Toscana, successivamente a carattere molto diffuso su gran parte della penisola.

Il transito del fronte freddo rappresenta anche la fase risolutiva della perturbazione: nel corso della notte tra il 29 e il 30 infatti la perturbazione VAIA dopo essere rimasta quasi stazionaria per oltre due giorni sul Mediterraneo centrale inizia a muovere rapidamente verso nord raggiungendo l'Europa centrale; anche il sistema frontale a essa associato transita definitivamente verso l'Europa continentale e i Balcani, mentre sul Mediterraneo centrale e sulla penisola italiana si assiste a un graduale aumento della pressione e a un miglioramento generale delle condizioni meteorologiche (fig. 16).

I valori di pioggia e di vento registrati durante VAIA sono decisamente inusuali con raffiche che raggiungono valori uguali o superiori alla categoria "uragani" della scala Beaufort. Questi valori rientrano comunque in un quadro di un clima che sta cambiando in grado di creare situazioni meteorologiche caratterizzate da gradienti termici e barici sempre più accentuati che si traducono in un incremento delle condizioni di instabilità foriere di fenomeni sempre più intensi.

I DANNI DELLE TEMPESTE DI VENTO

I danni causati da Vaia hanno interessato un'area di circa 41.491 ettari con venti superiori a 190 km/h e hanno interessato 8,6 milioni di metri cubi di legname, 7 volte la quantità di tronchi da sega in media lavorati annualmente in Italia, per un danno economico che si aggira sui 630 milioni di euro, dati che la identificano come la tempesta più forte mai avvenuta in Italia in termini di danni al legname.

Se allarghiamo il campo si possono confrontare i dati di Vaia con quelli stimati relativi alle 10 tempeste di vento particolarmente significative che sono avvenute negli ultimi 30 anni in Europa. In pratica dai report che annualmente aggiornano le compagnie di assicurazioni (in figura 17 si riporta il riepilogo di Munich Re del 2015) si può evidenziare come tutti questi 10 eventi sono stati nettamente superiori a VAIA. Infatti solo le due tempeste del 1999 Lothar e Martin hanno determinato un abbattimento di circa 240 milioni di m³ di legname.

POSSIBILI TRENDS NELL'INTENSITÀ DELLE TEMPESTE

Una sistematica e vasta review di tutti gli articoli scientifici disponibili relativi alla ricerca e valutazione dell'occorrenza di un potenziale trend a medio-lun-

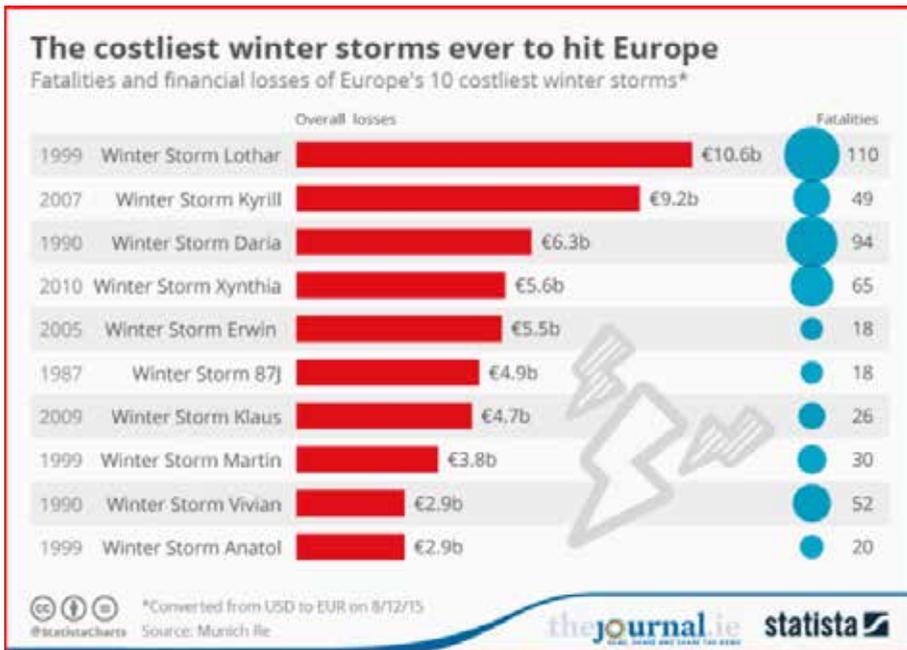


Fig. 17 *Le perdite in vite umane ed economiche delle 10 tempeste di vento che hanno colpito l'Europa. Dati: Munich Re*

go termine inerente le tempeste di vento in Europa è stata svolta da Feser et al. 2015. I trend sono stati classificati a seconda delle differenti aree geografiche, dataset, periodi di ritorno e soprattutto in base ai dati utilizzati vale a dire misure da stazioni, proxy data, reanalisi, modelli climatici globali e regionali.

La maggior parte dei modelli e delle reanalisi per il passato indicano un aumento nella frequenza delle tempeste di vento per il Nord Atlantico e per il Mare del Nord. I risultati sono più contrastanti per il Mar Baltico e il Centro Europa dove quasi lo stesso numero di articoli identifica un trend in aumento e altrettanti in diminuzione. Al contrario per quanto riguarda l'intensità delle tempeste quasi tutti gli articoli sono concordi nel rilevare un segnale di un aumento della stessa in tutte le aree studiate. Nel sito dell'Agenzia Europea dell'Ambiente nella pagina Data and Maps si trova il documento "Projected changes in extreme wind speed based on GCM and RCM ensembles" (<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/future-changes-in-european-winter>) dove si dichiara che tutti gli studi modellistici sono generalmente d'accordo nel rilevare un aumento dell'intensità con tempeste che potenzialmente possono causare danni sempre più consistenti ed estesi in tutte le regioni europee. L'incremento

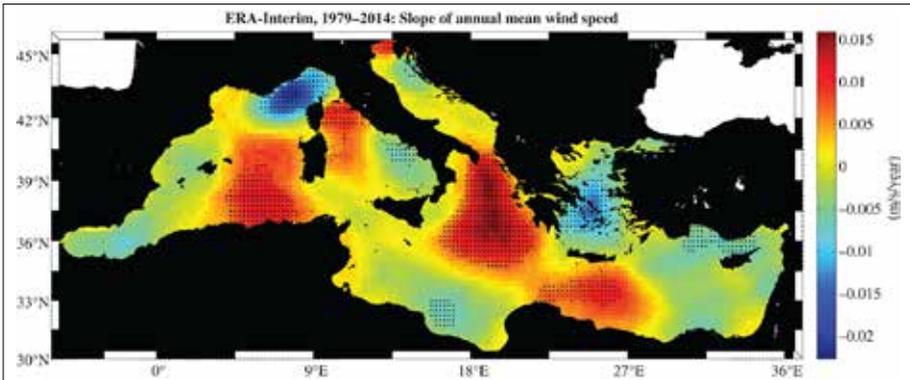


Fig. 18 *Distribuzione spaziale del trend (raffigurato come slope in $\text{ms}^{-1}\text{anno}^{-1}$) della velocità media annuale sul Mar Mediterraneo. Le aree punteggiate mostrano trend statisticamente significativi*

più accentuato si rileva nell'Europa centro-occidentale mentre un leggerissimo decremento nel Sud-Europa. Conclude dicendo che il rischio di "severe winter storm", e molto probabilmente anche di quelle autunnali, è destinato ad aumentare in molte regioni europee, in particolare nel Nord Atlantico e nell'Europa nord-occidentale e centrale. Anche sul percorso che di solito seguono le tempeste i risultati mostrano divergenze con articoli che rilevano uno spostamento verso i poli ed altri verso il sud dell'Europa.

Uno studio relativo all'analisi long-term delle caratteristiche del vento offshore nel Mar Mediterraneo è stato svolto utilizzando i dati di ERA-Interim per il periodo 1974-2014 (Takvour Soukissian et al., 2017). Sono stati presi in considerazioni tre aspetti dell'analisi della climatologia dei venti: l'andamento spazio-temporale dei due parametri velocità e direzione del vento a scala annuale e mensile, l'analisi congiunta della velocità e direzione del vento sempre annuale e mensile ed infine i trends nella velocità ed i cambiamenti nella direzione.

L'articolo riporta i trend nella velocità del vento annuale rappresentati secondo la pendenza, positiva per un aumento dell'intensità e negativa per una riduzione. Nella figura 18 viene riportata la distribuzione spaziale della pendenza lineare della velocità media annuale del vento dove vengono evidenziate le aree dove questa presenta un trend in aumento segnalando con i punti dove questo incremento è statisticamente significativo. L'area dove il vento offshore sta aumentando sono le zone di mare comprese fra Sardegna e Baleari, il Tirreno e lo Ionio.

ALTRE TIPOLOGIE DI EVENTI POTENZIALMENTE DANNOSI

Oltre alle tempeste di vento caratterizzate da una situazione sinottica ben determinata, esistono altre tipologie di eventi che possono portare a colpi di vento e raffiche tali da creare danni alle alberature seppur in zone ristrette e limitate. Questi sono soprattutto legati a sistemi temporaleschi in grado di innescare “gropi di vento” tali da arrivare a raffiche superiori ai 100 kmh che possono essere generate da situazioni di convergenza per esempio sul mare, alimentate da valori di temperatura del mare superiori alla norma, si spostano verso l’entroterra e scaricano la loro energia sulle zone costiere più vulnerabili. Questa tipologia di evento può portare a molti danni alle persone, alle strutture, al verde urbano e al patrimonio boschivo.

Si riportano a titolo di esempio due eventi avvenuti sulla città di Firenze fra il 2014 e il 2015.

Grandinata del 19 settembre 2014

Nella tarda mattinata di venerdì 19 settembre 2014 la provincia di Firenze, compresa la città, è stata interessata da un forte sistema temporalesco. Le due caratteristiche principali di questo evento sono state:

- 1) il vento, le cui violente raffiche superano i 100 km/h;
- 2) le forti e diffuse grandinate, con diametro dei chicchi anche maggiore di 2-3 cm.

Durante la notte del 19 settembre si è formata una cella temporalesca sul Mar Ligure davanti all’alta Versilia, con caratteristiche di stazionarietà fino a metà mattina. In seguito il sistema temporalesco comincia a muovere verso ESE, andando a interessare, intorno alle ore 10, la Versilia e la Lucchesia. In questa fase i fenomeni prevalenti sono intense precipitazioni con intensità fino a 20-25 mm in 15 minuti, ma di breve durata (30-40 minuti, con accumuli totali fino a 40-50 mm). I danni quindi sono principalmente limitati a locali allagamenti delle aree depresse e problemi di circolazione stradale. Successivamente, dopo le 12 il sistema temporalesco si sposta rapidamente verso l’interno intensificandosi risalendo la valle dell’Arno. In rapida successione tra le 12 e le 13 sono interessati i comuni lungo una direttrice ovest-est che va dal comune di Cerreto Guidi verso Firenze città; i fenomeni sono molto violenti soprattutto per quanto riguarda le raffiche del vento e le grandinate. La città di Firenze viene interessata tra le 12:40 e le 12:55 ora locale. Il cumulato di pioggia rilevato dalle stazioni presenti nell’area fiorentina raggiunge 20-25

mm in meno di 15 minuti (possibile che cumulati superiori siano caduti in alcune zone della città). Le grandinate, anche di grosso diametro, risultano abbondanti con forti accumuli al suolo. Le raffiche di vento, forse l'aspetto più rilevante dell'evento, in alcune stazioni prossime alla città raggiungono i 100 km/h; tuttavia è molto probabile che i valori possano essere stati molto superiori, considerando gli ingenti danni con alberi sradicati e con tetti scoperti. Alcune stazioni amatoriali riportano raffiche fino a 150-160 km/h.

Fortunale del 1 agosto 2015

il 1° agosto 2015 una saccatura collegata a una circolazione depressionaria sulle Isole Britanniche transita sull'Italia centro-settentrionale determinando un generale peggioramento delle condizioni meteorologiche. Il sistema, associato ad aria fredda in quota, determina la formazione di numerose linee di instabilità, una delle quali interessa direttamente la Toscana. Quest'ultima favorisce l'innescò di un attivo fronte temporalesco che, inserito nel flusso sud-occidentale alla media troposfera, tende a spostarsi rapidamente verso nord-est interessando gran parte della Toscana centro-settentrionale tra il tardo pomeriggio e le prime ore della sera. Nel suo movimento verso levante il sistema tende a intensificarsi grazie all'aumento dell'instabilità legata all'avanzamento della saccatura.

Nel pomeriggio del 1° agosto l'avvicinamento della saccatura associata ad aria fredda in quota determina la formazione di una linea di instabilità lungo la costa centro-settentrionale della Toscana e sull'Elba dove, tra le 16:00 e le 17:00, si assiste alla formazione di una prima cella temporalesca. Quest'ultima, a causa della presenza di un intenso e umido flusso di correnti sud-occidentali alle medie quote, si sposta verso nord-est.

Tra le 18:00 e le 19:00 l'ingresso della cella nell'entroterra determina piogge intense sulle province di Livorno, Pisa, Lucca e sulla parte più occidentale della provincia di Firenze. Tra le 19:00 e le 20:00 si assiste alla formazione di una seconda cella temporalesca al confine tra le province di Firenze e Prato cui si associano forti piogge, intense raffiche di vento e locali grandinate (fig. 19). L'innescò al suolo di questa seconda cella temporalesca sembra legato all'orografia locale (rilievi del Montalbano), mentre il rapido sviluppo della stessa in quota è favorito, oltre che dagli elementi sinottici fin qui descritti, dall'ambiente particolarmente ricco di energia con valori di CAPE (energia potenziale) e K-Index (probabilità di occorrenza di temporali) molto elevati.

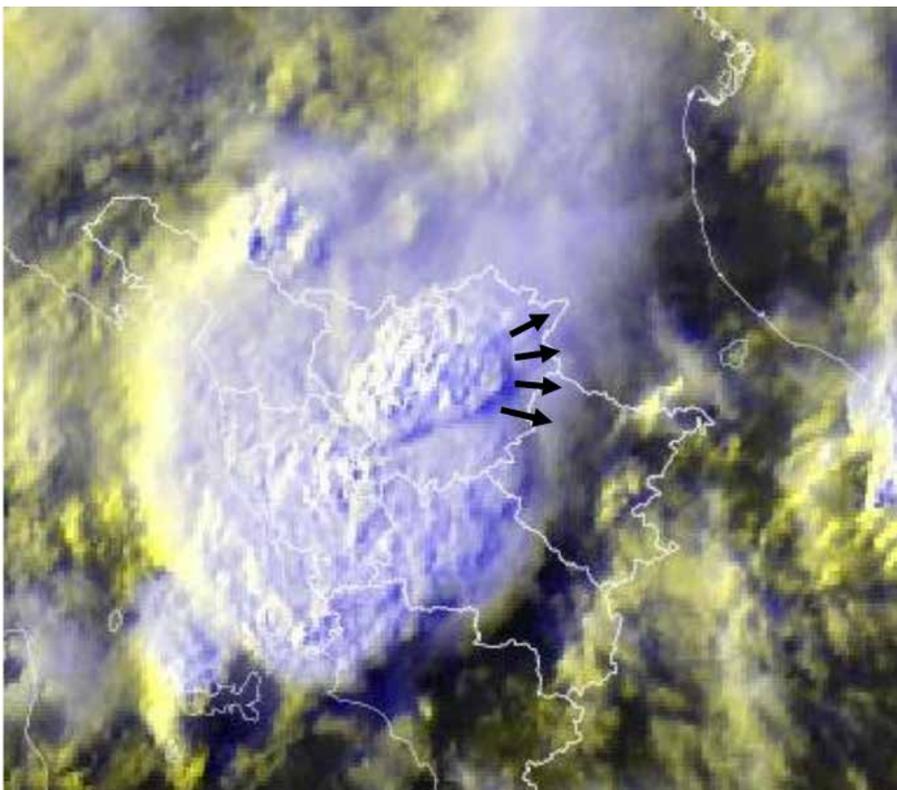


Fig. 19 La posizione della cella temporalesca alle ore 18:45; il sistema avanza verso est e nella zona frontale si generano i downbursts (probabilmente responsabili dei danni nella zona sud est di Firenze)

Relativamente alle violente raffiche di vento che hanno colpito la parte sud-orientale di Firenze si presume che siano state causate da intense correnti discendenti generate dalla cella temporalesca e non da una tromba d'aria; questa ipotesi è suffragata dall'osservazione dei danni osservati attraverso la quale si evince, ad esempio, che gli alberi sono stati abbattuti sullo stesso lato, senza torsione e hanno conservato la chioma (in presenza di tornado, al contrario, gli alberi vengono totalmente defogliati, si osservano torsioni del tronco e i fusti abbattuti possono distare centinaia di metri dalla loro base).

In effetti, in una cella temporalesca è sempre presente una corrente ascendente (*updraft*) che fornisce l'alimentazione del temporale e una discendente (*downdraft*) in cui sono presenti le precipitazioni. Queste ultime, evaporando durante la caduta, contribuiscono a rendere più fredda e quindi più densa e pesante la massa d'aria in discesa. Quando, per svariati motivi, tra cui una marcata



Fig. 20 *Danni causati dalle forti raffiche di vento sul Lungarno Colombo a Firenze il 1 agosto 2015*

differenza di temperatura tra l'*updraft* e il *downdraft* o l'immissione di aria secca nelle parti alte del sistema temporalesco, la corrente discendente diventa molto intensa e violenta, si forma il cosiddetto *downburst*. Quando il *downburst* raggiunge il suolo si diffonde in tutte le direzioni (ma con maggior intensità nella direzione di spostamento del sistema temporalesco), favorendo raffiche di vento estremamente forti, che possono produrre danni simili a quelli delle trombe d'aria. In realtà le caratteristiche fisiche del *downburst* sono abbastanza diverse da quelle delle trombe d'aria, in quanto in questo ultimo caso i venti ruotano attorno a un asse verticale e i danni sono concentrici rispetto alla zona di passaggio. Quando il *downburst* è associato anche a precipitazioni (sia pioggia sia grandine) viene chiamato *wet downburst* (come nel caso in esame), mentre se le precipitazioni sono assenti o non significative, viene chiamato *dry downburst*.

I Medicanes

Il Mar Mediterraneo è considerato una delle aree a più alta ciclogenese dovuta anche alla conformazione orografica delle sue coste e delle isole. Nel suo ba-

cino si possono sviluppare i cosiddetti TLC (Tropical Like Cyclon) vale a dire cicloni tropicali mediterranei detti anche Medicane dalla fusione delle parole MEDIterranean hurriCANE. I Medicanes sono sistemi particolarmente intensi che presentano delle caratteristiche del tutto simili agli uragani, vale a dire ai cicloni tropicali, non raggiungendo comunque i valori di velocità del vento delle categorie superiori. Presentano comunque un potenziale che può risultare estremamente distruttivo soprattutto sulle isole e sulle zone costiere. La frequenza media è di circa 1/2 eventi all'anno anche se sussiste ancora una grande incertezza soprattutto nella difficoltà relativa alla distinzione fra i medicane e l'ampio spettro di sistemi ciclonici presenti nel Mediterraneo. I Medicanes sono più frequenti nella stagione autunnale, quasi il doppio rispetto all'inverno e con pochissimi casi nella stagione calda. In effetti le intrusioni di aria fredda dalle alte latitudini in autunno determinano le condizioni favorevoli al loro sviluppo soprattutto nel Mediterraneo centro-occidentale e le circostanze ideali per costruire il disequilibrio termodinamico fra il mare e l'atmosfera necessario per la loro evoluzione. Diversi studi sono stati fatti per valutare l'impatto del cambiamento climatico su questi fenomeni (Romero et al., 2013) che indicano una riduzione nella loro frequenza ma in controposizione un incremento della violenza con raffiche che potrebbero arrivare a superare gli 80 nodi (circa 148 kmh). Occorre anche considerare che gli attuali modelli Global Circulation Models utilizzati presentano una sottostima dell'intensità delle tempeste nel clima attuale per cui questa futura incidenza dei medicane estremi potrebbe essere peggiore rispetto a quello previsto.

CONCLUSIONI

Risulta abbastanza evidente da quanto riportato che il clima sta cambiando anche relativamente al regime eolico dell'Europa, del Mediterraneo e della Penisola Italiana. Sia le tempeste di vento sia i groppi di vento determinati da sistemi temporaleschi si stanno intensificando, incrementando la loro intensità e quindi la loro capacità distruttiva nei confronti di un territorio sempre più vulnerabile.

La tipologia di eventi che determinano raffiche di vento sempre più forti si stanno diversificando in seguito alle modifiche nella circolazione generale dell'atmosfera determinate dal global warming.

Infine bisogna considerare che oltre al vento, gli ecosistemi naturali quali quelli boschivi sono fortemente influenzati da altri rischi naturali legati alle situazioni meteorologiche che determinano siccità, ondate di calore ed hanno

come conseguenza gli incendi boschivi, fenomeni questi destinati ad aumentare (Turco et al., 2017). Il Bacino del Mediterraneo è stato identificato come “hot spot” dove è previsto un aumento nell’intensità e nella persistenza dei periodi siccitosi e per un incremento nel numero e nella durata delle ondate di calore. La combinazione di questi due eventi, siccità e temperature molto alte, rappresentano le condizioni ottimali per lo sviluppo di incendi boschivi di vaste dimensioni ormai in tutta Europa.

In questo senso l’anno 2017 ha rappresentato un primo assaggio di quello che potrebbe essere lo scenario futuro per l’Italia, con una forte e persistente siccità, ondate di calore lunghe con temperature decisamente calde, l’innescarsi di incendi anche di vasta entità su tutto il territorio e l’insorgere di situazioni favorevoli allo sviluppo di eventi estremi quali l’alluvione di Livorno del 9/10 settembre 2017 con 8 morti e danni ingenti alla città.

RIASSUNTO

«Siamo sull’orlo di una crisi climatica globale, per scongiurare la quale occorrono misure concordate a livello globale». Queste sono le parole utilizzate dal Presidente della Repubblica Sergio Mattarella il 12 marzo scorso al Teatro comunale di Belluno durante la commemorazione delle 3 vittime venete della tempesta Vaia. L’European Environment Agency nel report n°15 del 2017 “Change adaptation and disaster risk reduction in Europe”, riporta che, nel periodo dal 1980 al 2015, le perdite economiche per i 33 paesi europei causate da “extreme weather- and climate-related events” ammontano a circa 433 miliardi di euro. Il 2018 si è concluso risultando l’anno più caldo sia in Italia che in Europa dal 1880 ad oggi con un aumento della temperatura media superiore a 1,5°, quindi sopra la soglia individuata come limite da non superare nel famoso accordo sottoscritto dalla COP 21 a Parigi nel 2015. Dal 27 al 30 ottobre 2018 la tempesta Vaia ha interessato tutta la penisola italiana causando 16 morti e danni ingenti. Vengono descritte le principali caratteristiche meteorologiche di Vaia evidenziando i forti gradienti termici e di pressione che si sono venuti a creare; valori inusuali che rientrano in un quadro di un clima che cambia provocando accentuazioni nelle condizioni di instabilità e favorendo così fenomeni sempre più intensi. Questi ultimi sono caratterizzati non solo da piogge particolarmente intense ma anche da venti particolarmente forti con raffiche che raggiungono valori uguali o superiori alla categoria uragani della scala Beaufort. Nella presentazione verranno analizzati alcune tipologie di eventi descrivendone le differenti caratteristiche meteorologiche e di conseguenza i diversi impatti che possono avere sul territorio.

ABSTRACT

«We are on the edge of a global climate crisis, to avoid which we need agreed measures at global level». These are the words used by the President of the Republic Sergio Mattarella

on March 12th at the Municipal Theater of Belluno during the commemoration of the 3 Venetian victims of the Vaia storm. The European Environment Agency in the report n° 15 of 2017 “Change adaptation and disaster risk reduction in Europe”, reports that, in the period from 1980 to 2015, the economic losses for the 33 European countries caused by “extreme weather- and climate- related events” amount to about 433 billion euros. 2018 ended up being the hottest year both in Italy and in Europe from 1880 to today with an average temperature increase exceeding 1.5 °, therefore above the threshold identified as a limit not to be exceeded in the famous agreement signed by the COP 21 in Paris in 2015. From 27 to 30 October 2018 the Vaia storm affected the entire Italian peninsula causing 16 deaths and significant damage. The main meteorological characteristics of Vaia are described, highlighting the strong temperature and pressure gradients that have arisen; unusual values that fall within a framework of a changing climate, causing accentuations in the conditions of instability and thus favoring ever more intense phenomena. The latter are characterized not only by particularly intense rains but also by particularly strong winds with gusts that reach values equal to or greater than the hurricane category on the Beaufort scale. The article analyzes some types of events describing the different meteorological characteristics and consequently the different impacts they can have on the territory.

BIBLIOGRAFIA

- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2017): *Climate change adaptation and disaster risk reduction in Europe - Enhancing coherence of the knowledge base, policies and practices*, UE Publications Office, 172 pp., ISBN 978-92-9213-893-6, doi:10.2800/938195.
- FESER F., BARCIKOWSKA M., KRUEGER O., SCHENK F., WEISSE R. AND XIA L. (2015): *Storminess over the North Atlantic and northwestern Europe—A review*, «Q. J. R. Meteorol. S.», 141, pp. 350-382, doi:10.1002/qj.2364.
- ROMERO R. and EMANUEL K. (2013): *Medicane risk in a changing climate*, «J. Geophys. Res. Atm.», 118, 5992-6001, doi:10.1002/jgrd.50475.
- SOUKISSIAN T., KARATHANASI F., AXAPOULOS P., VOUKOUVALAS E. AND KOTRONI V. (2017): *Offshore wind climate analysis and variability in the Mediterranean Sea*, «Int. J. Climatol.», vol. 38, 384-402, <https://doi.org/10.1002/joc.5182>.
- TURCO M., VON HARDENBERG J., AGHAKOUCHAK A., LLASAT M.C., PROVENZALE AND TRIGO R. M. (2017): *On the key role of droughts in the dynamics of summer fires in Mediterranean Europe*, «Scientific Reports», Vol. 7: 81, 1-10, DOI:10.1038/s41598-017-00116-9.

GIACOMO CERTINI*

Fuoco e vento: minacce crescenti per i suoli forestali

Che suolo, vento e fuoco siano tre fattori ecologici intrinsecamente legati tra loro ce lo ricordano col loro nome gli *Earth, Wind & Fire*, un gruppo musicale famoso fin dagli anni '70; anche se poi, banalmente il gruppo si chiama così per questioni astrologiche legate alla data di nascita del leader.

La sinergia fra vento e fuoco ha un grande impatto sulla vegetazione e sul suolo. Da una parte il vento fomenta gli incendi, sia perché apporta ossigeno – “ingrediente” fondamentale per il fuoco – sia perché spinge progressivamente le fiamme verso nuovo combustibile. E gli incendi, quando di grande severità e oltremodo frequenti, possono essere causa di seria degradazione del suolo. D'altra parte, nella fase immediatamente successiva all'incendio il vento è causa di asportazione della parte più superficiale del suolo, una coltre di cenere e/o carbone assai suscettibile a essere asportata ma ricca in nutrienti e quindi cruciale per la resilienza del bosco (Bodí et al., 2014).

Il vento peraltro è in grado di causare danni ai suoli forestali anche a prescindere dal fuoco, soprattutto tramite i ribaltamenti degli alberi, la caduta cioè degli stessi con sradicamento. Questo causa in corrispondenza e nell'intorno della base del fusto un forte disturbo del suolo (fig. 1), più o meno accentuato a seconda della profondità ed ampiezza dell'apparato radicale e delle caratteristiche fisiche del suolo.

Sono tanti gli autori che hanno enfatizzato gli aspetti positivi degli sradicamenti ai fini della rinnovazione e il mantenimento della biodiversità in bosco (per esempio, Ulanova, 2000; Kern et al., 2019). Questi creano infatti soluzioni di continuità nella copertura arborea, che permettono l'arrivo di

* Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI), Università degli Studi di Firenze



Fig. 1 Sradicamento in un'abetina della Foresta di Vallombrosa (FI). Oltre a un completo sconvolgimento della sequenza di orizzonti del suolo, si ha la formazione di una soluzione di continuità della superficie, caratterizzata dall'alternanza di un dosso ed un avvallamento, che cambia l'idrologia nell'intorno del crollo

radiazione solare a terra, favorevole alla rinnovazione. Ma creano anche una morfologia a terra particolare, caratterizzata dall'accoppiata "buca e dosso". Alla buca che si crea con lo sradicamento fa infatti da contraltare il dosso che si crea con il materiale solidale con le radici e che ricade col tempo alla base delle stesse. Soprattutto in foreste di conifere boreali o di alta quota caratterizzate da humus *mor* questo disturbo del suolo è funzionale a interrompere sia in senso orizzontale che verticale lo spesso orizzonte organico che rende difficile la radicazione delle plantule e il raggiungimento dello strato minerale, laddove le stesse possono reperire acqua e nutrienti necessari alla crescita. La rinnovazione del bosco avviene tipicamente sui dossi, dove migliori sono le condizioni di drenaggio del suolo, mentre gli avvallamenti fungono da collettori di acqua e sostanza organica. Ma implicazioni positive dall'irregolarità della superficie del suolo creatasi con gli sradicamenti sono anche l'attenuazione della velocità del flusso superficiale e la maggiore infiltrazione di acqua nel suolo, che da una parte limitano l'erosione e dall'altra riducono lo

stress idrico a carico delle piante (Valtera e Schaetzel, 2017). L'effetto positivo dell'alternanza avallamento/dosso si riduce via via che il numero di piante contigue ribaltatesi aumenta, fino a venir superato dall'effetto negativo allorché l'area interessata e la pendenza assumono valori elevati. Le problematiche sono prevalentemente di ordine idrogeologico; infatti, a causa dell'assenza di copertura delle chiome e di una ricolonizzazione vegetale che può richiedere molto tempo, il suolo è in balia dell'erosione e la tanta acqua che si infiltra in esso in occasione di forti precipitazioni può renderlo semifluido e quindi promuoverne frane, smottamenti e soliflussi. Le misure adottabili per limitare il rischio nelle aree colpite da tempeste o uragani e con crolli delle piante generalizzati sono di vario tipo e tra queste anche quella di lasciare in loco parte del materiale legnoso. Tra l'altro lo sgombero dello stesso è una fase delicata, che può esacerbare le problematiche di tipo idrogeologico se non eseguita con le necessarie attenzioni. In particolare si deve evitare con il passaggio dei mezzi di compattare il suolo e di creare solchi, che diventano inevitabilmente vie di deflusso preferenziali per l'acqua. Allo scopo, bisogna intervenire quando il suolo non è troppo umido e ha quindi una buona portanza, limitando il numero di passaggi dei mezzi sulle stesse porzioni di suolo, e aumentando quanto più possibile l'area di contatto fra mezzi e suolo, così da distribuire meglio il peso a terra e diminuire la pressione per unità di area (Cambi et al., 2015). Nelle situazioni più critiche, vedi elevate pendenze e suoli particolarmente propensi a muoversi (ad esempio, quelli sviluppatasi su depositi piroclastici), sarebbe bene eseguire quanto prima appropriate sistemazioni idrauliche superficiali per smorzare il deflusso delle acque sulle superfici rimaste scoperte, perlomeno fino a quando la vegetazione non avrà ripreso campo, naturalmente o tramite piantumazione.

Anche il fuoco, come e forse più del vento, è capace in autonomia di distruggere in poco tempo foreste di grandi dimensioni, e anche degradarne seriamente i suoli. C'è chi ha stimato che in un ipotetico mondo senza fuoco, le foreste sarebbero il doppio delle attuali (Bond et al., 2005). Effettivamente, ogni anno gli incendi interessano circa 3 milioni e mezzo di km², che equivalgono a più del 3% della superficie vegetata globale (Giglio et al., 2010). Ciò significa che cumulativamente gli incendi potrebbero coinvolgere l'intera area vegetata globale nell'arco di poco più di una generazione umana! In realtà molti incendi ritornano a breve su aree già colpite e quindi vi sono altre aree che vengono coinvolte dal passaggio del fuoco assai raramente. Tuttavia, al di là delle tempistiche con cui avviene, ciascuna superficie vegetata è prima o poi interessata dal passaggio del fuoco. Quest'ultimo provoca cambiamenti un po' in tutte le caratteristiche del suolo, biologiche, chimiche, mineralogi-

che e fisiche (Certini, 2005). Tali cambiamenti sono più o meno duraturi, a seconda della caratteristica, e talvolta addirittura irreversibili. L'impatto complessivo è proporzionale alle temperature raggiunte a terra durante l'incendio ed alla durata delle stesse. Nell'immediato tale impatto è confinato nella parte più superficiale del suolo, roba di pochi centimetri, in quanto il suolo è un pessimo conduttore termico. Non a caso con suolo tradizionalmente si ricoprivano i tetti delle abitazioni nei paesi freddi e la pratica sta tornando prepotentemente di moda nell'architettura moderna, nella progettazione delle cosiddette "smart cities" ai fini del risparmio energetico (Besir e Cuce, 2018). Ma col passare tempo parte delle modificazioni imposte dal fuoco si trasferiscono altrove, sia in senso orizzontale che in quello verticale, perché il suolo è un sistema aperto in cui vi è apporto e traslocazione di materiali. In ogni caso, sul lungo termine il fuoco ha un impatto tale sul suolo da poter essere considerato un vero e proprio fattore di pedogenesi (Certini, 2014).

Le conseguenze degli incendi sulla biologia del suolo sono spesso importanti. La componente più indifesa è quella degli organismi inferiori che non sono in grado di scappar via, tra questi i microrganismi. Gli incendi alterano sia l'attività che la composizione specifica della comunità microbica del suolo. Batteri e funghi sono i due gruppi di gran lunga più abbondanti tra i microrganismi del suolo. In generale, i batteri sono più resistenti dei funghi alle alte temperature, quindi il rapporto tra biomassa batterica e biomassa fungina spesso aumenta in seguito al passaggio del fuoco. Nei primi centimetri del suolo, comunque, l'effetto immediato del fuoco è spesso di totale sterilizzazione.

Il combustibile a terra dell'incendio è costituito dalla necromassa e dall'orizzonte organico del suolo. Ciò che rimane alla superficie dopo il passaggio del fuoco ci definisce la "severità" dell'incendio, che è conseguenza e causa dell'energia sviluppata, la cosiddetta "intensità" dell'incendio. Il colore è un buon indice della severità. Approssimativamente, per temperature raggiunte alla superficie tra 100 e 300 °C il colore a terra è nero perché il residuo è essenzialmente carbone, per temperature tra 300 e 500 °C il colore alla superficie è grigio perché il residuo è un mix di carbone e cenere, e per temperature tra 500 e 700 °C il colore alla superficie è biancastro perché il residuo è cenere, e subito al di sotto rosso perché la "cottura" del suolo minerale implica la formazione di alcuni ossidi di ferro. Tra questi la maghemite, così stabile nel suolo e così tipicamente formata dalle alte temperature da essere un affidabile marcatore degli incendi recenti e passati (Jordanova et al., 2018). Per contro, ci sono minerali che altrettanto tipicamente si decompongono alle temperature imposte dagli incendi. Da citare a riguardo è la caolinite, il minerale argilloso spesso più abbondante nei suoli, che collassa poco oltre i 500 °C.

La sostanza organica del suolo, perlomeno quella più prossima alla superficie, è combustibile; dunque, è lecito attendersi una sua perdita netta in seguito a un incendio. E in effetti è quello che generalmente avviene, anche se l'arrivo a terra di biomassa parzialmente carbonizzata può in parte compensare la perdita. Sul medio/lungo termine, tuttavia, se l'uso del suolo non cambia e il bosco dimostra di essere resiliente, si ha spesso un guadagno apprezzabile in carbonio organico del suolo, come dimostrato da Johnson e Curtis (2001) tramite meta-analisi. Evidentemente, col ritorno del bosco il suolo riacquista il carbonio perso più conserva il carbone, che è la componente della sostanza organica più resistente alla degradazione. Esso gioca un qualche ruolo sull'ecologia e la fertilità del suolo, in quanto, per il fatto di essere dotato di carica negativa e di grande porosità, accresce rispettivamente la capacità di scambio cationico e la ritenzione di acqua del suolo. La capacità adsorbente del carbone "fresco" può essere inoltre funzionale a inattivare composti fitotossici prodotti da specie invasive (Zackrisson et al., 1996). In quest'ottica, l'incendio si configura come una strategia ecologica con cui un ecosistema si mantiene. Al di là dell'apporto di carbone, le caratteristiche chimiche del suolo solitamente migliorano in seguito a un incendio. Il pH aumenta, almeno in suoli non calcarei, sia per la combustione degli acidi organici del suolo sia per la produzione di ceneri ricche in basi (Ca, Mg, K, Na). La saturazione basica, cioè l'abbondanza relativa delle basi sul complesso di scambio, aumenta. Azoto e fosforo si liberano dalla sostanza organica in forme assimilabili e quindi la loro disponibilità per la pianta aumenta. D'altronde questi sono i motivi per cui un tempo in campo agricolo si praticava il "debbio", cioè l'abbruciamento dei residui vegetali. Il fatto è che si tratta comunque di un aumento di fertilità effimero. L'azoto ammoniacale, per esempio, passa velocemente a nitrato e come tale è dilavato dal suolo, mentre il fosfato passa a forme insolubili e quindi indisponibili.

Uno degli effetti più degradanti degli incendi a elevata severità è la demolizione della struttura del suolo, a causa della combustione dei leganti organici (Mataix-Solera et al., 2011). Come conseguenze la porosità diminuisce, la densità apparente aumenta, il suolo diventa insomma meno permeabile e più erodibile (fig. 2).

Oltre a ciò, per temperature fino a 250-300 °C si forma o si accentua, alla superficie del suolo o poco sotto, uno strato idrofobico che limita l'infiltrazione dell'acqua e quindi favorisce l'erosione (DeBano, 2000). Per limitare quest'ultima vari tipi di pacciamatura sono stati proposti, alcuni efficaci altri meno. Piuttosto efficaci sono i leganti sintetici, che vengono spruzzati sulla superficie del suolo per stabilizzarlo. Tra questi la poliacrilamide che, testata in Spagna, ha dato ottimi risultati riducendo del 30-40% la perdita di suolo per erosione (Inbar et al., 2015). Ma il costo del materiale e della sua applicazione è elevato



Fig. 2 Suolo coinvolto nel 2018 da un incendio di vaste proporzioni ed elevata severità sul Monte Serra (PI) e successivamente eroso da acqua e vento. Evidente è l'elevata pietrosità superficiale

e allora l'obiettivo è di trovare metodi più ecologici e meno dispendiosi. Promettente nello stabilizzare la superficie del suolo bruciato tramite la creazione di "biocroste" sembra essere l'inoculazione di cianobatteri (Chamizo et al., in stampa).

Un ultimo problema spesso sottovalutato relativo agli incendi, è l'inquinamento che si genera dai rifiuti eventualmente lasciati in bosco. Le plastiche sono la categoria forse più rappresentata. Già nocive di per sé, soprattutto quando passano allo stato ultrafine (le cosiddette "microplastiche"), se vanno incontro a combustione con temperature comprese tra 200 e 500 °C e in carenza di ossigeno producono diossine. Queste sono sostanze molto tossiche e capaci di persistere per tempi lunghissimi nel suolo.

RIASSUNTO

Vento e fuoco rappresentano minacce crescenti per le foreste e i loro suoli. I cambiamenti

climatici, infatti, stanno implicando un aumento della frequenza di eventi calamitosi quali tempeste e incendi a severità estrema. L'impatto del vento e del fuoco a terra può essere deleterio, soprattutto quando questi due fattori agiscono in sinergia. Sia nel caso delle tempeste di vento che degli incendi, la conseguenza più negativa per la conservazione del suolo è l'erosione. Questa implica perdita di fertilità e/o di biodiversità del suolo. Nel caso degli incendi, tra gli effetti indesiderati a carico del suolo c'è l'inquinamento quando in bosco vi sono rifiuti in determinati materiali sintetici. La gestione dell'area coinvolta dalla calamità può attenuare o, per contro, enfatizzare l'impatto sul suolo, secondo le modalità con cui viene eseguita; come tale, essa può favorire, rallentare o addirittura impedire la resilienza del bosco.

ABSTRACT

Wind and fire are growing threats to forests and their soils. Indeed, climate change is implying an increase in the frequency of calamitous events, such as storms and extreme severity wildfires. The impact of wind and fire on soil can be detrimental, especially when these two factors work in synergy. Either in the case of wind storms or fires, the most negative consequence for soil conservation is erosion. This implies loss of soil fertility and/or biodiversity. In the case of fire, soil pollution can be an undesirable effect when there is waste made in certain synthetic materials. The management of the area affected by the calamity can attenuate or, on the other hand, emphasize the impact on the soil, depending on how it is carried out; hence, land management can favour, slow down or even prevent the resilience of the forest.

BIBLIOGRAFIA

- BESIR A.B., CUCE E. (2018): *Green roofs and facades: A comprehensive review*, «Renewable and Sustainable Energy Reviews», 82, pp. 915-939.
- BODÍ M.B., MARTÍN D.A., BALFOUR V.N., SANTÍN C., DOERR S.H., PEREIRA P., CERDÀ A., MATAIX-SOLERA J. (2014): *Wildland fire ash: Production, composition and eco-hydrogeomorphic effects*, «Earth-Science Reviews», 130, pp. 103-127.
- BOND W.J.J., WOODWARD F.I.I., MIDGLEY G.F.F. (2005): *The global distribution of ecosystems in a world without fire*, «The New Phytologist», 165, pp. 525-537.
- CAMBI M., CERTINI G., NERI F., MARCHI E. (2015): *The impact of heavy traffic on forest soils: a review*, «Forest Ecology and Management», 338, pp. 124-138.
- CERTINI G. (2005): *Effects of fire on properties of forest soils: a review*, «Oecologia», 143, pp. 1-10.
- CERTINI G. (2014): *Fire as a soil-forming factor*, «Ambio», 43, pp. 191-195.
- CHAMIZO S., ADESSI A., CERTINI G., DE PHILIPPIS R. (in stampa): *Cyanobacteria inoculation as a potential tool for stabilization of burned soils*, «Restoration Ecology», doi: 10.1111/rec.13092
- DEBANO L.F. (2000): *The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: a review*, «Journal of Hydrology», 231-232, pp. 195-206.
- GIGLIO L., RANDERSON J.T., VAN DER WERF G.R., KASIBHATLA P.S., COLLATZ G.J., MOR-

- TON D.C., DEFRIES R.S. (2010): *Assessing variability and long-term trends in burned area by merging multiple satellite fire products*, «Biogeosciences», 7, pp. 1171-1186.
- INBAR A., BEN-HUR M., STERNBERG M., LADO M. (2015): *Using polyacrylamide to mitigate post-fire soil erosion*, «Geoderma», 239, pp. 107-114.
- JOHNSON D.L., CURTIS P.S. (2001): *Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis*, «Forest Ecology and Management», 140, pp. 227-238.
- JORDANOVA D., JORDANOVA N., BARRÓN V., PETROV P. (2018): *The signs of past wildfires encoded in the magnetic properties of forest soils*, «CATENA», 171, pp. 265-279.
- KERN C.C., SCHWARZMANN J., KABRICK J., GERNDT K., BOYDEN S., STANOVICK J.S. (2019): *Mounds facilitate regeneration of light-seeded and browse-sensitive tree species after moderate-severity wind disturbance*, «Forest Ecology and Management», 437, pp. 139-147.
- MATAIX-SOLERA J., CERDÀ A., ARCENEGUI V., JORDÁN A., ZAVALA L.M. (2011): *Fire effects on soil aggregation: A review*, «Earth-Science Reviews», 109, pp. 44-60.
- ULANOVA N.G. (2000): *The effects of windthrow on forests at different spatial scales: a review*, «Forest Ecology and Management», 135, pp. 155-167.
- VALTERA M., SCHAEZTL R.J. (2017): *Pit-mound microrelief in forest soils: Review of implications for water retention and hydrologic modelling*, «Forest Ecology and Management», 393, pp. 40-51.
- ZACKRISSON O., NILSSON M.-C., WARDLE D.A. (1996): *Key ecological function of charcoal from wildfire in the boreal forest*, «Oikos», 77, pp. 10-19.

PIERMARIA CORONA*, GHERARDO CHIRICI**, RAOUL ROMANO***,
LUCA CESARO***

Danni da vento: strategie di monitoraggio e gestione forestale

1. I danni da tempeste di vento nei boschi non sono così rari: negli ultimi tre decenni, un periodo relativamente ridotto se rapportato alle dinamiche forestali, si sono verificati in Europa almeno cinque fenomeni che hanno avuto impatti anche molto più rilevanti della nota tempesta Vaia avvenuta in Italia nell'autunno 2018 (tab. 1). In questo contesto diventa operativamente fondamentale programmare apposite azioni di monitoraggio e di gestione preventiva per aumentare la resistenza e la resilienza dei popolamenti forestali rispetto a questo tipo di eventi.

2. Il monitoraggio dei danni provocati dal vento agli ecosistemi boschivi è necessario al fine di: coordinare i primi interventi in campo (messa in sicurezza del territorio, operazioni di bonifica, sgombero e recupero del materiale legnoso, ecc.); quantificare i costi economici connessi ai danni (elemento fondamentale al fine di istruire i dossier per richiedere eventuali sovvenzioni, es. fondi per stato di calamità e/o fondo di solidarietà europeo, v. Regolamento CE n. 2012 dell'11.11.2002); pianificare le azioni di ricostituzione forestale nel medio-lungo periodo.

Nel caso della tempesta Vaia le Regioni e Province Autonome interessate hanno operato con lo scopo condiviso di giungere a una stima, per ogni Comune, della superficie forestale danneggiata e della provvigione legnosa atterrata (Chirici et al., 2019). Per le Province di Trento e di Bolzano e le Regioni Friuli-Venezia Giulia, Piemonte e Valle d'Aosta sono state prodotte le

* *CREA Foreste e Legno*

** *Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI), Università degli Studi di Firenze*

*** *CREA Politiche e Bioeconomia*

TEMPESTA	ANNO	AREA GEOGRAFICA	MASSIMA VELOCITÀ DEL VENTO (KM/H)	MATERIALE LEGNOSO ATTERRATO (MILIONI DI M ³)
Viviane Martin	1990	Germania, Gran Bretagna, Irlanda, Francia, Olanda, Belgio, Svizzera (Italia nord- ovest in modo marginale)	>200	60-70
Lothar	1999	Francia, Belgio, Germania	259	240
Gudrun	2005	Irlanda, Gran Bretagna, Da- nimarca, Norvegia, Svezia, Russia	>180	75
Kyrill	2007	Irlanda, Francia, Belgio, Olanda, Danimarca, Svezia, Austria, Germania, Repubblica Ceca, Slovacchia, Svizzera e Polonia	>250	66
??	2014	Slovenia	>200	9
??	2015	Toscana	>200	0,33
??	2017	Slovenia	>200	8
Vaia	2018	Italia settentrionale	>200	10

Tab. 1 *Impatto di schianti da vento su larga scala nelle foreste europee negli ultimi tre decenni*

perimetrazioni dei singoli schianti, mentre per le Regioni Lombardia e Veneto sono state prodotte stime accorpate per unità amministrativa. Nella gran parte dei casi le perimetrazioni sono state prodotte attraverso sopralluoghi in campo, o tramite sorvolo delle aree colpite con elicotteri o droni. Anche la disponibilità di immagini multispettrali Sentinel-2 ha avuto un certo ruolo nella individuazione delle aree colpite; l'acquisizione combinata da Sentinel 2A e 2B permette una frequenza teorica di acquisizione di cinque giorni e il cambiamento di risposta spettrale, in particolare nella regione del vicino e del medio infrarosso, tra immagini pre- e post-evento può evidenziare le aree che hanno subito un danno esteso; data la relativamente limitata risoluzione spaziale (10 m), non è invece possibile la mappatura dei danni diffusi per piede d'albero.

Una metodologia speditiva basata su dati Airborne Laser Scanning (ALS) per la mappatura delle aree danneggiate in termini di superfici interessate e numero di alberi e volume legnoso atterrati è stata proposta da Chirici et al. (2016) e utilizzata per il monitoraggio dei danni provocati nel 2015 dalla tempesta di vento in Toscana: i risultati ottenuti dimostrano la significativa

potenzialità di impiego dei dati ALS post-evento integrati con altre fonti tradizionali di dati telerilevati e informazioni ausiliarie.

3. La consapevolezza della tendenza verso un'aumentata frequenza di eventi catastrofici motiva la necessità di riflettere e agire in termini di concrete prevenzione e gestione responsabile delle risorse forestali, con l'obiettivo di migliorare resistenza e resilienza dei boschi per assicurare continuità nell'erogazione delle loro utilità ecosistemiche.

I principali fattori che influenzano il verificarsi di danni rilevanti da parte del vento sono: topografia; condizioni idrogeopedologiche; composizione e struttura del popolamento forestale (Motta et al., 2018). Gli schianti provocati dalle tempeste di vento possono interessare più o meno tutte le categorie forestali (nel caso di Vaia: pinete, faggete, boschi puri di abete rosso, boschi misti di abete bianco, abete rosso e faggio), tutti i tipi strutturali (boschi coetanei e disetanei) e formazioni sia di origine naturale che artificiale. Molti popolamenti delle Alpi evidenziano una velocità critica del vento variabile tra 15 e 25 m/s e al di sopra di questi valori gli aspetti compositivi e strutturali hanno un ruolo marginale nei confronti della resistenza dei popolamenti. I popolamenti degli Appennini possono essere caratterizzati da velocità critiche superiori, talora anche oltre 30 m/s, ma anche in questo caso al di sopra di questi valori gli aspetti compositivi e strutturali hanno un ruolo marginale nei confronti della resistenza dei popolamenti. Al di sotto di queste soglie, comunque, la vulnerabilità dei soprassuoli forestali ai danni da vento può essere sensibilmente ridotta tramite una capillare e continua azione selvicolturale di prevenzione.

I principali attributi dei popolamenti forestali che influenzano la resistenza agli schianti (considerando sia i ribaltamenti che le stroncature) sono: altezza dei fusti arborei (le probabilità di schianto aumentano in modo esponenziale con l'altezza dell'albero), specie (tipo di apparato radicale, forma della chioma, resistenza meccanica del fusto, specie sempreverdi o decidue, queste ultime meno suscettibili agli schianti nel periodo di riposo vegetativo, a parità di altre condizioni), condizioni fitosanitarie, densità e struttura verticale del popolamento (popolamenti puri, monostratificati e densi sono più facilmente schiantati rispetto a popolamenti misti e pluristratificati, a parità di altre condizioni).

Appropriate scelte selvicolturali, basate anche sulla disponibilità delle informazioni 3D derivanti da scansioni laser scanner accoppiate a informazioni ottiche e da rilievi tradizionali realizzati nell'ambito delle moderne tecniche della *precision forestry*, possono portare alla creazione di popolamenti con maggior resistenza e resilienza ai disturbi da vento.

È in questa ottica che elementi quantitativi di analisi e prevenzione meritano di essere inclusi negli strumenti di programmazione e pianificazione forestale, ai fini della previsione e gestione del rischio connesso ai danni da vento (Corona e Motta, 2018). Ciò può essere realizzato sia a livello di programmi forestali regionali (redazione di linee guida e priorità alle misure selvicolturali per aumentare la resistenza e resilienza delle foreste) sia a livello di piani forestali di indirizzo territoriale, con l'analisi dei rischi a scala di area vasta (simulazione dei campi di vento) da trasferire poi operativamente alla pianificazione a livello aziendale per la programmazione di specifici interventi volti ad aumentare la resistenza dei popolamenti più vulnerabili.

4. La realizzazione di interventi selvicolturali preventivi rappresenta un costo non solamente in termini di realizzazione ma anche di perdita di reddito per i proprietari. In tal senso, la programmazione europea per lo sviluppo rurale 2014-2020 (Reg. UE n. 1305 del 2013) prevede un sostegno diretto al monitoraggio, alla prevenzione e al ripristino dei danni causati da eventi naturali estremi nelle aree forestali (Misura 8.3 - Prevenzione, Misura 8.4 – Ripristino). Tradizionalmente, le politiche europee hanno avuto particolare attenzione agli incendi e ai danni ambientali, economici e sociali a essi correlati; l'aumento nella frequenza e nell'intensità degli eventi estremi di portata catastrofica, come ondate di calore e siccità, tempeste, gelate e nevicate fuori stagione, ha portato l'Unione Europea ad ampliare le possibilità di sostegno. In particolare, le misure attivabili nei programmi di sviluppo rurale regionali possono prevedere la realizzazione di azioni colturali in grado di attenuare qualsiasi tipo di danno potenzialmente diretto al patrimonio forestale e all'economia del settore, nonché al rischio per l'incolumità pubblica.

Peraltro, nella prospettiva del periodo di programmazione dello sviluppo rurale 2021-2027, vi è la necessità e la opportunità di promuovere un maggior coordinamento nazionale per la modulazione armonizzata degli interventi potenzialmente implementabili nei diversi contesti territoriali.

RIASSUNTO

Il vento è uno dei principali fattori di disturbo per le foreste europee e il cambiamento climatico ha causato negli ultimi anni un aumento degli eventi estremi. In questo contesto diventa operativamente importante programmare apposite azioni di monitoraggio dei danni e di gestione preventiva per aumentare la resistenza e la resilienza dei popolamenti forestali. Questa nota presenta alcune considerazioni su questi temi, in forma di discussione commentata.

ABSTRACT

Wind damages: monitoring and forest management strategies. Wind is one of the major disturbing factors for European forests and climate change has caused an increase in extreme events in recent decades. Under this context, planning specific damage monitoring and preventive management actions to increase the resistance and resilience of forest stands becomes operationally relevant. The aim of this note is to present some considerations about these issues in the form of a commented discussion.

BIBLIOGRAFIA

- CHIRICI G., BOTTALICO F., GIANNETTI F., ROSSI P., DEL PERUGIA B., TRAVAGLINI D., NOCENTINI S., MARCHI E., FODERI C., FIORAVANTI M., FATTORINI L., GUARIGLIA A., CIANCIO O., BOTTAI L., CORONA P., GOZZINI B. (2016): *Stima dei danni da vento ai soprassuoli forestali in regione Toscana a seguito dell'evento del 5 marzo 2015*, «L'Italia Forestale e Montana», 71 (4), pp. 197-213.
- CHIRICI G., GIANNETTI F., TRAVAGLINI D., NOCENTINI S., FRANCINI S., D'AMICO G., CALVO E., FASOLINI D., BROLL M., MAISTRELLI F., TONNER J., PIETROGIOVANNA M., OBERLECHNER K., ANDRIOLO A., COMINO R., FAIDIGA A., PASUTTO I., CARRARO G., ZEN S., CONTARIN F., ALFONSI L., WOLYNSKI A., ZANIN M., GAGLIANO C., TONOLLI S., ZOANETTI R., TONETTI R., CAVALLI R., LINGUA E., PIROTTI F., GRIGOLATO S., BELLINGERI D., ZINI E., GIANELLE D., DALPONTE M., POMPEI E., STEFANI A., MOTTA R., MORRESI D., GARBARINO M., ALBERTI G., VALDEVIT F., TOMELLERI E., TORRESANI M., TONON G., MARCHI M., CORONA P., MARCHETTI M. (2019): *Stima dei danni della tempesta "Vaia" alle foreste in Italia*, «Forest@», 16, pp. 3-9.
- CORONA P., MOTTA R. (2018): *I danni forestali possono diventare un'opportunità per la selvicoltura*, «Terra e Vita», 36, pp. 80-81.
- MOTTA R., ASCOLI D., CORONA P., MARCHETTI M., VACCHIANO G. (2018): *Selvicoltura e schianti da vento. Il caso della "tempesta Vaia"*, «Forest@», 15, pp. 94-98.

GIOVANNI BOVIO*

Incendi: dal rischio alla gestione forestale

OBIETTIVO DEL LAVORO

Con il presente lavoro si intendono descrivere i passaggi salienti che devono essere percorsi per realizzare gli interventi selvicolturali antincendi boschivi e i criteri utili per la lotta anche in considerazione della recente organizzazione dei servizi incaricati che intervengono a vario titolo.

L'ANDAMENTO DEGLI INCENDI

Gli incendi boschivi si sviluppano prevalentemente durante il riposo vegetativo. Pertanto in estate sono più frequenti negli ambienti mediterranei, in inverno sui rilievi montani.

Negli ultimi decenni si evidenzia mediamente una diminuzione del numero degli incendi anche se in alcuni periodi si concentrano con frequenza e diffusibilità assai elevate.

Si ricordano gli incendi del 2017 in Portogallo che, a luglio e a ottobre, hanno causato la perdita di oltre 60 vite umane. Questi incendi sono stati più violenti di altri, avvenuti in precedenza, che pur avendo percorso superfici forestali anche più elevate non avevano avuto conseguenze tanto drammatiche.

L'Italia è stata particolarmente colpita. In Campania, nell'agosto 2017, violenti incendi hanno percorso il parco del Vesuvio. Nella seconda metà dell'ottobre 2017, in varie zone del Piemonte e particolarmente in Valle di

* *già Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA), Università degli Studi di Torino*

Susa, incendi gravi si sono diffusi per forti venti di *Foehn* e a seguito di un lungo periodo di siccità. Queste condizioni, in boschi di conifere eliofile, hanno favorito il comportamento di chioma intenso e altamente diffusibile. L'incendio di Mompantero (prossimo a Susa) ha percorso oltre 3900 ha. Salti di faville, anche a distanza notevole dall'incendio principale, hanno originato molti fronti di fiamma, contemporaneamente accesi, che hanno immesso grandi quantità di inquinanti in atmosfera. Il 27 ottobre 2017, nei pressi di Torino, a oltre 50 km dall'incendio più prossimo, le PM_{10} superavano 350 microgrammi/m³ cioè 7 volte oltre i valori ritenuti dannosi per la salute umana.

Nel luglio 2018, in Grecia vastissimi incendi causavano oltre 90 morti e 550 feriti.

Nel novembre 2018 in California incendi di eccezionale vastità causavano oltre 70 morti e 1300 dispersi.

Spesso gli incendi si verificano in aree precedentemente percorse. In questi casi l'insistere del fuoco in ambienti già degradati comporta trasformazioni assai negative. Ne sono un esempio gli incendi sui monti pisani in Toscana che dopo gli eventi di settembre 2018 sono stati teatro di successivi eventi.

PROVVEDIMENTI ANTINCENDIO

Per contrastare gli incendi sono stati adottati numerosi provvedimenti. Con la L. 47/75 si stabilivano le prime regole per organizzare sia la prevenzione e la ricostituzione del bosco percorso dal fuoco, sia la lotta attiva. Successivamente con la L. 353/2000 si abrogava la suddetta L. 47/75 e si aggiornavano le disposizioni. Parallelamente a queste venivano promulgate numerose leggi regionali sulla materia. Tra esse è da citare per l'apporto innovativo la L.R. 20/2016 della Campania relativa all'applicazione del fuoco prescritto.

Con le disposizioni su indicate si avviò un periodo durante il quale maturò un'esperienza generale di lotta agli incendi attuata sulla base degli appositi piani di cui alla L. 353/2000. Si diffuse la generale convinzione dell'opportunità di seguire l'impostazione del *fire management*, che comporta la gestione dando importanza alla prevenzione, differenziando gli interventi e adottando l'impostazione concettuale della gestione intelligente del territorio (*Fire smart management of forest landscapes*) (Fernandes, 2013). Ci si allontanò gradualmente dall'impostazione del *Fire control* che ipotizza di intervenire sempre e

comunque su ogni tipo di incendio privilegiando l'estinzione. Questa evoluzione comportò una sempre maggiore consapevolezza dell'importanza della prevenzione selvicolturale.

Lo stesso modo di impostare l'estinzione è stato influenzato dal *Fire management*. Ne è un esempio il criterio di estinzione selettiva che prevede di modulare gli interventi in funzione delle caratteristiche del bosco e delle probabili conseguenze dell'incendio, che era stato introdotto nella pianificazione antincendi boschivi del Piemonte.

Proprio basandosi sul *Fire management*, che distingue gli incendi piccoli di bassa severità senza danno ambientale da quelli con conseguenze gravi, la Direzione per la Protezione della Natura e del Mare (D.P.N.M.) del M.A.T.T.M. ha previsto un nuovo schema di Piano antincendi con relativo manuale di applicazione per le aree naturali protette statali. Il nuovo schema di pianificazione considera il fuoco come un fattore ecologico e prevede di individuare le aree con alta probabilità di incendio, valutandone la gravità e le conseguenze.

Tuttavia recenti variazioni dei servizi incaricati dell'estinzione, a seguito del D.Lgs 177/2016, hanno determinato una configurazione organizzativa con nuove competenze rispetto al passato. A dispetto dell'avvenuta diffusione del *Fire management* si è assistito sempre più a preferire il servizio di estinzione impostato con la modalità "di attesa" cioè organizzato per intervenire, sempre con tutti i mezzi possibili, al manifestarsi dell'incendio privilegiando le aree di interfaccia urbano-foresta. In tale modo, normalmente, non si considerano le caratteristiche della copertura forestale, la sua vulnerabilità né la selvicoltura di prevenzione eventualmente realizzata.

Inoltre i mezzi in dotazione ai Vigili del Fuoco sono adattati a intervenire sulla viabilità principale. Per questo motivo, nella maggioranza dei casi, non possono raggiungere i luoghi serviti dalla viabilità forestale. Si privilegia così la difesa degli insediamenti civili senza addentrarsi nel bosco. Ciò comporta la scarsa applicazione del fuoco tecnico come il controfuoco. Questa impostazione porta con sé che, per l'estinzione in bosco, si ricorra sempre più frequentemente ai mezzi aerei. Nel 2017 con i Canadair CL 415 sono state effettuate 4.708 missioni e 10.639 ore di volo operando 45.382 lanci, mentre con elicotteri Erickson S64 sono state effettuate 1.095 ore di volo con 5.335 lanci (MIPAAFT, 2019). Si precisa che questo massiccio impiego di mezzi aerei comporta costi assai rilevanti. Inoltre il risultato è solo parzialmente positivo poiché, come è noto, su fronti di fiamma di elevata intensità, soprattutto in incendi di chioma in boschi di conifere, il mezzo aereo risulta scarsamente efficace.

PIANIFICAZIONE ANTINCENDIO

I traumi da fuoco alla vegetazione hanno importanza proporzionale al prestigio ambientale delle aree colpite. In particolare in aree protette si devono ripristinare le conseguenze negative degli incendi e realizzare condizioni di minore danneggiabilità. È assolutamente indispensabile un collegamento tra prevenzione, estinzione e ricostituzione.

La prevenzione si deve basare su un'accurata analisi del rischio, per individuare le aree di differente importanza e vulnerabilità, distinguendo gli aspetti forestali da quelli di protezione civile senza fare prevalere gli uni sugli altri. In funzione del livello di rischio si assegnano priorità alle zone più vulnerabili.

Questo fatto è essenziale su un'area vasta. Infatti se si manifestano pochissimi eventi normalmente vi sono le risorse per contrastarli tutti. Assai diverso è lo scenario caratterizzato da molti incendi contemporanei. In tali condizioni la distribuzione delle risorse di estinzione deve essere guidata dalle conoscenze forestali. Altrimenti nel tentativo di affrontare tutti gli eventi, viene meno la corretta priorità e si rischia una dispersione di risorse.

Inoltre se dopo l'estinzione non si attua la ricostituzione, si ripropongono condizioni di alta probabilità di ripercorrenza spesso facilitate dalla vegetazione di invasione. Ciò comporta che facilmente le zone già percorse siano nuovamente teatro di incendio.

Pertanto sarà importante collocare correttamente gli interventi selvicolturali, interessando particolarmente le aree boscate site in prossimità di insediamenti civili o industriali. Inoltre, in interfaccia urbano-foresta sarebbe auspicabile che i proprietari, sia pubblici che privati, realizzassero interventi selvicolturali con valenza di autodifesa, in rapporto al probabile comportamento del fronte di fiamma. Per questi fini nei piani antincendi dovranno essere indicati chiaramente i criteri per l'analisi del rischio, per la definizione dell'incendio critico e per l'obiettivo del piano che hanno un riscontro diretto sulla gestione selvicolturale sia preventiva sia di ricostituzione.

ANALISI DEL RISCHIO

Si ritiene che la migliore procedura per definire il rischio sia quella ormai adottata nella maggiore parte dei piani antincendi, che si basa su due componenti:

- la pericolosità, che esprime la probabilità che si verifichi un incendio unitamente alla difficoltà di estinzione dello stesso;
- la gravità, che esprime le conseguenze sugli ecosistemi e sulle infrastrutture in seguito al passaggio del fuoco.

Nelle aree ad alto rischio è suggerito un approfondimento per determinare le caratteristiche di comportamento degli incendi che potrebbero verificarsi. A tale scopo si può fare ricorso ai numerosi modelli di simulazione di incendio.

INCENDIO CRITICO

Per una determinata area si considera “critico” l’incendio la cui superficie corrisponde al valore oltre il quale si verifica un rapido accrescersi della distribuzione cumulativa delle superfici percorse.

Nella suddetta distribuzione, al di sotto del valore critico si osservano superfici percorse che contribuiscono poco a quella totale poiché questo campo comprende gli eventi di piccola dimensione. Questi numerosi piccoli incendi possono essere considerati fisiologici per il territorio perché influenzano poco l’ambiente essendo limitati in diffusibilità e severità. Normalmente si manifestano sempre nelle stesse zone. Qui non si richiedono interventi preventivi.

Per contro gli incendi di superficie uguale o superiore al valore critico impongono interventi. Infatti essi, pur essendo in numero assai limitato rispetto al totale degli eventi, contribuiscono molto al raggiungimento della superficie totale percorsa per tutta l’area considerata. Questi incendi si verificano prevalentemente nelle stesse aree che normalmente sono caratterizzate da alti valori di rischio.

OBIETTIVO DEL PIANO

Accade assai spesso che nei piani antincendi l’obiettivo sia descritto in modo qualitativo e con indicazioni generiche. Raramente lo si esprime, come sarebbe necessario, in termini quantitativi misurabili e verificabili. Per ottenere queste caratteristiche si ritiene opportuna l’applicazione del criterio di “Riduzione Attesa di Superficie Media Annuale Percorsa” dal fuoco (R.A.S.M.A.P.). Questo parametro esprime il migliore equilibrio tra contenimento desiderato degli incendi e la possibilità di realizzazione gli interventi anche in funzione delle disponibilità finanziarie. Per la determinazione della RASMAP si consi-

dera la curva di distribuzione cumulativa delle superfici percorse dal fuoco, il regime fisiologico degli incendi e l'incendio critico.

INTERVENTI SELVICOLTURALI ANTINCENDIO

Dove si ritiene opportuno realizzare gli interventi selvicolturali per la prevenzione e la ricostituzione si devono sempre considerare gli effetti del fuoco. Essi si manifestano sia immediatamente con trasformazioni sul suolo e sulla vegetazione sia a medio e lungo termine nella sua struttura e composizione. Tutti gli effetti dell'incendio variano con il comportamento e con la sua severità. Si tratta di due concetti differenti. Il comportamento, cioè il modo con cui si manifesta il fronte dell'incendio, viene espresso da intensità lineare, altezza di fiamma, velocità di avanzamento, tempo di residenza, mentre la severità ne esprime le conseguenze. Pertanto, anche se spesso un'elevata intensità è accompagnata da alta severità, non vi è un rapporto univoco tra i due parametri.

Per comprendere le conseguenze del fuoco e progettare interventi selvicolturali è indispensabile valutare le conseguenze ambientali che possono variare da un limitato beneficio al danno più severo. Inoltre si deve valutare il carattere delle specie forestali. Ognuna ha una precisa sensibilità al fuoco che si esprime con la resistenza e con la resilienza. I boschi resistenti, possono sopportare, senza danni, intensità anche elevate purché inferiori a un determinato limite termico. Solo superandolo gli alberi muoiono e vengono sostituiti da altre specie con una successione secondaria.

I boschi resilienti, anche dopo l'eliminazione della parte epigea ricacciano prontamente riaffermando la composizione originaria prima di altre specie concorrenti.

Per realizzare qualsiasi intervento è necessario definire il regime di incendio ipotizzando sia il comportamento che si potrebbe verificare (in caso di prevenzione), sia osservando le conseguenze (in caso di ricostituzione).

Inoltre si deve considerare la dimensione dell'incendio poiché il danno solitamente è più che proporzionale all'area percorsa.

Gli interventi selvicolturali possono essere finalizzati a prevenire gli incendi oppure a ripristinarne gli effetti negativi. Nella maggioranza dei casi tuttavia le due finalità coesistono anche se può prevalere una o l'altra.

Gli interventi possibili sono numerosi e diversificati a seconda degli ambienti e delle coperture forestali. Di seguito si sottolineano alcuni esempi ritenuti rilevanti.

FUOCO PRESCRITTO

Vi sono numerose definizioni di fuoco prescritto. La L.R. 20/2016 della Regione Campania definisce il fuoco prescritto come «l'applicazione pianificata del fuoco in specifiche condizioni ambientali, per conseguire definiti obiettivi di tutela e gestione del territorio». Le sue finalità sono varie e tali da potere considerare, a tutti gli effetti, questa tecnica un intervento selvicolturale. Può avere fini paesaggistici se attuata per ottenere trasformazioni della copertura forestale. Per la capacità di influenzare la rigenerazione di determinate specie, può evitare l'evoluzione verso forme non desiderate. Può essere utile per preparare aree su cui fare la semina diretta. Può favorire la rinnovazione in presenza di alberi portaseme. Spesso si perseguono contemporaneamente più finalità come la gestione dei viali tagliafuoco, la conservazione di habitat in brughiere, la razionalizzazione dei fuochi pastorali e la riduzione strategica del carico di combustibile di cui un esempio è stato realizzato in Piemonte (Ascoli e Bovio, 2009).

La finalità prevalente del fuoco prescritto è la prevenzione degli incendi che si concretizza riducendo la biomassa bruciabile, soprattutto morta. A ciò conseguono minori intensità e velocità di avanzamento del fronte di fiamma di un eventuale incendio che pertanto risulterebbe meno severo e di più facile estinzione.

In generale il fuoco prescritto applicato in luoghi strategici di un complesso forestale, diversificando il tipo e la distribuzione dei combustibili può ridurre frequenza e superficie media degli incendi (Ascoli e Bovio, 2009).

Tuttavia questa tecnica di prevenzione, validissima per molti ambienti forestali, viene spesso erroneamente ritenuta potenzialmente dannosa. Questa convinzione deriva dalla confusione tra incendio e fuoco prescritto. Tuttavia si tratta di situazioni profondamente diverse per molti motivi. Uno di essi è che l'incendio si manifesta in condizioni di secchezza su tutto il profilo del suolo. Il fuoco prescritto invece si applica, con precise finestre ambientali, previa verifica di numerosi parametri. Tra essi è molto importante il differenziale di umidità tra la lettiera superiore che deve avere un valore ottimale tra il 10% e il 12% e quella inferiore che deve essere compreso tra il 100% e il 120 %. In queste condizioni si elimina solo una frazione di biomassa morta che conduce il fronte di fiamma senza trasmettere calore allo strato umifero del suolo.

ESEMPI DI INTERVENTI SELVICOLTURALI IN BOSCHI MOLTO PREDISPOSTI AL FUOCO

Si descrivono di seguito esempi di interventi selvicolturali adatti a coperture forestali particolarmente predisposte ad incendi severi come quelli che

colpiscono i boschi di conifere. Questi spesso non sono gestiti e presentano notevoli accumuli di biomassa morta. Ne sono un esempio i rimboschimenti non diradati e spesso deperienti. In queste coperture, nella maggioranza dei casi, l'incendio ha comportamento di chioma severo. Pertanto la rinnovazione di pino, anche a distanza di alcuni anni, è quasi sempre assai scarsa mentre varie specie di latifoglie eliofile si affermano dove la copertura è stata, almeno in parte, eliminata. Finché non vi è la nuova copertura, aumenta l'erosione del suolo. In questa situazione possono essere opportuni interventi di ricostituzione. Tuttavia dove non si sono superati i 2000 kW/m si suggerisce di lasciare avvenire spontaneamente la ricostituzione naturale.

Dove si ritiene di intervenire si suggerisce di agire in tempi successivi:

- A. Breve termine;
- B. Medio termine;
- C. Lungo termine.

A. Breve termine

Questo intervento dovrebbe avvenire entro 3 anni dall'incendio. Serve ad evitare che il fuoco ripercorra l'area. Il lavoro selvicolturale dovrà essere tempestivo poiché l'illuminazione del suolo più elevata, rispetto a prima del passaggio dell'incendio, stimola un veloce sviluppo della flora nemorale eliofila. Conseguenza abbondante formazione di biomassa fine che conduce facilmente il fuoco. Qui un eventuale incendio percorrerebbe un soprassuolo già traumatizzato.

Per individuare le modalità di intervento è necessario valutare i traumi alla copertura vegetale guidati dalla stima della intensità e della severità verificatisi su tutta l'area colpita.

Possono presentarsi molteplici casi:

- Se l'incendio è transitato con intensità da 2000 kW/m fino 6000 kW/m normalmente il bosco non presenta molti individui morti in piedi e la copertura originale mantiene mediamente la sua struttura. In questo caso si deve evitare il comportamento di chioma di un eventuale prossimo incendio. Pertanto si realizzeranno spalcatore concentrate lungo fasce larghe 20 m, collocate a 60 m l'una dall'altra, perpendicolari alla direzione del vento caratteristico delle condizioni di massima frequenza di incendio nella zona. Sulle fasce la biomassa al suolo dovrà essere limitata in modo che se percorsa da incendio non possa originare intensità superiore all'intensità critica di passaggio in chioma. Mediamente questo valore non deve superare 1000 kW/m. Tuttavia, in sede di progetto, può essere definito in funzione del contenuto idrico dei combustibili vivi che si verifica nelle

condizioni di massima frequenza di incendio della zona. I valori guida per definire l'altezza delle spalcatore sono quindi l'intensità critica e l'umidità dei vegetali vivi. Così concepite le fasce garantiscono una zona in cui si arresterebbe certamente un eventuale incendio di chioma, sia di tipo dipendente sia di tipo indipendente, permettendo solo il transito dell'eventuale fronte di fiamma con comportamento radente nel sottobosco. Con queste caratteristiche sarebbe emanata una bassa intensità, non traumatica per una copertura strutturata. Inoltre sarebbe anche possibile un facile intervento di estinzione.

- Se l'incendio è transitato con intensità elevata superando 10.000 kW/m, normalmente anche la severità è elevata pertanto viene variata la struttura del bosco. Infatti in questo caso la maggiore parte delle chiome è stata consumata e la maggior parte delle piante sono morte. Si deve prevedere un accumulo di biomassa a livello del suolo sia per lo sviluppo della flora eliofila sia per il crollo progressivo di alberi morti. In questa realtà non sarà più possibile un successivo incendio di chioma ma si dovrà evitare un eventuale incendio radente. In queste condizioni l'eventuale rinnovazione è particolarmente importante e potrebbe venire facilmente compromessa. Inoltre l'elevata biomassa dei tronchi crollati e dei grossi rami ostacolerebbe estinzione. Per evitare l'incendio radente serve subito asportare la biomassa morta fine lasciando non oltre 5 t/ha, lungo fasce larghe 10 m, intervallate di 50 m, parallele alle curve di livello. Se le curve di livello sono parallele alla direzione del vento corrispondente alla massima frequenza di incendio è opportuno eliminare la biomassa secca solo su tratti dell'ordine di 100 m di lunghezza intervallati da tratti su cui non si interviene per non diminuire il rallentamento della vegetazione nei confronti del vento.

Tutti gli interventi delle fasi successive potranno avere utilità solo se preceduti dal lavoro di cui al punto A necessario per diminuire considerevolmente la probabilità che un eventuale incendio provochi ulteriori effetti negativi, anche annullando quelli positivi degli eventuali lavori selvicolturali di avviamento verso una copertura più evoluta e stabile.

B. Medio termine

Nel medio termine di 3-15 anni dall'incendio e solo se sono stati realizzati gli interventi di cui al punto A si favorirà la rinnovazione, in particolare di latifoglie, su piccolissime buche con dimensione massima di 200 m² senza allinearle parallelamente alla direzione del vento di massima frequenza di incendio.

Si tenderà ad ottenere una provvigione di almeno 100 m³/ha con una copertura di latifoglie miste.

C. Lungo termine.

Dopo 15 anni dall'incendio se sono stati realizzati gli interventi delle fasi A e B in presenza di rinnovazione si tenderà all'aumento del valore selvicolturale degli aggregati attorno ai nuclei della rinnovazione stessa attraverso i tagli modulari.

Senza rinnovazione e con suolo tendenzialmente scoperto potranno essere tentati, con molta cautela, piccole aree di rimboschimento.

CONSIDERAZIONI FINALI

I danni degli incendi hanno importanza notevole, soprattutto in zone di particolare prestigio ambientale. A lungo termine la mancanza di ricostituzione produce maggiore probabilità di ripercorrenza.

Pertanto sono opportuni interventi sia per ripristinare le conseguenze negative sia per realizzare future condizioni di minore danneggiabilità. Queste condizioni si possono ottenere con il collegamento tra prevenzione, estinzione e ricostituzione a partire da un'accurata analisi del rischio che individui le aree di differente importanza e vulnerabilità alla luce delle conoscenze di carattere forestale. Serve la prevenzione selvicolturale sia in aree tipicamente boscate sia dove si intersecano con insediamenti civili o industriali formando l'interfaccia urbano-foresta.

In questo contesto è particolarmente importante fare la prevenzione attraverso la gestione del bosco da parte dei proprietari sia pubblici che privati. Si ritiene essenziale che questi concetti siano assimilati da tutte le forze di intervento che compongono l'organizzazione antincendi prevista con il D.Lgs 177/2016 che ha assegnato competenze nuove rispetto al passato.

Queste considerazioni sottolineano come offrire indicazioni di gestione selvicolturale per prevenire gli incendi sia complesso e che si possano ottenere risultati concreti solo evitando errori che derivano dalla scarsa conoscenza della materia antincendi boschivi. Serve conoscere il comportamento del fuoco e gli ecosistemi forestali e senza illudersi che sia sufficiente l'estinzione anche se bene organizzata.

RIASSUNTO

In Italia, per la variabilità degli ambienti forestali e delle caratteristiche climatiche, gli incendi boschivi variano molto per la stagione di massima frequenza, numero, diffusione, comportamento, severità ed effetti. Perciò le conseguenze sull'ambiente possono variare da livelli trascurabili fino a fortemente traumatici.

Gli interventi per mitigare gli incendi sono definiti da appositi piani, previsti dalla L. 353/2000, che collocano in scala ordinale le zone con differente rischio. In particolare, i piani individuano sia l'incendio critico, cioè l'evento che comporta conseguenze rilevanti, sia gli incendi che per comportamento e dimensione sono poco negativi. A questa impostazione segue la necessità di individuare in quali condizioni sia opportuno intervenire con la prevenzione e con la ricostituzione del bosco danneggiato.

La prevenzione deve essere prioritariamente indirizzata alle coperture forestali le cui caratteristiche favoriscono incendi severi.

La ricostituzione deve migliorare la copertura forestale ed evitare ulteriori conseguenze negative ed è opportuna solo se vi sono danni consistenti. Dove la severità è stata limitata è opportuno attendere l'evoluzione spontanea.

La prevenzione e la ricostituzione sono pertanto complementari e variano molto in funzione del tipo di bosco e del danno subito. Questi interventi, di cui si riportano alcuni esempi, esprimono la gestione selvicolturale antincendi.

ABSTRACT

Fires: from risk to forestry management. In Italy, due to the forest environments variety and climate different characteristics, forest fires vary in terms of season of maximum frequency, number of events, area, behavior, danger and effects. Therefore the impacts on the environment range from insignificant to highly traumatic.

The actions to mitigate forest fires are defined in specific plans, established by law L. 353/2000, that place the different areas in a scale according to the different risks. In particular, these specific plans identify both critical fires (i.e. fires with relevant impacts) and non-critical fires (i.e. fires with effects which are not too negative thanks to their behavior and dimension). According to this approach, it is necessary to identify the conditions in which prevention and reforestation are needed.

Prevention must be mainly focused on the forest areas that are exposed to severe fires.

The restoration must improve the forest area and avoid further negative consequences, and it is necessary if damages are significant. When and where damages are limited, it is better to wait for the natural growth and evolution of the forest.

Prevention and restoration are therefore complementary and vary according to the type of forest and to the damages suffered. These interventions, of which some examples are made, are the anti-fire forestry management.

BIBLIOGRAFIA

ASCOLI D., BOVIO G. (2009): *Il fuoco prescritto in Italia e l'esperienza in Piemonte*, Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura, Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, pp. 378-384.

FERNANDES P.M. (2013): *Fire smart management of forest landscapes in the Mediterranean basin under global change*, Landscape and Urban Planning, pp.110: 175-182.

MIPAAFT (2019): *RaFitalia 2017-2018. Rapporto sullo stato delle foreste e del settore forestale in Italia*, pp 279.

VITTORIO LEONE*

Scenari emergenti: gli incendi estremi

Il 23 luglio del 2018 verso le 16.30 un incendio disastroso ha interessato il centro costiero di Neos Voutzas-Mati, nella regione costiera orientale dell'Attica, in Grecia. In una giornata ad alto indice di pericolo, spinto da un impetuoso vento catabatico con provenienza W, con velocità da 32 a 56 km/h, intervallato da raffiche con velocità da 50 a 89 km/h, valutato in forza 10 della scala Beaufort (Xanthopoulos, pers. comm. 03.08.2018) in condizioni meteo particolarmente avverse (temperatura 38°, umidità relativa 17%), un incendio probabilmente involontario (imprudente accensione di barbecue??) appiccato ad alcuni chilometri di distanza si è propagato verso il mare interessando nella sua espansione tutto il centro abitato e la sua frazione costiera di Mati, fittamente affollata di turisti e residenti (IAWF, 2019).

Si tratta di un tipico insediamento costiero a edilizia povera, con piccoli caseggiati di uno due piani, immersi in una pineta rada, con maglia ortogonale di strade piuttosto strette, una classica configurazione di interfaccia. La zona si trova sul bordo di una costa rocciosa alta, con spiagge accessibili solo attraverso ripidi viottoli, e circondata da centinaia di metri di recinzione.

Il fronte di fuoco, con una velocità di propagazione variabile, stimata da 2,6 a 5 chilometri /ora e con altezza di fiamme dell'ordine di 20-30 metri, ha sorpreso i residenti con un bilancio disastroso, il più grave finora avvenuto in Grecia (già interessata in passato da disastrosi incendi, in particolare nel 2007): 100 morti, 600 feriti, 3.236 case danneggiate, 908 con danno irreparabile. Il fuoco ha percorso in tutto 3.200 ha (IFRC, Int. Fed. Red Cross) di cui 1.431 ha di foresta. Eppure la vegetazione non era in condizioni di stress idrico, poiché l'estate non era particolarmente arida, anzi il contrario.

* *già ordinario dell'Università degli Studi della Basilicata, docente di Protezione dagli incendi boschivi*

Molte delle persone sono morte intrappolate all'interno delle proprie abitazioni e nelle auto, o raggiunte dalle fiamme nel tentativo di cercare scampo in mare, morendo annegate o cadendo dalle alte scogliere a picco, in una fuga resa quasi impossibile dalle recinzioni che circondano l'abitato. Le autorità si sono dimostrate impotenti di fronte alla furia delle fiamme, e le condizioni meteo hanno non poco ostacolato l'uso dei mezzi aerei, che pure sono intervenuti.

L'evento verificatosi a Mati ha strette analogie, per velocità di propagazione del fronte di fiamme e per la dinamica complessiva dell'evento, dominato da elevatissimi valori di intensità, con altri eventi recenti occorsi in Portogallo, Pedrogao Grande e Goi, giugno 2017: percorsi 46.435 ettari, 66 morti e oltre 200 feriti; ondata di incendi nel Centro Nord del Portogallo, 15 a 17 ottobre 2017, in concomitanza con il tifone Ophelia, oltre 200.000 ettari percorsi, di cui ben 45.505 ettari percorsi da un singolo incendio; 46 morti; California, dicembre 2017, contee di Ventura e Santa Barbara, 230mila ettari percorsi in una settimana; California 2018, Mendocino, nel nord dello Stato; inceneriti 114.850 ettari di terreno.

Eventi con caratteristiche di comportamento come quelle dell'incendio di Mati e degli altri menzionati, stanno diventando abbastanza frequenti, con tragici bilanci di vite umane perdute, numerosi feriti e danni complessivi estremamente elevati. Si tratta di eventi quasi assenti nel passato, per i quali si pone anzitutto il problema della definizione, per parlarne in modo univoco e comprenderne dinamica, conseguenze, eventuale ripetibilità.

Esistono almeno 25 termini diversi (Tedim et al., 2018) per indicare eventi straordinari come quello di Mati, con estremi del comportamento in termini di intensità, lunghezza di fiamme, velocità di propagazione, distanza di insorgenza di fuochi secondari dal fronte principale e conseguenze, quali ad esempio l'ampiezza della superficie percorsa e la gravità dei danni a persone e cose. Sono tutti termini inglesi utilizzati o proposti in ricerche nel campo della Fire Science, del tutto assente e sconosciuta in Italia, e pertanto da usare senza cercare l'equivalente nella nostra lingua, che avrebbe il solo risultato di complicare la giungla terminologica già presente nel linguaggio specifico di settore.

I termini fanno riferimento all'ampiezza dell'area percorsa (*Extensive fire, Extremely large fire, Large fire, Large infrequent fire, Megablaze, Megaburning, Megafire, Very large fire*), al comportamento estremo, imprevedibile e tumultuoso del perimetro in fiamme (*Area fire, Blow-up fire, Conflagration, Eruptive fire, Extreme wildfire event, Fires of concern, Firestorm, Generalized blaze, Mass fire*) e all'entità o gravità dell'impatto e delle relative conseguenze (*Catastrophic fire, Disaster-fire, Disaster, Disastrous fire*).

Tra tutti, i termini che risultano di più ampia utilizzazione sono *megafire* (letteralmente grande incendio), a indicare un incendio che abbia percorso almeno 500 ettari (una definizione univoca e valida a livello mondiale è ancora assente e i limiti variano fortemente da un continente all'altro; il valore 500 si applica al territorio dell'EU, ma i minimi e i massimi di superficie sono ben più ampi) ed *Extreme Wildfire Event (EWE)*.

Per quest'ultimo termine, che ben sintetizza valori parossistici di comportamento all'estremo della scala, è stata recentemente proposta una definizione (Tedim et al., 2018), che sta riscuotendo ampio consenso a scala mondiale, dimostrato dal numero di accessi e download (rispettivamente 4847 e 5149 il 11.6.2019), del testo pubblicato il 25 febbraio 2018. Chi scrive ha partecipato attivamente allo studio e alla definizione della tipologia di eventi classificati come EWE, che può così essere sintetizzata: evento piroconvettivo (con formazione di pirocumulonimbo, pyroCB), a comportamento erratico e imprevedibile, che supera la capacità di controllo, caratterizzato dai seguenti parametri soglia di comportamento:

Intensità sul fronte	> 10.000 kWm ⁻¹
R.O.S. (velocità di propagazione)	> 50 mmin ⁻¹ (3 kmh ⁻¹)
Insorgenza di fuochi secondari (spotting)	> 1 km dal fronte
Rilevante l'impatto socio economico e ambientale.	

Gli incendi classificati come EWE rientrano nelle categorie 5,6,7 della classificazione della gravità degli incendi, parimente proposta da Tedim et al. (2018), che rappresenta al momento l'unica classificazione che comprenda anche gli eventi estremi.

È da chiarire che la possibilità di classificare un evento come EWE richiede la disponibilità di taluni parametri: lunghezza e/o altezza di fiamma, velocità di propagazione, distanza di fenomeni di spotting dal fronte. Dai valori di altezza o lunghezza di fiamma si può stimare, con semplici equazioni, il valore dell'intensità. Nessuno di tali valori è oggetto di sistematica rilevazione nel nostro paese, per cui nelle statistiche è impossibile stabilire quali e quanti eventi possano essere classificati EWE, limitandoci a registrare soltanto numero e ampiezza degli eventi.

Gli EWE sfuggono alla capacità di controllo, poichè superano l'intensità di soglia comunemente accettata di 10.000 kWm⁻¹, che significa l'incapacità di controllare tutti gli incendi che, anche in un numero ridotto, sono responsabili della maggior parte dei danni. È infatti accettato che una percentuale variabile dall'1 al 5% di tutti gli incendi boschivi si trasformino in incidenti di grandi dimensioni, rappresentando quindi circa l'85% delle spese totali di soppressione e fino al 95% dell'area totale percorsa (Williams et al., 2011);

incidentalmente, una ulteriore conferma della generale validità della nota legge di Pareto.

Gli esperti indicano che con valori di intensità lineare di 4.000 kW m^{-1} il controllo è già estremamente difficile, e gli sforzi rischiano di fallire (Hirsch & Martell, 1996; Fernandes & Botelho, 2003; Wotton et al., 2017).

All'interno della capacità di controllo, i seguenti valori possono essere accettati (Wotton et al., 2017):

- I. 2.000 kW m^{-1} limite operativo di efficacia delle risorse di terra senza significativo supporto aereo;
- II. 4.000 kW m^{-1} la soppressione con mezzi aerei diventa inefficace;
- III. 10.000 kW m^{-1} anche i mezzi aerei pesanti sono inefficaci; si manifestano incendi di chioma, dove solamente tecniche indirette come il fuoco tattico di soppressione, per es. il controfuoco (Montiel e Kraus, 2010) possono essere decisive.

Per intensità superiori ai 3.000 kW m^{-1} le attività di contenimento devono concentrarsi sul fianco degli incendi, laddove l'intensità è minore, e sulla protezione di vite e beni (Accademia Australiana delle Scienze, 2019).

Preso atto che l'intensità degli incendi nello spazio rurale può ormai raggiungere picchi di $150.000 \text{ kW m}^{-1}$, riferiti per taluni incendi del 2009 nella regione di Victoria, in Australia (Tolhurst, 2009), abbondantemente superando il precedente limite di $100.000 \text{ kW m}^{-1}$ considerato insormontabile (Gill, 1998; Scott, 2006), i servizi più avanzati e ben organizzati di fatto possono operare solo sul 6,7% inferiore dell'intervallo di variabilità dell'intensità dell'incendio. Agli incendi superiori alla soglia di 10.000 kW m^{-1} bisogna quindi opporre qualcosa di diverso dalla risposta standard dell'intervento di estinzione, che risulta inutile.

Un'organizzazione costosa e complessa come quella della Protezione Civile e di talune regioni italiane, pur dotata di numerosi mezzi aerei, quali elicotteri pesanti tipo Sikorsky, e aerei per *water bombing* tipo Canadair e Dromader, è quindi in grado di controllare solo fuochi di intensità medio-bassa che rappresentano la maggior parte degli eventi, ma non di contenere valori medio-alti di intensità, il cui numero è previsto possa aumentare in un prossimo futuro, diventando la «nuova normalità» (Beighley & Hyde, 2018).

Per comprendere che di fronte a EWE non siamo in condizioni di operare: negli incendi occorsi nel 2009 in Australia, a 300 m di distanza dalle fiamme i valori di radiazione di fiamme alte fino a 100 metri erano mortali (Stewart, 2009), negli incendi in Portogallo nell'ottobre 2017 fuochi secondari sono insorti a distanza da 6 a 21 chilometri dalle fiamme innescando innumerevoli

fuochi secondari con grave rischio di essere intrappolati per residenti e addetti alle operazioni di spegnimento.

Circa i mezzi aerei, le loro performance operative in termini di capacità di estinzione sono un dato inspiegabilmente sconosciuto: in letteratura abbondano indicazioni tecniche quali la velocità ascensionale dei Canadair, la loro velocità massima, la velocità di crociera massima, il rateo di salita a pieno carico, la quota di tangenza massima, ma il dato più importante, l'intensità lineare massima su cui il mezzo può agire, rimane sorprendentemente sconosciuto e i pochi dati reperibili si riferiscono a pubblicazioni vecchie di più di 30 anni.

Di fatto per intensità di fuoco superiori a $2.000\text{--}3.000 \text{ kWm}^{-1}$, il *water bombing* (letteralmente bombardamento con acqua) diventa inefficace e l'arresto del fronte antincendio è impossibile (Parliament of South Australia, n.d.; Stechishen et al., 1982; Loane e Gould, 1986; Australian Academy of Sciences, 2019).

La ricorrente oleografia del “bombardiere buono” che spegne tutti gli incendi è pertanto una verità molto parziale e ridotta, e le prove di efficienza tipo quella di Stechishen, effettuata in Canada su cataste sperimentali in fiamme, di cui non si conoscono materiali e metodi, che volenterosamente attesta valori di intensità contenibile fino a 8.355 kWm^{-1} , non trovano alcun riscontro in incendi con fronti di chilometri e valori di intensità ben superiori ai 10.000 kWm^{-1} .

Nella realtà italiana, pertanto, la rassicurante fiducia nella possibilità di intervento con i mezzi aerei della Protezione Civile non trova riscontro nella realtà dei dati, poiché il tipo di eventi sui quali è tecnicamente possibile intervenire efficacemente è elevato, ma le superfici in termini di area percorsa sono relativamente modeste, mentre è preoccupante il relativamente modesto numero di incendi di ampie superficie che causano elevati valori di area percorsa.

Utilizzando le statistiche CFS del periodo 2008-2017 si riscontra infatti quanto illustrato nella tabella 1.

Secondo ricerche in corso in Australia, gli incendi che superino i 1.000 ettari presentano una o più caratteristiche di comportamento estremo (*spotting*, *fire tornado* (“firedado”), *lateral vortices*, *eruptive fire*, *crown fire*, *conflagration*, *pyro-convective event* con formazione di pirocumulonembo, *downburst*) (Filikov et al., 2019).

Ne consegue che un'analisi del peso degli eventi con tali caratteristiche dimensionali nel nostro paese può fornire indicazioni circa un eventuale e

NUMERO DI EVENTI			AREA PERCORSATA TOTALE		Σ SOMMATORIA DI PERCENTUALE
CLASSE DI AMPIEZZA	n°	%	ETTARI	%	
<1	16.211	37,92	4.818,1462	1,27	1,27
1 – 4,999	14.981	35,04	33.147,7533	8,71	9,98
5 – 9,999	4.654	10,89	30.505,9503	8,01	17,99
10 – 24,999	3.946	9,23	57.548,6046	15,11	33,10
25 – 49,999	1.539	3,60	51.545,9654	13,54	46,78
50 – 99,999	830	1,94	53.820,7186	14,14	60,78
100 – 249,999	431	1,01	63.293,6044	16,62	77,40
250 – 499,999	104	0,24	33.566,9132	8,82	86,22
500 – 999,999	41	0,10	28.496,3162	7,48	93,70
1000 – 4.999,999	10	0,02	14.965,9754	3,93	97,63
>= 5.000	1	0,00	9.029,07	2,37	100,00
TOTALE	42.748	100	380.739,0176	100,00	

Tab. 1 Numero di incendi per classi di ampiezza in ettari e relative superfici totali percorse (2008-2017) Fonte: CFS; elaborazione a cura di Lovreglio R.

potenziale rischio di incendi estremi, non disponendo come già detto, dei parametri di comportamento per singolo evento che non vengono rilevati.

Nel periodo 2008-2017 (dati CFS) sono stati registrati 42.748 eventi, con un'area percorsa di 380.739 ettari, di cui il 35,8% di superficie non boscata. Gli eventi con oltre 500 ettari di superficie percorsa (megafire, secondo lo standard UE) sono 52, con una superficie totale di 52.491,37 ettari. Gli eventi di oltre 1.000 ha sono 11, con un'area percorsa di 23.995,05 ettari.

I valori indicano che da soli 52 eventi cioè lo 0,12% del numero totale sono responsabili del 13,8% dell'area percorsa totale. Si deve presumere che buona parte di essi se non la totalità fossero EWE. Se aggiungiamo 104 eventi con superficie da 250 a 499,99 ha, il numero totale di eventi superiori a 250 ha (156), cioè 0,36% del totale, ha determinato un'area percorsa totale di 86.058 ha cioè il 22,60% del totale delle aree percorse.

Nel nostro paese taluni eventi appena superiori ai 500 ha sono memorabili e sono sicuramente da classificare EWE, come quello di Peschici nel luglio 2007 (535 ha), che ha determinato 3 morti, 300 feriti o intossicati dal fumo, e l'evacuazione di 3.538 persone fortunatamente salvate con una complessa operazione navale. La sua classificazione come probabile EWE è stata fatta utilizzando software di simulazione BehavePlus 5, che richiede dati ambientali e non dati di comportamento del fuoco.

Circa la possibile incidenza degli eventi di ampiezza rilevante, si riporta in figura 1 il risultato di uno studio in corso di pubblicazione (Royè et al., 2019) in cui si è calcolato per quattro paesi mediterranei dell'UE (esclusa la Grecia)

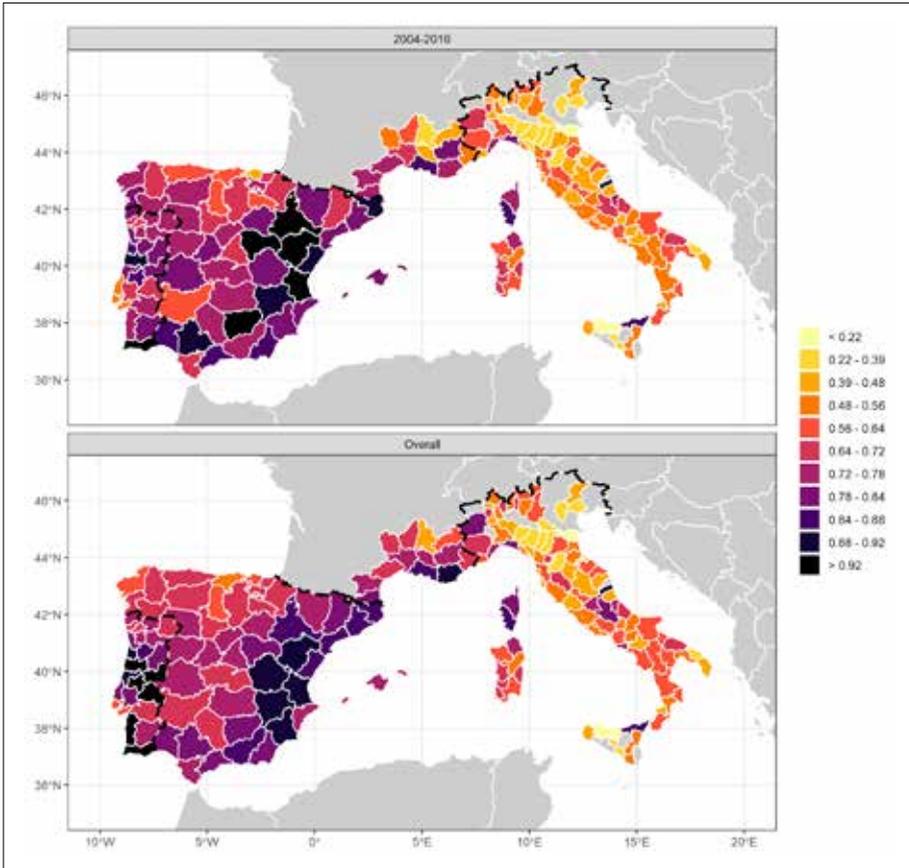


Fig. 1 Valori dell'indice di concentrazione in aree NUTS3 (Royè et al., 2019)

su scala NUTS 3, un indice di concentrazione derivato dal noto indice di Gini, per misurare la disuguaglianza nella distribuzione delle classi di ampiezza. È evidente una distribuzione certamente più favorevole rispetto ad altri paesi, ma non ideale. Nel nord dell'Italia valori molto elevati sono registrati in Piemonte e Liguria; nel centro-sud i valori sono sempre superiori a 0.39 con valori molto elevati in Abruzzo, Campania, Puglia, Sicilia, Sardegna e valori massimi > 0.92 in Abruzzo e Sicilia.

Nelle zone con valore elevato dell'indice la concentrazione presenta forti disuguaglianze, cioè pochi eventi hanno determinato ampie dimensioni di area percorsa. Il valore non fornisce previsioni di sorta ma si limita ad analizzare eventi già verificatisi; tuttavia evidenzia una diffusa situazione di potenziale rischio a fronte del quale occorre prendere atto che il sistema attuale di

difesa è oggettivamente incapace di affrontare eventi estremi, che la disponibilità di mezzi aerei non rappresenta misura capace di contrastare tali eventi, e che occorre attivare misure alternative capaci realmente di contrastare tali eventi. Si aggiunge che le previsioni di influenza del cambiamento climatico nell'aggravare il regime degli incendi sono preoccupanti, poiché annunciano allungamento del periodo a rischio, quindi incendi prima e dopo l'attuale periodo estivo, riduzione delle piogge estive e aumento delle temperature (EEA, 2017).

Nella impossibilità di affrontare eventi con caratteristiche di comportamento superiori agli attuali limiti della capacità di controllo, l'unica possibilità consiste nel ribaltare l'attuale impostazione basata sul paradigma dell'estinzione, cioè sulla possibilità di dominare gli eventi con una risposta standard: l'intervento di una struttura paramilitare, dotata di mezzi tecnici, talvolta di mezzi aerei e ritardanti, che svolge un intervento tempestivo e contundente di estinzione sull'evento in atto. Questa risposta risulta efficace su incendi con caratteristiche nei limiti della capacità di controllo, non contemporanei. Nel caso opposto, la risposta appare inefficace e inutile, soprattutto quando gli eventi sono numerosi e contemporanei.

T. Ingalsbee, in un fortunato lavoro del 2017, ha espresso quanto riporto per esteso in traduzione: *«i grandi incendi in gran parte definiscono da sé la propria ampiezza di espansione ed è solo durante la fase “di quiescenza”, allorché condizioni meteorologiche avverse moderano i valori di portamento di tale evento, che gli addetti allo spegnimento possono ottenere il contenimento del perimetro in fiamme. Il duro lavoro di tanti coraggiosi addetti alle operazioni di estinzione ottiene tutto il credito dai mass media nel caso del contenimento di incendi di grandi dimensioni, ma questo avviene dopo che gli incendi hanno in gran parte smesso di diffondersi da soli, in un processo analogo alla “cattura” di Gulliver da parte dei Lillipuziani, dopo che egli si era sdraiato e si era addormentato. In effetti, diverse ricerche stanno ora confermando quanto ampiamente noto da tempo: l'azione di estinzione non riesce a fermare i grandi incendi boschivi che si propagano fino a quando le condizioni meteo non cambiano significativamente o gli incendi si esauriscono per carenza di combustibile».*

Una impostazione diversa è il paradigma della prevenzione, cioè di un nuovo modello in cui il l'impostazione preponderante ed esclusiva mirata alla soppressione delle fiamme è modificata da un crescente peso delle attività di prevenzione mirate a:

- ridurre il carico di combustibile in tutto lo spazio potenzialmente interessato da eventuali incendi, attraverso la integrazione funzionale di tutte le attività che consumano o eliminano biomassa (abbruciamen-

di residui agricoli e delle stoppie, pascolo, arature, potature, raccolta di biomasse a fini energetici ecc.); ridurre la quantità di biomassa significa ridurre l'energia accumulata al suolo che alimenta gli incendi in caso di loro occorrenza;

- rafforzare la resilienza delle aree boscate, mediante l'esecuzione di tutti gli interventi colturali che ne aumentano la capacità di opporsi efficacemente alle conseguenze del passaggio del fuoco (potature, diradamenti, interventi localizzati di riduzione delle biomassa mediante fuoco prescritto, decespugliamenti localizzati ecc.);
- rafforzare la resilienza della società direttamente esposta alla minaccia del fuoco, oggi limitata al ruolo di spettatore inerte e passivo di operazioni decise e dirette dall'alto, non sempre efficaci, spesso errate o inutili; ciò deve tradursi nella capacità di organizzarsi e attuare non solo le misure di protezione a livello di spazio individuale, ma anche di attuare i primi interventi di estinzione a supporto delle strutture operative e di collaborare con esse;
- recuperare e rafforzare il sapere tradizionale di uso del fuoco (T.F.K., *traditional fire knowledge*; Huffman, 2013) che un tempo caratterizzava le popolazioni rurali, capaci di opporsi agli incendi allorché non esisteva nessun servizio istituzionale. Il sapere tradizionale è oggi criminalizzato da norme che impediscono o scoraggiano una sua utilizzazione, che se condotta razionalmente può essere decisiva nell'aumentare il livello di prevenzione;
- riconoscere il ruolo positivo che il fuoco può avere come mezzo di gestione, quando le misure tradizionali sono messe in crisi dalla natura degli incendi, nello spirito della cosiddetta gestione integrata degli incendi, ampiamente preconizzata dalla UE (EC, 2018).

Quanto sopra si compendia nel concetto di Fire Smart Territory (FST), modello concettuale innovativo e rivoluzionario di pianificazione a livello di territorio (Tedim et al., 2015), che tende ad aumentarne la resilienza complessiva e a rafforzarne la resistenza. È l'unica alternativa possibile all'assistere inerti all'avanzare di fiamme inarrestabili.

RIASSUNTO

Il lavoro evidenzia il moltiplicarsi di incendi caratterizzati da valori estremi di intensità, velocità di propagazione e distanza di insorgenza di fuochi secondari, chiarendo che a fronte di essi l'attività di estinzione non può avere alcuna efficacia, poiché essi superano la soglia critica di 10.000 kWm^{-1} . Il nostro paese è potenzialmente soggetto a tali eventi, definiti EWE (*Extreme Wildfire Event*) a fronte dei quali nessun contributo può essere fornito dall'attività dei mezzi aerei che effettuano *water bombing*. Nella impossibilità di

interventi efficaci l'unica alternativa è quello di incrementare l'attività di prevenzione, riducendo la vulnerabilità del territorio e aumentando la resilienza delle persone e dello spazio agricolo.

ABSTRACT

This paper highlights the multiplication of wildfires characterized by extreme values of intensity, rate of spread and spotting distance, clarifying that in face of them extinction activity cannot have any efficacy, since they exceed the critical threshold of $10,000 \text{ kWm}^{-1}$. Our country is potentially subject to such events, defined as EWE (Extreme wildfire Event) against which no contribution can be provided by the activity of water bombing by aerial means. In the impossibility of efficacious suppression intervention, the only alternative is to increase prevention activity, by reducing vulnerability and enhancing the resilience of people and of the territory where they live.

BIBLIOGRAFIA

- AUSTRALIAN ACADEMY OF SCIENCES (2019): *How we fight bushfires*, <https://www.science.org.au/curious/earth-environment/how-we-fight-bushfires>
- BEIGHLEY M. & HYDE A.C. (2018): *Portugal Wildfire Management in a New Era. Assessing Fire Risks, Resources and Reforms*, https://www.isa.ulisboa.pt/files/cef/pub/articles/2018-04/2018_Portugal_Wildfire_Management_in_a_New_Era_Engish.pdf, 52 pp.
- COMISSÃO TÉCNICA INDEPENDENTE (2018): *Avaliação dos incêndios ocorridos entre 14 e 16 de outubro de 2017 em Portugal Continental. Relatório Final*, Comissão Técnica Independente, Assembleia da República, Lisboa, 274 pp.
- EEA (2017): *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report*, European Environment Agency, Copenhagen, 484 pp.
- EUROPEAN COMMISSION (2018): *Forest Fires. Sparking firesmart policies in the EU*, 52 p. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/181116_booklet-forest-fire-hd.pdf
- FERNANDES P.M. AND BOTELHO H. S. (2003): *A review of prescribed burning effectiveness in fire hazard reduction*, «Journal of Wildland Fire», 12, pp. 117-128.
- FILKOV A., DUFF T., PENMAN T. (2019): *Determining threshold conditions for extreme fire behaviour: interim report describing outcomes from phase 1 of the project Annual Report 2017-2018 submitted to the Bushfire and Natural Hazards CRC*, February 2019. http://naturalhazardsrcrc.com.au/sites/default/files/managed/downloads/determining_threshold_conditions_for_extreme_fire_behaviour_annual_report_2017-2018_final_19.pdf
- GILL M.C. (2008): *Fire, science and society at the urban rural interface*, Bushfire Conference 2006 – Brisbane, 69 June 2006 Life in a Fire Prone Environment: Translating Science into Practice, pp. 8.
- HIRSCH K.G. AND MARTELL D.L. (1996): *A Review of initial attack fire crew productivity and effectiveness*, «International Journal of Wildland Fire», 6 (4), pp. 199-215. <https://doi.org/10.1071/WF9960199>
- HUFFMAN M.R. (2013): *The many elements of traditional fire knowledge: synthesis, clas-*

- sification, and aids to cross-cultural problem solving in fire-dependent systems around the world, «Ecology and Society», 18 (4): 3. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05843-180403>
- IFRC (2019): *Emergency Plan of Action Final Report. Greece: Wildfires*, <https://relief-web.int/report/greece/greece-wildfires-emergency-plan-action-final-report-operation-n-mdrgr003>
- INGALSBEET. (2017): *Whither the paradigm shift? Large wildland fires and the wildfire paradox offer opportunities for a new paradigm of ecological fire management*, «International Journal of Wildland Fire», 26, pp. 557-561.
- IPCC (2012): *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp.
- KOVATS R.S. et al. (2014): *Europe*, in *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, pp. 1267-1326.
- LOANE I.T. AND GOULD S. (1986): *Aerial Suppression of Bushfires*, Canberra; CSIRO Division of Forest Research, 305 pp.
- MONTIEL MOLINA C. AND KRAUS D. (2010): *Best Practices of Fire Use – Prescribed Burning and Suppression Fire Programmes in Selected Case-Study Regions in Europe*, Research Report 24, European Forest Institute, Joensuu, Finland, 169 pp. ISBN: 978-952-5453-69-0
- PARLIAMENT OF SOUTH AUSTRALIA (n.d.): *Canadair CL-415 Inquiry Thirteenth report of the Committee*, 89 pp.
- ROYÉ D., TEDIM F., LEONE V., MARTIN-VIDE J., SALIS M., VENDRELL J., LOVREGGIO R., AND BOUILLON C. (2019): *Wildfire burnt area patterns and trends in Europe through the application of a concentration index*, «Land Degradation and Development», submitted.
- SCOTT J. (2006): *Off the Richter: Magnitude and Intensity Scales for Wildland Fire*, in *Extended Abstract, AFE Fire Congress*, San Diego, CA. http://pyrologix.com/wp-content/uploads/2014/04/Scott_2006.pdf
- STECHISHEN E., LITTLE E., HOBBS M., MURRAY W.(1982): *Productivity of Skimmer Air Tankers Information Report PI-X-1S*, Petawawa National Forestry Institute, Forest Research Station Chalk River, Ontario.
- STEWART C. (n.d.): *Australia bushfires of 2009*, <https://www.britannica.com/event/Australia-bushfires-of-2009#accordion-article-history>
- TEDIM F., LEONE V., XANTHOPOULOS G. (2015): *Wildfire risk management in Europe: the challenge of seeing the “forest” and not just the “trees”*, in *Proceedings of the 13th International Wildland Fire Safety Summit & 4th Human Dimensions of Wildland Fire Conference April 20-24, 2015, Boise, Idaho, USA*. Published by the International Association of Wildland Fire, Missoula, Montana, USA, 27 pp.
- TEDIM F., LEONE V., AMRAOUI M., BOUILLON C., COUGHLAN M.R., DELOGU G.M., FERNANDES P.M., ET AL. (2018): *Defining Extreme Wildfire Events: Difficulties, Challenges, and Impacts*, «Fire», 1 (1), pp. 1-28.
- TOLHURST K. (2009): *Report on the Physical Nature of the Victorian Fires occurring on 7th February 2009*. <http://royalcommission.vic.gov.au/getdoc/5905c7bb-48f1-4d1d-a819bb-2477c084c1/EXP.003.001.0017.pdf>
- WILLIAMS J., ALBRIGHT D., HOFFMANN A.A., ERITSOV A., MOORE P.F., MORAIS J.C.M., VAN LIEROP P. (2011): *Findings and Implications from a Coarse-Scale Global Assessment*

- of Recent Selected Mega-Fires*, Proceedings of the 5th International Wildland Fire Conference, (May), pp. 1-19.
- WOTTON B.M., FLANNIGAN M.D. AND MARSHALL G.A. (2017): *Potential climate change impacts on fire intensity and key wildfire suppression thresholds in Canada*, «*Environ. Res. Lett.*», 12 095003.
- XANTHOPOULOS G. (2018): comunicazione personale del 3 agosto 2018.
- XANTHOPOULOS G. AND ATHANASIOU M. (2019): *IAWF 2019 FIRE GLOBE: Attica Region, Greece (July 2018)*, <https://www.iawfonline.org/article/fire-globe-attica-region-greece-july-2018/>.

Il ruolo del Centro di addestramento AIB di Regione Toscana nella prevenzione, previsione e lotta attiva agli incendi boschivi

Da ormai molti anni il Settore Forestazione di Regione Toscana provvede a qualificare il personale dell'Organizzazione Antincendio Boschivo (AIB) attraverso la progettazione e realizzazione di percorsi didattici mirati ad avere figure tecniche e operative costantemente addestrate, specializzate e capaci di interpretare tecnicamente e con sempre maggior efficacia il comportamento degli incendi boschivi.

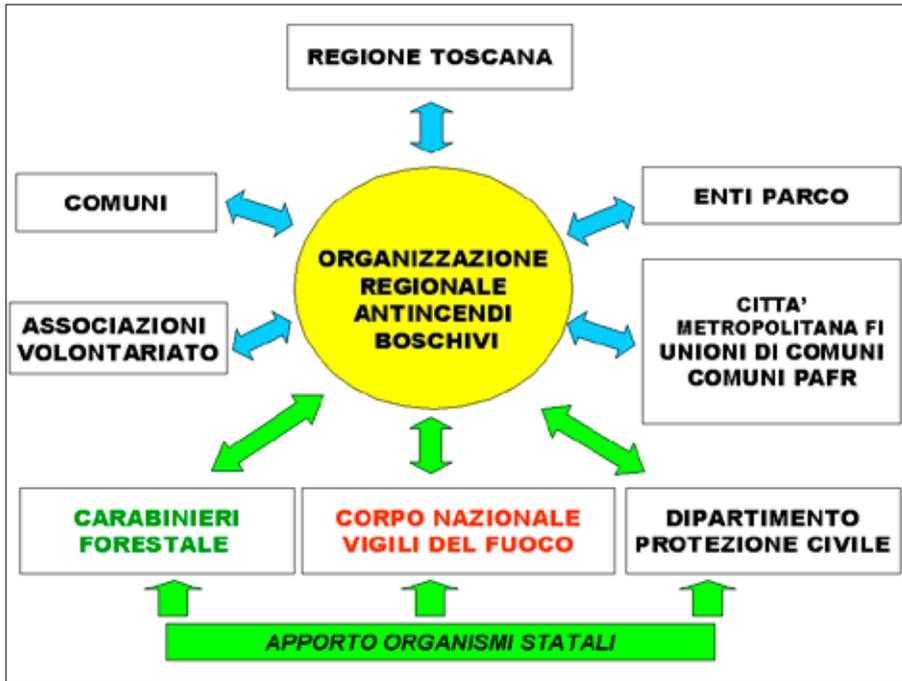
L'Organizzazione AIB toscana è costituita da forze estremamente composite sia in termini di struttura di appartenenza che in termini di età, grado di scolarità, formazione professionale, attitudine. Si tratta di circa 5.000 operatori, variamente impiegati nei diversi compiti previsti dall'organigramma operativo. Anche per questa ragione il Centro diventa un indispensabile luogo di incontro e confronto, dove ciascun soggetto può sviluppare e rafforzare la consapevolezza di far parte di un sistema unico che ha il comune obiettivo di operare in sinergia per salvaguardare i boschi toscani dagli incendi.

La struttura che ospita il complesso di tutta questa articolata attività, permettendo di svolgere un numero elevato di corsi, articolandoli in tradizionali lezioni in aula e anche simulazioni, esercitazioni e prove pratiche è, dal 2007, il Centro di Addestramento Antincendi Boschivi "La Pineta di Tocchi" ubicato nel comune di Monticiano (SI).

Il territorio della nostra regione è per più della metà della superficie coperto da boschi. Rispetto ai dati dell'Inventario Nazionale delle Foreste del 2005 viene rilevato un aumento costante della superficie forestale regionale, dovuto in parte a un differente modello di rilevazione, ma certamente anche al

* Regione Toscana, Settore Forestazione. Usi Civici. Agroambiente

** D.R.E.A.M. Italia



costante trend di aumento della superficie boschiva, causato perlopiù dall'abbandono delle aree agricole in collina e in montagna.

L'abbandono dà luogo a superfici forestali particolarmente ricche di sottobosco, spesso costituito da necromassa, che unito alla continuità delle formazioni forestali e al cambiamento delle condizioni climatiche in atto, causa un aumento del rischio potenziale per lo sviluppo e la propagazione di grandi incendi forestali. Questa condizione è particolarmente allarmante allorquando si verifica in presenza di aree dove il bosco si interfaccia con aree urbane.

Questa realtà è sotto gli occhi di tutti, tristemente confermata negli ultimi anni dalla comparsa, con sempre maggiore frequenza, di incendi boschivi che in molte parti del mondo hanno percorso elevate superfici, causando ingenti danni economici e la perdita di numerose vite umane.

Il Piano AIB in vigore stabilisce che la soglia critica di 20 ettari di superficie boschiva percorsa da fuoco è quella che separa gli eventi di ridotte dimensioni da quelli nei quali il contenimento delle fiamme richiede, presentando un potenziale di pericolosità elevato, un consistente impegno dell'Organizzazione regionale AIB e pertanto un approccio organizzativo e tecnico/operativo diverso "dall'ordinario".

Osservando la tabella 1 che riporta la suddivisione degli incendi boschivi per

CLASSI DI SUPERFICIE BOSCHIVA PERCORSA DA FUOCO	TOTALE INCENDI BOSCHIVI	TOTALE INCENDI BOSCHIVI (%)	%	TOTALE SUPERFICIE BOSCHIVA PERCORSA DA FUOCO	TOTALE SUPERFICIE BOSCHIVA PERCORSA DA FUOCO (%)	%
≤ 1 ettaro	3.903	83,04		682	7,96	
> 1 ettaro e ≤ 5 ettari	577	12,28	98,77	1.206	14,08	40,09
> 5 ettari e ≤ 20 ettari	162	3,45		1.546	18,05	
> 20 ettari e ≤ 50 ettari	29	0,62		910	10,62	
> 50 ettari e ≤ 100 ettari	18	0,38	1	1.201	14,02	24,64
> 100 ettari e ≤ 500 ettari	10	0,21		1.930	22,53	
> 500 ettari	1	0,02	0,23	1.091	12,74	35,27
TOTALE	4.700			8.566		

Tab. 1 *Suddivisione incendi boschivi per classi di superficie - periodo 2008-2018*

classi di superficie boschiva percorsa da fuoco, nel periodo 2008-2018 (pubblicati sul Piano AIB 2019-2021 di Regione Toscana), possiamo comprendere meglio alcuni aspetti del fenomeno degli incendi boschivi nella nostra regione:

1. il 98,77 % degli incendi boschivi viene spento dall'Organizzazione AIB entro i 20 ettari di superficie boschiva percorsa da fuoco, quindi al di sotto della soglia critica posta tra gli incendi di ridotta dimensione e quelli cosiddetti "rilevanti". Questo dato conferma che la strada finora seguita dal nostro Sistema AIB, operativamente fondato sul criterio della tempestività e della concentrazione delle forze, risulti corretta, appropriata ed efficace a contenere la superficie bruciata;
2. il 1,23% degli incendi supera i 20 ettari di superficie boschiva bruciata ed è per l'Organizzazione un dato significativo su cui è necessario riflettere, infatti questo piccolo segmento in termini numerici determina ovviamente più della metà della superficie totale percorsa da fuoco. La soglia dei cosiddetti Grandi Incendi Forestali (GIF) con superficie maggiore di 500 ettari è stata superata 1 volta con l'incendio del settembre 2018 nel comune pisano di Calci che da solo ha percorso una superficie di 1091 ettari di bosco e 150 ettari di vegetazione.

Mentre per gli incendi sotto la soglia critica dei 20 ettari si prosegue con l'attività formativa ormai consolidata in tutti questi anni e l'applicazione sistematica dei principi di "concentrazione forze" e "tempestività", per poter affrontare gli incendi potenzialmente pericolosi che con grande probabilità vedremo aumentare nel numero, è necessario mettere in campo interventi programmati di prevenzione, di previsione e di lotta attiva.

I due obiettivi principali che l'Organizzazione si pone per quanto riguarda gli incendi potenzialmente pericolosi sono pertanto:

- diminuire, anche in aree vaste, il verificarsi di incendi di elevate proporzioni che per la loro vastità possono più facilmente ricadere gravemente sulla pubblica incolumità;
- facilitare, in caso di incendi di elevate proporzioni, l'operatività delle risorse e la loro capacità di intervenire in sicurezza.

Per riuscire a contenere le superfici è innanzitutto necessario procedere a interventi strutturali di tipo preventivo. Per questo in Toscana la Legge Forestale 39/2000 prevede la predisposizione di Piani specifici di prevenzione AIB, finalizzati a pianificare la realizzazione di interventi pubblici di gestione forestale per la messa in sicurezza del territorio e la mitigazione del rischio incendi in aree strategiche. Si tratta di effettuare interventi di diradamento per rendere più difficile il passaggio in chioma degli incendi boschivi radenti, di modifica del modello di combustibile con l'inserimento di specie vegetali di minore infiammabilità, di eliminazione o riduzione del materiale vegetale fine e di quello morto, di interruzione della continuità verticale del combustibile e il ripristino o mantenimento degli spazi aperti posti all'interno e ai margini del bosco. Da qualche anno Regione Toscana ha introdotto a fini preventivi la tecnica del fuoco prescritto, con la predisposizione di Progetti di intervento e la realizzazione dei cantieri. Per questo fine ha proceduto alla specifica e mirata formazione di Progettisti, Direttori per l'esecuzione dei cantieri e Drip torch per l'applicazione del fuoco.

Per quanto riguarda l'attività di previsione, questa si realizza attraverso una sempre più attenta valutazione degli indici di rischio disponibili al fine di razionalizzare le risorse a disposizione e ottimizzare il loro intervento nella lotta attiva, in funzione degli effettivi livelli di rischio di innesco e propagazione di incendio. Nello stesso tempo questa importante attività permette, nei periodi più a rischio di incendi, di fornire a tutto il personale, specialmente quello di coordinamento e direzione delle operazioni, attraverso una "Analisi meteo AIB", indicazioni utili per l'andamento delle condizioni meteo e una analisi tecnica del possibile comportamento degli incendi e della loro evoluzione.

Per svolgere la lotta attiva agli incendi boschivi l'Organizzazione AIB si compone di un articolato organigramma, che prevede livelli organizzativi delle strutture e funzioni ben specifiche che richiedono una costante qualificazione per svolgere al meglio i diversi compiti attribuiti, soprattutto quando si presentano incendi potenzialmente pericolosi.

In particolare, è necessario che il coordinatore di sala (SOUP e COP AIB) e il direttore delle Operazioni AIB siano adeguatamente addestrati alle proprie funzioni in linea con quanto stabilito dal "Sistema regionale di addestramento e qualificazione" (art. 71 comma 5 LR 39/2000), in particolare:

- il coordinatore di Sala (SOUP e COP AIB), coordina l'intervento di tutte le risorse impegnate su incendi presenti sul territorio regionale/provinciale. Queste figure sono determinanti nella gestione dell'emergenza incendi soprattutto in presenza di contemporaneità di eventi, quando l'analisi delle condizioni, con obiettivo della valutazione delle priorità, è la chiave dell'efficacia di un sistema AIB. La tempestività di intervento, soprattutto nelle aree ad alto rischio, e la concentrazione delle forze nelle prime fasi sono i due obiettivi da perseguire sempre;
- il direttore delle Operazioni AIB, fulcro della strategia e della predisposizione del piano di attacco per contenere e spegnere un incendio boschivo. L'analisi dei punti critici, dei punti sensibili, delle opportunità, la valutazione dei tempi di intervento e delle conseguenze che ha lo sviluppo dei fronti di fiamma, rappresentano i passaggi determinanti nella scelta di strategia, tattiche e manovre. Negli eventi complessi, il DO AIB deve essere in grado di coordinare molte figure operative diverse, delegando in maniera razionale i compiti alle figure di supporto e di appoggio alla lotta attiva.

Per gestire al meglio gli incendi potenzialmente pericolosi il DO AIB può richiedere di essere affiancato, oltre che dagli assistenti DO e dai responsabili di Gruppo AIB, anche dalle seguenti figure, con specifici compiti, che entrano nel cosiddetto Coordinamento assistito:

- il logista AIB, figura a cui il DO AIB, impegnato nel piano di attacco può demandare una serie di compiti (organizzazione avvicendamento squadre, rifornimenti idrici mezzi AIB e vasche, assistenza contatti radio - telefonici). Figure come questa si inseriscono nel coordinamento assistito segnando di fatto il passaggio di testimone nella gestione di un evento da intervento di un incendio "normale" ad intervento di gestione di un evento complesso.
- l'analista AIB e l'analista di sala, che aiutano il DO AIB e il coordinatore di Sala SOUP, a valutare l'andamento e l'evoluzione dell'incendio. In incendi complessi la gestione delle molte risorse e le procedure di sicurezza distolgono l'attenzione di quella che è l'analisi dell'evoluzione dei fronti di fiamma, cercando di individuare le opportunità, anticipando l'incendio. L'analista AIB si inserisce come una figura imprescindibile nei grandi incendi boschivi e deve avere capacità informatiche, competenze forestali e cartografiche.
- la Squadra GAUF, composta da un DO AIB e due addetti opportunamente formati per applicare il fuoco al fine di contenere o spegnere un incendio. I GAUF rappresentano una componente di appoggio alla lot-

ta. Queste squadre infatti sono veloci, si muovono con mezzi fuoristrada senza modulo, e grazie alle torce, possono realizzare con manovre rapide, chiusure di lunghi tratti di perimetro. Le squadre GAUF sono utili soprattutto in caso di grandi incendi, dove la quantità di acqua è sempre insufficiente a fronteggiare i fronti di fuoco, o in caso di contemporaneità di eventi, quando è fondamentale “chiudere” velocemente gli incendi, per non aumentare la probabilità di eventi contemporanei.

Il ruolo del Centro di addestramento AIB “La Pineta di Tocchi” è centrale per l’operato di tutta l’Organizzazione AIB, consentendo di soddisfare le più diversificate esigenze formative attraverso metodologie che consentono ai partecipanti un continuo confronto tecnico, uno stimolante mettersi in gioco durante simulazioni ed esercitazioni, l’incontro con realtà AIB diverse da quella toscana da cui comunque attingere elementi organizzativi, tecnici e operativi utili per la conduzione delle proprie attività.

MARCO BORGHETTI*

La ricostituzione della foresta

Grazie per l'invito a intervenire, al presidente dell'Accademia dei Georgofili e al prof. Giannini in particolare.

Vento, fuoco, cambiamento climatico e gestione forestale sono le parole chiavi di questo incontro. Si tratta di un quadro accattivante. In qualche modo, il cambiamento climatico antropogeno ci regala il nemico perfetto: altera la natura e la foresta, indebolisce le nostre certezze, è foriero di manipolatori sensi di colpa collettivi. Pochi pensano che non si debba gestire la foresta per mitigare il cambiamento o adattarsi ad esso, tutti sembrano desiderare il ritorno della foresta dove è stata (apparentemente) distrutta.

La ricostituzione della foresta: è un titolo in parte provocatorio.

Nell'Italia e nell'Europa del quasi quaranta per cento a foresta, è necessario ricostituire in modo attivo pezzi di foresta dopo che un qualche accidente, forse imputabile a questo clima che abbiamo manipolato, l'ha alterata e persino distrutta, come per i milioni di alberi messi a terra dalla tempesta Vaia? Non è forse debole e anacronistico il concetto stesso di ricostituzione legata ad azioni esterne, a solerti attività di ripristino, slegate dalla valutazione dei processi endogeni, più o meno lenti, di rinnovazione, da una solida interpretazione del significato ecologico dei disturbi?

Disturbi, non disastri. Tempesta, etimologica parente del tempo. Ogni cosa, nel suo essere, è figlia inconsapevole del tempo; ma il tempo è vero mutamento se cambia anche la nostra mente nel pensarlo, altrimenti il dilemma fra essere e divenire si ripropone intero nella prassi e nei nostri progetti; e se non distinguiamo il dopo dal prima e il prima dal presente prevale l'idea che non ci sia stata l'azione del tempo nel mezzo, e manchiamo di lungimiranza.

* Scuola SAFE, Università degli Studi della Basilicata

Tutti siamo suoi figli, *Chronos* nel mito ci divora ma in realtà ci trasforma, ci rilascia in forme diverse e ci ripropone nel racconto dell'universo: «Abbiamo mille anni e siamo biologia. I nostri corpi non ci sono più e sono altro. Un tuo piede è un sasso, il mio naso è sabbia, le tue orecchie sono diventate mele, un mio occhio è un riccio in fondo al mare. La tua bocca, adesso, è carne dentro la mano di un uomo, i miei polmoni sono diventati matita. La materia si converte e noi con lei. Senza coscienza, la mano dell'uomo nel quale ci sei tu prende la matita nella quale ci sono io e scrive delle frasi, e noi esistiamo ancora nel movimento e nella scrittura» (GIORGIO VASTA, *Il tempo materiale*, Minimum Fax, Roma).

L'incendio che brucia e il bosco che verrà. Con i miei collaboratori ho considerato, usando dati MODIS, tutti gli incendi (quelli con superficie superiore di 30 ettari, comunque migliaia) dal 2001 al 2017 in tutta Europa, e analizzato quindi, per ogni incendio, le serie temporali dell'indice *NDVI*, stimatore dell'indice di area fogliare, il *LAI*. Attraverso algoritmi statistici che consentono di valutare quando in una serie temporale l'indice considerato torna, dopo un cambiamento drastico (in questo caso dovuto all'incendio) ai valori precedenti, abbiamo stimato che, mediamente, dopo circa cinque anni dall'incendio il *LAI* ritorna agli stessi valori di prima, senza grandi differenze fra categorie di bosco e fasce latitudinali. Certo: *NDVI* è solo uno stimatore del *LAI*, il *LAI* non è quello della foresta, sarà una prateria steppica, una gariga, una macchia bassa, saranno arbusteti con qualche alberello, sono comunque prodromi, non è il deserto che fa seguito all'antropogeno fuoco, il fuoco non sparge anche il sale. E se aspettiamo con pazienza, un altro bosco verrà, quasi sempre, una vasta esperienza ce lo dice.

Il tempo che trasforma e la foresta che ritorna: non solo infrastruttura verde, non solo "macchina" per erogare servizi (di fronte a certa terminologia un po' di orticaria mi prende, e dire che sono incline al cristiano antropocentrismo, seppur mitigato dalla lezione di Spinoza).

Ho scritto recentemente: «Le tempeste di vento sono da interpretare alla stregua di un disturbo naturale che, periodicamente – oggi forse più spesso, per via del cambiamento climatico – incide sulla foresta. Gli ecologi forestali hanno compiuto approfondite ricerche sul tema, e oggi esistono paradigmi che aiutano a interpretare le dinamiche legate ai disturbi. Il sapere acquisito ci rende però consapevoli anche delle cose che ancora non si sanno; suggerisce cautela nel formulare previsioni di carattere generale (...); scoraggia dal programmare interventi con la fretta di chi vuole ripristinare, risistemare, cancellare le tracce, come se la natura fosse una casa cui rifare il tetto, un ponte da consolidare, una strada da mettere in sicurezza».

Lo ribadisco: che prima dell'azione ci sia osservazione attenta, e paziente attesa; si confidi il più possibile sui processi naturali di rinnovazione che i disturbi inevitabilmente innescano, l'azione tecnica sia informata dalla scienza. Il bosco potrà metterci del tempo a ricrescere, sarà forse un mosaico, anche su piccole superfici. Ma se avremo pazienza di aspettare, cresceranno boschi produttivi e variegati, belli da vedere e (forse) in grado di fronteggiare meglio le future tempeste.

E ripetiamo pure che la ricostituzione artificiale della foresta dopo i disturbi (fuoco o vento che sia) sarà caso raro, limitato a specifiche particolari situazioni, con metodi e tecniche ben consolidate. Punto critico, da non sottovalutare, come spesso invece lo è stato, sarà quello relativo all'impiego di materiale di propagazione non estraneo ai processi di adattamento della specie. Ma anche qui la tecnica può essere pienamente supportata da una scienza che negli ultimi decenni ha prodotto conoscenze di qualità sul significato della strutturazione macro e micro- spaziale della variabilità genetica per molte importanti specie forestali.

Nel passato siamo stati molti bravi a creare nuovi boschi, e il rimboschimento ha svolto un ruolo importante per la difesa idrogeologica e per l'occupazione; poi spesso questi boschi non li abbiamo curati a dovere. Adesso non c'è bisogno di ricostituire artificialmente la foresta, ci sarà bisogno di curarla quando verrà, per esaltarne le funzioni, applicando con sapienza i principi della selvicoltura e della gestione adattativa; coscienti che in un mondo che cambia così rapidamente, sia negli aspetti ambientali che in quelli socio-economici, sarà sempre di più necessario far precedere i piani operativi da riflessioni su come debbano svilupparsi le relazioni fra uomo e natura: riflessioni che aiutino a definire nuove idee, a valutare idee precedenti, a stabilire ponti fra discipline diverse, a interpretare le mutevoli relazioni fra risorse naturali e società.

Tutto questo è bene che lo si dica qui: siamo in una Accademia, in un luogo che affonda le sue metaforiche radici proprio in un bosco, quello sacro dedicato all'eroe greco *Achademos*: là fu impressa una svolta decisiva al pensiero occidentale; qui, recentemente, si è parlato di unità del sapere e dei contributi che il pensiero alto, filosofico, può dare alla scienza e alle sue applicazioni. Non dimentichiamoci di questi riferimenti quando definiamo le nostre azioni per l'ambiente e la foresta del futuro.

RIASSUNTO

Il tema legato alla ricostituzione della foresta in seguito ad eventi (tempeste di vento, incendi) che abbiano innescato processi distruttivi o comunque fortemente alteranti ripropone la riflessione sul rapporto fra tempo, natura e uomo. Ogni prospettiva di ricosti-

tuzione non tema di attardarsi sulla ratio delle scelte, sulla valutazione dei processi naturali innescati dai disturbi, delle loro dinamiche temporali, ecc., per evitare inopportune scorciatoie.

ABSTRACT

Forest restoration. The theme of forest restoration, following events (wind storms, wild fires) that have triggered destructive or strongly altering processes, claims for thoughts on the relationship between time, nature and the man. Any restoration perspective should not escape from considering the deep rational of our choices, the up-to-date knowledge on natural processes and the assessment of their temporal dynamics following disturbances, etc., in order to avoid inappropriate shortcuts.

RAFFAELE CAVALLI*

L'accessibilità delle foreste quale strategia per la gestione di eventi catastrofici naturali

INTRODUZIONE

L'uragano Vaia ha causato nei territori delle Alpi nord-orientali una serie di danni alle infrastrutture (abitazioni ed edifici produttivi, vie di comunicazione, linee elettriche e telefoniche, acquedotti) e alle foreste, a causa dell'azione combinata delle intense precipitazioni (aggravata da un antecedente periodo di siccità) e del vento.

Pur trattandosi di un fenomeno imprevedibile come portata, l'efficacia dei sistemi di allerta e di protezione civile ha consentito di limitare la perdita di vite umane, ma poco ha potuto sulla magnitudine dei danni, in particolare di quelli alle foreste che sono stati stimati in circa 8,5 Mm³ di legname.

Fin dai primi giorni dopo l'evento ci è resi conto della gravità delle conseguenze dell'uragano, consapevoli di dover affrontare il ripristino del territorio con l'adozione di interventi d'emergenza, così come è stato sancito dalle disposizioni dell'ordinanza n. 558 del 15.11.2018 emanata dal Capo del Dipartimento della Protezione Civile.

All'art. 12 (modificato con analogo atto n. 560 del 7.12.2018), l'ordinanza ha definito le procedure in base alle quali si deve procedere alla rimozione degli alberi abbattuti e dei materiali vegetali, sostanziando la tempestività con cui le operazioni devono essere condotte.

Il piano di azione, adottato dalle figure cui è stata demandata la gestione dell'emergenza (Commissari e Soggetti Attuatori), il rischio di un deprezzamento del valore del legname e la stagione invernale caratterizzata da minime precipitazioni nevose hanno indotto gli Enti proprietari (Comuni e Regole)

* *Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali (TESAF), Università degli Studi di Padova*

a emanare bandi d'asta per quantità di legname decisamente inusuali (da decine a centinaia di migliaia di m³) che hanno attratto l'interesse non solo di industrie di prima lavorazione nazionali ed estere, ma anche di gruppi imprenditoriali operanti nel settore delle bioenergie, determinando una rimodulazione del mercato del legno che è andato caratterizzandosi per una differente ampiezza, da locale a internazionale, e per il richiamo di imprese di utilizzazione forestale sia nazionali, sia estere.

In questo scenario del tutto nuovo per la realtà alpina, affinché gli interventi di utilizzazione fossero condotti con efficienza e razionalità, è stato opportuno definire e analizzare una serie di elementi a cui la pianificazione delle operazioni doveva adeguarsi.

Un primo elemento è rappresentato dai rischi di distacco di valanghe o di rotolamento di massi nei luoghi in cui è venuta a mancare la copertura arborea, soprattutto dove questa svolgeva funzioni di protezione. Il rischio di distacco valanghe, definito dall'ARPA Veneto che ha elaborato una aggiornata cartografia del rischio valanghivo, è presente su pendii con inclinazione variabile da 27 a 40° e con un grado di copertura arborea inferiore a 50%. In queste situazioni, in particolare quando le aree boschive danneggiate si trovano al di sopra di abitati o di infrastrutture viarie, è opportuno non rimuovere la massa legnosa che, anche se costituita da alberi atterrati, è comunque in grado di stabilizzare la massa nevosa, riducendo il rischio di valanghe. L'utilizzazione del materiale dovrà essere posticipata al momento in cui potrà essere programmata la costruzione di strutture paravalanghe che via via sostituiranno l'utile, ma pur sempre precaria, protezione degli alberi a terra.

Per quanto riguarda il rotolamento di massi, si tratta di un fenomeno che può avvenire su pendii con inclinazione superiore a 44°. Si devono distinguere due situazioni: se l'area boschiva danneggiata si trova al di sotto delle zone di distacco di massi, il materiale legnoso va lasciato in loco e rimosso solo quando sarà possibile realizzare opere fisse di protezione; se l'area boschiva danneggiata si trova nella zona di distacco dei massi, il materiale legnoso deve essere rimosso perché potrebbe accentuare il pericolo di caduta; in questo caso si deve valutare la realizzazione di opere fisse di protezione se nelle zone sottostanti sono presenti abitati o infrastrutture (Servizio Foreste e Fauna, Provincia Autonoma di Trento, 2019).

Un secondo elemento è rappresentato dalla gestione delle ceppaie degli alberi sradicati, cioè delle parti arboree che restano al suolo dopo la rimozione del fusto. Sono le ceppaie degli alberi caduti verso valle lungo la linea di massima pendenza a costituire un rischio reale, in particolare quando esse si trovano sopra abitati o infrastrutture. In questo caso è opportuno rilasciare un

moncone di fusto di lunghezza pari all'altezza della ceppaia fuori terra, così che possa svolgere la funzione di puntello e assicurare una sufficiente stabilità.

Va comunque considerato che ogni condizione suggerisce interventi diversi di gestione delle ceppaie, da scegliere in ragione dei rischi per la gente del luogo e per la stabilità del territorio messo a nudo.

Un terzo elemento è dato dalle priorità che è necessario garantire allo sgombero del materiale legnoso in rapporto alle possibili pullulazioni di bostrico, favorite dalla grande massa di materiale danneggiato sia a terra, sia ancora in piedi. Considerando le caratteristiche della specie (*Ips typographus*), è chiaro che l'entità del problema è proporzionale alla percentuale di abete rosso presente nei popolamenti, diventando rilevante sopra al 50%. Ma oltre a questo, altri elementi devono essere considerati per definire le priorità di intervento (UFAM, 2008):

1. priorità ai danni sparsi rispetto a quelli su superfici estese: è stato dimostrato che proprio i danni sparsi e le piccole aree devastate devono essere sgomberate col massimo dell'urgenza. Queste superfici rischiano con grande probabilità un'infestazione e spesso subiscono anche danni totali. Inoltre, i danni sparsi sono, per definizione, diffusi su un'ampia regione e alimentano il pericolo che gli scolitidi si diffondano su una superficie boschiva più estesa non ancora colpita. In queste aree sparse, inoltre, l'ombreggiamento e l'umidità favoriscono la proliferazione di questi insetti;
2. priorità agli alberi sradicati rispetto a quelli spezzati: si deve rimuovere la massa legnosa che, durante il secondo anno dopo l'evento, potrebbe offrire un substrato idoneo alla proliferazione degli scolitidi;
3. priorità ai versanti Nord rispetto ai versanti Sud: questa priorità va adottata nel caso si prevedano periodi per l'allestimento del legname maggiori di un anno; il legname danneggiato presente sui pendii esposti da Sud fino a Ovest, dove l'essiccazione avviene in modo più rapido, può avere una priorità inferiore;
4. priorità ai versanti Sud rispetto ai versanti Nord: nel caso si prevedano periodi per l'allestimento minori di un anno, lo sgombero del legname danneggiato sui versanti esposti nei settori da Nord fino a Est risulta meno urgente, in quanto anche al termine del periodo di allestimento il legname probabilmente non sarà ancora stato colonizzato.

È comunque fondamentale adottare una *visione di contesto*, che consideri la globalità del territorio e non una singola area, scegliendo delle strategie di protezione a salvaguardia del bosco non danneggiato mediante un opportuno contenimento delle popolazioni di bostrico sul legname danneggiato.

Un quarto elemento è connesso all'impiego pressoché generalizzato di can-

SISTEMI DI PROPULSIONE	PENDENZA DEL TERRENO (%)		
	ABBATTIMENTO	STRASCICO	TRASPORTO
Pneumatici con catene e sovracingoli	35-45	35-45	30-35
Semicingolature	50-70	-	-
Cingolature	45-60	45-55	35-45
Sistemi ibridi ruote - bracci	60-80	-	-
Sistemi di ausilio alla trazione	50-80	50-80	50-80

Tab. 1

tieri a elevata meccanizzazione, la cui organizzazione è garantita in particolare da imprese forestali straniere e che ha visto l'introduzione di macchine fino a questo momento impiegate in maniera sporadica nei territori alpini (*feller-buncher*, *skidder* radioguidati, *harvester*, *forwarder*, ecc.); esso richiede che si presti particolare attenzione alla compattazione del terreno determinata dai mezzi.

In generale la protezione del terreno va regolata a livello contrattuale, vietando con vincoli espliciti l'esbosco in periodi in cui il terreno ha un elevato contenuto idrico e quindi una particolare sensibilità alla compattazione, e preferendo piuttosto l'esbosco quando il terreno è innevato e ghiacciato. Un'adeguata sistemazione della ramaglia a formare dei materassi sulle piste di esbosco può ulteriormente limitare la compattazione.

Tuttavia su terreni particolarmente sensibili, quali sono quelli con elevati contenuti di argilla o con presenza di ristagno idrico, può essere opportuno lasciare il legname in bosco.

In ogni caso devono essere considerati i limiti riguardanti i differenti sistemi di propulsione per quanto attengono la trafficabilità dei terreni (tab. 1).

Certamente il ricorso a cantieri a elevata meccanizzazione può avere delle ripercussioni positive sulla sicurezza del lavoro, ma non va trascurato che tali cantieri appartengono spesso a imprese straniere che si avvalgono di maestranze che non hanno pratica con la geografia dei luoghi, né spesso sono in grado di comunicare perché non conoscono la lingua italiana.

In queste condizioni la segnalazione di un infortunio e la richiesta di soccorso possono diventare azioni complesse e mettere a repentaglio la vita degli infortunati.

È perciò opportuno affidare le utilizzazioni o vendere i lotti a imprese che assicurano, in conformità a una previsione da inserire nel capitolato d'oneri, la percorribilità della viabilità forestale per motivi di emergenza e soccorso, anche in caso di occupazione parziale e/o temporanea della medesima. Inoltre all'impresa deve essere fornita una mappa redatta sulla base della carta tecnica regionale e riportante la viabilità di collegamento tra i lotti, la viabilità principale e i punti di elisoccorso, con le relative coordinate. I territori par-

zialmente o totalmente non coperti dal segnale di telefonia mobile, nei quali sono situati i lotti, vanno specificati/identificati in mappa; in questo caso la stessa mappa deve riportare anche uno o più punti limitrofi serviti dal segnale (Servizio Foreste e Fauna, Provincia Autonoma di Trento, 2019).

La gestione della sicurezza e delle emergenze costituisce uno degli elementi importanti nell'organizzazione del cantiere. A queste vanno aggiunti:

- i tempi di percorrenza e di trasporto del personale dagli alloggi al cantiere, per le forniture dei materiali necessari al funzionamento delle macchine e delle attrezzature e per il trasporto del materiale legnoso dalla zona di esbosco ai piazzali di destinazione;
- l'accessibilità del cantiere, ossia il tempo impiegato da un operatore, in media, per raggiungere a piedi il posto di lavoro dal momento in cui lascia la strada carrozzabile;
- la densità e la qualità della viabilità. Nei territori di montagna, la viabilità a servizio del bosco è una prerogativa indispensabile per condurre le utilizzazioni boschive e deve garantire standard di sicurezza e di produttività ai mezzi di trasporto. Nelle diverse situazioni che si sono create dopo la tempesta può rivelarsi necessario prevedere un adeguamento della viabilità o la realizzazione di soluzioni alternative. Sulle strade dove è previsto il transito di autocarri si devono considerare eventuali limitazioni temporali, frequenti nel caso in cui vi siano delle interferenze con i centri abitati, oppure in specifici periodi stagionali. È anche fondamentale prevedere una preventiva analisi delle infrastrutture viarie interessate dalle rotte dei mezzi di trasporto: analisi statica, raggi di curvatura, larghezza della carreggiata, portate consentite, pendenze, ecc.;
- la disponibilità e la qualità delle superfici per l'accatastamento e l'eventuale misurazione. Le elevate produttività giornaliere dei cantieri a elevata meccanizzazione, che in alcuni casi arrivano anche a 300 m³ al giorno, da un lato, e le capacità di trasporto degli automezzi, dall'altro, impongono la costituzione di depositi intermedi in cui accumulare il materiale raccolto in attesa del suo invio alla destinazione finale.

In una simulazione condotta sul territorio dell'Altopiano dei Sette Comuni (Vicenza), nel quale la stima del materiale danneggiato assomma a circa 800.000 m³ di legname, si è determinato che, sulla base delle caratteristiche tecniche dei mezzi di trasporto utilizzati (autotreni e autoarticolati) e delle loro esigenze in termini di viabilità (larghezza della carreggiata, raggi di curvatura dei tornanti e raggio esterno della fascia di ingombro), le direttrici di trasporto e di collegamento verso i principali assi autostradali (A4, A22 e A31) si limitano a tre strade principali: strada statale 350 di Folgaria e di Val d'Astico

(SS 350), strada provinciale di Valgadena (SP 76) e strada provinciale di Valdassa e Pedemontana Costo (SP 349).

È stato infine simulato che, in base alle relazioni tra viabilità, aree forestali danneggiate e quantitativi di legname presenti, lungo le tre direttrici viaggeranno, nell'ordine, 1900 autotreni, 1600 autotreni e autoarticolati e 25000 autotreni e autoarticolati.

La logistica dei trasporti può, dunque, creare una serie di criticità che devono essere considerate e analizzate per evitare rallentamenti nei flussi del materiale legnoso verso le destinazioni intermedie e finali. Si tratta di criticità infrastrutturali relative all'attraversamento di ponti e passaggi sospesi, che possono rivelarsi insufficienti a sopportare una frequenza di passaggio elevata di carichi pesanti; all'attraversamento di centri abitati e ai conseguenti disturbi alle attività ordinarie; alla disponibilità di piazzali in cui far sostare gli automezzi in attesa del turno di carico e per il riposo degli autisti. Infine, non va trascurato l'invitabile interferenza che si crea con il traffico turistico, destinato ad aumentare in concomitanza con l'incremento del numero di mezzi di trasporto circolanti per effetto della stagione estiva che favorisce sia la stagione turistica sia l'intensificazione delle utilizzazioni forestali.

ABSTRACT

Vaia storm caused damage to civilian infrastructures and forests in the territories of the north-eastern Italian Alpine mountains due to a combined action linked to the intensity of precipitation (aggravated by a previous period of drought) and wind.

From the first days after the event the gravity of the consequences of the hurricane was realized, aware of having to face the restoration of the territory with the adoption of emergency interventions as it was sanctioned by the ordinances issued by the Head of the Civil Protection Department.

The action plan, the risk of a depreciation of the value of the timber and the winter season characterized by minimal snowfall led the owners (Municipalities and Regole) to issue auctions for very unusual quantities of timber (from tens to hundreds of thousands of cubic meter) that attracted the interest not only of domestic and foreign wood industries, but also of entrepreneurial groups operating in the sector of bioenergy, leading to a remodeling of the wood market that has been characterized itself from local to international.

This has stressed an organization of transport logistics that goes beyond the experiences gained so far and requires a different approach in terms of solutions and strategies.

Faced with a substantial uniformity in the execution of forestry operations with the widespread adoption of high levels of mechanization (harvester and forwarders, cable cranes, cable cranes combined with processors), the approaches to the transport of the collected material are different. both in terms of managing the measurements of the volumes of the material to be loaded, and in terms of the choice of transport routes, functional to the dimensions of the transport vehicles and to intermediate and final destinations.

A case study concerning the situation recorded on the Altopiano dei Sette Comuni (Vicenza) is reported as an explanation of the concepts analyzed.

BIBLIOGRAFIA

- SERVIZIO FORESTE E FAUNA, PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO. (2019): *Piano d'azione per la gestione degli interventi di esbosco e ricostituzione dei boschi danneggiati dagli eventi eccezionali nei giorni dal 27 al 30 ottobre 2018*, Servizio Foreste e Fauna, Provincia Autonoma di Trento, Trent, 49 pp.
- UFAM (2008): *Manuale relativo ai danni da tempesta. Aiuto all'esecuzione per far fronte ai danni alle foreste provocati da tempeste d'importanza nazionale. Scelta della gestione dei danni nei singoli casi. Ambiente-Esecuzione n. UV-0801-I*, Ufficio federale dell'ambiente, Berna. 3ª edizione rielaborata, 247 pp.

Intervento

Ill.mo sig. presidente, autorità civili e militari, gentili signore e signori, sono stata molto felice di poter ascoltare gli interessantissimi argomenti trattati nel convegno di oggi, per cui ringrazio di cuore l'Accademia dei Georgofili, l'Accademia italiana di Scienze forestali, e tutti i relatori.

Come direttore generale della Direzione foreste, incaricata di occuparsi, come priorità, dell'elaborazione di politiche forestali, della rappresentanza degli interessi forestali in sede internazionale e del coordinamento delle politiche forestali regionali, ascoltare contributi scientifici aggiornati che evidenziano problemi e tendenze delle Scienze ecologiche e forestali è fondamentale per poter poi procedere, come articolazione del MiPAAFT, del cui ministro e sottosegretario con delega alle foreste porto i saluti, a redigere atti e a concretizzare fatti che rispondano alle questioni segnalate.

Mai come le evidenze scientifiche portate all'attenzione oggi richiedono interventi mirati e solleciti, poiché rischi ambientali e cambiamenti climatici sottopongono quotidianamente alla nostra attenzione i propri effetti.

Di alcuni interventi già messi in atto dalla Direzione foreste nel suo recente percorso altri hanno già parlato nei precedenti interventi. Mi limiterò a osservare che le azioni di perimetrazione delle aree forestali schiantate dalla tempesta VAIA, la quantificazione dei danni, l'elaborazione di articoli dedicati agli schianti nel corpo dell'Ordinanza di Protezione civile 558 del 2018 sono state portate a termine con tempestività grazie a una intensa collaborazione interistituzionale tra Direzione generale, Regioni e Province autonome colpite e SISEF.

Si tratta di una innovativa forma di collaborazione che, coinvolgendo un

* *Direttore della Direzione generale delle foreste*

ben più ampio numero di collaboratori (214 tra Enti, Istituzioni, Fondazioni e Onlus) ha dato origine anche al 1° Rapporto sullo stato delle foreste italiane che colma, almeno in parte, la cronica mancanza di dati sul sistema foresta-legno italiano. Un capitolo è dedicato alle conseguenze della tempesta VAIA sui boschi del Nord Est, con dati e riflessioni.

Tra gli argomenti commentati, trovano spazio anche i dati sugli incendi boschivi, nel solco della tradizione avviata dal CFS e proseguita dal CUFA dell'Arma dei Carabinieri, ma anche dati sul volontariato AIB, sulle spese statali e gli investimenti dei PSR nell'antincendio boschivo e un focus sui danni ai boschi italiani da insetti e funghi.

Quello che si delinea, come acutamente osservato proprio nel convegno che l'Accademia dei Georgofili ha organizzato in questa sala sul Testo Unico delle foreste e delle filiere forestali qualche mese fa, è il superamento del principio della leale collaborazione, in favore di un autentico gioco di squadra.

Anche il Dipartimento di Protezione Civile ha consentito alla Direzione foreste di partecipare ai tavoli di briefing e debriefing sulle attività antincendio, portando l'esperienza della prevenzione selvicolturale degli incendi boschivi. Come acutamente evidenziato dall'intervento in proposito che mi ha preceduto, non posso non evidenziare con preoccupazione lo spostamento del baricentro di interesse verso lo spegnimento, e verso pratiche ingegneristiche. Mi limito a osservare che il bosco non è un combustibile, ma un ecosistema complesso e multiforme. Le pianificazioni devono parlarsi almeno a partire dalla pianificazione forestale e la pianificazione antincendio.

Con la legge di stabilità, sono stati stanziati alcuni fondi per le attività forestali, ponendo fine a una delle osservazioni più critiche alle previsioni del TUFF, che non contiene, in omaggio alla delega parlamentare, previsioni di capitoli di spesa.

Una piccola somma è stata stanziata per contribuire alle operazioni di ripristino ambientale delle aree colpite dal fenomeno VAIA, che subisce al momento un rallentamento nell'erogazione per comprendere in che posizione gli stanziamenti si trovino rispetto al regime degli aiuti di Stato.

Tra le somme, ancora meno copiose, destinate al Fondo foreste, la Direzione foreste ha concertato con le regioni, grazie al neonato Tavolo di concertazione forestale, di inserire una previsione di voli LIDAR, in collaborazione con AGEA, sulle aree schiantate nel Nord Est.

Infine, nella bozza di documento che è in corso di elaborazione come strategia forestale, il gruppo di lavoro, coordinato dal Prof. Pettenella, ha determinato di dedicare alcune pagine ai disturbi agli ecosistemi forestali, ac-

cresciuti nelle intensità dagli effetti dei mutamenti climatici, e alle possibili azioni per prevenirli e mitigarli.

Ho ascoltato con attenzione gli interventi scientifici con i quali si descrivono le perturbazioni, anche su ampie superfici, come elementi insiti nelle naturali dinamiche evolutive forestali e di come si possa fare leva sulle capacità naturali di rigenerazione dei boschi, e sulla pazienza dei forestali, per il ritorno del bosco nelle superfici colpite dagli schianti. Comprendo bene ciò che da questi elementi si può dedurre, in senso operativo, osservando però che i ragionamenti sul bilanciamento tra attività di ricostituzione e lasciare fare alla natura vanno elaborati area per area. Ad esempio mi aspetto interventi di consolidamento, semine e anche reimpianti in quelle porzioni di bosco schiantate cui era stata assegnata funzione protettiva di abitati, o infrastrutture, e il concorso nella prevenzione di frane e valanghe.

Tutte le attività illustrate saranno possibili solo proseguendo nel segno della collaborazione e della concertazione. I risultati che già abbiamo conseguito e quelli che verranno, saranno merito di tutti i protagonisti, e porteranno a risultati più duraturi, nell'interesse delle generazioni future.

RIASSUNTO

La Direzione generale foreste del Mipaaf, con la collaborazione delle Regioni e Province autonome, Sisef, liberi professionisti, fondazioni e onlus, si è resa protagonista di iniziative di alto livello tecnico e scientifico, oltreché amministrativo, subito dopo la tempesta Vaia. Altre iniziative sono in cantiere, sempre nel segno della condivisione e della concertazione con i protagonisti del settore.

ABSTRACT

The Forests Directorate-General of Mipaaf, with the collaboration of the Regions and autonomous Provinces, Sisef, freelance professionals, foundations and non-profit organisations, has made itself the protagonist of initiatives of high technical and scientific level, as well as administrative, right after the VAIA storm. Other initiatives are in the pipeline, always in the sign of sharing and consultation with the protagonists of the forests sector.

BRUNO PETRUCCI*

Foreste - MATTM: gli incendi boschivi nei Parchi Nazionali

Il Ministero dell'ambiente, tramite le sue sei Direzioni Generali cosiddette "tecniche", si occupa a vario titolo di molte problematiche di interesse forestale, a partire dalla D.G. per la protezione della natura e del mare. Ciononostante, da sempre, non ha in ruolo un sufficiente organico di funzionari laureati in Scienze forestali e ambientali che possa adeguatamente sviluppare tali competenze istituzionali, collegarsi col mondo della ricerca e con i rappresentanti del settore per supportare i competenti organi decisionali. Un primo concorso, previsto a breve, potrebbe superare parzialmente tale carenza.

La particolare competenza specifica sui piani antincendi boschivi (o piani AIB) nelle aree protette statali (Parchi nazionali e Riserve naturali statali), in attuazione dell'art. 8 della legge quadro sugli incendi boschivi L. 353/2000, spetta al Ministero dell'ambiente che ha affrontato fin dall'emanazione della norma in modo concreto la situazione. L'attività è sostanzialmente iniziata con la pubblicazione del libro *Incendi e complessità ecosistemica* (Blasi et al., 2004) coinvolgendo i maggiori studiosi italiani del settore; opera che si distingue per il particolare approccio "ecologico" alla problematica. È seguita l'organizzazione del relativo staff che ha subito realizzato e poi implementato una apposita pagina web del sito ministeriale dedicata al tema (<https://www.minambiente.it/pagina/attivita-antincendi-boschivi>), periodicamente aggiornata, a partire dai cardini di riferimento per la predisposizione dei piani AIB da parte degli enti gestori delle aree protette statali: lo schema di piano AIB e il relativo manuale per i Parchi nazionali e lo schema per le Riserve naturali statali (fig. 1).

* *Direzione per la protezione della natura e del mare del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare*



Fig. 1

Questi documenti sono stati aggiornati via via negli anni e l'ultima versione datata 2018 ha mirato al miglioramento della cartografia AIB, indicando un primo percorso metodologico relativamente rigido per realizzare la carta della pericolosità e quindi la c. del rischio (fig. 2), per ottenere un prodotto omogeneo, che permetta contemporaneamente una rappresentazione a valenza nazionale, per possibili confronti e indagini statistiche sulla problematica fra Parchi diversi e distanti fra loro, e una a valenza locale, per meglio affrontare la specifica realtà territoriale del singolo parco e individuare le migliori attività di prevenzione AIB.

La carta del rischio realizzata in ambiente GIS, che deriva dalla sovrapposizione della carta della pericolosità con la c. della gravità tramite apposita matrice, viene rappresentata con le previste tre classi di rischio (bassa, media, alta); al contempo, mantiene l'informazione sulla singola unità cartografica (o pixel) analizzata, normalmente di lato 40 o 20 metri in base al DTM utilizzato e alle esigenze locali, che identifica sia la classe di pericolosità che quella di gravità (fig. 3). Informazioni che risultano particolarmente utili a livello operativo, ad es. per il Direttore delle Operazioni di Spegnimento.

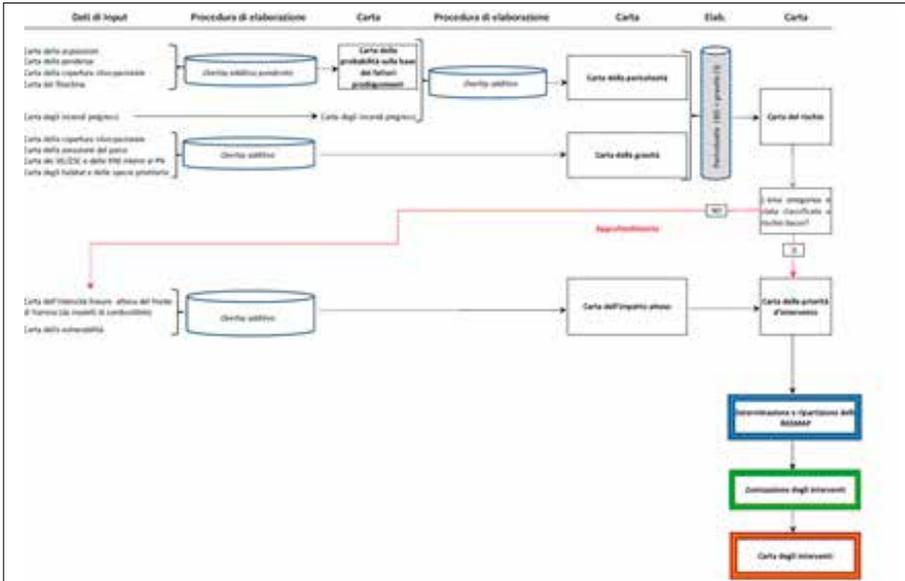


Fig. 2 Procedure ed elaborazioni cartografiche AIB previste nello Schema e Manuale di riferimento per le aree protette statali

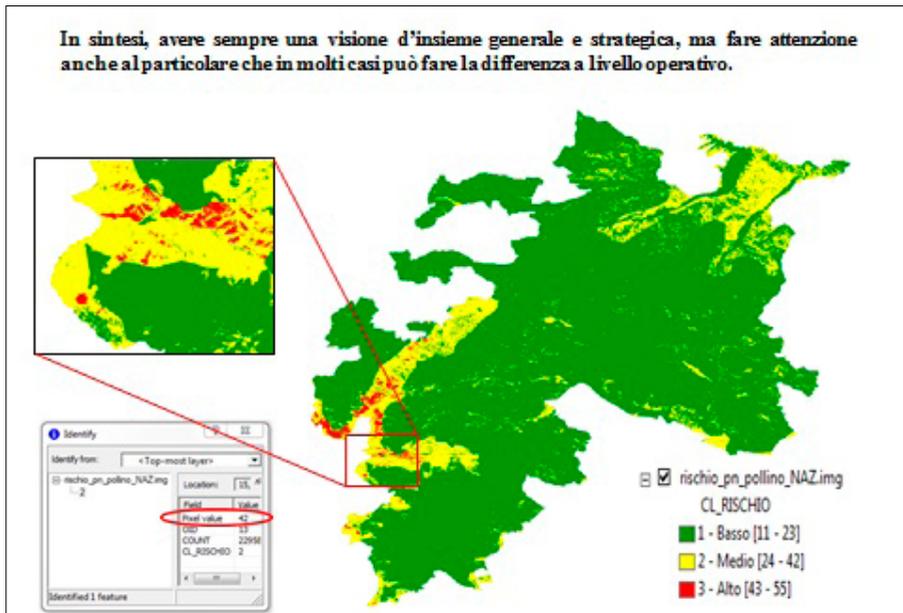


Fig. 3 Risultati ottenuti con la nuova cartografia AIB: dal generale al particolare

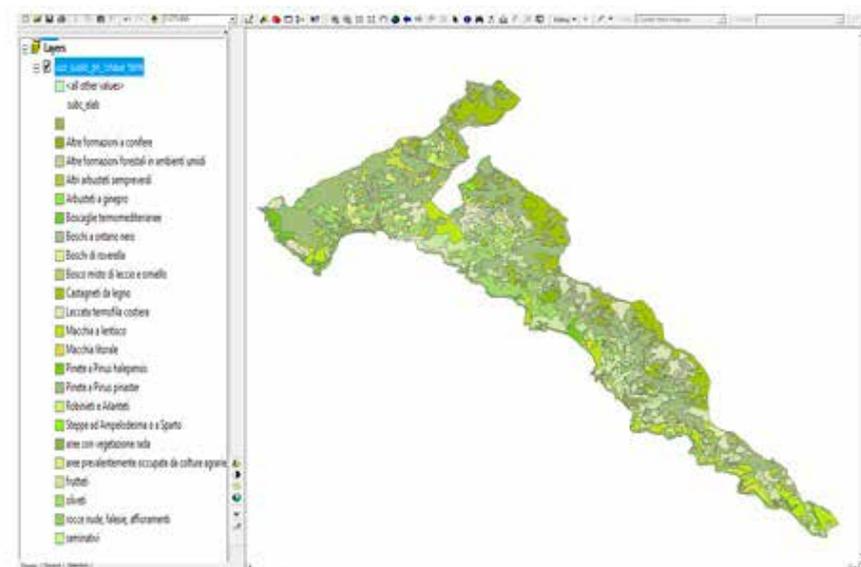


Fig. 4 Es. di «carta dell'UDS con approfondimenti per la vegetazione forestale» avente una stessa classificazione a livello nazionale derivata da CLC e INFC

Per la realizzazione della cartografia AIB si chiede di partire con ottimali conoscenze di base e quindi con una carta omogenea, definita “C. dell’uso del suolo con approfondimenti per la vegetazione forestale” (fig. 4), da ottenere utilizzando la variegata cartografia disponibile nei P.N. e una stessa classificazione a livello nazionale che deriva dal Corine Land Cover per le aree non forestali e dall’Inventario Nazionale per le Foreste e il Carbonio a livello di sottocategoria per le aree forestali, al fine di poter collegare le classi risultanti ai parametri AIB di pericolosità presenti in bibliografia e negli schemi di riferimento di cui sopra.

Altro elemento fondamentale di partenza è una ottimale carta degli incendi pregressi, da redigere utilizzando i dati forniti dai Carabinieri forestali, eventualmente integrati con conoscenze di maggiore dettaglio o complementari, ottenibili ad es. con le immagini satellitari Sentinel 2 del programma comunitario Copernicus (fig. 5).

È doveroso ricordare che nelle annate difficili e più critiche per gli incendi boschivi le aree protette evidenziano la loro grande fragilità, anche rispetto all’intero territorio nazionale (fig. 6). Fra i probabili fattori determinanti risultano la continuità vegetazionale e la carenza di viabilità che impediscono un tempestivo intervento nello spegnimento; tempestività indispensabile per

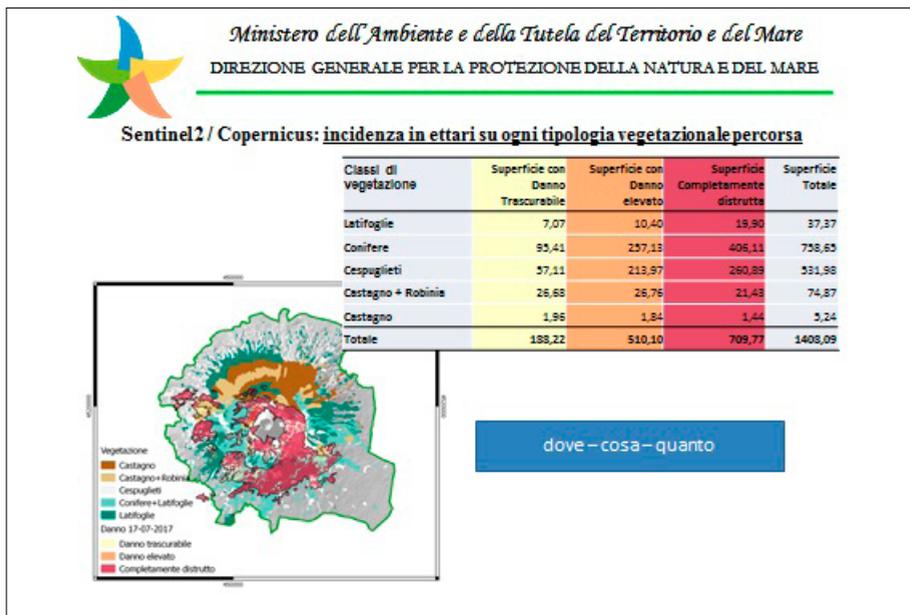


Fig. 5

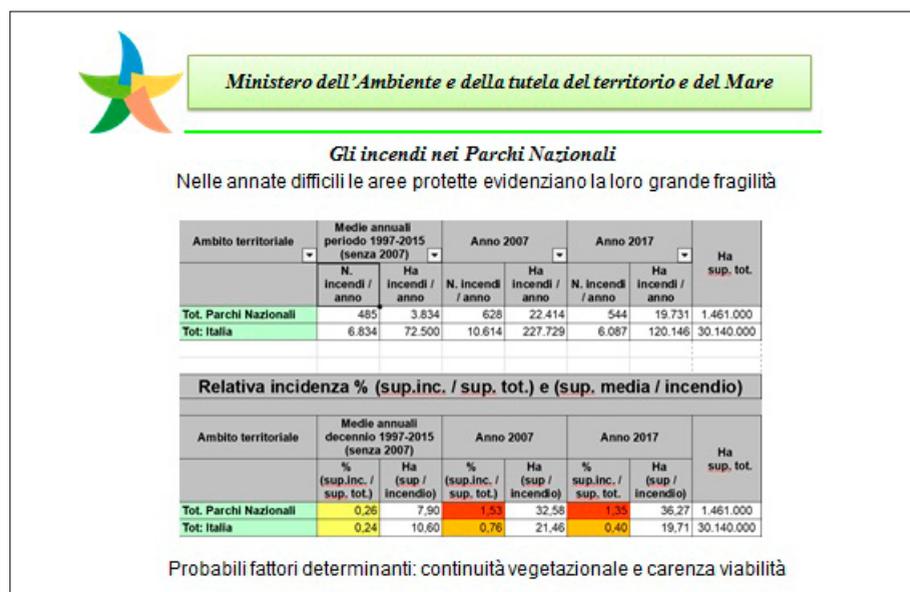


Fig. 6

evitare lo sviluppo di grandi incendi difficilmente domabili con ogni mezzo, sia terrestre che aereo.

In sintesi, il miglioramento della cartografia AIB proposto mira a: favorire la conoscenza territoriale e la disponibilità dei dati ambientali dei soprassuoli forestali protetti e del correlato fenomeno degli incendi boschivi; armonizzare a livello nazionale la conoscenza AIB di territori molto diversi fra loro riguardo al potenziale comportamento in caso di incendi boschivi; mantenere comunque un approccio operativo a livello locale, utile sia per la prevenzione che per la lotta attiva.

Altra rilevante iniziativa dello scorso anno è stata la sottoscrizione del Protocollo d'intesa pro AIB in aree protette statali, sottoscritto dal Ministero dell'ambiente, dall'Arma dei Carabinieri e dal Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco il 9 luglio 2018, per favorire la massima sinergia interistituzionale.

Come analoga iniziativa, ma a impatto nazionale, si evidenzia la istituzione – a seguito dei grandi incendi del 2017 – del Tavolo Tecnico interistituzionale AIB presso il Dipartimento Protezione Civile, con i rappresentanti regionali e delle istituzioni centrali competenti, che inizia a dare i propri frutti nel coordinamento nazionale della lotta agli incendi boschivi su specifiche problematiche.

Un breve cenno sul Verde Urbano. È una tematica complessa ma con potenzialità enormi sia per la collettività che per il settore forestale in quanto riguarda la valorizzazione dei relativi benefici ambientali, sanitari e culturali ben noti ma poco riconosciuti dalla collettività; benefici che il Comitato per lo sviluppo del verde pubblico del MATTM (di cui all'art. 3 della L. 10/2013), da oltre 6 anni, cerca di evidenziare e tutelare in vario modo: Relazioni annuali al Parlamento, Deliberazioni su tematiche specifiche, Stati Generali, Linee guida per il verde urbano, Strategia per il V.U., ecc.

Fra i temi più attuali sul verde urbano si evidenzia quello particolarmente delicato dei tagli di alberature stradali che necessita di una idonea conoscenza territoriale, anche su GIS, non solo degli alberi ma anche delle strutture e infrastrutture epigee e ipogee, partendo dal censimento e mappatura del patrimonio arboreo cittadino, a cui far seguire idonea valutazione di stabilità (VTA ai vari livelli) con la consapevolezza che un margine di rischio esisterà sempre e questo va confrontato con i benefici di cui sopra, in particolare, valutando il valore ecologico e quello paesaggistico del singolo albero.

Partendo dall'assunto che una foresta naturale si evolve in piena autonomia, mentre una alberatura cittadina necessita della massima cura, per tutte le infinite situazioni intermedie si può dire che a una maggiore antropizzazione corrisponde una maggiore necessità di intervento da parte dell'uomo a sup-

porto e tutela della natura, sia per mantenere gli attuali equilibri biologici sia in caso di rinaturalizzazione.

Considerando l'Europa e ancor più l'Italia storicamente antropizzate, risulta opportuna una gestione forestale sostenibile e attiva, da rendere economicamente possibile anche con la valorizzazione dei molteplici servizi ecosistemici forniti dai nostri boschi all'intera collettività e quindi il correlato riconoscimento finanziario.

Tale valorizzazione, è forse l'arma più efficace del settore forestale per contrastare i cambiamenti climatici in corso, attraverso una selvicoltura – non semplice da applicare – che favorisca l'assorbimento e lo stoccaggio del Carbonio, la resistenza e la resilienza dei popolamenti forestali alle avversità di “vecchio e nuovo tipo”: incendi, dissesto idrogeologico, desertificazione, vento ecc.

In ogni caso, necessita favorire un confronto sistematico e propositivo fra le diverse competenze istituzionali e professionali, coinvolgendo sempre il mondo della ricerca e rendendo partecipi i portatori di interesse e i cittadini residenti e, non ultimo per importanza, rafforzando le istituzioni che si occupano di foreste e alberi.

RIASSUNTO

La relazione intende evidenziare il complesso rapporto esistente fra le varie tematiche di interesse forestale e la struttura organizzativa del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e quindi i temi più pertinenti la giornata di studio. Fra questi, si focalizza il tema dei piani antincendi boschivi (o piani AIB) in aree protette statali evidenziando gli strumenti adottati per favorire la pianificazione nonché la recente metodologia adottata per la cartografia AIB e i relativi vantaggi. Un breve cenno ad altre iniziative in corso sul tema incendi e quindi un breve riferimento alle iniziative del Ministero sul Verde urbano. Partendo dall'assunto che una foresta naturale si evolve in piena autonomia, mentre una alberatura cittadina necessita della massima cura, per tutte le infinite situazioni intermedie si può dire che a una maggiore antropizzazione corrisponde una maggiore necessità di intervento da parte dell'uomo a supporto e tutela della natura, sia per mantenere gli attuali equilibri biologici sia in caso di rinaturalizzazione.

BIBLIOGRAFIA

BLASI C., BOVIO G., CORONA P., MARCHETTI M., MATURANI M., CIANCIO O. (2004): *Incendi e complessità ecosistemica - Dalla pianificazione forestale al recupero ambientale*, Palombi e partner, Roma.

SITOGRAFIA

https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/aib/Schema_Piano_AIB_PN_ottobre2018.pdf

https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/aib/Manuale_schema_Piano_AIB_PN_ottobre2018.pdf

SANDRO PIERONI*

Da un approccio emergenziale alla cultura della prevenzione

La continua evoluzione delle condizioni generali del clima, unita ai profondi cambiamenti socio-economici delle montagne italiane, sono sempre più spesso elementi scatenanti di eventi di grande intensità.

La Conferenza delle Regioni e delle Province autonome apprezza gli sforzi, sebbene ancora non sufficienti di fronte alle condizioni di criticità, per gli interventi a sostegno del ripristino dei dissesti e dei danni anche ingenti causati da eventi sempre più violenti (vento, ecc.). Serve, in questo senso, sbloccare, a livello nazionale, con urgenza, opere già progettate e pronte a partire.

Si sottolinea comunque come occorra fare una riflessione più generale che impone un passaggio sostanziale da interventi di carattere emergenziale a una politica della prevenzione.

Anche per ciò che riguarda la prevenzione per gli incendi boschivi è necessario introdurre elementi di prevenzione. In tal senso il nuovo Testo Unico Forestale, mediante l'introduzione di concetti quali: la "gestione attiva forestale", i "terreni abbandonati e silenti", le forme di sostituzione per la gestione per la prevenzione e il contenimento dei rischi e di gestione associata delle proprietà private e pubbliche per superare la criticità della frammentazione, mira al superamento delle maggiori criticità del sistema forestale italiano costituite dall'eccessiva frammentazione della proprietà e la difficoltà conseguente di una gestione sostenibile.

Si ritiene fondamentale, al fine di garantire la salvaguardia delle foreste nonché di promuovere la gestione attiva e razionale del patrimonio forestale nazionale e garantire la sua multifunzionalità, stimolare la predisposizione di tutti gli strumenti necessari a promuovere e tutelare l'economia forestale.

* *in rappresentanza della Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome*

In un paese in cui la superficie forestale è concentrata soprattutto nel territorio montano, di per sé fragile, il bosco può costituire un importante fattore economico se valorizzato attraverso le politiche di filiera, nonché attraverso il sostegno delle attività agro-silvo-pastorali e il recupero produttivo delle proprietà fondiari frammentate e dei terreni abbandonati, sostenendo lo sviluppo di forme di gestione associata delle proprietà forestali pubbliche e private.

La regione Toscana ha avviato in questo senso alcune importanti iniziative che vanno nella logica dell'introduzione della cultura della prevenzione in particolar modo dagli incendi boschivi.

I Piani specifici di prevenzione, le Comunità di Bosco, l'esperienza della Foresta Modello delle Montagne Fiorentine e le azioni partecipate come le Fire Wise Communities, costituiscono strumenti operativi per affrontare il tema della prevenzione, oltre che per divulgare e sostenere l'approccio partecipato alla gestione attiva coinvolgendo le Comunità locali, senza le quali non è possibile parlare di gestione attiva e sostenibile della risorsa bosco.

Conclusioni

Raccogliere conclusioni e riflessioni a completamento di questa giornata così densa e ricca di informazioni, dati, indicazioni tecnico-operative e anche di politica forestale, è sicuramente difficile, ma anche stimolante, e ringrazio Raffaello Gianini per l'organizzazione del Seminario e per la sua fiducia nei miei riguardi.

Il Seminario ha preso spunto dall'impressionante tempesta di vento VAIA che si è scatenata sulle foreste delle Alpi centro-orientali nell'autunno scorso ma, molto opportunamente, i temi affrontati si sono ampliati ai diversi rischi ambientali, soprattutto se legati ai cambiamenti climatici; e il presidente dell'Accademia dei Georgofili, Massimo Vincenzini, ha giustamente individuato, oltre alle foreste naturali anche nelle alberature e nei boschi urbani un ambito di osservazione quanto mai significativo e sensibile vista l'importanza che il verde urbano e il paesaggio stanno acquisendo nel mondo, come anche testimoniato dal successo del primo *World Forum on Urban Forests* organizzato a Mantova, con le Nazioni Unite, nello scorso anno.

Il Seminario di oggi è stato di grande interesse poiché è servito a inquadrare in modo molto approfondito ed estremamente aggiornato, da punti di vista disciplinari e specialistici differenti, i vari livelli di analisi dei rischi ambientali, naturali o causati dall'uomo, che sono di interesse sia per la ricerca forestale e sia per la pianificazione strategica e per le attività operative, come in modo approfondito e sinergico tra loro hanno fatto i rappresentanti istituzionali Alessandra Stefani, De Laurentis, Petrucci, Pieroni e Nigro.

Anzitutto, però, vorrei sottolineare un concetto che è emerso più volte nella giornata di oggi, ovvero «Non bisogna sprecare mai le opportunità offerte

* Dipartimento per la innovazione nei sistemi biologici, agroalimentari e forestali (DIBAF), Università degli Studi della Tuscia-Viterbo

da una grande crisi», come il caso della tempesta VAIA ha dimostrato anche nel nostro Paese, ovvero che l'aumento di energia del sistema atmosferico, legato ai cambiamenti climatici, possa avere impatti devastanti sugli ecosistemi come è purtroppo frequente in Europa centro-settentrionale. Il sistema forestale italiano è quindi chiamato, sotto la spinta delle emergenze ambientali, a mettere in atto una strategia di adattamento ai cambiamenti globali e di prevenzione e gestione del rischio ambientale sia in ambiente forestale e rurale e sia in ambiente urbano.

Va però riconosciuto che, nel caso della tempesta VAIA, le istituzioni nazionali, regionali e locali, insieme alla ricerca forestale, al mondo delle imprese, del lavoro e delle associazioni hanno mostrato di saper cogliere le opportunità essendosi mosse in modo rapido e sinergico, ottenendo risorse, raccogliendo dati, sviluppando capacità decisionali e riuscendo a compiere un buon servizio al Paese (es. il rapporto presentato dal MIPAAFT a Bruxelles come mostrato dalla dott.ssa Stefani e da Corona).

Quanto mai opportuno è stato aver iniziato il Seminario con un aggiornato approfondimento delle conoscenze e delle informazioni disponibili sul tema dei cambiamenti climatici, declinati sia in ambito globale e sia con particolare attenzione agli aspetti locali e regionali, come nella relazione di Gozzini; dalla quale risulta sempre più evidente uno stretto legame tra l'aumento della temperatura dell'aria e di quella di mari e oceani con la formazione di zone depressionarie accentuate che favoriscono fenomeni ciclonici di forte intensità e potenzialmente devastanti, anche nella regione Mediterranea.

Tuttavia, come è stato ben sottolineato negli interventi di Motta e Certini, i disturbi ambientali da vento, incendi e parassiti, sono processi naturali che da sempre interagiscono con gli ecosistemi forestali, modellandone la struttura, la biodiversità e la loro produttività. Ad esempio, in Europa settentrionale le bufere di vento sono ricordate fin da epoche storiche e i primi rilievi documentali, con dettagliati disegni e descrizioni letterarie, risalgono al 1760, lungo le regioni del Mare del Nord (fig. 1). La preoccupazione è che i cambiamenti climatici possano aumentare la frequenza e l'intensità di questi disturbi, alterando così fortemente la capacità dei territori forestali di continuare a fornire servizi ecosistemici di elevato livello quantitativo e qualitativo; e in questi casi la gestione forestale e del paesaggio avrà l'importante compito di favorire l'adattamento e la mitigazione ai cambiamenti ambientali per sviluppare resilienza e stabilità nella fornitura dei benefici ambientali da parte delle foreste.

Tuttavia, il caso specifico della tempesta VAIA ha colpito fortemente l'opinione pubblica italiana e ha avuto impatti devastanti sulle regioni alpine,



Fig. 1

come dimostrato dalle relazioni di Corona e Cavalli, forse evidenziando anche una positiva, maggiore attenzione dell'opinione pubblica italiana verso le foreste, il paesaggio e l'ambiente. Ma va riconosciuto che eventi del genere si ripetono frequentemente nell'Europa centro-settentrionale (fig. 2) con tempeste che hanno percorso e devastato superfici ben più ampie di quanto si è verificato con VAIA nell'arco alpino, con distruzioni anche dell'ordine di 100-200 Mln m³ di tronchi abbattuti, stroncati o sradicati (es. le tempeste Lothar, Gudrun e Kyril).

A mio avviso la ricerca e le strutture operative italiane potranno significativamente avvantaggiarsi dell'intensificazione dei rapporti con le istituzioni scientifiche centro-europee dove gli studi sulle interazioni tra foreste e vento sono stati approfonditi da decenni e dove è in via di realizzazione, da parte dello *European Forest Institute*, una struttura di ricerca e consulenza specifica per l'impatto dei rischi ambientali sulle foreste europee, l'*EFI Forest Risk Facility* (Gardiner et al., 2013).

Come è stato ricordato anche oggi, per la gestione forestale in rapporto al vento c'è bisogno di nuove conoscenze e di nuovi strumenti di indagine come ad esempio le innovazioni sulla modellizzazione dei rapporti tra alberi,

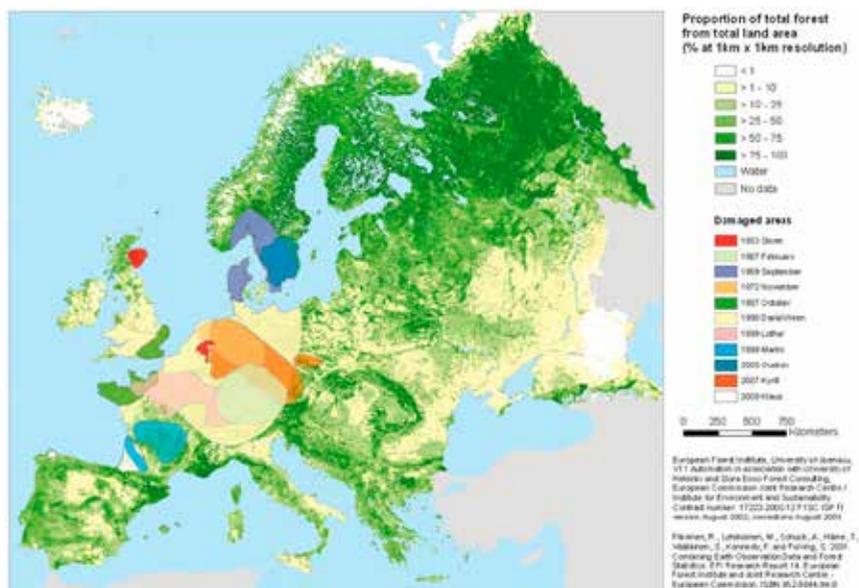


Fig. 2

foreste e tempeste di vento, le analisi di previsione della vulnerabilità e degli impatti sui sistemi forestali e lo sviluppo di sistemi di gestione del rischio e dei danni, a scala locale e nazionale. Nella modellizzazione delle interazioni foresta-atmosfera dovrebbero essere considerati non solo la resistenza al vento dei singoli alberi ma anche l'effetto del vento di fondo, delle raffiche di vento estreme e la struttura dei sistemi forestali, la loro densità, la gestione selvicolturale e la biodiversità delle diverse specie di alberi.

Un altro aspetto importante per la ricerca applicata ai rischi e ai danni delle tempeste di vento riguarda la gestione del paesaggio ovvero la combinazione dei diversi usi e coperture del suolo a scala territoriale, anche in rapporto alla morfologia del territorio soprattutto se in ambiente di montagna. Infatti, l'impatto delle tempeste di vento può essere enormemente accentuato a seconda del contesto morfologico di montagna, tra valli, crinali e zone di valico; inoltre, è di grande importanza la gestione del paesaggio (fig. 3) nell'interfaccia, o margine, tra la foresta e le altre forme di copertura del suolo, pascolive o agricole, poiché la vulnerabilità al vento è maggiore sottovento al margine forestale, come peraltro previsto dai risultati dei modelli d'impatto del vento. L'impiego della modellistica forestale (fig. 4) ci può essere di aiuto anche nel valutare le migliori tipologie di interventi selvicolturali da adottare in rapporto ai sistemi di diradamento, alla struttura forestale e al



Fig. 3

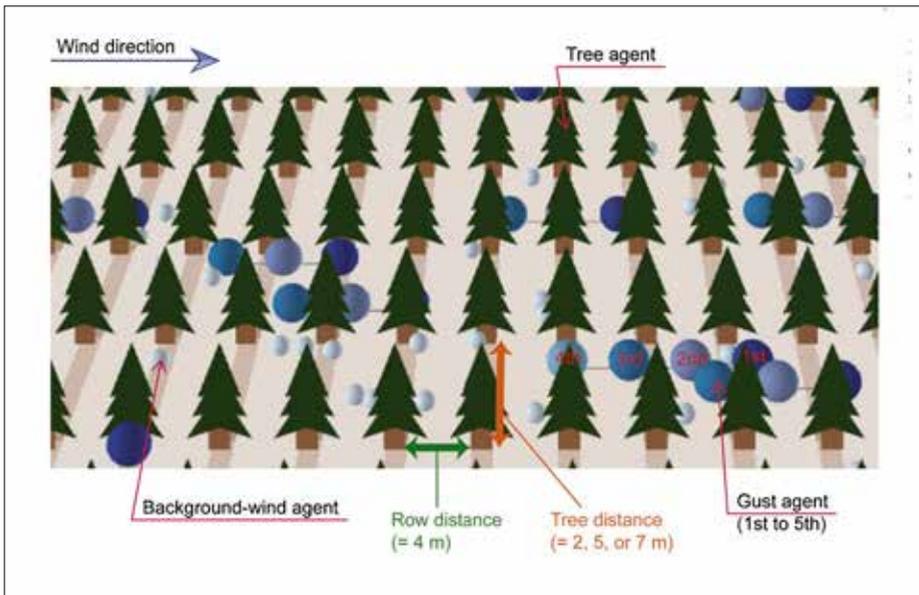


Fig. 4

trattamento selvicolturale più idoneo in rapporto alla composizione specifica e alla morfologia del territorio; è anche opportuno ricordare che la ricerca italiana potrebbe avvantaggiarsi delle peculiarità dei nostri ambienti forestali,

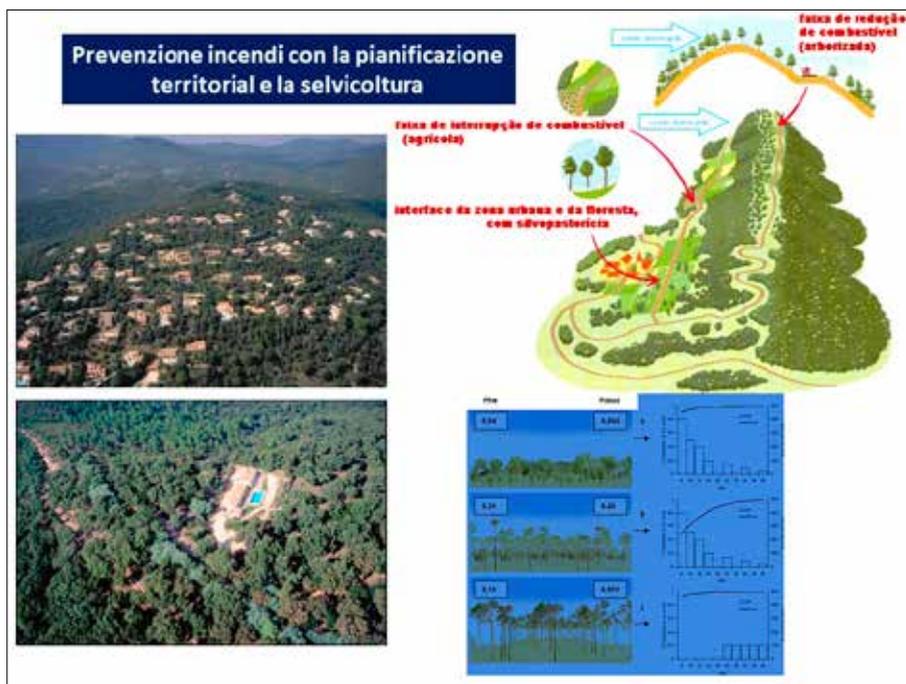


Fig. 5

in gran parte di montagna e di alta collina, rispetto a quelli dell'Europa centro-settentrionale, principalmente pianeggianti o ondulati, per sviluppare approcci di ricerca originali e innovativi adeguati alle nostre specificità ambientali e forestali. Altresì importante è anche il tema piuttosto controverso del ripristino ambientale dopo i danni e le distruzioni del vento; la questione del restauro ecologico di tipo attivo o passivo ovvero della dimensione temporale nei processi di successione ecologica secondaria e di recupero spontaneo della foresta, compresa la preparazione del materiale vivaistico e della provvista di seme forestale dai boschi da seme delle aree devastate, è stato ampiamente trattato durante il Seminario da Borghetti e da DeLaurentis.

Un aspetto particolare della resistenza e della stabilità degli alberi in funzione della ventosità attiene anche alle alberature e ai parchi in ambiente urbano e peri-urbano, alla corretta progettazione delle aree verdi e alla loro gestione, inclusa la scelta delle specie arboree e il loro miglioramento genetico, specifico per l'adattamento agli *stress* da vento e ambientali in genere, nel contesto urbano (v. relazioni di Sanesi e Roversi).

La ricerca italiana sugli incendi forestali, a differenza di quella sui danni da vento, è invece particolarmente avanzata come ci hanno mostrato le relazioni

di Bovio, Leone e Pasquinelli anche se aspetti innovativi e ancora da esplorare e studiare in modo approfondito riguardano gli incendi estremi, la loro previsione e propagazione e, soprattutto, il problema della prevenzione e la gestione del fuoco e del fuoco prescritto. Anche qui, come ha mostrato Leone la cooperazione a livello europeo e internazionale è fondamentale per l'avanzamento delle conoscenze e anche per la formazione, la prevenzione e la corretta educazione e comunicazione ambientale. E come ha esortato Bovio, anche in modo appassionato, va affermato e compreso una volta per tutte che nella lotta agli incendi boschivi la fase della prevenzione e della appropriata gestione forestale, con la conseguente riduzione della biomassa combustibile, è di fondamentale importanza altrimenti la lotta agli incendi con le sole operazioni di spegnimento non sarà mai adeguata per affrontare in modo efficace il problema degli incendi forestali, in particolare nella preoccupante prospettiva dei cambiamenti climatici.

Andrebbe qui sottolineato un altro aspetto oggi accennato ma a mio parere da sviluppare maggiormente, in interazione con altre competenze: il rapporto tra gestione del fuoco, prevenzione incendi e l'attenta gestione del territorio e dei paesaggi forestali e rurali. Qui la collaborazione con la pianificazione territoriale e del paesaggio (fig. 5), l'attenta gestione delle interfacce, delle fasce di margine tra le aree urbanizzate o le infrastrutture dei trasporti con le foreste ovvero di queste con le aree agricole, soprattutto quelle in via di abbandono, può essere molto fruttuosa per la ricerca sugli incendi e, ancor più, per limitare i rischi e i danni potenzialmente spaventosi degli incendi soprattutto in area mediterranea. Quindi non solo lotta al fuoco con la pianificazione delle azioni di spegnimento degli incendi ma soprattutto è necessario che questo cambio di paradigma, con la prevenzione e la gestione attiva del fuoco e del rischio di incendi, sia definitivamente acquisito e assimilato a tutti i livelli istituzionali di politica e gestione forestale.

In conclusione, anche gli interventi di Sanesi Roversi e Marone hanno sottolineato chiaramente l'esigenza di considerare le problematiche degli impatti dei disturbi e parassiti con foreste e alberature urbane in ottica europea e internazionale.

Infine, vorrei concludere sottolineando l'importanza di un'efficace e intensa cooperazione con la ricerca e le istituzioni scientifiche e operative europee affinché gli studi, la prevenzione, la previsione e la gestione dei rischi ambientali e dell'impatto sugli ecosistemi forestali, anche in area urbana e peri-urbana, siano sviluppati adeguatamente valorizzando tutte le competenze e gli strumenti informativi e di osservazione, monitoraggio e intervento disponibili in modo integrato a livello europeo, per affrontare con efficacia il rischio dei cambiamenti ambientali globali.

RIASSUNTO

Il Seminario su “Rischi ambientali e cambiamenti climatici: Il vento e il fuoco in rapporto alla gestione forestale e del verde urbano” ha preso spunto dall’impressionante tempesta di vento VAIA che si è scatenata sulle foreste delle Alpi centro-orientali nell’autunno scorso ma, molto opportunamente, i temi affrontati si sono ampliati ai diversi rischi ambientali, soprattutto se legati ai cambiamenti climatici, e al loro impatto sia sulle foreste naturali e sia sulle alberature e boschi urbani.

Il Seminario è stato di grande interesse poiché è servito ad inquadrare in modo molto approfondito ed estremamente aggiornato, da punti di vista disciplinari e specialistici differenti, i vari livelli di analisi dei rischi ambientali, naturali o causati dall’uomo, che sono di interesse sia per la ricerca forestale e sia per la pianificazione strategica forestale e ambientale e per le attività operative di gestione delle risorse forestali.

ABSTRACT

The Seminar on “Environmental risks and climate change: Wind and fire in relation to forest management and urban forestry” was inspired by the impressive VAIA wind storm that broke out on the forests of the central-eastern Alps last autumn but, very appropriately, the topics addressed have expanded to different environmental risks, especially if related to climate change, and to their impact both on natural forests and on urban forestry.

The Seminar was of great interest as it served to frame in a very thorough and extremely updated way, from different disciplinary and specialist points of view, the various levels of analysis of environmental risks, natural or human induced, which are of interest both for forest research and for environmental strategic planning and forest resource management.

BIBLIOGRAFIA

- GARDINER B., SCHUCK A., SCHELHAAS M.J., ORAZIO C., BLENNOW K. AND NICOLL B., EDS. (2013): *Living with Storm Damage to Forests*, European Forest Institute, Joensuu, pp. 129.
- KAMIMURA K., GARDINER B., DUPONT S. AND FINNIGAN J. (2019): *Agent-based modelling of wind damage processes and patterns in forests*, «Agricultural and Forest Meteorology», 268, pp. 279-288.
- GARDINER B., BERRY P., MOULLA B. (2016): *Review: Wind impacts on plant growth, mechanics and damage*, «Plant Science», 245, pp. 94-118.
- SANDE SILVA J., REGO F., FERNANDES P. AND RIGOLOT E. EDS. (2010): *Towards Integrated Fire Management – Outcomes of the European Project Fire Paradox*, European Forest Institute Research Report 23, Joensuu.

Sintesi delle relazioni non pervenute

RENZO MOTTA*, MARCO MARCHETTI**

Fuoco, vento e acqua: il regime dei disturbi naturali in un paesaggio culturale

Il cambiamento di uso del suolo è, a livello globale, una delle più importanti attività antropiche che influenzano processi biologici, conservazione della biodiversità ed erogazione dei servizi ecosistemici. In Italia in questi ultimi decenni le dinamiche sociali ed economiche stanno determinando una profonda trasformazione dei paesaggi culturali che l'attività dell'uomo aveva modellato nei secoli precedenti. Questa trasformazione avviene contemporaneamente al cambiamento climatico creando effetti sinergici che, secondo gli scenari proposti dall'IPCC, andranno ad aumentare in modo esponenziale nel prossimo secolo. In questi scenari i disturbi (in primo luogo incendi, tempeste e pullulazioni di insetti), pur essendo fenomeni naturali con i quali le foreste hanno convissuto per milioni di anni, possono provocare problemi alla conservazione del patrimonio forestale e alla erogazione dei servizi ecosistemici richiesti. È quindi indispensabile prendere atto del ruolo ecologico dei disturbi anche nella gestione delle risorse naturali e delle foreste e, nello stesso tempo, valutare con attenzione resistenza e resilienza delle foreste ai disturbi naturali applicando una *smart-climate forestry*. Gli incendi in Piemonte nell'ottobre 2017 e la tempesta Vaia nell'ottobre 2018 sono degli esempi significativi e rappresentano degli importanti casi-studio sia per la ricerca e sia per gestione preventiva (mitigazione) e ricostituzione post-disturbo.

* Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA), Università degli Studi di Torino

** Dipartimento di Bioscienze e Territorio, Università degli Studi del Molise

PIO FEDERICO ROVERSI*

Influenza dei cambiamenti climatici e degli eventi meteorici estremi sulla dinamica dei rapporti foreste – fitofagi/fitopatogeni

Su di una superficie relativamente limitata l'Italia presenta una grande diversità di contesti biogeografici che hanno consentito lo sviluppo di un eterogeneo complesso di foreste e macchie nelle quali l'azione antropica ha profondamente modificato le fitocenosi nei loro assetti floristici e spaziali. I cambiamenti cui è andato incontro tale mosaico di formazioni si sono quasi sempre accompagnati a una diminuzione delle capacità di resilienza degli ecosistemi, con una maggiore suscettibilità alle aggressioni di vecchi e nuovi agenti di danno, indigeni ed esotici.

A questo si vanno sovrapponendo con pressione crescente i cambiamenti climatici in atto, i cui effetti finali sugli ecosistemi forestali sono ancora in gran parte da comprendere non solo per quanto attiene le azioni dirette sulle componenti vegetali ma anche, in particolare, per quanto attiene l'influenza sulle comunità di artropodi e nematodi epigei e attivi nei suoli forestali.

Il contesto subisce ulteriori complicazioni dall'intensificarsi di eventi meteorici estremi che in alcuni casi consentono la colonizzazione di ambienti in precedenza preclusi a specie nocive o mettono a disposizione grandi quantità di substrati di alimentazione favorevoli allo sviluppo epidemico delle popolazioni di fitofagi.

Ultime ma non certo secondarie per importanza vanno considerate le introduzioni accidentali di organismi e microrganismi alieni provenienti da altri areali per i quali mancano quelle possibilità di equilibrio derivanti da una lunga storia di coevoluzione e coesistenza dinamica, con scenari di estrema gravità che in alcuni casi recenti si configurano con veri e propri collassi dei sistemi forestali.

* *CREA (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria), CREA-DC (Centro di Ricerca Difesa e Certificazione)*

FRANCESCO FERRINI*, GIOVANNI SANESI**

La gestione degli alberi: prevenire i problemi futuri pianificando opportune strategie per affrontarli

Negli ultimi anni il susseguirsi e il moltiplicarsi di eventi climatici estremi hanno causato numerose cadute di alberi e hanno portato all'attenzione non solo dei tecnici e delle municipalità, ma anche dei cittadini, il problema della gestione alberature vetuste presenti nelle nostre aree urbane. È questa una tematica spinosa che, in alcuni casi, deve essere affrontata in modo purtroppo inderogabile e gestita non solo tecnicamente, ma anche ponendo attenzione all'aspetto comunicativo che assume un'importanza fondamentale per governare le problematiche e venire incontro alle aspettative e alle richieste della cittadinanza.

La soluzione gestionale che prevede un rinnovo graduale di questa tipologia di alberature, garantendo la continuità visiva del viale alberato nel corso del tempo appare la soluzione più sostenibile fatto salvo che, per alcuni esemplari o per alberature di particolare valenza storica e ambientale, la sostituzione deve essere attentamente valutata e può, per diverse ragioni, non essere percorribile.

Per alberature che, invece, manifestano criticità che possono determinare rischi per i cittadini, l'Amministrazione pubblica ha il dovere di mettere in atto tutte quelle procedure che garantiscano una riduzione del rischio, incluso anche l'abbattimento e il reimpianto.

Sostituendo oggi gli alberi in condizioni più critiche e proseguendo in modo progressivo, permetterà di garantire al tempo stesso condizioni di maggiore sicurezza assieme alla presenza stabile di un patrimonio arboreo efficace ed efficiente. È, perciò, ragionevole provvedere alla sostituzione degli alberi

* *Università degli Studi di Firenze*

** *Università degli Studi di Bari*

che evidenziano problematiche fitosanitarie e strutturali in un arco di tempo non superiore a 15-20 anni, con una percentuale di sostituzione variabile e che potremmo quantificare intorno al 3-5% sul totale degli alberi che, dopo un'attenta valutazione, hanno evidenziato le suddette criticità. Ciò può essere programmato mettendo appunto appositi contratti di coltivazione con le associazioni vivaistiche in modo che sia possibile pianificare la produzione e fornire piante già pronte e di dimensioni progressivamente maggiori in modo da garantire una certa uniformità dimensionale delle piante che saranno messe a dimora.

In certi casi, potrebbe anche essere presa in considerazione la possibilità di rimuovere interamente un'alberatura per ricrearne una con alberi di elevata qualità e gestiti in modo tecnicamente ed economicamente sostenibile che, al contempo, garantiscano la sicurezza del cittadino. La sostituzione completa consente di avere piante coeve e omogenee, cosa che può essere tuttavia raggiunta, come detto, anche con reimpianti "a lotti", pianificando i diversi intervalli con piante di dimensioni progressivamente maggiori preparate in vivaio con una programmazione di lungo termine.

È chiaro che questa scelta sottintende che alcune decisioni politicamente "forti" e, forse, impopolari devono essere prese quando gli alberi sono vecchi, malati o danneggiati, ma ancora di elevato valore affettivo per i cittadini e quando l'impatto emotivo per una loro rimozione sia rilevante. Purtroppo, talvolta è necessario compiere queste scelte per contribuire allo sviluppo di città sostenibili usando gli alberi nella maniera migliore per migliorare la qualità dell'aria e dell'acqua, ridurre i costi energetici e, allo stesso tempo, fornire habitat migliori per l'uomo e per la conservazione delle specie animali.

Un verde urbano di buona qualità non si produce per caso: una oculata pianificazione e un'altrettanto attenta progettazione sono necessarie per assicurare che gli alberi posti nelle aree verdi urbane, nei parchi e lungo la viabilità stradale urbana ed extraurbana migliorino il paesaggio urbano e forniscano servizi che incoraggino le persone a utilizzare le aree alberate come parte della loro vita quotidiana. Per questo esse dovranno essere accoglienti, sicure, attraenti e promuovere una quanto più ampia possibile varietà di usi.

ENRICO MARONE*, CLAUDIO FAGARAZZI*

Metodologie innovative per la stima dei danni economici-ambientali causati da incendi boschivi

La quantificazione dell'entità del danno non può prescindere da una prima riflessione sulla sua natura economica. Infatti, in presenza di uno stesso danno, e a parità di impatto, si possono avere quantificazioni economiche diverse in relazione al fatto che esso si riferisca a beni privati, pubblici o misti, in quanto le differenti funzioni a cui uno stesso bene può assolvere determinano entità del danno molto diverse. Ma anche in presenza di danni riferibili a una precisa sfera di beni, siano essi privati o pubblici, potremmo avere valori del danno diversi in quanto riferiti a realtà economiche differenti.

È necessario, di conseguenza, valutare gli effetti che i danni derivanti da eventi catastrofici come fuoco e vento possono comportare per tutte le differenti funzioni/obiettivi legate alla presenza del bosco e tenendo conto sia delle attività economiche presenti nel territorio osservato sia dei riflessi sull'ambiente. È molto importante considerare le notevoli differenze che si possono avere nella definizione del parametro obiettivo da massimizzare da parte dell'operatore privato rispetto a quello pubblico. Nel primo caso abbiamo come riferimento il "reddito netto aziendale", nel secondo il "benessere sociale netto".

La determinazione del danno relativamente ai beni di mercato prevede di valutare il valore degli effetti che questo provoca all'attività produttiva nel suo complesso e non il valore del singolo bene danneggiato, della pianta, della coltura erbacea, o dell'animale allevato. Se il danno è definibile come la lesione di un interesse è quest'ultimo che sarà oggetto della valutazione economica. Per interesse devono comprendersi le specie del danno emergente

* *Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI) Università degli Studi di Firenze*

e del lucro cessante. Il modello economico-estimativo a cui è corretto fare riferimento è quello dato dalla differenza tra i redditi capitalizzati ante danno e i redditi capitalizzati post danno.

La determinazione del danno relativamente ai beni non di mercato dovrà basarsi sul beneficio (o bilancio) sociale netto. Questo approccio implica inevitabilmente di ricorrere a metodi di valutazione che riescano a integrare in modo flessibile i diversi aspetti e le variabili di un sistema ambientale. La possibile pianificazione territoriale che ne potrà derivare, declinata nel caso specifico di gestioni forestali che possano far fronte agli eventi calamitosi estremi contenendone gli effetti perseguirà un'analisi basata su una visione integrata del sistema oggetto di studio non solo allo status quo, ma potendone prevedere una variazione sia dal punto di vista spaziale che temporale.

Dal punto di vista temporale è molto importante considerare che accade spesso che la durata poliennale dei cicli forestali implica la possibilità di trovarsi di fronte a periodi in cui l'alterazione dei redditi/benefici si transitoria e non illimitata. In questi casi è necessario includere nei modelli di stima il "tempo di ripristino" necessario per tornare alle condizioni di normalità.

Le considerazioni fin qui introdotte denotano due principali problemi. Innanzitutto, emerge un certo grado di difficoltà nel pervenire a una misurazione univoca e oggettiva dei costi, dei benefici e conseguentemente del beneficio sociale netto espresso in termini economici. Il secondo aspetto da considerare è la definizione di uno strumento applicativo che permetta al gestore del territorio di incorporare le diverse componenti economiche all'interno degli strumenti di pianificazione in modo accurato, flessibile, trasparente, facilmente integrabile e replicabile.

Il modello di analisi proposto valuta i danni alle funzioni svolte dal bosco in termini di perdita di Valore Economico Totale VET del bosco (Bishop e Romano, 1998; Randall & Stoll, 1983; Boyle & Bishop, 1987). In particolare, lo studio cerca di valutare il danno al soprassuolo boschivo sottolineando il ruolo multifunzionale svolto da esso, ovvero non solo come mero produttore di assortimenti legnosi ma anche come fornitore di servizi turistico-ricreativi, naturalistici, di regimazione dei deflussi idrici, di produzione di acqua potabile e di mitigazione dei cambiamenti climatici.

La conoscenza della localizzazione degli eventi dannosi rappresenta un parametro importante per la stima del Danno Economico Totale causato da incendi o da *downburst*; questo perché il VET dei boschi si diversifica in relazione alle caratteristiche ecologiche, geomorfologiche e geografiche. La possibilità di elaborare informazioni geolocalizzate delle superfici danneggiate permette quindi la verifica puntuale dei danni arrecati alle varie funzioni del

bosco, giungendo a una spazializzazione dei valori secondo specifiche metodologie per ciascuna delle funzioni esaminate (Bernetti et al., 2011; Riccioli, Sacchelli, 2014). In particolare, per le funzioni ricreative è stato fatto riferimento al metodo del costo di viaggio con l'applicazione di modelli logit specifici per le aree naturalistiche toscane (Ferrini, 2002); mentre per le altre funzioni sono stati impiegati modelli di spazializzazione basati su mappe di idoneità di tipo sfocato (Riccioli, Sacchelli, 2014) o legata a indicatori di tipo ecologico ambientale come il valore di biodiversità, il coefficiente di ruscellamento o il metodo del bilancio idrico inverso nel caso del servizio idropotabile (Civita et al., 1999).

Congiuntamente alla valutazione del danno locale, è stato anche esaminata la durata del danno. Come infatti anticipato il danno generato da tali eventi estremi sulle componenti economico-ambientali dei soprassuoli boschivi ha generalmente un carattere temporaneo. Per questo il modello di analisi è stato implementato con il parametro "tempo di ripristino" delle varie funzioni svolte dal soprassuolo. Si tratta infatti di un parametro che influenza tutte le funzioni del bosco per effetto delle profonde modificazioni a livello fisionomico, strutturale ed ecologico. Sulla base dei risultati conseguiti da alcuni studi diretti a definire le correlazioni esistenti tra età del soprassuolo e livello di attuazione/svolgimento delle funzioni ecologico-ambientali del soprassuolo (Sartori e Gallinaro, 2006) è stato quindi possibile differenziare la permanenza del danno per le diverse funzioni.

L'obiettivo del modello suggerito è quello di realizzare un'analisi costi-benefici (ACB) legata all'influenza che gli impatti catastrofici possono causare con e senza cambiamenti nei modelli di gestione forestale. La metodologia proposta permette l'implementazione di uno strumento di supporto alle decisioni flessibile e idoneo alla valutazione di contesti territoriali diversificati. La composizione in moduli permette inoltre un'analisi di scenario basata sulla parametrizzazione e la possibilità di variazione temporale delle variabili introdotte. La monetizzazione delle componenti del modello sia per quanto riguarda i valori di mercato sia quelli di non mercato permette di pervenire alla quantificazione del valore economico totale con possibilità di analisi di investimento e gestionali integrate.

Sulla base dei risultati così conseguiti, è dunque possibile verificare l'efficacia delle attività di prevenzione ed estinzione degli incendi boschivi, valutando puntualmente l'entità del Danno Economico Totale, la superficie risparmiata al fuoco, nonché l'efficienza della spesa pubblica destinata a tale attività.

Finito di stampare in Firenze
presso la tipografia editrice Polistampa
nel febbraio 2020