

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, 230 mila 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	$> 10.000 \text{ kWm}^{-1}$
R.O.S. (velocità di propagazione)	$> 50 \text{ mmin}^{-1}$ (3 kmh^{-1})
Insorgenza di fuochi secondari (spotting)	$> 1 \text{ km}$ 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* (“frenado”), *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)

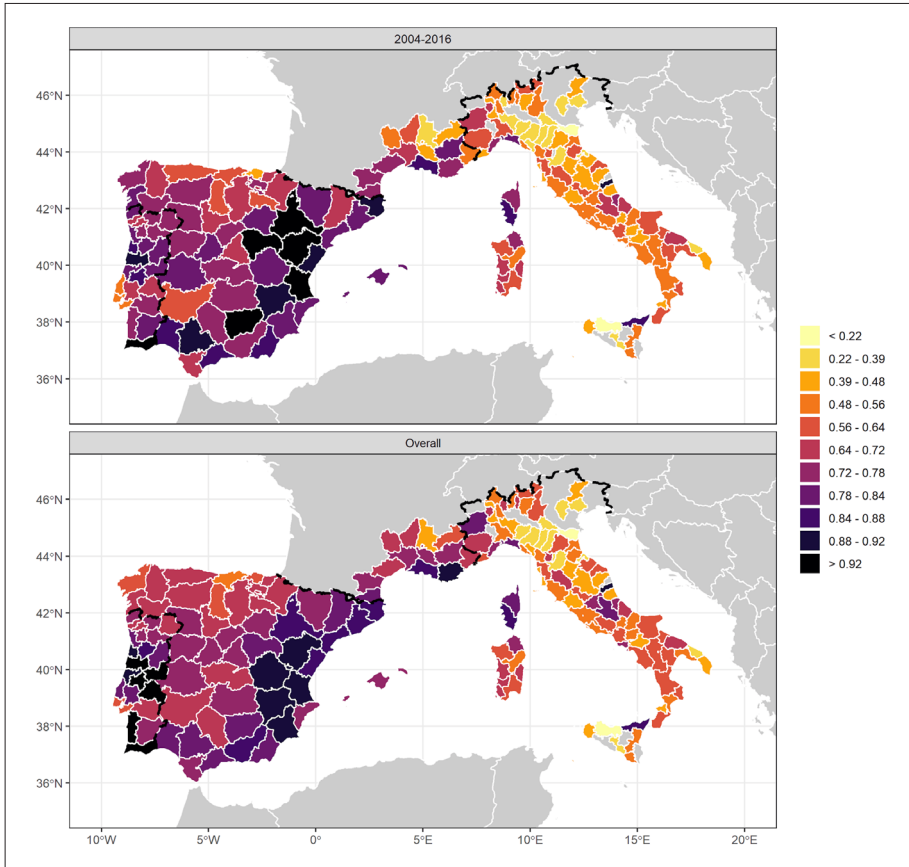


Fig. 1 Valori dell'indice di concentrazione in aree NUTS3 (Royè et al., 2019)

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 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 (abbruciamento

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/cefi/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://naturalhazardsrc.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>
- INGALSBEER T. (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/EXP003.001.0017.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/>.