

STORIA, SVILUPPI RECENTI E APPLICAZIONI DELLA PREVISIONE DEL PERICOLO DI INCENDIO BOSCHIVO IN ITALIA

(*) *European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Ispra (VA)*

La storia della previsione del pericolo di incendio boschivo in Italia, gli studi e le applicazioni operative che ne hanno accompagnato l'evoluzione negli ultimi 30 anni fino agli sviluppi più recenti, vengono rivisitati criticamente e in collegamento con quanto avvenuto nel resto d'Europa. Si descrivono le tappe iniziali, con l'impiego di un indice di pericolo mutuato dall'Australia e gli infruttuosi tentativi di adattamento, i successivi studi per elaborare un indice adatto a descrivere le condizioni di pericolo degli incendi invernali nelle regioni dell'arco alpino, fino alla graduale introduzione del metodo canadese FWI (*Fire Weather Index*), a seguito di studi svolti a scala europea e in linea con le evoluzioni negli altri paesi e nell'ambito del sistema EFFIS (*European Forest Fire Information System*). Nella fase attuale la sfida è concentrare le ricerche sui fondamenti di tale metodo, per affinarne le funzioni di calibrazione e adattarlo al meglio alle nostre condizioni.

Parole chiave: incendi boschivi, indici meteorologici, previsione del pericolo di incendio.

Key words: forest fires, meteorological indices, fire danger rating.

Mots clés: feux des forêts, indices météorologiques, prévision du risque d'incendie.

La previsione del pericolo di incendio boschivo consiste nel monitoraggio giornaliero delle condizioni predisponenti per informare i servizi di prevenzione, avvistamento ed estinzione su probabilità, diffusione e difficoltà di controllo di potenziali incendi. Si tratta naturalmente di un'attività che riveste un interesse diverso in funzione della scala territoriale cui si rivolge (Aguado e Camia, 1998) e dello scopo che si prefigge. I metodi di previsione del pericolo di incendio costituiscono un potente strumento per modulare nel tempo, in modo oggettivo, il servizio di protezione dagli incendi, in funzione del livello di allerta richiesto (Camia e Bovio, 2001). Con questo contributo si intendono ripercorrere criticamente la storia della previsione del pericolo di incendio in Italia, gli studi e le applicazioni operative che ne hanno accompagnato l'evoluzione negli ultimi 30 anni fino agli sviluppi più recenti e le prospettive per il futuro, in collegamento a quanto avvenuto nel resto d'Europa.

La previsione del pericolo è stata realizzata in modo sistematico in Italia a partire dall'inizio degli anni '80 con l'applicazione, nelle stazioni del Corpo Forestale dello Stato provviste di stazioni meteorologiche, di un metodo suggerito nella consultazione tecnica FAO/UNESCO del 1977 (Reifsnnyder, 1977).

Il metodo consisteva nel calcolo giornaliero di un indice di pericolo meteorologico, sostanzialmente mutuato da uno degli indici utilizzati in Australia, il Mark5 *Forest Fire Danger Meter* sviluppato per i boschi di *Eucalyptus* (McArthur, 1967). Un regolo calcolatore consentiva di determinare il valore dell'indice a partire dalla lettura dei dati meteorologici (in Fig. 1 il regolo utilizzato in Australia, e l'analogo tradotto in Italiano).

L'indice poteva anche essere determinato in forma algebrica con semplici equazioni (Noble *et al.*, 1980) per un'implementazione informatizzata del modello. I coefficienti dell'equazione nella versione Italiana (Palmieri e Cozzi, 1983; Palmieri *et al.*, 1993; Ventura *et al.*, 2001) sono leggermente diversi dall'originale, ma il valore

dell'indice risultante è sostanzialmente equivalente, con differenze che anche nei casi estremi non superano il 10% (Camia, 1996).

L'espressione di base dell'indice Mark5 contiene un indicatore di aridità e una funzione esponenziale con temperatura e umidità relativa dell'aria e velocità del vento. Il metodo è fondato sull'analisi di osservazioni di campo in più di 800 incendi (Sharples *et al.*, 2008), è ancora oggi usato nell'Est Australia per la classificazione del grado di pericolo di incendio e fornisce una misura relativa della difficoltà di estinzione attesa del giorno.

In Italia si è rivelato presto inadatto a descrivere le condizioni di pericolo nelle regioni settentrionali, dove gli incendi sono prevalentemente nel periodo invernale-primaverile, con condizioni molto lontane dall'estate di tipo mediterraneo delle regioni australiane dove è nato. Per ovviare a questo inconveniente si è tentata un'applicazione leggermente modificata dell'algoritmo, eliminando la temperatura dell'aria dal calcolo, ma senza particolare successo. Questo è ovviamente spiegabile data la natura empirica dell'indice stesso, che difficilmente consente modifiche arbitrarie senza minarne le capacità predittive.

Inoltre l'indice era impiegato in Italia utilizzando in entrata la lettura dei dati meteorologici eseguita alle 9:00 del mattino, momento che non corrisponde al picco di pericolosità degli incendi tipicamente nel primo pomeriggio. Tale applicazione non era del tutto conforme a quanto indicato dagli autori del metodo, calibrato empiricamente in Australia per una lettura a metà giornata.

Probabilmente anche a causa dei motivi indicati l'indice, nonostante la solidità dei fondamenti e la vasta sperimentazione alla base del suo sviluppo, non ha dato in definitiva i risultati sperati né per gli incendi estivi né per quelli invernali, e negli anni l'applicazione del metodo è andata gradualmente diminuendo d'importanza operativa un po' ovunque in Italia.

L'Università di Torino negli anni '80 ha sviluppato un indice denominato IREPI (Indice di Riduzione Evapotra-

spirazionale per il Pericolo di Incendio) (Bovio *et al.*, 1984) che è risultato più adatto alla previsione degli incendi invernali nelle regioni dell'arco alpino.

Il metodo si prefiggeva di superare gli inconvenienti riscontrati con l'applicazione dell'indice australiano nell'Italia settentrionale, e si basava sul confronto tra l'evapotraspirazione reale (ETR) e la potenziale (ETP), calcolate rispettivamente con un modello empirico sviluppato per foreste di caducifoglie (Item, 1974) e il metodo di Penman (Penman, 1956). La formulazione di IREPI consente di valutare il deficit idrico del suolo attraverso la quantificazione della riduzione percentuale di ETR rispetto a ETP. Il metodo è stato testato con successo e adottato per alcuni anni in Valle d'Aosta e poi in Piemonte (Camia, 1996; Bovio *et al.*, 1999). La sua diffusione è stata in seguito relativamente limitata, in parte per la complessità degli algoritmi, che imponevano l'implementazione con calcolatore, ma anche per la necessità di avere strumenti di misura non sempre disponibili nelle più comuni dotazioni delle stazioni meteorologiche.

Nel corso degli anni '90 progetti successivi co-finanziati dalla Commissione Europea quali MINERVE I e MINERVE II (Bovio e Camia, 1996; Bovio e Camia, 1997a), MEGAFIRES (Bovio *et al.*, 1998; Camia *et al.*, 1999) hanno consentito di impostare una linea di ricerca comunitaria sul tema della previsione del pericolo di incendio, basata sul confronto dei diversi metodi applicati nell'Europa mediterranea, negli Stati Uniti, in Canada ed in Australia. Il principale risultato di questo sforzo della comunità scientifica europea è la conclusione che il metodo sviluppato in Canada noto con la sigla FWI (*Fire Weather Index*) (Van Wagner, 1987; Stocks *et al.*, 1989), presenta caratteristiche di robustezza e affidabilità tali da poter essere applicato con successo nella diversità degli ambienti europei, negli ecosistemi boreali come in quelli temperati o mediterranei (Viegas *et al.*, 1996; Viegas *et al.*, 2000).

Il sistema FWI ha sei componenti (Fig. 2) che stimano il contenuto di umidità dei combustibili e il potenziale comportamento del fuoco in assenza di pendenza in popolamenti maturi di *Pinus contorta* e *Pinus banksiana*, considerati come tipologie di combustibili forestali standard per la loro grande diffusione in Canada (Forestry Canada Fire Danger Group, 1992).

I calcoli dell'indice sono basati su misurazioni quotidiane alle 12:00 di temperatura, umidità relativa, velocità del vento e precipitazioni nelle 24 ore precedenti. I primi tre componenti (FFMC, DMC e DC) sono indicatori numerici del contenuto di umidità del sottobosco e dei primi strati del suolo a diverse profondità. Questi componenti informano su possibilità di innesco legata alla infiammabilità dei combustibili leggeri (FFMC), consumo di combustibile legnoso di medie dimensioni e di materiale organico nei primi strati del suolo (DMC), consumo di combustibile legnoso di maggiori dimensioni e potenziale di combustione sotterranea e quindi delle difficoltà di bonifica per le condizioni di umidità degli strati organici più profondi del suolo (DC) (Alexander, 2008).

Gli ultimi tre componenti del sistema FWI sono indici comportamento, ed in particolare l'indice di velocità di propagazione iniziale del fuoco (ISI) dato dalla combinazione di FFMC e velocità del vento, l'indice di combustibile disponibile (BUI) dato dalla combinazione di DMC e

DC, e infine l'indice FWI, indicatore della intensità lineare del fronte di fiamma e cioè del tasso di produzione di energia per unità di lunghezza del fronte, secondo la formulazione di Byram (Byram, 1959). Di fatto ogni singolo componente del sistema FWI è un indice di pericolo di incendio, che rivela aspetti diversi del pericolo stesso, che sono in definitiva difficili da sintetizzare con un solo numero (Alexander, 2008).

Dalla seconda metà degli anni '90 il sistema FWI è stato via via studiato e quindi introdotto per applicazioni operative in diverse realtà italiane, ad esempio in Sardegna (Bovio e Camia, 1997b), Liguria (Bovio e Camia, 2004), Valle d'Aosta (Regione Autonoma Valle d'Aosta, 2005), Piemonte (Regione Piemonte, 2007), Veneto (Valese *et al.*, 2008), e proposto per i parchi naturali (Bovio e Camia, 2001).

Si è in seguito andato ulteriormente diffondendo in molti contesti; permangono tuttavia numerose interpretazioni metodologiche sulle precise modalità di applicazione del metodo, ad esempio nella scelta delle classi di pericolo, nelle calibrazioni preliminari, nella spazializzazione dell'indice. Le incertezze sono in parte dovute a questioni aperte per le quali sono ancora necessari studi e sperimentazioni (Alexander, 2008; Camia e Amatulli, *in press*) ma in parte sono anche dovute allo scarso approfondimento sui fondamenti del metodo (Camia e San-Miguel-Ayanz, 2005).

Gli studi di calibrazione per l'adattamento del metodo in Italia fino ad ora si sono per lo più rivolti all'individuazione delle classi di pericolo, intese come *range* di FWI, che corrispondessero al meglio a scenari giornalieri di frequenze di incendio attese, o alla predeterminata definizione della frequenza di giorni ricadenti in definite classi di pericolo, ricavata da osservazioni storiche (ad es. Bovio e Camia, 1997b). Il metodo dell'individuazione delle classi di FWI in base ad una serie geometrica definita a partire dalla frequenza dei giorni che si intendono far ricadere nella classe di pericolo estremo è stata originariamente proposta dagli autori del metodo (Van Wagner, 1987) e le analisi più recenti ed approfondite hanno proposto di modulare le classi di pericolo in base alla stagione o al mese (Francesetti *et al.*, 2004; Viegas *et al.*, 2004).

Si ritiene che oggi, grazie alle nuove conoscenze acquisite sul comportamento del fuoco, gli studi che hanno accompagnato questi primi anni di applicazione operativa del metodo in Italia possano e debbano essere proseguiti nella direzione di una calibrazione del sistema FWI che tenga maggiormente conto della vera natura del metodo e di tutti i sotto-indici che lo compongono. Il sistema FWI in definitiva fornisce informazioni sullo stato dei combustibili e sul comportamento atteso del fuoco in condizioni standard, e attraverso queste consente di valutare il grado di pericolo in termini di difficoltà di controllo di eventuali incendi. E quest'ultima deve essere utilizzata quale criterio principale per definire le classi di pericolo. Lo stato attuale delle conoscenze permette ormai un'evoluzione in tal senso del lavoro di adattamento alle condizioni italiane ed europee del metodo sviluppato in Canada, ed esempi di calibrazioni dell'indice in ambito europeo che vanno in questa direzione sono già disponibili in letteratura (Palheiro *et al.*, 2006).

Per una trattazione più approfondita su questo tema si rimanda all'interessante discussione per la calibrazione del sistema FWI in Nuova Zelanda (Alexander, 2008).

Analogamente a quanto avvenuto in Italia, in altri paesi mediterranei e nell'Unione Europea il sistema FWI si è andato negli ultimi anni affermando. La Commissione Europea, in particolare su iniziativa della DG *Environment* con il *Joint Research Centre* (JRC), a partire dalla fine degli anni '90 ha lavorato e tuttora lavora allo sviluppo e implementazione del sistema noto come EFFIS (*European Forest Fire Information System*) finalizzato a fornire un supporto operativo ai servizi antincendi boschivi in Europa (European Commission, 2008). Per il modulo di previsione del pericolo di incendio di EFFIS, dopo alcuni anni durante i quali si sono calcolati in forma sperimentale vari indici selezionati tra quelli impiegati nei diversi stati (Camia e Bovio, 2000; Camia e Bovio, 2001), è stato adottato FWI come metodo di riferimento per prevedere il pericolo di

incendio boschivo a scala europea (Camia *et al.*, 2006). Il sistema EFFIS da marzo a ottobre produce e pubblica ogni giorno sul web (<http://effis.jrc.ec.europa.eu/>) le mappe del pericolo di incendio in Europa sulla base del metodo FWI, fornendo previsioni fino a sei giorni.

Intense attività di ricerca sono in corso per migliorarne l'applicazione in ambito europeo, da parte del JRC e in molti paesi dell'Europa mediterranea, temperata e boreale. Si spera che lo sforzo congiunto focalizzato sul metodo comune possa portare a significativi avanzamenti della sua comprensione e adattamento progressivo alle nostre realtà, e in definitiva ad una rafforzata robustezza e utilità del suo impiego. Dopo alcuni anni d'incertezza e di alterne vicende, la strada sembra tracciata.

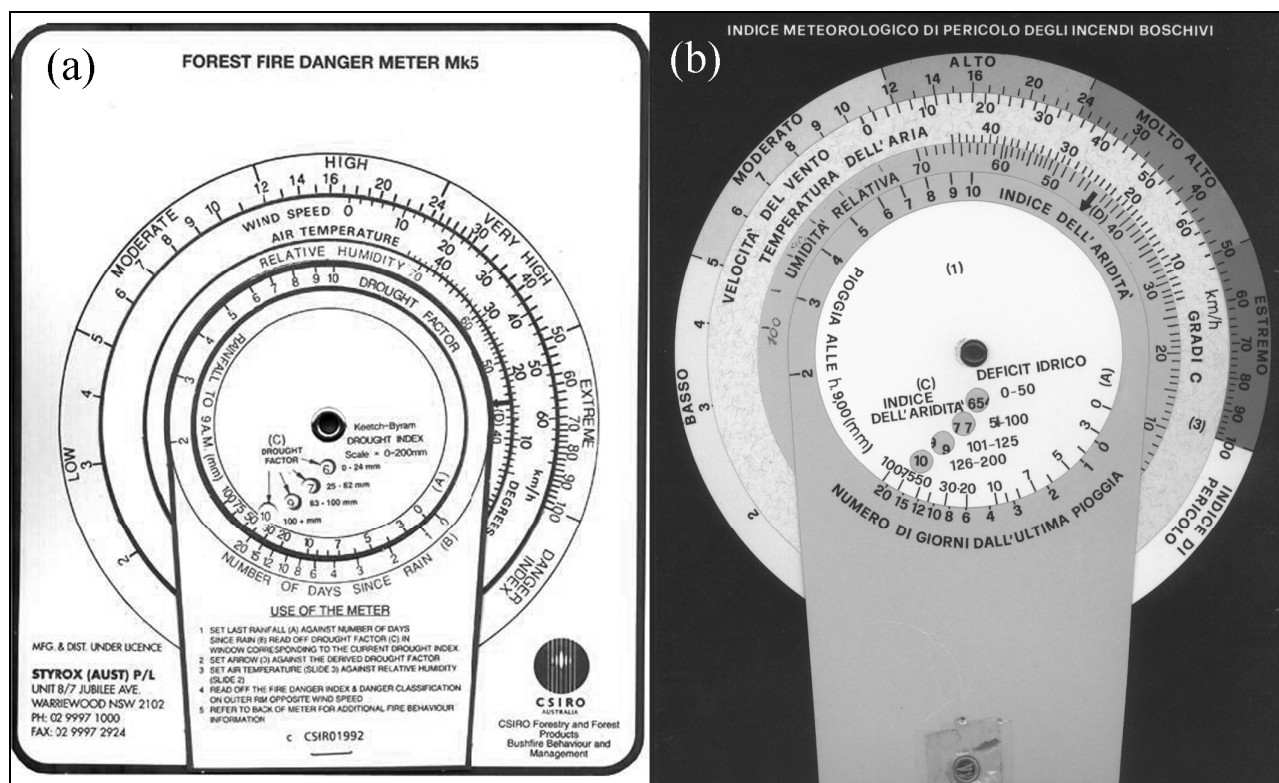


Figura 1. Regolo utilizzato in Australia per il calcolo dell'indice di pericolo di incendio boschivo McArthur Mk5 (McArthur, 1967) (a) e l'analogo utilizzato in Italia dai primi anni '80 (b).

Figure 1. Meter used in Australia to calculate the McArthur Mk 5 (McArthur, 1967) Forest Fire Danger Index (a) and the corresponding one used in Italy since the beginning of the '80s (b).

Figure 1. Règle utilisé en Australie pour calculer l'indice du risque d'incendie de forêts McArthur Mk5 (McArthur, 1967) (a) et le correspondant utilisé en Italie a partir des années '80 (b).

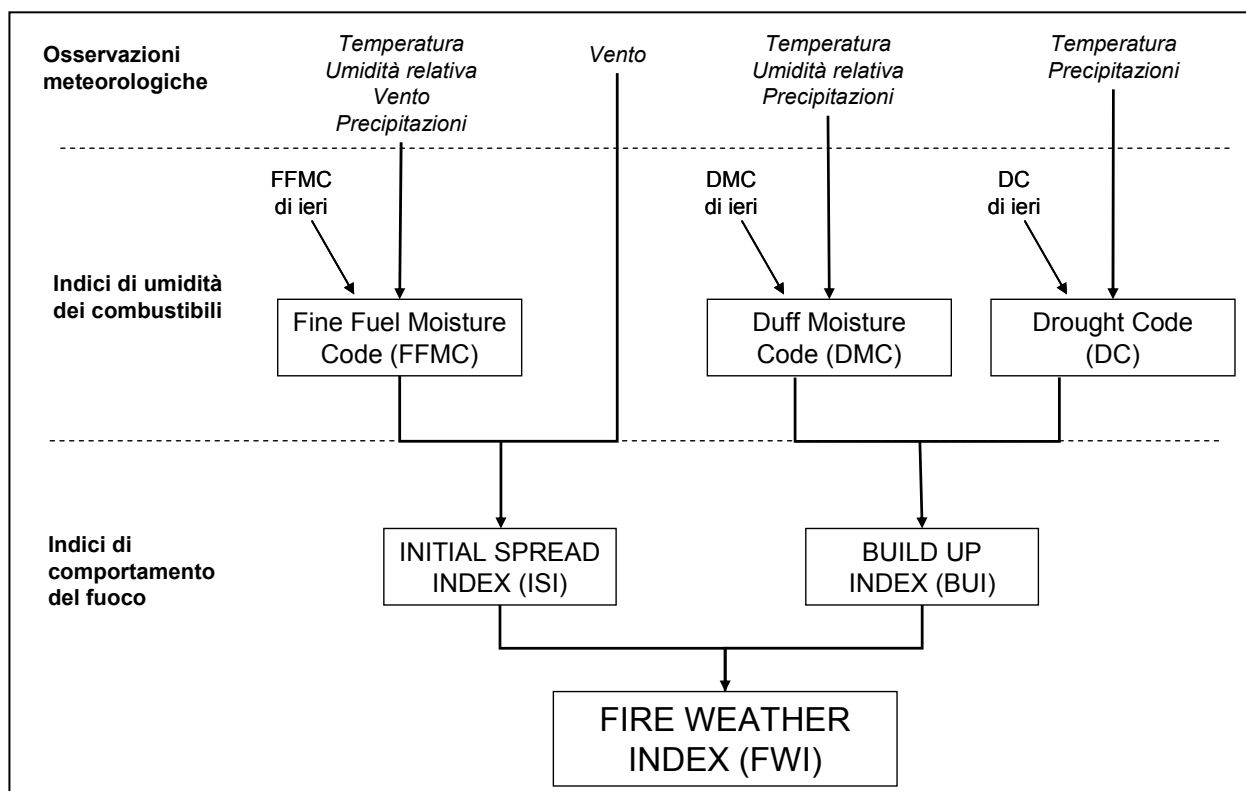


Figura 2. Struttura del sistema canadese di previsione meteorologica del pericolo di incendio *Fire Weather Index* (da Lawson e Armitage 2008, modificato).
 Figure 2. Structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System (adapted from Lawson and Armitage, 2008).
 Figure 2. Structure du système canadien de prévision météorologique du risque d'incendie de forêts (adapté de Lawson et Armitage, 2008).

SUMMARY

HISTORY, RECENT DEVELOPMENTS AND APPLICATIONS OF FOREST FIRE DANGER RATING IN ITALY

The history of fire danger rating in Italy, with the studies and operational applications that have accompanied its evolution during the last 30 years are critically reviewed within a European framework. The initial phases are described, with the application of an index taken from an Australian fire danger meter and the unsuccessful attempts to adapt it, then the subsequent studies to develop and index suitable to rate fire danger in the winter fire season of the Alpine regions, until the gradual introduction of the Canadian FWI (*Fire Weather Index*), following European studies and the parallel developments in other countries and within the framework of the EFFIS (*European Forest Fire Information System*). Today the challenge is to focus the research efforts on the foundations of the method to adjust the calibration functions and better adapt it to our conditions.

RÉSUMÉ

HISTOIRE, DEVELOPPEMENTS RECENTS ET APPLICATIONS DE LA PREVISION DU RISQUE D'INCENDIE EN ITALIE

L'histoire de la prévision du risque d'incendie de forêts en Italie, les études et applications opérationnelles qui en ont accompagné l'évolution au cours des 30 dernières années jusqu'à nos jours, sont revues dans le cadre européen. Les étapes initiales d'utilisation d'un indice de risque australien et les essais infructueux de son adaptation sont décrites ainsi que les études successives visant à élaborer un indice de risque adapté aux incendies d'hiver dans les Alpes. Enfin est présentée la mise en place progressive de la méthode canadienne FWI (*Fire Weather Index*) suite aux études réalisées à l'échelle européenne et en accord avec l'évolution dans d'autres pays européens et dans le cadre d'EFFIS (*European Forest Fire Information System*). Aujourd'hui le défi consiste à axer la recherche sur les fondements de cette méthode, afin d'affiner les fonctions de calibration et de mieux l'adapter à nos conditions.

BIBLIOGRAFIA

- Aguado I., Camia A., 1998 - *Fundamentos y utilización de índices meteorológicos de peligro de incendio*. Serie Geográfica, Incendios Forestales. 7: 49-58.
- Alexander M. E., 2008 - *Proposed revision of fire danger class criteria for forest and rural areas in New Zealand*. National Rural Fire Authority, Wellington, in association with the Scion Rural Fire Research Group, Christchurch, pp. 62.
- Bovio G., Camia A., 1996 - *Fire Danger Rating Study in Northwestern Italy*. Scientific Report of Minerve II Project. EC-DGXII, pp. 19.
- Bovio G., Camia A., 1997a - *Fire danger rating and land features in Winter-Spring seasons of Northwestern Italy*. Report of Minerve Project. EC-DGXII, pp. 19.
- Bovio G., Camia A., 1997b - *Previsione del pericolo di incendio boschivo in Sardegna*. L'Italia Forestale e Montana, 52(6): 405-428.
- Bovio G., Camia A., 2001 - *Linee di pianificazione antincendi boschivi nei parchi naturali* Annali dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali, 49-50: 243-272.
- Bovio G., Camia A., 2004 - *Applicazione di metodi di previsione del pericolo di incendio boschivo in Liguria*. Linea Ecologica, 36(6): 47-55.
- Bovio G., Camia A., Francesetti A., Gottero F., 1998 - *Meteorological Danger Indices for Large Fires Danger Rating*. Scientific Report of MEGAFiReS Project. EC-DGXII, pp. 24 + Figures and Tables.
- Bovio G., Camia A., Gottero F., 1999 - *Piano Regionale per la difesa del patrimonio boschivo dagli incendi 1999-2001*. Regione Piemonte. Assessorato Economia Montana e Foreste. pp. 197.
- Bovio G., Quaglino A., Nosenzo A., 1984 - *Individuazione di un indice di previsione per il pericolo di incendi boschivi*. Monti e Boschi, (4): 39-44.
- Byram G. M., 1959 - *Combustion of forest fuels*. In: Forest Fire: Control and Use. Davis K. P. (Ed.). New York, McGraw-Hill: 155-182.
- Camia A., 1996 - *Scientific studies on forest fire danger rating and fire behaviour prediction in Piedmont*. In: P.A.R.I. Project, Ouverture Programme, EC-DGXIV, 351-360.
- Camia A., Amatulli G., in press - *Weather factors and fire danger in the Mediterranean*. In: Earth Observation of Wildland Fires in Mediterranean Ecosystems. Chuvieco E. (Ed.), Springer.
- Camia A., Barbosa P., Amatulli G., San-Miguel-Ayanz J., 2006 - *Fire danger rating in the European Forest Fire Information System (EFFIS): current developments*. In: V International Conference on Forest Fire Research, Figueira da Foz, Portugal.
- Camia A., Bovio G., 2000 - *Description of the indices implemented in EUDIC software for the European meteorological forest fire risk mapping*. Report of Contract: "Computation of meteorological fire danger indices for Southern Europe". JRC-SAI (European Commission), Ipsara, pp. 29.
- Camia A., Bovio G., 2001 - *Sistema europeo di previsione del pericolo di incendio boschivo: basi metodologiche e prime applicazioni*. In: III Congresso Nazionale SISEF. Alberi e foreste per il nuovo millennio, Viterbo.
- Camia A., Bovio G., Aguado I., Stach N., 1999 - *Meteorological fire danger indices and remote sensing*. In: Remote Sensing of Large Wildfires in the European Mediterranean Basin. Chuvieco E. (Ed.), Springer-Verlag: 39 - 59.
- Camia A., San-Miguel-Ayanz J., 2005 - *Remote sensing inputs to forest fire danger rating*. In: EARSEL 5th International Workshop on Remote Sensing and GIS Applications to Forest Fire Management, Zaragoza, Spain.
- European Commission, 2008 - *Forest Fires in Europe 2007*. EUR 23492 EN. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, pp. 77.
- Forestry Canada Fire Danger Group, 1992 - *Development and Structure of the Canadian Forest Fire Behaviour Prediction System*. Forestry Canada, pp. 63.
- Francesetti A., Bovio G., Guglielmet E., Camia A., Chuvieco E., 2004 - *Performance of Meteorological Danger Indices (MDI) to predict fire occurrence and critical fire days in EUMed. Integration of Meteorological indices with Earth Observed (EO) data*. SPREAD Project (EC Contract number EVG1-CT-2001-00043). Deliverable D132, pp. 33.
- Item H., 1974 - *A model for the water regime of a deciduous forest*. Journal of Hydrology, 21: 201-210.
- Lawson B. D., Armitage O. B., 2008 - *Weather Guide for the Canadian Forest Fire Danger Rating System*. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Edmonton, AB, pp. 73.
- McArthur A. G., 1967 - *Fire behaviour in Eucalypt forests*. Leaflet No. 107. Department of National Development, Forestry and Timber Bureau, Canberra, Australia.
- Noble I. R., Bary G. A. V., Gill A. M., 1980 - *McArthur's fire danger meters expressed as equations*. Australian Journal of Ecology, 5: 201-203.
- Palheiro P., Fernandes P., Cruz M. G., 2006 - *A fire behaviour-based fire danger classification for maritime pine stands: comparison of two approaches*. In: V International Conference on Forest Fire Research, Figueira da Foz, Portugal.
- Palmieri S., Cozzi R., 1983 - *Il ruolo della meteorologia nella prevenzione e controllo degli incendi boschivi*. Riv. Meteor. Aer., 43(4).
- Palmieri S., Inghilesi R., Siani A. M., 1993 - *Un indice meteorologico di rischio per incendi boschivi*. In: Seminar on fighting forest fires, Salonicco (Grecia).
- Penman H. L., 1956 - *Estimating Evaporation* Trans. Amer. Geophys. Union, 37(1): 43-50.
- Regione Autonoma Valle d'Aosta, 2005 - *Piano per la prevenzione e lo spegnimento degli incendi boschivi*. Servizio Selvicoltura, Difesa e Gestione del Patrimonio Forestale, Assessorato Agricoltura Foreste e Ambiente Naturale, Aosta.
- Regione Piemonte, 2007 - *Piano Regionale per la programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi 2007-2010*. Settore Antincendi Boschivi e Rapporti con il Corpo Forestale dello Stato. pp.155
- Reifsnnyder W. E., 1977 - *A fire danger rating system for the Mediterranean region*. In: FAO/UNESCO Technical Consultation on Forest Fires in the Mediterranean Region (in collaboration with IUFRO), Marseille (France), FAO, Rome.
- Sharples J. J., McRae R. H. D., Weber R. O., Gill A. M.,

- 2008 - *A simple index for assessing fire danger rating*. Environmental Modelling & Software, (in press).
- Stocks B. J., Lawson B. D., Alexander M. E., Van Wagner C. E., McAlpine R. S., Lynham T. J., Dubé D. E., 1989 - *The Canadian Forest Fire Danger Rating System: An overview*. The Forestry Chronicle, 65: 258-265.
- Valese E., Anfodillo T., Rossi S., Carraro V., Deslauriers A., Carrer M., Monai M., Lemessi A., Ramon E., 2008 - *Realizzazione di un sistema di calcolo e di spazializzazione dell'indice canadese di pericolo d'incendio boschivo FWI (Fire Weather Index) per la Regione Veneto*. Forest@ 5(1): 176-186.
- Van Wagner C. E., 1987 - *Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System*. Canadian Forestry Service, Ottawa, Ontario, pp. 37.
- Ventura F., Marletto V., Zinoni F., 2001 - *Un metodo per il calcolo dell'indice meteorologico*. Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi, 68(6).
- Viegas D. X., Bovio G., Camia A., Ferreira A., Sol B., 1996 - *Testing Meteorological Fire Danger Methods in Southern Europe*. In: 13th Conference on Forest Fire and Meteorology, Lorne, Australia.
- Viegas D. X., Bovio G., Ferreira A., Nosenzo A., Sol B., 2000 - *Comparative study of various methods of fire danger evaluation in southern Europe*. International Journal of Wildland Fire, 9(4): 235 - 246.
- Viegas D. X., Reis R. M., Cruz M. G., Viegas M. T., 2004 - *Calibração do Sistema Canadano de Perigo de Incêndio para Aplicação em Portugal*. Silva Lusitana, 12(1): 77-93.