

## **Piano antincendi boschivi della Provincia Autonoma di Trento: metodo sperimentale per l'analisi del pericolo di incendio boschivo**

Riccardo CECCATO (\*), Raffaella MARZANO (\*), Giovanni BOVIO (\*),  
Alessandro WOLYNSKI (\*\*), Maurizio ZANIN (\*\*)

(\*) Università di Torino, Dipartimento di Agronomia, Selvicoltura e Gestione del territorio, Via L. Da Vinci 44,  
10095 Grugliasco (TO), tel. 011 6705552, fax 011 6705556, e-mail: riccardo.ceccato@unito.it;  
raffaella.marzano@unito.it; giovanni.bovio@unito.it

(\*\*) Servizio Foreste e Fauna, Ufficio Pianificazione e Selvicoltura, Provincia Autonoma di Trento, via Trener 3, I-  
38100 Trento, e-mail: alessandro.wolynski@provincia.tn.it; maurizio.zanin@provincia.tn.it

### **Riassunto**

La legge 21 novembre 2000, n. 353 "Legge-quadro in materia di incendi boschivi" prevede che nei *Piani regionali di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi* vengano individuate e rappresentate con apposita cartografia tematica le aree a rischio di incendio. Le più recenti definizioni di rischio di incendio boschivo ne prevedono la caratterizzazione mediante 2 componenti: il pericolo, inteso come probabilità che si verifichi un incendio, e la vulnerabilità, che esprime gli effetti potenziali del passaggio del fuoco. Nel corso della sperimentazione condotta per la revisione del Piano della Provincia Autonoma di Trento è stata predisposta una metodologia ad hoc di analisi del pericolo, adottando un approccio innovativo che prevede l'integrazione fra l'analisi storica del fenomeno e un'articolata valutazione delle cause predisponenti e determinanti l'incendio. La qualità dei dati disponibili e le scelte procedurali hanno permesso di ottenere una cartografia in continuo su un *grid* da 50 m dell'indice di pericolo, classificato su scala ordinale in quattro livelli. Il risultato adempie in pieno alle esigenze delle successive fasi di pianificazione.

### **Abstract**

Italian national law on wildfires 353/2000 states that each Region is in charge of setting up a Fire Management Plan for its territory, identifying and mapping areas at risk. The most recent definition of wildfire risk is based upon two components: danger and vulnerability. A specific methodology to characterize fire danger was realized in the frame of the Trento Autonomous Province fire management plan revision. A new approach was adopted, integrating historical data analyses and a detailed assessment of topographical elements, vegetation and anthropogenic variables.

### **Introduzione**

La Legge 21 novembre 2000, n. 353 "Legge-quadro in materia di incendi boschivi" prevede e affida alle Regioni, ai fini della conservazione e difesa dagli incendi del patrimonio boschivo, la redazione dei "*Piani regionali di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi*" (a seguire Piani AIB). I Piani AIB rappresentano strumenti indispensabili per definire la strategia di contenimento degli incendi boschivi, razionalizzando la ripartizione delle risorse sul territorio ed individuando interventi e priorità in base a specifiche analisi territoriali.

La stessa legge prevede che si individuino le aree a rischio di incendio boschivo rappresentate in apposita cartografia tematica.

La definizione di rischio di incendio boschivo è stata spesso oggetto di discussione in relazione a usi impropri e contraddittori indotti da esportazioni da discipline affini e traduzioni dirette di termini stranieri (Bachmann, Allgöwer, 1998, 2001; Hardy, 2005). Per porre rimedio a ciò, in due importanti progetti di ricerca europei (SPREAD Forest Fire Spread Prevention and Mitigation, EU FPV, 2002-2004; EUFIRELAB Euro-Mediterranean Wildland Fire laboratory; A wall-less laboratory for Wildland Fire Sciences and Technologies in the Euro-Mediterranean Region, EU FPV, 2002-2006) sono state formulate definizioni univoche per un glossario tecnico condiviso dai ricercatori del settore (Blanchi et al., 2003; Marzano et al., 2006). Si ritiene che tali definizioni, risultanti dal lavoro congiunto dei principali esperti di incendio boschivi a livello mondiale, possano favorire l'adozione di una terminologia comune a livello non solo di comunità scientifica, ma anche tra gli addetti ai lavori che a qualunque titolo si occupino di incendi boschivi.

Il **rischio** di incendio boschivo viene pertanto inteso come espressione congiunta di 2 componenti: il pericolo di incendio, definito dalla probabilità che si verifichi un incendio, e la vulnerabilità, che esprime gli effetti potenziali del passaggio del fuoco nei confronti sia dell'uomo che degli ecosistemi. Il **pericolo** è a sua volta definito da due componenti, ovvero la probabilità che si inneschi un incendio (*pericolo di innesco*) e la probabilità che tale incendio si propaghi nello spazio e nel tempo (*pericolo di diffusione*). La **vulnerabilità** considera invece gli effetti del fuoco, siano essi di tipo ecologico e quindi legati al comportamento del fuoco e alle caratteristiche dell'ecosistema, che economici e quindi legati al valore di beni e risorse interessati dal passaggio del fronte di fiamma. La composizione di pericolo e vulnerabilità in un unico indice restituisce il **rischio di incendio**.

Si precisa che, considerata la scala temporale e spaziale del Piano AIB, l'espressione di pericolo (comprese le valenze di innesco e diffusione) deve essere in questo caso intesa nella sua connotazione statica, senza includere il pericolo dinamico che varia nel breve periodo in relazione alle condizioni meteo predisponenti.

L'analisi del pericolo individua le zone maggiormente soggette ad incendio mediante il calcolo di un indice spazializzato rappresentato in opportune classi. Dal punto di vista metodologico sono oggi disponibili molte esperienze per l'analisi del pericolo che differiscono principalmente per la tipologia di dato utilizzato e per il dettaglio finale dell'output cartografico. In particolare vi sono analisi fondate unicamente sul **dato storico**, e quindi sulla statistica degli incendi avvenuti in passato, a fianco di quelle basate anche sulla valutazione dei **fattori determinanti** e **predisponenti** (Jaiswal et al., 2001). L'analisi dei fattori predisponenti e determinanti richiede la caratterizzazione di aspetti morfologici, vegetazionali e antropici. Dal punto di vista morfologico le differenti combinazioni di quota ed esposizione, in relazione alle pendenze, determinano una diversa probabilità di propagazione del fronte di fiamma, con comportamenti più o meno controllabili. Le diverse formazioni vegetazionali possono originare "complessi di combustibile" differenti per carico e configurazione spaziale. L'elemento antropico costituisce invece il principale fattore determinante l'innesco di un incendio; la sua caratterizzazione può essere basata sulla definizione della posizione relativa delle formazioni vegetazionali combustibili rispetto agli usi del suolo con elevata presenza antropica.

Rispetto all'output cartografico, alcune analisi forniscono l'indice di pericolo calcolato in continuo per ogni elemento di un *grid*, mentre in altri casi vengono realizzate carte vettoriali in cui l'unità cartografica di riferimento corrisponde a confini amministrativi (comuni, comunità montane) o fisiografici (bacini, unità di versante), coerentemente con le necessità di piano. Spesso le scelte metodologiche sono legate alla tipologia e alla qualità delle informazioni georeferenziate disponibili.

I Piani realizzati nell'ultimo decennio nel Nord Italia (ad es., Piemonte 2007-2010, Lombardia 2006-2009, Liguria 2003-2006) sono per lo più legati al dato storico, mancando gli strati informativi necessari per una completa analisi dei fattori determinanti e predisponenti. Il Piano AIB della Val d'Aosta (Guglielmet et al., 2004) è stato occasione per sperimentare un approccio più

articolato, in cui l'analisi storica volta a caratterizzare il regime degli incendi è stata integrata con l'analisi degli aspetti morfologici e vegetazionali, in un valido compromesso fra volontà di approfondire l'analisi dei fattori predisponenti ed i limiti imposti dalla qualità degli strati informativi disponibili.

La sperimentazione condotta nell'ambito della revisione del Piano AIB della Provincia Autonoma di Trento (PAT) si configura come un'ulteriore evoluzione metodologica e rappresenta un'esperienza completa di analisi del pericolo di incendio per serie storica e fattori predisponenti e determinanti.

### **L'analisi del pericolo nel Piano AIB della Provincia Autonoma di Trento**

La revisione del Piano per la Difesa dei Boschi dagli Incendi della PAT, attualmente in fase di completamento, è stata occasione per condurre una sperimentazione sull'analisi del pericolo di incendio in condizioni particolari:

- Elevato indice di boscosità e concomitante presenza significativa di attività rurali, con una morfologia estremamente articolata, gradienti vegetazionali e climatici importanti, a determinare differenti regimi di incendio;
- Sistema di estinzione efficace con elevato impiego del mezzo aereo;
- Contenuta superficie territoriale;
- Disponibilità di serie storica ventennale (1984-2004) degli incendi boschivi con superfici percorse georeferenziate;
- Cartografia in digitale (*raster* con passo 50 m) dei tipi forestali della provincia;
- Livelli informativi aggiornati e dettagliati.

Sulla base agli elementi di cui sopra, si è scelto di adottare per **l'analisi del pericolo** un metodo combinato tra quello storico e quello basato sui fattori predisponenti e determinanti. Il metodo predisposto permette infatti di coniugare nell'indice di pericolo l'informazione derivante dall'accurata serie storica, ad inquadramento del **regime osservato** di incendi, con l'analisi dei fattori predisponenti e determinanti, idonea invece ad interpretare la componente **potenziale** talvolta inespresa dagli eventi pregressi.

Per le elaborazioni spaziali è stato utilizzato il software ESRI® ArcMap 8.3; per alcune operazioni topologiche si è impiegato il software TerraNova ShArc 4.1; l'analisi statistica sulla serie storica è stata realizzata mediante il software SPSS 13.0.

La prima fase della metodologia prevede l'individuazione dell'**area soggetta ad incendio**, partendo dall'analisi della ripartizione della superficie percorsa in serie storica nelle varie combinazioni possibili di fascia altimetrica e classi di esposizione, ricavate da DTM con passo 10 m. Sono quindi state individuate entro la superficie forestale provinciale le combinazioni di altimetria ed esposizione interessate in maniera significativa da eventi di incendio nel passato. L'area soggetta ad incendio costituisce il dominio entro il quale è stato calcolato in continuo, su un *grid* con passo 50 m, l'indice di pericolo d'incendio.

L'indice di pericolo si ottiene mediante un modello additivo (*weighted overlay*), basato su tre sottoindici (in formato *raster* con passo 50 m): **pericolo storico**, **pericolo territoriale**, **pericolo antropico**.

L'indice di **pericolo storico** riassume le caratteristiche che ha assunto il fenomeno nella serie storica. Viene calcolato su unità fisiografiche corrispondenti a bacini idrografici, aventi come superficie media circa 1000 ha. Il livello di dettaglio adottato per l'aggregazione dei dati elementari di incendio, superiore rispetto a quello comunale adottato nei precedenti Piani, è reso possibile dalla disponibilità dei perimetri delle aree percorse per l'intera serie storica analizzata.

Per ogni bacino sono state calcolate le seguenti variabili descrittive: superficie massima, media e mediana percorsa dal fuoco durante un singolo evento; percentuale di anni con incendi; numero

annuo di incendi; numero annuo di incendi di grande dimensione (> 7 ha); numero annuo di incendi per ogni 10 km<sup>2</sup> di territorio; numero annuo di incendi di grande dimensione ogni 10 km<sup>2</sup> di territorio. Tramite *cluster analysis* sono state individuate 6 classi di pericolo storico, ognuna delle quali viene descritta mediante un determinato “profilo pirologico” che corrisponde al livello medio delle variabili descrittive dei bacini che ricadono nella classe. Ad ogni classe è stato assegnato un fattore moltiplicativo che esprime la dimensione assunta dal fenomeno e che confluisce nell’algoritmo di calcolo dell’indice di pericolo.

L’indice di **pericolo territoriale** contribuisce a valutare i fattori predisponenti, ovvero le caratteristiche territoriali che influenzano la diffusibilità del fronte di fiamma e molti aspetti del suo comportamento. Sono state analizzate innanzitutto le condizioni morfologiche, individuando da DTM esposizioni e pendenze. La pendenza ha generalmente un sensibile effetto sul comportamento del fuoco, incrementandone la velocità di avanzamento e conseguentemente l’intensità; l’esposizione determina differenti livelli di insolazione con effetti diretti sull’umidità dei combustibili e quindi sul loro grado di infiammabilità. L’importanza assunta dallo stato idrico dei combustibili forestali fra i fattori predisponenti è tale da richiedere un ulteriore approfondimento, ottenuto includendo nell’indice di pericolo territoriale l’udometria. Tale variabile ecologica, spazializzata su celle da 50 m, deriva da studi propedeutici alla mappatura semiautomatica dei tipi forestali della Provincia Autonoma di Trento (Sottovia et al. 2002). Essa individua l’abbondanza idrica nei diversi microclimi e pedoclimi, discriminando le differenti situazioni sulla base della morfologia puntuale descritta dal DTM.

Ultimo elemento dell’indice di pericolo territoriale è la componente vegetazionale. L’indice in questione non esprime il pericolo di incendio boschivo per tipo forestale, ma caratterizza il tipo forestale in relazione alla probabile presenza e continuità di biomassa al suolo, potenzialmente interessabile da incendi radenti. In mancanza di una cartografia dei combustibili forestali, è stata utilizzata la carta forestale provinciale di nuova redazione, che suddivide la superficie boscata in tipi forestali aventi identità ecologica e floristica univoca. Dai profili floristici caratteristici di ogni tipo forestale sono state individuate, mediante calcolo combinatorio, le probabilità di presenza di specie erbacee ed arbustive combustibili ed, entro queste ultime, di quelle particolarmente infiammabili. Con lo stesso profilo floristico è stata poi quantificata la produzione di lettiera partendo da considerazioni sulle singole specie. Integrando i due aspetti è stato calcolato un indice unico idoneo a distinguere tipologie potenzialmente ricche di vegetazione combustibile e con abbondante lettiera al suolo da tipologie con un ridotto livello di combustibile interessabile da incendi radenti. Un’accurata verifica in campo ha permesso di validare la metodologia e affinare ulteriormente l’approccio.

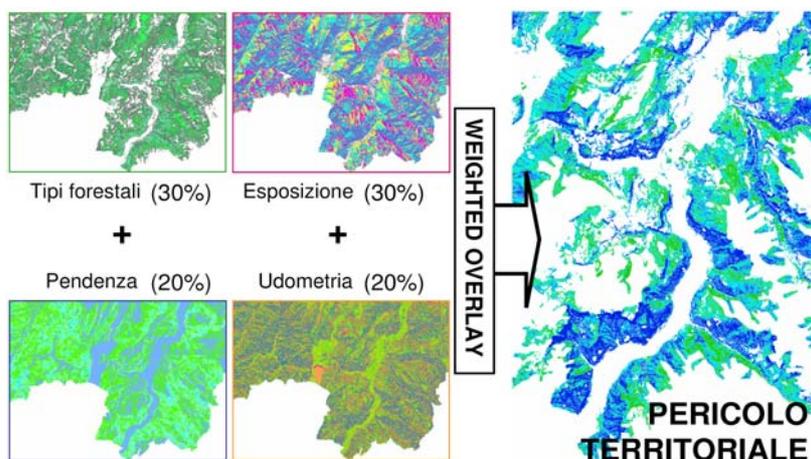


Figura 1 – Componente territoriale dell’indice di pericolo di incendio

I quattro elementi analizzati (esposizione, pendenza, udometria e vegetazione) sono quindi stati riuniti a costituire l'indice di pericolo territoriale (figura 1), tramite *weighted overlay*.

L'indice di **pericolo antropico** sintetizza i fattori determinanti, ovvero la probabilità di innesco legata alla vicinanza ad usi del suolo od attività antropiche potenzialmente pericolose. La valutazione di tali elementi parte dall'analisi degli incendi avvenuti in passato sul territorio provinciale, che induce a considerare come possibili luoghi di innesco prevalentemente la viabilità pubblica principale ed i tracciati ferroviari, le zone agricole e le zone di interfaccia urbano-foresta. Intorno a tali elementi sono stati ricavati *multiple buffers* a distanze predefinite, fino ad un massimo di 500 m. I *buffer* sono composti da 5 fasce, ad ognuna delle quali è stato assegnato un valore inversamente proporzionale alla distanza. E' stata quindi eseguita una somma pesata dei *buffer* attribuendo maggior peso a quelli relativi alle attività agrarie ed alle vie di comunicazione alla luce della casistica degli incendi passati (figura 2).

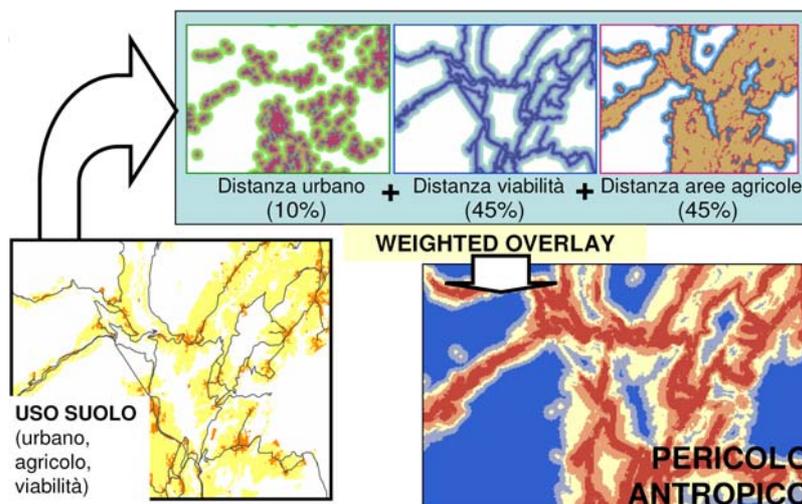


Figura 2 – Componente antropica dell'indice di pericolo di incendio

La carta del pericolo di incendio boschivo è stata elaborata per *arithmetic weighted overlay* dei tre sottoindici opportunamente normalizzati, con un output in formato *raster* con passo 50 m.

Sono quindi state individuate opportune classi (figura 3) entro cui suddividere il *range* di valori assunti dall'indice finale di pericolo (trascurabile, basso, medio ed elevato). Lo schema di classificazione utilizzato è basato su *natural breaks* individuati all'interno della distribuzione dei valori di pericolo. L'utilizzo di classi ordinali consente di agevolare le attività di pianificazione, soprattutto in relazione alla necessità di individuare le priorità di intervento.

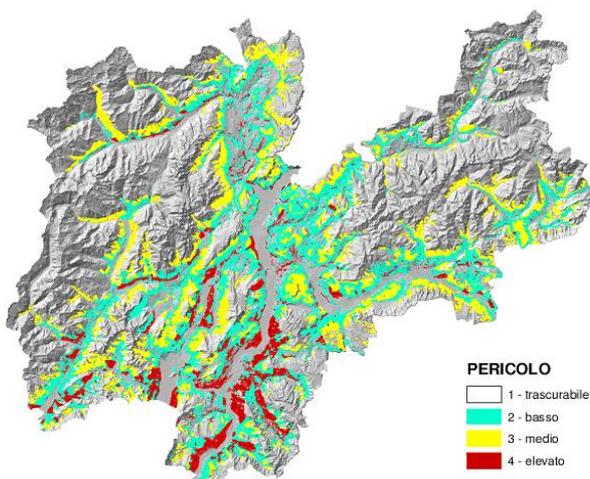


Figura 3 – Carta del pericolo di incendio boschivo della Provincia Autonoma di Trento

## **Conclusioni**

Nella sperimentazione condotta, la caratterizzazione del pericolo di incendio realizzata in prima istanza sulla base dei soli dati storici aggregati per bacino idrografico si è dimostrata insufficiente ad esprimere la reale dimensione del fenomeno e ad indirizzare le scelte pianificatorie. L'efficacia dell'estinzione ed il limitato numero di incendi hanno imposto di integrare tale caratterizzazione con l'analisi dei fattori predisponenti e determinanti. La ridotta estensione territoriale, a fronte di livelli informativi aggiornati e rispondenti alle necessità di piano, ha permesso di eseguire una valutazione accurata di questi ultimi fattori. Il risultato delle analisi è una caratterizzazione del pericolo espressa mediante una cartografia in continuo, idonea alla ripartizione delle risorse, alla definizione di strategie e priorità di intervento, oltre che ad una prima distribuzione delle opere sul territorio.

Nella realizzazione di un Piano AIB su scala regionale, un'accurata analisi del pericolo e conseguentemente del rischio di incendio boschivo costituisce un primo importante presupposto per contrastare in maniera efficace un fenomeno rilevante per dimensione, impatto ambientale ed economico.

## **Ringraziamenti**

Lo studio descritto è stato realizzato grazie al finanziamento ed in collaborazione con la Provincia Autonoma di Trento, Servizio Foreste e Fauna.

## **Bibliografia**

- Bachmann A, Allgöwer B. (1998), "A framework for wildfire risk analysis". In: *Proceedings of the III International Conference on Forest Fire Research*, 14th Conference on Fire and Forest Meteorology; 16–20 November 1998; Coimbra, Portugal. ADAI, Vol. 2: 2177–2190.
- Bachmann A, Allgöwer B. (2001), "A consistent wildland fire risk terminology is needed!", *Fire Management Today*, 61(4): 28–33
- Blanchi R, Allgöwer B, Koutsias N, Salas J, Camia A. (2003), "Fire risk mapping (I): Methodology, selected examples and evaluation of user requirements", *Forest Fire Spread Prevention and Mitigation (SPREAD) Deliverable D161*. Contract n. EVG1-CT-2001-00043, 46 p.
- Guglielmet E, Marzano R, Bovio G. (2004), "L'analisi del rischio e delle priorità di intervento nella pianificazione antincendi boschivi", *Atti della 8<sup>a</sup> Conferenza Nazionale ASITA - GEOMATICA Standardizzazione, interoperabilità e nuove tecnologie*. Roma, 14-17 dicembre 2004, Vol.II: 1267-1272.
- Hardy C.C. 2005. Wildland fire hazard and risk: Problems, definitions, and context. *Forest Ecology and Management*, 211: 73–82.
- Jaiswal R.K., Mukherjee S., Raju K. D., Saxena R. (2001), "Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4: 1–10.
- Marzano R, Bovio G, Guglielmet E, Camia A, Deshayes M, Lampin C, Salas J, Martínez J, Molina D, Geronimo N, Carrega P, Fox D, Sabaté S, Vayreda J, Martín P, Martínez J, Vilar L, Conese C, Bonora L, Tsakalidis S, Gitas J, Karteris M. (2006), "Wildland Fire Danger and Hazards: a state of the art, final version" *EUFIRELAB: Euro-Mediterranean Wildland Fire Laboratory, a "wall-less" Laboratory for Wildland Fire Sciences and Technologies in the Euro-Mediterranean Region. Deliverable D-08-07*, pp.64. <http://www.eufirelab.org/deliverable.php>.
- Sottovia L, Odasso M, Carriero A. (2002), *Un modello per la rappresentazione cartografica automatizzata dei tipi forestali nell'altopiano di Piné*. Provincia Autonoma di Trento - Servizio Foreste, Trento, pp.55.