



# Simulare il comportamento fuoco

## Ascoli D.

Dipartimento di  
Scienze Agrarie  
Forestali e  
Alimentari

Università di  
Torino

**...ma quanto funziona la selvicoltura preventiva?**

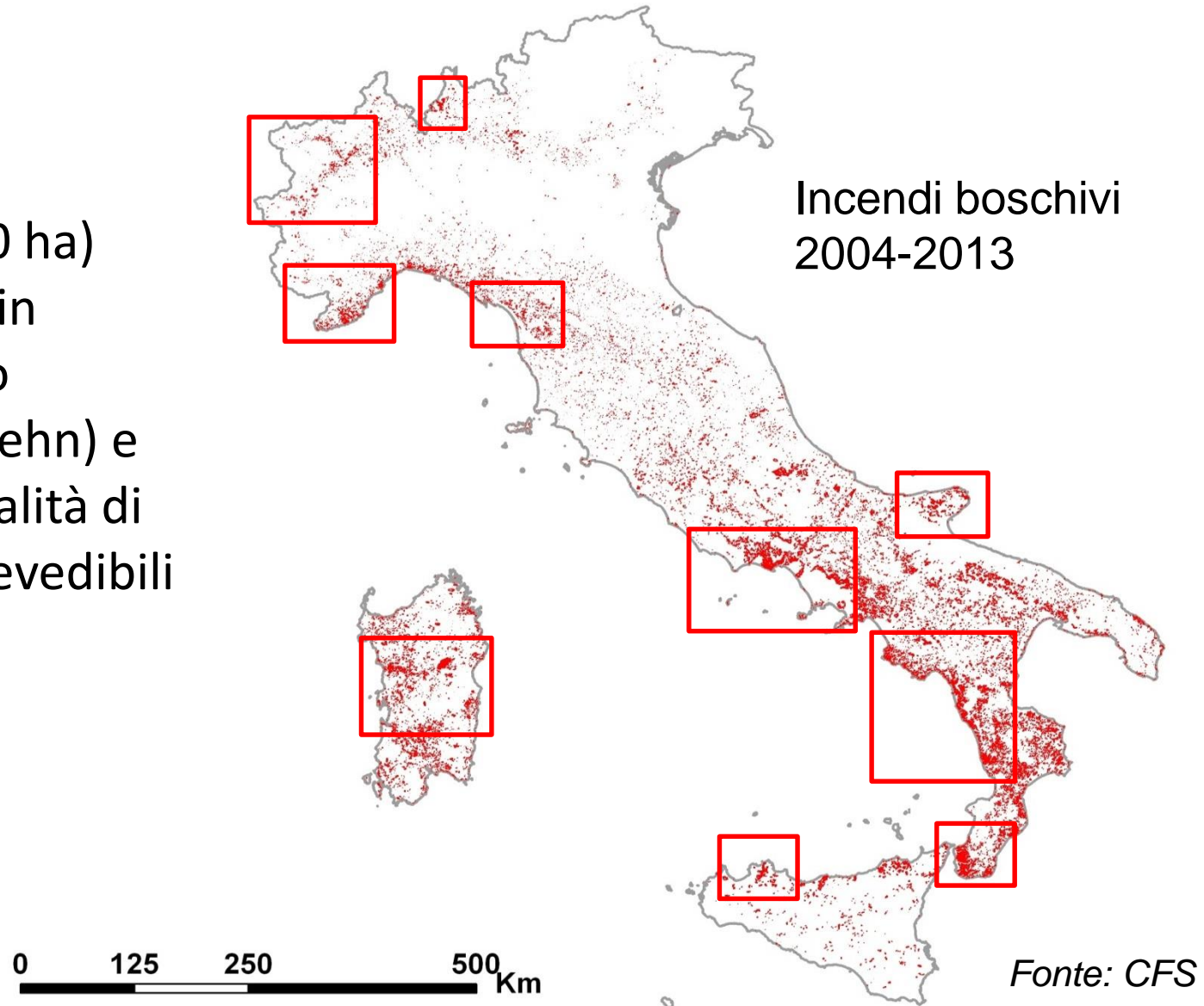


**L'efficacia della prevenzione aumenta ...**

1. In funzione delle **tecniche scelte** (meccanizzato, fuoco prescritto) in **date condizioni** ambientali (tipo forestale, accessibilità)
2. Posizionando le superfici di intervento in **aree strategiche** lungo le **traiettorie** dei **grandi incendi ricorrenti**
3. Ottimizzando le superfici di intervento in modo che la **minima superficie** trattata dia il **massimo risultato**

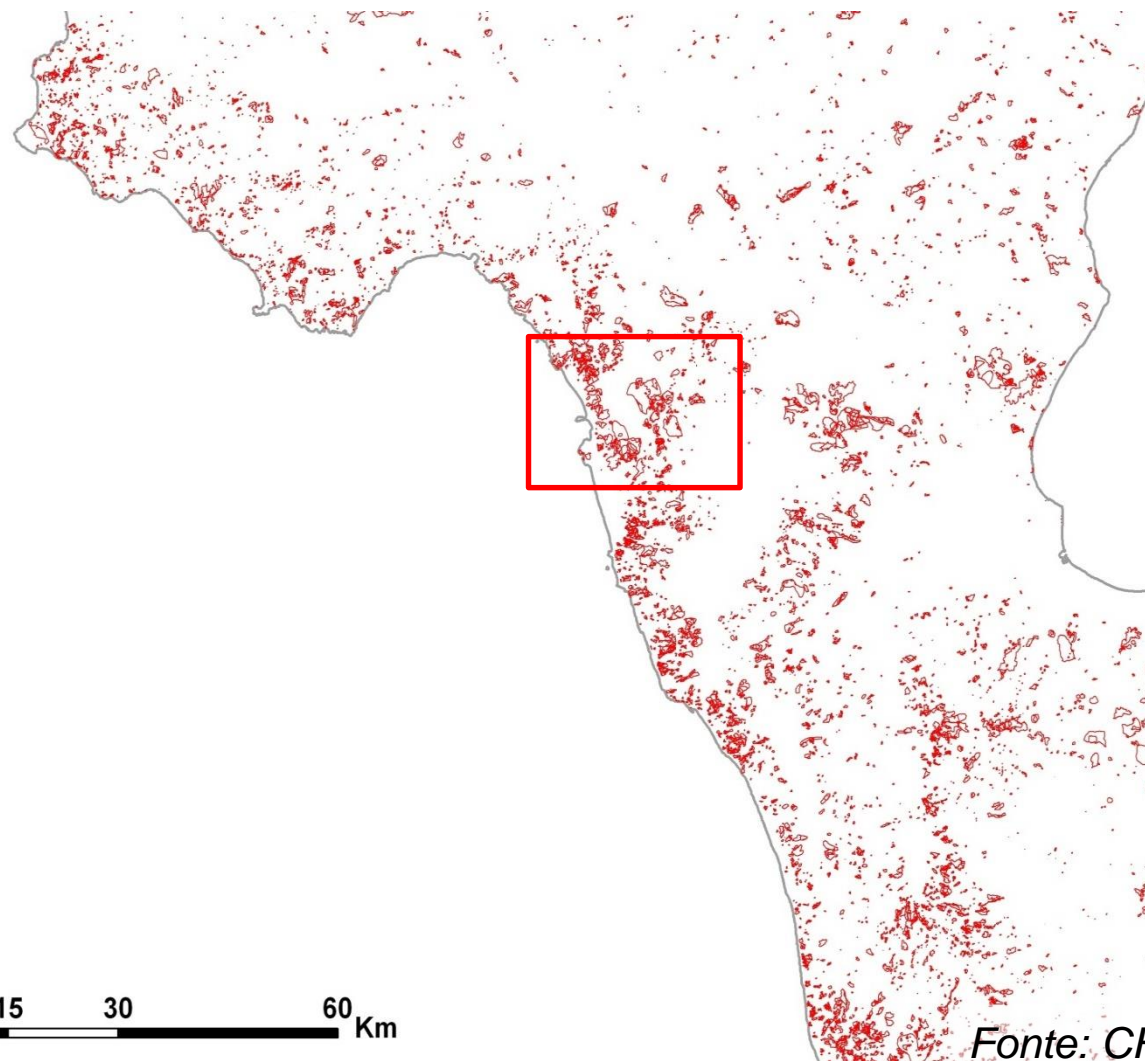
## 2. Aree strategiche lungo le traiettorie grandi incendi

Incendi di grandi dimensioni (>100 ha) che si verificano in condizioni meteo specifiche (es. foehn) e presentano modalità di propagazione prevedibili



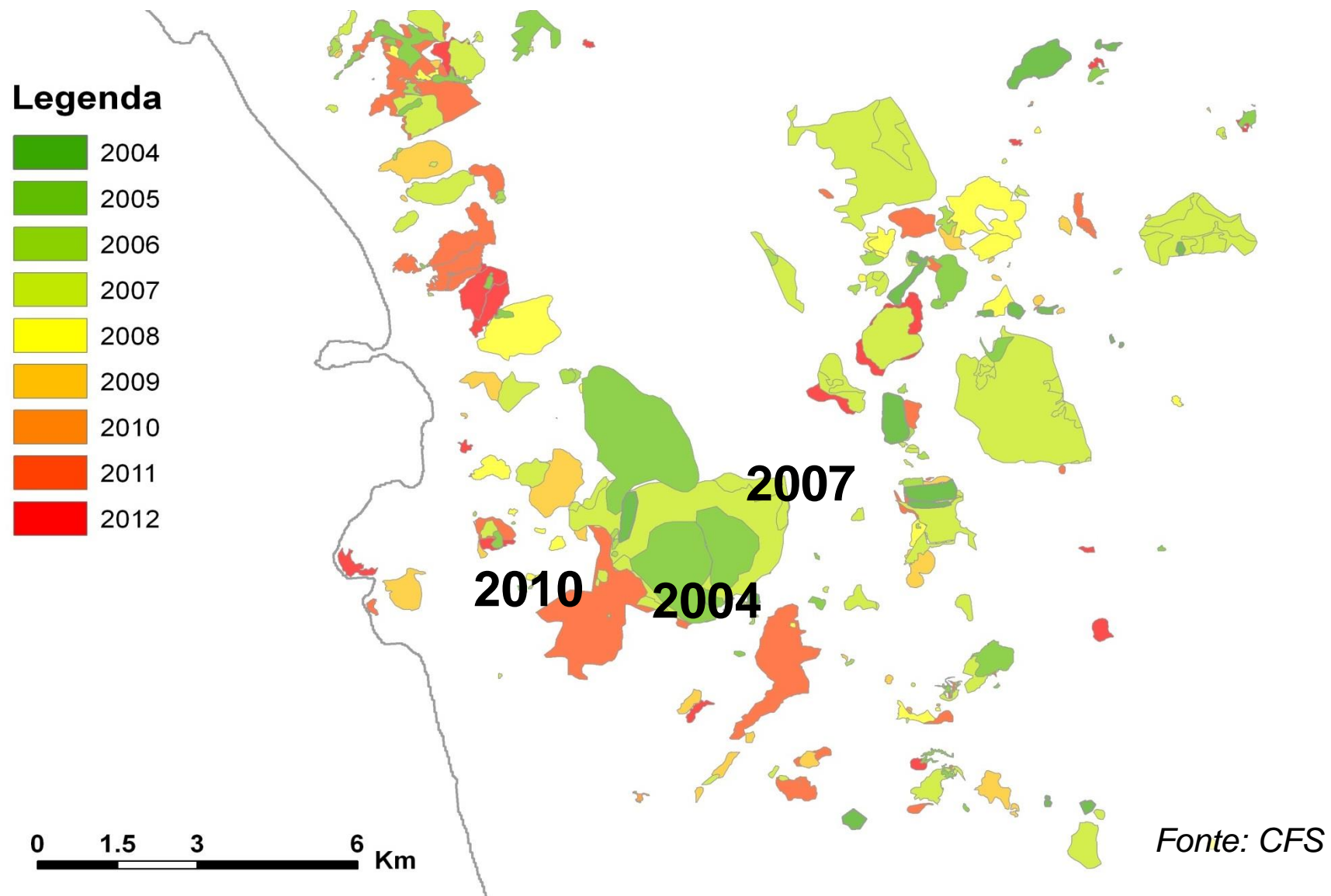
## **2. Aree strategiche lungo le traiettorie grandi incendi**

Incendi di grandi dimensioni (>100 ha) che si verificano in condizioni meteo specifiche (es. foehn) e presentano modalità di propagazione prevedibili



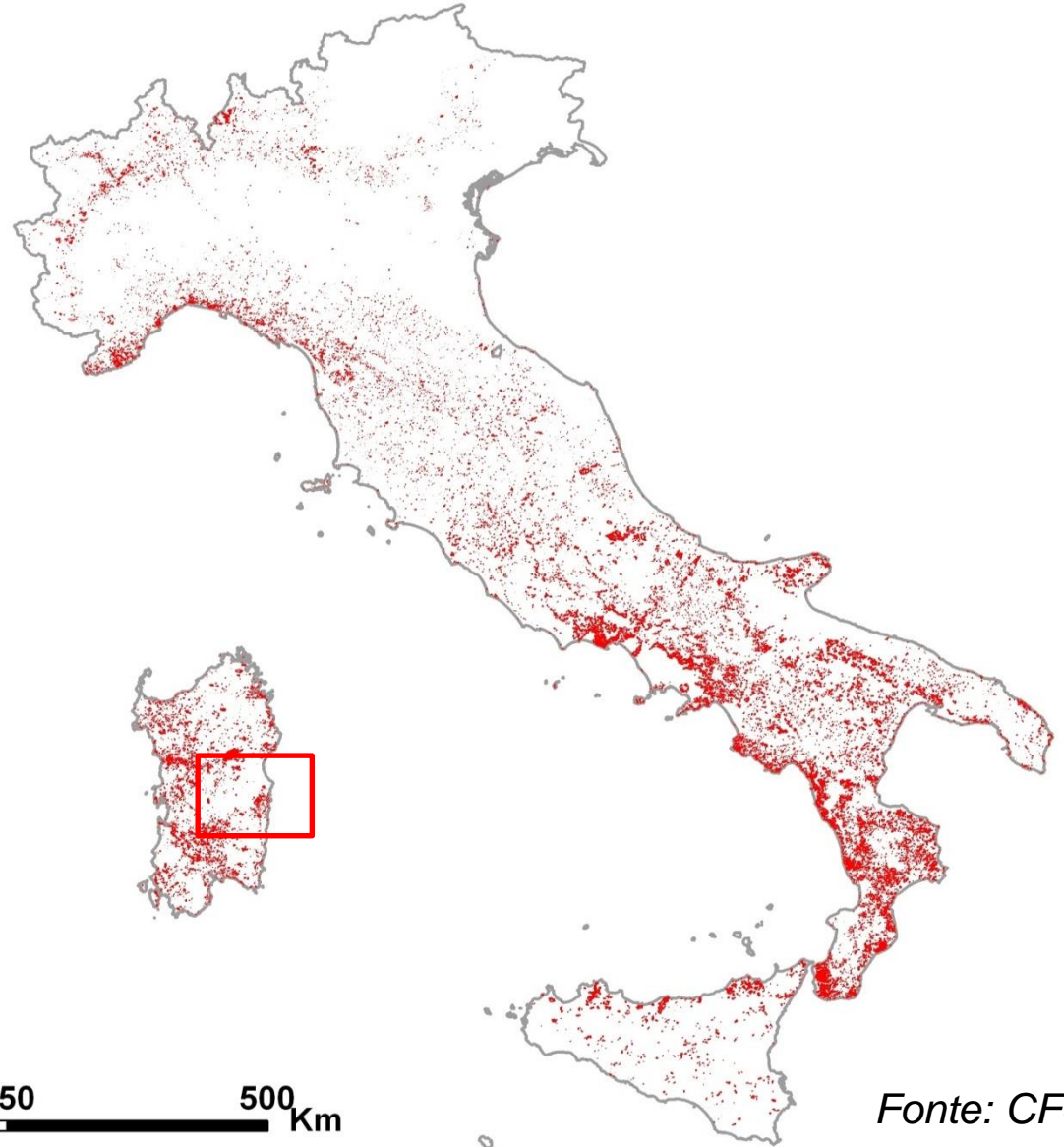
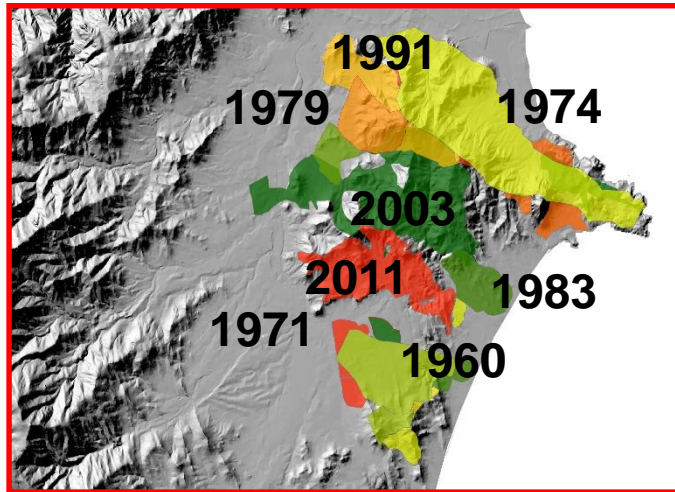
# Simulare il comportamento del fuoco

## 2. Aree strategiche lungo le traiettorie grandi incendi



# *Simulare il comportamento del fuoco*

## **2. Aree strategiche lungo le traiettorie grandi incendi**

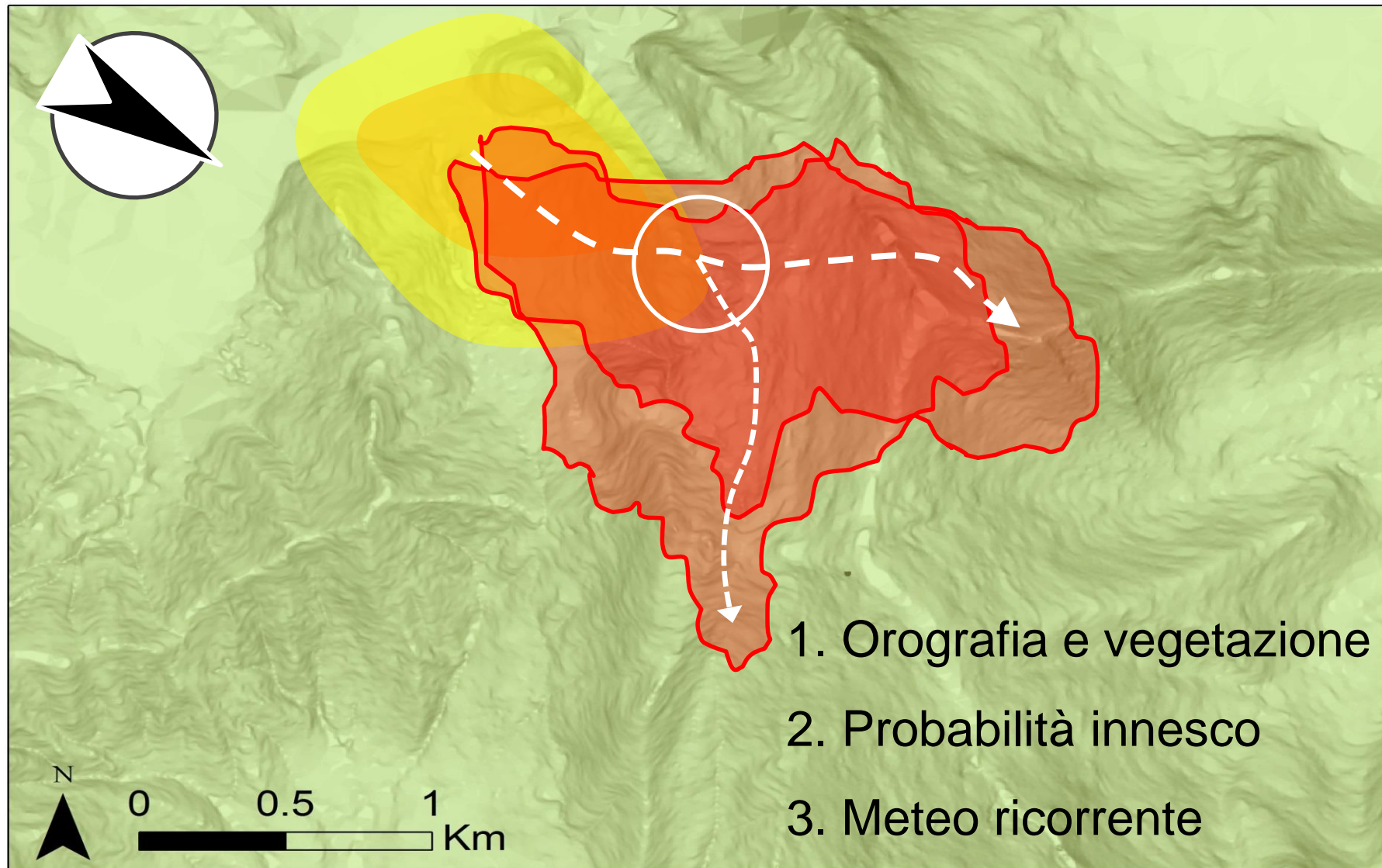


0 125 250 500 Km

Fonte: CFS

# *Simulare il comportamento del fuoco*

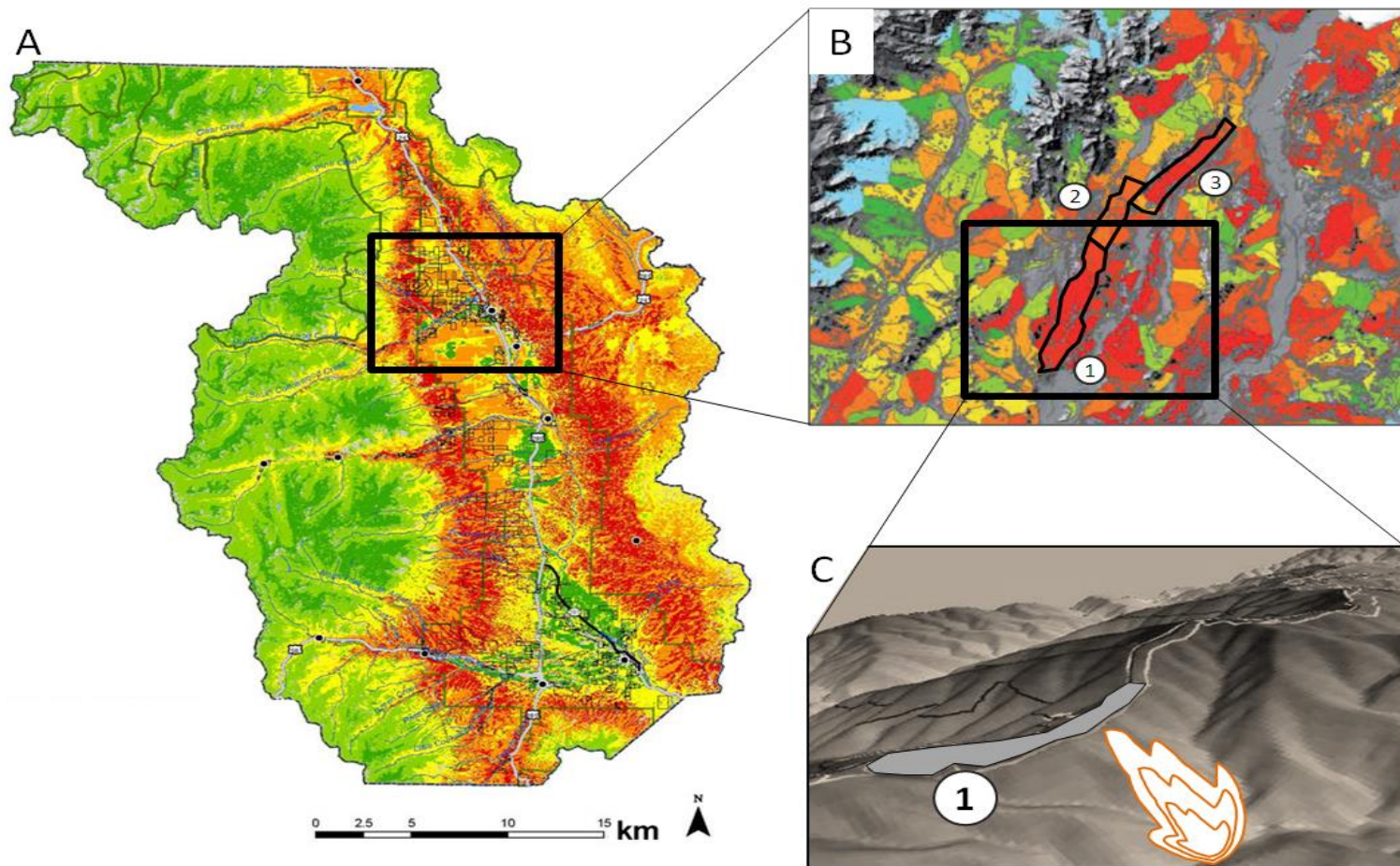
## **2. Aree strategiche lungo le traiettorie grandi incendi**



# *Simulare il comportamento del fuoco*

## **2. Aree strategiche lungo le traiettorie grandi incendi**

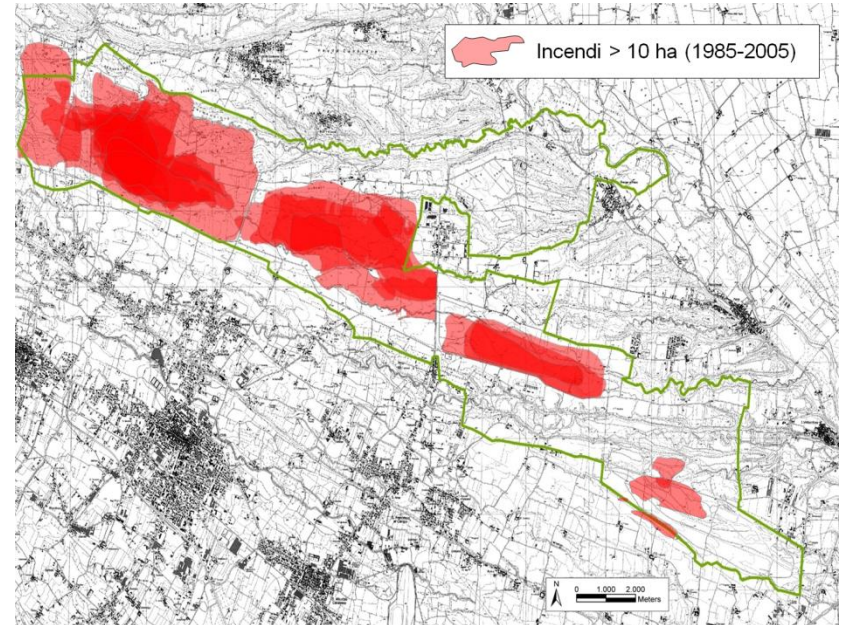
Punti del territorio dove **aumenta l'efficacia della prevenzione** nel **modificare il comportamento dell'incendio ricorrente**



# Simulare il comportamento del fuoco

## 2. Aree strategiche lungo le traiettorie grandi incendi

### Ricostruzione incendi



### Incendi RNO Vauda

Periodo: 1985-2005

Tipo: Vento foehn



Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali  
CORPO FORESTALE DELLO STATO  
Comando Stazione Forestale  
di Lanzo Torinese  
Prot. N. 363 Pn. VI\* 2/2

Lanzo T.se Lì 20.03.1997  
Ala DIREZIONE DELLE RISORSE FORESTALI MONTANE E IDRICHE - Divisione XII - ROMA  
Al MINISTERO DELL'INTERNO (Dir. Gen. P.S.) - ROMA  
Al AI COORDINAMENTO PROVINCIALE DEL C.F.S. TORINO  
Ala REGIONE  
Al COMUNE di GROSSO C.S. - MOLE C.S.E.  
Ala PREFETTURA di  
Al COORDINAMENTO REGIONALE DEL C.F.S. TORINO

COMUNICAZIONE NOTIZIA DI REATO N. 9/D  
P.S. VI-3110  
24 MAR 1997

ANNO	MESE	GIORNO	ORA	REGIONE	PROVINCIA	COMUNE
13	03	19	03.97	PIEMONTE	TORINO	NOLE E GROSSO CANAVESE

Località: POLIGONO MILITARE - VAUDA GRANDE  
Danno Economico: Valore macchiato L. x 1.000 - 9\* 200  
Spese di ripristino L. x 1.000 - /

GRADO DI PERICOLO DELLA ZONA (secondo il piano regionale antincendi)  
Grado e qualità: DIRETTORE OPERAZIONI SPEGNIMENTO  
Sovr.te C. BORIA Cesare  
Dalle ore 14.00 alle ore 19.03.97

PERSONALE INTERVENUTO	NUMERO	DESCRIZIONE	STATO E REG.	ESAT. INC.	PRIVATI	TOTALE
Corpo Forestale dello Stato	4	COLTURE (ha)				128
Personale Regionale Forestale	/	Alta fusta resinosa				
Vigili del Fuoco	19	" " Intifoglie				
Operai	N.	" " mista				
Volontari	N.	Ceduo semp. e macis.	16			16
Forze di Polizia	N.	Ceduo composto				
Forze Armate	N.	Ceduo fert. degradato				
Organiz. locali A.I.B.	13	Macchia mediterranea				
	N.	SUPERFICIE BOSCATI	16			16
	N.	SUPERFICIE NON BOSCH.	112			112
TOTALE	36					

CAUSE: NATURALI VOLONTARIE  NON CLASSIFICABILI   
COLPOSE: Attività elevatrice  Bruciature di rifiuti   
Attività agricola  Sigarette, fiammiferi   
Attività forestali  Altre cause involontarie

INDIVIDUAZIONE DEI RESPONSABILI: SI  NO

ZONA BRUCIATA NEGLI ULTIMI: Mai  5-10 anni  0-5 anni  Oltre 10 anni

STATO VEGETAZIONE ERBACEA: Nessuna  Verde  Secca

IL COMANDANTE DELLA STAZIONE: Sovr.te Capo BORIA Cesare  
FIRMA: Boria Cesare

# Simulare il comportamento del fuoco

## 2. Aree strategiche lungo le traiettorie grandi incendi

### Ricostruzione incendi



### Incendio di Muravera

Data: 24 luglio 2010

Origine: dolosa

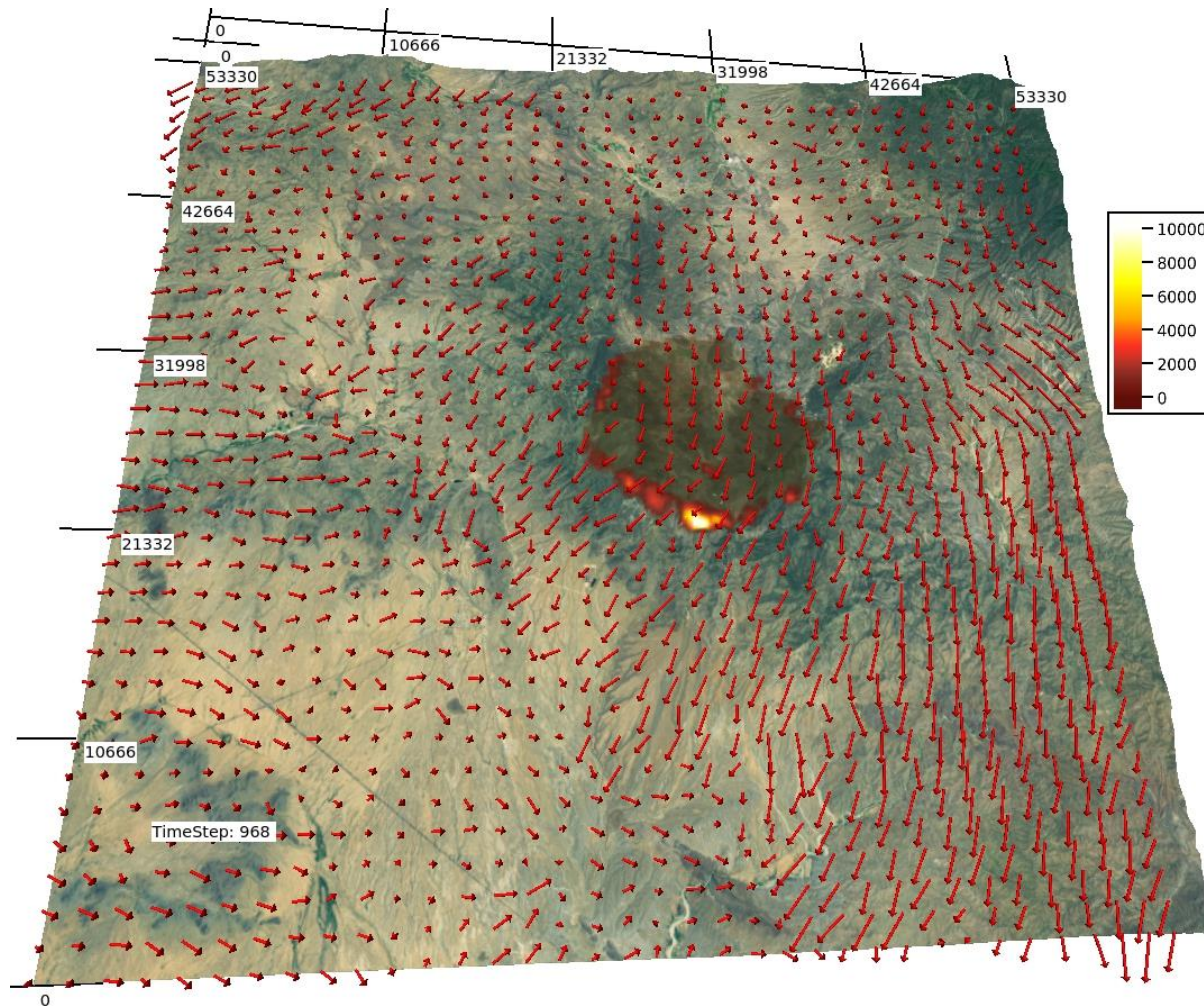
Tipo: Vento Maestrale + Topografico



# *Simulare il comportamento del fuoco*

## **2. Aree strategiche lungo le traiettorie grandi incendi**

### *Ricostruzione incendi*



## 2. Aree strategiche lungo le traiettorie grandi incendi

### *Simulazione incendi*

Strumenti di supporto alle decisioni che consentono di **prevedere il comportamento** dell'incendio potenziale (**velocità, intensità, traiettorie**)



#### Esempio 1

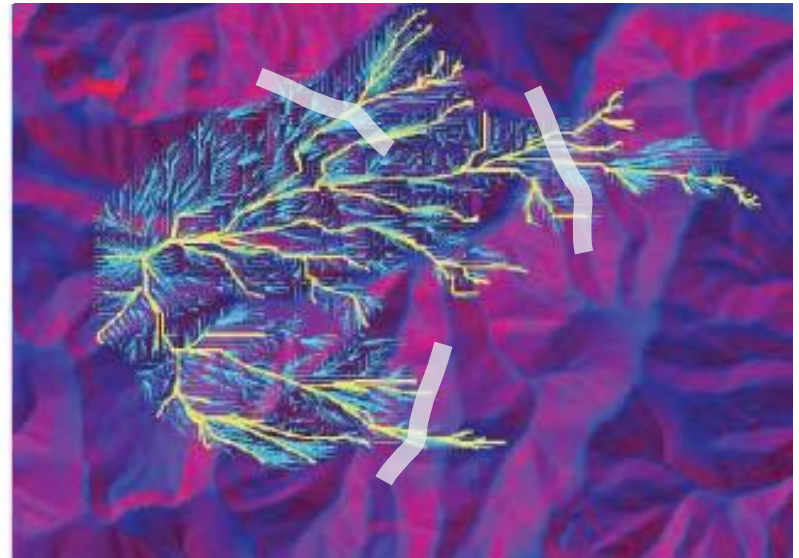
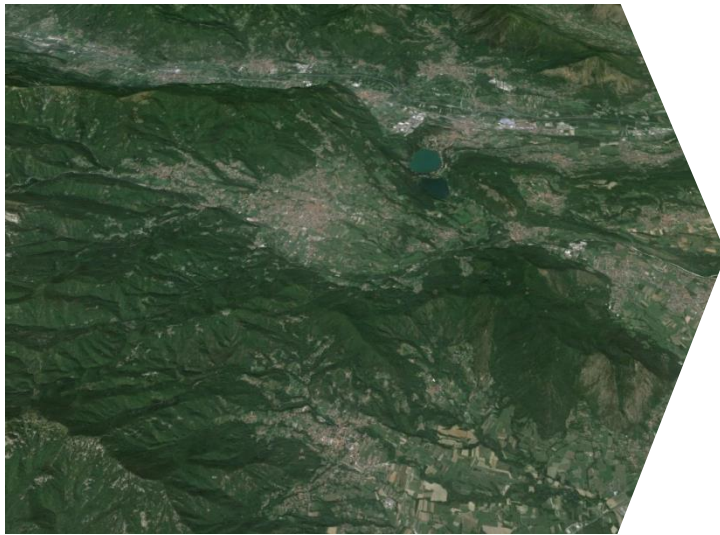
Midflame Wind Speed km/h	ROS (max) m/min	Fireline Intensity kW/m	Flame Length m
2.0	3.4	529	1.4
4.0	7.3	1147	2.0
6.0	12.0	1893	2.5
8.0	17.3	2736	3.0
10.0	23.2	3661	3.4

# *Simulare il comportamento del fuoco*

## **2. Aree strategiche lungo le traiettorie grandi incendi**

### *Simulazione incendi*

Strumenti di supporto alle decisioni che consentono di **prevedere** il **comportamento** dell'incendio potenziale (**velocità, intensità, traiettorie**)



# *Simulare il comportamento del fuoco*

**...ma quanto funziona?**



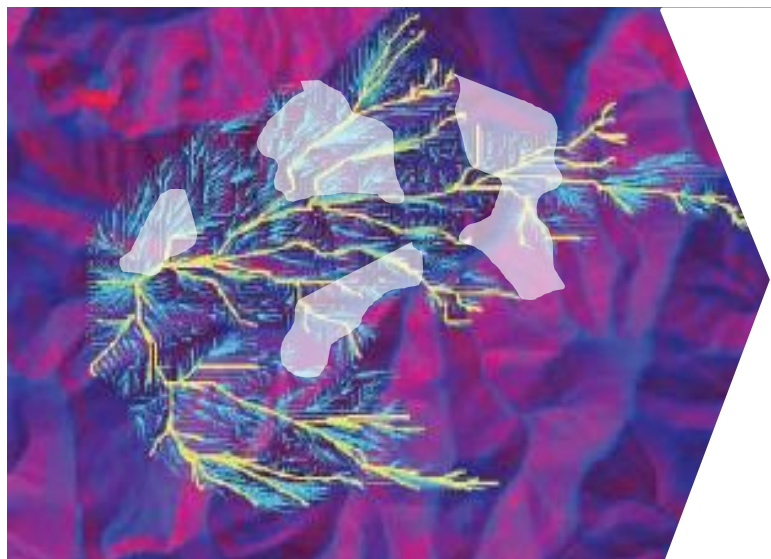
**L'efficacia della prevenzione aumenta ...**

1. In funzione delle **tecniche scelte** (meccanizzato, fuoco prescritto) in **date condizioni** ambientali (tipo forestale, accessibilità)
2. Posizionando le superfici di intervento in **aree strategiche** lungo le **traiettorie** dei **grandi incendi ricorrenti**
3. Ottimizzando le superfici di intervento in modo che la **minima superficie** trattata dia il **massimo risultato**

## 3. Ottimizzare collocazione e dimensioni aree strategiche

### *Simulazione incendi*

Strumenti di supporto alle decisioni che consentono di **prevedere** la **migliore distribuzione spaziale** degli interventi di prevenzione



Posso trattare solo alcune zone



Ottimizzare X% della superficie

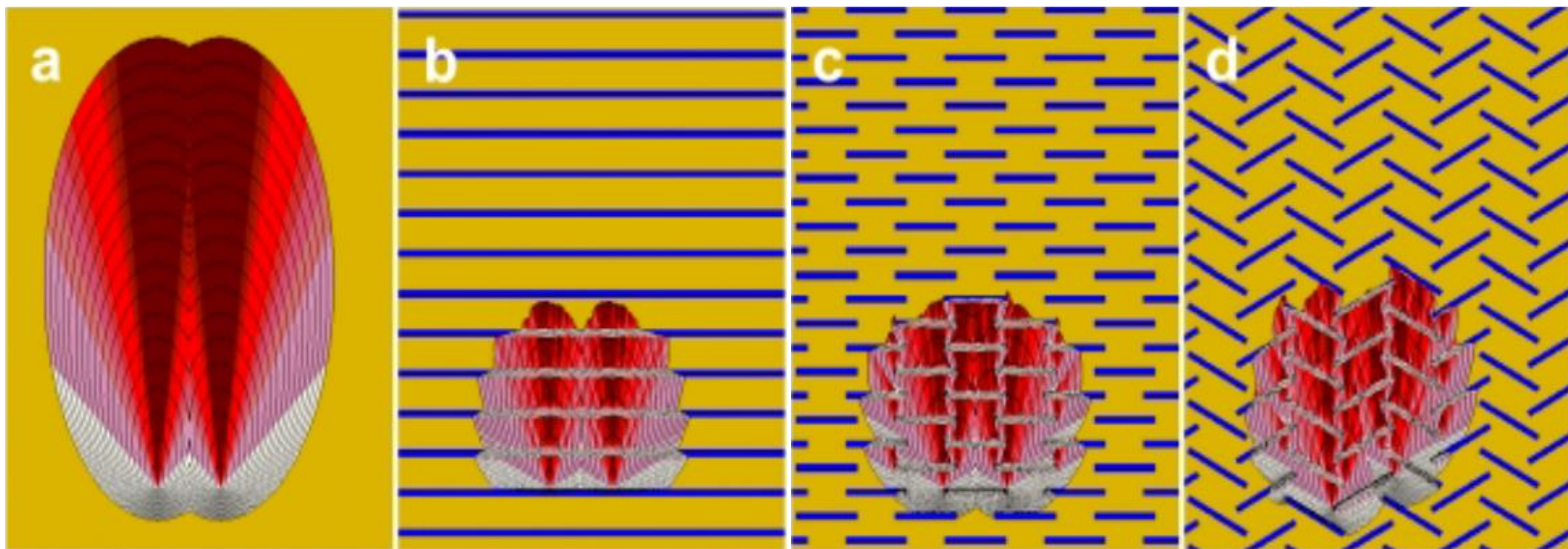
# *Simulare il comportamento del fuoco*

## 3. Ottimizzare collocazione e dimensioni aree strategiche

### *Simulazione incendi*

Strumenti di supporto alle decisioni che consentono di **prevedere** la **migliore distribuzione spaziale** degli interventi di prevenzione

— Aree di selvicoltura preventiva

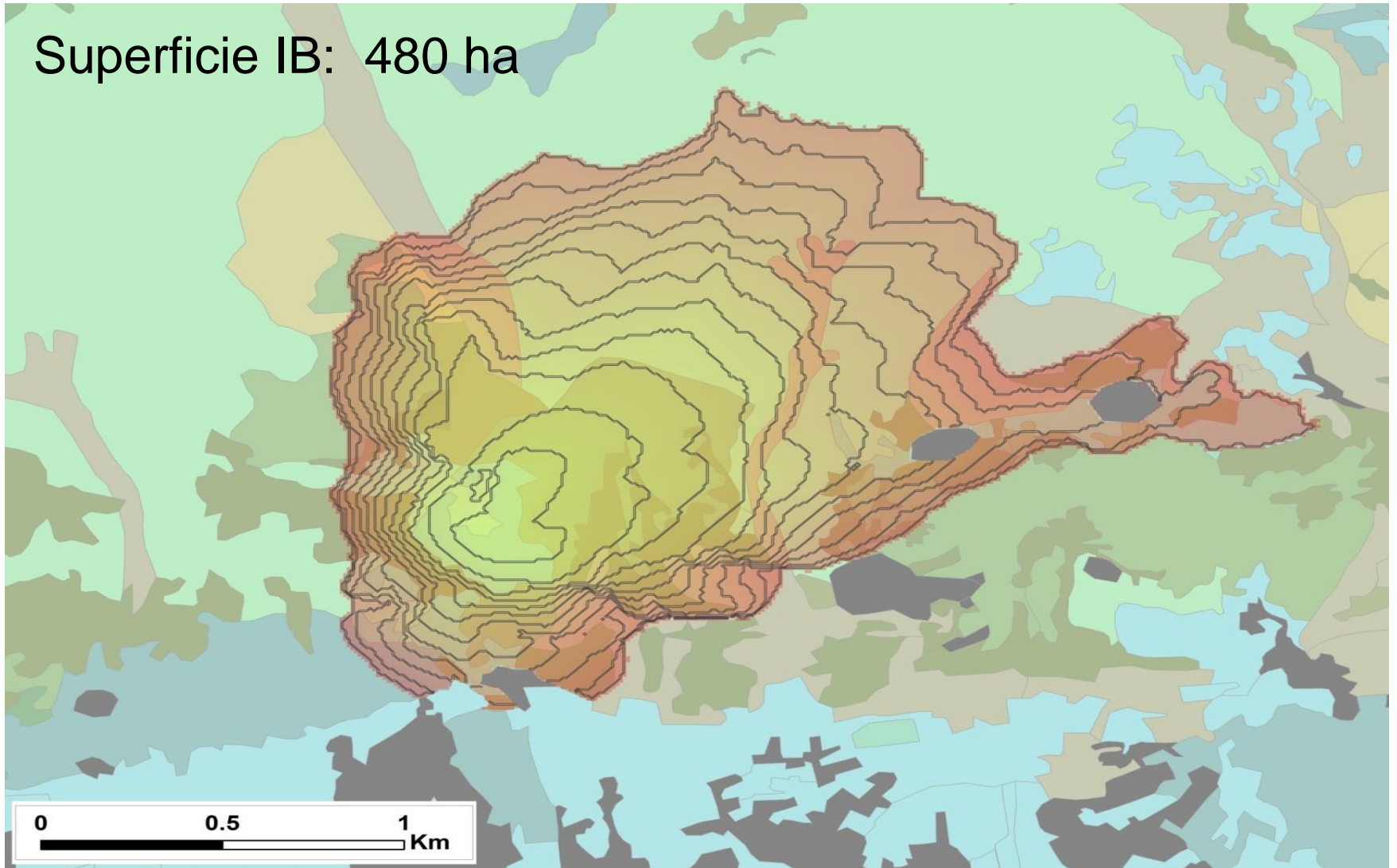


Fonte: Finney (2001). *Forest Science* 47(2)

# *Simulare il comportamento del fuoco*

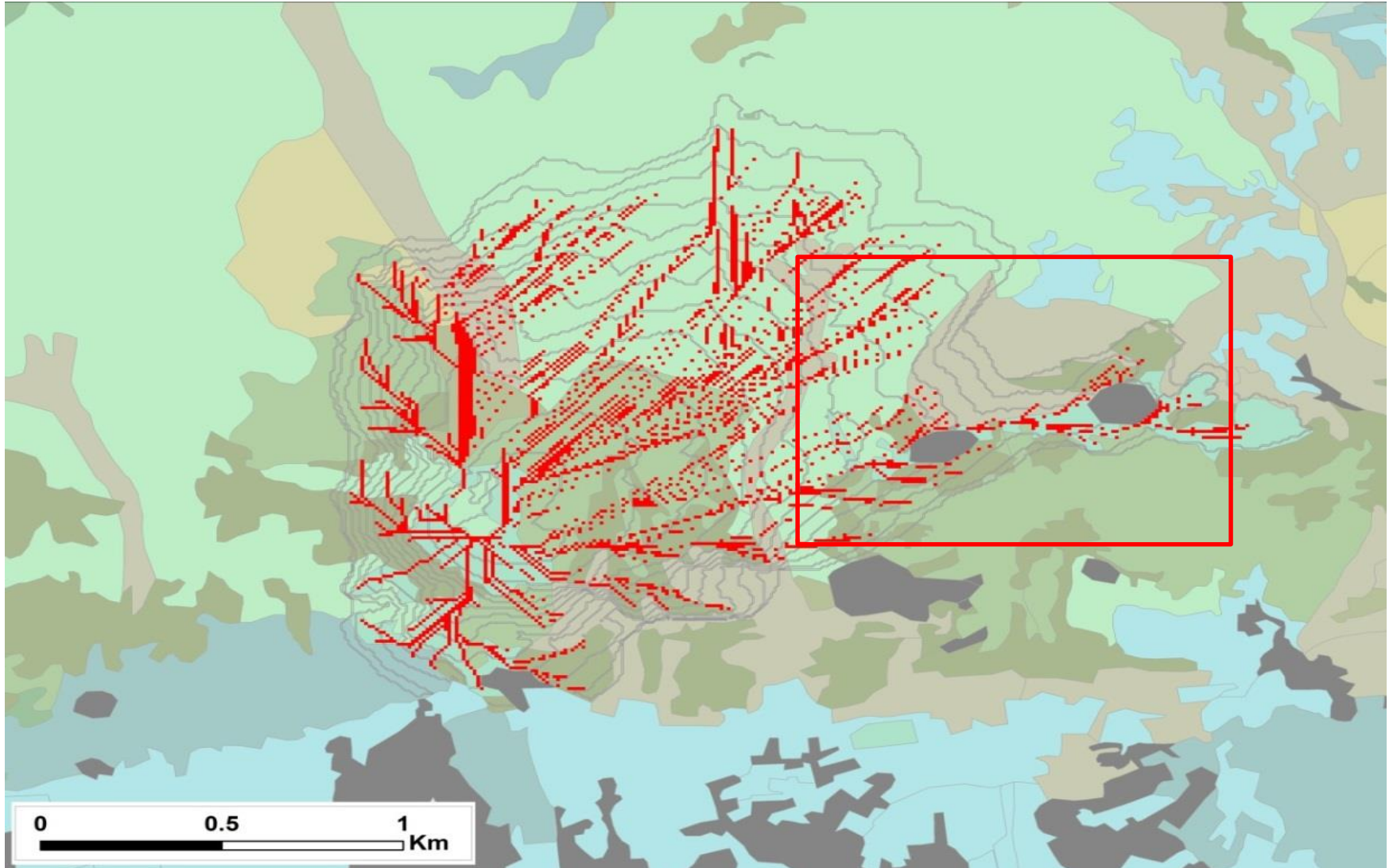
## **Strumenti di supporto alle decisioni**

Superficie IB: 480 ha



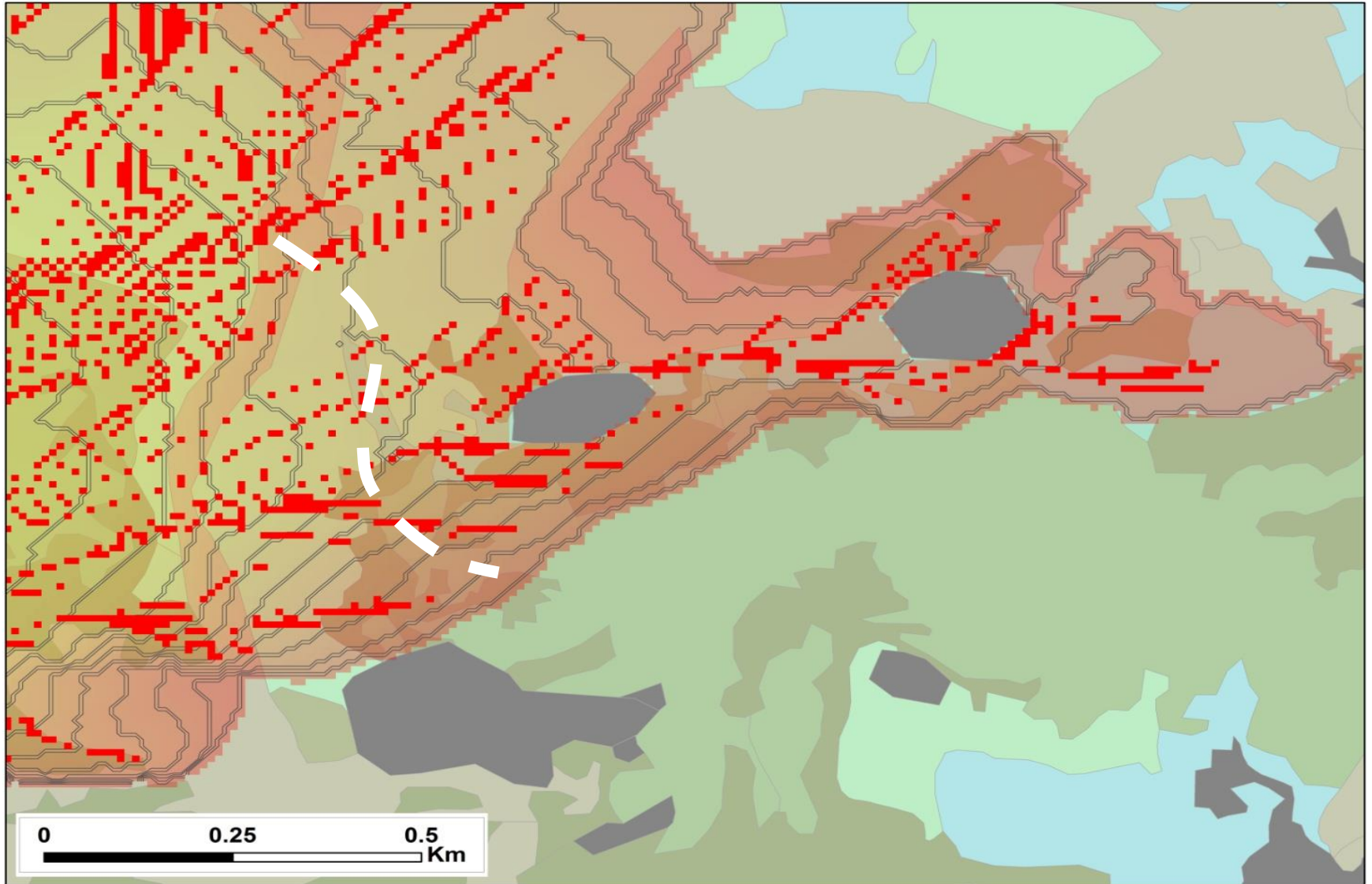
*Simulare il comportamento del fuoco*

**Strumenti di supporto alle decisioni**



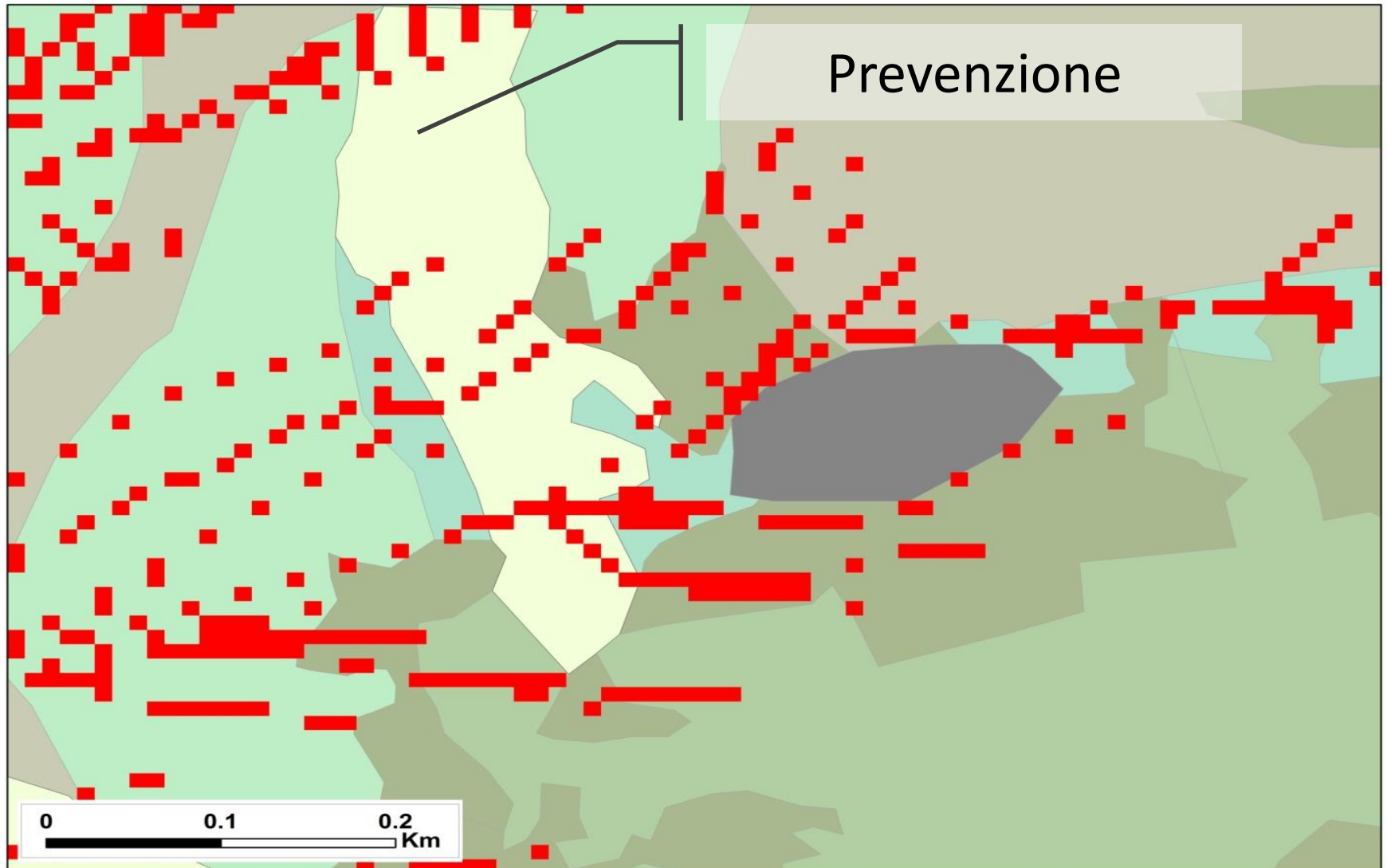
*Simulare il comportamento del fuoco*

## **Strumenti di supporto alle decisioni**



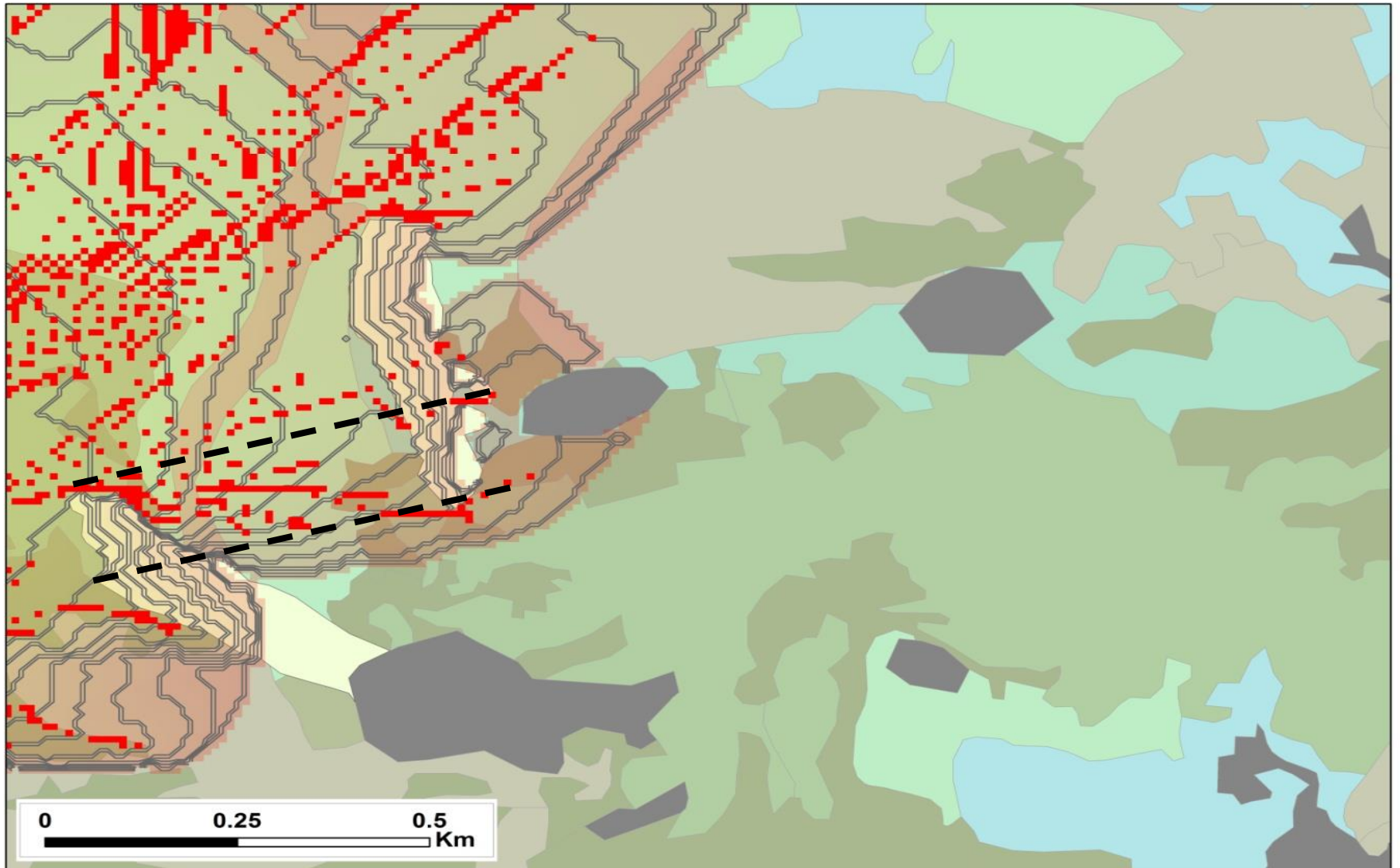
# *Simulare il comportamento del fuoco*

## **Strumenti di supporto alle decisioni**



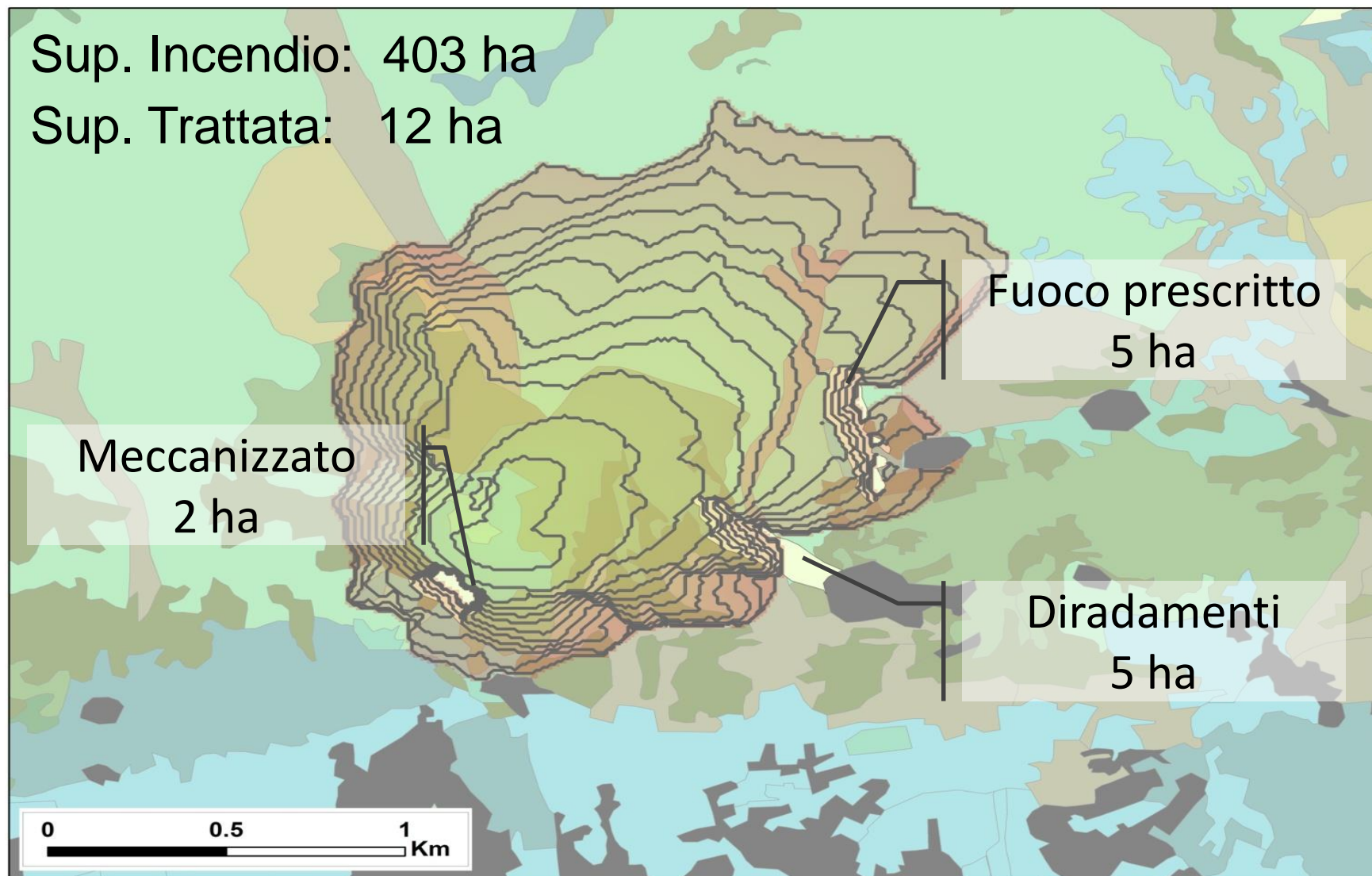
*Simulare il comportamento del fuoco*

## **Strumenti di supporto alle decisioni**



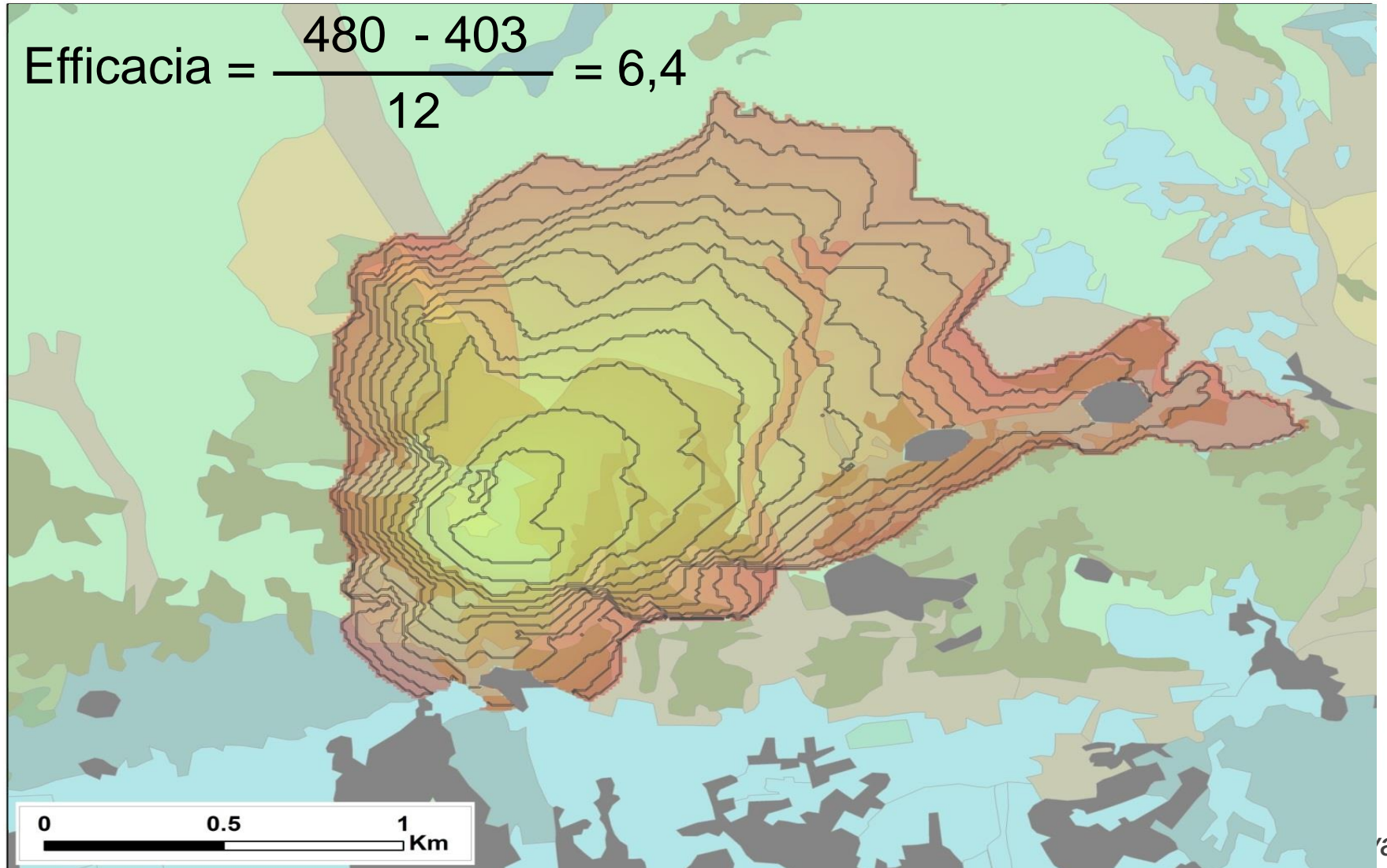
# *Simulare il comportamento del fuoco*

## **Strumenti di supporto alle decisioni**



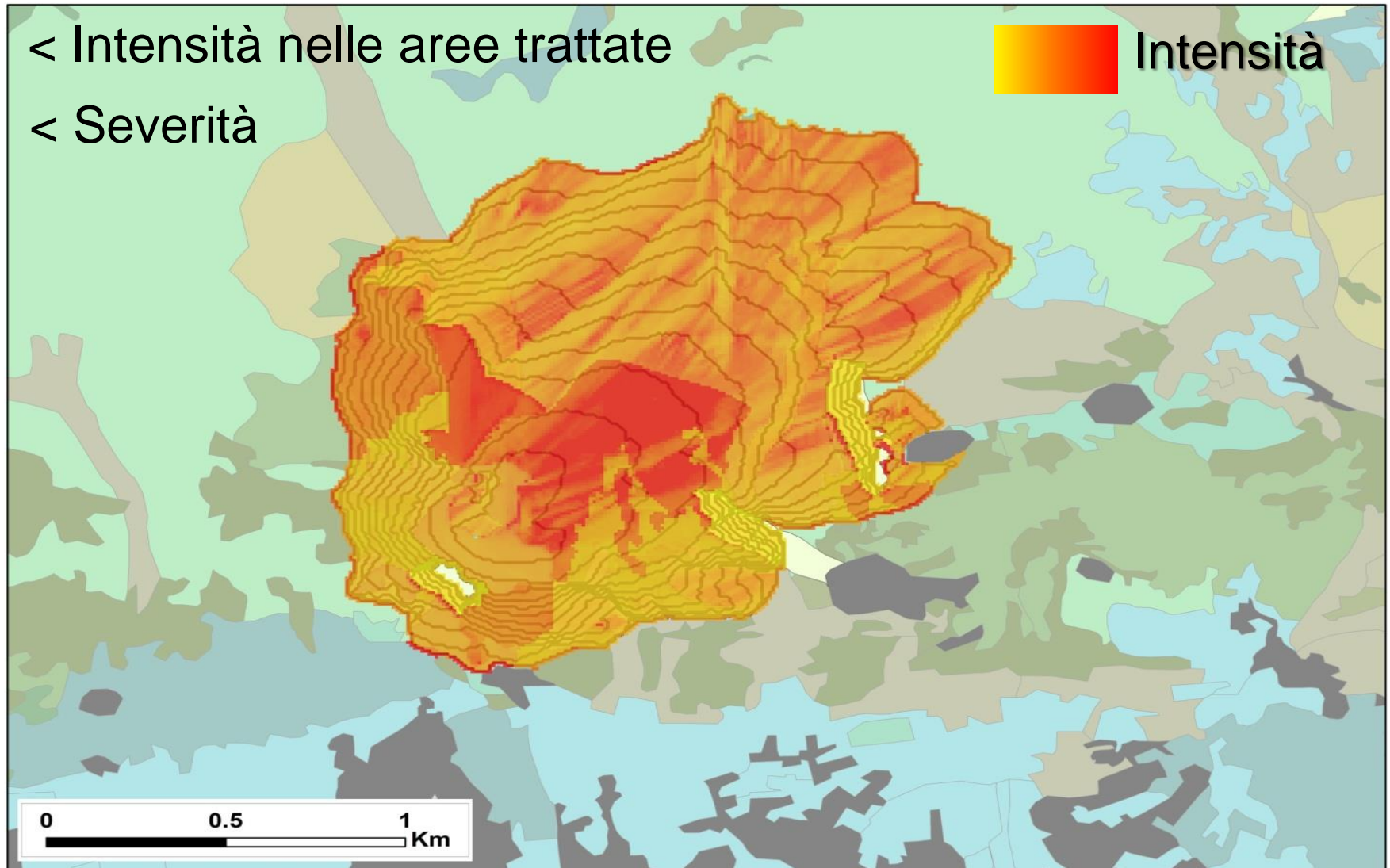
# *Simulare il comportamento del fuoco*

## **Strumenti di supporto alle decisioni**



# *Simulare il comportamento del fuoco*

## **Strumenti di supporto alle decisioni**

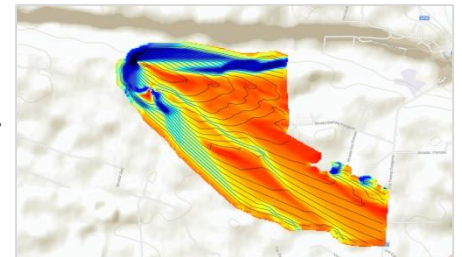
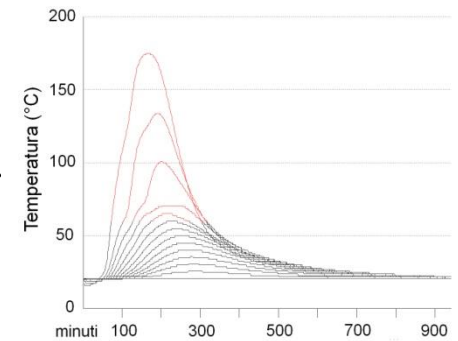
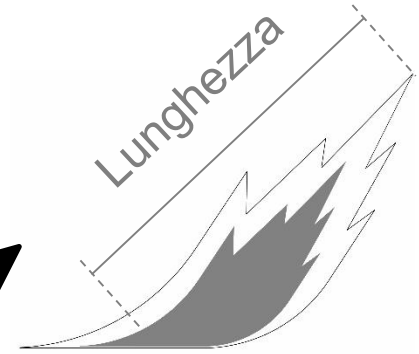


# Simulare il comportamento del fuoco

## Modelli di comportamento del fuoco



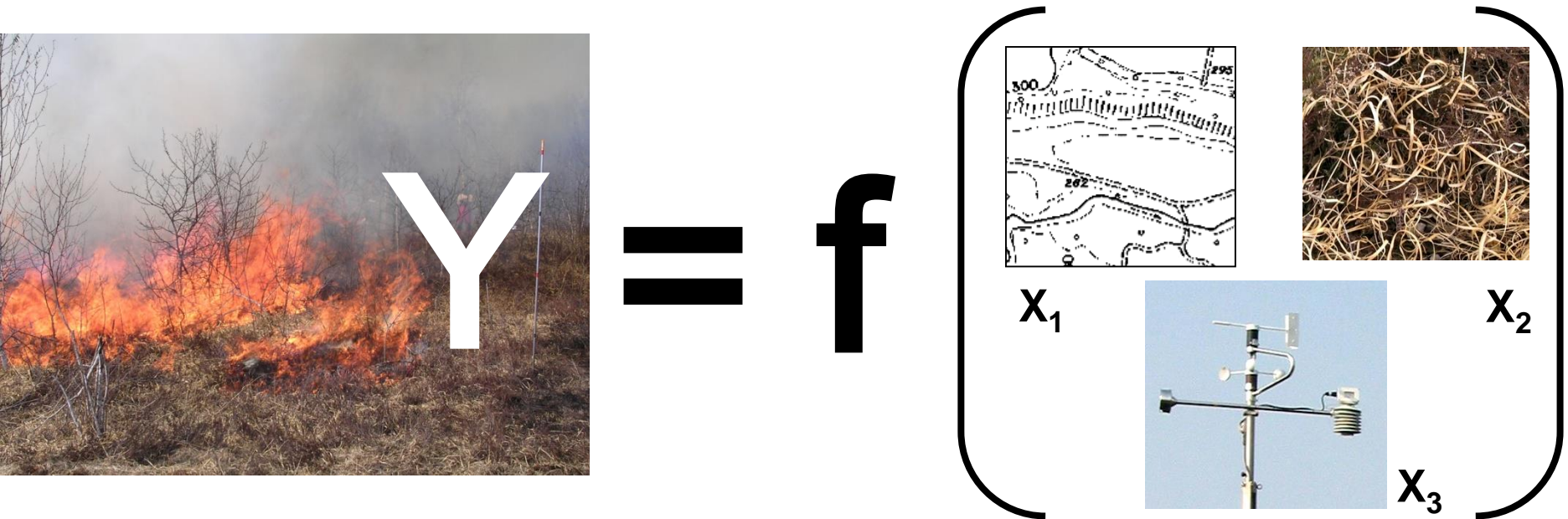
**Modello**



## **Modelli di comportamento del fuoco**

Cosa sono i modelli di comportamento del fuoco?

- ✓ Sono delle **funzioni matematiche** che mettono in relazione le **variabili quantitative (Y)** descrittive il comportamento del fuoco, con dei **parametri (X)** che caratterizzano i fattori determinanti



## **Modelli di comportamento del fuoco**

Cos'è un modello di comportamento del fuoco?

# Y

### **Variabili quantitative**

- **Velocità fronte** (m/min)
- **Lunghezza fiamma** (m)
- **Intensità lineare** (kW/m)
- **Temperatura max** (°C)
- **Residenza temperature** (sec.>200°C)

# f

# X

### **Parametri**

- **Meteorologia**  
Velocità vento (m/s), HR (%)
- **Vegetazione**  
Quantità (t / ha), Umidità (%)
- **Topografia** Pendenza (%),  
Esposizione(°N)

## Modelli di comportamento del fuoco

Come descrivere la **vegetazione** con dei **parametri** che servono da **input** nei modelli? ... **infiammabilità** ...



**Specie:** *Pinus pinaster* Aiton  
*Erica arborea* L.

**Categoria:** Rimboschimento di  
conifere mediterranee

**Carico:** Combustibili di lettiera (t/ha)  
Combustibili morti / vivi (%)

**Struttura:** Combustibili densi (kg/m<sup>3</sup>)  
Combustibili porosi (m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>)

*Simulare il comportamento del fuoco*

## **Infiammabilità dei combustibili**

✓ Che cosa vedete?



# Simulare il comportamento del fuoco

## Infiammabilità dei combustibili

- ✓ Guardare la **vegetazione** e vedere dei **combustibili**



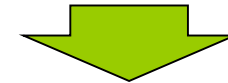
Prateria a *Molinia cerulea*



Combustibile **erbaceo**



Macchia mediterranea



Combustibile **arbustivo**

# Simulare il comportamento del fuoco

## Infiammabilità dei combustibili

- ✓ Guardare la **vegetazione** e vedere dei **combustibili**



Pineta a *Pinus pinaster*



Lettiera di conifere



Faggeta



Lettiera di latifoglie

*Simulare il comportamento del fuoco*

## **Infiammabilità dei combustibili**

✓ Abbiamo bisogno di termini per descrivere i combustibili



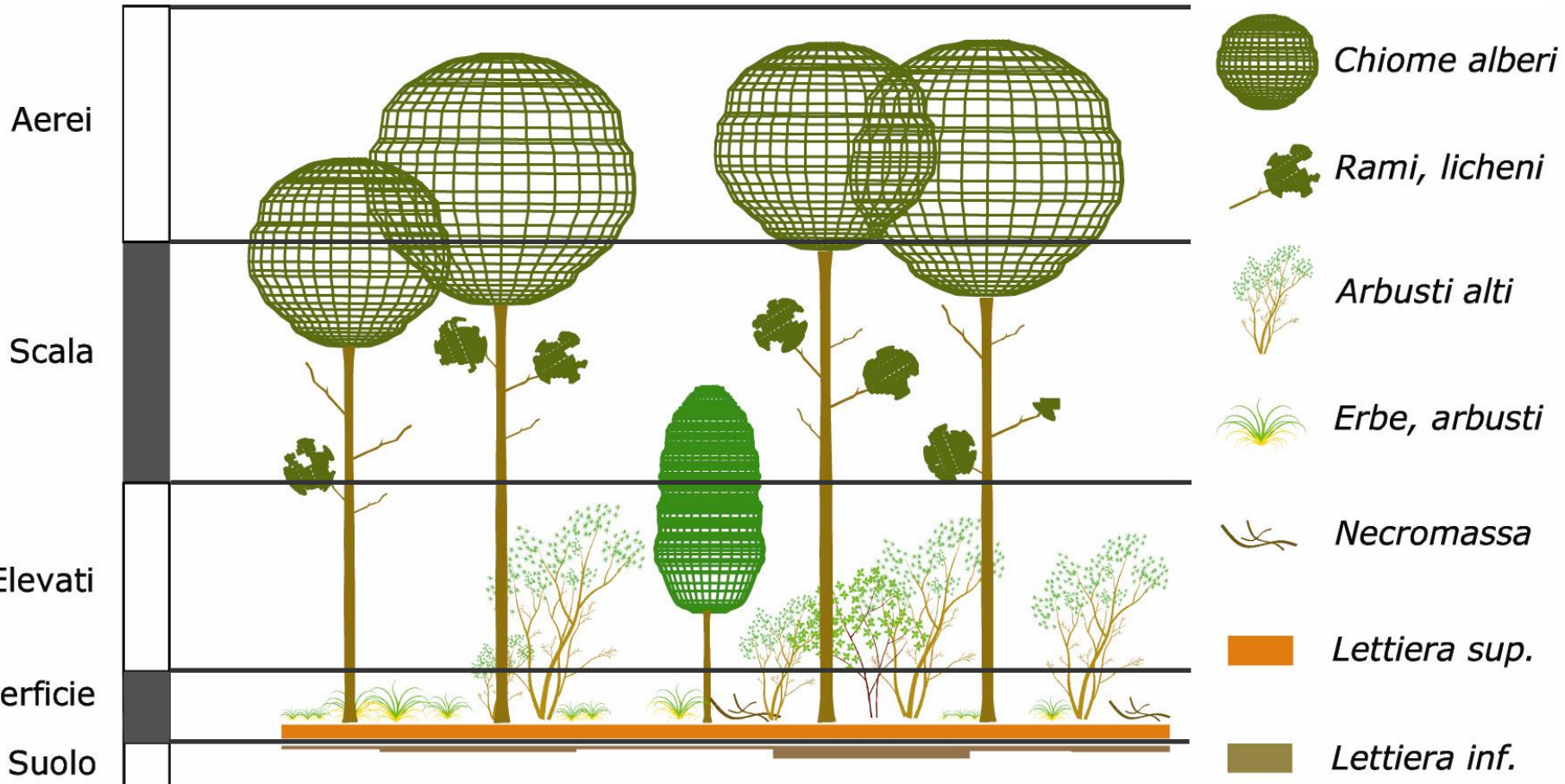
# Simulare il comportamento del fuoco

## Infiammabilità dei combustibili

**Strati**

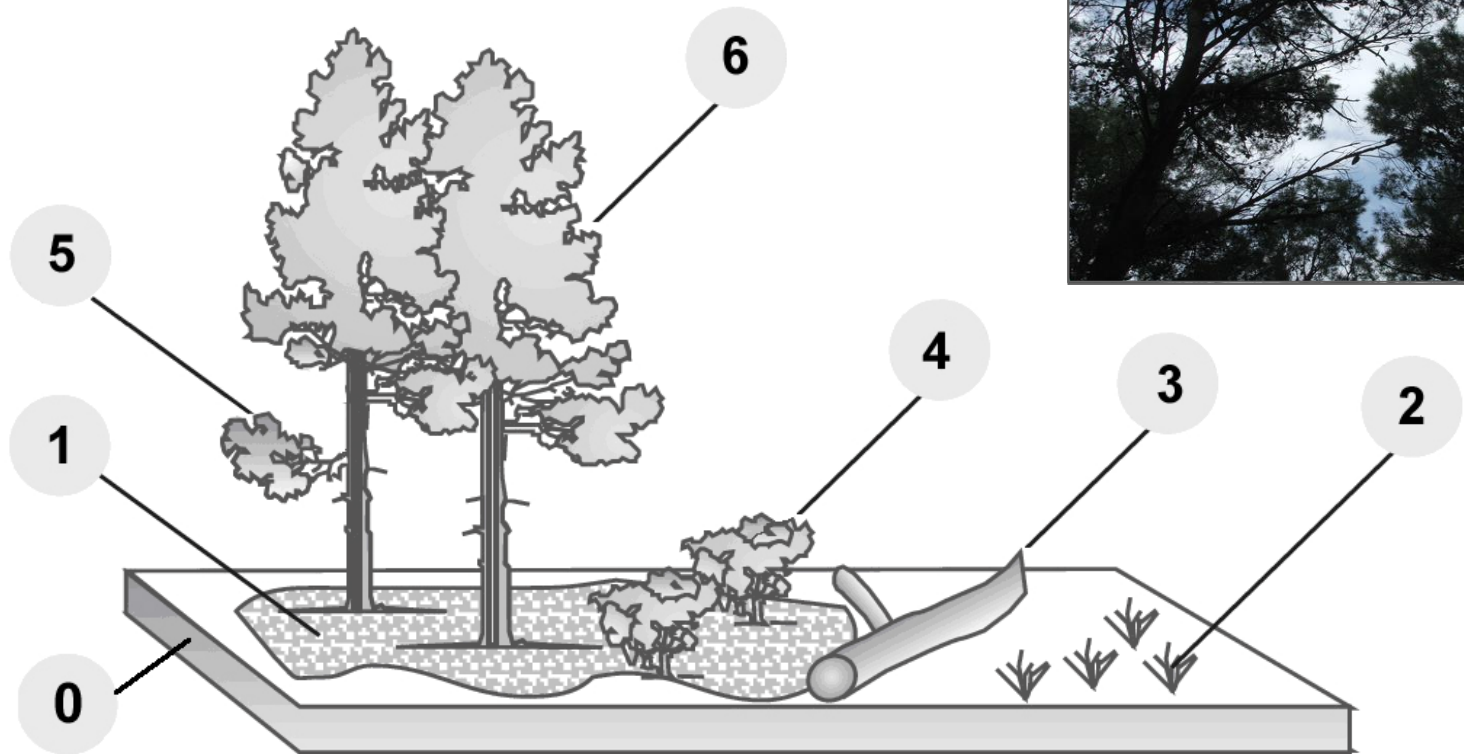
**Complesso di combustibile**

**Componenti**



## Infiammabilità dei combustibili

- ✓ Abbiamo bisogno di termini per descrivere i combustibili
- ✓ Componente di combustibile



## **Infiammabilità dei combustibili**

Spunti per guardare la vegetazione e **vedere il combustibile**

1) Quale **componente di combustibile**

(erba, arbusti, lettiera, legna a terra) è presente in misura significativa?

2) Quale componente è più **infiammabile** e **guiderà** l'avanzamento del fronte di fiamma?

3) Quali **elementi di combustibile** sono più infiammabili in ciascuna componente di combustibile?

## **Infiammabilità dei combustibili**

Spunti per guardare la vegetazione e **vedere il combustibile**

4) Quale è il **rapporto** fra i combustibili **morti e vivi** nei diversi **strati di combustibile**?

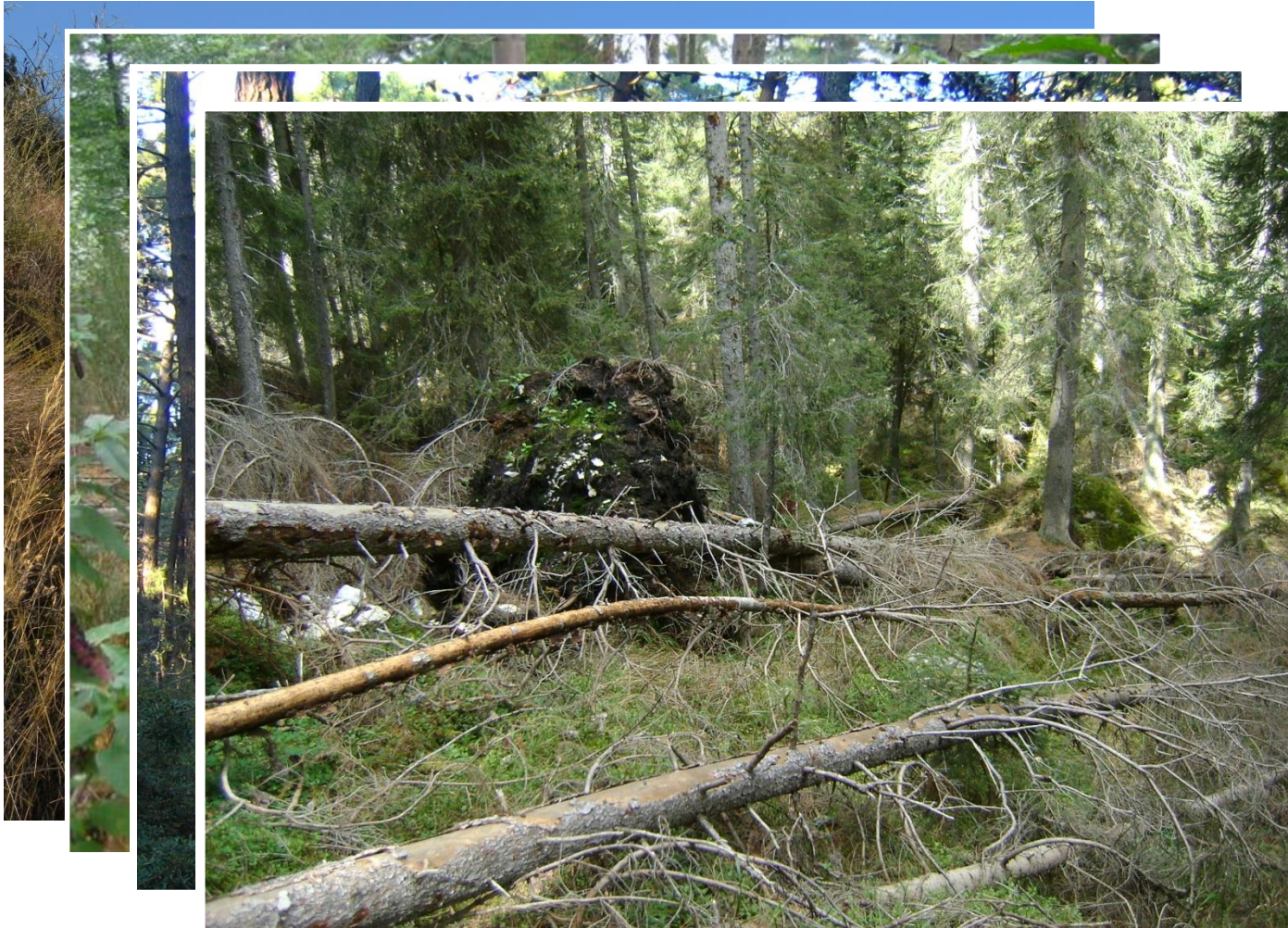
5) Quale è la **profondità o altezza** dei diversi **strati** del **complesso di combustibile**?

6) Qual è la **continuità orizzontale e verticale** dei combustibili morti e vivi fra i diversi strati?

*Simulare il comportamento del fuoco*

## **Infiammabilità dei combustibili**

Tutta la **vegetazione** è un **combustibile** da **parametrizzare**?



## **Infiammabilità dei combustibili**

*Definizione di infiammabilità*

**è la predisposizione dei combustibili a bruciare**

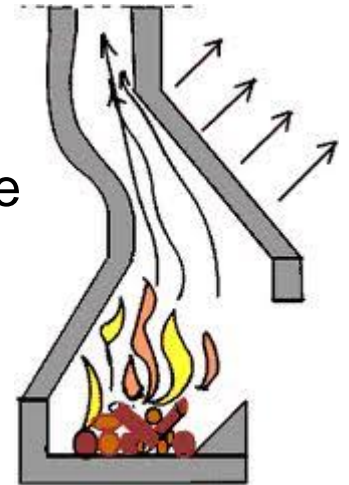
**4 aspetti** che caratterizzano l'infiammabilità dei combustibili

**Ignizione:** la facilità con cui la vegetazione si accende

**Sostenibilità:** quanto facilmente la combustione procede

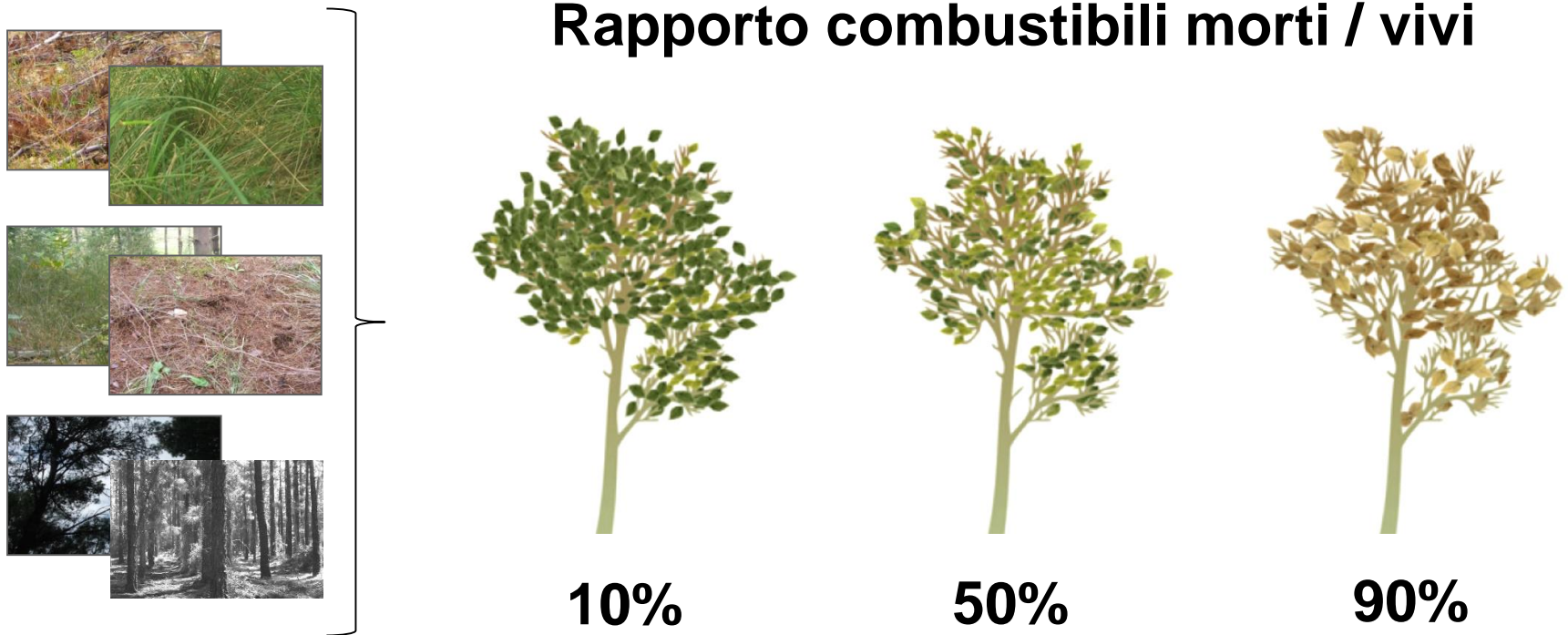
**Combustibilità:** velocità e intensità della combustione

**Consumo:** quanta vegetazione viene consumata



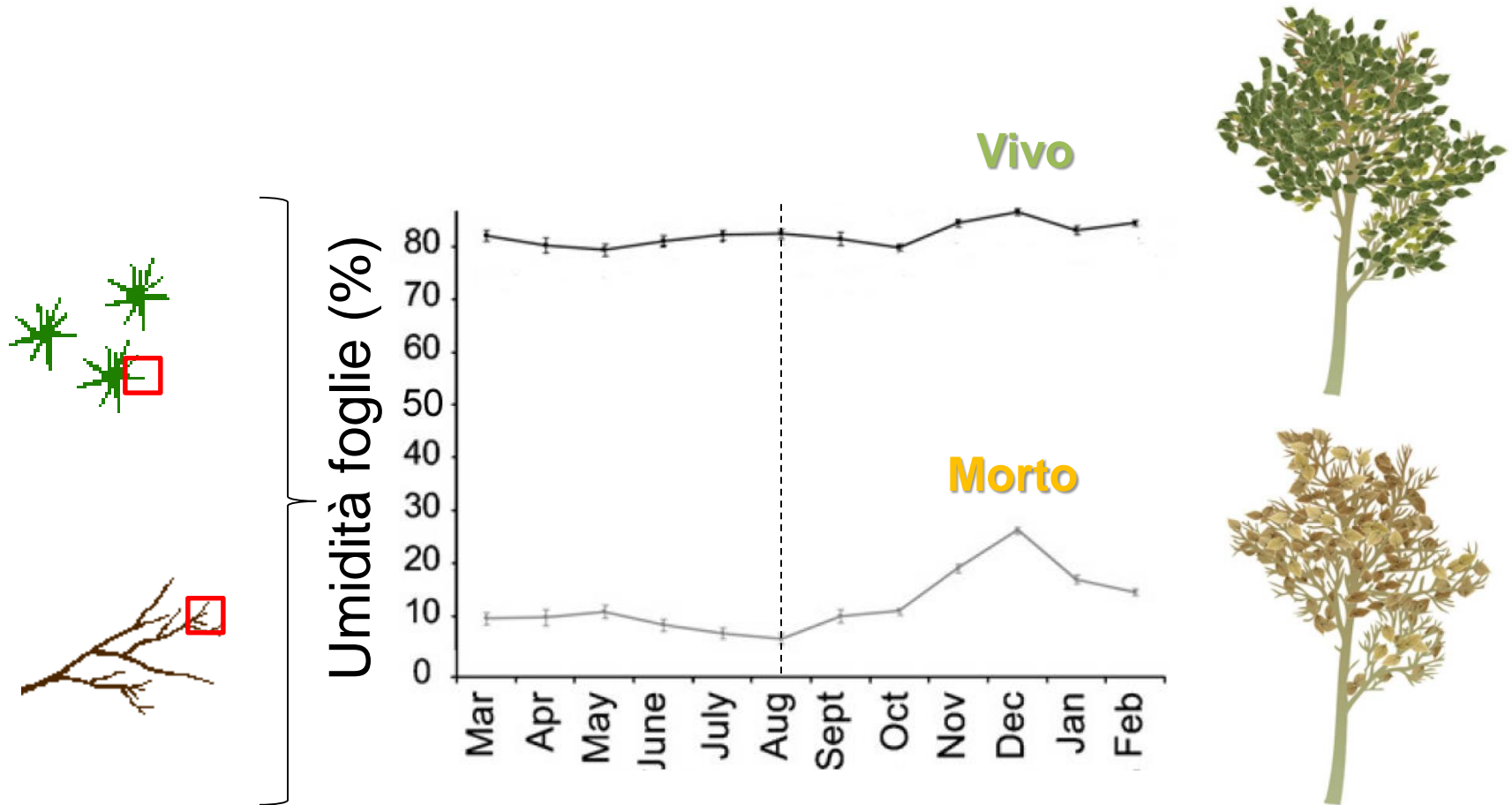
## **Infiammabilità dei combustibili**

Fattori che influiscono sulla infiammabilità



## Infiammabilità dei combustibili

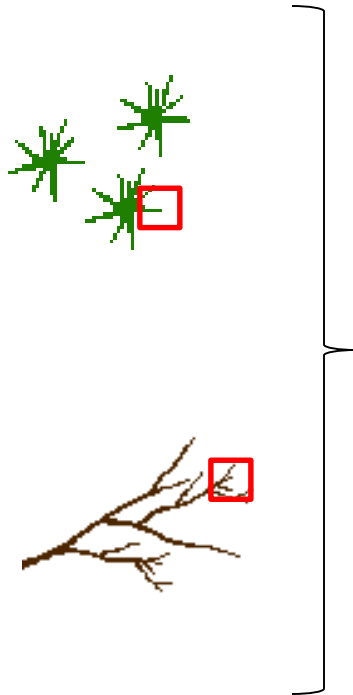
Fattori che influiscono sulla infiammabilità



Fonte: Kuliian H. & Verner J.M., 2010. *Forest Ecology management*

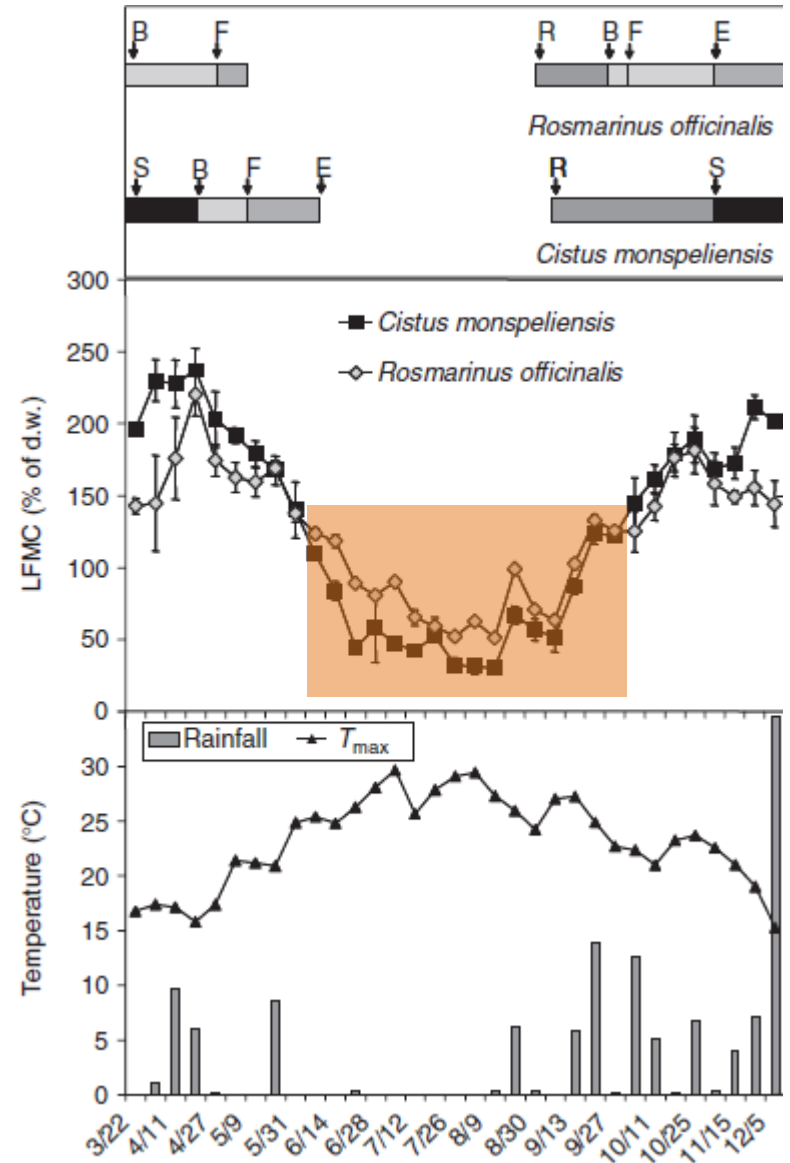
## Infiammabilità dei combustibili

Fattori che influiscono sulla  
infiammabilità



L'umidità dei  
**combustibili vivi**  
diminuisce durante  
la stagione di  
riposo vegetativo  
e l'infiammabilità  
aumenta

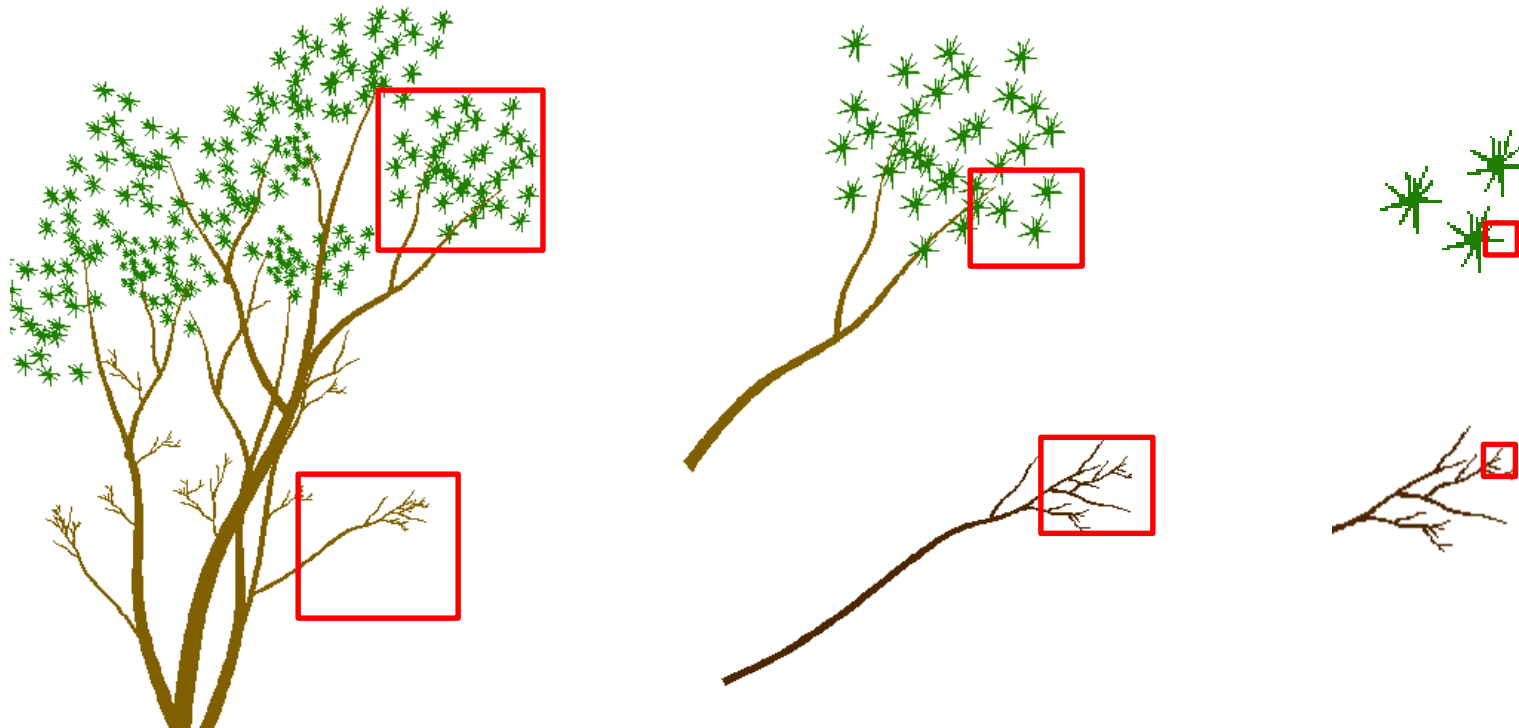
Fonte: Pellizzaro G. et al., 2007  
*Int. J. Wildland Fire*



## **Infiammabilità dei combustibili**

Fattori che influiscono sulla infiammabilità

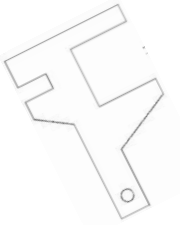
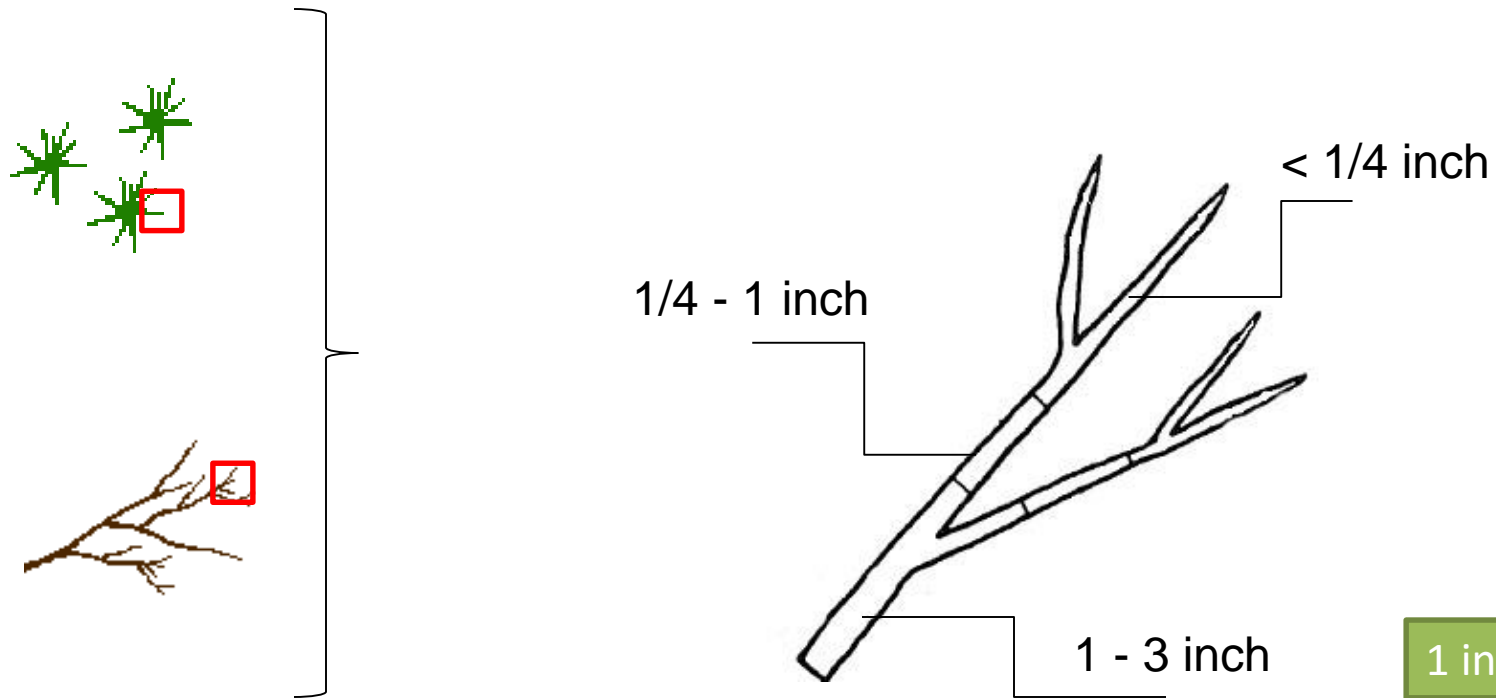
### **Dimensioni dei combustibili**



## Infiammabilità dei combustibili

Fattori che influiscono sulla infiammabilità

### Dimensioni dei combustibili

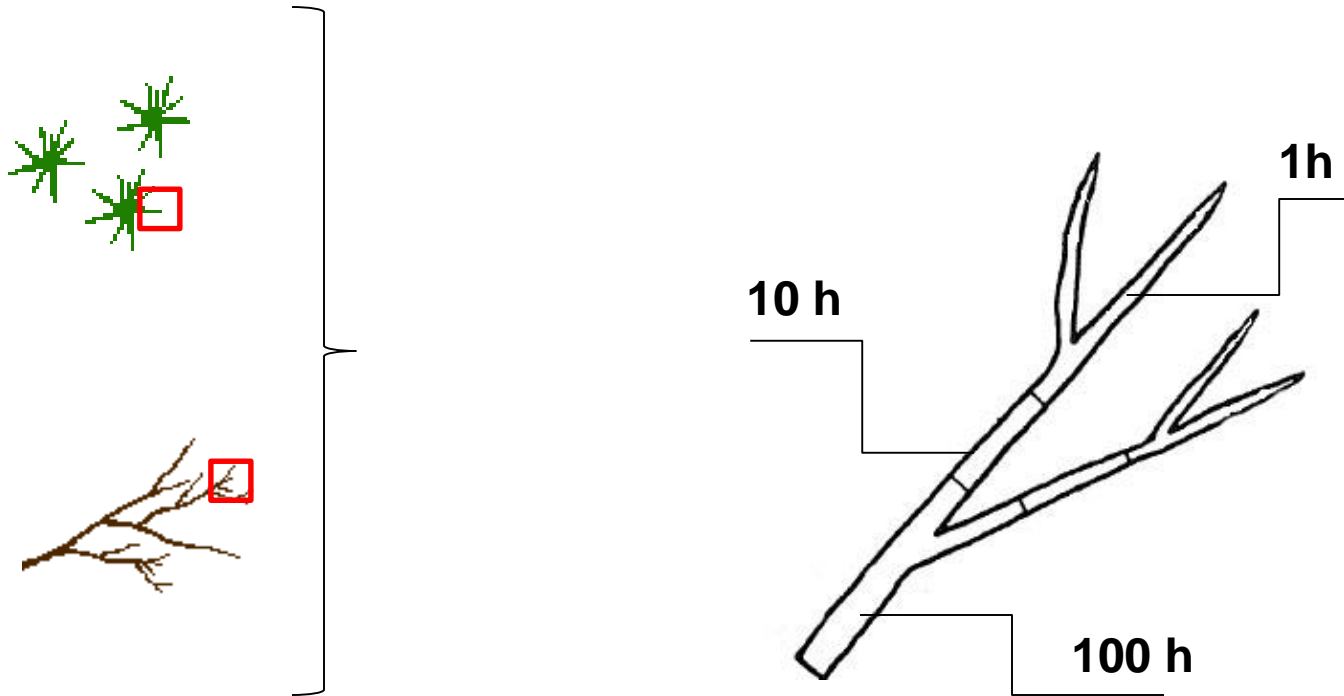


1 inch = 2,54 cm

## **Infiammabilità dei combustibili**

Fattori che influiscono sulla infiammabilità

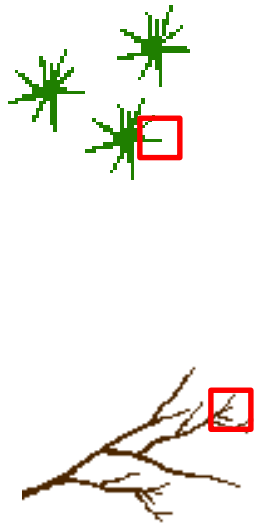
### **Classi di tempo di rilassamento**



## Infiammabilità dei combustibili

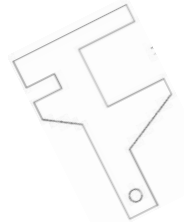
Fattori che influiscono sulla infiammabilità

### Classi di tempo di rilassamento



Il **tempo di rilassamento** è il tempo che una **classe** impiega a raggiungere il 63% della differenza fra l'**umidità iniziale** e l'**umidità di equilibrio** con l'ambiente

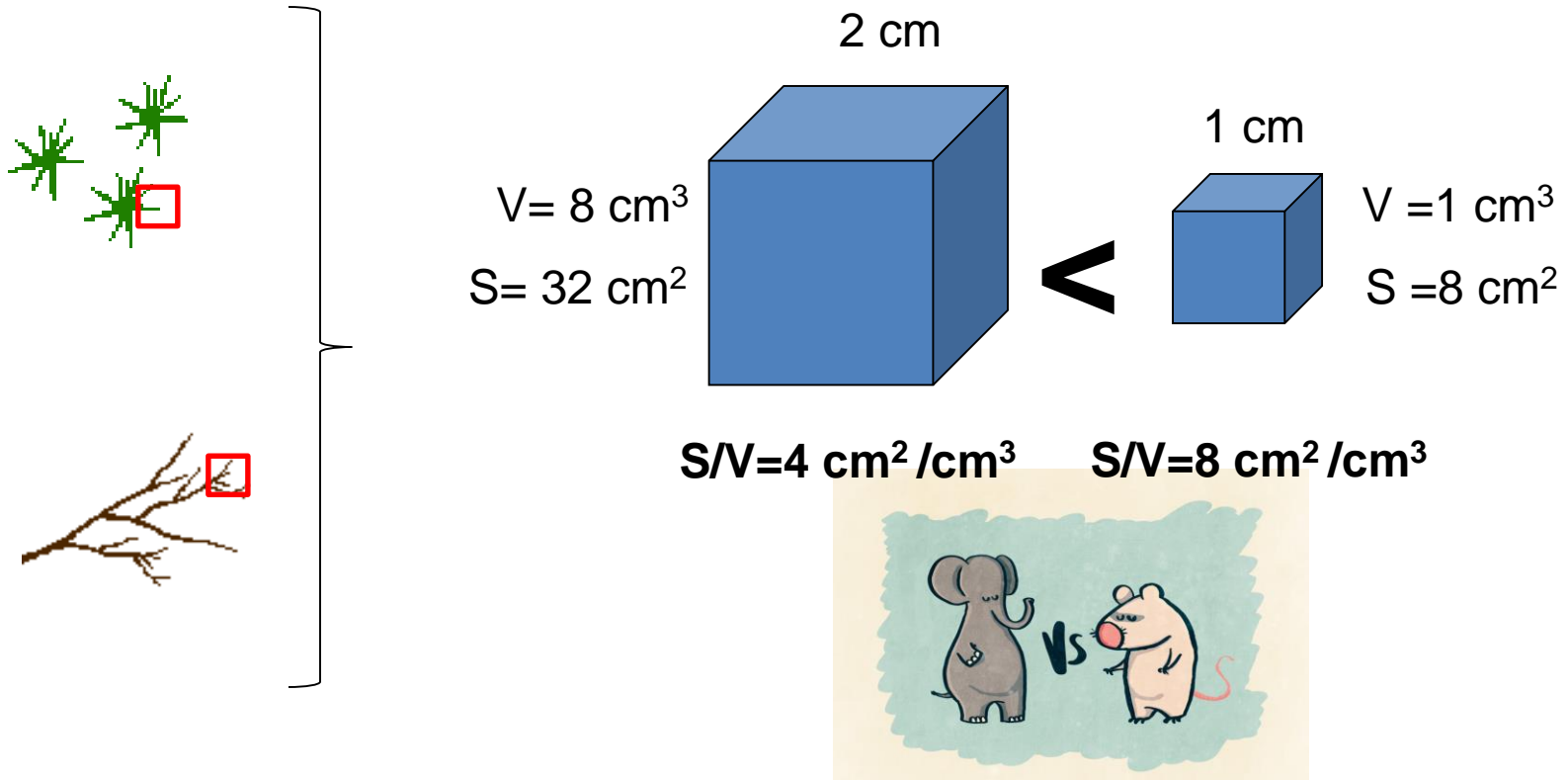
Link: <http://www.forestencyclopedia.net/p/p527>



## Infiammabilità dei combustibili

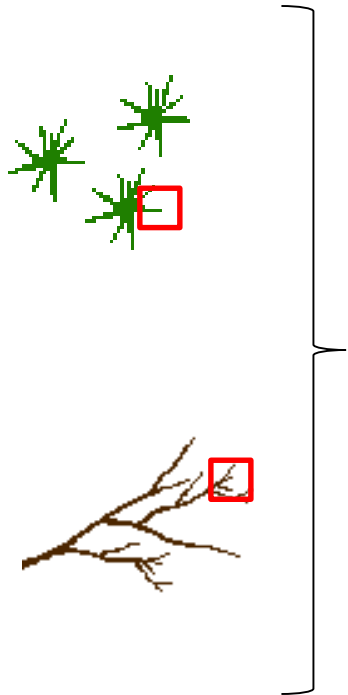
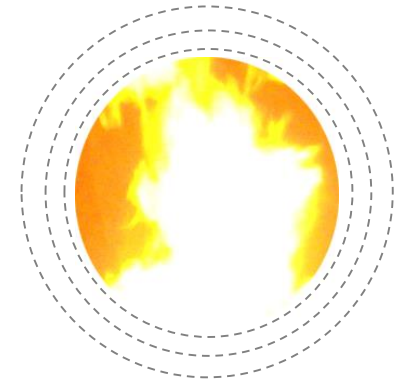
Fattori che influiscono sulla infiammabilità

### Rapporto superficie / volume



## Infiammabilità dei combustibili

Fattori che influiscono sulla  
infiammabilità



La presenza di  
cellulosa (35-55%),  
emicellulosa (15-25%),  
lignina-tannini (15-30%),  
resine, oli... (2- >45%),  
ceneri (Ca, K, ...)  
determina ...

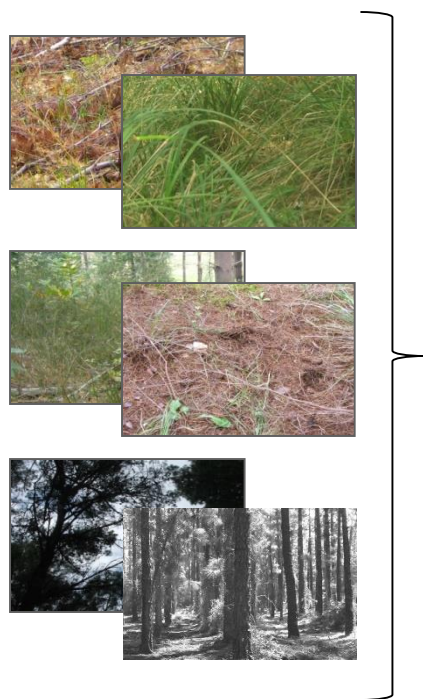
## Potere calorifico

Energia potenziale  
rilasciata da una particella  
di combustibile a seguito  
dalla sua combustione

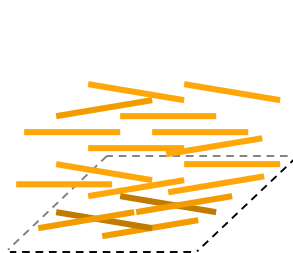
**KJ / kg**

## **Infiammabilità dei combustibili**

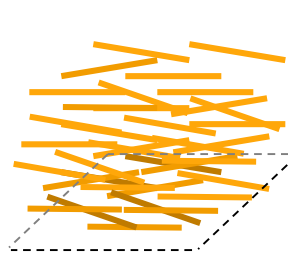
Fattori che influiscono sulla infiammabilità



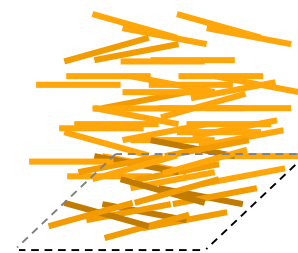
### **Carico per unità di superficie**



**5 t / m<sup>2</sup>**



**10 t / m<sup>2</sup>**



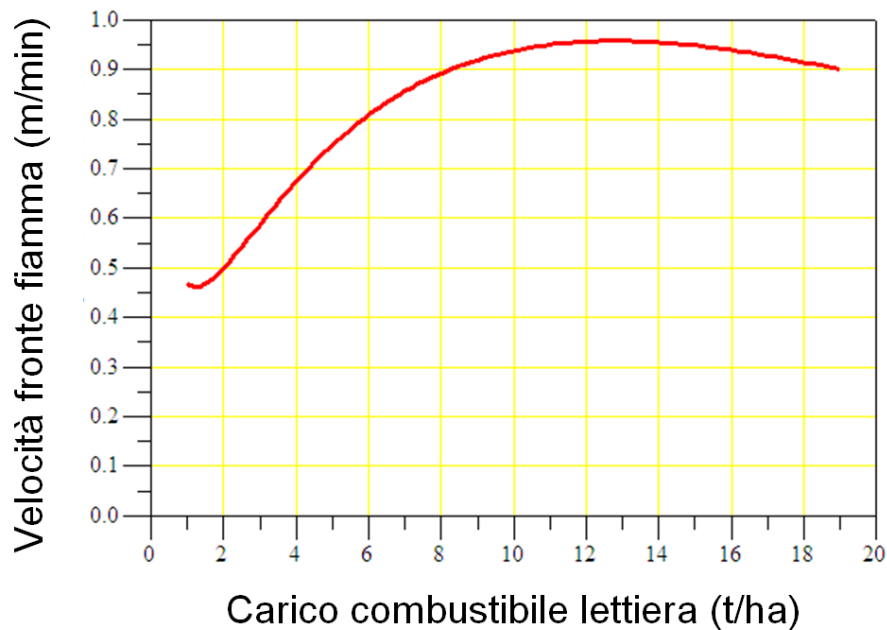
**20 t / m<sup>2</sup>**

## **Infiammabilità dei combustibili**

Fattori che influiscono sulla infiammabilità

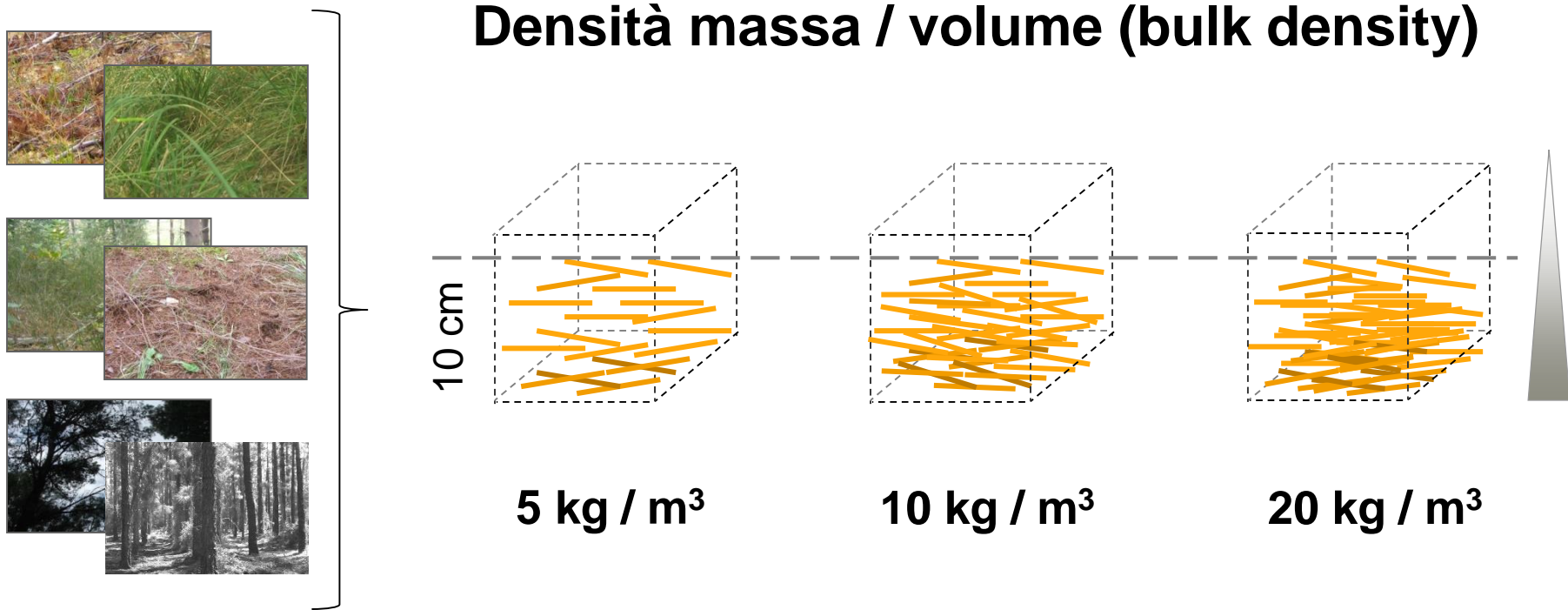


## **Carico per unità di superficie**



## **Infiammabilità dei combustibili**

Fattori che influiscono sulla infiammabilità



# *Simulare il comportamento del fuoco*

## **Infiammabilità dei combustibili**

Fattori che influiscono sulla infiammabilità



**Densità massa / volume (bulk density)**

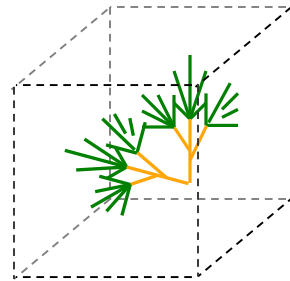


## **Infiammabilità dei combustibili**

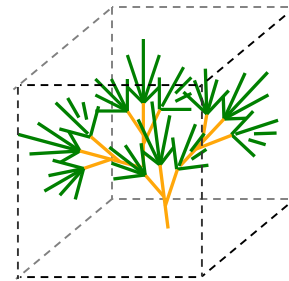
Fattori che influiscono sulla infiammabilità



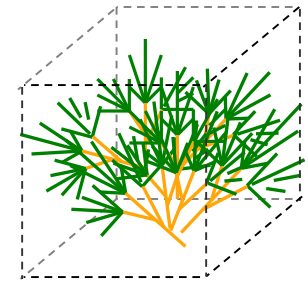
**Porosità: volume combustibile / volume**



**0.008**



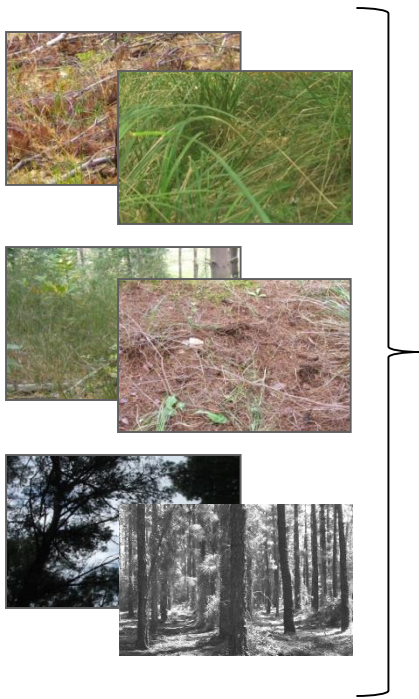
**0.014**



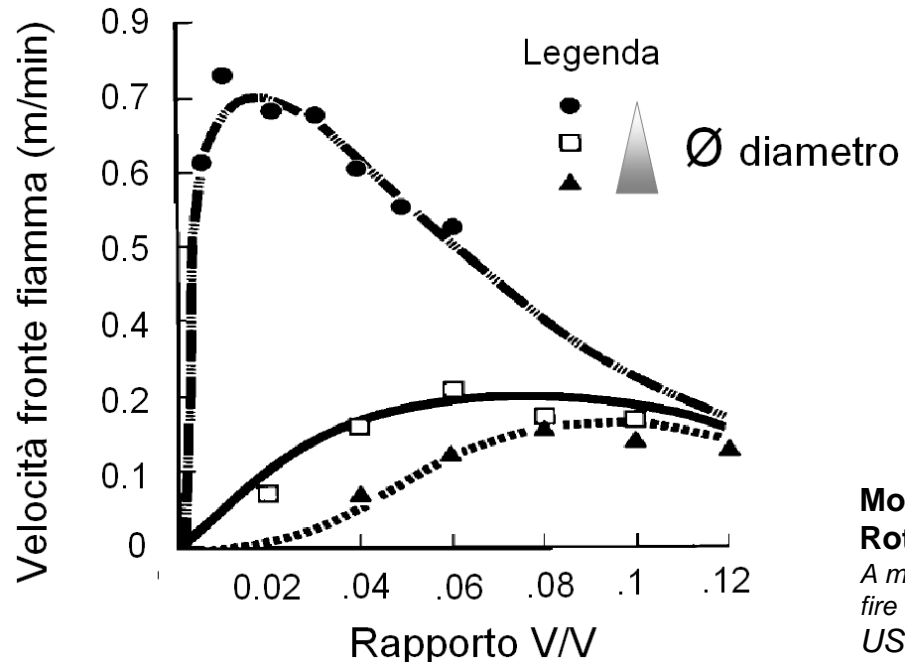
**0.019**

## Infiammabilità dei combustibili

Fattori che influiscono sulla infiammabilità



### Porosità volume combustibile / volume



Modificato da:  
**Rothermel RC, 1972**  
*A mathematical model for predicting  
fire spread in wildland fuels*  
USDA, Res.Pap. INT-115

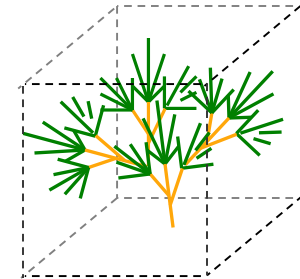
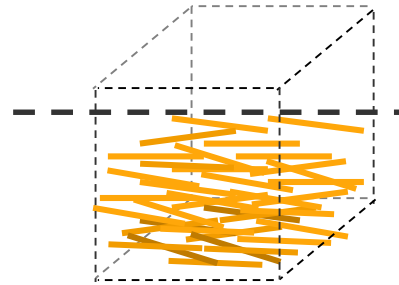
## Infiammabilità dei combustibili

Fattori che influiscono sulla infiammabilità

### Umidità di estinzione

Combustibili **morti: 15 - 40%** **vivi: 40 - ...%**

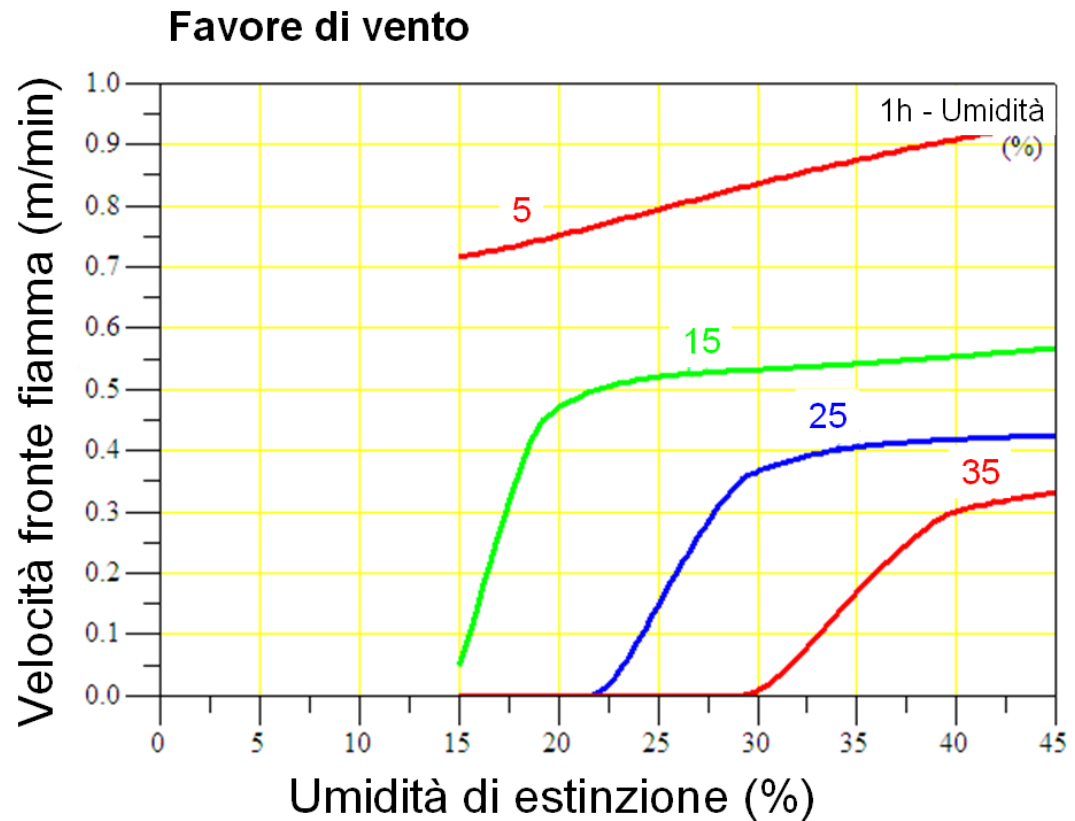
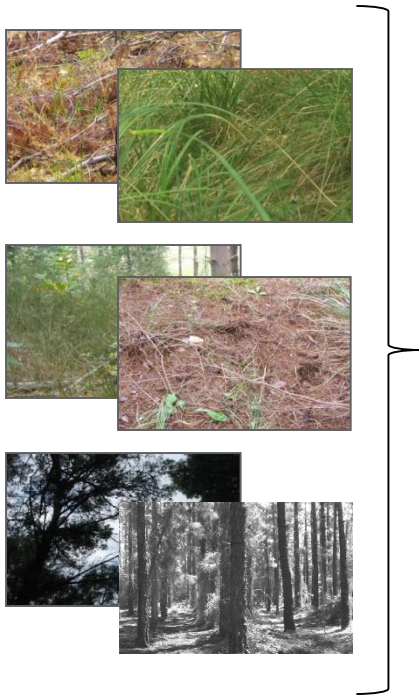
Dipende ...



## Infiammabilità dei combustibili

L'infiammabilità a diverse **scale**

✓ Componente e strato di combustibile



# *Simulare il comportamento del fuoco*

## **Infiammabilità dei combustibili**



*Erba e Arbusti bassi*



*Arbusti alti*



*Lettiera, Erba e Arbusti bassi*

## Modelli di comportamento del fuoco

Come descrivere la **vegetazione** con dei **parametri** che servono da **input** nei modelli?



**Specie:** *Pinus pinaster* Aiton  
*Erica arborea* L.

**Categoria:** Rimboschimento di  
conifere mediterranee

**Carico:** Combustibili di lettiera (t/ha)  
Combustibili morti / vivi (%)

**Struttura:** Combustibili densi (kg/m<sup>3</sup>)  
Combustibili porosi (m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>)

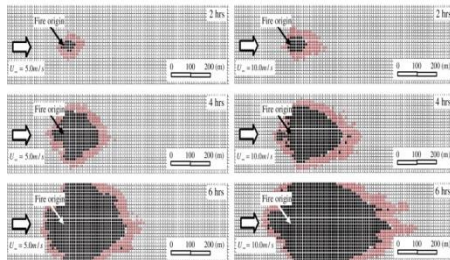
# Simulare il comportamento del fuoco

## Modelli di comportamento del fuoco

Quale modello di comportamento?, modello di combustibile?

$$y = a \cdot x + b$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho_g \theta) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho_g \theta w_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \sigma \frac{\partial \theta}{\partial x_j} \right) + \frac{\theta}{c_p T_g} [h a_v (T_s - T_g) + Q_{rad,g} + (1 - \Theta) F_t H_f],$$



??????

