



Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	OBIETTIVI DEL SISTEMA RIS.I.CO.....	8
3	PREVISIONE DELLE CONDIZIONI FAVOREVOLI ALL' INNESCO ED ALLA PROPAGAZIONE DEGLI INCENDI.....	9
3.1	Il sistema RIS.I.CO.....	10
3.2	Le variabili di input e output del modello	15
3.2.1	Variabili meteorologiche.....	16
3.2.2	Parametri Statici	27
	Carta dei combustibili vegetali	27
	Carta delle pendenze	29
	Carta delle esposizioni	29
3.2.3	Gli output del modello.....	30
3.2.4	Gli indici di pericolo giornalieri	40
	Indice meteorologico (Fire Weather Index)	40
	Gli indici basati sulla Rate of Spread (PPF).....	42
A.1	Validazione del modello RISICO.....	49
A1.1	Gli incendi occorsi nelle macro stagioni invernali ed estive dal 2007 al 2013	51
A1.2	I risultati della validazione delle variabili di output del modello RISICO	52
A1.3	La validazione del modello RISICO sulla base dell'indice di pericolo	55
A1.4	Analisi della capacità predittiva di RISICO2015 finalizzata all'allertamento e confronto con il modello canadese FWI.....	57
A1.5	Conclusioni.....	59



Indice delle figure

Figura 1: Mappatura del pericolo statico nella stagione estiva (sinistra) e nella stagione invernale (destra).....	7
Figura 2: Struttura funzionale di RISICO2015.	11
Figura 3: Definizione dell'umidità all'equilibrio (Equilibrium Moisture Content).	13
Figura 4: Confronto fra umidità della necromassa fornita da RISICO2009 (sopra) e RISICO2015 (sotto). Nelle immagini di sinistra è riportato un particolare della Regione Val D'Aosta dove l'influenza dell'utilizzo di COSMO LAMI I2.8 è più evidente. Il modello COSMO LAMI I2.8 grazie alla maggiore risoluzione permette di identificare meglio le aree sottoposte a maggior pericolo soprattutto nelle aree ad orografia complessa tipica delle regioni alpine.	14
Figura 5: Definizione delle classi di pericolo dell'indice meteorologico. Il valore dell'indice disaggregato corrisponde ad un valore da 0 (blue) a 4 (viola) sulla base del valore di umidità della necromassa e del contributo del vento.....	41
Figura 6: Diagramma ROC per le previsioni fornite rispettivamente da FWI e RISICO (RI) a livello nazionale nel periodo (2007-2013) per aree bruciate maggiori di 1000 ha. I marker indicano il rapporto fra Hit Rate e False Alarm Rate corrispondenti a 100 step incrementali del valore di soglia dell'indice di pericolo previsto. BT (Best threshold), sia per FWI che per RISICO, è definito come il valore di soglia dell'indice di pericolo che massimizza la differenza fra Hit Rate (H) e False Alarm Rate (F).	59



1 PREMESSA

L'elevata eterogeneità climatica, orografica e vegetazionale che caratterizza il territorio nazionale rende l'Italia fortemente vulnerabile agli incendi boschivi; le Regioni del nord sono caratterizzate da un regime di incendi prevalentemente invernale, dovuto principalmente ai frequenti venti secchi provenienti da nord, mentre le Regioni del Centro-Sud e le due Isole Maggiori sono caratterizzate da un severo regime di incendi estivo, dovuto alle elevate temperature ed alle prolungate assenze di precipitazione.

La ricerca condotta negli ultimi anni ha portato a mostrare che gli eventi incendiari più distruttivi sono sempre riconducibili, in entrambe le stagioni, a persistenti condizioni di umidità relativa al di sotto di una soglia critica associate a condizioni di vento forte. Il valore di soglia dell'umidità relativa che determina la criticità dell'evento corrisponde circa al 30%. In queste condizioni, tutti i combustibili morti fini, si portano a valori di umidità estremamente bassi, raggiungendo anche valori inferiori al 5% e l'innescamento di un fuoco può avvenire anche con una semplice scintilla. La sua propagazione, in caso di continuità del combustibile vegetale, diventa presto incontrollabile, anche con l'ausilio dei mezzi aerei.

Gli incendi in Italia non rappresentano una minaccia limitata alle aree boscate, ma spesso interessano anche le aree agricole e le zone di interfaccia urbano forestale. Le aree agricole e rurali, dagli anni '50 ad oggi, hanno subito un progressivo abbandono, soprattutto nelle aree ad orografia complessa dove la meccanizzazione dell'agricoltura risulta sfavorevole. Tali aree, a causa della frequenza del passaggio del fuoco, restano costrette ai primi stadi successionali, rappresentati principalmente da vegetazione di macchia la cui sopravvivenza nella competizione con le specie climax è garantita proprio dal passaggio del fuoco. La frequenza degli inneschi fa sì che il tempo che intercorre fra un incendio e il successivo sulla medesima area è almeno di un ordine di grandezza inferiore ai tempi forestali che permetterebbero l'instaurarsi di specie climax decisamente meno vulnerabili al fuoco. L'elevata frequenza di inneschi di origine antropica - la statistica ufficiale attribuisce alle cause dolose e colpose quasi tutti gli eventi occorsi - è principalmente riconducibile alla elevata densità abitativa superiore alla media europea. Pertanto, indipendentemente dalle cause di innesco, ai fini della previsione e prevenzione del rischio incendi è necessario dotarsi di strumenti in grado di prevedere quelle condizioni meteorologiche/vegetazionali in



4

cui una semplice sorgente di calore può determinare l'insorgenza di incendi incontrollabili, ovvero di sistemi in grado di fornire utili indicazioni su quello che potrebbe essere il comportamento potenziale di un fronte di fiamma conseguente all'accensione di un fuoco, che può essere espresso in termini di velocità di propagazione ed intensità lineare del fronte di fiamma.

A titolo di esempio, la stagione estiva del 2007 è stata caratterizzata da condizioni climatiche estreme, con prolungati periodi di umidità relativa inferiore al 30% e temperature superiori a 40°C in buona parte dell'Italia che hanno determinato condizioni di umidità della necromassa inferiori al 5%. Tali condizioni, associate al forte vento, hanno condotto a situazioni di pericolo pressoché incontrollabili anche con l'ausilio dei mezzi aerei, trasformando moltissimi incendi da boschivi ad interfaccia con conseguenti problematiche di protezione civile. Infatti, la sempre più estesa interfaccia fra le aree rurali e le aree urbane o ricreative fa sì che la propagazione del fuoco venga sempre più frequentemente in contatto con la popolazione, le infrastrutture e le attività produttive. A seguito degli eventi del 2007, è stata acquisita maggiore consapevolezza del sistema AIB e di protezione civile sulla necessità di un'adeguata pianificazione delle attività di prevenzione implementabili a

livello comunale e dell'opportunità di dotarsi a livello regionale di un sistema di allertamento in grado di supportare tutte le attività preventive di controllo del territorio e gestione delle risorse.

Nell'ambito delle competenze assegnate dalla legge quadro sugli incendi boschivi n. 353/2000 e delle più ampie competenze di protezione civile previste dalla legge n. 225/1992, il Dipartimento della Protezione Civile dal 2003 ha sviluppato un proprio sistema previsionale RIS.I.CO. (RISchio Incendi e COordinamento) che supporta, integrato con ulteriori valutazioni soggettive del previsore sulle condizioni meteorologiche stimate e sulla distribuzione e tipologia di eventi in atto sul territorio, l'emissione del Bollettino di Previsione Nazionale Incendi Boschivi (Direttiva Presidente del Consiglio dei Ministri del 01/07/2011), a supporto delle attività della flotta aerea antincendio di Stato, coordinata dal Centro Operativo Aereo Unificato (COAU) dello stesso Dipartimento.

Per condividere gli strumenti previsionali predisposti dal Dipartimento della Protezione Civile sugli incendi boschivi, dal maggio 2011 questi sono stati resi disponibili ai Centri funzionali decentrati, tramite l'accesso web al sistema DEWETRA su cui è funzionante il sistema RIS.I.CO.. Nel 2011 l'aggiornamento del sistema RIS.I.CO. messo a disposizione dei Centri



Funzionali Decentrati era denominato "RISICO2009".

Nonostante sia principalmente finalizzato a supportare la gestione pre-operativa della flotta aerea antincendio di Stato, RIS.I.CO. può rappresentare un valido strumento informativo anche per la gestione dei sistemi regionali AIB e di protezione civile.

Infatti, laddove non già disponibili, le Regioni potranno nel medio-lungo periodo definire propri bollettini regionali di previsione degli incendi boschivi, integrando le previsioni stimate dal sistema RIS.I.CO. con ulteriori valutazioni di dettaglio riferite al territorio di competenza.

Il sistema RIS.I.CO., operativo 24/365 dal 2003, è stato sviluppato per il Dipartimento della Protezione Civile, ed è costantemente mantenuto operativo sia dal punto di vista tecnico che scientifico dalla Fondazione CIMA (www.cimafoundation.org), Centro di competenza nazionale per il rischio idrogeologico e da incendi boschivi. Il sistema è accessibile via web con accesso protetto da password, all'indirizzo <http://dewetra.cimafoundation.org>.

Nel Giugno 2015 è stato rilasciato un nuovo aggiornamento del sistema RIS.I.CO. denominato "RISICO2015" che contiene diverse modifiche finalizzate a migliorarne l'efficienza. Le principali modifiche contenute nella versione RISICO2015 sono:

- Aggiornamento della mappa di copertura vegetale basata su CORINE 2012 al 4° livello con estensione al 5° livello sulle aree boscate. Tale modifica permette di aggiornare la distribuzione della vegetazione al suolo, che sebbene lenta, è comunque caratterizzata da una certa dinamica più evidente nelle aree non boscate frequentemente interessate dalla propagazione del fuoco.
- Revisione della definizione delle classi di combustibile. La mancanza di informazioni puntuali e l'eterogeneità della vegetazione rende complessa l'attribuzione di quantità oggettive alle diverse tipologie di vegetazione rappresentate dalla carte CORINE. Per questa ragione le varie tipologie di vegetazione rappresentate nella carta CORINE sono state aggregate in un numero limitato di classi che mostrano comportamenti del fuoco differenti. Le classi di combustibile nella versione aggiornata sono in totale in numero di 7 e sono così definite: "aree scarsamente vegetate"; "aree agricole e praterie"; "coltivazioni arboree"; "vegetazione poco vulnerabile al fuoco"; "boschi di conifere vulnerabili al fuoco"; "boschi di latifoglie vulnerabili al fuoco"; "vegetazione arbustiva".
- Revisione parametrica delle classi di combustibile. L'attribuzione dei parametri alle nuove classi di combustibile permette



6

di discriminare il comportamento del fuoco fra le differenti tipologie. Questo permette di discriminare aree dove il fuoco può propagarsi con elevate velocità del fronte dalle aree dove il fuoco si propaga più lentamente, così come discriminare le aree dove il fuoco può propagarsi in chioma rispetto alle aree dove generalmente il fuoco è radente. Inoltre, i diversi parametri associati alle differenti tipologie permettono di discriminare le dinamiche di umidità della necromassa ed evidenziare le aree che più velocemente possono portarsi in condizioni di umidità critica.

- Utilizzo integrato di dati osservati e modelli meteorologici (COSMO LAMI I2.8, COSMO LAMI I7, ECMWF). Il sistema RISICO2015 permette di utilizzare tutte le fonti di previsione ed osservazione meteorologica disponibili. Il sistema ordina l'informazione in base alla sua affidabilità utilizzando le osservazioni per gli intervalli temporali dove queste sono disponibili, il modello COSMO LAMI I2.8, e a seguire il modello COSMO LAMI I7 e il modello europeo ECMWF per fornire la tendenza fino a 10 giorni dell'indice di pericolo.
- Eliminazione del contributo della temperatura nella valutazione della velocità di propagazione potenziale. Il contributo della temperatura è stato riconosciuto come il principale fattore associato alla sottostima della pericolosità nella stagione invernale.

L'ipotesi che la temperatura dell'aria potesse avere un contributo sulla velocità di propagazione deriva dai modelli di letteratura analizzati. Molti modelli sono definiti per regioni climatiche caratterizzate esclusivamente da un regime di incendi estivi (Alexander et al., 1996; Deeming et al., 1977; Drouet (1974); Noble et al., 1980; Rothermel (1972)). In questo caso il contributo della temperatura permette di identificare la stagione di massima pericolosità. In Italia, diverse Regioni sono caratterizzate principalmente da un regime di incendi invernali, dove la temperatura non gioca nessun ruolo, se non quello legato alla fenologia della vegetazione e, in parte alla determinazione dell'umidità della necromassa e delle sue dinamiche. Il tentativo di eliminare il contributo della temperatura ha dimostrato come le prestazioni del sistema nella stagione estiva restano pressoché invariate migliorando notevolmente le prestazioni del sistema nella stagione invernale.

- Integrazione della mappatura di pericolosità statica nella valutazione della velocità di propagazione potenziale. La mappatura della pericolosità statica è stata definita sulla base di un'analisi statistica condotta sulle perimetrazioni delle aree percorse dal fuoco censite dal Corpo Forestale dello Stato e dalle Regioni. La metodologia utilizzata è in grado di discriminare diverse tipologie di territorio



caratterizzate da differenti tipologie di copertura vegetale e differenti condizioni orografiche e climatiche. L'ipotesi alla base della mappatura è che la medesima tipologia di copertura vegetale, in determinate condizioni orografiche e climatiche abbia la stessa probabilità di essere percorsa dal fuoco, definita Probabilità di Propagazione del Fuoco (PPF). Il valore di questa probabilità è definito come il rapporto fra l'area totale bruciata e

l'area totale occupata da una particolare tipologia, opportunamente normalizzata fra 0 e 1. L'analisi ha messo in evidenza come la mappatura del pericolo incendi nelle due stagioni, estiva ed invernale, sia caratterizzata da valori molto differenti fra loro. Nelle immagini che seguono è riportata rispettivamente la mappatura del pericolo incendi nella stagione estiva ed in quella invernale.

7

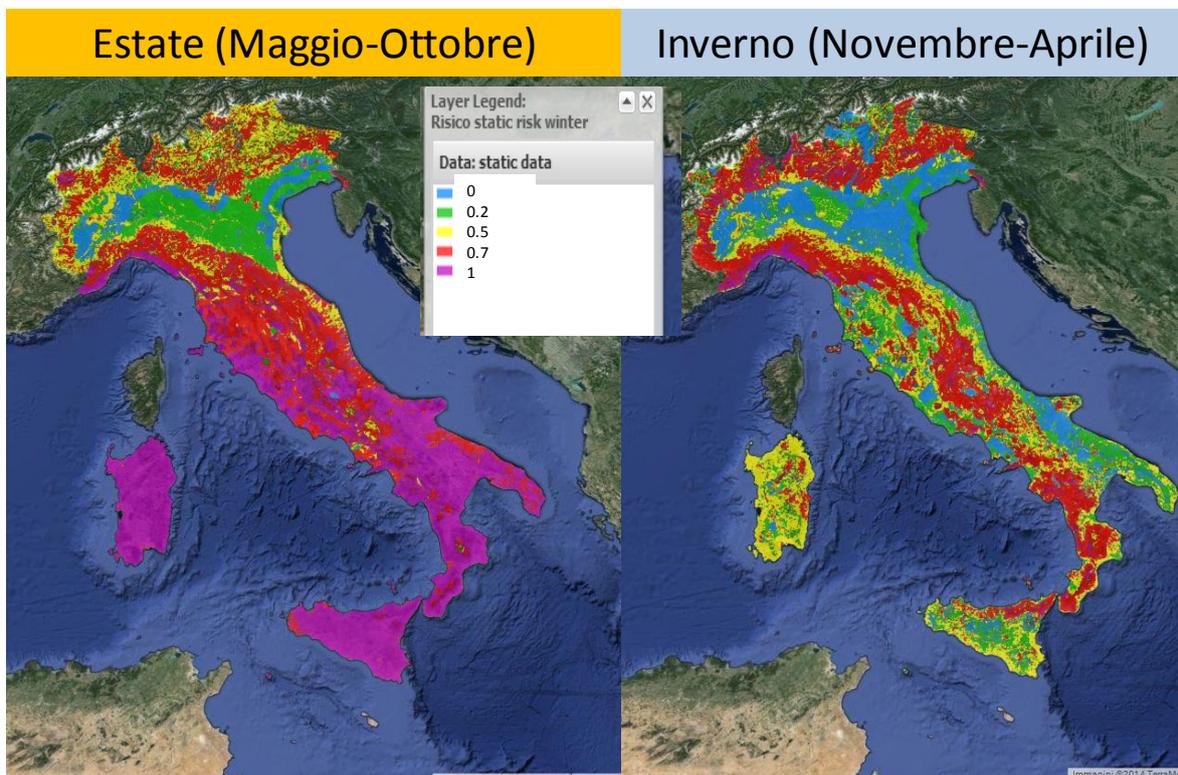


Figura 1: Mappatura del pericolo statico nella stagione estiva (sinistra) e nella stagione invernale (destra).

I valori di PPF così definiti sono moltiplicati per la velocità di propagazione potenziale ottenuta sulla base delle condizioni

meteorologiche ed orografiche locali, per ogni cella in cui è discretizzato il territorio nazionale, alla risoluzione spaziale di circa





un km. A partire dal 1° aprile e dal 1° ottobre ha inizio una fase che prevede la transizione fra le due mappe stagionali effettuata con una interpolazione lineare fra le due mappe. La transizione è completata rispettivamente il 1° giugno per la stagione estiva ed il 1° dicembre per quella invernale.

- Introduzione dei nuovi indici di pericolo valutati sulla base della velocità di propagazione potenziale modificata con il contributo della mappa di pericolo statico. La fase di validazione ha dimostrato come la variabile in grado di discriminare meglio

le condizioni di pericolo sia riconosciuta nella velocità di propagazione potenziale. L'introduzione della mappa di pericolo statico permette, inoltre, di ridurre le sovrastime nelle stagioni di transizione. I nuovi indici si basano sulla persistenza spaziale e temporale di valori di velocità superiori a determinati valori di soglia.

I risultati ottenuti dal sistema RIS.I.CO. in seguito alle modifiche descritte sono riportati in appendice al presente manuale.

2 OBIETTIVI DEL SISTEMA RIS.I.CO.-

Gli obiettivi del sistema RIS.I.CO. sono quelli di fornire ulteriori elementi per le decisioni connesse alla dislocazione dei mezzi della flotta aerea antincendio di Stato, sia durante la fase previsionale modificando la pre-allocazione statica stagionale, che in fase di gestione degli eventi, attraverso la previsione delle condizioni di suscettività all'innescio ed alla propagazione degli incendi boschivi.

La disponibilità di previsioni della pericolosità potenziale, in fase di sperimentazione già dal 2003, ha portato

negli ultimi anni ad una sempre crescente confidenza nell'utilizzo operativo delle previsioni fornite dal sistema RIS.I.CO.. A scala regionale, il sistema è utilizzato da diverse Regioni per la produzione di propri bollettini di pericolosità e può trovare utile impiego nell'organizzazione delle attività di prevenzione, principalmente riconducibili a quelle di pattugliamento e monitoraggio del territorio nelle aree e nelle giornate caratterizzate da indici di pericolo che evidenziano particolari situazioni di criticità.



3 PREVISIONE DELLE CONDIZIONI FAVOREVOLI ALL'INNESCO ED ALLA PROPAGAZIONE DEGLI INCENDI

Le caratteristiche fisiologiche delle specie vegetali interessate da incendi più diffuse in Italia, fanno sì che buona parte della vegetazione nazionale si porti periodicamente nelle condizioni più favorevoli all'accensione di un fuoco. Considerando i combustibili da cui più facilmente può avere origine un incendio, ossia la vegetazione fine non vascolarizzata (erba secca, lettiera) è importante notare come la loro umidità sia determinante affinché un fuoco si sviluppi in un incendio di notevoli proporzioni. L'umidità di tale combustibile dipende strettamente dal contenuto di umidità dell'aria che, variando con continuità nello spazio e nel tempo, determina cambiamenti nello stato di umidità della vegetazione. La velocità con cui questi cambiamenti si producono è funzione della classe di combustibile, della temperatura dell'aria e della velocità del vento. I combustibili più fini sono in grado di variare la propria umidità in pochi minuti. L'erba secca, ad esempio, è uno dei combustibili fini più diffusi su tutto il territorio nazionale e il suo contenuto di umidità può dimezzarsi in meno di tre ore.

Oltre alle variazioni di umidità dovute alle condizioni ambientali locali, si deve tener conto delle variazioni dovute allo stato

vegetativo. Infatti, tutte le specie erbacee cambiano con periodicità il loro stato vegetativo. Anche in questo caso, le variabili meteorologiche giocano un ruolo fondamentale, prolungando o accorciando la vita di ogni singola specie vegetale annuale e modificando le caratteristiche fisiologiche delle piante perenni. Per quanto riguarda il contenuto di umidità della vegetazione arborea ed arbustiva, si può affermare che esso sia scarsamente influenzato dalle condizioni meteorologiche, ma sia essenzialmente determinato dalla specie considerata e dalla stagione dell'anno.

L'innesco di un incendio e la sua propagazione instaurano un microclima proprio nella zona di avanzamento del fronte aumentando notevolmente la temperatura del sistema, che si porta velocemente a valori tali da coinvolgere nel processo di propagazione anche la vegetazione viva. In funzione della quantità di massa presente, tale processo dà luogo, in un tempo anche molto breve, ad un incremento esponenziale dell'energia del sistema, a causa del quale esso risulta difficilmente controllabile. Anche la velocità con cui un fuoco si propaga è funzione delle variabili meteorologiche locali, in modo



particolare della velocità del vento. La magnitudo di un incendio si misura attraverso la potenza disponibile per unità di lunghezza del fronte, detta intensità lineare, fortemente correlata con la velocità di propagazione.

10

3.1 Il sistema RIS.I.CO.

Lo schema concettuale e l'architettura del sistema RIS.I.CO. (RISchio Incendi e COordinamento, Fiorucci et al., 2008) hanno avuto origine agli inizi del 2000. Dal 2003 il sistema viene utilizzato operativamente dal Dipartimento di Protezione Civile. Lo schema concettuale è comune ad altri sistemi realizzati a scala regionale. Fra questi il sistema S.P.I.R.L.

(Servizio Previsione Incendi Regione Liguria) rappresenta il primo sistema di previsione realizzato a scala regionale dal medesimo gruppo di ricerca.

I principi di base sono comuni a quelli introdotti alla fine degli anni '80 dai ricercatori canadesi che svilupparono il *Fire Weather Index* (Van Wagner and Pickett, 1985; Van Wagner, 1987) all'interno del più complesso *Canadian Forest Fire Danger Rating System*. Questo sistema puramente meteorologico è stato ampiamente modificato al fine di renderlo pienamente adattabile alla realtà nazionale ed in generale ai Paesi del Mediterraneo.

Dati dinamici

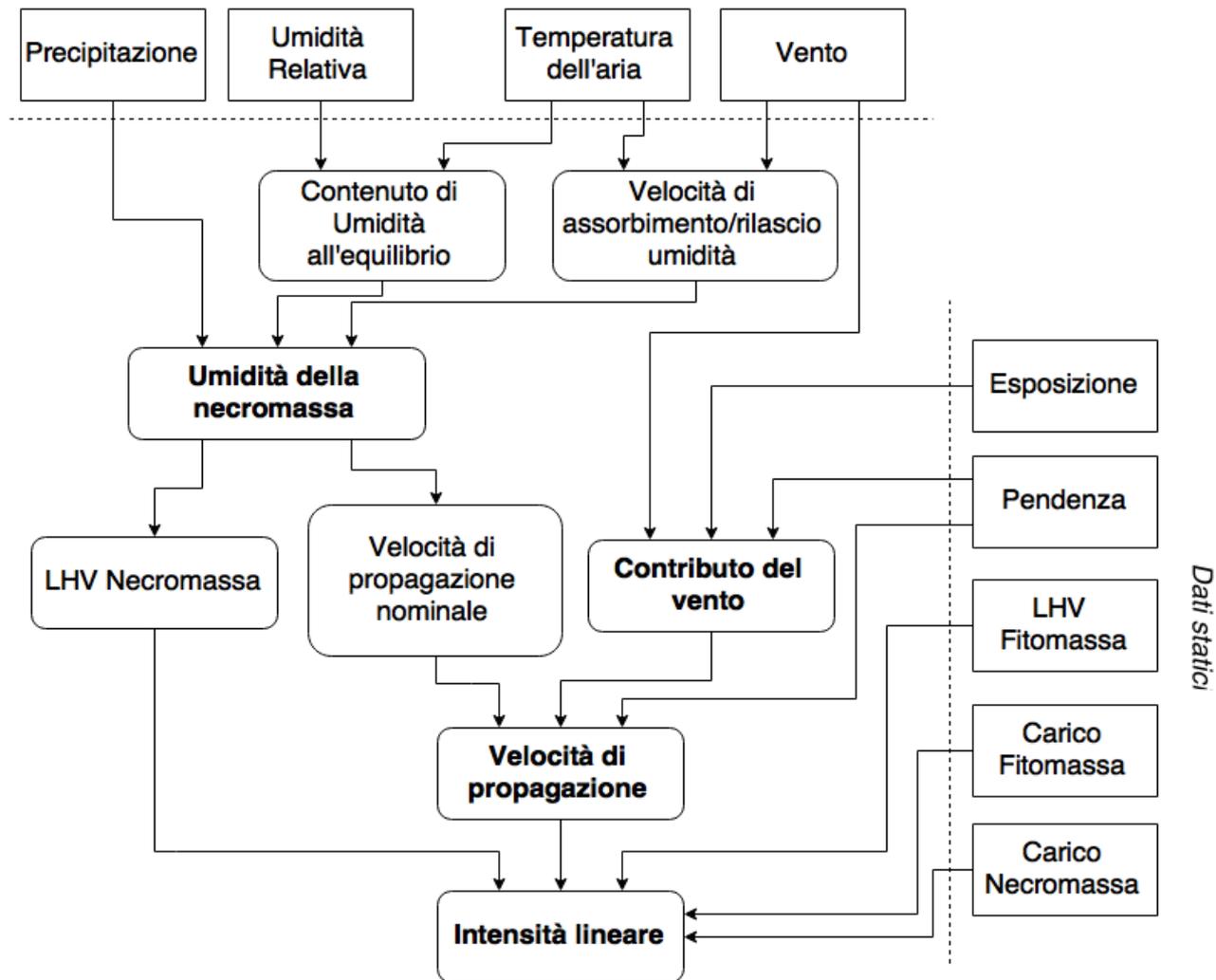


Figura 2: Struttura funzionale di RISICO2015.

Nel sistema RIS.I.CO. il contenuto di umidità della fitomassa e la sua quantità sono mantenute costanti e rappresentano sempre la situazione di *worst case scenario*. La limitazione maggiore dell'attuale versione operativa consiste pertanto nel considerare la vegetazione erbacea costantemente senescente. Il suo contenuto in umidità è quindi esclusivamente

determinato dalle condizioni meteorologiche locali. Questo può determinare condizioni di rischio elevato associate a condizioni meteorologiche estreme anche qualora la vegetazione erbacea sia, nella realtà, in piena ripresa vegetativa o in fase di maturità e quindi caratterizzata da un elevato contenuto in acqua. Tale limitazione è dovuta alla difficoltà nella definizione di un modello fenologico per la vegetazione



erbacea fortemente eterogenea alle diverse latitudini e alle diverse quote.

Tale limitazione è in parte superata dall'introduzione delle mappe di pericolo statico stagionali, che sulla base delle condizioni climatiche ed orografiche sono in grado di identificare le aree dove si osserva una maggiore frequenza di incendi. La maggiore frequenza di incendi è riconducibile alla presenza di vegetazione erbacea in stato di senescenza. Fra tutte le tipologie di necromassa, infatti, la vegetazione erbacea è la sola in grado di modificare il suo stato fenologico nelle due stagioni. Resta, tuttavia, argomento di ricerca la calibrazione e la validazione di un modello fenologico della vegetazione erbacea, che, seppur non ancora integrato nel sistema RIS.I.CO., è accessibile e consultabile dal Dipartimento della Protezione Civile tramite DEWETRA.

Date le caratteristiche della vegetazione mediterranea, la sola componente dinamica del sistema è rappresentata dall'umidità della necromassa adattata alle differenti tipologie di copertura vegetale. Nelle aree

con tipologie di coperture vegetali che più frequentemente sono interessate dagli incendi, l'umidità della necromassa può passare da valori di saturazione, conseguenti a precipitazioni, a valori inferiori al 10% in meno di 24 ore. Per questa ragione, già nella prima versione del sistema, si ritenne, che, alimentarlo con previsioni meteorologiche, sebbene soggette ad incertezza, fosse il solo modo per fornire informazioni di maggior dettaglio al sistema di allertamento.

In assenza di precipitazioni il combustibile fine morto (erba, lettiera di conifere e latifoglie, parti secche della vegetazione arbustiva) tende a portare il suo contenuto di umidità in equilibrio con l'umidità relativa dell'aria. La relazione che determina il valore del contenuto di umidità all'equilibrio (*Equilibrium Moisture Content - EMC (%)*) è funzione dell'umidità relativa (*Relative humidity - ρ (%)*) e della temperatura dell'aria a 2 m dal suolo (T), come definito nella figura seguente (Van Wagner, 1987).

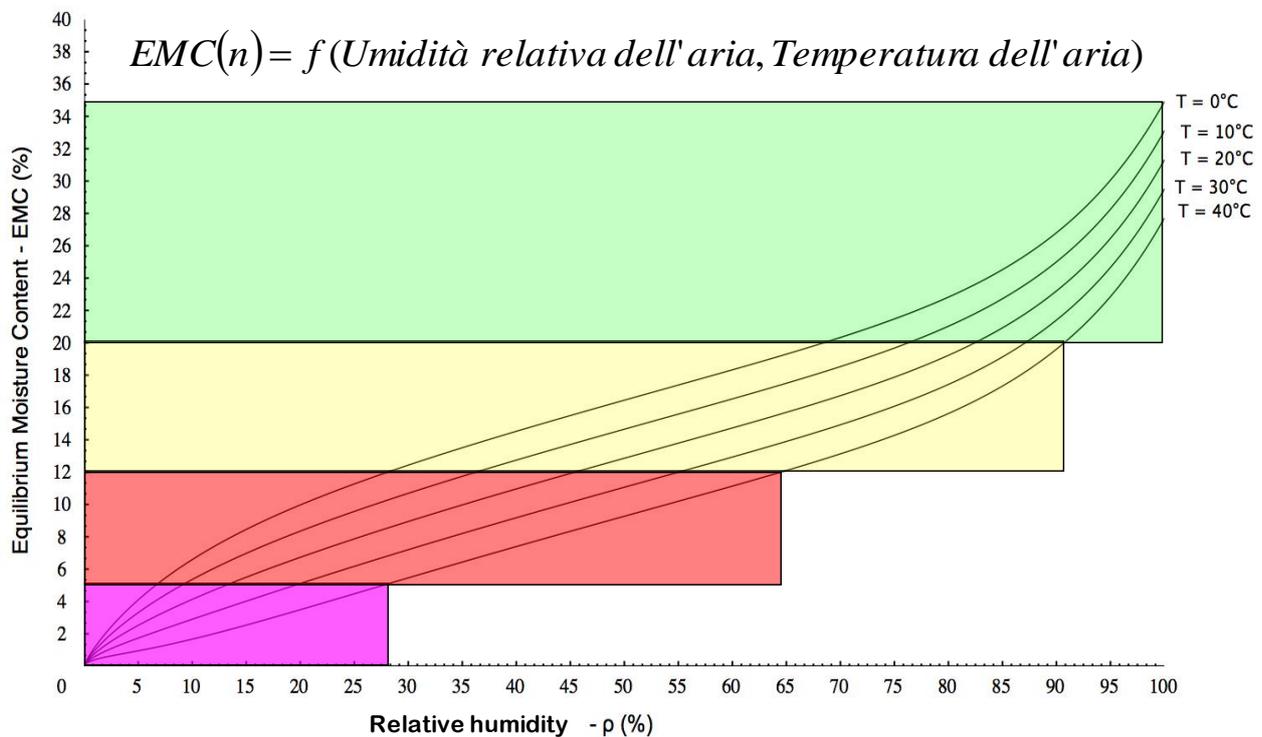


Figura 3: Definizione dell'umidità all'equilibrio (Equilibrium Moisture Content).

Negli ultimi anni, la quasi totalità dei grandi incendi è stata caratterizzata da valori di umidità della necromassa inferiori al 5%. Queste sono le condizioni critiche in grado di aumentare notevolmente la probabilità di innesco e la velocità di propagazione del fuoco. Quando alle condizioni critiche di umidità della necromassa vengono a sovrapporsi condizioni di vento forte la propagazione del fuoco diventa presto inarrestabile fino al perdurare delle condizioni meteorologiche propizie alla sua propagazione.

La versione RISICO2015 permette di utilizzare in input il modello meteorologico

COSMO LAMI I2.8, oltre ai modelli COSMO LAMI I7 e al modello europeo ECMWF. Quest'ultimo, sebbene soggetto a maggiore incertezza, permette di ottenere una previsione fino a 10 giorni. La versione RISICO2015 esegue run multipli che sono schedulati rispettivamente alle ore 08:00, 10:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00 di ogni giorno. Questo permette di utilizzare, con un flusso continuo, tutta l'informazione osservata in tempo reale, opportunamente aggregata alla risoluzione temporale del sistema, pari a 3h. Oltre alle osservazioni meteorologiche, RISICO2015 utilizza tutti i run disponibili forniti dai modelli meteorologici COSMO nelle due versioni I7 e I2.8 (delle ore 00:00 e delle ore 12:00). Il sistema ordina l'informazione





meteorologica dando priorità in primo luogo alle osservazioni, e in secondo luogo al modello meteorologico disponibile più recente ed a più alta risoluzione spaziale. Ogni intervallo tri-orario definisce quindi la stima del comportamento potenziale di un fuoco sulla base dell'informazione meteorologica in input selezionata come sopra descritto. Nelle immagini che

seguono è riportato il confronto della variabile dinamica alla base del modello RIS.I.CO., l'umidità della necromassa, ottenuta dal modello RISICO2009, alimentato esclusivamente dalle osservazioni meteorologiche e dal modello meteorologico COSMO LAMI I7, rispetto a quella ottenuta da RISICO2015.

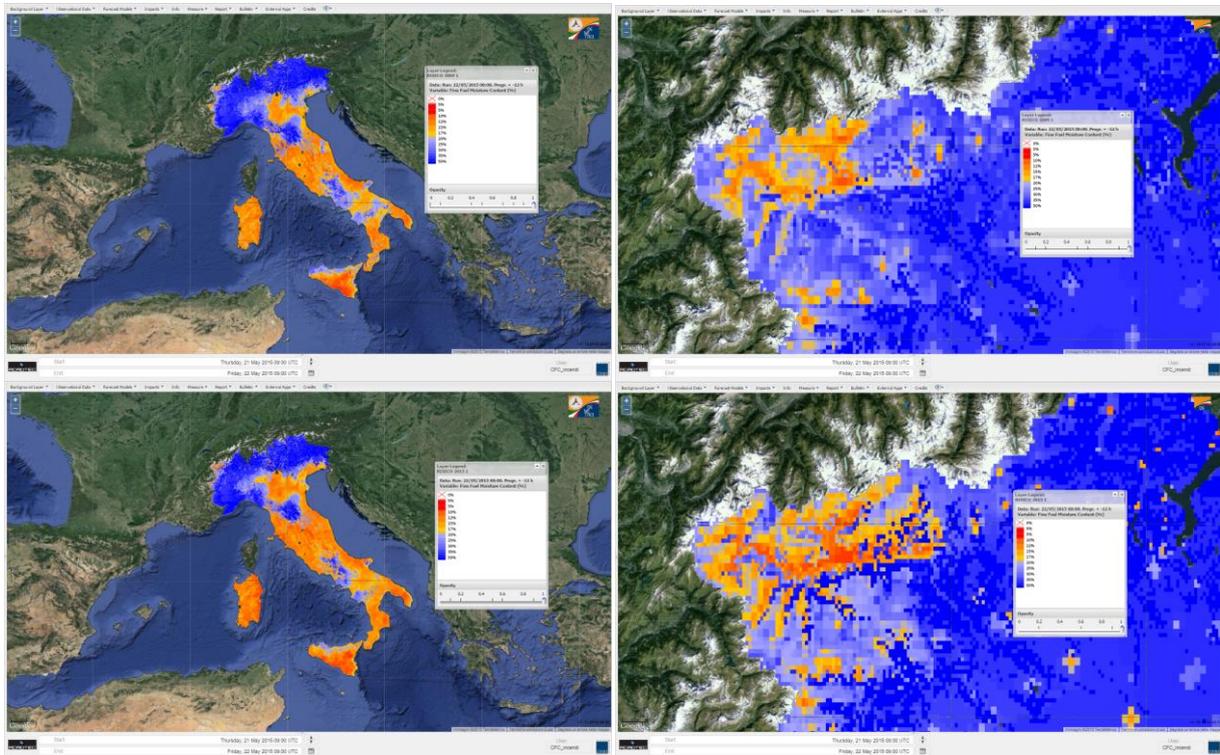


Figura 4: Confronto fra umidità della necromassa fornita da RISICO2009 (sopra) e RISICO2015 (sotto). Nelle immagini di sinistra è riportato un particolare della Regione Val D'Aosta dove l'influenza dell'utilizzo di COSMO LAMI I2.8 è più evidente. Il modello COSMO LAMI I2.8 grazie alla maggiore risoluzione permette di identificare meglio le aree sottoposte a maggior pericolo soprattutto nelle aree ad orografia complessa tipica delle regioni alpine.

In Figura 4 (immagini in basso) è possibile osservare il contributo del modello meteorologico a più alta risoluzione spaziale. Il modello COSMO LAMI I2.8 grazie alla maggiore risoluzione permette di identificare meglio le aree sottoposte a

maggior pericolo soprattutto nelle aree ad orografia complessa tipica delle regioni alpine permettendo di migliorare le prestazioni dell'indice soprattutto nella stagione invernale.



3.2 Le variabili di input e output del modello

Il modello RIS.I.CO. utilizza come dati di input le variabili meteorologiche ed alcuni parametri statici che descrivono la tipologia di copertura e la morfologia del territorio. I dati di output sono forniti con una risoluzione spaziale di 1 km e le variabili accessibili da DEWETRA sono le seguenti:

- Fireline Intensity (intensità del fronte) [kW/m],
- Fireline Intensity (PPF) (intensità del fronte con PPF) [kW/m],
- Fine Fuel Moisture Content (umidità della necromassa) [%],
- Rate of Spread (velocità di propagazione) [m/h],
- Rate of Spread (PPF) (velocità di propagazione con PPF) [m/h],
- Effect of Wind on ROS (contributo del vento sulla velocità di propagazione) [adim],
- Fire Weather Index (indice meteorologico) [adim].

Ogni variabile è definita su un intervallo minimo di 24 ore di osservazione (-21 ; 0) + 240 ore di previsione. Gli intervalli (+3; +48) sono ottenuti utilizzando in input il modello COSMO LAMI I2.8, le variabili (+51; +72) sono ottenute utilizzando in input il modello COSMO LAMI I7, mentre i successivi intervalli temporali (esa-orari)

sono ottenuti utilizzando in input il modello meteorologico Europeo ECMWF. In caso di assenza di uno dei dati di input si utilizza l'informazione disponibile sull'intervallo considerato seguendo l'ordine di priorità delle informazioni. La data del *run* definisce l'istante di riferimento attorno a cui si riferiscono le 24 ore di osservazione e le 240 ore di previsione. Ad esempio il run del 01/06/2015 00:00 riporta le osservazioni di tutte le variabili fornite nel periodo 31/05/2015 00:03 al 01/06/2015 00:00 (-24 h; -21 h;...;-3 h) più tutti gli intervalli tri-orari compresi nel periodo di previsione del modello COSMOI2.8 (+3 h; +6 h;; +48 h), tutti gli intervalli tri-orari compresi nel periodo di previsione del modello COSMOI7 (+51 h; +54 h;; +72 h) e successivamente tutti gli intervalli esa-orari compresi nel periodo di previsione del modello ECMWF (+76 h; +82 h;; +240 h).

Dalle ore 06:00 alle ore 12:00 di ogni giorno il modello RIS.I.CO. esegue un *run* ogni due ore e dopo le 13:00 effettua nuovi *run* alle 15:00, 18:00 e 21:00.

Nelle schede che seguono sono riportate tutte le variabili in input al sistema e tutte le variabili di output visualizzabili su DEWETRA.



3.2.1 Variabili meteorologiche

Le variabili meteorologiche sono costituite dai dati osservati dalle centraline al suolo e dai dati di previsione forniti dai modelli meteorologici utilizzati.

16

I dati osservati provengono dalle oltre 4900 stazioni della rete fiduciaria (4908) presenti a livello regionale.

I dati meteorologici osservati utilizzati in input sono limitati alla precipitazione ed alla temperatura dell'aria e sono spazializzati su una griglia di 1 km x 1 km utilizzando opportune procedure di interpolazione. Il dato dell'umidità relativa non è utilizzato operativamente in quanto la copertura sensoristica al momento non è adeguata alla ricostruzione del campo.

Il set informativo di dati di previsione usufruisce attualmente di tre modelli meteorologici:

-il modello COSMO LAMI I2.8 che effettua due corse al giorno, inizializzate alle ore 00.00 ed alle 12.00, fornendo una previsioni dei campi meteorologici bi-tridimensionali con una risoluzione spaziale di circa 2.8km e una risoluzione temporale di 1 ora su un intervallo totale di 48 ore. La risoluzione temporale nativa del modello è degradata alla risoluzione tri-oraria del sistema RISICO;

-il modello COSMO LAMI I7 che effettua due corse al giorno, inizializzate alle ore 00.00 ed alle 12.00, fornendo una previsioni dei campi meteorologici bi-tridimensionali con una risoluzione spaziale di circa 7km e una risoluzione temporale di 3 ore su un intervallo totale di 72 ore;

-il modello meteorologico ECMWF, che effettua una corsa al giorno inizializzata alle ore 00.00, fornendo una previsioni dei campi meteorologici bi-tridimensionali con una risoluzione spaziale di circa 25km e una risoluzione temporale di 6 ore su un intervallo totale di 240 ore.

Le variabili meteorologiche utilizzate sono:

- **Precipitazione [mm];**

Osservazioni: Rainfall field (campo di precipitazione)

Previsioni:

COSMO LAMI I2.8

COSMO LAMI I7

ECMWF

- **Temperatura dell'aria a 2 metri dal suolo [K];**



Osservazioni: Temperature field map
(mappa di temperatura)

Previsioni:

COSMO LAMI I2.8

COSMO LAMI I7

ECMWF (non visualizzabile su
DEWETRA)

**- Umidità relativa dell'aria a 2 metri dal
suolo [%];**

Osservazioni: al momento non
disponibili ma in fase di integrazione

Previsioni:

COSMO LAMI I2.8

COSMO LAMI I7

ECMWF (non visualizzabile su
DEWETRA)

**- Velocità [m/h] e direzione [rad] del
vento a 10 metri dal suolo;**

Osservazioni: Sebbene si disponga di
numerosi anemometri a scala
nazionale l'interpolazione del campo
di vento in orografia complessa resta
ad oggi un problema non risolto. Per
questa ragione non sono definiti
campi interpolati di vento ma è
possibile in fase di previsione
soggettiva fare uso degli
anemometri qualora siano disponibili
stazioni in un intorno dell'area in
esame.

Previsioni:

COSMO LAMI I2.8 (non
visualizzabile su DEWETRA)

COSMO LAMI I7

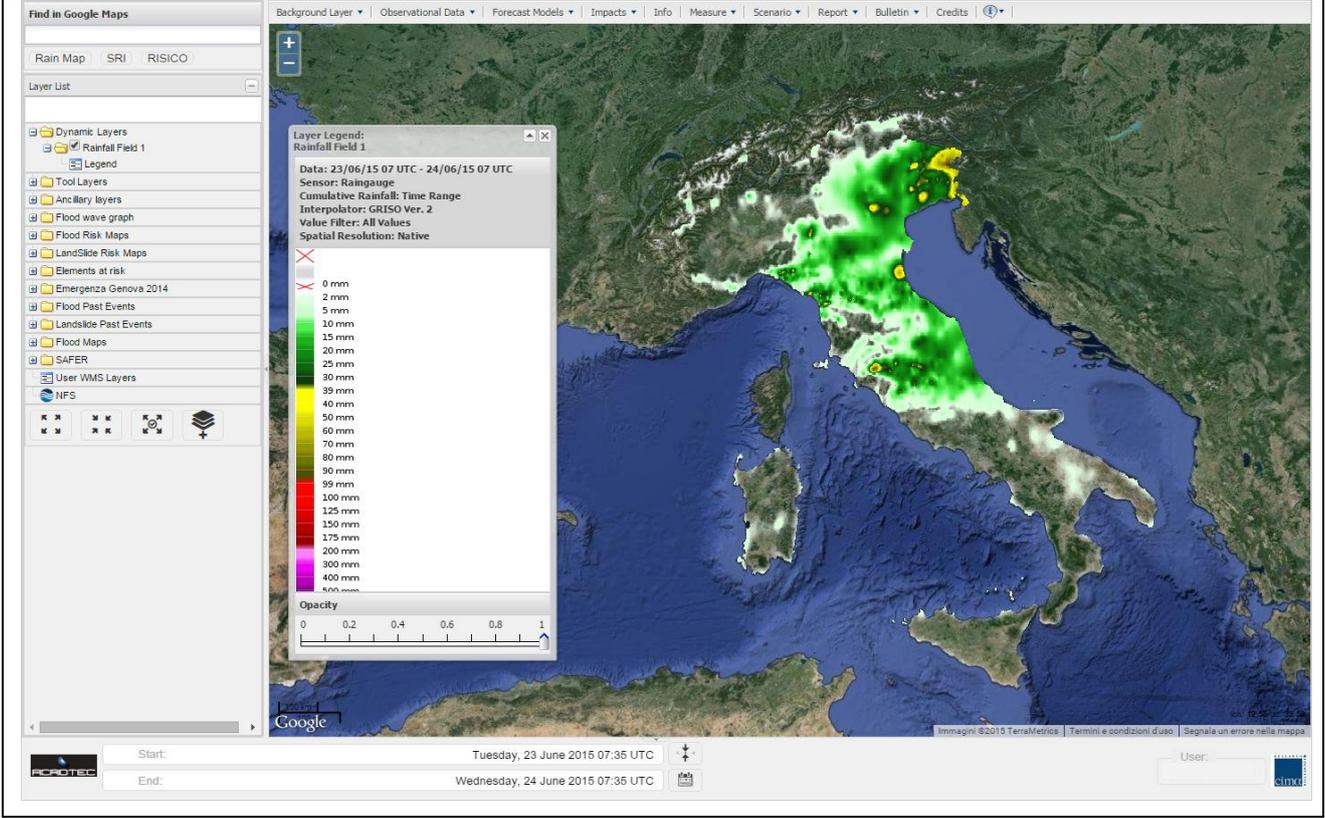
ECMWF (non visualizzabile su
DEWETRA)

Seguono le schede descrittive delle diverse
variabili meteorologiche accessibili da
DEWETRA.



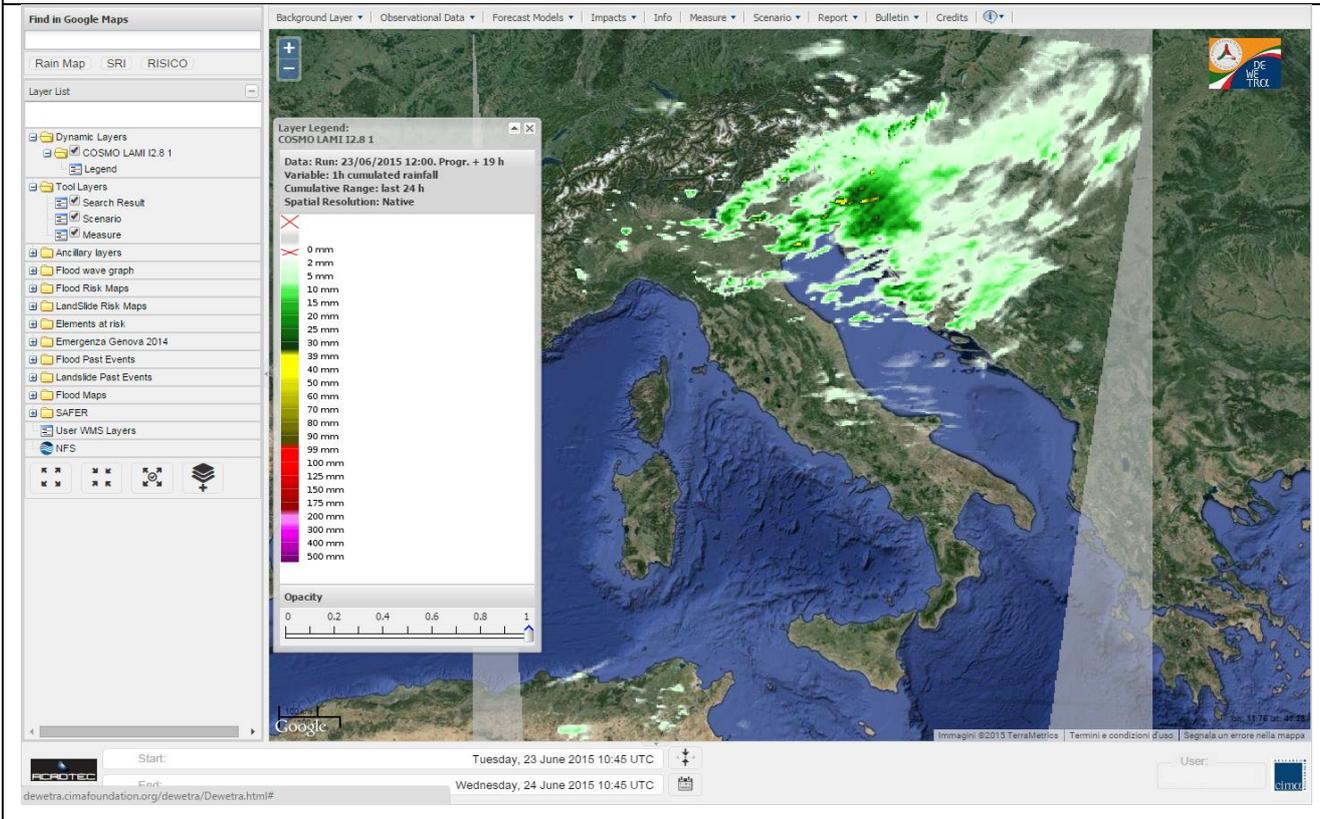
18

Nome Variabile: Rainfall field (campo di precipitazione)
Percorso barra dei comandi: Observational data/Weather Stations Network/Hydrometeorological Maps/Rainfall Field
Percorso layer: Dynamic layers/Rainfall Field
Descrizione: La precipitazione è la sola variabile in grado di saturare il combustibile fine morto. Indipendentemente dalla quantità di precipitazione, l'umidità della necromassa si porta a valori di saturazione in seguito ad un evento di precipitazione e lì permane fino al termine dell'evento. Per questa ragione una previsione errata di precipitazione può portare ad errori anche persistenti che possono essere corretti esclusivamente utilizzando le osservazioni. In assenza di precipitazione il combustibile tende a raggiungere un valore di umidità in equilibrio con l'umidità relativa dell'aria. Il primo run della giornata che si esegue alle 06:00 utilizza in input tutti i campi di precipitazione triorari disponibili a partire dalle 00:00 del giorno precedente sino al momento del run. Generalmente alle 06:00 sono disponibili, oltre i dati del giorno precedente, anche i campi di precipitazione delle 00:00 e delle 03:00 del giorno stesso. Questo permette di correggere lo stato iniziale del modello di umidità della necromassa utilizzando la distribuzione della precipitazione, identificata dal campo interpolato, riducendo l'incertezza anche in fase previsionale.





Nome Variabile: 1h cumulated rainfall (pioggia cumulata oraria)
Percorso barra dei comandi: Forecast Models/Meteorological Models/COSMO LAMI I2.8
Percorso layer: Dynamic layers/COSMO LAMI I2.8/1h cumulated rainfall
Descrizione: Il modello COSMO LAMI I2.8 fornisce campi di precipitazione orari alla risoluzione di circa 2.8 km. Sono disponibili 2 run giornalieri. Il primo è inizializzato alle ore 00:00 del giorno corrente ed il successivo alle ore 12:00. Al fine di essere utilizzato in input al sistema RISICO i dati sono cumulati su intervalli temporali tri-orari.





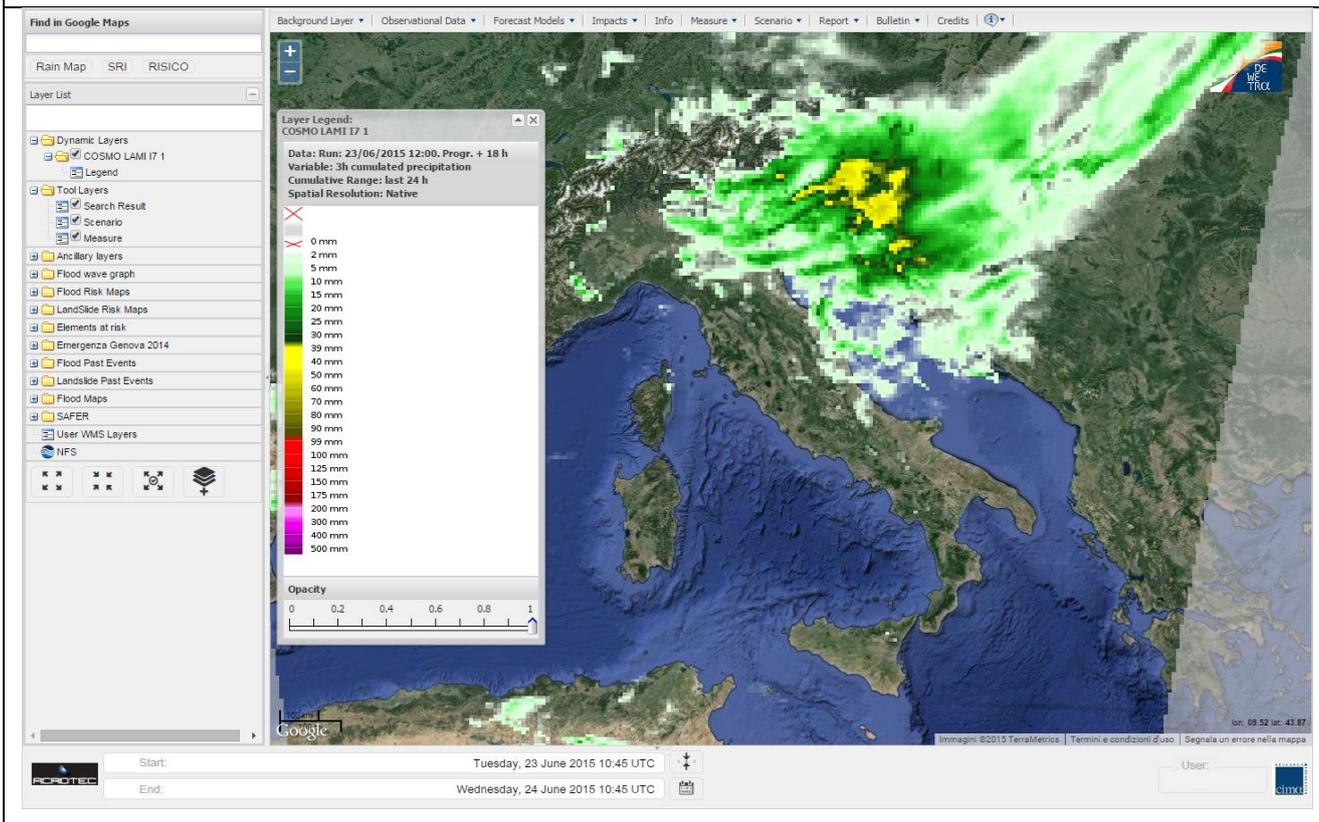
Nome Variabile: 3h cumulated precipitation (pioggia cumulata trioraria)

Percorso barra dei comandi: Forecast Models/Meteorological Models/COSMO LAMI I7

Percorso layer: Dynamic layers/COSMO LAMI I7/3h cumulated precipitation

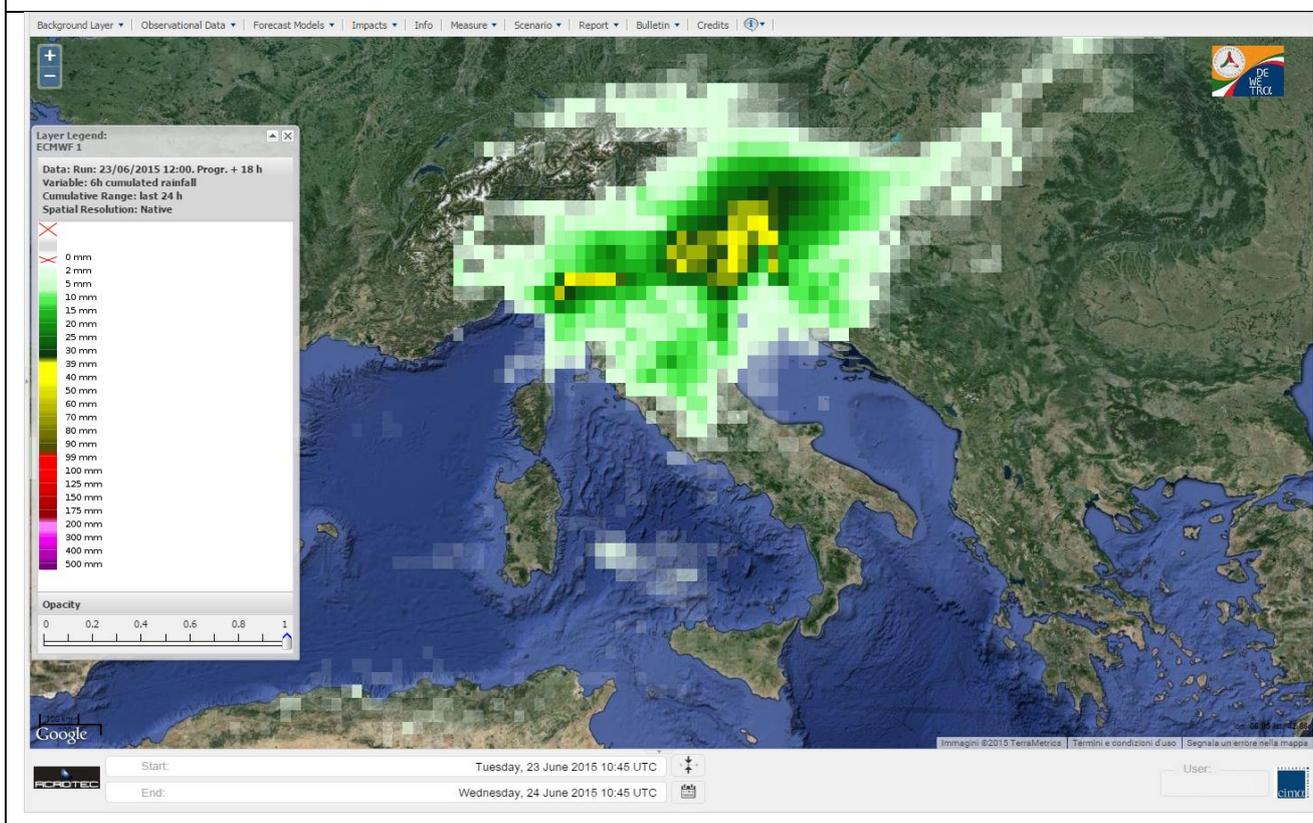
Descrizione: Il modello COSMO LAMI I7 fornisce campi di precipitazione triorari alla risoluzione di circa 7 km. Sono disponibili 2 run giornalieri. Il primo è inizializzato alle ore 00:00 del giorno corrente ed il successivo alle ore 12:00.

20





Nome Variabile: 6h cumulated rainfall (pioggia cumulata esaoraria)
Percorso barra dei comandi: Forecast Models/Meteorological Models/ECMWF
Percorso layer: Dynamic layers/ECMWF/6h cumulated rainfall
Descrizione: Il modello ECMWF fornisce campi di precipitazione esaorari alla risoluzione di circa 25 km. Sono disponibili 2 run giornalieri. Il primo è inizializzato alle ore 00:00 del giorno corrente ed il successivo alle ore 12:00. Il modello ECMWF è utilizzato esclusivamente per permettere di disporre di previsioni oltre le 72 ore al fine di fornire indicazioni sulla tendenza delle condizioni di pericolo. Essendo la risoluzione temporale del modello pari a 6 ore ne consegue che anche le variabili di output di RISICO definite sulla base degli input meteorologici forniti da ECMWF risultano esa-orarie.





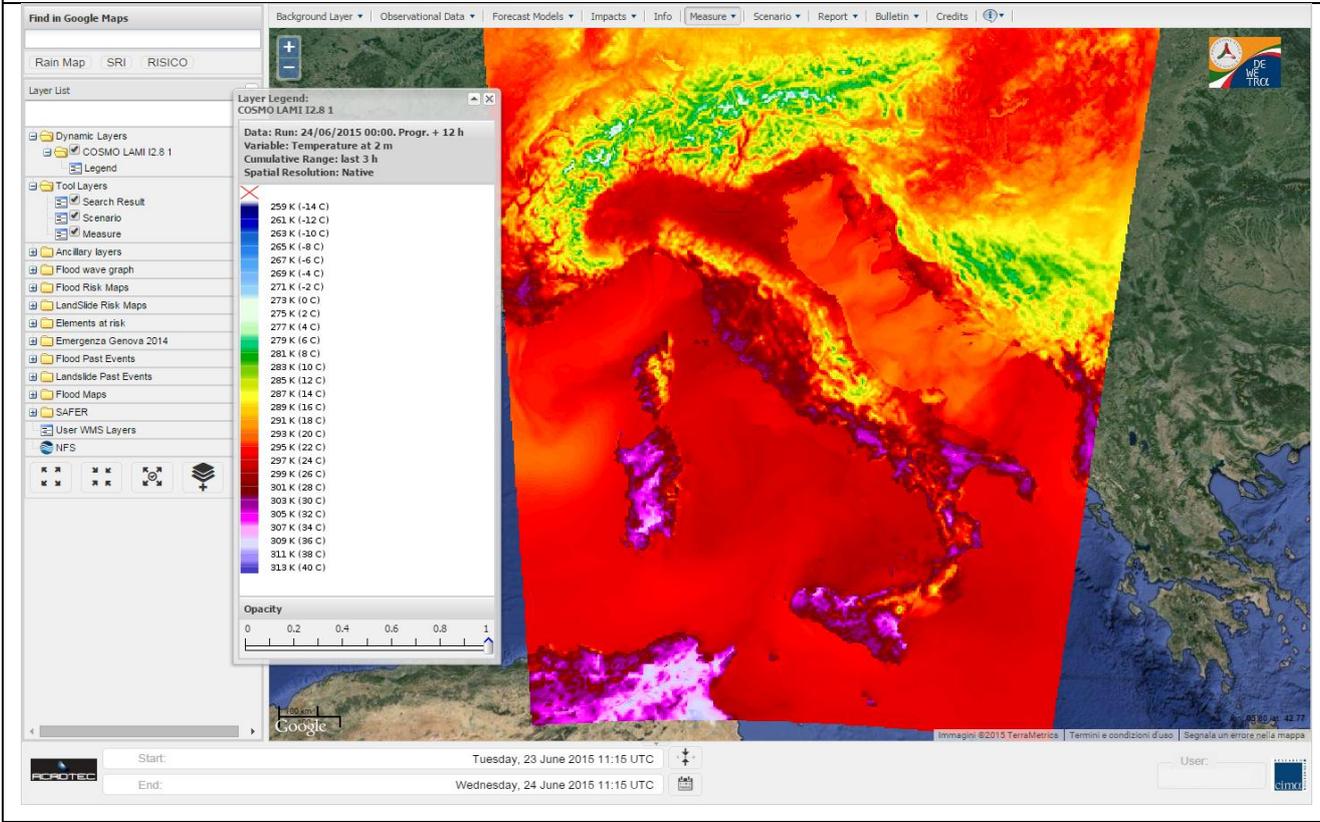
22

Nome Variabile: Temperature Field Map (mappa di temperatura)
Percorso barra dei comandi: Observational data/Weather Stations Network/Hydrometeorological Maps/Temperature Field Map
Percorso layer: Dynamic layers/ Temperature Field Map
Descrizione: A parità di umidità relativa dell'aria la temperatura modifica il valore di umidità della necromassa in condizioni di equilibrio. Ad esempio, per valori di umidità relativa dell'aria intorno al 30% il valore di umidità all'equilibrio della necromassa può variare fra il 5% per valori di temperatura dell'aria intorno ai 40°C e il 12% per valori di temperatura dell'aria prossimi a 0°C. La temperatura dell'aria ha, inoltre, una importante influenza sulle dinamiche di rilascio ed assorbimento del contenuto di umidità. Più sono alte le temperature dell'aria più è veloce il tempo con cui il combustibile si porta in equilibrio con l'umidità dell'aria. In caso di temperature negative il modello RISICO ipotizza che gli scambi di umidità si arrestino sino al successivo superamento dello zero termico. L'utilizzo delle osservazioni permette quindi di correggere eventuali errori di previsione della temperatura dell'aria migliorando la descrizione dell'umidità della necromassa al suolo e di conseguenza delle principali variabili fornite da RISICO, incluso l'indice di pericolo.





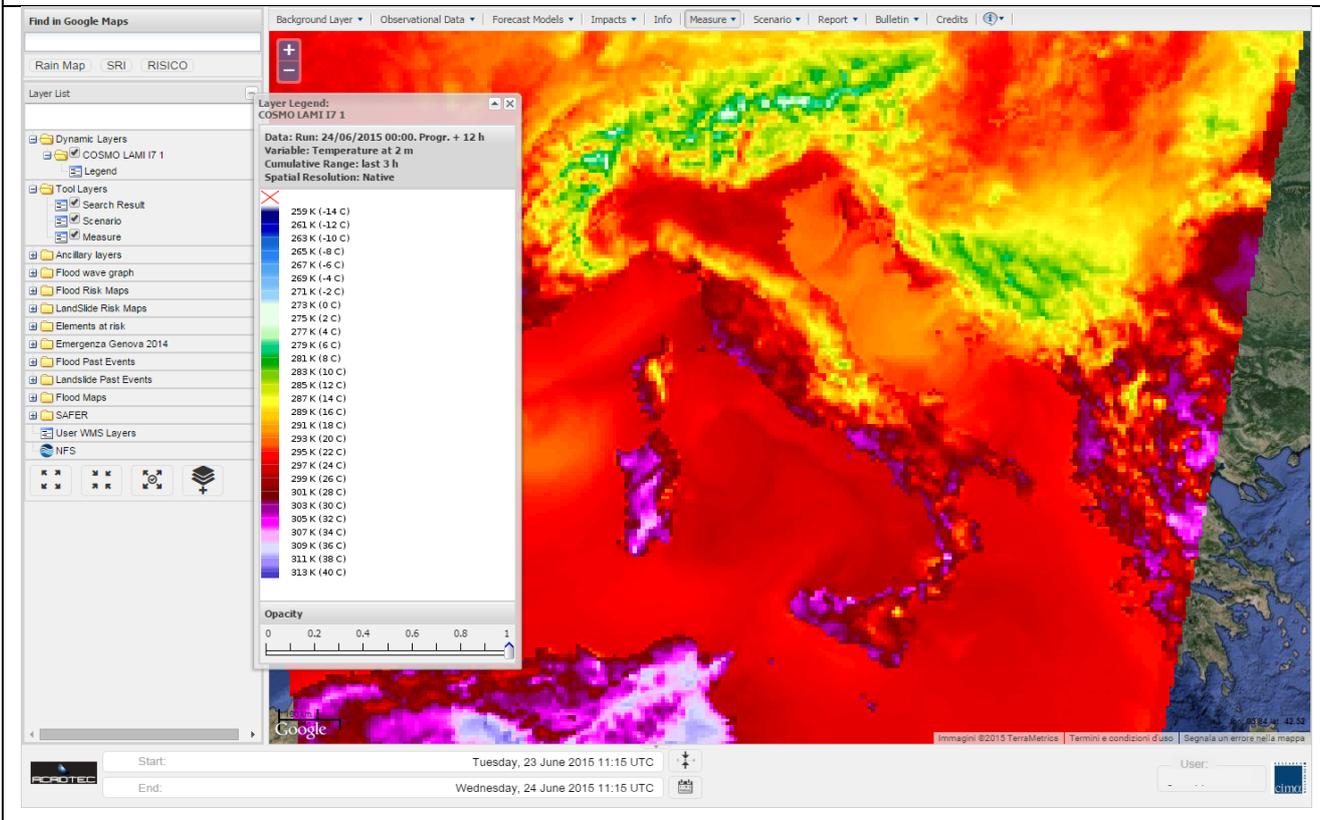
Nome Variabile: Air temperature at 2m (Temperatura dell'aria a 2 m dal suolo)
Percorso barra dei comandi: Forecast Models/Meteorological Models/COSMO LAMI I2.8
Percorso layer: Dynamic layers/COSMO LAMI I2.8/Air temperature at 2m
Descrizione: Il modello COSMO LAMI I2.8 fornisce campi di temperatura orari alla risoluzione di circa 2.8 km. Sono disponibili 2 run giornalieri. Il primo è inizializzato alle ore 00:00 del giorno corrente ed il successivo alle ore 12:00. Al fine di essere utilizzato in input al sistema RISICO sono utilizzati esclusivamente gli intervalli su cui sono definite le variabili di output (+3, +6, ..., +48).





24

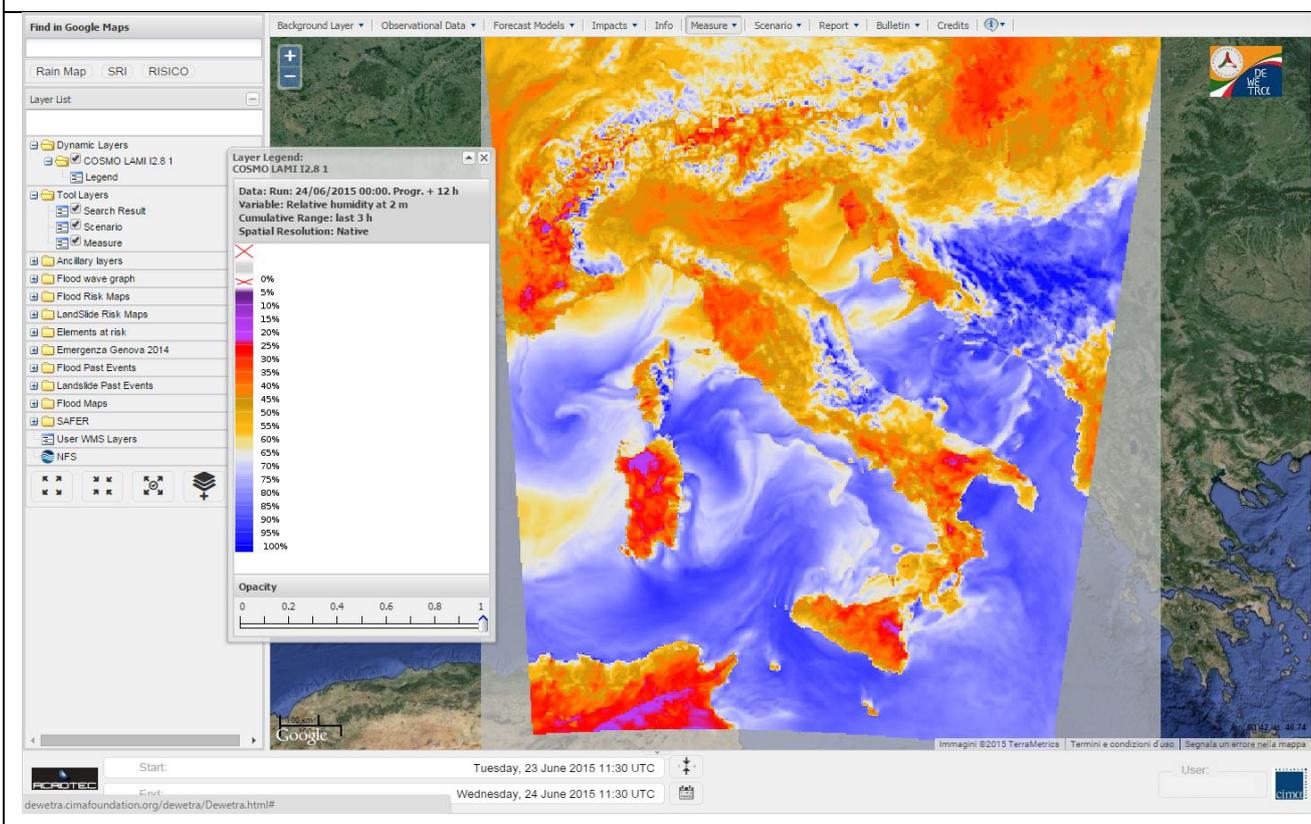
Nome Variabile: Temperature at 2m (Temperatura dell'aria a 2 m dal suolo)
Percorso barra dei comandi: Forecast Models/Meteorological Models/COSMO LAMI I7
Percorso layer: Dynamic layers/COSMO LAMI I7/Temperature at 2m
Descrizione: Il modello COSMO LAMI I7 fornisce campi di temperatura triorari alla risoluzione di circa 7 km. Sono disponibili 2 run giornalieri. Il primo è inizializzato alle ore 00:00 del giorno corrente ed il successivo alle ore 12:00.





Nome Variabile: Relative humidity at 2m (Umidità relativa dell'aria a 2 m dal suolo)
Percorso barra dei comandi: Forecast Models/Meteorological Models/COSMO LAMI I2.8
Percorso layer: Dynamic layers/COSMO LAMI I2.8/Relative humidity at 2m
Descrizione: Il modello COSMO LAMI I2.8 fornisce campi di umidità relativa orari alla risoluzione di circa 2.8 km. Sono disponibili 2 run giornalieri. Il primo è inizializzato alle ore 00:00 del giorno corrente ed il successivo alle ore 12:00. Al fine di essere utilizzato in input al sistema RISICO sono utilizzati esclusivamente gli intervalli su cui sono definite le variabili di output (+3, +6, ..., +48).

25





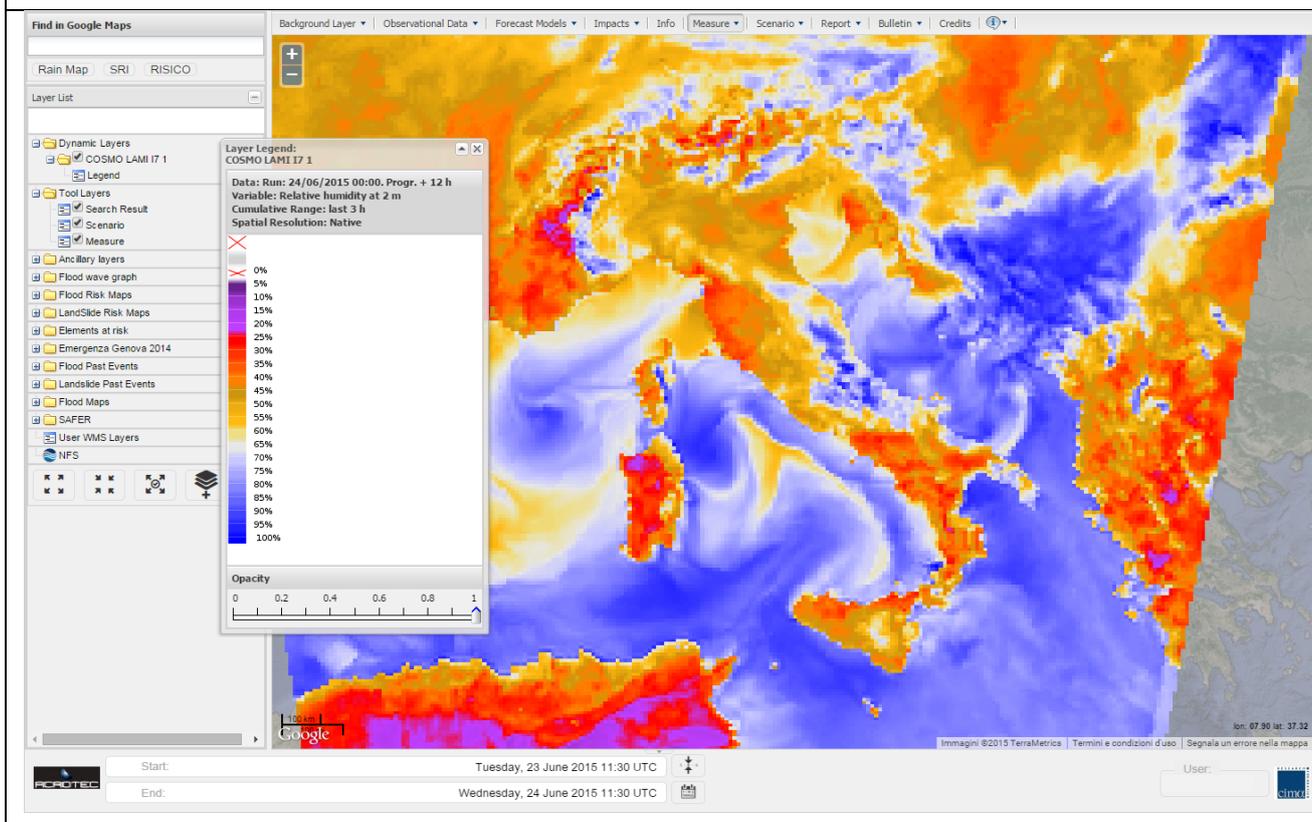
26

Nome Variabile: Relative humidity at 2m (Umidità relativa dell'aria a 2 m dal suolo)

Percorso barra dei comandi: Forecast Models/Meteorological Models/COSMO LAMI I7

Percorso layer: Dynamic layers/COSMO LAMI I7/Relative humidity at 2m

Descrizione: Il modello COSMO LAMI I7 fornisce campi di umidità relativa dell'aria trionari alla risoluzione di circa 7 km. Sono disponibili 2 run giornalieri. Il primo è inizializzato alle ore 00:00 del giorno corrente ed il successivo alle ore 12:00.





Carta dei combustibili vegetali

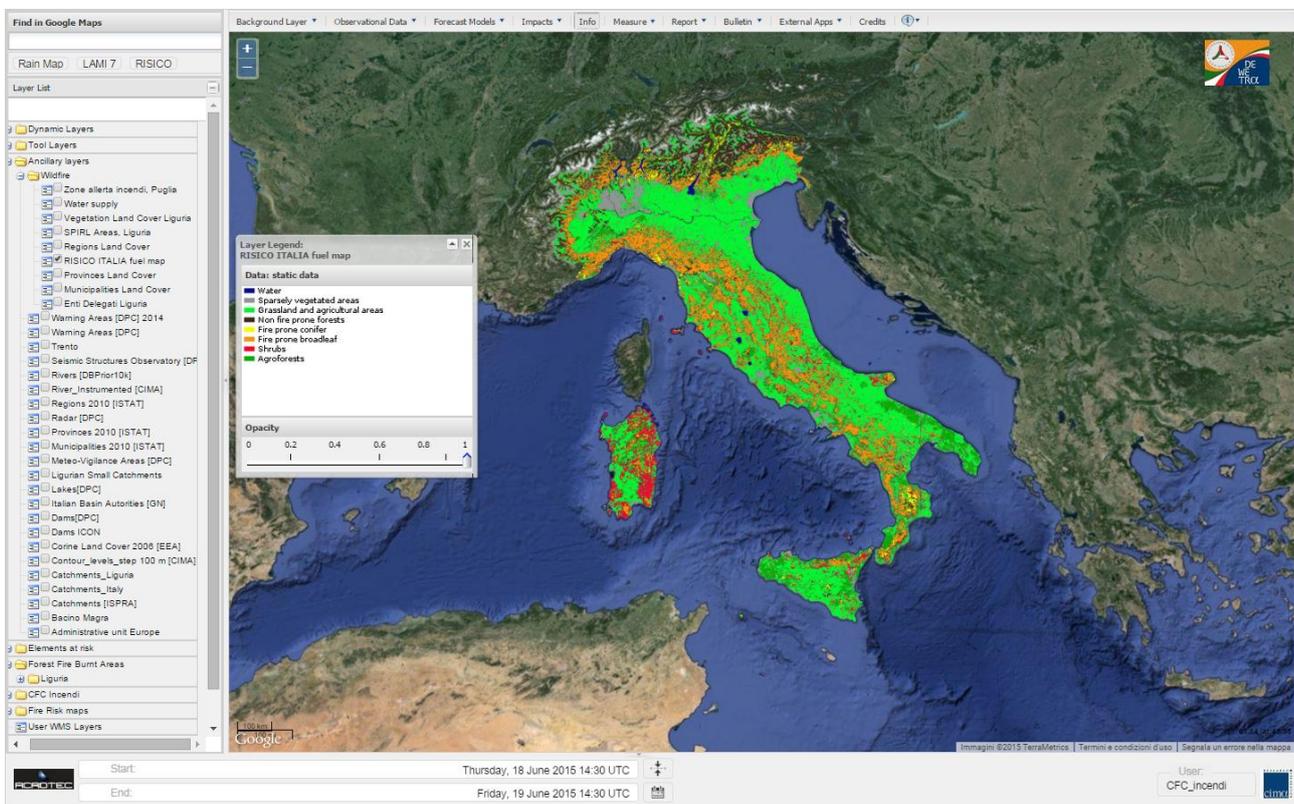
3.2.2 Parametri Statici

I parametri statici utilizzati dal modello sono:

- Carta dei combustibili vegetali;
- Carta delle pendenze;
- Carta delle esposizioni.

Si accede alla carta dei combustibili vegetali selezionando "RISICO Italia fuel map" all'interno della cartella "Wildfire" presente all'interno della cartella "Ancillary layers". Cliccando con il tasto info sulla mappa è possibile visualizzare i parametri associati alla tipologia di combustibile selezionata con il puntatore del mouse.

27



Nella versione RISICO2015 è stata aggiornata la mappa di copertura vegetale utilizzando la nuova carta CORINE2012 al 5° livello (dove definito) e facendo una revisione parametrica e strutturale del modello dei combustibili vegetali alla base del modello RIS.I.CO.

La semplificazione delle tipologie vegetali deriva dai risultati intermedi ottenuti dall'analisi delle aree percorse dal fuoco ai fini della definizione della mappatura del pericolo da incendi boschivi. Tale analisi ha messo in evidenza come le tipologie vegetali possono essere ricondotte ad un



limitato numero di classi che presentano in linea di massima un comportamento simile al fuoco, in particolar modo rispetto alla velocità di propagazione potenziale. Questa semplificazione permette, inoltre, di rendere coerente la mappatura del pericolo dinamico fornita da RISICO con la mappatura del pericolo statico garantendo congruità nella loro integrazione.

In Tabella 1 è riportata la nuova definizione delle tipologie di combustibile con i relativi parametri che fanno riferimento ai moduli riportati nella Figura 1, rappresentativa della nuova struttura del modello RISICO2015.

Tipo di combustibile	Carico di necromassa fine [kg/m ²]	Carico di fitomassa fine [kg/m ²]	HHV [kJ/kg]	Umidità fitomassa [%]	Massima velocità di propagazione su suolo piatto in assenza di vento [m/h]	Tempo di risposta [h]	Valore di saturazione della necromassa [%]
Acque	0	0	NaN	NaN	0	NaN	NaN
Aree scarsamente vegetate	0.1	0	17000	NaN	20	12	40
Aree agricole e praterie	0.5	0	17000	NaN	120	12	40
Coltivazioni arboree	0.5	2	19000	60	120	24	40
Vegetazione poco vulnerabile al fuoco	1	2	18000	65	60	120	60
Boschi di conifere vulnerabili al fuoco	1	4	21000	55	120	48	50
Boschi di latifoglie vulnerabili al fuoco	1.5	3	20000	60	100	72	50
Vegetazione arbustiva	1	3	21000	45	140	6	40

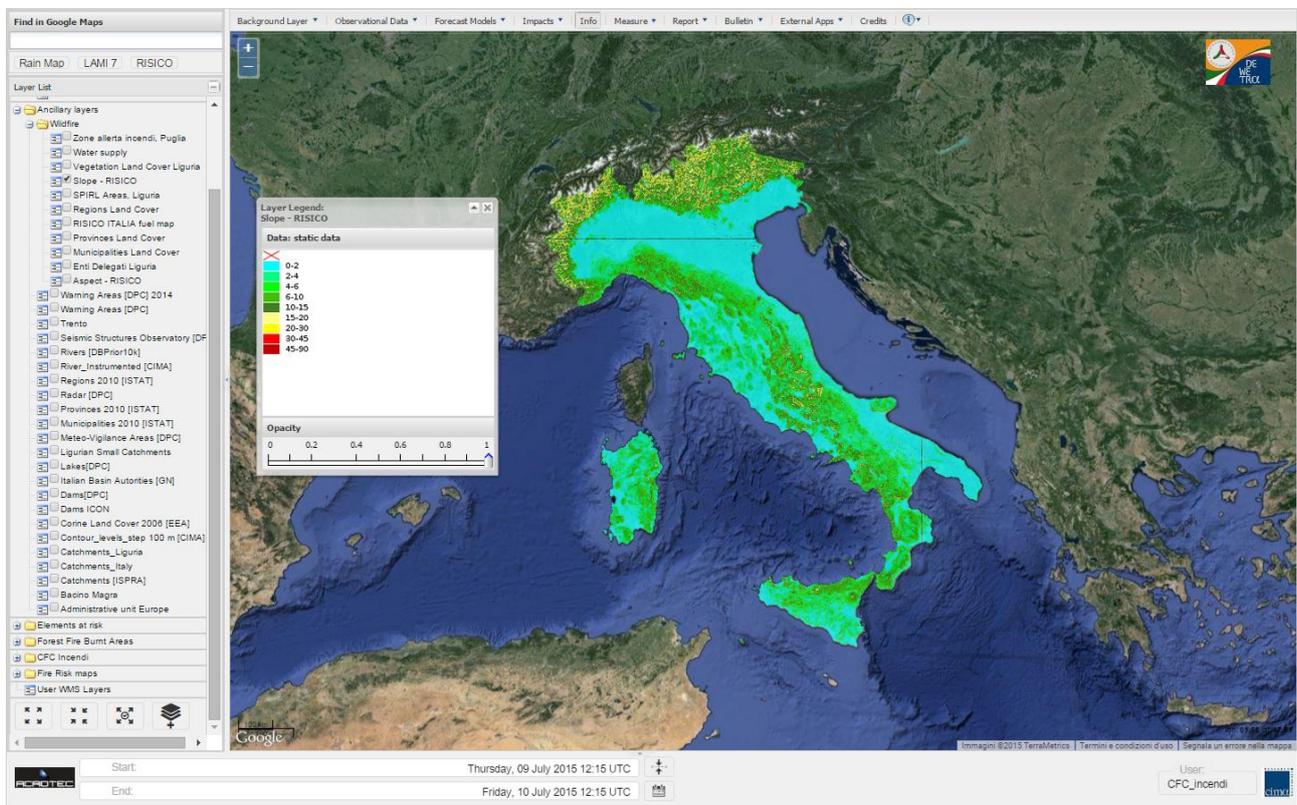


Carta delle pendenze

Si accede alla carta delle pendenze selezionando "Slope- RISICO" all'interno della cartella "Wildfire" presente all'interno della cartella "Ancillary layers". Cliccando con il tasto info sulla mappa è possibile visualizzare il valore di pendenza del pixel

selezionato espresso in gradi. La carta delle pendenze è stata originata sulla base del modello digitale del terreno (DEM20) disponibile sul SINAnet, Rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale, ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale).

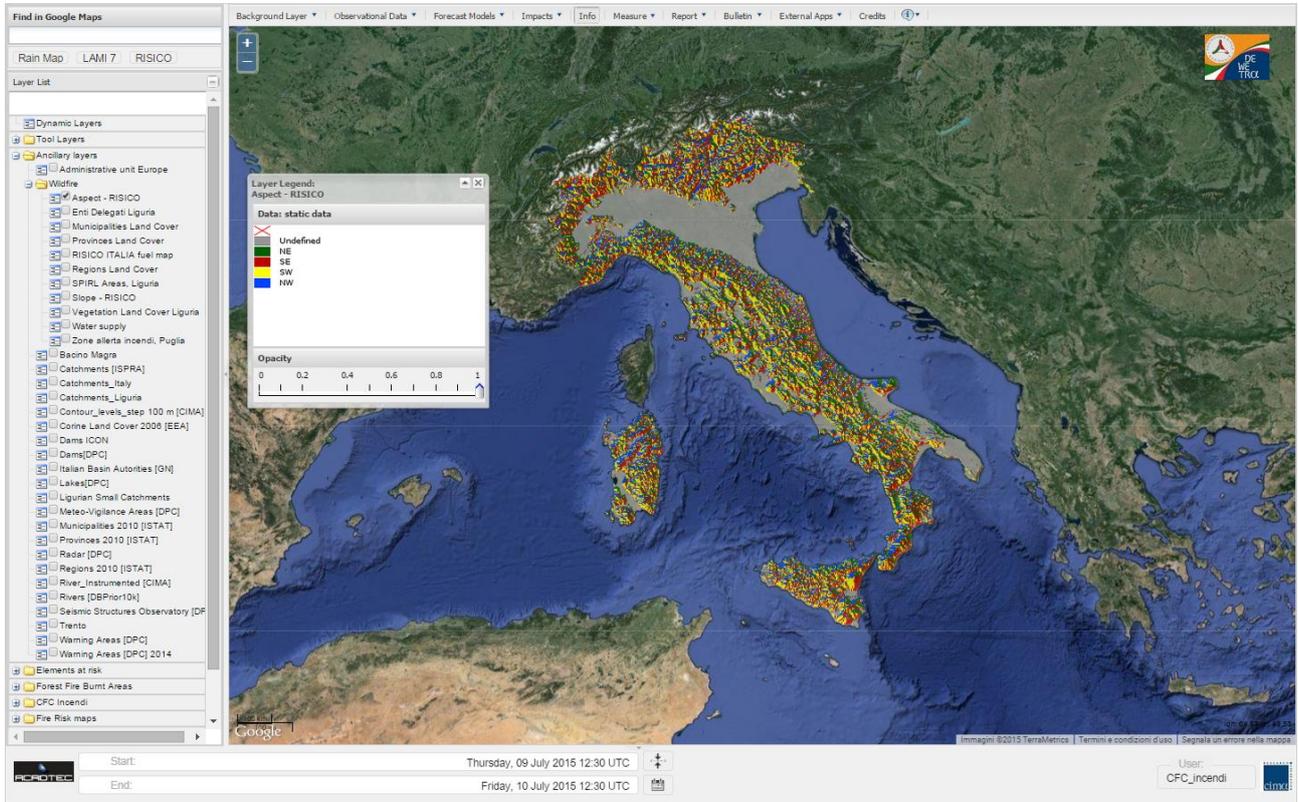
29



Carta delle esposizioni

Si accede alla carta delle esposizioni selezionando "Aspect- RISICO" all'interno della cartella "Wildfire" presente all'interno della cartella "Ancillary layers". Cliccando con il tasto info sulla mappa è possibile visualizzare il valore di esposizione del pixel

selezionato espresso in gradi. La carta delle esposizioni è stata originata sulla base del modello digitale del terreno (DEM20) disponibile sul SINAnet, Rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale, ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale).



3.2.3 Gli output del modello

La versione RISICO2015 del modello RIS.I.CO. fornisce più variabili di output rispetto alla versione RISICO2009 per effetto dell'integrazione delle mappe di pericolosità statica nella valutazione della velocità di propagazione potenziale e nell'intensità del fronte di fiamma. Complessivamente sono disponibili le seguenti 7 variabili di output:

- Intensità del fronte (Fireline Intensity) [kW/m]
- Intensità del fronte (PPF) (Fireline Intensity (PPF)) [kW/m]

- Umidità della necromassa (Fine Fuel Moisture Content) [%]
- Velocità di propagazione (Rate of Spread) [m/h]
- Velocità di propagazione (PPF) (Rate of Spread (PPF)) [m/h]
- Contributo del vento (Effect of Wind on ROS) [adim]
- Indice meteorologico (Fire Weather Index) [adim].

L'accesso a tali variabili permette di ottenere utili indicazioni sulla suscettività all'accensione e alla successiva





propagazione del fuoco. L'umidità della necromassa ed il contributo del vento, permettono di valutare immediatamente se la situazione di pericolo è principalmente determinata da situazioni di secchezza o sia riconducibile principalmente all'effetto del vento. L'insieme dei due contributi è sintetizzato nella variabile "indice meteorologico" (*Fire Weather Index*) che permette di evidenziare le aree soggette a maggiore secchezza e sottoposte a venti significativi (per dettaglio vedi paragrafo 3.2.4). L'intensità del fronte e la velocità di propagazione permettono di valutare il comportamento potenziale di un incendio considerando contemporaneamente la tipologia di vegetazione, la pendenza, la secchezza della necromassa ed il contributo del vento. Entrambe risultano utili, in quanto ad elevate velocità di propagazione non necessariamente corrispondono elevate intensità lineari e viceversa. Infatti, un fronte di fiamma che si propaga ad alte velocità nella vegetazione erbacea può avere un'intensità anche molto inferiore rispetto ad un fronte di fiamma che si propaga lentamente nella vegetazione di macchia o fra le chiome di una pineta. Tali informazioni, opportunamente lette ed interpretate, rappresentano un ulteriore ausilio per le decisioni operative sia nella fase preventiva che nella fase di lotta attiva. L'introduzione della mappa di pericolo stagionale permette una riduzione significativa delle false allerte, in quanto,

seppur indirettamente permette di considerare il comportamento fenologico stagionale dei combustibili vegetali.

Si accede alle variabili selezionando il layer RISICO2015 dalla barra dei comandi seguendo il percorso *Forecast Models/Wildfire risk assessment - RISICO*. Una volta selezionato il layer RISICO2015 compare all'interno della cartella Dynamic Layers nella apposita barra dei layers. Cliccando sul nome del layer è possibile accedere alle proprietà del layer che permettono di selezionare l'intervallo temporario desiderato (*Date*) e la variabile di interesse (*Variable*).

Sebbene RISICO esegua molti run durante la giornata, la data di riferimento viene mantenuta alle ore 00:00 del giorno corrente. Per accedere all'intervallo desiderato è sufficiente selezionare la data corrispondente. Ad esempio, se si vuole visualizzare la variabile selezionata corrispondente alle 12:00 di domani, deve essere selezionato l'intervallo +36 (= 00:00 +24 +12). Se si vuole visualizzare la variabile selezionata alle 12:00 di ieri, deve essere selezionato l'intervallo -12 (= 00:00 -12).

Ogni variabile è rappresentata da una mappa a cui è associata una palette di colori che permette di percepire a livello visivo il livello di pericolo. Ad esclusione





dell'umidità della necromassa tutte le mappe hanno la seguente scala cromatica cui corrisponde il medesimo livello di pericolo:

- azzurro Molto basso
- verde Basso
- giallo, arancio Medio
- rosso Elevato
- viola, nero Estremo

L'umidità della necromassa è rappresentata da una scala cromatica dal blue, che

rappresenta la totale saturazione del combustibile, al rosso, che rappresenta la totale secchezza del combustibile.

I valori di soglia corrispondenti alle transizioni di colore riportati nella palette, necessariamente diversi per ogni variabile, sono stati dedotti dalle attività di validazione del modello sulla base delle serie storiche di incendi occorsi dal 2003 ad oggi (vedi Allegato 1).

Nel seguito sono riportate le schede informative di ogni variabile accessibile dal sistema.



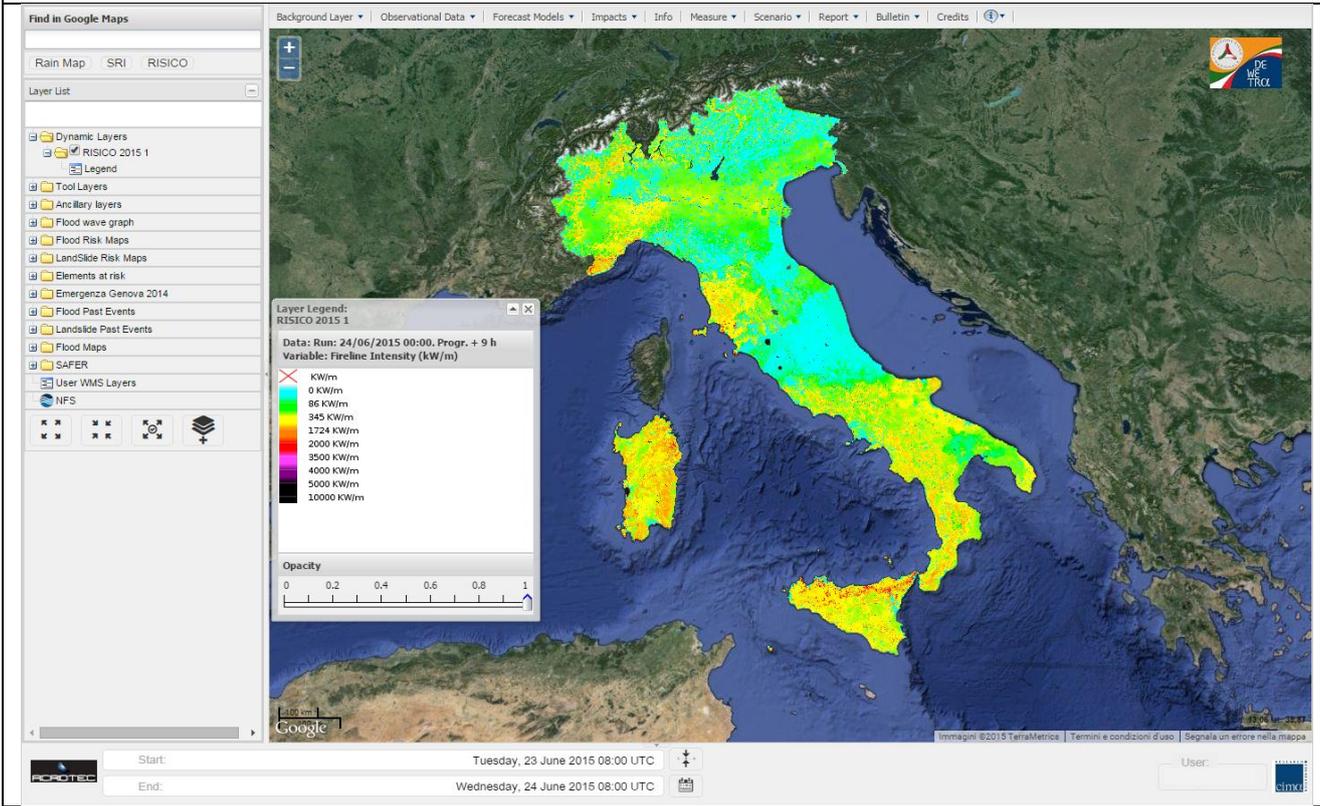
Nome Variabile: Fireline Intensity (Intensità lineare del fronte)

Percorso barra dei comandi: Forecast Models/Wild fire Risk Assessment – RISICO/RISICO2015

Percorso layer: Dynamic layers/RISICO2015/Fireline Intensity

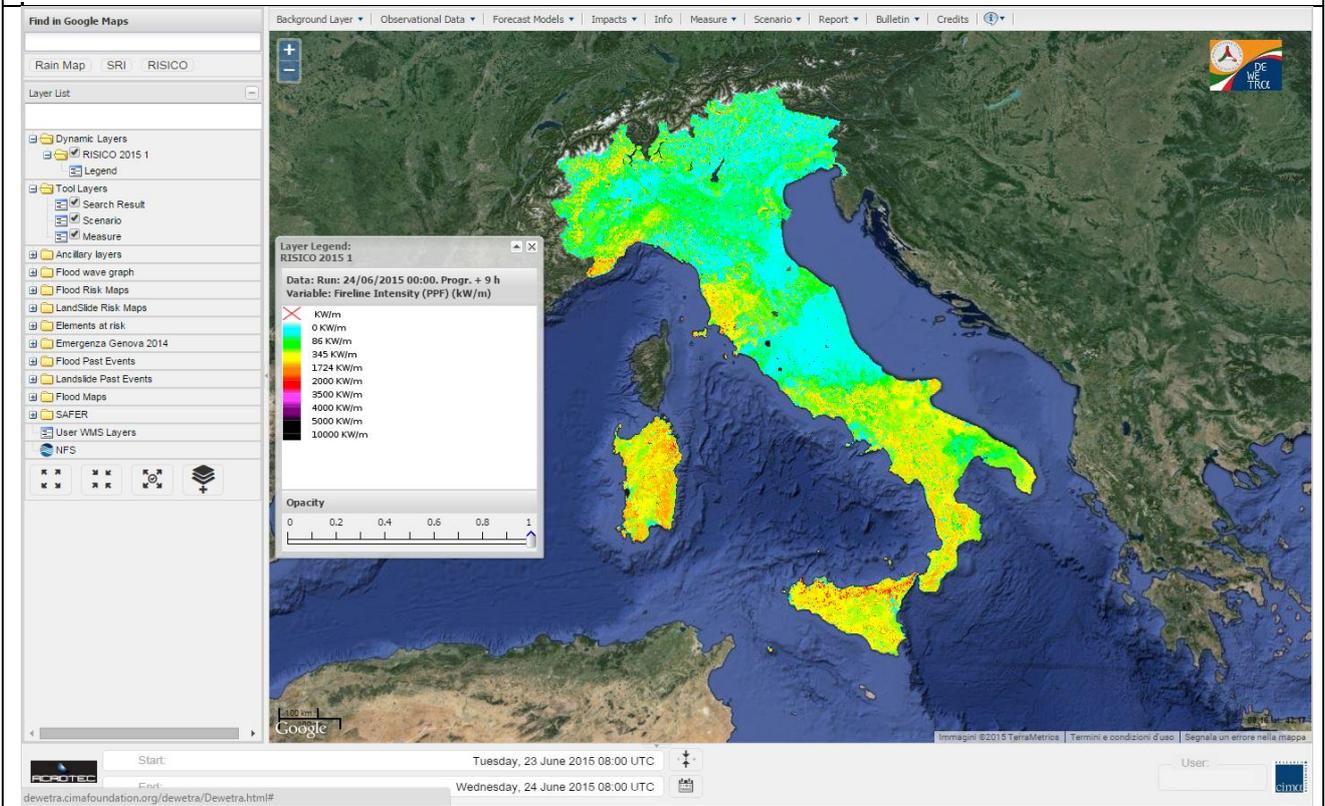
Risoluzione temporale: da - 21h a +72h con step triorari e da +72h a +240h con step esaorario.

Descrizione: L'intensità lineare rappresenta la potenza del fronte di fiamma per metro lineare [kW/m]. E' ottenuta dal prodotto della velocità di propagazione [m/h] per il potere calorico inferiore [kJ/kg] per il carico di biomassa [kg/m2]. L'intensità lineare è la variabile che sintetizza tutti i diversi contributi e che permette di discriminare gli incendi che si possono propagare velocemente ma a basse intensità (incendi di pascolo) dagli incendi di chioma che possono determinare fronti di fiamma anche superiori a 10000 kW/m. Per l'intensità lineare del fronte, i valori di soglia corrispondenti alle transizioni di colore riportati nella palette sono stati dedotti dal diagramma di Haule (Andrews and Rothermel, 1982).



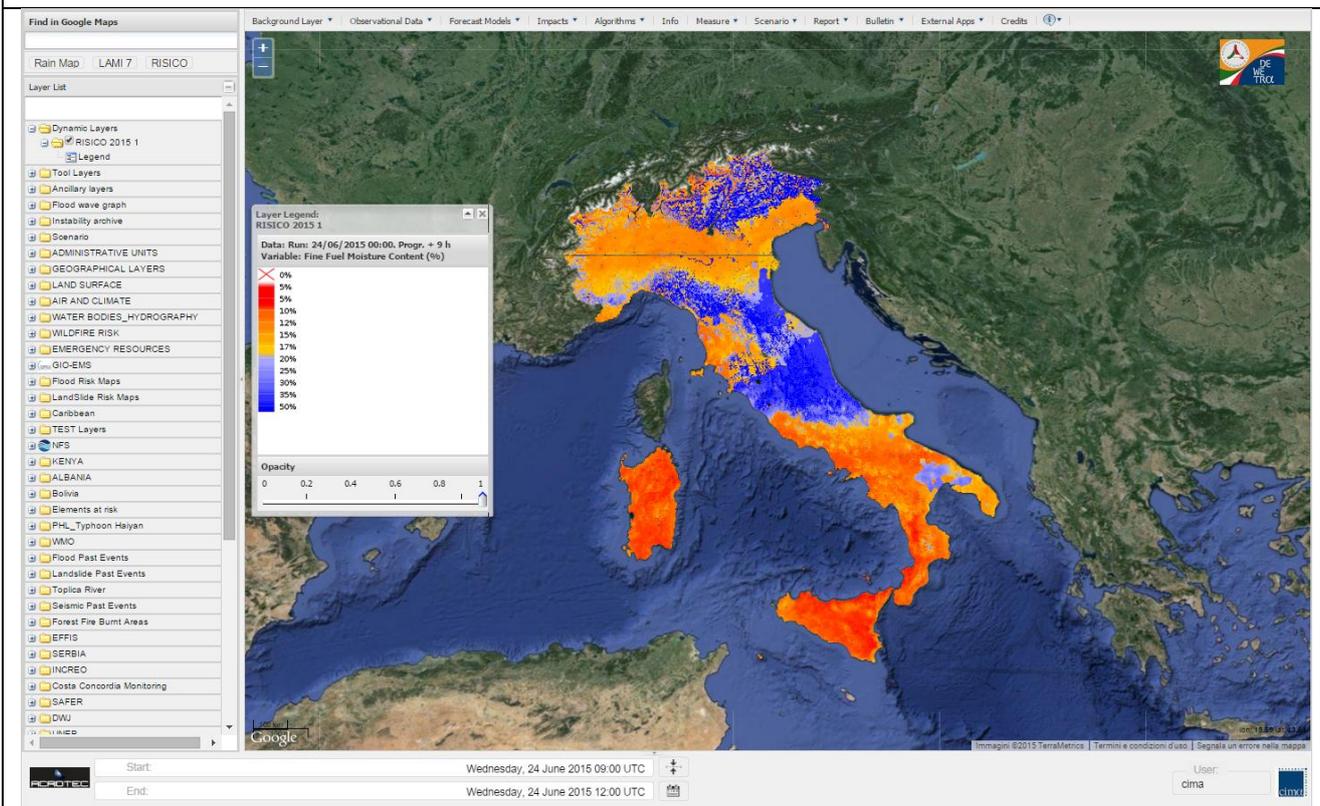


Nome Variabile: Fireline Intensity (PPF) (Intensità lineare del fronte (PPF))
Percorso barra dei comandi: Forecast Models/Wild fire Risk Assessment – RISICO/RISICO2015
Percorso layer: Dynamic layers/RISICO2015/Fireline Intensity (PPF)
Risoluzione temporale: da - 21h a +72h con step triorari e da +72h a +240h con step esaorario.
Descrizione: Valgono le stesse considerazioni fatte per l'intensità lineare del fronte. L'introduzione della PPF permette di ridurre le sovrastime in relazione alla stagionalità degli eventi. In funzione della stagione sono molte le aree in cui le condizioni fenologiche della vegetazione rendono quest'ultima pressoché invulnerabile al fuoco anche in condizioni meteorologiche potenzialmente propizie all'accensione e alla successiva propagazione del fuoco. Per fare un esempio, la vegetazione erbacea diventa combustibile disponibile alla propagazione del fuoco solo quando si trova in stato senescente. Si suggerisce di fare sempre riferimento alle variabili PPF. La fase di validazione ha mostrato come l'introduzione della PPF riduce le false allerte senza ridurre le capacità predittive del sistema. Questa riduzione è particolarmente evidente nelle fasi di transizione fra la stagione estiva e quella invernale e viceversa.





Nome Variabile: Fine Fuel Moisture Content (Umidità della necromassa fine)
Percorso barra dei comandi: Forecast Models/Wild fire Risk Assessment – RISICO/RISICO2015
Percorso layer: Dynamic layers/RISICO2015/ Fine Fuel Moisture Content
Risoluzione temporale: da - 21h a +72h con step triorari e da +72h a +240h con step esaorario.
Descrizione: Il contenuto di umidità della necromassa fine determina la propensione all’innescò e alla successiva propagazione del fuoco. Per valori di umidità superiori al 20% è pressochè possibile escludere a priori la probabilità che un fuoco venga innescato e che possa propagarsi. La fase di validazione ha messo in evidenza come le aree mediamente classificate in questa classe, nella stagione estiva e nella stagione invernale, corrispondano, rispettivamente, al 29% e al 61% circa dell’intero territorio nazionale. In queste aree nel periodo considerato sono stati osservati solo un numero di eventi estremamente limitato. Al contrario la persistenza di valori di umidità inferiori al 5% ha determinato gli scenari di rischio peggiori degli ultimi anni. I valori di soglia corrispondenti alle transizioni di colore riportati nella palette sono stati dedotti dalle attività di validazione del modello sulla base delle serie storiche di incendi occorsi.





36

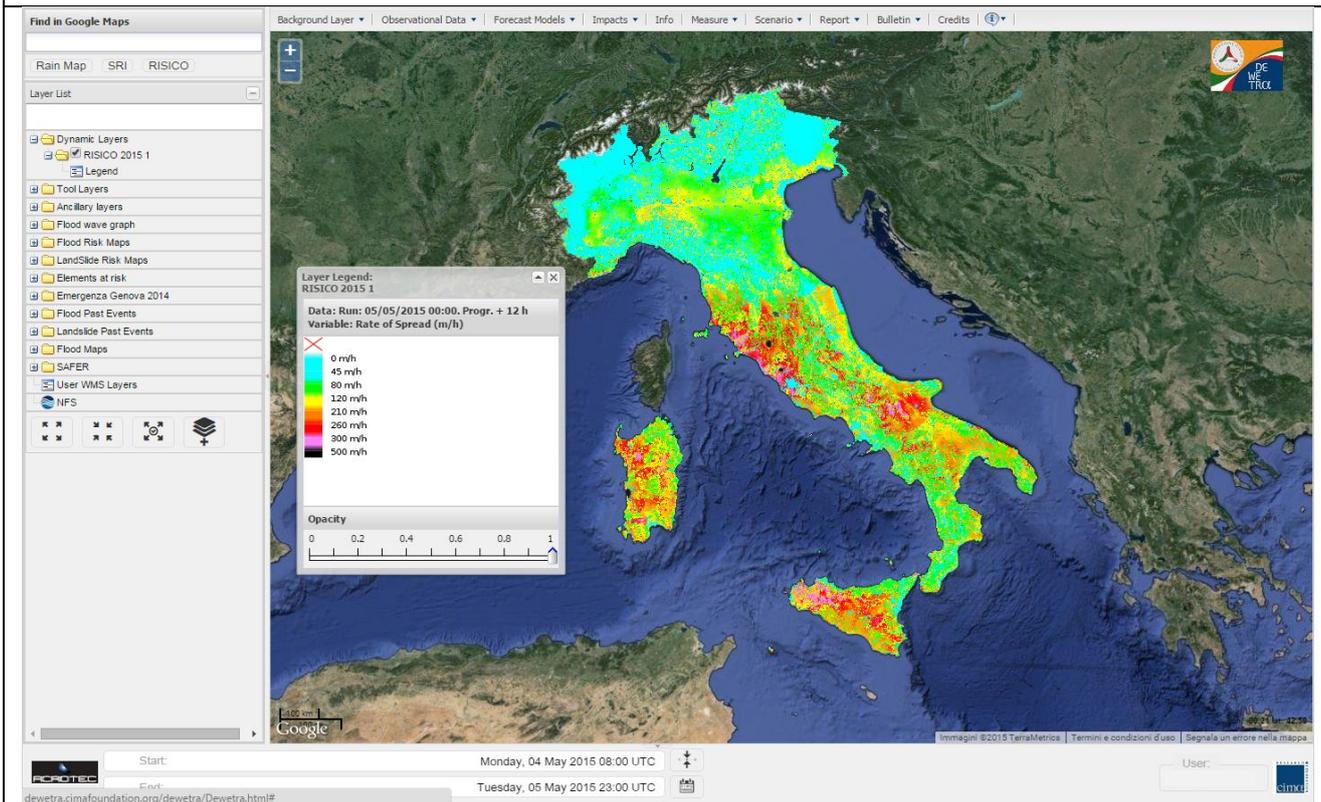
Nome Variabile: Rate of Spread (Velocità di propagazione)

Percorso barra dei comandi: Forecast Models/Wild fire Risk Assessment – RISICO/RISICO2015

Percorso layer: Dynamic layers/RISICO2015/ Rate of Spread

Risoluzione temporale: da - 21h a +72h con step triorari e da +72h a +240h con step esaorario.

Descrizione: La velocità di propagazione è funzione del tipo di vegetazione ed è dipendente dall'umidità della necromassa, dal contributo del vento e dalla pendenza del versante. Si ottiene modificando il valore di velocità nominale associato alle differenti classi di combustibile con l'umidità della necromassa, che ha un effetto di riduzione della velocità nominale, il contributo della pendenza e della velocità del vento che possono nei casi peggiori quasi decuplicare il valore di velocità nominale. I valori di soglia della Velocità di propagazione sono stati ottenuti sulla base dei risultati ottenuti in fase di validazione.





i

Nome Variabile: Rate of Spread (PPF) (Velocità di propagazione (PPF))
Percorso barra dei comandi: Forecast Models/Wild fire Risk Assessment – RISICO/RISICO2015
Percorso layer: Dynamic layers/RISICO2015/ Rate of Spread (PPF)
Risoluzione temporale: da - 21h a +72h con step triorari e da +72h a +240h con step esaorario.
Descrizione: Valgono le stesse considerazioni fatte per la velocità di propagazione. L'introduzione della PPF permette di ridurre le sovrastime in relazione alla stagionalità degli eventi. Si suggerisce di fare sempre riferimento alle variabili PPF. La fase di validazione ha mostrato come l'introduzione della PPF riduce le false allerte senza ridurre le capacità predittive del sistema. La persistenza di elevati valori di velocità di propagazione si è dimostrata la grandezza maggiormente correlata all'occorrenza di incendi di grandi dimensioni. Per questa ragione la variabile è stata selezionata per la definizione dell'indice di pericolo ritenuto maggiormente affidabile rispetto all'indice meteorologico disponibile nella versione RISICO2009. Il confronto con la scheda precedente permette di osservare molto chiaramente l'effetto di riduzione della PPF sulla velocità di propagazione.



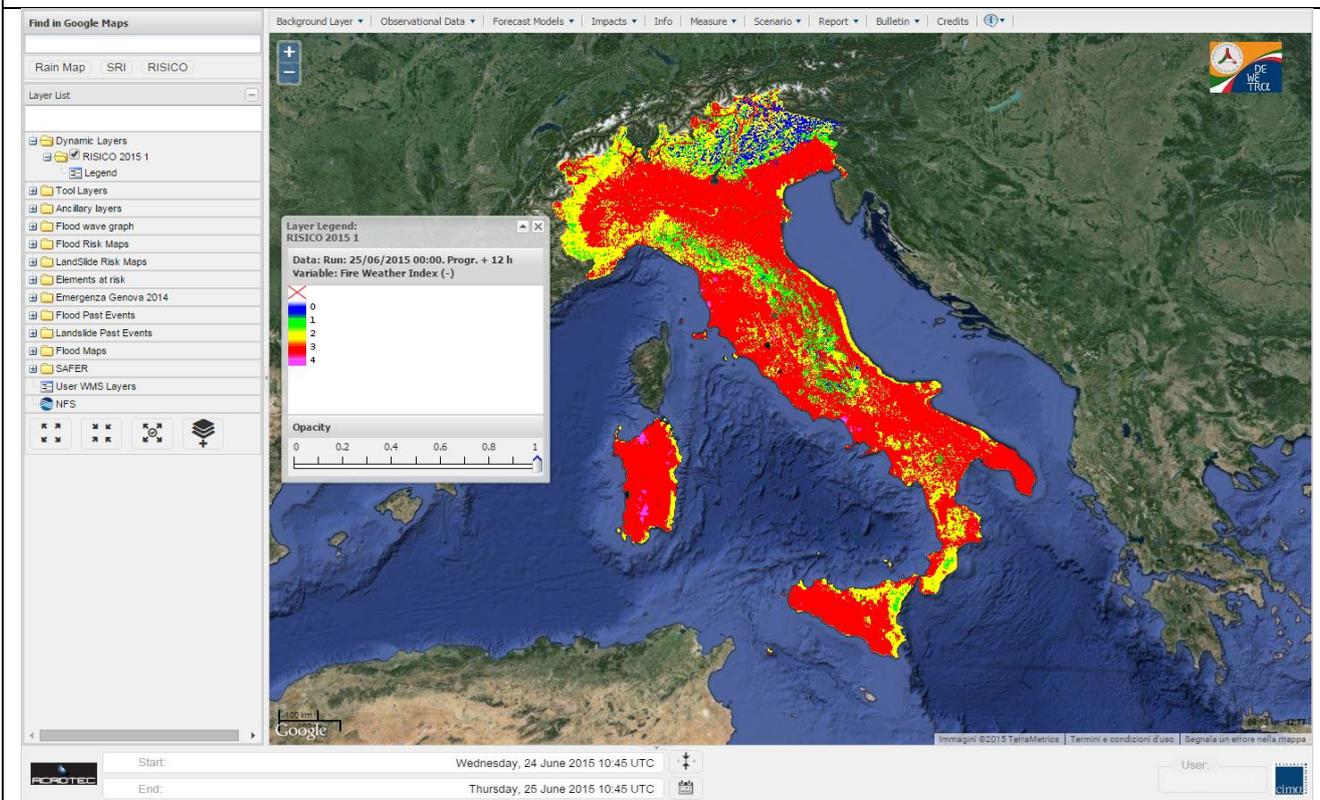


Nome Variabile: Effect of Wind on ROS (Contributo del vento alla velocità di propagazione)
Percorso barra dei comandi: Forecast Models/Wild fire Risk Assessment – RISICO/RISICO2015
Percorso layer: Dynamic layers/RISICO2015/ Effect of Wind on ROS
Risoluzione temporale: da - 21h a +72h con step triorari e da +72h a +240h con step esaorario.
Descrizione: Il contributo del vento alla velocità di propagazione consiste in un fattore moltiplicativo che si applica alla velocità di propagazione calcolata in assenza di vento sulla base della tipologia del combustibile e dell’umidità della necromassa. Il fattore moltiplicativo varia fra 1 (assenza di vento) e 3 (vento forte). Oltre alla velocità del vento, il contributo tiene in considerazione anche la pendenza e l’esposizione del versante al fine di valutare l’effettiva incidenza del vento sulla velocità di propagazione del fronte. In particolare, su aree pianeggianti, indipendentemente dalla direzione del vento si assume che il contributo del vento sia massimo. Al contrario, si assume che in condizioni di pendenza elevata il versante direttamente esposto al vento (sopra vento) riceva un contributo maggiore rispetto al versante opposto (sotto vento). Il contributo è definito da una funzione non lineare che raggiunge il suo massimo, pari a 3, per velocità del vento pari a 40 [km/h].





Nome Variabile: FWI (Indice di pericolo meteorologico disaggregato)
Percorso barra dei comandi: Forecast Models/Wild fire Risk Assessment – RISICO/RISICO2015
Percorso layer: Dynamic layers/RISICO2015/ FWI
Risoluzione temporale: da - 21h a +72h con step triorari e da +72h a +240h con step esaorario.
Descrizione: L'indice meteorologico, è definito sulla base delle grandezze che caratterizzano la pericolosità potenziale associata all'innesco e alla successiva propagazione di un fuoco: l'umidità dei combustibili morti fini e il contributo del vento alla velocità di propagazione. L'indice meteorologico è indipendente dalla rappresentazione della copertura vegetale al suolo. L'indice meteorologico mette in evidenza le aree a maggiore secchezza e/o la presenza di forti venti sul territorio nazionale. In seguito agli eventi del 2007 è risultato evidente come in caso di condizioni estreme di secchezza e forte vento, il fronte di fiamma può determinare condizioni di estrema pericolosità indipendentemente dalla tipologia di copertura del suolo interessata dal fronte (coltivi, vegetazione rada, vegetazione erbacea). L'indice meteorologico rappresenta l'informazione di base per la valutazione dell'indice di pericolo giornaliero nella versione RISICO2009. I dettagli sulla valutazione dell'indice di pericolo sono definiti nel paragrafo successivo.





3.2.4 Gli indici di pericolo giornalieri

Gli indici di pericolo giornalieri sono stati sviluppati all'interno del modello RIS.I.CO. per la necessità di avere una prima informazione immediata e sintetica in grado di evidenziare quelle situazioni che meritano maggiore attenzione. Il gran numero di mappe prodotte giornalmente dal modello RIS.I.CO. viene quindi sintetizzato in un numero di mappe limitate riferite ad una scala temporale giornaliera e con una aggregazione spaziale modulabile da quella comunale a quella regionale. A tal fine è stato definito il primo indice di pericolo sulla base della variabile disaggregata FWI descritta nei paragrafi precedenti e nelle schede di dettaglio. Le attività di ricerca e di successiva validazione condotte negli ultimi anni hanno portato al rilascio di 4 nuovi indici di pericolo, basati sulla velocità di propagazione (PPF) (rate of spread con PPF).

Gli indici di pericolo giornalieri forniti dal modello RISICO2015 sono:

- Indice Meteorologico (Fire Weather Index)
- Valore medio di Velocità di propagazione (PPF) (Mean Rate of Spread (PPF));
- Media del 90° percentile dei valori di Rate of Spread (PPF) (90th Perc Mean Rate of Spread (PPF));

- Media del 75° percentile dei valori di Rate of Spread (PPF) (75th Perc Mean Rate of Spread (PPF));
- Media del 50° percentile dei valori di Rate of Spread (PPF) (50th Perc Mean Rate of Spread (PPF)).

Indice meteorologico (Fire Weather Index)

Analogamente all'indice Canadese, l'indice di pericolo meteorologico, è definito sulla base delle principali grandezze che caratterizzano la pericolosità potenziale associata all'innescò e alla successiva propagazione di un fuoco aggregate a scala giornaliera: l'umidità dei combustibili morti fini e il contributo del vento alla velocità di propagazione. A differenza dell'indice canadese, l'indice di pericolo meteorologico non tiene in considerazione le dinamiche di umidità negli strati più profondi della lettiera e del suolo. E', infatti, emerso nelle fasi di validazione che il principale contributo nelle situazioni di maggior pericolo, riscontrate sul territorio italiano, è legato esclusivamente alla dinamica di umidità della necromassa superficiale. L'indice di pericolo meteorologico è ottenuto dall'aggregazione spaziale e temporale dell'indice meteorologico fornito in output dal modello RIS.I.CO.. L'indice meteorologico rappresenta delle classi di



pericolo definite sulla base di valori soglia, come mostrato nella figura seguente. I valori di soglia sono stati ottenuti in seguito ad una fase di validazione basata sul confronto fra il valore dell'indice e le

caratteristiche fisiche di una serie storica di incendi occorsi (2007-2013).

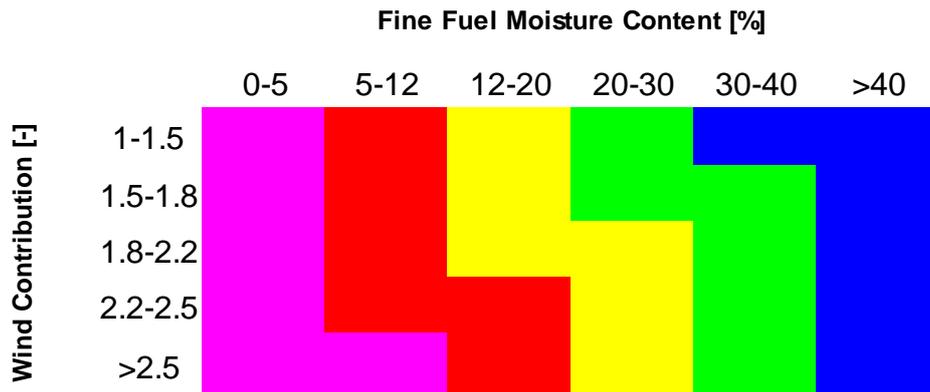


Figura 5: Definizione delle classi di pericolo dell'indice meteorologico. Il valore dell'indice disaggregato corrisponde ad un valore da 0 (blue) a 4 (viola) sulla base del valore di umidità della necromassa e del contributo del vento.

L'indice meteorologico è definito su una scala spaziale di 1 km² con discretizzazione temporale trioraria, e può essere aggregato nello spazio e nel tempo. L'aggregazione spaziale può essere riferita a scala regionale, provinciale o comunale.

La procedura di aggregazione spaziale e temporale, necessaria alla definizione dell'indice di pericolo, avviene definendo 5 classi di pericolo (P_0 = Pericolosità Nulla; P_1 = Pericolosità Bassa; P_2 = Pericolosità Media; P_3 = Pericolosità Elevata; P_4 = Pericolosità Estrema). Si valuta la percentuale di superficie dell'area considerata (comune, provincia, regione,

zona di vigilanza) appartenente ad ogni classe di pericolo in tutti gli intervalli temporali all'interno della finestra temporale 09:00 - 18:00, come segue:

$$P_i = \frac{N_i}{N_T N_P}$$

dove

N_i numero totale di ricorrenze in cui ogni cella appartenente all'area in esame assume il valore di pericolo i -esimo nella finestra temporale considerata;





N_T numero di intervalli tri-orari discreti contenuti nella finestra temporale considerata;

N_p estensione della superficie vegetata dell'area in esame [km²].

L'indice di pericolo assegnato all'unità territoriale selezionata è definito come la media pesata delle 5 classi di pericolosità:

$$I_p = \sum_{i=0}^4 \alpha_i P_i$$

dove i coefficienti α_i assumo i seguenti valori in relazione alla classe di pericolosità i-esima.

α_0	α_1	α_2	α_3	α_4
0	0.01	0.09	0.3	0.6

L'indice di pericolo aggregato fornisce infine il risultato in 7 classi sulla base di valori di soglia ridefiniti rispetto alla versione RISICO2009 (vedi scheda di approfondimento).

Gli indici basati sulla Rate of Spread (PPF)

I nuovi indici sono stati definiti sulla base della variabile Rate of Spread (PPF) disponibile fra le variabili di RISICO2015,

ottenuta come il prodotto della Rate of Spread (velocità di propagazione) per la mappa di pericolo stagionale (PPF Probabilità di Propagazione del Fuoco), opportunamente normalizzata fra 0 e 1.

I 4 nuovi indici si basano tutti sulla persistenza di valori di velocità di propagazione critici. Ciò che li differenzia è la capacità di identificare diversi gradi di persistenza identificati selezionando rispettivamente il 10%, il 25%, il 50% e infine il 100% dei valori più elevati. Ogni indice è in grado di identificare l'esistenza di uno o più intervalli temporali in cui una porzione del territorio è caratterizzata da valori di velocità di propagazione critici. I nuovi indici permettono di integrare la mappa stagionale di Probabilità di Propagazione del Fuoco (PPF) riducendo notevolmente le false allerte nelle stagioni di transizione ma anche nelle stagioni di grave pericolosità.

Seguono le schede descrittive dei rispettivi indici.

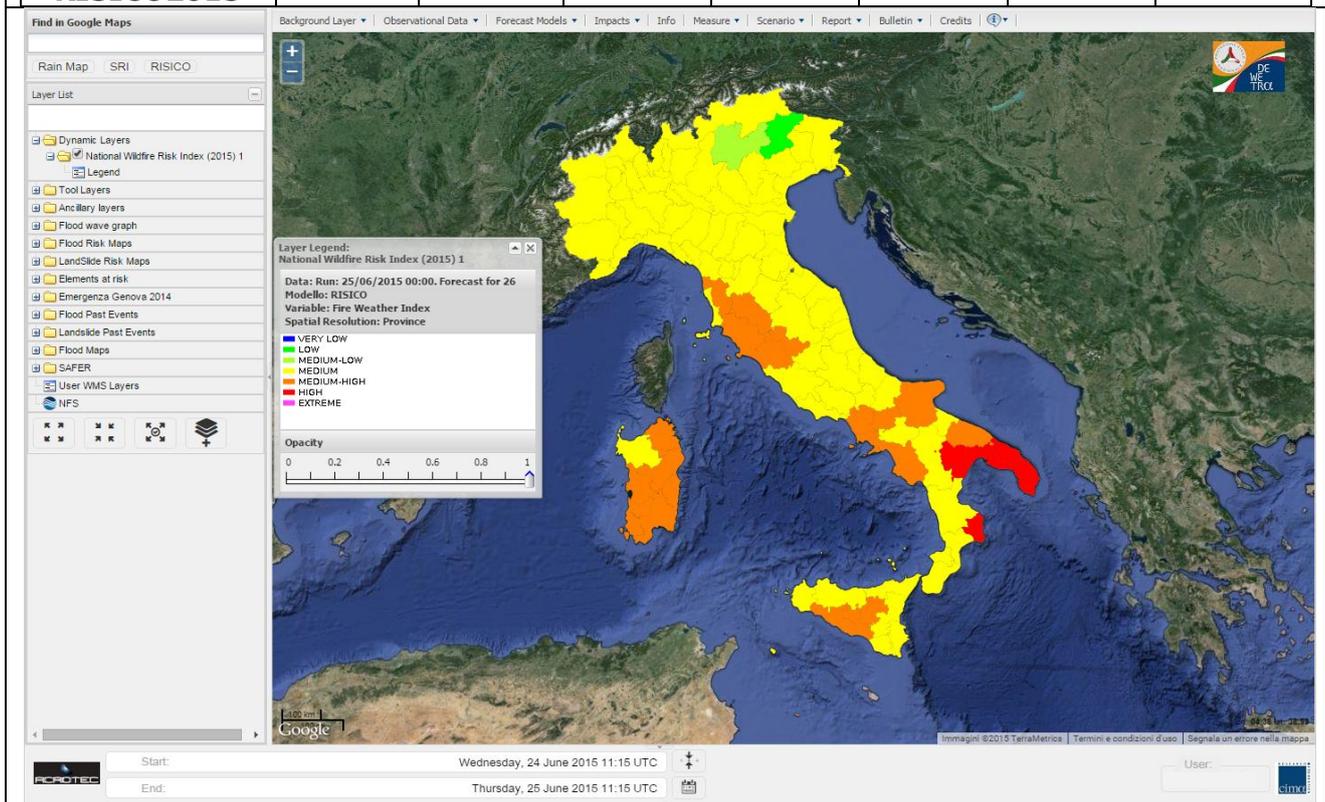




Nome Variabile: Fire Weather Index (Indice di pericolo meteorologico)
Percorso barra dei comandi: Forecast Models/Wild fire Risk Assessment – RISICO/National Wildfire Risk Index (2015)
Percorso layer: Dynamic layers/ National Wildfire Risk Index (2015)/ Fire Weather Index
Risoluzione temporale: giornaliera fino a 10 giorni di previsione.
Risoluzione spaziale: Region (Regioni), Province (Province), Municipality (Comuni).
Descrizione: L'indice di pericolo meteorologico fornisce mappe di pericolo in cui ogni unità amministrativa selezionata (Regione, Provincia, Comune) assume un valore giornaliero rappresentativo di una delle 7 classi di pericolo sulla base dei seguenti valori di soglia ridefiniti rispetto alla precedente versione RISICO2009.

Tabella 1: Definizione dei valori di soglia dell'indice meteorologico.

Indice di pericolo meteorologico [-]	Molto Basso	Basso	Medio Basso	Medio	Medio Alto	Alto	Estremo
Classificazione RISICO2015	< 1	1-5	5-7	7-14	14-30	30-40	>=40





44

Nome Variabile: Mean Rate of Spread (PPF) (Valore medio della velocità di propagazione (PPF))

Percorso barra dei comandi: Forecast Models/Wild fire Risk Assessment – RISICO/National Wildfire Risk Index (2015)

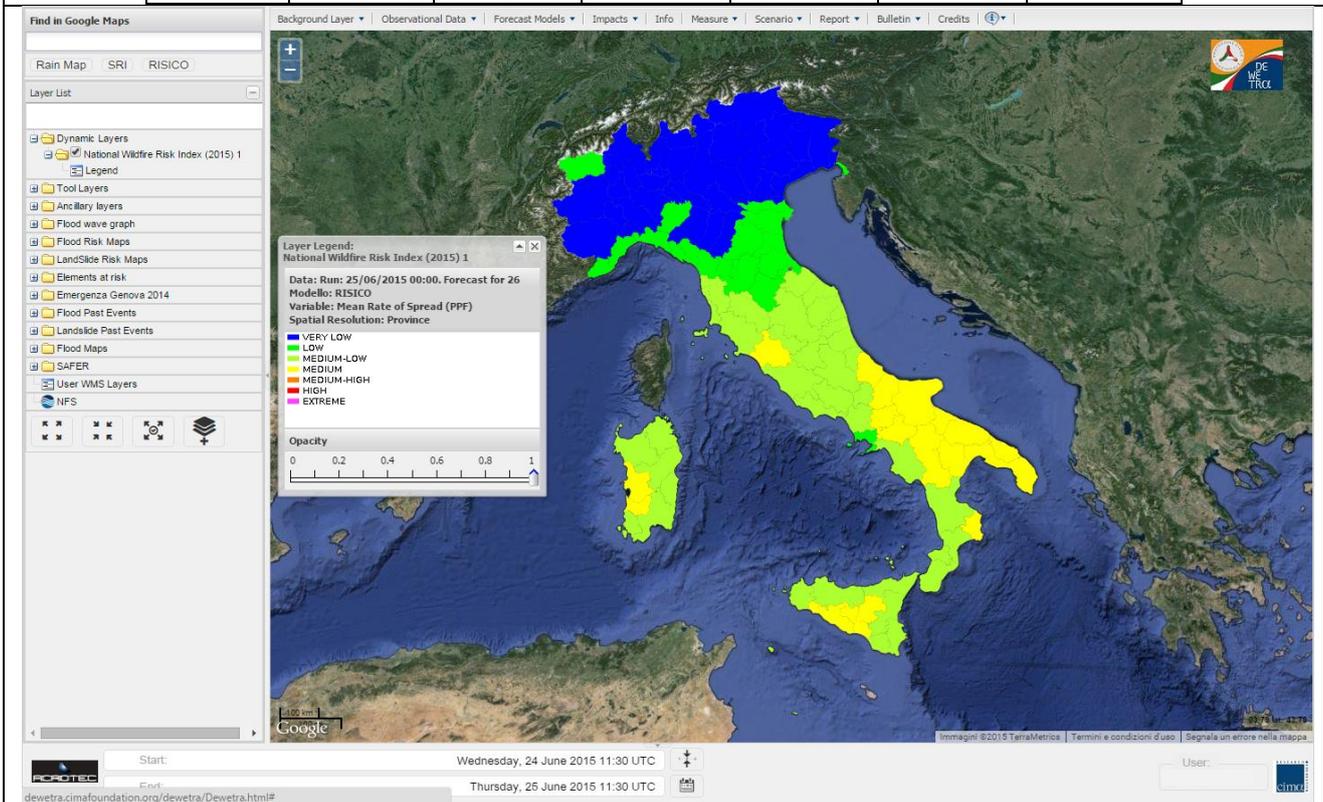
Percorso layer: Dynamic layers/ National Wildfire Risk Index (2015)/ Mean Rate of Spread (PPF)

Risoluzione temporale: giornaliera fino a 10 giorni di previsione.

Risoluzione spaziale: Region (Regioni), Province (Province), Municipality (Comuni).

Descrizione: Questo indice corrisponde al valore medio della velocità di propagazione (PPF) nelle 24 h calcolato su tutte le celle appartenenti all'unità amministrativa selezionata.

Molto Basso	Basso	Medio Basso	Medio	Medio Alto	Alto	Estremo
<45 m/h	45-80 m/h	80-120 m/h	120-210 m/h	210-260 m/h	260-300 m/h	>300 m/h





Nome Variabile: 50th Perc Mean Rate of Spread (PPF): Media del 50° percentile dei valori di velocità di propagazione (PPF).

Percorso barra dei comandi: Forecast Models/Wild fire Risk Assessment – RISICO/National Wildfire Risk Index (2015)

Percorso layer: Dynamic layers/ National Wildfire Risk Index (2015)/ 50th Perc Mean Rate of Spread (PPF)

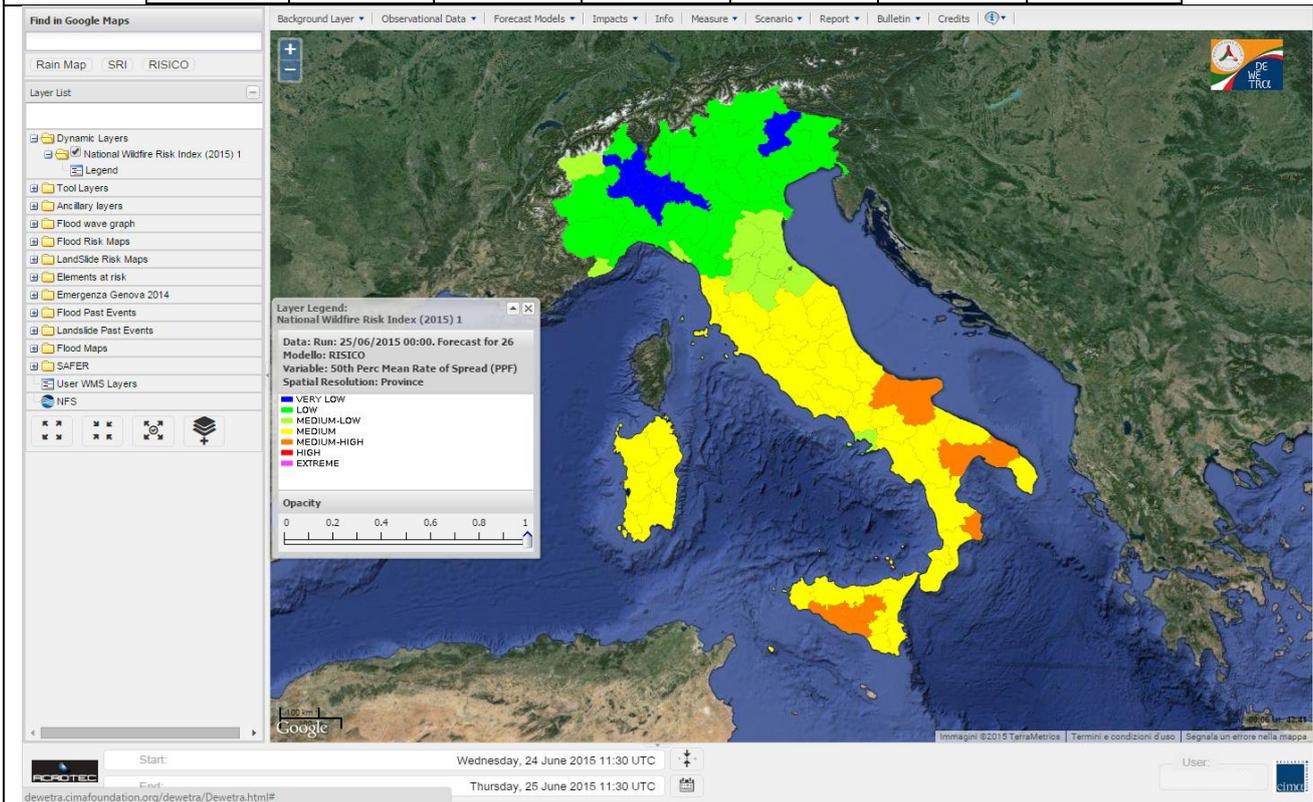
Risoluzione temporale: giornaliera fino a 10 giorni di previsione.

Risoluzione spaziale: Region (Regioni), Province (Province), Municipality (Comuni).

Descrizione: L'indice calcolato sul 50° percentile mette in evidenza la persistenza di condizioni di grave pericolo nelle 24h su almeno metà del territorio considerato o alternativamente su tutto il territorio considerato limitatamente a metà giornata.

45

Molto Basso	Basso	Medio Basso	Medio	Medio Alto	Alto	Estremo
<45 m/h	45-80 m/h	80-120 m/h	120-210 m/h	210-260 m/h	260-300 m/h	>300 m/h





46

Nome Variabile: 75th Perc Mean Rate of Spread (PPF): Media del 75° percentile dei valori di velocità di propagazione (PPF).

Percorso barra dei comandi: Forecast Models/Wild fire Risk Assessment – RISICO/National Wildfire Risk Index (2015)

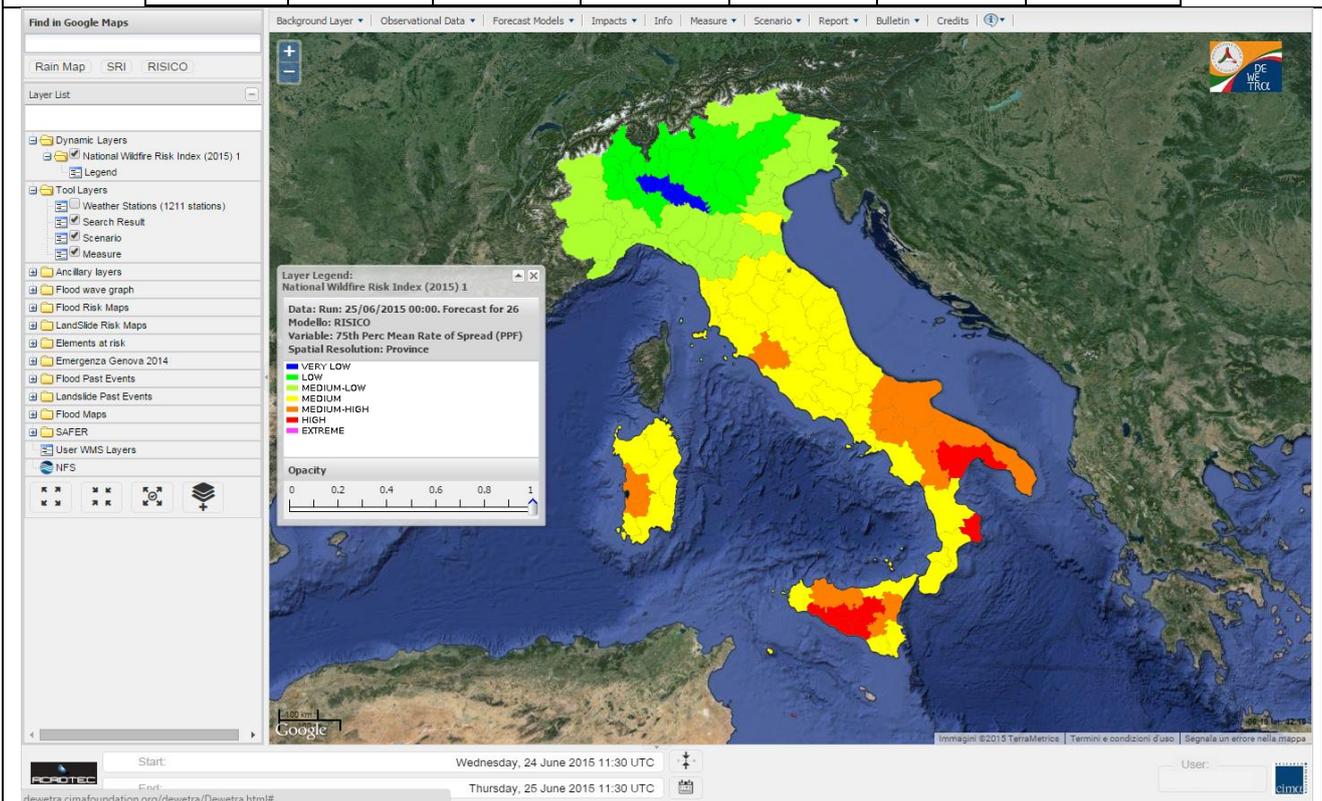
Percorso layer: Dynamic layers/ National Wildfire Risk Index (2015)/ 75th Perc Mean Rate of Spread (PPF)

Risoluzione temporale: giornaliera fino a 10 giorni di previsione.

Risoluzione spaziale: Region (Regioni), Province (Province), Municipality (Comuni).

Descrizione: L'indice calcolato sul 75° percentile mette in evidenza la persistenza di condizioni di grave pericolo nelle 24h su almeno un quarto del territorio considerato o alternativamente su tutto il territorio considerato limitatamente a due intervalli tri-orari.

Molto Basso	Basso	Medio Basso	Medio	Medio Alto	Alto	Estremo
<45 m/h	45-80 m/h	80-120 m/h	120-210 m/h	210-260 m/h	260-300 m/h	>300 m/h





Nome Variabile: 90th Perc Mean Rate of Spread (PPF): Media del 90° percentile dei valori di velocità di propagazione (PPF).

Percorso barra dei comandi: Forecast Models/Wild fire Risk Assessment – RISICO/National Wildfire Risk Index (2015)

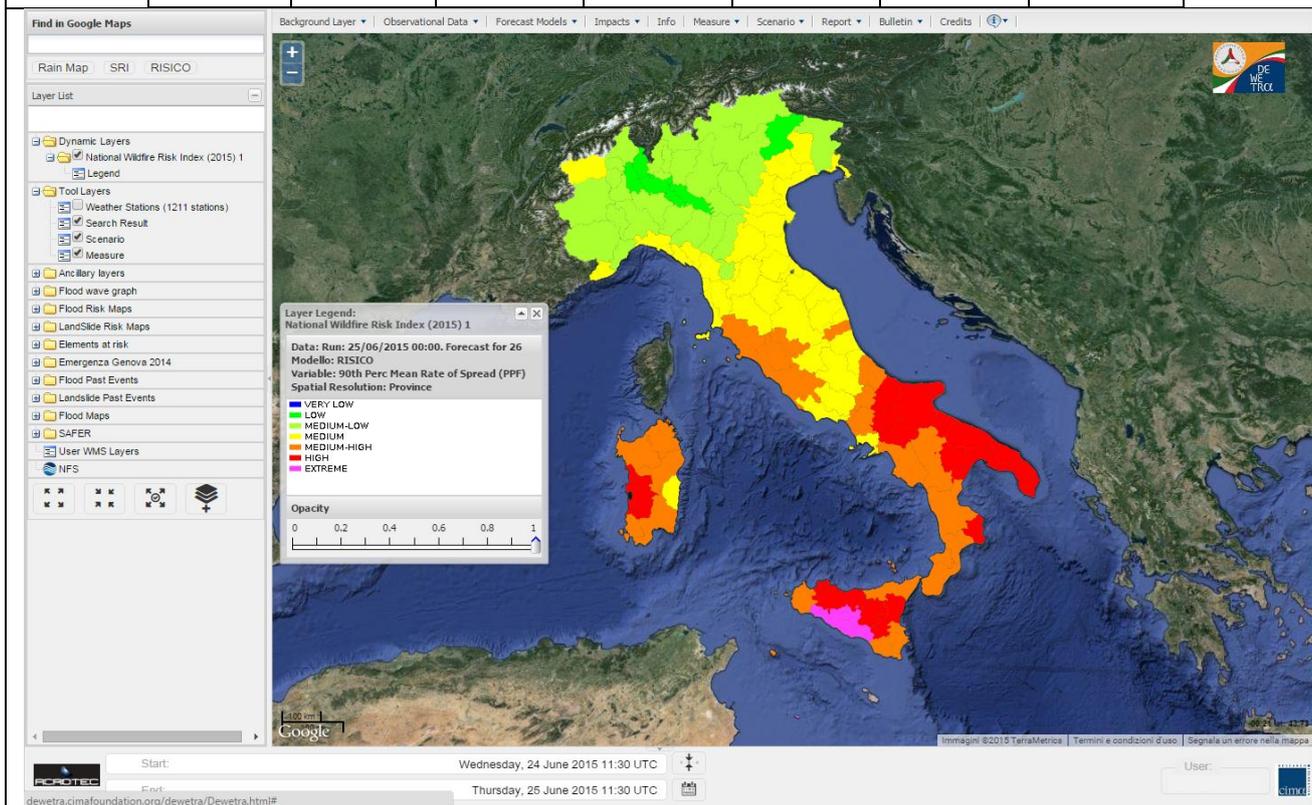
Percorso layer: Dynamic layers/ National Wildfire Risk Index (2015)/ 90th Perc Mean Rate of Spread (PPF)

Risoluzione temporale: giornaliera fino a 10 giorni di previsione.

Risoluzione spaziale: Region (Regioni), Province (Province), Municipality (Comuni).

Descrizione: L'indice calcolato sul 90° percentile mette in evidenza la persistenza di condizioni di grave pericolo nelle 24h su almeno un decimo del territorio considerato o alternativamente su tutto il territorio considerato limitatamente a un intervallo tri-orario.

Molto Basso	Basso	Medio Basso	Medio	Medio Alto	Alto	Estremo
<45 m/h	45-80 m/h	80-120 m/h	120-210 m/h	210-260 m/h	260-300 m/h	>300 m/h





Bibliografia principale

48

Alexander ME, Stocks BJ, Lawson BD (1996) The Canadian Forest Fire Danger Rating System. Initial Attack, Spring, pp. 5-8.

Andrews, Patricia L., Rothermel, Richard C. (1982). Charts for interpreting wildland fire behavior characteristics. Gen. Tech. Rep. INT-131. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 21 p.

Deeming JE, Burgan RE, Cohen JD (1977) The National Fire-Danger Rating System - 1978. USDA Forest Service, General Technical Report INT-39. Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, UT, 63 p.

Drouet JC (1974) Theorie de la propagation des feux de forets. Master Thesis Université d'Aix- Marseille, France.

Fiorucci P., F. Gaetani, and R. Minciardi, (2008). Development and application of a system for dynamic wildfire risk assessment in Italy. Environmental Modelling & Software, Volume 23, Issue 6, June 2008, 690-702 pp.

Fiorucci P., D'Andrea M., Negro D., Severino M. (a cura di) (2011). Manuale d'uso del sistema previsionale della pericolosità potenziale degli incendi boschivi RIS.I.CO. Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento della protezione civile e Fondazione CIMA, 38pp.

Noble, I. R, Bary, G. A. V. and Gill, A. M., (1980). McArthur's fire-danger meters expressed as equations. Australian Journal of Ecology, 5, 201-203pp.

Rothermel RC (1972) A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. USDA, Forest Service Research Paper. INT-114. Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, UT, 40 p.

Van Wagner, C.E. and T.L. Pickett, (1985). Equations and FORTRAN Program for the Canadian Forest Fire Weather Index System Canadian Forest Service, Forestry Technical Report, CFS, Ottawa, ON (1985), 33 pp.

Van Wagner, C.E., (1987). Development and Structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System Forestry Technical Report, CFS, Ottawa, ON (1987), 35 pp.



A.1 Validazione del modello RISICO

La metodologia proposta per la validazione del modello RISICO si basa sull'analisi dei valori delle principali variabili di output del modello:

- ✓ umidità della necromassa (Fine Fuel Moisture Content);
- ✓ intensità lineare potenziale (Fireline Intensity);
- ✓ intensità lineare potenziale (PPF) (Fireline Intensity PPF);
- ✓ velocità di propagazione (Rate of Spread);
- ✓ velocità di propagazione (PPF) (Rate of Spread PPF);

La stessa analisi è stata condotta sugli indici di pericolo giornalieri:

- ✓ Fire Weather Index;
- ✓ Mean Rate of Spread (PPF);
- ✓ 90th Perc Mean Rate of Spread (PPF);
- ✓ 75th Perc Mean Rate of Spread (PPF);
- ✓ 50th Perc Mean Rate of Spread (PPF).

A monte della procedura di validazione i dati sugli incendi occorsi vengono sottoposti ad una pre-elaborazione che consiste:

- identificazione dei punti di innesco;
- classificazione e raggruppamento sulla base della superficie percorsa dal fuoco (<1 ha, 1-10ha, 10-100ha, 100-1000ha, >1000ha);
- raggruppamento degli eventi sulla base del periodo di accadimento. Sono state individuate due macro stagioni che rispecchiano l'andamento del fenomeno incendi sul territorio italiano: periodo estivo che va dal 1 Maggio - 31 Ottobre e periodo invernale dal 1 Novembre - 30 Aprile.

I dati sugli incendi occorsi che presentano delle incoerenze vengono scartati e quindi non vengono utilizzati nella successiva fase di validazione.

Per poter condurre la validazione, le variabili di output di RISICO2015 sono discretizzate in 5 classi come rappresentato in Tabella 1.



		Molto Basso (Very Low)	Basso (Low)	Medio (Medium)	Alto High	Estremo Extreme
Output del modello	Umidità della necromassa %	>20	15-20	10-15	5-10	0-5
	Intensità lineare potenziale [kW/m]	0-86	86-350	350-1800	1800-2500	>2500
	Velocità di propagazione [m/h]	0-20	20-50	50-150	150-250	>250

Gli indici di pericolo invece mantengono le 7 classi con cui sono stati definiti.

Le diverse variabili e indici così classificati andranno confrontati con le diverse classi di estensione degli incendi.

Gli strumenti di analisi sono costituiti da una serie di tabelle che mettono in relazione, per un determinato intervallo temporale (pari a quello complessivo di validazione o ad un suo sotto-insieme), le classi di pericolo di una particolare variabile definite nell'intorno dell'area bruciata con le

classi di area bruciata. La procedura di validazione ha buon esito nel momento in cui tali tabelle mostrano una corrispondenza tra le condizioni effettive di pericolo riscontrate sul territorio e quanto previsto dal modello RISICO. All'interno di ogni tabella di validazione è riportato il dato in percentuale denominato "Area classificata" che fa riferimento alla superficie media nazionale appartenente ad ogni classe di pericolo nel periodo considerato.





Tabella 2. Valori di soglia corrispondenti alle 7 classi di pericolo per i differenti indici di pericolo considerati. Si noti che i valori di soglia per gli indici di pericolo basati sulla Rate of Spread (PPF) restano invariati.

	Molto Basso (Very Low)	Basso (Low)	Medio Basso (Medium Low)	Medio (Medium)	Medio Alto (Medium high)	Alto (High)	Estremo (Extreme)
Indice meteorologico [-]	< 1	1-5	5-7	7-25	25-30	30-40	>=40
Indici basati sulla Rate of Spread (PPF)	<45 m/h	45-80 m/h	80-120 m/h	120-210 m/h	210-260 m/h	260-300 m/h	>300 m/h

A1.1. Gli incendi occorsi nelle macro stagioni invernali ed estive dal 2007 al 2013

Il raggruppamento degli incendi sul periodo di accadimento (Tabella 3) permette di evidenziare la differente pericolosità nelle due stagioni considerate. Il numero di incendi nella stagione estiva è circa 6 volte

superiore a quelli occorsi nella stagione invernale, mentre l'area percorsa dal fuoco è circa 15 volte superiore nella stagione estiva. Si nota inoltre come nella stagione invernale non sia mai stato registrato un evento di dimensione superiore ai 1000 [ha] tipici delle grandi isole e delle regioni meridionali, aree in cui il rischio incendi nella stagione invernale è mediamente basso.

Tabella 3. 1 gennaio 2007 – 31 dicembre 2013. Numero di incendi occorsi ed area bruciata totale nelle macro stagioni estive ed invernali suddivisi per classi di estensione.

	2007-2013		2007-2013	
	Estate		Inverno	
	#incendi	Area bruciata [ha]	#incendi	Area bruciata [ha]
0-1 ha	16780	6020	3940	1330
1-10 ha	17980	64870	2690	8850
10-100 ha	7030	199870	630	16100
100-1000 ha	826	190260	48	9630
>1000 ha	42	102950	0	0
totale	42658	563970	7308	35910



A1.2 I risultati della validazione delle variabili di output del modello RISICO

52

Per condurre tutto il processo di validazione si è dimostrato necessario fare delle assunzioni così da rendere statisticamente confrontabili tutti gli incendi occorsi con le diverse variabili del modello RISICO. Tra queste si evidenzia la dipendenza diretta tra il valore delle variabili di output del modello

e l'area percorsa dal fuoco, non andando a considerare la stretta dipendenza di quest'ultima con l'attività di prevenzione messa in campo dalla Regione o con la capacità e tempestività dell'intervento di spegnimento messo in campo. Nelle tabelle che seguono sono riportati i risultati della validazione delle variabili del modello RISICO2015 suddivisi nelle due macro stagioni estiva e invernale.

Tabella 4. 1 gennaio 2007 – 31 dicembre 2013. Classificazione dei valori di umidità della necromassa forniti dal modello RISICO2015 nell'intorno del punto di innesco ed in corrispondenza dell'istante temporale in cui è avvenuto l'innesco.

Umidità della necromassa - RISICO2015	Inverno					Estate				
	NULLO	BASSO	MEDIO	ALTO	ESTREMO	NULLO	BASSO	MEDIO	ALTO	ESTREMO
0-1 [ha]	1.35%	13.21%	51.54%	33.53%	0.38%	0.07%	0.45%	14.79%	80.59%	4.08%
1-10 [ha]	0.82%	10.94%	51.81%	36.06%	0.37%	0.03%	0.19%	11.50%	82.73%	5.48%
10-100 [ha]	1.28%	10.05%	49.28%	38.12%	1.28%	0.04%	0.11%	6.67%	83.91%	9.10%
100-1000 [ha]	0%	10.42%	33.33%	52.08%	4.17%	0%	0%	2.54%	71.67%	25.54%
1000+ [ha]	-	-	-	-	-	0%	0%	2.38%	50%	47.62%
Area classificata	60.71%	27.80%	10.56%	0.92%	0.01%	28.70%	23.24%	34.47%	13.47%	0.12%

Dalla tabella, si nota una buona capacità di discriminare le corrette condizioni di umidità della necromassa in relazione alla classe di estensione delle aree bruciate, considerando che, mediamente, un fuoco innescato in condizioni di umidità della necromassa superiore al 20% difficilmente riesce a propagarsi. Va notato, però, che in presenza di forte vento ed in particolari condizioni di copertura vegetale

(vegetazione arbustiva) non si può neppure in questo caso escludere a priori la propagazione del fuoco. Incendi innescati in condizioni di umidità compresi fra il 15 e il 20%, in media, si propagano lentamente favorendo l'intervento di spegnimento e permettendo di limitare generalmente l'estensione dell'area bruciata al di sotto dell'ettaro. Per valori di umidità compresi fra il 10 e il 15% l'intervento richiede



maggiori risorse ma risulta ancora efficace. Al contrario, incendi innescati in condizioni di umidità della necromassa inferiore al 5% si propagano velocemente, determinando generalmente in poche ore aree bruciate superiori ai 10 ha – 100 ha. In particolari condizioni di copertura vegetale e in presenza di forte vento le aree bruciate possono superare anche i 10.000 ha, come è accaduto nel luglio 2007. D'altra parte, in particolari condizioni di copertura vegetale (vegetazione erbacea ed arbustiva) l'estensione del fuoco può superare facilmente i 1.000 ha anche in condizioni di umidità della necromassa superiori al 5%, ma comunque inferiori al 10%. Le condizioni di valore ESTREMO, nel periodo considerato, sono generalmente ascrivibili ad eventi rari. Infatti è da evidenziare come l'area classificata a valore ESTREMO da RISICO sia pari allo 0.12% nella stagione estiva e allo 0.01% nella stagione invernale. Anche in questo secondo caso, le prestazioni di RISICO mostrano una buona corrispondenza fra la classe di pericolo e la classe di estensione degli eventi migliorando notevolmente rispetto alla versione precedente che classificava circa il

70% degli eventi con estensione superiori ai 100 [ha] nelle classi di rischio NULLO e BASSO. Il miglioramento è da ricondursi alla precisione nella rappresentazione dei processi fisici del modello di umidità della necromassa contenuta in RISICO, che necessita di una maggiore precisione nella rappresentazione delle condizioni meteorologiche al suolo. Tale condizione è fortemente legata alla risoluzione spaziale del modello. Gli incendi invernali occorrono generalmente nelle aree subalpine caratterizzate da orografia complessa e quote elevate. La risoluzione spaziale di 1km² del modello RISICO e soprattutto la risoluzione spaziale delle variabili meteorologiche in input al modello (2.8 km²) permettono di rappresentare con una migliore precisione l'orografia e di conseguenza i campi di temperatura e di umidità relativa.

Seguono i risultati relativi alla velocità di propagazione e alla intensità lineare potenziale previste dal modello RISICO nel periodo considerato, entrambe nelle due versioni disponibili.



Tabella 5. 1 gennaio 2007 – 31 dicembre 2013. Classificazione dei valori di velocità di propagazione forniti dal modello RISICO2015 nell'intorno del punto di innesco ed in corrispondenza dell'istante temporale in cui è avvenuto l'innesco.

Velocità di propagazione - RISICO2015	Inverno					Estate				
	NULLO	BASSO	MEDIO	ALTO	ESTREMO	NULLO	BASSO	MEDIO	ALTO	ESTREMO
0-1 [ha]	0.20%	0.48%	34.82%	45.69%	18.80%	0.04%	0.09%	5.51%	55.47%	38.89%
1-10 [ha]	0.07%	0.26%	27.47%	48.98%	23.22%	0.01%	0.06%	3.15%	51.93%	44.79%
10-100 [ha]	0.16%	0.32%	23.45%	47.05%	29.03%	0.03%	0.04%	1.52%	43.33%	54.92%
100-1000 [ha]	0%	0.00%	10.42%	41.67%	47.92%	0%	0%	0.24%	26.27%	73.24%
1000+ [ha]	-	-	-	-	-	0%	0%	0.00%	7%	92.86%
Area classificata	32.00%	22.26%	41.19%	4.27%	0.27%	18.20%	13.64%	52.74%	13.69%	1.72%

54

L'analisi della precedente tabella mette in evidenza un generale buon andamento delle prestazioni di RISICO in entrambe le stagioni che ha portato alla decisione di definire i nuovi indici di pericolo sulla base di questa variabile in grado di discriminare con grande precisione le situazioni di maggior pericolo.

La velocità di propagazione è stata modificata introducendo le mappe di pericolo stagionali nella nuova variabile velocità di propagazione (PPF). Nella tabella che segue sono riportati i risultati ottenuti.

Tabella 6. 1 gennaio 2007 – 31 dicembre 2013. Classificazione dei valori di velocità di propagazione (PPF) forniti dal modello RISICO2015 nell'intorno del punto di innesco ed in corrispondenza dell'istante temporale in cui è avvenuto l'innesco.

Velocità di propagazione - RISICO2015	Inverno					Estate				
	NULLO	BASSO	MEDIO	ALTO	ESTREMO	NULLO	BASSO	MEDIO	ALTO	ESTREMO
0-1 [ha]	0.41%	2.18%	47.17%	38.43%	11.81%	0.05%	0.22%	9.00%	54.10%	36.57%
1-10 [ha]	0.22%	0.82%	39.49%	43.88%	15.59%	0.01%	0.08%	4.60%	51.77%	43.48%
10-100 [ha]	0.16%	0.64%	29.82%	46.25%	22.97%	0.04%	0.04%	1.99%	43.67%	54.08%
100-1000 [ha]	0%	0.00%	10.42%	45.83%	43.75%	0%	0%	0.36%	26.51%	72.88%
1000+ [ha]	-	-	-	-	-	0%	0%	0.00%	7%	92.86%
Area classificata	55.29%	23.56%	19.94%	1.14%	0.07%	28.62%	18.24%	42.38%	9.51%	1.24%

L'integrazione della mappa di pericolo statico nel calcolo della velocità di propagazione permette di mantenere le medesime capacità predittive del sistema

riducendo significativamente l'area media classificata nelle classi di pericolo più elevate.



Seguono i risultati relativi all'intensità modello RISICO nel periodo considerato. lineare potenziale del fronte prevista dal

Tabella 7. 1 gennaio 2007 – 31 dicembre 2013. Classificazione dei valori di Intensità lineare forniti dal modello RISICO2015 nell'intorno del punto di innesco ed in corrispondenza dell'istante temporale in cui è avvenuto l'innesco.

Intensità lineare - RISICO2015	Inverno					Estate				
	NULLO	BASSO	MEDIO	ALTO	ESTREMO	NULLO	BASSO	MEDIO	ALTO	ESTREMO
0-1 [ha]	0.08%	1.96%	33.96%	26.59%	37.36%	0.09%	0.49%	17.77%	16.36%	65.26%
1-10 [ha]	0.07%	1.00%	27.21%	26.65%	45.07%	0.06%	0.43%	19.85%	13.13%	66.46%
10-100 [ha]	0.16%	2.07%	24.56%	24.56%	48.64%	0.04%	0.23%	15.69%	8.99%	74.89%
100-1000 [ha]	0%	0.00%	12.50%	12.50%	75.00%	0%	0%	9.56%	5.21%	84.87%
1000+ [ha]	-	-	-	-	-	0%	0%	7.14%	10%	83.33%
Area classificata	41.52%	36.00%	20.61%	1.27%	0.60%	25.02%	37.84%	31.25%	3.72%	2.17%

55

Tabella 8. 1 gennaio 2007 – 31 dicembre 2013. Classificazione dei valori di intensità lineare (PPF) forniti dal modello RISICO2015 nell'intorno del punto di innesco ed in corrispondenza dell'istante temporale in cui è avvenuto l'innesco.

Intensità lineare PPF- RISICO2015	Inverno					Estate				
	NULLO	BASSO	MEDIO	ALTO	ESTREMO	NULLO	BASSO	MEDIO	ALTO	ESTREMO
0-1 [ha]	0.58%	3.10%	44.40%	25.02%	26.80%	0.15%	0.94%	19.74%	17.26%	61.84%
1-10 [ha]	0.11%	1.56%	37.59%	26.35%	34.28%	0.06%	0.70%	20.45%	13.55%	65.16%
10-100 [ha]	0.32%	2.87%	28.23%	24.40%	44.02%	0.04%	0.34%	15.86%	9.12%	74.45%
100-1000 [ha]	0%	0.00%	12.50%	16.67%	70.83%	0%	0%	9.56%	5.69%	84.38%
1000+ [ha]	-	-	-	-	-	0%	0%	7.14%	10%	83.33%
Area classificata	62.76%	22.11%	14.29%	0.61%	0.23%	37.28%	30.55%	27.51%	2.92%	1.74%

A1.3 La validazione del modello RISICO sulla base dell'indice di pericolo

Come riportato nel Manuale d'uso, RISICO2015 permette di accedere a diversi indici di pericolo. L'indice di pericolo meteorologico (*Fire Weather Index*) è stato mantenuto al fine di permettere un

confronto con i nuovi indici. L'indice di pericolo meteorologico FWI, analogamente al noto indice canadese, è definito sulla base delle principali grandezze che caratterizzano la pericolosità potenziale associata all'innesco e alla successiva propagazione di un fuoco: l'umidità dei combustibili morti fini (calcolata da RISICO) e il contributo del vento sulla velocità di propagazione.



La procedura di validazione utilizzata è analoga a quella utilizzata per la validazione dei singoli output del modello riportata nel

paragrafo precedente. Nelle tabelle che seguono sono riportati i risultati della validazione per il periodo considerato.

Tabella 9. Validazione del modello RISICO per il periodo 1 gennaio 2007 – 31 dicembre 2013 effettuata sulla base dell'indice di pericolo meteorologico aggregato a scala provinciale.

Indice di pericolo FWI- RISICO2015 Province	Inverno							Estate						
	NULLO	BASSO	MEDIO-L	MEDIO	MEDIO-H	ALTO	ESTREMO	NULLO	BASSO	MEDIO-L	MEDIO	MEDIO-H	ALTO	ESTREMO
0-1 [ha]	16.26%	44.53%	27.66%	10.26%	0.94%	0.36%	0.00%	1.22%	9.20%	34.48%	46.84%	7.09%	1.07%	0.11%
1-10 [ha]	13.70%	40.64%	32.12%	12.50%	0.89%	0.15%	0.00%	0.58%	5.80%	32.17%	50.01%	9.68%	1.61%	0.16%
10-100 [ha]	10.21%	36.20%	35.73%	15.31%	2.39%	0.16%	0.00%	0.23%	2.60%	24.08%	54.40%	15.41%	2.99%	0.30%
100-1000 [ha]	13%	20.83%	37.50%	25.00%	2.08%	2.08%	0.00%	0%	1.45%	11.50%	46.13%	29.78%	10.41%	0.73%
1000+ [ha]	-	-	-	-	-	-	-	0.00%	2.38%	2.38%	28.57%	40.48%	26.19%	0.00%
Area classificata	57.17%	29.91%	10.64%	2.12%	0.13%	0.02%	0.00%	19.26%	23.68%	32.08%	22.32%	2.31%	0.32%	0.04%

56

L'indice meteorologico permette di discriminare quasi il 70% degli incendi di grande dimensione nelle classi di pericolo ALTO e MEDIO-H. Tuttavia il numero di incendi classificati nella classe di pericolo MEDIO resta piuttosto elevata per tutte le

classi di estensione. Nella stagione invernale il numero di incendi classificati nelle classi di pericolo più basse risulta estremamente elevato per tutte le classi di estensione.

Tabella 10. Validazione del modello RISICO per il periodo 1 gennaio 2007 – 31 dicembre 2013 effettuata sulla base dell'indice di pericolo aggregato a scala regionale.

Indice di pericolo 75%- RISICO2015 Regioni	Inverno							Estate						
	NULLO	BASSO	MEDIO-L	MEDIO	MEDIO-H	ALTO	ESTREMO	NULLO	BASSO	MEDIO-L	MEDIO	MEDIO-H	ALTO	ESTREMO
0-1 [ha]	2.74%	28.40%	46.99%	20.40%	1.37%	0.10%	0.00%	0.12%	1.30%	10.57%	58.73%	22.67%	5.86%	0.76%
1-10 [ha]	2.16%	23.60%	44.81%	27.17%	2.12%	0.15%	0.00%	0.02%	0.42%	4.34%	57.66%	27.43%	9.15%	0.97%
10-100 [ha]	0.96%	18.66%	41.15%	35.57%	3.51%	0.16%	0.00%	0.01%	0.11%	1.64%	49.84%	32.65%	14.25%	1.49%
100-1000 [ha]	0%	10.42%	35.42%	41.67%	12.50%	0.00%	0.00%	0%	0.00%	0.85%	30.27%	33.05%	30.39%	5.45%
1000+ [ha]	-	-	-	-	-	-	-	0.00%	0.00%	0.00%	11.90%	16.67%	40.48%	30.95%
Area classificata	30.74%	37.23%	25.44%	6.30%	0.27%	0.01%	0.00%	6.58%	15.22%	31.55%	37.61%	7.61%	1.34%	0.10%

Tabella 11. Validazione del modello RISICO per il periodo 1 gennaio 2007 – 31 dicembre 2013 effettuata sulla base dell'indice di pericolo aggregato a scala provinciale.

Indice di pericolo 75%- RISICO2015 Province	Inverno							Estate						
	NULLO	BASSO	MEDIO-L	MEDIO	MEDIO-H	ALTO	ESTREMO	NULLO	BASSO	MEDIO-L	MEDIO	MEDIO-H	ALTO	ESTREMO
0-1 [ha]	3.61%	23.37%	46.51%	23.85%	2.13%	0.51%	0.03%	0.24%	1.49%	12.32%	56.81%	21.15%	6.80%	1.20%
1-10 [ha]	2.53%	19.24%	45.44%	30.03%	2.16%	0.52%	0.07%	0.03%	0.59%	5.32%	56.76%	25.42%	10.23%	1.65%
10-100 [ha]	2.07%	14.83%	39.39%	37.80%	3.67%	2.23%	0.00%	0.01%	0.17%	2.29%	49.82%	29.99%	14.57%	3.16%
100-1000 [ha]	2%	8.33%	18.75%	47.92%	18.75%	4.17%	0.00%	0%	0.12%	1.09%	31.72%	29.54%	27.00%	10.53%
1000+ [ha]	-	-	-	-	-	-	-	0.00%	0.00%	0.00%	14.29%	19.05%	28.57%	38.10%
Area classificata	39.67%	32.88%	20.82%	6.24%	0.36%	0.04%	0.00%	10.55%	17.24%	29.12%	33.56%	7.58%	1.75%	0.20%



Tabella 12. Validazione del modello RISICO per il periodo 1 gennaio 2007 – 31 dicembre 2013 effettuata sulla base dell'indice di pericolo aggregato a scala comunale.

Indice di pericolo 75%- RISICO2015 Comuni	Inverno							Estate						
	NULLO	BASSO	MEDIO-L	MEDIO	MEDIO-H	ALTO	ESTREMO	NULLO	BASSO	MEDIO-L	MEDIO	MEDIO-H	ALTO	ESTREMO
0-1 [ha]	7.14%	24.43%	38.76%	24.94%	3.35%	1.02%	0.36%	0.62%	2.12%	13.19%	56.52%	19.00%	6.97%	1.58%
1-10 [ha]	4.06%	19.32%	39.23%	31.71%	3.98%	1.19%	0.52%	0.12%	0.89%	6.80%	56.79%	23.34%	9.59%	2.47%
10-100 [ha]	3.83%	12.44%	34.93%	37.48%	7.66%	2.07%	1.59%	0.07%	0.31%	2.89%	50.87%	28.26%	12.77%	4.82%
100-1000 [ha]	2%	8.33%	14.58%	54.17%	12.50%	6.25%	2.08%	0%	0.24%	1.09%	33.66%	28.57%	20.94%	15.50%
1000+ [ha]	-	-	-	-	-	-	-	0.00%	0.00%	2.38%	7.14%	19.05%	19.05%	52.38%
Area classificata	52.13%	24.92%	16.46%	5.91%	0.47%	0.09%	0.02%	23.51%	19.04%	24.79%	26.25%	4.93%	1.25%	0.22%

Dalle precedenti tabelle (Tabella 13, Tabella 14, Tabella 15) si nota una buona capacità di discriminare un adeguato indice di pericolo in relazione alla classe di estensione delle aree bruciate particolarmente evidente nella stagione estiva. Per quanto riguarda la stagione estiva si osserva come la percentuale di incendi occorsi nelle classi di pericolo più basse sia di fatto trascurabile, soprattutto per gli eventi di classe dimensionale superiore a 10 [ha]. In particolare si nota come sia a scala comunale che a scala provinciale circa l'85% degli incendi con area superiore a 1000 ha presenti un indice di pericolo MEDIO-H o superiore. In particolare più del 50% degli incendi di grande dimensione sono stati classificati nella classe di pericolo estrema che rappresenta solo lo 0.22% dell'area mediamente classificata in questa classe di pericolo.

A1.4 Analisi della capacità predittiva di RISICO2015 finalizzata all'allertamento e confronto con il modello canadese FWI

Una ulteriore e conclusiva fase di validazione è consistita nella definizione di tabelle di contingenza e nel confronto delle prestazioni del nuovo indice prodotto da RISICO2015 con l'indice canadese FWI. Dal punto di vista operativo, infatti, è molto importante riuscire a valutare l'efficienza della previsione considerando le previsioni corrette ma anche i falsi allarmi. E', infatti, evidente come riducendo le soglie di allertamento sia possibile aumentare il numero di previsioni corrette a discapito però di un più elevato numero di falsi allarmi.

In questo contesto, l'approccio più efficiente consiste nel convertire le serie di osservazioni e previsioni, espresse come



una quantità continua, in categorie di superamento di una determinata soglia al fine di valutare gli elementi all'interno di

una tabella di contingenza (vedi Tabella 11).

Tabella 13: Tabella di contingenza

		Obs.	
		Yes	No
For.	Yes	a	b
	No	c	d

Il diagramma ROC (*Relative Operating Characteristic*) mostra il numero di *Hit Rate* (H), corrispondente al numero relativo di volte che un evento è stato previsto quando si è effettivamente verificato, rispetto al numero di *False Alarm Rate* (F), che corrisponde al numero relativo di volte che è stato previsto un evento ma l'evento non si è verificato. Questi indici sono definiti come:

$$H = \frac{a}{a+c}; 0 \leq H \leq 1 \quad (1)$$

$$F = \frac{b}{b+d}; 0 \leq F \leq 1 \quad (2)$$

Nello specifico, la serie di dati osservati corrisponde all'area bruciata totale giornaliera osservata in ogni provincia italiana, mentre la serie di dati previsti corrisponde ai valori dell'indice di pericolo giornaliero previsto per ogni provincia italiana. Il confronto avviene fra il valore dell'indice e l'area bruciata totale di ogni giorno per ogni provincia. Le due serie sono

convertite in serie *yes/no statement* sulla base di soglie determinate a priori. Nel caso delle osservazioni sono definite le seguenti soglie: BA>1 ha, BA>10 ha, BA>100 ha, BA>250 ha, BA>500 ha, BA>750 ha and BA>1000 ha. L'ultima soglia corrisponde al valore massimo di area bruciata che permette di definire una serie con un numero di elementi sufficienti ad effettuare una analisi statistica significativa. Nel caso delle previsioni, il sistema è stato valutato sulla base di 100 valori di soglia incrementali ognuno corrispondente al centesimo percentile calcolato fra il valore minimo il valore massimo dell'indice. Questo tipo di analisi permette di definire il miglior *trade-off* fra il livello massimo di previsioni corrette e il numero minimo di mancate allerte.

In Figura 6 sono confrontate le previsioni sull'intero dominio temporale per gli eventi caratterizzati da BA>1000 ha. Questa figura mostra le *Hit Rate* rispetto ai *False Alarm Rate* testato su 100 valori di soglia incrementali dell'indice di pericolo previsto.



La soglia ottima corrisponde al valore che massimizza la differenza fra H ed F.

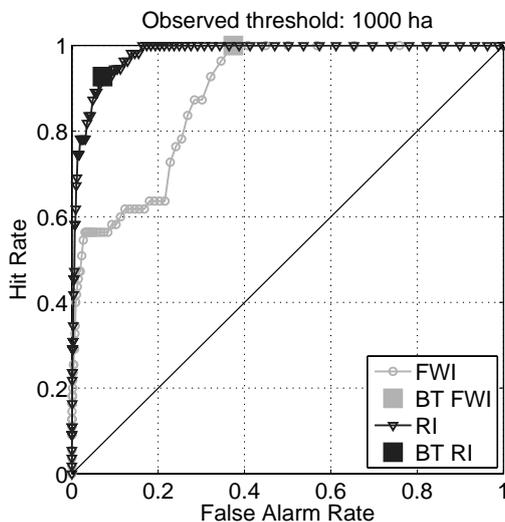


Figura 6: Diagramma ROC per le previsioni fornite rispettivamente da FWI e RISICO (RI) a livello nazionale nel periodo (2007-2013) per aree bruciate maggiori di 1000 ha. I marker indicano il rapporto fra Hit Rate e False Alarm Rate corrispondenti a 100 step incrementali del valore di soglia dell'indice di pericolo previsto. BT (Best threshold), sia per FWI che per RISICO, è definito come il valore di soglia dell'indice di pericolo che massimizza la differenza fra Hit Rate (H) e False Alarm Rate (F).

La Figura 6 mostra che le previsioni fornite dai due sistemi a confronto hanno entrambe capacità previsionali elevate poiché la curva sta sempre sopra la bisettrice $H=F$ corrispondente a una predizione totalmente casuale. Tuttavia la previsione migliore è fornita da RISICO. Se si considera il valore di soglia che permette di avere $H=1$ per entrambe i sistemi si osserva come il *False Alarm Rate* per RISICO è pari a 0.16 (questo significa che 16 eventi su 100 sono stati previsti ma non sono realmente occorsi), mentre per FWI è pari a 0.37. Questo risultato permette di affermare che RISICO migliora notevolmente la previsione rispetto ad FWI.

Si noti che in questo caso il falso allarme non corrisponde necessariamente ad un errore, in quanto una corretta gestione delle attività di prevenzione o l'organizzazione di un attacco rapido possono modificare fortemente gli effetti al suolo in termini di area bruciata. Questo tipo di analisi permette di concentrare l'attenzione sul rapporto costi benefici derivante dal sistema di allerta utilizzato.

A1.5 Conclusioni

In conclusione il modello RISICO2015 è in grado di discriminare le diverse situazioni di pericolo e di evidenziare quelle estreme e



quindi offre un valido supporto ai sistemi di lotta attiva e di protezione civile.

Le diverse sperimentazioni eseguite in questi ultimi anni evidenziano che il modello RISICO trova i suoi margini di perfezionamento nella più alta risoluzione spaziale, associata ad una dettagliata copertura vegetale del suolo, nella qualità delle informazioni meteorologiche e nell'utilizzo di informazioni satellitari.



Credits

I° AGGIORNAMENTO DEL MANUALE D'USO DEL SISTEMA PREVISIONALE DELLA PERICOLOSITÀ POTENZIALE DEGLI INCENDI BOSCHIVI RIS.I.CO. - RISICO2015

(A cura di Paolo Fiorucci, Mirko D'Andrea, Silvia Bastia, Andrea Gollini, Saverio Gualtieri, Dario Negro, Massimiliano Severino)

Il sistema previsionale della pericolosità potenziale degli incendi boschivi illustrato nel presente Manuale, è il risultato del lavoro di molte persone che hanno contribuito per la parte tecnico-scientifica e per quella di validazione, con l'utilizzazione operativa quotidiana.

Dal 2003 infatti una serie di convenzioni tra il Dipartimento della protezione civile (DPC) e la Fondazione CIMA (CIMA), in qualità di Centro di competenza del DPC, hanno disciplinato lo sviluppo, l'implementazione, la manutenzione operativa ed il funzionamento del sistema previsionale della pericolosità potenziale degli incendi boschivi, denominato RIS.I.CO. (RISchio Incendi e COordinamento).

L'occasione della redazione del primo aggiornamento del Manuale d'uso del sistema RIS.I.CO. vuole essere quindi anche quella di raccogliere e citare (in

ordine alfabetico) coloro che nel corso degli anni, a vario titolo, con il proprio lavoro, i propri contributi, i propri suggerimenti, hanno permesso di realizzare l'attuale versione del sistema previsionale della pericolosità potenziale degli incendi boschivi (RISICO2015):

- Dott.ssa Silvia BASTIA (DPC);
- Ing. Guido BIONDI (CIMA);
- Ing. Mirko D'ANDREA (CIMA);
- Prof. Ing. Bernardo DE BERNARDINIS (DPC);
- Prof. Ing. Luca FERRARIS (CIMA);
- Ing. Paolo FIORUCCI (CIMA);
- Ing. Francesco GAETANI (CIMA);
- Dott. Andrea GOLLINI (DPC);
- Sig. Saverio GUALTIERI (DPC);
- Dott. Giacomo LOSAVIO (DPC);
- Dott. Ing. Silvano MEROI (DPC);
- Prof. Ing. Riccardo MINCIARDI (CIMA);
- Dott. Dario NEGRO (DPC);
- Ing. Paola PAGLIARA (DPC);
- Dott. Stefano PUPILLO (DPC);



- Dott.ssa Sabina RUFFO (DPC);
- Ing. Fabio SANTAMARIA (DPC);
- Ing. Anna SCIPIONI (Corpo Forestale dello Stato);
- Ing. Massimiliano SEVERINO (DPC);
- Prof. Ing. Franco SICCARDI (CIMA);

Si ringraziano, inoltre, tutti coloro che hanno collaborato e collaborano a vario titolo al progetto ed hanno contribuito al miglioramento del sistema RIS.I.CO. ed in particolare i colleghi del Centro Funzionale Centrale del DPC.

Si ringrazia infine il servizio COAU dell'Ufficio Gestione delle Emergenze del DPC, il Corpo Forestale dello Stato e le Amministrazioni regionali per i dati sugli

incendi occorsi, che sono utilizzati per la validazione e la calibrazione dei modelli di calcolo.

Citazione consigliata del volume:

Fiorucci P., D'Andrea M., Negro D., Gollini A., Severino M. (a cura di), 2015, I° aggiornamento del manuale d'uso del sistema previsionale della pericolosità potenziale degli incendi boschivi RIS.I.CO. – RISICO2015, Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della protezione civile e Fondazione CIMA.

