

LA PREVISIONE DEGLI EVENTI ESTREMI, UNA SFIDA IN CORSO

NONOSTANTE GLI ENORMI PROGRESSI, RESTANO APERTE MOLTE SFIDE PER CHI SVILUPPA SISTEMI MODELLISTICI PREVISIONALI; LA PREVISIONE DI EVENTI ESTREMI È SENZA DUBBIO UNA DELLE SFIDE PIÙ IMPEGNATIVE IN CORSO. LA COMUNITÀ SCIENTIFICA METEOROLOGICA INVESTE MOLTO NELLA QUANTIFICAZIONE DELL'INCERTEZZA ASSOCIATA ALLA PREVISIONE.

La previsione del tempo, basata su modelli che prevedono l'evoluzione dello stato dell'atmosfera in base alle equazioni della fisica, ha fatto enormi progressi che ognuno di noi può verificare nella sua vita di tutti i giorni. È anche vero che le aspettative sono notevolmente cresciute. Si notano anticipi o ritardi nella previsione di precipitazione di poche ore, quando è prevista pioggia si guarda con malcelata ironia la comparsa di qualche raggio di sole ecc. Nonostante gli enormi progressi rimangono però ancora aperte molte sfide per chi sviluppa sistemi modellistici previsionali e, senza ombra di dubbio, la previsione dell'occorrenza di eventi estremi rimane una delle sfide più grandi che ancora ci troviamo ad affrontare.

Purtroppo è evidente per tutti che, negli ultimi decenni, il numero di eventi meteorologici estremi "ad alto impatto" è notevolmente cresciuto. La necessità di affrontare in modo scientifico, sistematico e organizzato questo problema ha portato l'Organizzazione meteorologica mondiale (Wmo, *World Meteorological Organization*) ad avviare un nuovo Programma decennale denominato *High Impact Weather* (HIW, https://www.wmo.int/pages/prog/arep/wwrp/new/high_impact_weather_project.html).

Questo programma raccoglie parte dell'eredità di un altro importante Programma Wmo terminato nel 2014, Thorpex (*The Observing System Research and Predictability Experiment*), dove il focus era già chiaramente sul miglioramento della predicibilità di quegli eventi meteorologici che causano danni ai beni, alle attività sociali e, soprattutto, perdita di vite umane. Uno degli approcci più avanzati su cui la comunità scientifica meteorologica, sia operativa che di ricerca, sta maggiormente investendo è l'approccio di *ensemble* nel quale si cerca di quantificare l'incertezza associata a una previsione, nella consapevolezza che le previsioni



FOTO: E. DAPHNE

conterranno sempre sorgenti di errore non del tutto eliminabili.

Da anni, il Servizio IdroMeteoClima di Arpa Emilia-Romagna (Arpa-Simc) è all'avanguardia nel campo delle previsioni di *ensemble* ad alta risoluzione spaziale. Arpa-Simc ha implementato e sviluppato il sistema previsionale Cosmo-LEPS (*CONsortium for Small-scale MOdelling Limited-area Ensemble Prediction System*); questo sistema è utilizzato all'interno del consorzio Cosmo dal 2003 e si è dimostrato in grado di generare previsioni probabilistiche con un elevato grado di affidabilità per l'identificazione di eventi intensi e localizzati.

Attualmente, Arpa-Simc sta sviluppando un sistema di previsione di *ensemble* ad alta risoluzione spaziale, allo scopo di descrivere anche l'incertezza associata alle previsioni con elevato dettaglio spaziotemporale. Infatti, è ormai ampiamente riconosciuto che l'incertezza previsionale affligge anche le previsioni più dettagliate, anzi si può affermare che proprio queste sono le meno adatte a essere interpretate in senso deterministico, a causa dell'elevata incertezza nella descrizione dei fenomeni convettivi o che sono condizionati da interazione con la superficie, e anche a causa della rapida propagazione degli errori che dalla piccola scala vanno a influenzare la media e grande scala. L'*ensemble* attualmente in fase di sviluppo

sarà parte del sistema modellistico italiano Lami, in collaborazione con Usam e Arpa Piemonte. Cosmo-IT-EPS – nome formato dagli ingredienti "Cosmo", il modello operativo presso Arpa Emilia-Romagna-Servizio IdroMeteoClima, "IT", in quanto copre l'intero territorio nazionale, ed "EPS" acronimo correntemente usato per *Ensemble Prediction System*, sistema di previsioni di *ensemble* – effettua previsioni probabilistiche tramite 10 integrazioni (16 nell'esempio qui riportato) del modello Cosmo. Il modello discretizza l'atmosfera con una griglia il cui passo orizzontale è 2.8 km, mentre in verticale utilizza 50 livelli non equamente distribuiti; le condizioni iniziali e al contorno per la fase sperimentale sono fornite da 10 elementi dell'*ensemble* operativo Cosmo-LEPS. Nella sua fase operativa, le condizioni dell'atmosfera da cui il modello inizia la simulazione/previsione saranno invece ricavate tramite un nuovo metodo sviluppato all'interno del consorzio Cosmo che permetterà di utilizzare anche dati non convenzionali come i dati di riflettività della rete radar nazionale. Per migliorare la descrizione delle sorgenti di incertezza previsionale legate alla specifica formulazione del modello, si applicano anche metodologie che consentano di rappresentare le incertezze nella descrizione dei vari processi fisici.

Evento a Genova il 9 e il 10 ottobre 2014

L'evento che ha colpito Genova lo scorso autunno fornisce un importante banco di prova per i sistemi modellistici in fase di sviluppo, considerata la difficoltà insita nella sua previsione, in particolare se si richiede un elevato livello di dettaglio spaziale e temporale. Tuttavia va ricordato che la *performance* di ogni sistema su un singolo evento va considerata con le dovute precauzioni, in quanto la reale valutazione del sistema va effettuata su solide basi statistiche tramite l'utilizzo di indici idonei a esprimere la qualità del sistema su un campione significativo di eventi.

In *figura 1* sono riportate le mappe di precipitazione stimata da pluviometri durante la giornata del 9 ottobre 2014, dalle 0 alle 24, accumulate su periodi di 6 ore. La precipitazione ha interessato l'intera giornata, e anche quella successiva, ma l'impulso più critico, tanto per gli effetti quanto per la difficoltà previsionale, è stato quello della sera (dalle 18 alle 24 UTC, pannello in basso a destra in *figura 1*). Come si vede dalla legenda, sono stati registrati massimi locali oltre i 200 mm in 6 ore. Le corse operative dei modelli a disposizione hanno fornito una previsione abbastanza buona, ma sottostimavano significativamente la precipitazione in tale intervallo

FIG. 1
PREVISIONE,
EVENTI ESTREMI

Precipitazione registrata in Liguria il 9 ottobre 2014 tra le 0:00 e le 6:00 (in alto a sinistra), tra le 6:00 e le 12 (in alto a destra), tra le 12:00 e le 18:00 (in basso a sinistra) e tra le 18:00 e le 24:00 UTC del 9 ottobre 2014.

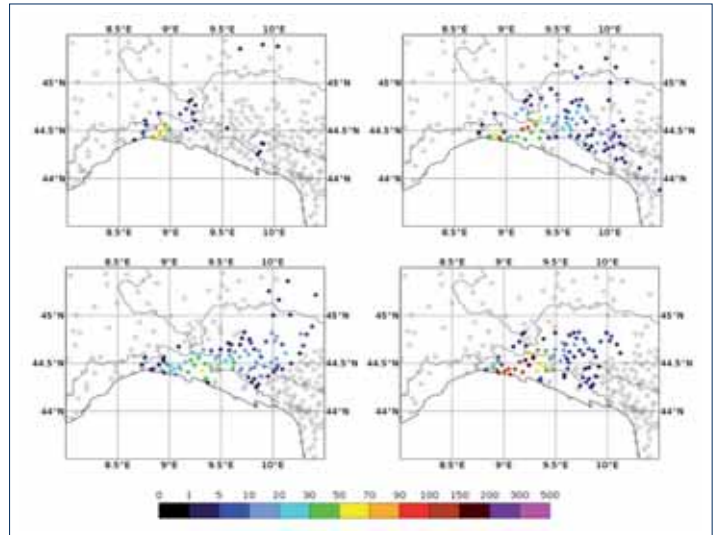


FIG. 2
PREVISIONE,
EVENTI ESTREMI

Precipitazione prevista in Liguria da Cosmo-12 per il periodo 18:00-24:00 UTC del 9 ottobre 2014. La scala colori è la stessa delle mappe delle osservazioni.

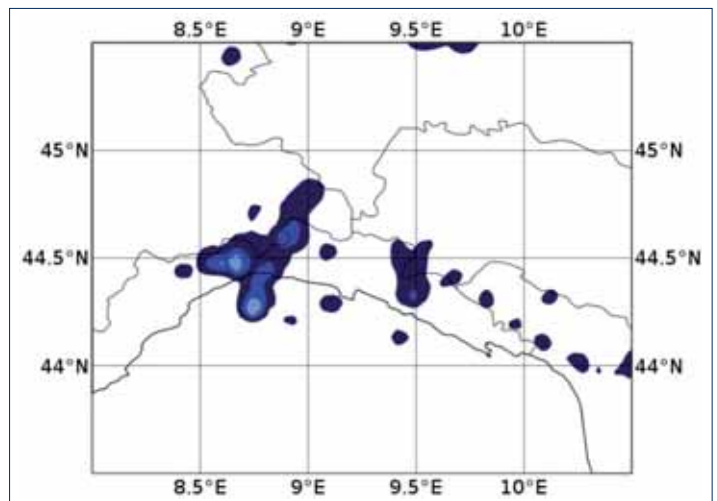
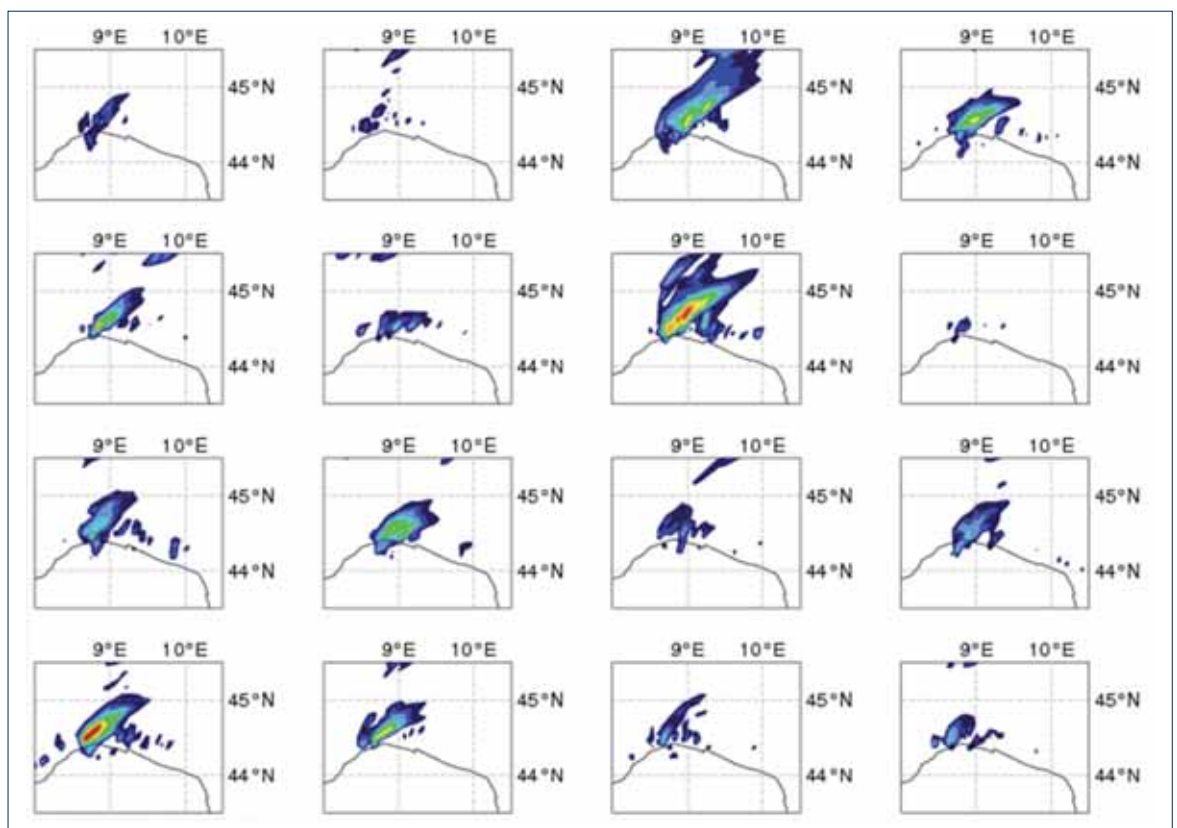


FIG. 3
PREVISIONE,
EVENTI ESTREMI

Precipitazione prevista dai 16 membri di Cosmo-IT-EPS per il periodo 18-24 UTC del 9 ottobre 2014.



temporale e mostravano incertezza sulla sua localizzazione. A titolo di esempio, si veda la previsione effettuata a partire dallo 00 del 9 ottobre del modello Cosmo-I2 (figura 2); la corsa sottostima la precipitazione occorsa, ma va sottolineato che il *forecast* aveva previsto piogge sull'area per l'intera giornata del 9 ottobre, fornendo in generale, su scala regionale, una previsione comunque utile. In questa mappa stiamo concentrandoci su una previsione a grande dettaglio spazio-temporale, che rappresenta attualmente una delle massime sfide per i modelli operativi.

Le potenzialità di un sistema di *ensemble*, e del suo valore aggiunto consistente in un approccio probabilistico al problema della previsione meteorologica a elevata risoluzione spazio-temporale, può essere esemplificato esaminando le mappe di figura 3; sono mostrate le previsioni per lo stesso intervallo di 6 ore effettuate da Cosmo-IT-EPS, inizializzato alle 00 del 9 ottobre 2014. Come si può notare, alcuni elementi, specificamente il settimo e il tredicesimo, e in misura minore il terzo, quarto, quinto, decimo e quattordicesimo, forniscono una previsione di tutt'altro tipo: precipitazioni molto intense, oltre i 100 mm in 6 ore, sulla zona di Genova (pur con una localizzazione spostata di alcune decine di km verso ovest rispetto all'osservato). Tale informazione andrà opportunamente elaborata in base a una chiave interpretativa delle previsioni probabilistiche che è altresì in fase di sviluppo tanto presso Arpa-Simc quanto presso l'intero consorzio Cosmo.

È utile visualizzare la media dell'*ensemble* e la sua deviazione standard? È utile effettuare operazioni di aggregazione spaziale per meglio tenere conto dell'incertezza sulla localizzazione del fenomeno? Quali sono i quantili della distribuzione dei membri che possono meglio supportare l'utilizzo operativo del sistema previsionale?

L'interpretazione delle previsioni di *ensemble* è, infatti, non ovvia, in quanto sono disponibili diversi scenari e si potrebbe correre il rischio di generare troppi falsi allarmi, con conseguenze non accettabili in un contesto operativo di supporto a un sistema di protezione civile.

In figura 4 si vede come si presenta il campo di precipitazione medio sulla stessa area (media di tutti gli elementi dell'*ensemble*), con relativa deviazione standard; pur se la precipitazione non è molto elevata, considerando che proviene da una media di 16 elementi, fornisce

una stima più "robusta" dell'entità attesa dell'evento, conducendo a un aumento della confidenza nello scenario previsto. Inoltre, la variabilità associata, ed espressa dalla deviazione standard, conferma che l'area interessata dal fenomeno è circoscritta alla zona in questione, con incertezza sull'entità del massimo. Un altro tipo di rappresentazione summenzionato è riportato in figura 5, dove si vedono il 90-esimo e il 10-esimo quantile della distribuzione degli elementi dell'*ensemble* per il medesimo intervallo di 6 ore. Si può vedere come i quantili più elevati prevedano

precipitazioni molto intense, anche se gli elevati massimi osservati da alcuni pluviometri non sono raggiunti dalla previsione.

Tiziana Paccagnella, Davide Cesari, Chiara Marsigli, Andrea Montani, Paolo Patruno, Maria Stefania Tesini

Servizio IdroMeteoClima
Arpa Emilia-Romagna

NOTE

Si ringrazia Arpa Liguria per avere fornito i dati di precipitazione osservati sulla regione.



FIG. 4
PREVISIONE,
EVENTI ESTREMI

Media (campo a colori) e deviazione standard (linee nere) della precipitazione prevista in Liguria da Cosmo-IT-EPS per il periodo 18-24 UTC del 9 ottobre 2014.

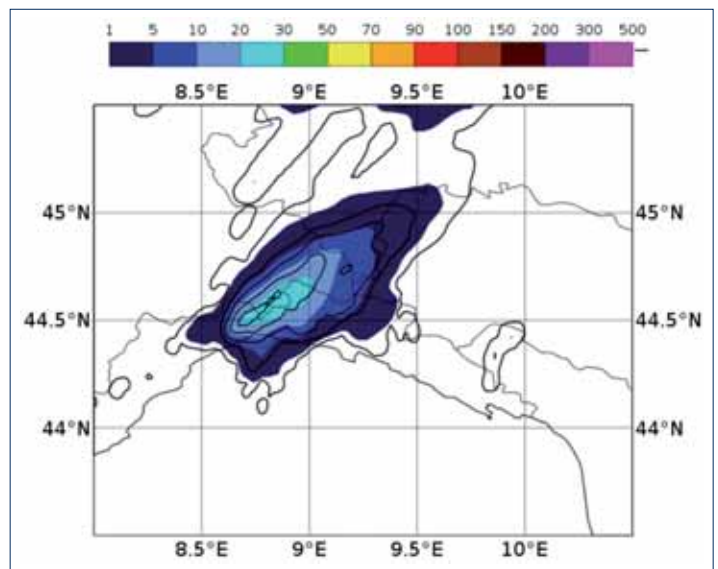
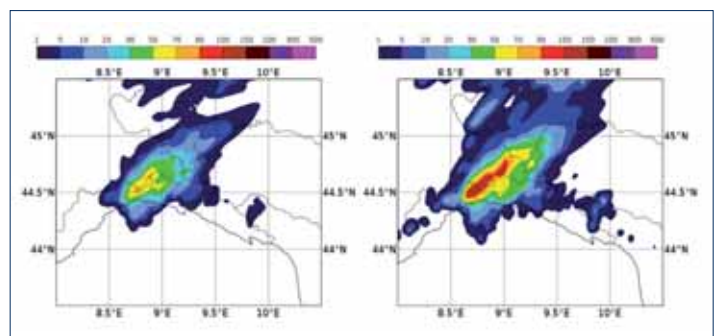


FIG. 5
PREVISIONE,
EVENTI ESTREMI

Quantili (90-esimo a sinistra e 100-esimo a destra) della precipitazione prevista in Liguria dai 16 elementi di Cosmo-IT-EPS inizializzato il 9 ottobre alle 00 UTC per il periodo 18-24 UTC del 9 ottobre 2014.



ARPA EMILIA-ROMAGNA, LA MODELLISTICA METEOROLOGICA

LA MODELLISTICA BASATA SUL SISTEMA COSMO, L'USO E GLI SVILUPPI GRAZIE ALLA COOPERAZIONE EUROPEA

ArpaER-Serizio IdroMeteoClima sviluppa e gestisce, in collaborazione con il Servizio meteorologico dell'Aeronautica militare e Arpa Piemonte, il modello meteorologico ad area limitata (LAM, *Limited-Area Model*) di riferimento per il Dipartimento di Protezione civile nazionale. Il modello, o meglio *sistema modellistico*, è denominato LAMI (LAM-Italia) ed è basato sul modello Cosmo.

Cosmo non è solo un modello, ma anche un ambito di sviluppo e di ricerca in forma di consorzio (*CO*nsortium for *S*mall-scale *M*odeling), all'interno del quale alcuni paesi europei - Germania (capofila), Grecia, Italia, Polonia, Romania, Russia e Svizzera - decidono insieme le strategie di sviluppo e collaborano per la loro realizzazione. L'idea di concentrare gli sforzi nello sviluppo dei modelli per le previsioni del tempo a breve termine, ha dato vita in Europa alla suddivisione in consorzi modellistici, nei quali si svolge il dibattito, la ricerca e lo sviluppo dei modelli utilizzati dai Servizi meteo operativi. La suddivisione in consorzi è organizzata grazie al programma di Eumetnet denominato C-SRNWP (*Coordinamento di Short-Range Numerical Weather Prediction*). L'Europa è suddivisa in 4 grandi gruppi: il consorzio **Aladin**, che comprende il sottogruppo **Lace**; il consorzio **Hirlam**, il consorzio **Cosmo**, di cui fa parte anche l'Italia, e il **Met Office**, il Servizio meteo del Regno Unito, che è essenzialmente un consorzio di per sé.

Il modello Cosmo è utilizzato anche da altri paesi nel mondo (ad es. in Brasile, in Oman, nelle Filippine ecc.), rendendo il consorzio più ricco anche grazie agli studi necessari per rendere applicabile il modello in aree meteorologicamente molto diverse, come quelle tropicali. L'attività nei consorzi permette inoltre di mantenere aggiornato il modello, grazie al costante confronto sia teorico, sia in termini di prestazioni dei diversi modelli. In questi anni sono stati organizzati diversi confronti con verifiche oggettive che permettono di evidenziare i reciproci punti di forza o di debolezza, con l'obiettivo di proporre misure di miglioramento.

Un fattore comune a tutti è l'attuale indirizzamento dei sistemi verso la scala *Convection Permitting*, quella alla quale i modelli sono in grado di sviluppare da soli i sistemi convettivi, che sono certamente tra i fenomeni più rilevanti per molti paesi. Tale scala è spazialmente dell'ordine di 1 km e richiede numerosi miglioramenti dei modelli:

- sviluppi numerici (stabilità anche in presenza di sistemi convettivi molto intensi e in presenza di orografia complessa)
- sviluppi nella fisica, cioè nella descrizione di quei fenomeni di piccola scala che ancora i modelli non possono rappresentare esplicitamente e che sono quindi "parametrizzate" (ad esempio la turbolenza) e miglioramento dell'interazione tra le diverse parametrizzazioni
- migliore descrizione delle specie microfisiche e dei processi di scambio tra esse
- maggiore attenzione verso la modellazione del suolo (ad es. nella modellazione della copertura vegetale e del suo ciclo stagionale) e dei processi che avvengono al suo interno
- previsioni probabilistiche, viste ormai come elemento fondamentale sia per la fase previsionale che per quella di assimilazione dati
- revisione dei codici per poter fare fronte all'aumentata richiesta di risorse e per ottimizzare l'utilizzo delle nuove piattaforme di calcolo

In Arpa-Simc il modello Cosmo è utilizzato

come ingrediente base per l'intera catena modellistica. Questa, schematizzata nella *figura 2*, consta attualmente di diversi ingredienti.

Il ramo delle previsioni deterministiche consta principalmente delle due catene operative Cosmo-I7 e Cosmo-I2, che sono integrazioni del modello Cosmo rispettivamente a 7 e 2.8 km di risoluzione orizzontale, con diversi orizzonti di previsione (72 e 48 ore). Entrambe le corse sono effettuate due volte al giorno e coprono l'intero territorio nazionale. Inoltre, sono inizializzate da uno stato dell'atmosfera ottenuto da un ciclo continuo di assimilazione dati, basato sulla tecnica del *nudging*. È attualmente pre-operativa, ma diventerà presto operativa, una versione di Cosmo-I2 detta RUC (*Rapid Updating Cycle*), nella quale le corse del modello sono 8 al giorno, ciascuna a 18 ore, in modo da disporre di previsioni sempre aggiornate poiché partite da una condizione iniziale più recente, che fa un migliore uso dei dati osservati appena ricevuti (tra cui il dato radar).

Il ramo delle previsioni probabilistiche è da anni basato sul sistema di *ensemble* operativo Cosmo-LEPS, un *ensemble* a 7 km di risoluzione che copre una vasta porzione di Europa ed è il sistema di *ensemble* del consorzio Cosmo. A questo si sta affiancando un sistema di *ensemble* nazionale, Cosmo-IT-EPS, che inizierà a breve la fase pre-operativa (risoluzione spaziale di 2.8 km, copertura del territorio italiano); l'*ensemble* sarà dotato di nuove perturbazioni della fisica, del suolo e soprattutto della condizione iniziale, basata sul sistema di assimilazione dati del consorzio Cosmo denominato Kenda, che in prospettiva sarà utilizzato anche per costruire una migliore condizione iniziale per le corse deterministiche. Tutte le catene modellistiche sono in revisione e nel corso del prossimo anno le risoluzioni spaziali aumenteranno, permettendo una rappresentazione più raffinata dei processi rilevanti per la previsione meteorologica di eventi intensi.

FIG. 1
MODELLISTICA
METEO,
CONSORZI EUROPEI

Mappa dei quattro consorzi europei di SRNWP (Short Range Numerical Prediction).

Fonte: Eumetnet



FIG. 2
MODELLISTICA
METEO, ARPA
EMILIA-ROMAGNA

La catena modellistica in uso per il sistema di previsioni prodotto Arpa Emilia-Romagna.

