

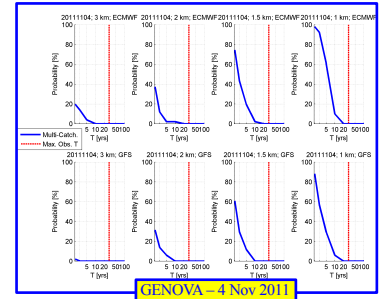
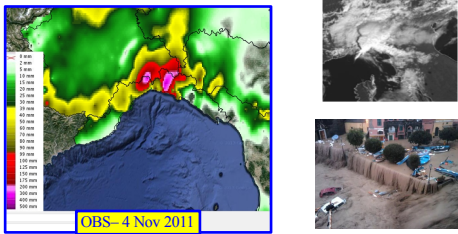
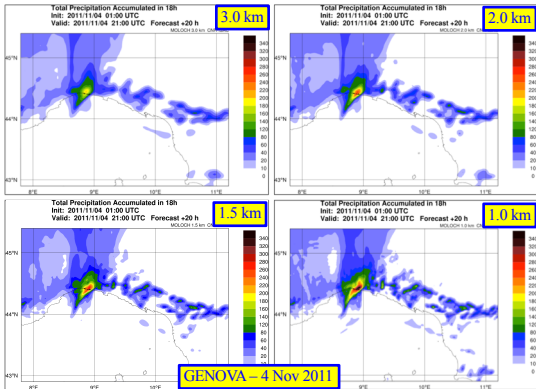
Silvio Davolio<sup>1</sup>, Piero Malguzzi<sup>1</sup>, Oxana Drofa<sup>2</sup>, Daniele Mastrangelo<sup>1</sup>, Andrea Buzzi<sup>1</sup>, Thomas Gastaldo<sup>2</sup>, Francesco Silvestro<sup>3</sup>, Laura Poletti<sup>3</sup>

(1) CNR-ISAC, Bologna; (2) Università di Bologna; ARPAE, Bologna; Fondazione CIMA, Savona

I modelli meteorologici **GLOBO**, **BOLAM** e **MOLOCH**, sviluppati presso CNR-ISAC, sono utilizzati quotidianamente per effettuare **previsioni numeriche a diverse scale spatio-temporali** nell'ambito di un'Intesa con il Dipartimento della Protezione Civile nazionale e per **attività di ricerca nel campo della Meteorologia Dinamica**. In particolare, nel presente lavoro, si descrive l'applicazione di **MOLOCH** (modello non idrostatico, ad alta risoluzione, in grado di rappresentare esplicitamente i fenomeni convettivi) per la simulazione di recenti **eventi di precipitazione intensa in Liguria**, allo scopo di studiare i **processi dinamici** responsabili della formazione e sviluppo di intensi sistemi convettivi a mesoscala e valutarne la capacità di prevedere correttamente la precipitazione ad essi associata. Attraverso l'**accoppiamento del modello meteorologico con un modello idrologico distribuito**, i risultati sono stati anche analizzati e valutati in termini di effetti al suolo.

**EVENTI ALLUVIONALI del 2011: CINQUE TERRE E GENOVA IMPATTO DELLA RISOLUZIONE ORIZZONTALE DI MOLOCH**

La catena di previsioni idro-meteorologica è composta dal modello meteorologico **MOLOCH**, dal modello di downscaling stocastico **RainFARM** e dal modello idrologico **DRiPit** e produce un ensemble di previsione di portata di 100 membri.



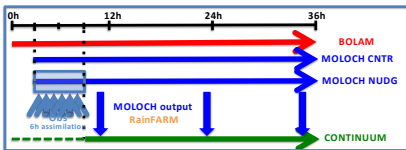
Probabilità (asse-y) di superare il tempo di ritorno (asse-x) e tempo di ritorno osservato (linea rossa). Sensibilità della previsione idrologica alla risoluzione di MOLOCH e a differenti inizializzazioni (ECMWF e GFS).

**PROCESSI A DIVERSE SCALE SPAZIO-TEMPORALI responsabili dello sviluppo dei sistemi convettivi:** componente a scala sinottica/meso- $\alpha$  (onda baroclinica in avvicinamento e low-level jet); componente meso- $\beta$  (**corrente di densità** in uscita dalla Pianura Padana); componente meso- $\gamma$  (celle convettive). La posizione della **linea di convergenza sul Mar Ligure** localizza l'innescio dei sistemi convettivi che, propagando verso la costa e intensificandosi quando incontrano l'Appennino, sono causa della precipitazione intensa.



L'incremento della **risoluzione orizzontale** di MOLOCH produce un miglioramento delle previsioni di precipitazione e di portata, soprattutto per l'evento di Genova per il quale la convezione è ben organizzata sulla linea di convergenza. In generale l'eccezionale intensità dell'evento risulta comunque sottostimata.

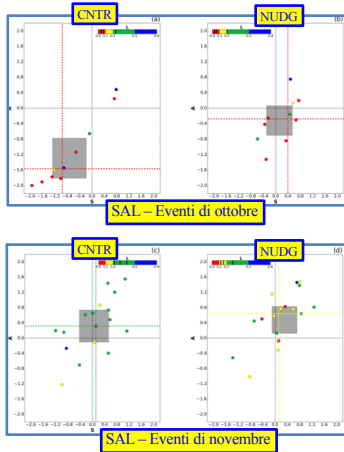
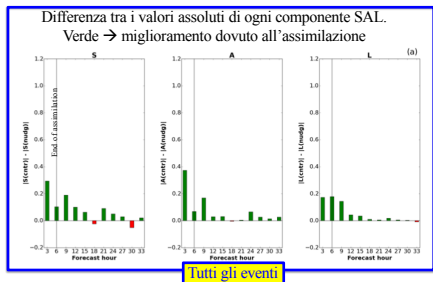
**ASSIMILAZIONE DATI DI PRECIPITAZIONE: IMPATTO SULLA PREVISIONE METEO-IDROLOGICA**



Sono stati simulati numerosi eventi di precipitazione intensa che hanno interessato la Liguria nell'**autunno del 2014**. Un numero rilevante (29) di previsioni idro-meteorologiche sono state effettuate per mezzo della catena modellistica basata su **MOLOCH**, **RainFARM** e **Continuum** (modello idrologico distribuito). La performance dell'assimilazione dati applicata a MOLOCH è stata valutata quantitativamente attraverso la metodologia *object-oriented SAL* e in termini di risposta idrologica.

L'**assimilazione** è basata su uno schema di *nudging* che modifica progressivamente i profili di umidità specifica del modello in base alla differenza tra precipitazione osservata e prevista:

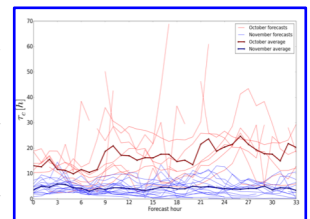
$$\frac{\partial q(k)}{\partial t} = -\frac{v(k)}{\tau} [q(k) - \varepsilon_q^*(k)] \cdot \sqrt{P_{DIFF}}$$



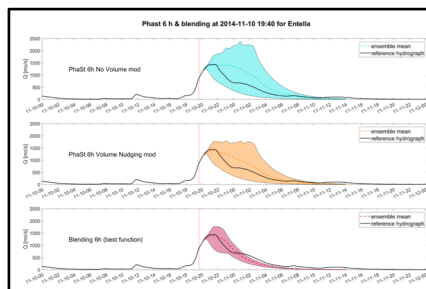
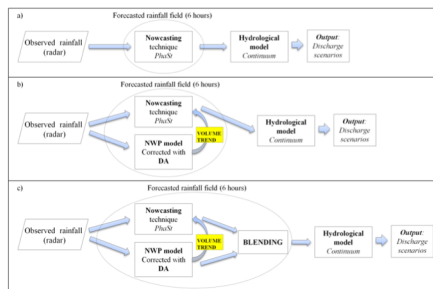
I SAL plots (soglia 5mm/3h) indicano che l'**assimilazione migliora sistematicamente la precipitazione prevista nelle prime 3-6 ore**. L'impatto dell'assimilazione è molto maggiore per gli eventi occorsi in ottobre, rispetto a quelli di novembre, in conseguenza delle diverse caratteristiche dinamiche dell'ambiente (*equilibrium vs non-equilibrium convection*), definite attraverso il **convective time scale  $\tau_c$** .

In ottobre  $\tau_c$  **grande** (*non-equilibrium convection*) indica che il debole forcing a grande scala e l'alta CIN favoriscono l'accumulo di energia (CAPE) finché non si generano localmente le condizioni per l'innescio della convezione, la quale rapidamente consuma tutta la CAPE disponibile. La convezione risulta poco predicibile in quanto dipende da fattori locali. L'assimilazione può forzare la convezione correttamente. In novembre ( $\tau_c$  **piccolo**, *equilibrium convection*), la forzante a grande scala domina e rapidamente rimuove l'eventuale correzione introdotta dall'assimilazione.

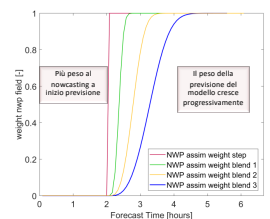
$$\tau_c = \frac{CAPE}{dCAPE} = \frac{1}{2} \frac{c_p \rho T_0}{L_g} \frac{CAPE}{P}$$



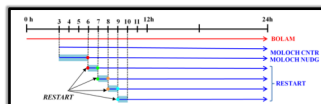
**NOWCASTING E ASSIMILAZIONE DATI PER IL MIGLIORAMENTO DELLA PREVISIONE METEO-IDROLOGICA**



Allo scopo di migliorare la previsione meteo-idrologica a brevissimo termine (2-8 ore) in bacini di piccole dimensioni, sfruttando sia le osservazioni che la modellistica, si è sperimentato sull'area della Liguria un sistema basato su: (i) un **modello probabilistico di nowcasting della precipitazione (PhaSt)**, in grado di estrapolare l'evoluzione della pioggia dalle osservazioni; (ii) un **modello meteorologico ad alta risoluzione (MOLOCH)** con assimilazione dati; (iii) un **modello idrologico distribuito (Continuum)** per le previsioni di portata.



PhaSt (Phase Stochastic nowcasting technique) genera un ensemble



I campi di precipitazione del nowcasting e del modello meteorologico sono stati utilizzati in diversi modi. In particolare sono state testate alcune funzioni di **blending** per combinarli in maniera appropriata a seconda dell'orizzonte di previsione.

