

Il Sistema previsionale Idro-Meteo-Mare di ISPRA: implementazioni operative in ambito ambientale, applicazioni di ricerca e linee di sviluppo

Dr. Stefano Mariani

ISPRA – Dipartimento per il Monitoraggio e la Tutela dell'Ambiente e per la Conservazione della Biodiversità

Area per l'idrologia, l'idrodinamica e l'idromorfologia, lo stato e la dinamica evolutiva degli ecosistemi delle acque interne superficiali



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

Incontro di coordinamento attività relative alla modellistica numerica per le previsioni meteorologiche
Stato Maggiore dell'Aeronautica, 03/02/2022

SIMM – BACKGROUND

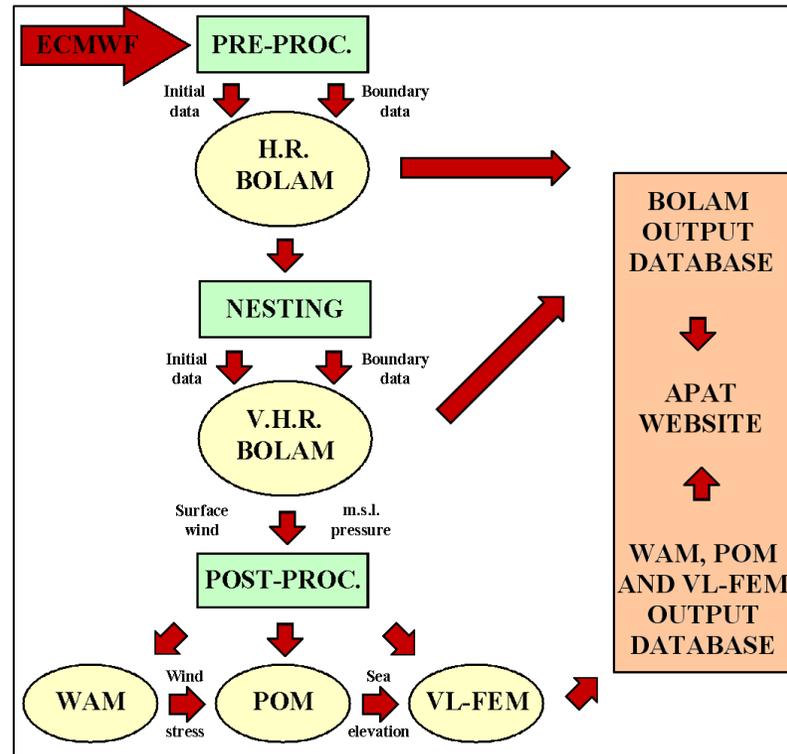
I principi fondanti del SIMM a fine anni 90:

- ☐ integrare la modellistica meteorologica e quella marina alla risoluzione del limite idrostatico sull'intero Bacino del Mediterraneo;
- ☐ fornire previsioni meteo e meteo-marine nell'area del Mediterraneo, caratterizzata da un «*complex terrain*» e dall'interazione di diversi fenomeni operanti su un intervallo di scale, dal km alla scala sinottica.

Attività congiunta DSTN-ENEA.

Inizialmente implementato sul supercalcolatore parallelo QUADRICS (APE100 Array Processor Experiment project, 100 GigaFLOPS) in linguaggio TAO.

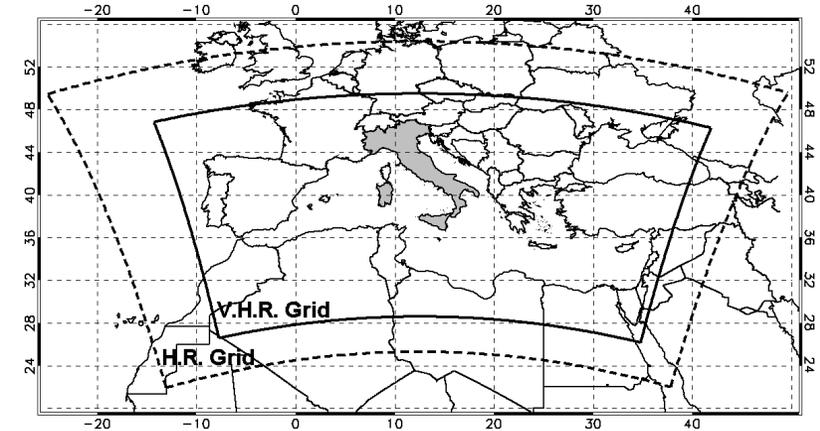
Dal 2000 il SIMM è stato operativo al DSTN (poi APAT e ora ISPRA).



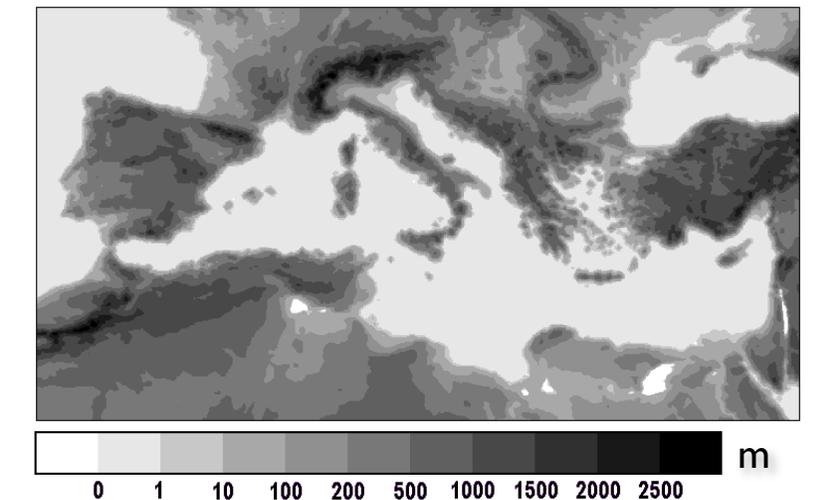
Speranza et al., 2007

“[...] aimed at creating an integrated system, which combines analysis-forecast of weather, together with the relevant sea-surface and hydrological post-processes”

Domini originari del BOLAM SIMM
H.R. BOLAM a 0.3° («padre»)
V.H.R. BOLAM a 0.1° («figlio»)



Topografia (in m) della V.H.R. grid



Speranza et al., [Nuovo Cimento 2004](#), [Meteorol.Appl. 2007](#)



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



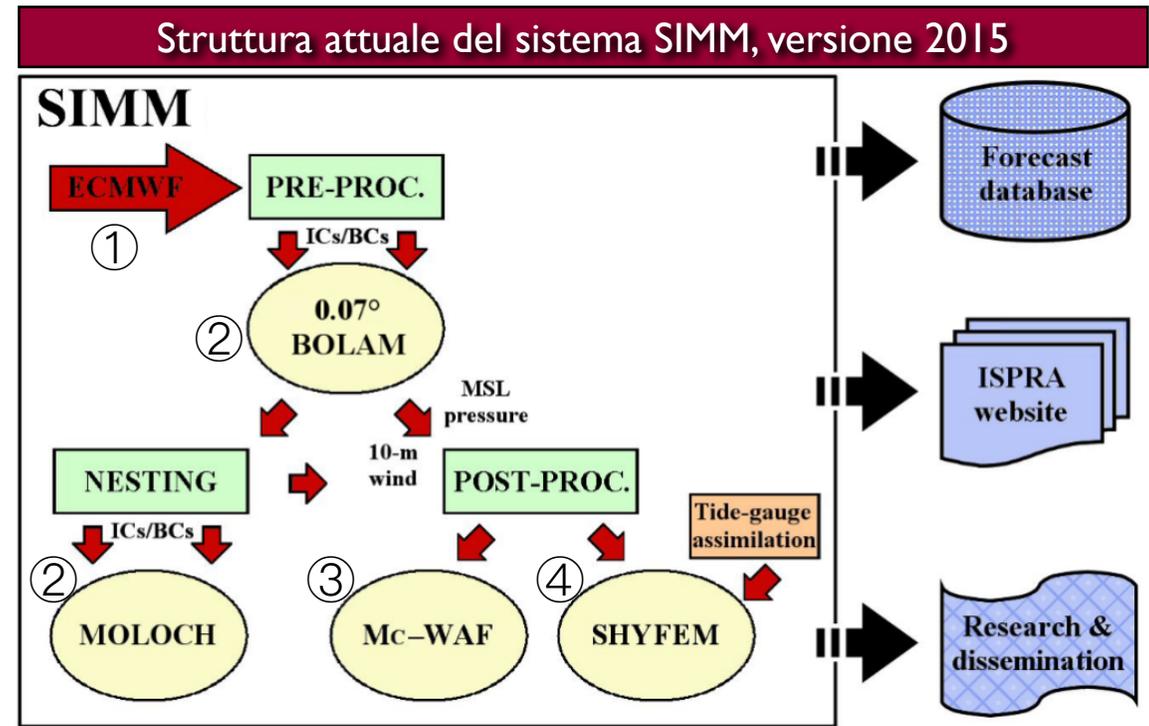
Systema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

IL SIMM, SISTEMA PREVISIONALE IDRO-METEO-MARE

Le previsioni del SIMM sono state oggetto di una robusta e continua attività di *forecast verification* e di *model intercomparison*.

I risultati di tali attività hanno guidato negli anni le **campagne di aggiornamento del sistema** che hanno portato alla sostituzione e/o all'aggiornamento di alcune componenti del SIMM con moduli più efficienti dal punto di vista computazionale e di qualità della previsione numerica prodotta.

- ① Inizializzazione: **IFS-ECMWF** 0000 e 1200 UTC (46 I_v IBRID_I, 0.25°).
- ② Componente meteo basata sul modello idrostatico **BOLAM** sul Mediterraneo e sul modello non idrostatico **MOLOCH** sull'Italia, modelli sviluppati dal CNR-ISAC.
- ③ Sistema di previsione d'onda costiero mediterraneo **MC-WAF**, basato sul WAM di 3^a generazione in cascata al BOLAM per il Mediterraneo e al MOLOCH per le aree regionali e costiere.
- ④ Componente di previsione *storm surge* per l'Alto Adriatico basato su **SHYFEM**, sviluppato dal CNR-ISMAR, accoppiato con le previsioni dell'IFS-ECMWF e del BOLAM, con e senza assimilazione dati della rete mareografica.



Convenzione ISPRA – AM per dati IFS-ECMWF

SIMM implementato su:

- Cluster ISPRA Centos Linux HA, 16 node, 256 core, 2GHz

In corso di implementazione su:

- Cluster ISPRA 20 node, 624 core, 2.8 GHz

BOLAM + MOLOCH: COMPONENTE METEO DEL SIMM

Gestione a cura del:
**Dipartimento Biodiversità / Area
Idrologia**

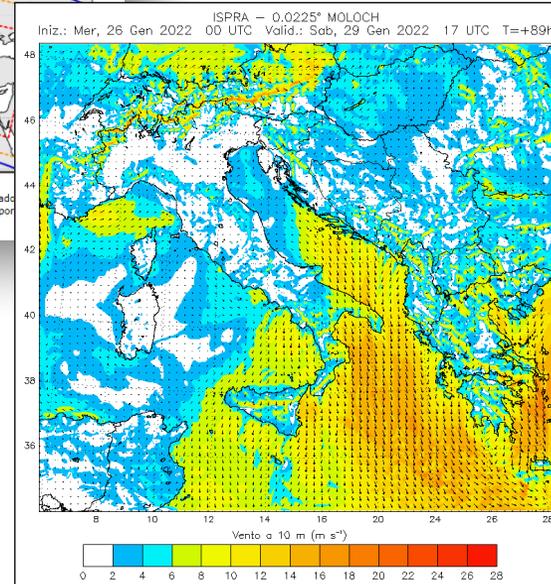
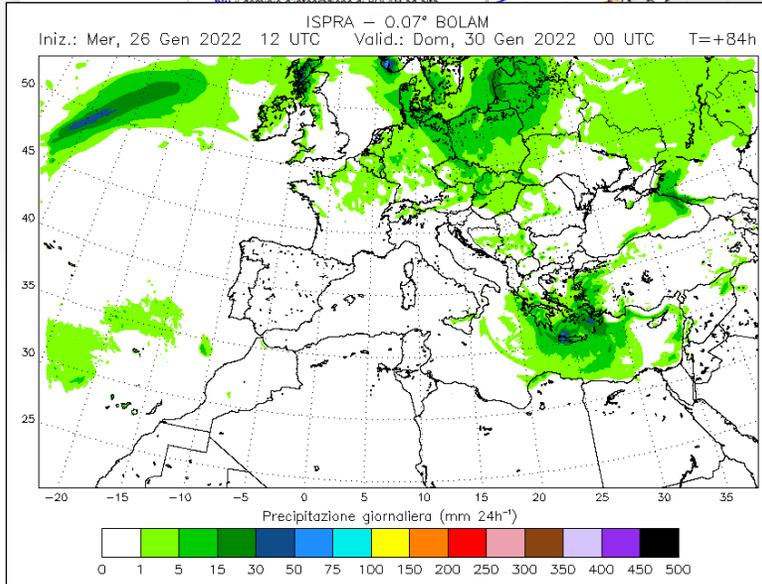
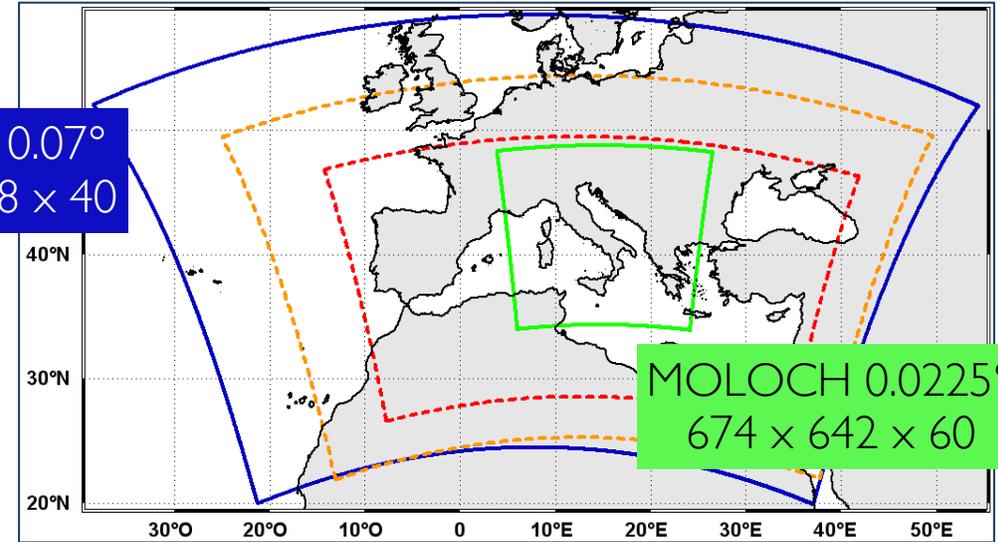
Monitoraggio, previsione e analisi eventi idro-meteorologici e meteo-marini intensi/severi

https://www.isprambiente.gov.it/pre_meteo



**BOLAM 0.07°
810 × 498 × 40**

**MOLOCH 0.0225°
674 × 642 × 60**



Due corse giornaliere a 0000 e 1200 UTC:

- ❑ BOLAM a 1h, + 144h *forecast*, online mappe orarie di 15 variabili + precipitazione a 1, 3, 6, 12 e 24 ore + meteogrammi città italiane
- ❑ MOLOCH a 1h, +96h *forecast*, online mappe di 8 variabili + precipitazione a 1, 3, 6, 12 e 24 ore
- ❑ Archivio online ultimi 2 mesi di *forecast*.

Mariani et. al, [Nat. Haz. Earth Syst. Sci., 2015](#), [Meteor.Appl., 2015](#)

MONITORAGGIO E ANALISI EVENTI

Dati in situ

Prodotti basati su dati satellitari

Modellistica (SIMM)

Analisi eventi

Forecast verification

Nubifragio a Palermo, una prima analisi di quanto accaduto

Un evento estremamente localizzato, avvenuto in un'area molto ristretta e in un arco breve di tempo. Fattori che rendono difficilmente prevedibile quanto avvenuto a Palermo nel pomeriggio di mercoledì 15 luglio, quando un violento nubifragio si è abbattuto sulla città provocando danni ingenti alle persone e alle cose.

L'eccezionale evento avvenuto nel capoluogo siciliano è ascrivibile al passaggio di una linea di instabilità che muovevasi sul Mediterraneo centrale tra la Sardegna, la Tunisia e la Sicilia, ha prodotto bande di intensa

Analisi ex post dell'evento mareale a Venezia del 16 ottobre 2020 e aggiornamento previsioni per le prossime 24 ore

Oggi si è nuovamente riunito il Tavolo tecnico sulle previsioni di marea composto da ISPRa, CNR ISMAR e Centro Mare del Comune di Venezia, per l'analisi dei dati relativi all'evento di alta marea registrato come da previsioni tra le 9 e le 11 i modelli operativi disponibili presso i tre enti ISPRa, ISPRa, CNR-ISMAR fornivano per la mattinata del 16 ottobre previsioni di marea con valori tra 115 e 125 cm dovuti principalmente all'instaurarsi del fenomeno della sessa generata dagli elevati livelli di marea raggiunti in alta Adriatico nella giornata del 15 ottobre. Rimaneva comunque un margine di incertezza, con possibilità di valori leggermente più elevati (130 cm) legato all'eventuale permanenza di venti da sud dello stretto di Otranto.

Confermatamente con tali previsioni, il livello in mare ha raggiunto valori di poco inferiori a 120 cm, con massimi misurati dalla rete mareografica integrata di ISPRa e del CP5M di 117 cm su ZMPS alle 10:40 presso la bocca di porto di Lido, 116 cm presso le bocche di Malamocco e Chioggia. La marea è rimasta su valori superiori a 110 cm per tutta la mezza, dalle 9:30 alle 11 circa.

Concomitanemente con tali previsioni, il livello in mare ha raggiunto valori di poco inferiori a 120 cm, con massimi misurati dalla rete mareografica integrata di ISPRa e del CP5M di 117 cm su ZMPS alle 10:40 presso la bocca di porto di Lido, 116 cm presso le bocche di Malamocco e Chioggia. La marea è rimasta su valori superiori a 110 cm per tutta la mezza, dalle 9:30 alle 11 circa.

Lentamente in funzione del M056, dalle ore 7:00 circa ha ridotto progressivamente il flusso mareale tra mare e laguna fino alla completa interruzione. La marea a Punta della Salute si è fermata ad un livello di 92 cm alle 9:05, per poi abbassarsi su un valore prossimo a 45 cm il massimo rilevato tra mare e centro storico di Venezia è stato di circa 75 cm tra le 9:40 e le 10:00.

I livelli raggiunti negli altri centri abitati lagunari sono stati (ZMPS): 46 cm a Burano, 48 cm a Murano, 46 cm a Cavallino Treporti, 85 cm a Chioggia Virgo.

12 novembre 2019 - un anno dall'acqua alta eccezionale a Venezia

È passato un anno dalla sera del 12 novembre 2019 quando Venezia si è trovata di fronte ad un'acqua alta eccezionale, seconda solo a quella del 1966, con un livello del mare che ha raggiunto 189 cm sullo Zero Mareografico di Punta della Salute. Un evento di assoluta eccezionalità, dovuto al sovrapporsi di diversi fattori, non ultimo il passaggio sul Nord Adriatico e sulla laguna di Venezia di un ciclone di piccole dimensioni con raffiche di vento oltre i 100 km/h. Oltre all'altissimo livello del mare, le raffiche di vento e le onde di altezza anomala per la laguna hanno ulteriormente intensificato l'impatto dell'evento sul centro storico di Venezia, come testimoniano le immagini delle imbarcazioni strappate dagli ondeggi e spinte sulle fondamenta.

Overview of the first HyMeX Special Observation Period over Italy: observations and model results

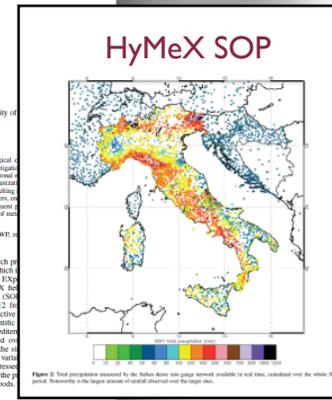
R. Ferretti¹, E. Fubelli², S. Grimaldi³, E. Mataldi⁴, B. Casali⁵, S. Davolio⁶, M. M. Migliorini⁷, G. Panegrossi⁸, L. Baldi⁹, F. Paoletti¹⁰, S. Marone¹¹, A. Zilli¹², S. Marone¹³, M. Casali¹⁴, G. Baradello¹⁵, N. Laghi¹⁶, A. Messori¹⁷, C. Montagna¹⁸, A. Messori¹⁹, A. Picchi²⁰, M. E. Ferraro²¹, V. Calandaro²², and R. Haines²³

¹ISPRa, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Rome, Italy
²CETEMPS, Department of Physics, University of Aquila, L'Aquila, Italy
³Institute of Atmospheric Sciences and Climate, CNR ISAC, Bologna, Italy
⁴Institute of Atmospheric Sciences and Climate, CNR ISAC, Rome, Italy
⁵Institute of Atmospheric Sciences and Climate, CNR ISAC, Lecce, Italy
⁶ARPA Piemonte - Weather Forecasting Department, Turin, Italy
⁷ARPA Friuli Venezia Giulia - OSMEC, Udine (Italy), Italy
⁸ARPA Emilia Romagna - SIMC, Bologna, Italy
⁹ARPA Basilicata, Potenza, Italy
¹⁰Institute of Atmospheric Sciences and Climate, CNR ISAC, Lecce, Italy
¹¹Institute of Atmospheric Sciences and Climate, CNR ISAC, Lecce, Italy
¹²INAF-CNR, Monte Porzio-Caton (Rome), Italy; University of "Parthenope", Naples, Italy
¹³INAF-CNR, Monte Porzio-Caton (Rome), Italy; University of "Parthenope", Naples, Italy
¹⁴INAF-CNR, Monte Porzio-Caton (Rome), Italy; University of "Parthenope", Naples, Italy
¹⁵INAF-CNR, Monte Porzio-Caton (Rome), Italy; University of "Parthenope", Naples, Italy
¹⁶INAF-CNR, Monte Porzio-Caton (Rome), Italy; University of "Parthenope", Naples, Italy
¹⁷INAF-CNR, Monte Porzio-Caton (Rome), Italy; University of "Parthenope", Naples, Italy
¹⁸INAF-CNR, Monte Porzio-Caton (Rome), Italy; University of "Parthenope", Naples, Italy
¹⁹INAF-CNR, Monte Porzio-Caton (Rome), Italy; University of "Parthenope", Naples, Italy
²⁰INAF-CNR, Monte Porzio-Caton (Rome), Italy; University of "Parthenope", Naples, Italy
²¹INAF-CNR, Monte Porzio-Caton (Rome), Italy; University of "Parthenope", Naples, Italy
²²INAF-CNR, Monte Porzio-Caton (Rome), Italy; University of "Parthenope", Naples, Italy
²³INAF-CNR, Monte Porzio-Caton (Rome), Italy; University of "Parthenope", Naples, Italy

The role of the Italian scientific community in the first HyMeX SOP: an outstanding multidisciplinary experience

SILVIO DAVOLIO¹, ROSSIELLA FERRETTI², LECA BALDI³, MARCO CASALI⁴, DOMENICO CIMENZI⁵, MASSIMO ENRICO FERRETTI⁶, SABRINA GRIMALDI⁷, NAIKA LUKINSKI⁸, IBA MAHLEUF⁹, AGOSTINO MANZATI¹⁰, STEFANO MARIANI¹¹, CHIARA MARSELLI¹², FRANK SILVIO MARZANO¹³, MARIO MARCELLO MIRETTI¹⁴, ANDEA MONTANI¹⁵, GIULIA PANEGROSSI¹⁶, FRANCESCO PASI¹⁷, EMANUELA PICHELLI¹⁸, ARTURO PICCOLI¹⁹ and ANDREA ZILLI²⁰

¹Institute of Atmospheric Sciences and Climate, CNR ISAC, Bologna, Italy
²CETEMPS, Department of Physics, University of Aquila, L'Aquila, Italy
³Institute of Atmospheric Sciences and Climate, CNR ISAC, Rome, Italy
⁴Institute for Environmental Protection and Research, ISPRa, Rome, Italy
⁵Institute of Methodologies for Environmental Analysis, CNR IMEA, Potenza, Italy
⁶ARPA Vares, Tesio (Pavia), Italy
⁷ARPA Piemonte - Weather Forecasting Department, Turin, Italy
⁸ARPA Friuli Venezia Giulia - OSMEC, Udine (Italy), Italy
⁹ARPA Emilia Romagna - SIMC, Bologna, Italy
¹⁰ARPA Basilicata, Potenza, Italy
¹¹Institute of Atmospheric Sciences and Climate, CNR ISAC, Lecce, Italy
¹²Institute of Atmospheric Sciences and Climate, CNR ISAC, Lecce, Italy
¹³INAF-CNR, Rome, Italy; INAF-CNR, Monte Porzio-Caton (Rome), Italy; University of "Parthenope", Naples, Italy
¹⁴INAF-CNR, Monte Porzio-Caton (Rome), Italy; University of "Parthenope", Naples, Italy
¹⁵INAF-CNR, Monte Porzio-Caton (Rome), Italy; University of "Parthenope", Naples, Italy
¹⁶INAF-CNR, Monte Porzio-Caton (Rome), Italy; University of "Parthenope", Naples, Italy
¹⁷INAF-CNR, Monte Porzio-Caton (Rome), Italy; University of "Parthenope", Naples, Italy
¹⁸INAF-CNR, Monte Porzio-Caton (Rome), Italy; University of "Parthenope", Naples, Italy
¹⁹INAF-CNR, Monte Porzio-Caton (Rome), Italy; University of "Parthenope", Naples, Italy
²⁰INAF-CNR, Monte Porzio-Caton (Rome), Italy; University of "Parthenope", Naples, Italy



- ❑ Monitoraggio dinamica eventi meteo/meteo-marini sul Mediterraneo e relazioni post-evento
- ❑ Collaborazione:
 - **ISPRa-ARPA Lombardia:** fornitura giornaliera pioggia MOLOCH a 5min per nowcasting su Lombardia
 - **ISPRa-ASSAM:** fornitura previsioni MOLOCH sulle Marche;
 - **ISPRa-CETEMPS** (in corso di definizione): utilizzo previsioni MOLOCH sull'Italia per l'impiego nella modellistica idrologica CHyM (CETEMPS Hydrological Model)
- ❑ Campagne previsionali per iniziative WMO (**MAP D-PHASE** su Spazio Alpino, **HyMeX** su MED)
- ❑ Forecast verification e model intercomparison a livello nazionale e internazionale (e.g., **INTERREG HYDROPTIMET** e **FORALPS, FP5 VOLTAIRE, MAP D-PHASE, MesoVICT**)

Ferretti et al., Hydrol. Earth Syst. Sci., 2013; Davolio et al., Met. Z., 2014

OUTPUT MOLOCH AD ALTA RISOLUZIONE TEMPORALE

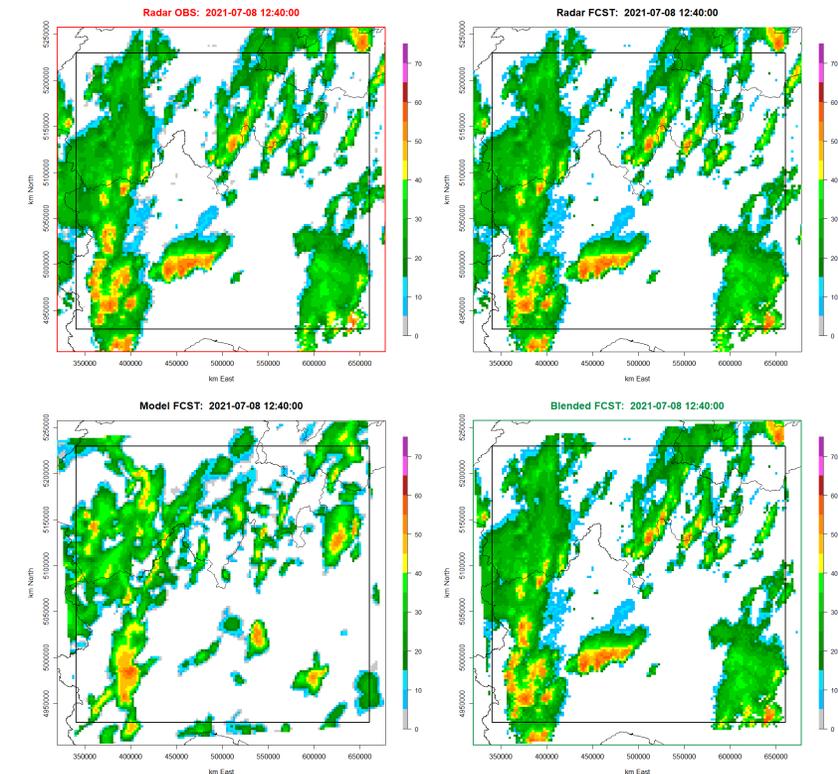
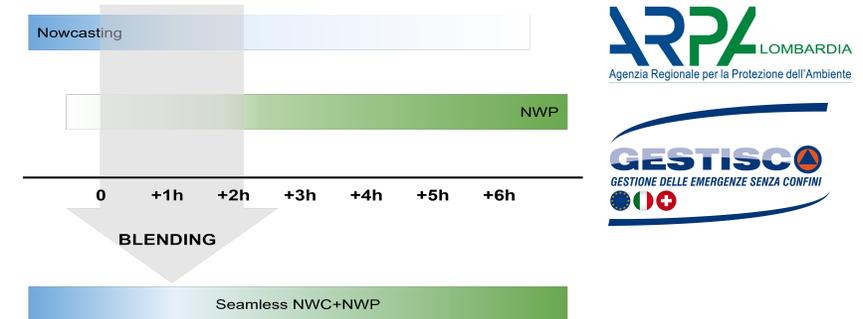
Collaborazione con ARPA Lombardia

Estrazione campi di precipitazione ad alta risoluzione spaziale (2,5 km) e temporale (5 minuti) sulla Lombardia per due corse giornaliere (0000 UTC e 1200 UTC) per scadenze da +12 h a +36 h.

Applicazione: nowcasting

ARPA Lombardia, nell'ambito del Progetto IT-CH "GESTISCO" (GESTione delle emergenze senza Confini, con ARPA Piemonte e MeteoSvizzera), ha sperimentato la tecnica di "blending" radar-modello:

- estrapolazione tramite algoritmi di optical flow delle osservazioni radar in tempo reale aggregate a 10';
- Media pesata delle due componenti, radar e modello, con pesi complementari variabili in funzione del lead-time della previsione (linearmente crescenti/decrescenti tra +10' e +2h)



VERIFICA MODELLI METEO

Uno dei primi lavori di verifica quantitativa sull'Italia delle previsioni di precipitazione da LAM e di confronto con le previsioni ECMWF

- ❑ Verifica e confronto sull'intero territorio.
- ❑ Più di 1500 pluviometri distribuiti sull'Italia.
- ❑ Periodo esaminato: ottobre 2000 – ottobre 2002
- ❑ Dati pluviometrici da:
 - rete ex SIMN
 - reti regionali di Emilia Romagna, Liguria, Marche, Piemonte, Sardegna, Sicilia e Valle d'Aosta

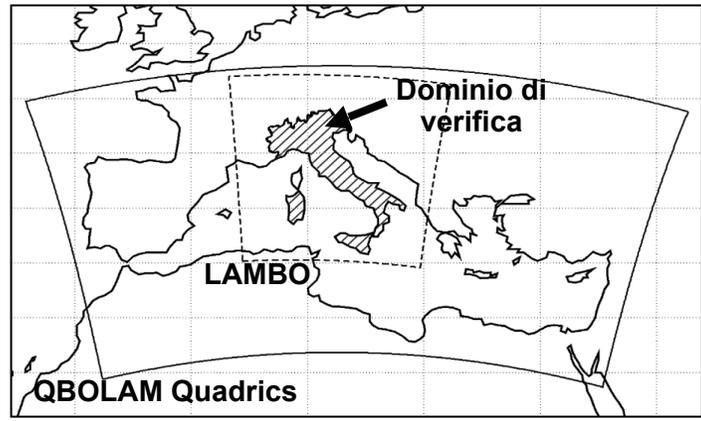
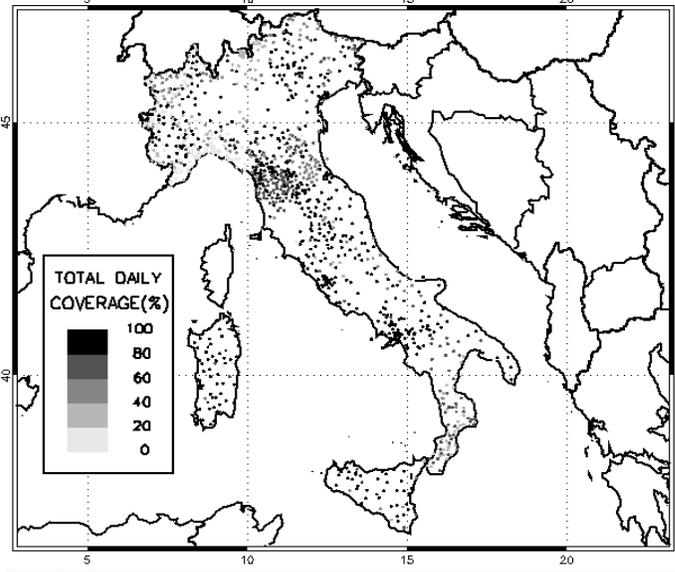
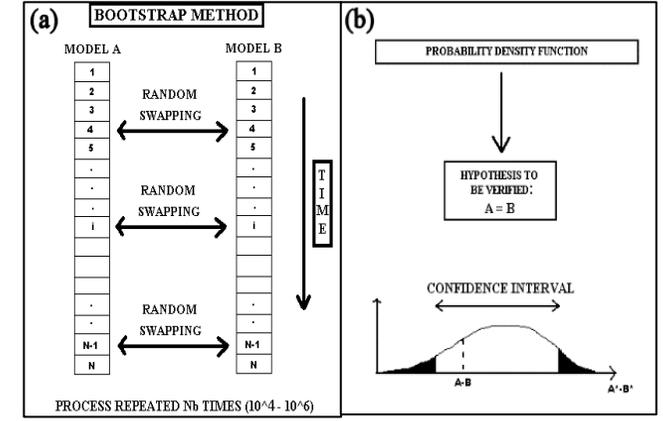
TABLE 2. Contingency table of possible events for a selected threshold.

| | | Rain observed | |
|---------------|-----|---------------|----------|
| | | Yes | No |
| Rain forecast | Yes | <i>a</i> | <i>b</i> |
| | No | <i>c</i> | <i>d</i> |

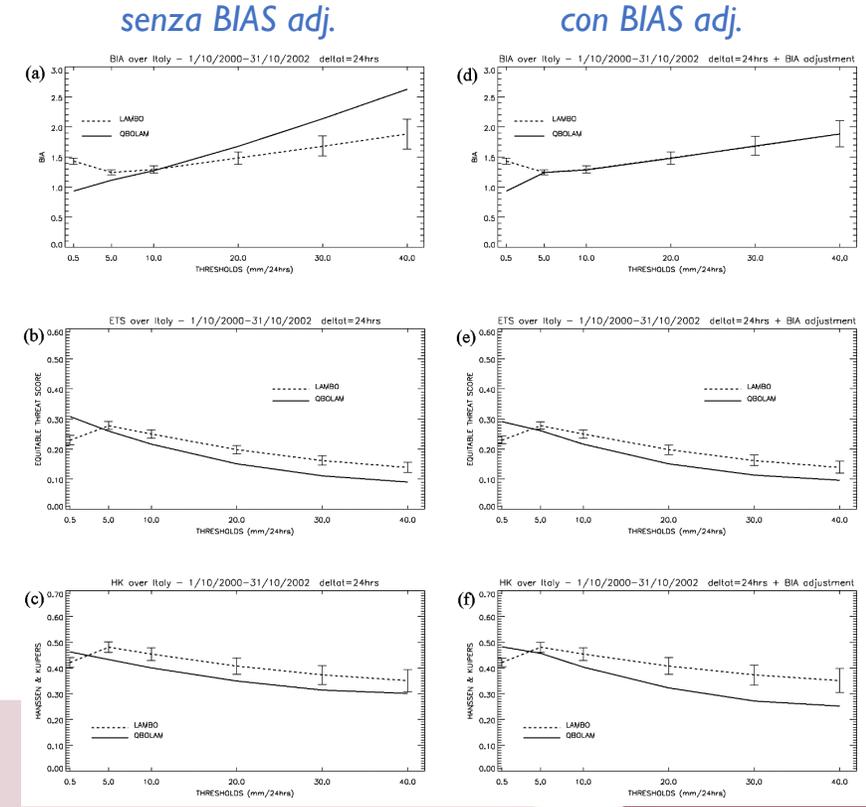
$$BIA = \frac{a+b}{a+c}$$

$$ETS = \frac{a - a_r}{a+b+c - a_r} \quad \text{with} \quad a_r = \frac{(a+b)(a+c)}{a+b+c+d}$$

$$HK = \frac{(ad-bc)}{(a+c)(b+d)} = POD - F = \frac{a}{a+c} - \frac{b}{b+d}$$

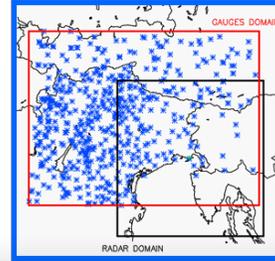
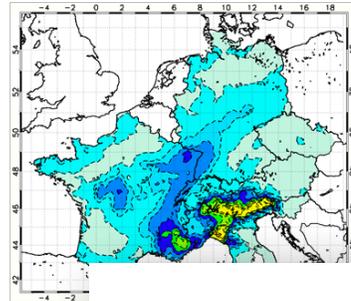
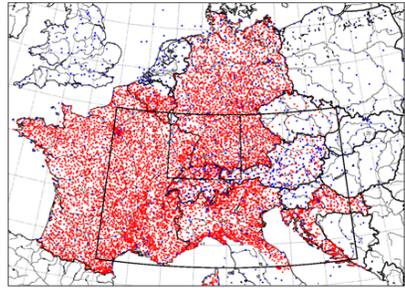


Accadia et al., WAF, 2005



IL PROBLEMA DI UNA «FAIR» COMPARISON

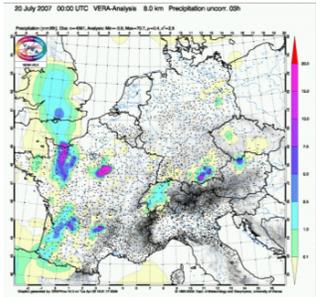
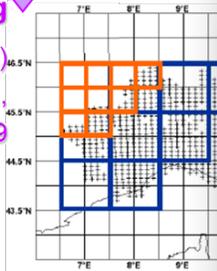
Verifica puntuale vs. verifica spaziale



Upscaling

(mean, max, med, perc)

Marsigli et al.,
ICAM 2009



VERA analysis

Gorgas & Doringe,
4th Int. Verif. Meth. WS

Table 3. Summary of verification measures deployed in the study.

| Name of measure | Definition | Range |
|---|--|---------------|
| Frequency bias (BIAS) | $BIAS = \frac{a+b}{a+c}$ | $[0, \infty]$ |
| Equitable treat score (ETS) | $ETS = \frac{a-a_r}{a+b+c-a_r} = \frac{H-FO/N}{F+O-H-F}$, where $a_r = \frac{(a+b)(a+c)}{N} = \frac{FO}{N}$ are the hits expected from a random forecast | $[-1/3, 1]$ |
| Hanssen–Kuipers score (HK) | $HK = \frac{ad-bc}{(a+c)(b+d)}$ | $[-1, 1]$ |
| False alarm ratio (FAR) | $FAR = \frac{b}{a+b}$ | $[0, 1]$ |
| Probability of detection (POD) | $POD = \frac{a}{a+c}$ | $[0, 1]$ |
| Probability of false detection (POFD) | $POFD = \frac{b}{b+d}$ | $[0, 1]$ |
| Bias-adjusted ETS using dH/dF (ETS _{dH/dF}) | $ETS_{dH/dF} = \frac{H_a - O^2/N}{O(2-O/N) - H_a}$, where $F = O$ and $H = H_a = O(1 - (\frac{O-H}{O}))$ is obtained via $dH/dF \propto (O-H)$ | $[-1/3, 1]$ |
| Bias-adjusted ETS using dH/dA (ETS _{dH/dA}) | $ETS_{dH/dA} = \frac{H_a - O^2/N}{O(2-O/N) - H_a}$, where $F = O$ and $H = H_a = O - \frac{O-H}{\ln(\frac{O}{O-H})} \text{Lambert } W(\frac{O}{O-H} \ln(\frac{O}{O-H}))$ is obtained via $dH/dA \propto (O-H)$ with $dA = dF - dH$ and Lambert $W(\cdot)$ the omega/Lambert W function | $[-1/3, 1]$ |
| Extreme dependency index (EDI) | $EDI = \frac{\log(POFD) - \log(POD)}{\log(POFD) + \log(POD)}$ | $[-1, 1]$ |
| Symmetric extreme dependency index (SEDI) | $SEDI = \frac{\log(POFD) - \log(POD) - \log(1-POFD) + \log(1-POD)}{\log(POFD) + \log(POD) + \log(1-POFD) + \log(1-POD)}$ | $[-1, 1]$ |

Mariani et al., Meteorol. Appl., 2015



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

IL PROBLEMA DI UNA «FAIR» COMPARISON

Da “Scale sensitivities in model precipitation skill scores”,
presentazione di S.Weygandt, A. Loughe, S. Benjamin e J.
Mahoney

Conclusions

1 Forecasts on **different native grids** are **not** directly comparable (coarser grid has the advantage)

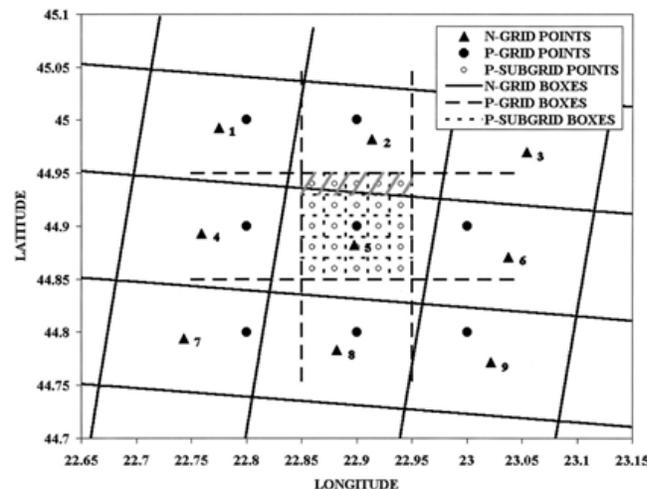
2 Forecasts with **different degrees of small-scale detail**, even if on the same grid, are **not** comparable (smoother field has the advantage)

ETS comparisons should only be made for precipitation fields with **similar spectra and bias**, compared on matched grid resolutions (**using the same verification field**)

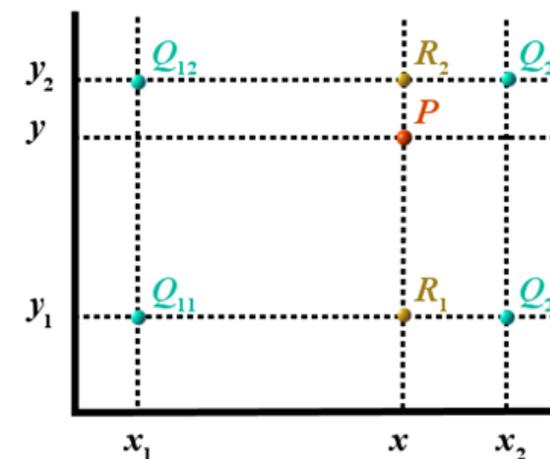


Grid-to-grid transformations: Commonly applied post-processing procedures used in NWP to transfer a forecast field from its native grid to another one.

Remapping



bilinear interpolation



1

→ Especially when comparing precipitation fields, remapping is to be preferred to the bilinear interpolation, since the former conserves to a desired degree of accuracy the total forecast of the native grid (Accadia et al., 2003).

Accadia et al., 2003: Sensitivity of precipitation forecast skill scores to bilinear interpolation and a simple nearest-neighbor average method on high-resolution verification grids. *Wea. Forecasting*, **18**, 918–932.

Accadia et al., WAF, 2003



ISPR
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

IL PROBLEMA DI UNA «FAIR» COMPARISON

Da “Scale sensitivities in model precipitation skill scores”,
presentazione di S.Weygandt, A. Loughe, S. Benjamin e J.
Mahoney

Conclusions

- 1 Forecasts on **different native grids** are **not** directly comparable (coarser grid has the advantage)
- 2 Forecasts with **different degrees of small-scale detail**, even if on the same grid, are **not** comparable (smoother field has the advantage)

ETS comparisons should only be made for precipitation fields with **similar spectra and bias**, compared on matched grid resolutions (**using the same verification field**)

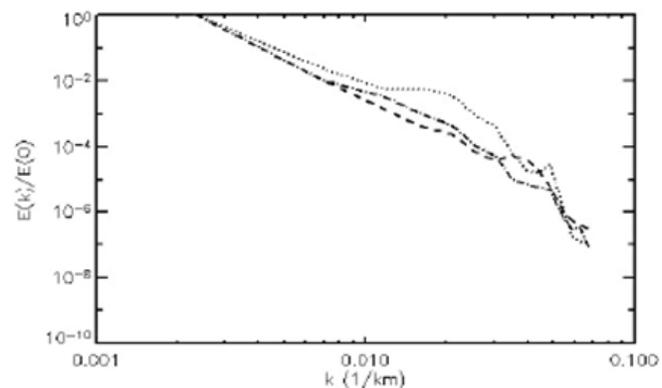


Fig. 7. Spectra of the 18 November 2002 24 h accumulated precipitation interpolated on a 0.1° common grid: ALADIN (dotted line), QBOLAM (dashed line) and WRF (dot-dashed line).

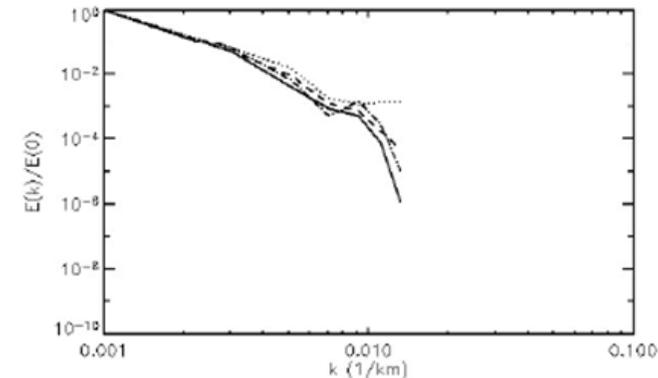


Fig. 8. Spectra of the 18 November 2002 24 h accumulated precipitation interpolated on a 0.5° common grid: ALADIN (dotted line), QBOLAM (dashed line), WRF (dot-dash line) and ECMWF (solid line).

(a drop of the power spectrum at the shortest scales that can be theoretically resolved by these models → confirming that their real resolution is actually coarser than the grid mesh-size)

2

→ As expected, the lesser smoothness of ALADIN's field was penalized by the ETS on the higher resolution → QPF verification should be performed on the coarser grid only.

Lanciani et al., Adv. Geosci., 2008



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

IL PROBLEMA DI UNA «FAIR» COMPARISON

Da “Scale sensitivities in model precipitation skill scores”,
presentazione di S.Weygandt, A. Loughe, S. Benjamin e J.
Mahoney

Better verification measures?

- Spatial structure measures
- Object Oriented measures
- Scale dependent techniques

There is no:

- one-size fits all verification score
- optimal amount of model detail

Highly detailed forecasts often better duplicate
observed spatial and temporal structures,
contain more information for use in the model
post-processing

[Mariani et al., WAF, 2008](#) – Cipro

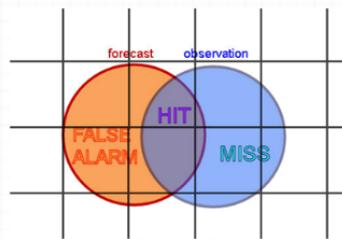
[Mariani et al., Met. Atmos. Phys., 2009](#) – Alpine Space

[Mariani & Casaioli, Met. Z., 2018](#) – Alpine Space + MED



Contiguous rain area analysis

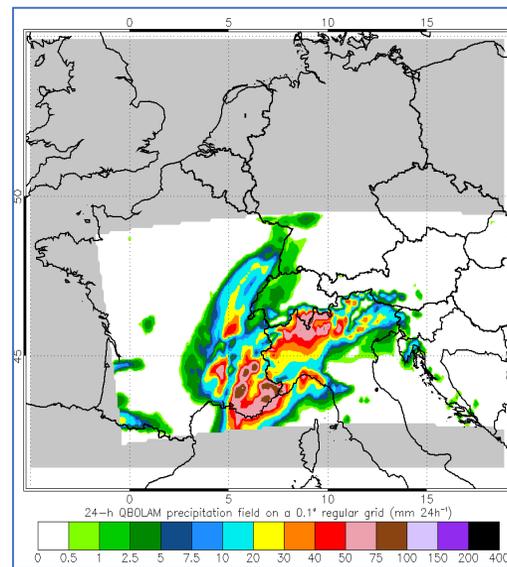
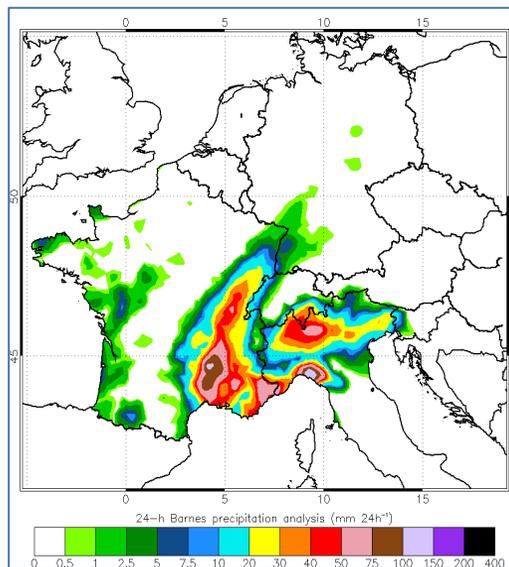
3



Double penalty effect:
the event is correctly simulated, but
it is misplaced with respect to the
original position.

The forecast is **penalized twice:**
❖ once for missing the event in the
correct position; and
❖ once for producing a false alarm
where the event is not observed.

The contiguous rain area analysis (CRA; Ebert and McBride 2000) is a
feature-oriented technique based on a **pattern-matching** of two
contiguous areas delimited by a chosen isohyet.

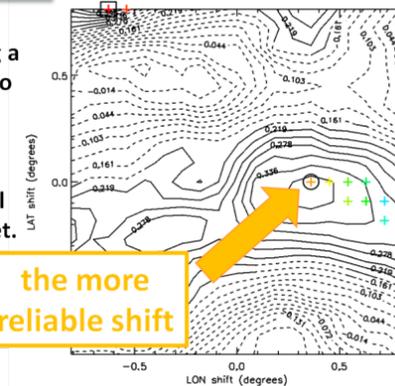


2-D CRA analysis shift plot (da Mariani e Casaioli 2018)

suspicious
final shift

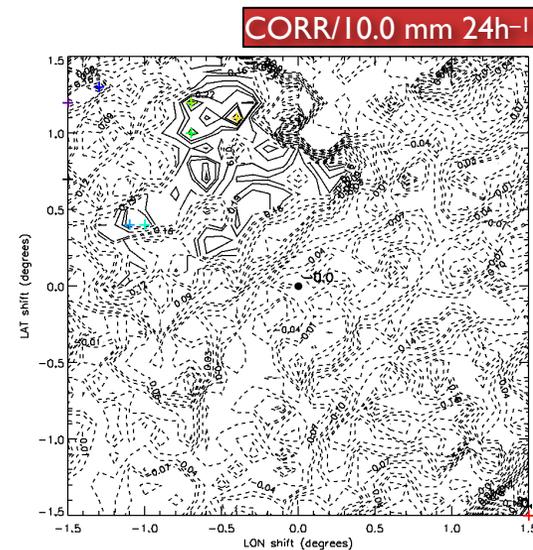
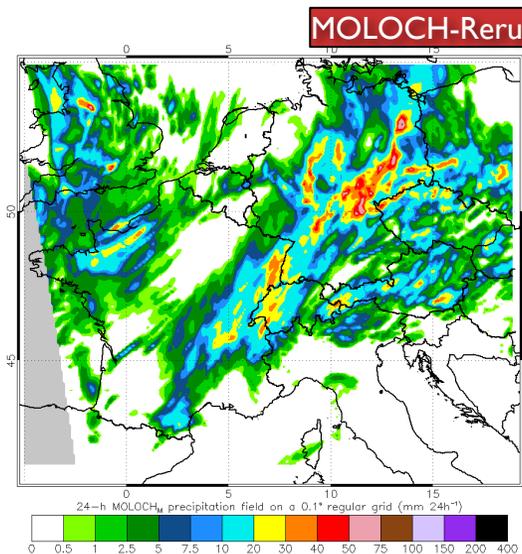
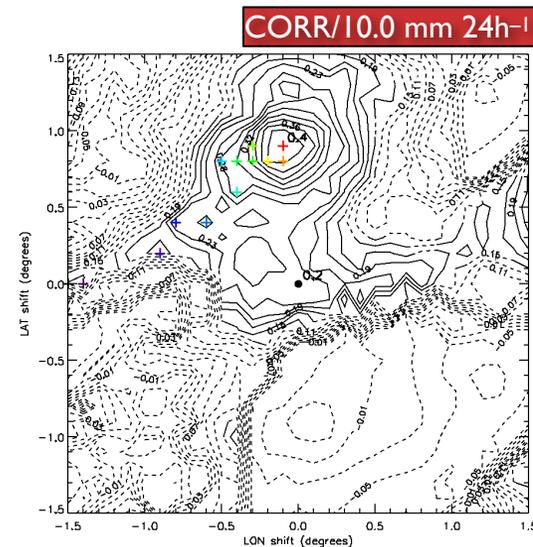
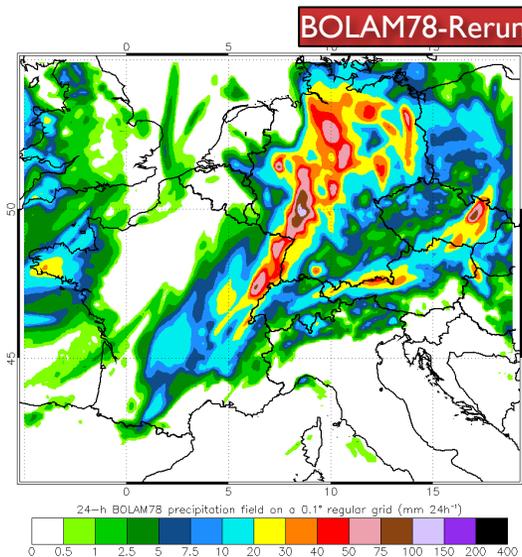
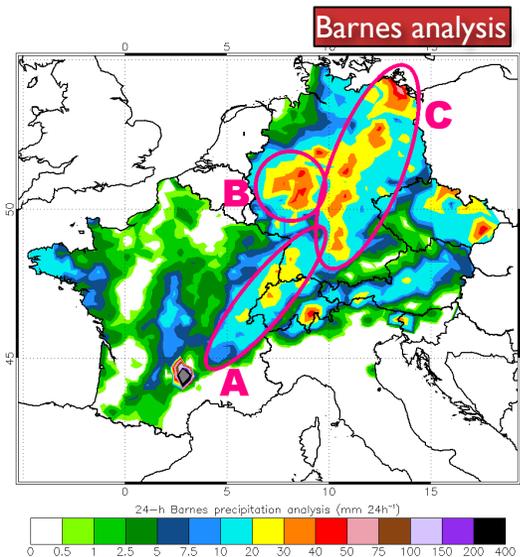
The CRA matching path
(crosses) is reported using a
colour scale, from black to
red, indicating the
progressive order of the
intermediate significant
best matches found until
the final best match is met.

the more
reliable shift



Es. confronto su dominio limitato: Barnes analysis vs. BOLAM a 0.1°
Evento 2007 MAP D-PHASE. CRA relativa a soglia di 10.0 mm 24 h⁻¹ con max. CORR.

COMPARING CRA RESULTS FOR HI- & LOW-RES QPFs



HPE on 21 JUN 2007

Both models provide a good forecast of the large-scale structure of the event, while differing in reproducing the single sub-structures and, as it is obvious, the rainfall small-scale details.

This has an impact on the CRA analysis.

[Mariani & Casali, Met. Z., 2018](#)



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

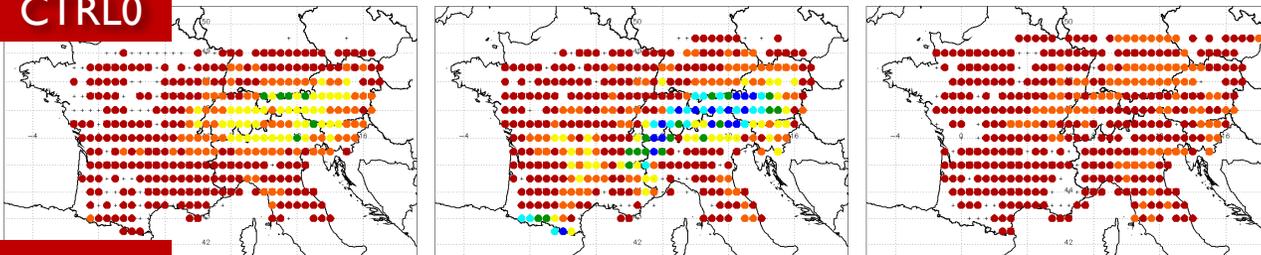


Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

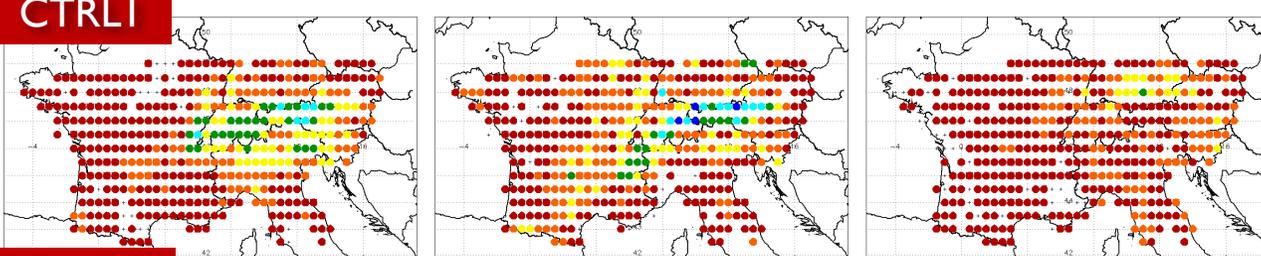
MODEL INTERCOMPARISON: SUPPORTO ALL'AGGIORNAMENTO DEL SIMM

- CTRL0: BOLAM during DOP MAP-DPHASE
- CTRL1: BOLAM reforecast with current version
- EXP-(A) As in CTRL1, but using the new upgraded model version;
- EXP-(B) As in EXP-A, but with improved IC/BCs input to a two-domain low-resolution chain;
- EXP-(C) As in EXP-A, but with improved IC/BCs input to a two-domain high-resolution chain;
- EXP-(D) As in EXP-B, but without a parent model domain;
- EXP-(E) As in EXP-C, but without a parent model domain and with a larger high-resolution domain.

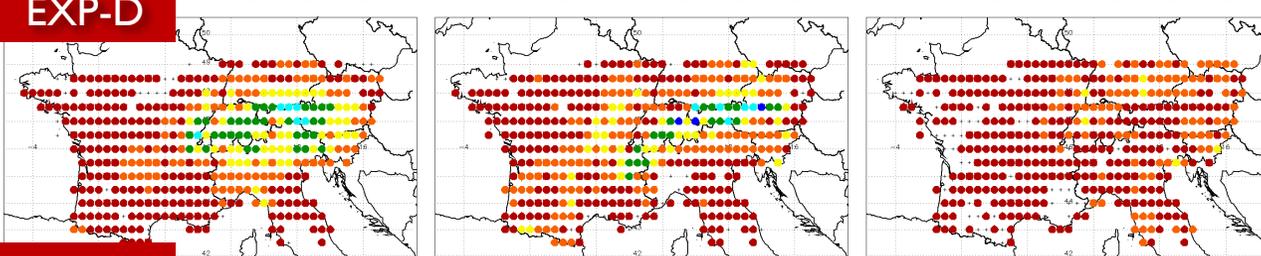
CTRL0



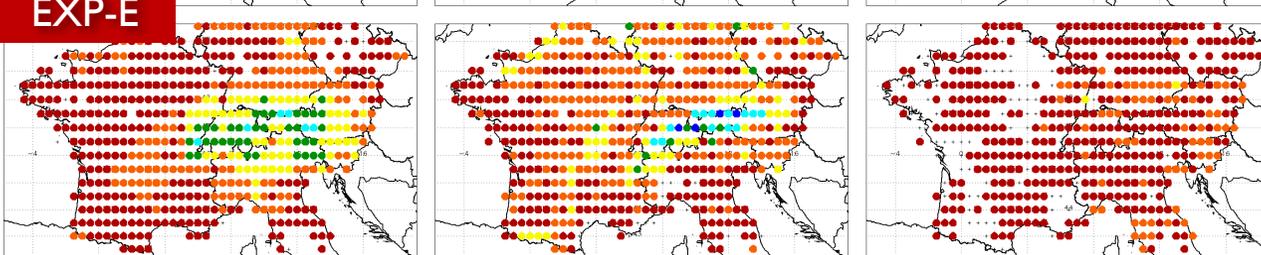
CTRL1



EXP-D



EXP-E



Casaioli et al., Meteorol. Appl., 2013



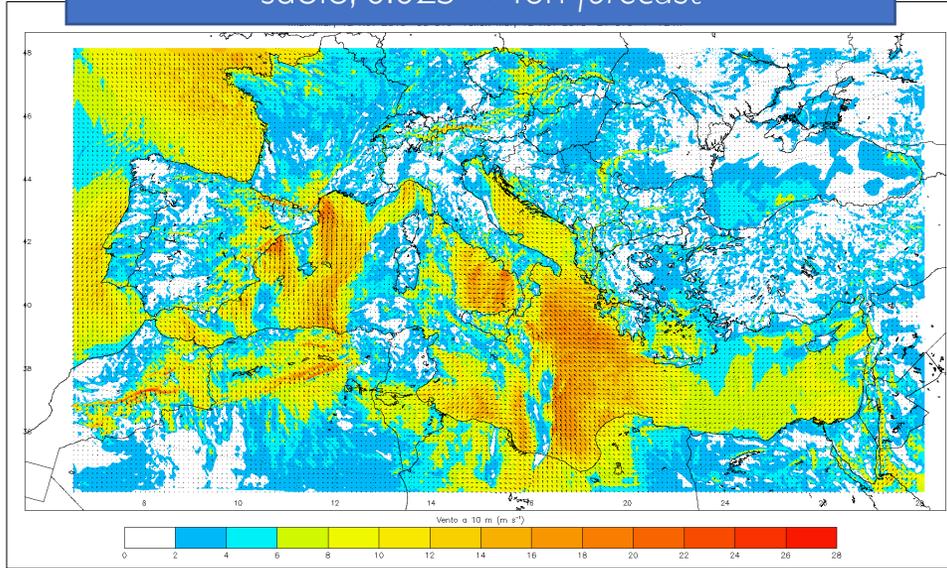
ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



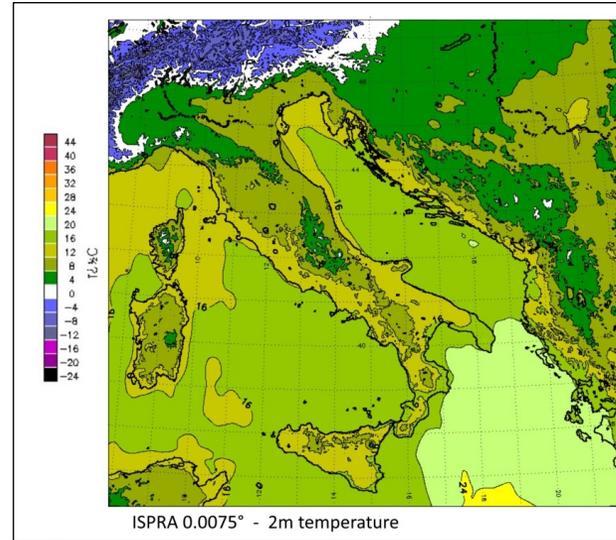
Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

SVILUPPO E SPERIMENTAZIONE: HI-RES MOLOCH

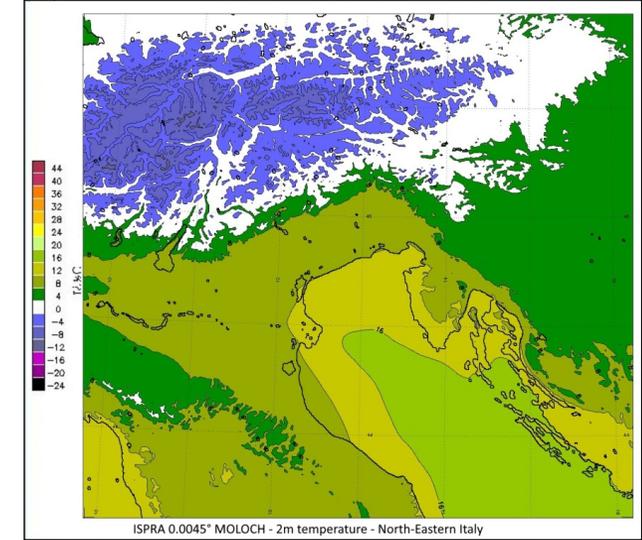
MOLMED 1778x962, 60 livelli verticali+ 7 livelli suolo, 0.025°+48h forecast



MOLOCH 1538x1538, 90+7 liv., 0.0075°



MOLOCH 1026x1026, 90+7 liv., 0.0045°



- ❑ Test MOLOCH a 2.5km sul Mediterraneo (**MOLMED**), per inizializzazione modellistica di marea (SHYFEM + futuro SHYMED parallelo) – caso studio: evento di *acqua alta* di novembre 2019.
- ❑ Test su evento *acqua alta* di novembre 2019, in collaborazione con CNR-ISAC, per testare diverse configurazioni di **MOLOCH** ad **altissima risoluzione** su Italia e N-E e confronti con analoghi run ISAC: e.g., **MOLOCH** a **0.0075°** su Italia e a **0.0045°** su N-E.
- ❑ Sperimentazione MOLOCH-"figlio" ad altissima risoluzione – studio di fattibilità per implementazione operativa sul nuovo cluster (Italia a ~ 1km; aree di interesse a ~ 500m).
- ❑ Proposta di implementazione corse 0600 UTC / 1800 UTC a +60h per creazione *time-lag ensemble* per modello di incertezza predittiva
- ❑ Implementazione e *testing* delle nuove versioni di BOLAM & MOLOCH (agg. CNR-ISAC) sul nuovo cluster



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

A GIUGNO 2020 NASCE IL CONSORZIO MOLOCH

Collaborazione tecnico-scientifica nell'ambito della modellistica numerica meteorologica ad alta risoluzione atta a:

- Promuovere lo sviluppo, l'aggiornamento operativo e le applicazioni
- Sviluppo e la gestione di catene operative basate sui modelli ISAC
- Scambio reciproco di output



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



IDENTIFICAZIONE OPPORTUNITÀ DEL CONSORZIO

S – Punti di forza

- Efficienza numerica che rende MOLOCH particolarmente **adatto ad applicazioni “pesanti” quali *ensemble forecasting*** e rianalisi
- Performance a livello di altri modelli operativi
- Completa conoscenza e disponibilità dei codici e disponibilità delle competenze in ambito meteorologico e numerico
- **Diverse ricadute applicative consolidate**
- Disponibilità database di lungo periodo e ad alta risoluzione
- *Suite* modellistica completa

W – Debolezze

- Limitata disponibilità e sviluppo di alcune applicazioni (DA, *ensemble*, accoppiamenti, etc.) in confronto con altre realtà modellistiche che godono di un “consorzio” più ampio e strutturato
- Limitata visibilità a livello internazionale
- Manualistica non completa
- Disponibilità dei dati ECMWF limitata solo ad alcune componenti del Consorzio

O – Opportunità

- Il Consorzio rappresenta un primo passo importante che ha già permesso sinergie importanti (prodotti di pre/post processing, verifica, rianalisi, progetti)
- **Luogo di incontro, sinergia e stimolo nella comunità modellistica italiana**
- Completa apertura ad allargare il consorzio ad altri Enti, anche attraverso collaborazioni già in atto (ICTP, PoliTO)
- **Coinvolgimento in ItaliaMeteo in qualità di «Enti meteo»**
- Mantenere biodiversità di modelli

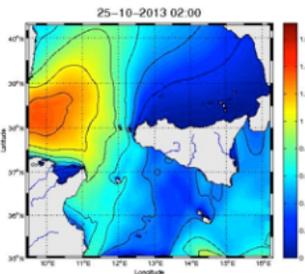
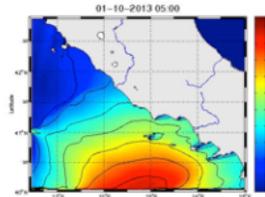
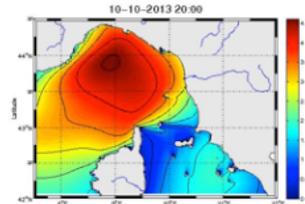
T – Minacce

- Necessità di raggiungere una massa critica per garantire lo sviluppo del modello e delle applicazioni in cascata

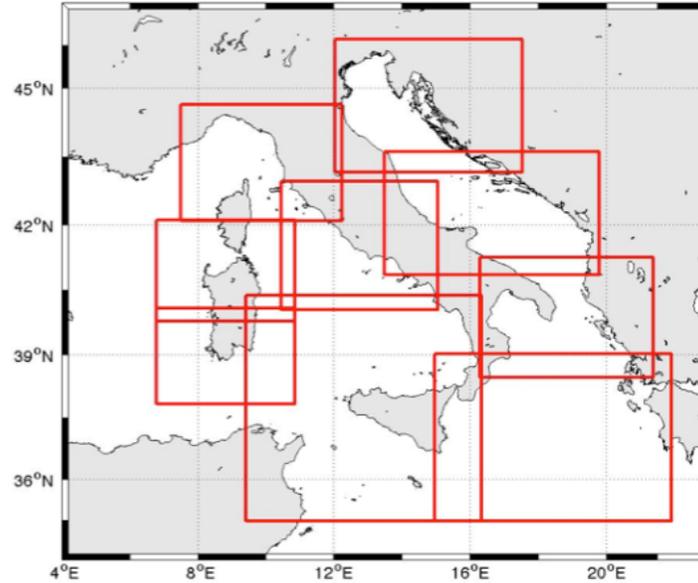


MC-WAF: COMPONENTE SIMM PER LA PREVISIONE METEO-MARINA

Gestione a cura del:
*Centro operativo per la
sorveglianza ambientale*



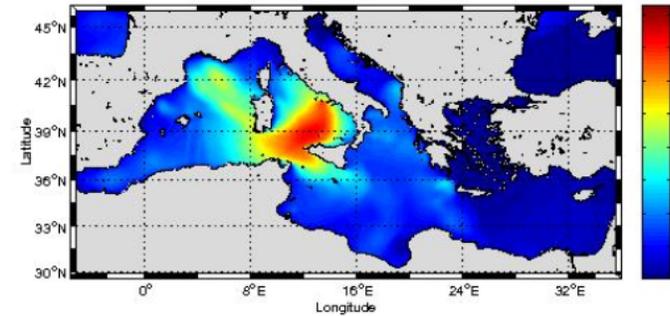
Previsioni a scala regionale
risoluzione 1/60 deg.



Input meteo: MOLOCH

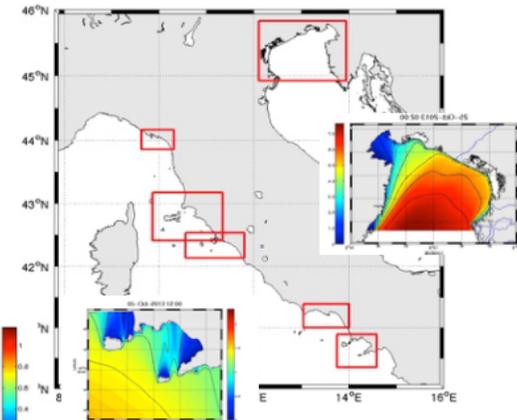
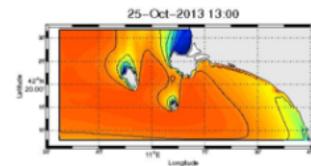
Previsioni a scala di
Mediterraneo –ris. 1/30 deg.

23-05-2013 00:00



Input meteo: BOLAM

Previsioni a
scala costiera
risoluzione
1/240 deg.
(400m)



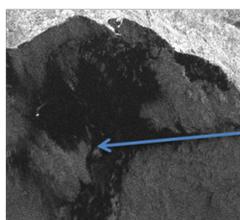
https://www.isprambiente.gov.it/pre_mare/coastal_system/html/info.html

MC-WAF

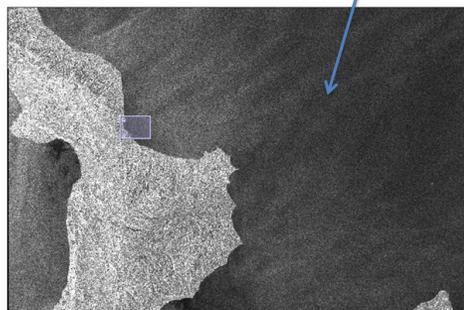
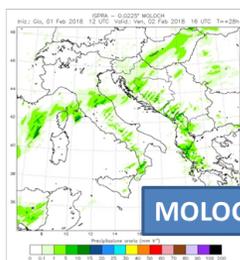
Servizi principali forniti:

- ❑ Servizio operativo giornaliero di monitoraggio e previsione meteo-marina a scala Mediterraneo, regionale e locale, attraverso la diffusione di bollettini giornalieri e, se necessario, di *warning & allerte*, anche verso DPC
- ❑ Relazioni sulla climatologia mensile e di lungo periodo
- ❑ In caso di crisi, servizio pre-operativo di monitoraggio della dispersione in mare

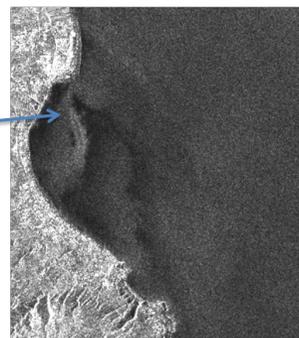
- prodotti Copernicus CMEMS
- Copertura satellitare RADAR, Ocean Color, METEOSAT
- modelli oceanografici di circolazione CSA, modelli numerici Lagrangiani di trasporto CSA, Modelli Large Eddy Simulation (CSA) – ricerca.



precipitazione



Onde



elaborazione immagine SAR Sentinel 1 02/02/2018 Amplitude VV






Bollettino nazionale di monitoraggio e previsione dello stato dei mari italiani
 Centro Nazionale Crisi, Emergenze Ambientali e Danno
 Centro Operativo di Sorveglianza Ambientale
 27 ottobre 2021
Elaborato sulla base delle previsioni dello stato del mare ISPRA

Situazione attuale
 È previsto che la posizione del medione resti a sud-est delle coste della Sicilia. Sono previste onde con H_{m0} intorno a 2.8 m nel Mar Ionio e sulle coste della Sicilia orientale.

Previsioni per i giorni 28 – 30 ottobre 2021
 Il 28 ottobre è prevista una traslazione verso nord del medione, che potrebbe spingere verso le coste della Sicilia orientale. Sono previste onde con H_{m0} intorno a 3 m.

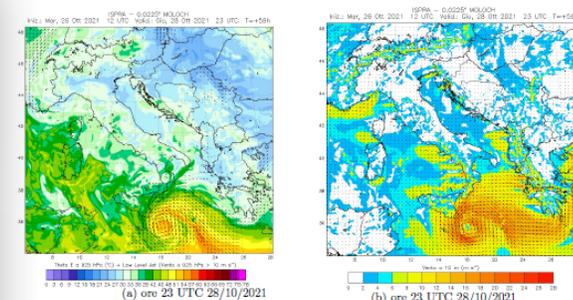
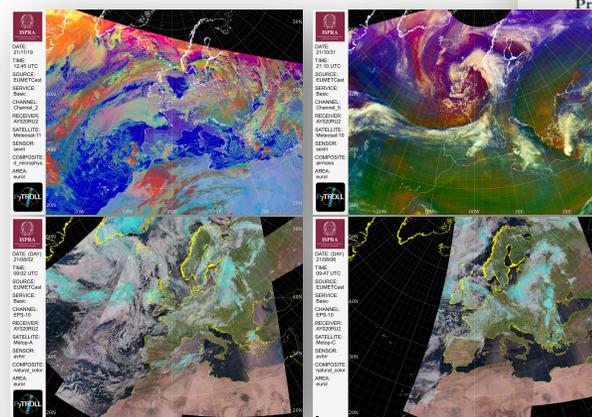


Figura 2: MOLOCH ISPRA - (a): Temperatura potenziale low level jet a 925 hPa, (b): vento a 10 m

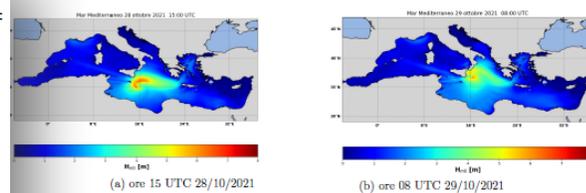
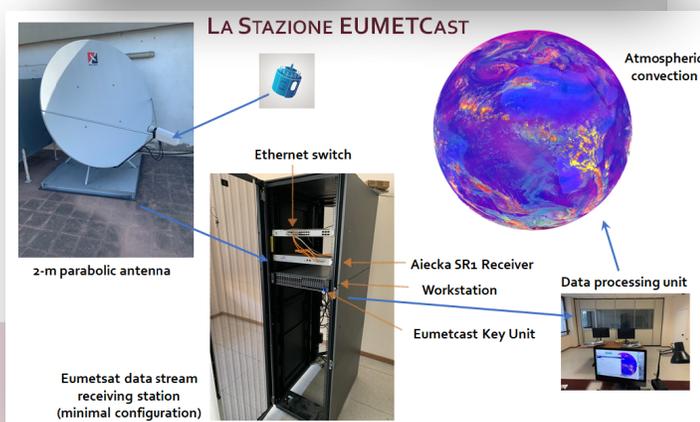


Figura 3: MCWAF ISPRA - altezza significativa (H_{m0}) Mar Mediterraneo

VERIFICA MC-WAF

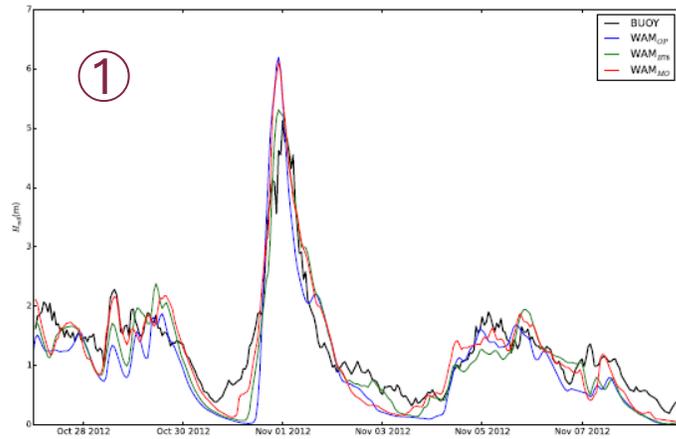


Figure 8. Test-case 1: comparison between forecast and buoy data at Ancona location.

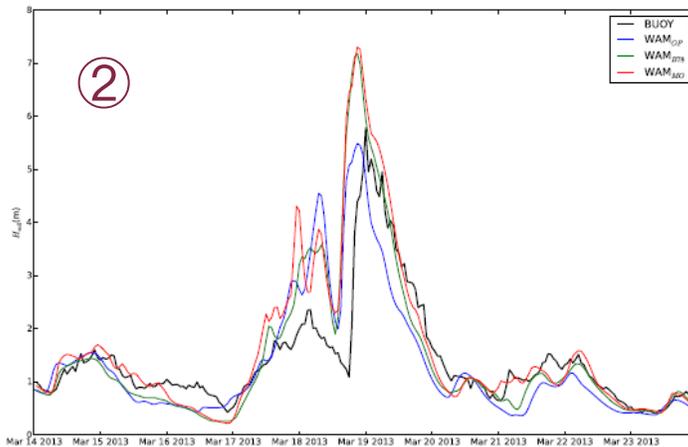


Figure 10. Test-case 3: comparison between forecast and buoy data at La Spezia buoy location.

Table 1. Statistics for the Ancona forecast verification.

| model | ρ | bias | MSE | MAE | mean | case |
|--------------------|--------|------|------|------|------|------|
| Buoy | – | – | – | – | 1.19 | 1 |
| WAM _{OP} | 0.92 | 0.79 | 0.25 | 0.40 | 0.92 | 1 |
| WAM _{B78} | 0.93 | 0.89 | 0.16 | 0.32 | 1.12 | 1 |
| WAM _{MO} | 0.94 | 0.95 | 0.15 | 0.29 | 1.08 | 1 |
| Buoy | – | – | – | – | 1.21 | 2 |
| WAM _{OP} | 0.82 | 0.73 | 0.37 | 0.47 | 0.87 | 2 |
| WAM _{B78} | 0.83 | 0.75 | 0.37 | 0.45 | 0.97 | 2 |
| WAM _{MO} | 0.82 | 0.97 | 0.43 | 0.46 | 1.08 | 2 |
| Buoy | – | – | – | – | 1.29 | 3 |
| WAM _{OP} | 0.95 | 1.01 | 0.13 | 0.28 | 1.31 | 3 |
| WAM _{B78} | 0.95 | 0.95 | 0.11 | 0.26 | 1.19 | 3 |
| WAM _{MO} | 0.95 | 1.14 | 0.18 | 0.32 | 1.27 | 3 |

Table 2. Statistics for the La Spezia forecast verification.

| model | ρ | bias | MSE | MAE | mean | case |
|--------------------|--------|------|------|------|------|------|
| Buoy | – | – | – | – | 1.64 | 1 |
| WAM _{OP} | 0.86 | 0.91 | 0.35 | 0.46 | 1.46 | 1 |
| WAM _{B78} | 0.92 | 1.23 | 0.64 | 0.6 | 1.91 | 1 |
| WAM _{MO} | 0.92 | 1.32 | 0.95 | 0.75 | 2.03 | 1 |
| Buoy | – | – | – | – | 1.49 | 2 |
| WAM _{OP} | 0.85 | 0.91 | 0.21 | 0.33 | 1.35 | 2 |
| WAM _{B78} | 0.89 | 1.1 | 0.37 | 0.42 | 1.30 | 2 |
| WAM _{MO} | 0.88 | 1.2 | 0.41 | 0.45 | 1.33 | 2 |
| Buoy | – | – | – | – | 1.31 | 3 |
| WAM _{OP} | 0.78 | 0.93 | 0.45 | 0.42 | 1.24 | 3 |
| WAM _{B78} | 0.84 | 1.01 | 0.53 | 0.38 | 1.29 | 3 |
| WAM _{MO} | 0.86 | 1.12 | 0.56 | 0.37 | 1.30 | 3 |

- ❑ Attività di verifica sull'altezza significativa d'onda H_0 prevista dal MC-WAF *versus* quella prevista dalle boe della Rete Ondametrica Nazionale dell'ISPRA.
- ❑ Tre periodi di verifica selezionati all'interno dei 2 *Special Observation Period* (SOP) dell'iniziativa HyMeX.
- ❑ Pre-utilizzo 0.07° BOLAM e MOLOCH nel catena MC-WAF.

- ① Test-case 1 su Ancona durante HyMeX SOP-1, dal 25 ottobre al 10 novembre.
- ② Test-case 2 su La Spezia durante l'HyMeX SOP-2, dal 12 al 26 marzo 2013.

[Casaioli et al., Adv. Sci. Res., 2014](#)

[Inghilesi et al., J. Op. Oceanography, 2017](#)



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

SHYFEM: COMPONENTE SIMM PER LO STORM SURGE

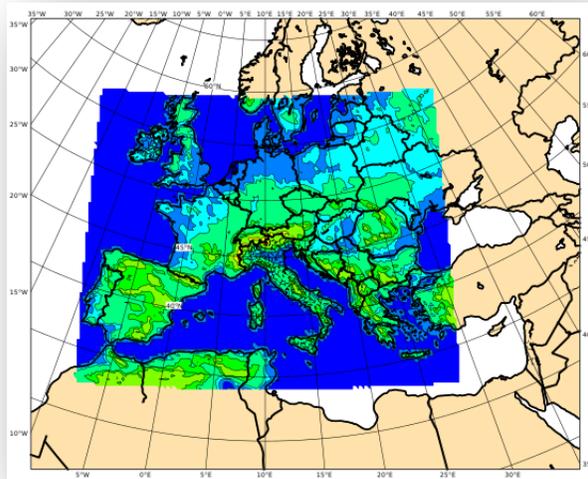
Gestione a cura del:
Centro nazionale fascia costiera
– Area maree e lagune

IFS ECMWF

IFS

Campi di vento a 10 m e pressione
s.l.m.

Ris. temp. 6 h; ris. spaz. 50 km, +96h
Ris. temp. 3 h; ris. spaz. 25 km, +144h
1 RUN al giorno



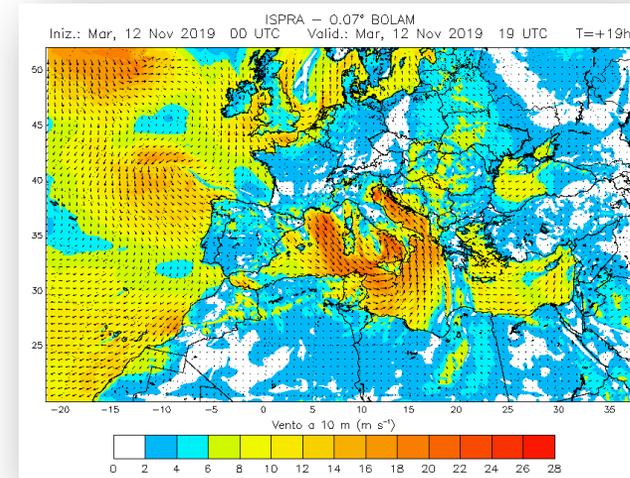
LIVELLO DEL MARE +144h

BOLAM ISPRA

BOLAM

Campi di vento a 10m e
pressione s.l.m.

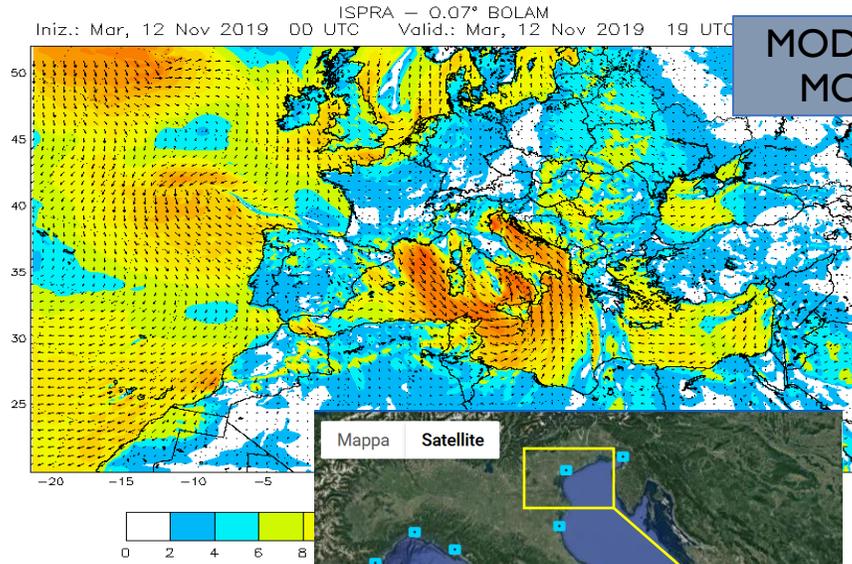
Ris. temp. **1 h.**; ris. spaz. 7.8 km
2 RUN al giorno: 0000, +144h
1200, +132h



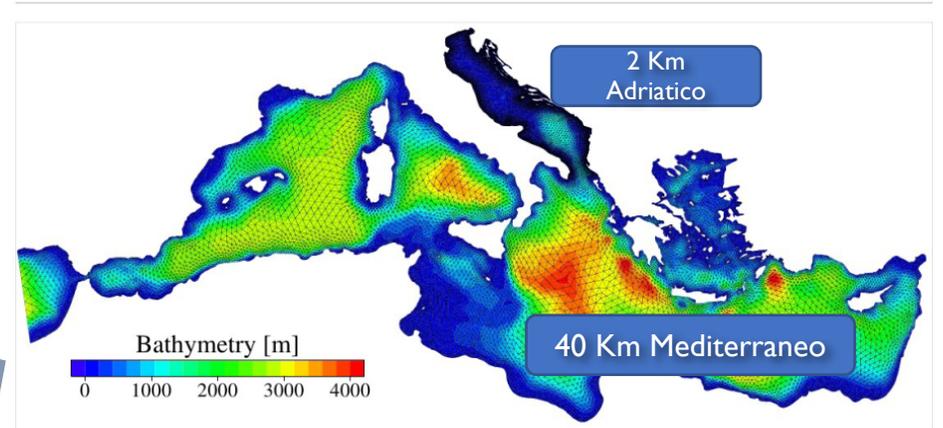
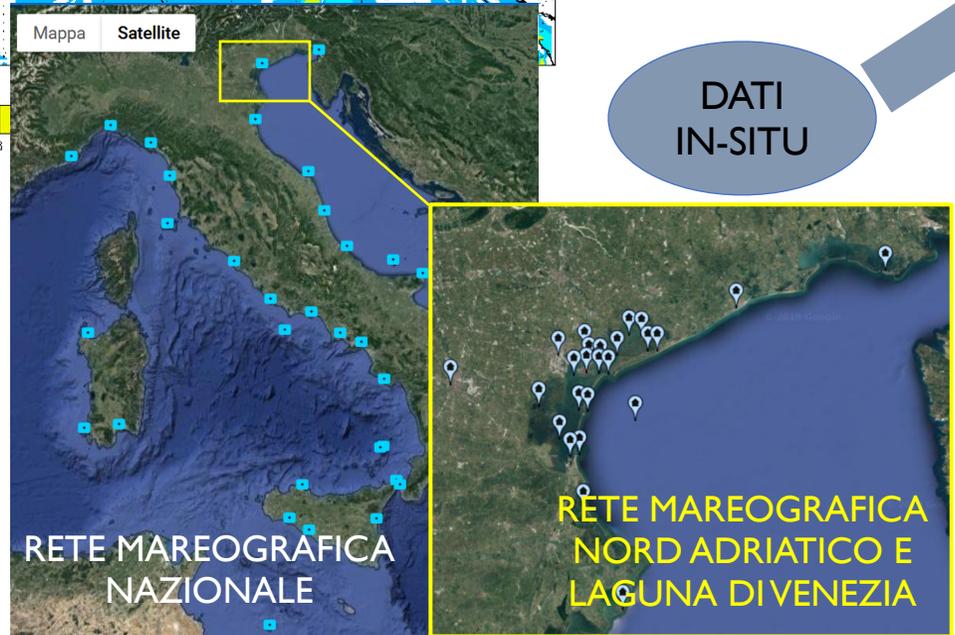
LIVELLO DEL MARE +144h

SHYFEM

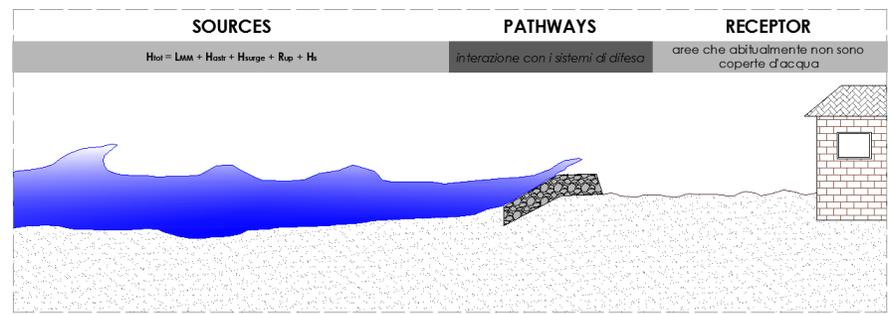
MODELLO DETERMINISTICO PER LA PREVISIONE DI LIVELLO DEL MARE



DATI
IN-SITU



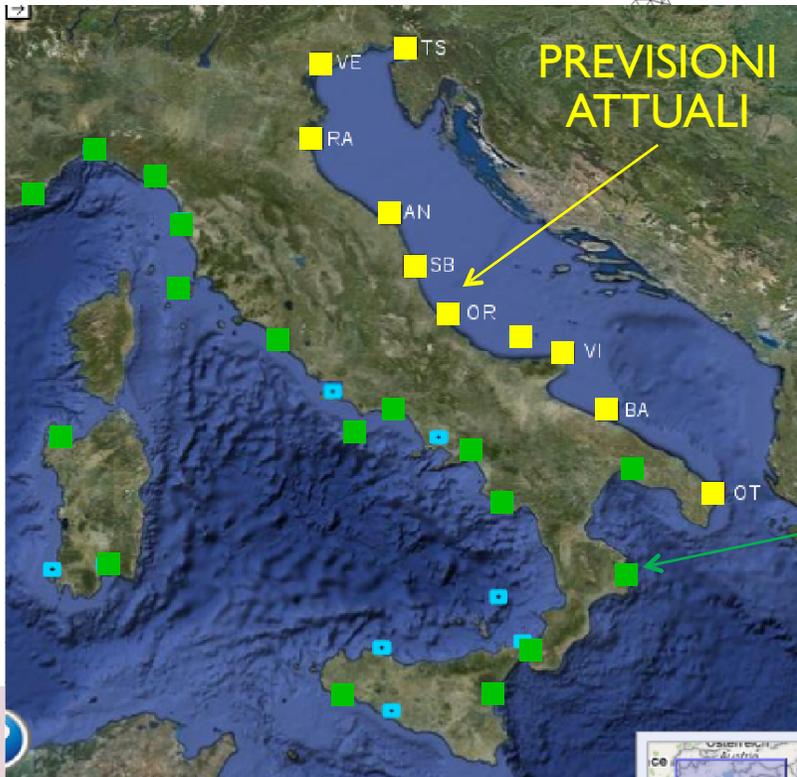
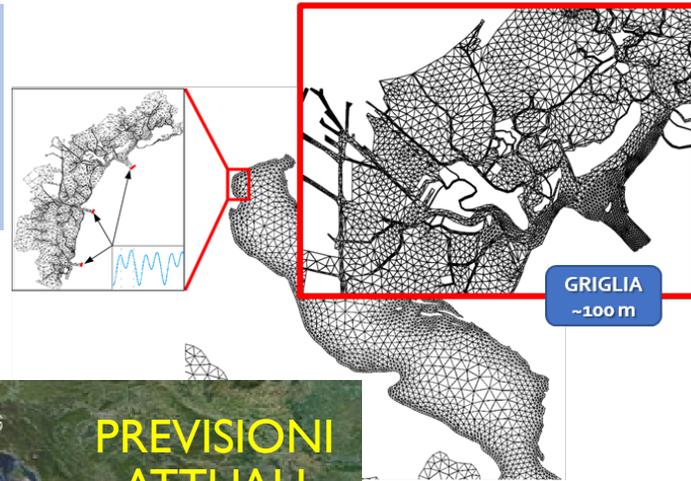
LIVELLO DEL MARE, STORM SURGES



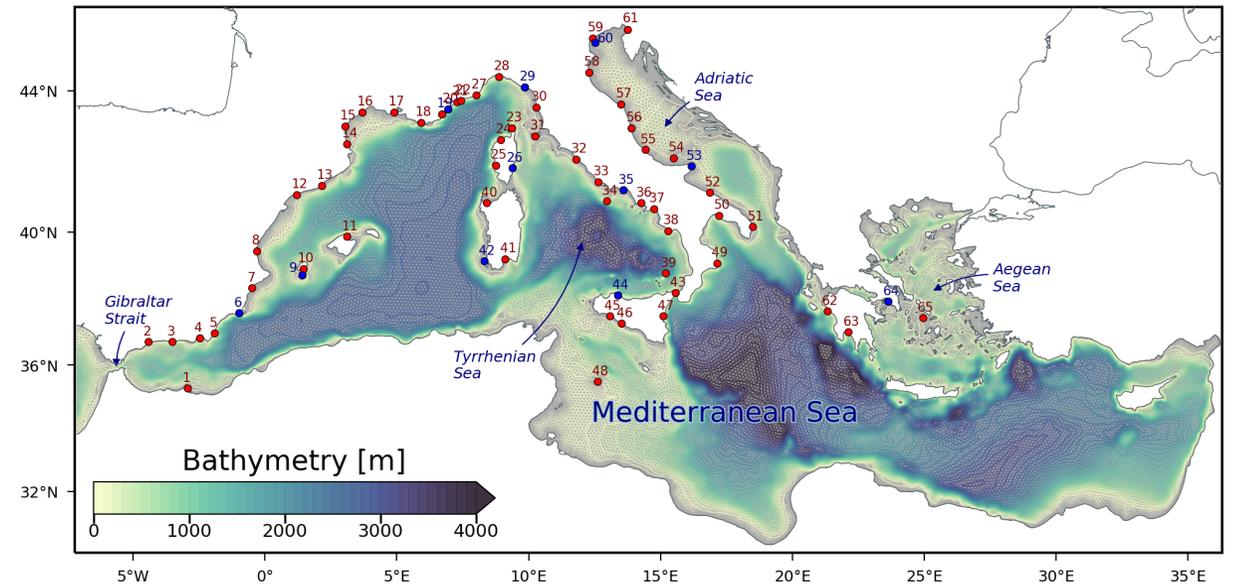
SVILUPPO SHYFEM

PREVISIONE DEL LIVELLO IN LAGUNA DI VENEZIA

- Aggiornamento batimetrie in Laguna con dati 2017

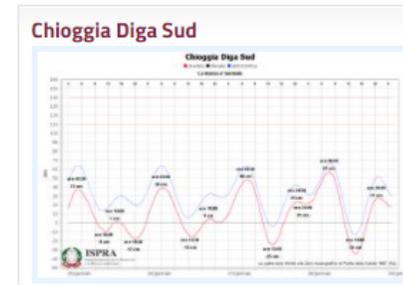
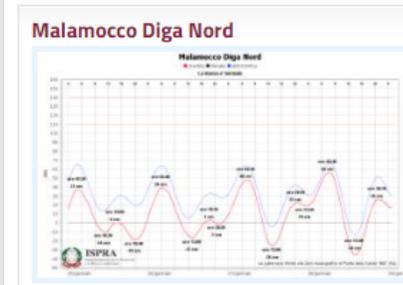
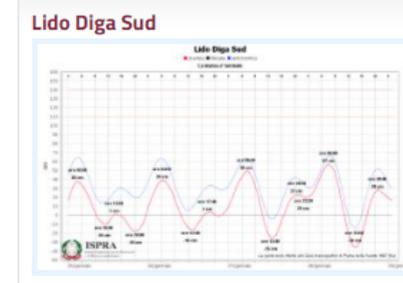


- Collaborazione **ISPRA–CNR ISMAR** per la messa in operativo di un nuovo sistema di previsione del livello del mare
- Assimilazione dei dati di livello delle stazioni della RMN; uso di un sistema di assimilazione dati basato su **EKF**
- Previsione livello del mare **lungo tutte le coste italiane** (RMN) e nelle lagune del nord Adriatico (**Grado e Delta del Po**)
- Risoluzione spaziale della griglia: 12 km in mare aperto; 1 km lungo la costa



MONITORAGGIO E PREVISIONE DELLA MAREA IN ALTO ADRIATICO

- ❑ Bollettini giornalieri su **8 località**
- ❑ Bollettini del Tavolo Tecnico previsioni marea a Venezia/acqua alta con Comune di Venezia e CNR-ISMAR → *supporto attivazione MOSE*
- ❑ Relazioni su eventi mareali intensi/estremi
- ❑ Climatologia degli eventi estremi



OGGETTO: aggiornamento della previsione meteo-marina per i giorni 02-04 ottobre 2020

Oggi venerdì 02 ottobre si è riunito il Tavolo Tecnico per le previsioni meteo marine istituito da Centro Previsione e Segnalazione Maree, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, CNR-ISMAR per analizzare l'evoluzione meteo-marina per le prossime ore.

Le previsioni meteorologiche odierne confermano intensi venti sciroccali lungo tutto il bacino Adriatico DAL pomeriggio di venerdì fino alle ore centrali di sabato 3 ottobre.

L'avviso di condizioni meteorologiche avverse del Dip.to della Protezione Civile emesso il 01 ottobre alle ore 15:30 prevede dalla giornata di venerdì per le successive 24-36 ore "venti da forti a burrasca, dai quadranti meridionali, con raffiche fino a burrasca forte, su Liguria..., in estensione a Lombardia, Veneto...".

Si prevedono altresì mareggiate lungo le coste esposte".

Il bollettino di ARPA Veneto emesso alle ore 13:00 di venerdì 2 ottobre riporta "tra venerdì pomeriggio e sabato pomeriggio intenso episodio sciroccale (...) Venti forti dai quadranti meridionali in quota, soprattutto sui rilievi prealpini, tesi a tratti forti di Scirocco lungo la costa".

Ferme restando le considerazioni proposte nelle note emesse dal Tavolo il 29 settembre e 1 ottobre u.s., ad oggi i modelli operativi presentano per:

- **venerdì 02 ottobre** valori intorno a 110 cm per la sera alle ore 23:50;
- **sabato 03 ottobre** 135-140 cm alle ore 12:00 e intorno a 90 cm alle ore 23:50;
- **domenica 04 ottobre** marea sostenuta con valori fino a 115 cm alle ore 12:30;

NOVEMBRE 2019
UN MESE DI MAREE ECCEZIONALI

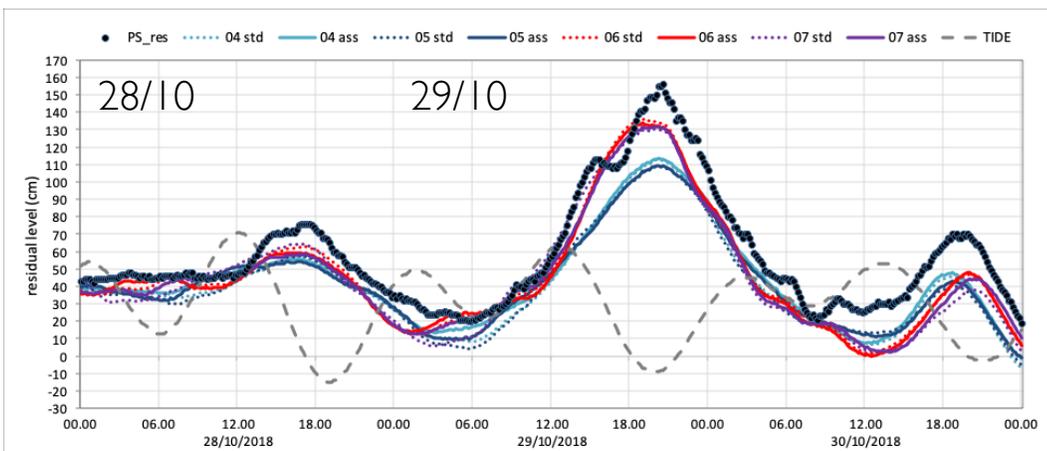
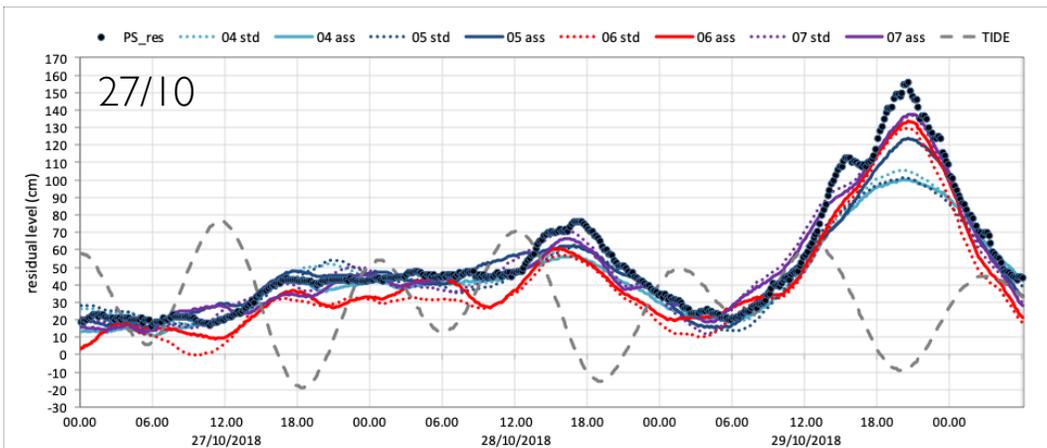
DINAMICA E ANOMALIA DELL'EVENTO
DEL 12 NOVEMBRE 2019

<https://www.venezia.isprambiente.it/home>

VERIFICA SHYFEM

29 OTTOBRE 2018 TEMPESTA "VAIA"

LAGUNA DI VENEZIA: PUNTA DELLA SALUTE



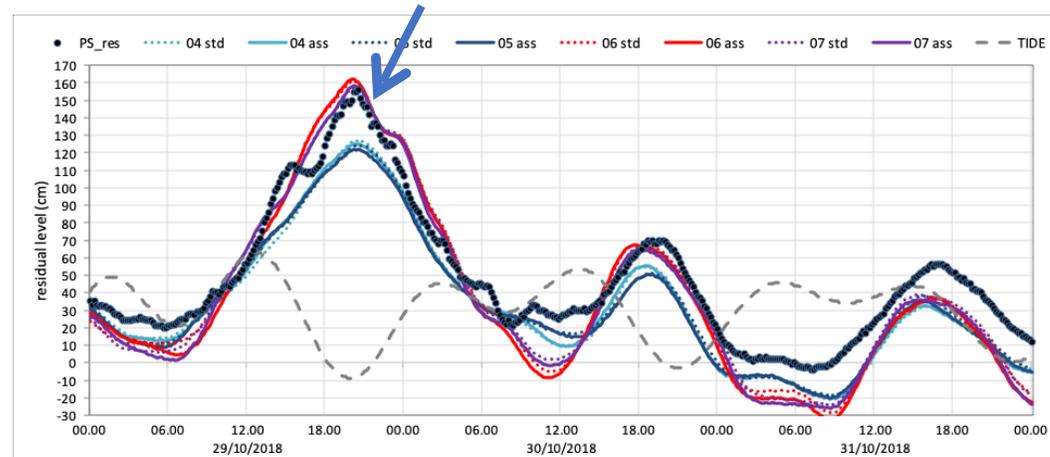
Confronto tra il livello residuo misurato e quello previsto dai modelli operativi.

I due picchi misurati di livello residuo sono stati di 113 e 156 cm.

I modelli forzati dai campi IFS-ECMWF (mod. 4 e 5) hanno sottostimato il contributo meteorologico su tutti i run a diversi anticipi.

I modelli forzati dai campi BOLAM (mod. 6 e 7) hanno mostrato le migliori performance.

Le previsioni a 24 ore di anticipo ottenute con i campi **BOLAM** sono state le migliori.



Morucci et al., Rend. Lincei, Scienze Fisiche e Naturali, 2020

IL PIANO MIRROR COPERNICUS DELLA SPACE ECONOMY

Dalla messa a sistema di tutti i fabbisogni degli utenti ISTITUZIONALI sono stati identificati 8 servizi tematici del Mirror Copernicus della Space Economy nazionale contenenti al loro interno una serie di prodotti

Fascia costiera e monitoraggio marino-costiero



- ✓ Monitoraggio e previsioni marino costiere
- ✓ Identificazione e previsione della dinamica di eventi di Oil spills
- ✓ Monitoraggio geomorfologico della fascia costiera
- ✓ Monitoraggio di Habitat, Ecosistemi e servizi connessi
- ✓ Reti in situ (mareografi, ondometri)

Qualità dell'aria



- ✓ Monitoraggio e previsioni qualità dell'aria
- ✓ Monitoraggio di episodi di inquinamento atmosferico causati da fenomeni naturali e attività antropiche (polvere del deserto, eruzioni vulcaniche, incendi, rilasci industriali accidentali)
- ✓ Rianalisi della composizione atmosferica ad alta risoluzione

Movimenti del terreno



- ✓ Monitoraggio dei movimenti del terreno su area vasta in tempo differito (media risoluzione o alta risoluzione)
- ✓ Monitoraggio dei movimenti del terreno su specifiche aree di interesse in tempo quasi reale, ad alta risoluzione
- ✓ Monitoraggio strutture e infrastrutture

Copertura e uso del suolo



- ✓ Monitoraggio dello stato/cambiamenti della copertura e dell'uso del suolo
- ✓ Monitoraggio di Habitat, Ecosistemi e servizi connessi
- ✓ Valutazione di perturbazioni, fenomeni e conseguenti danni, dovuti a cause antropiche o naturali che alterano copertura e/o l'uso del suolo
- ✓ Agricoltura
- ✓ Foreste

Idrometeoclima



- ✓ Monitoraggio idro-meteorologico e previsioni meteo (nowcasting e previsioni a breve e medio termine; prodotti di previsione meteo)
- ✓ Servizi climatici (indicatori climatici, ECV e gas a effetto serra, rianalisi, previsioni stagionali e proiezioni climatiche)
- ✓ Servizi agro-meteorologici
- ✓ Rete e modello per i fulmini

Risorsa Idrica



- ✓ Modellistica idrologica e idraulica, previsione delle piene e gestione dei sedimenti
- ✓ Monitoraggio idromorfologico e dinamica d'alveo
- ✓ Servizi per la gestione integrata della risorsa idrica
- ✓ Mappatura di habitat di specie target e valutazione dello stato ambientale dei corpi idrici

Emergenza



- ✓ Servizio Sismico
- ✓ Servizio alluvioni e inondazioni
- ✓ Servizio eruzioni vulcaniche

Sicurezza



- ✓ Monitoraggio ad alta ed altissima risoluzione di aree di interesse
- ✓ Mappe di densità di popolazione
- ✓ Servizi di Tracking & Surveillance
- ✓ Servizi di Analisi del rischio
- ✓ Intelligence ambientale: Incidenti e Reati (Discariche, scarichi a terra, mare e fiumi)

- Servizi automatici
- Servizi on-demand
- Integrazione con altre iniziative operative (e.g., POA, PNRR) e di ricerca
- Supporto ECMWF (MoU) come "Market uptake Advisory Expert" per sviluppo servizi:
 - idro-meteo-clima
 - composizione atmosferica (QA);
 - monitoraggio delle emissioni dei gas serra;
 - valutazioni sulla risorsa idrica
 - attività di emergenza.



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



Si ringrazia per il supporto i colleghi dell'Area Idrologia dell'ISPRA e per i contributi forniti nella preparazione della presentazione i colleghi dell'ISPRA Elisa Coraci, Marco Casaioli e Roberto Inghilesi, i colleghi dell'ARPA Lombardia Orietta Cazzuli, Gian Paolo Minardi e Giulio Camisani e il collega del CNR-ISAC Silvio Davolio.

Stefano Mariani, ISPRA, stefano.mariani@isprambiente.it