



Presentazione dell'attività del secondo anno di dottorato

Dottorato di Ricerca in Fisica, XXXI ciclo

Dipartimento Interateneo di Fisica 'M. Merlin'

Dottorando: **Andrea Tateo**

Tutor: **Prof. Roberto Bellotti (UNIBA-INFN)**

Co-tutor: dott. Mario Marcello Miglietta (ISAC-CNR)
dott.ssa Micaela Menegotto (ARPA-PUGLIA)

INDICE

- **Attività di Ricerca:**
 - Introduzione al problema;
 - Analisi e metodologie implementate
 - Sviluppi futuri
- **Conferenze**
- **Publicazioni relative al secondo anno**

Attività di Ricerca: Introduzione al problema

Progetto di Dottorato

Sviluppo di modelli di previsione meteo su scala regionale

L'atmosfera come sistema deterministico-caotico

Sistema dinamico non lineare.

Presenta una critica dipendenza da variazioni delle condizioni iniziali

Attività di Ricerca: Introduzione al problema

Toy model di Edward Norton Lorenz

(Lorenz, Edward N., and K. Haman. "The essence of chaos." *Pure and Applied Geophysics* 147.3 (1996): 598-599)

$$\frac{dx}{dt} = \sigma(y - x)$$

X → la velocità di rotazione

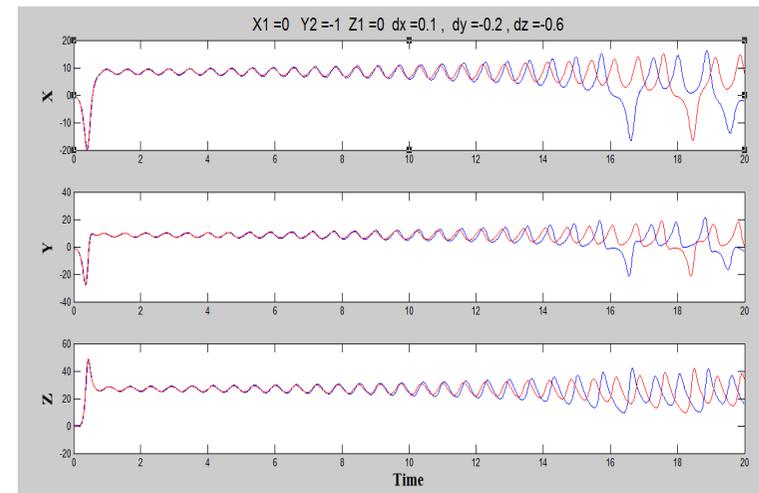
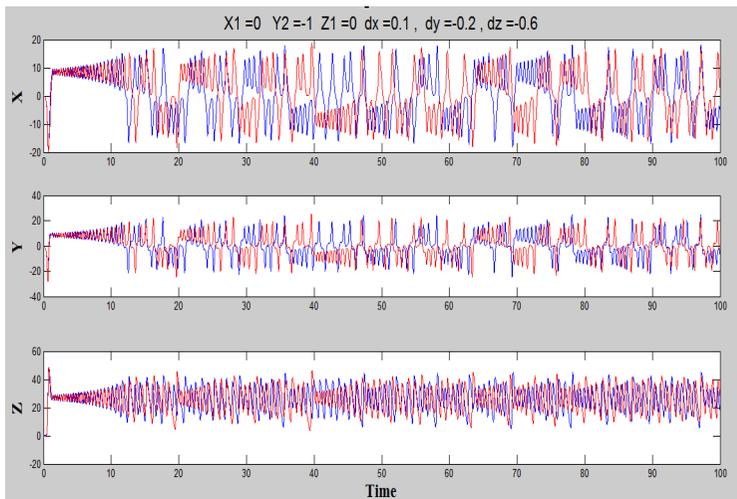
$$\frac{dy}{dt} = rx - y - xz$$

Y → la differenza di temperatura orizzontale alle estremità della cella

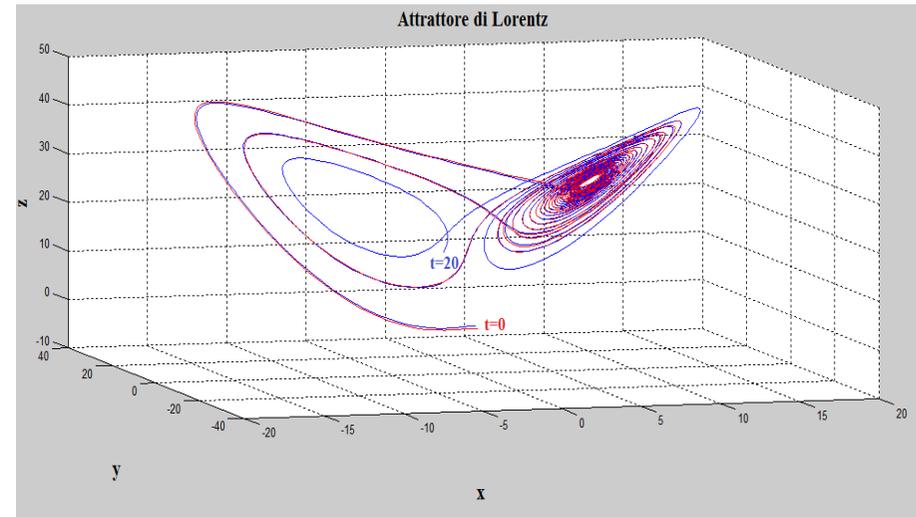
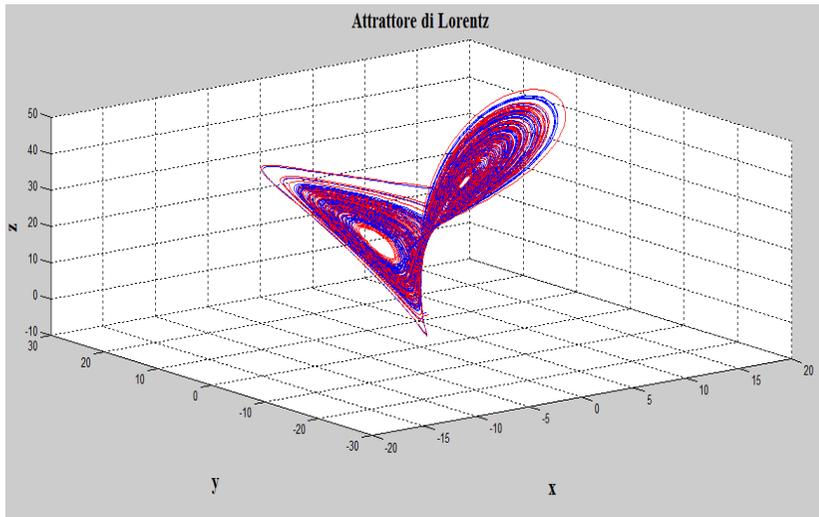
Z → la variazione della temperatura nel caso di una stratificazione verticale stabile

$$\frac{dz}{dt} = xy - bz$$

$$\sigma=10 \quad b = 8/3 \quad r = 28.$$



Attività di Ricerca: Introduzione al problema



Causa errori sulla condizione iniziale

Acquisizione mediante misurazioni dirette e indirette che forniscono solo una stima dello stato reale distante da esso un $d\epsilon$ nello spazio delle fasi.

Ensemble Prediction System (EPS)

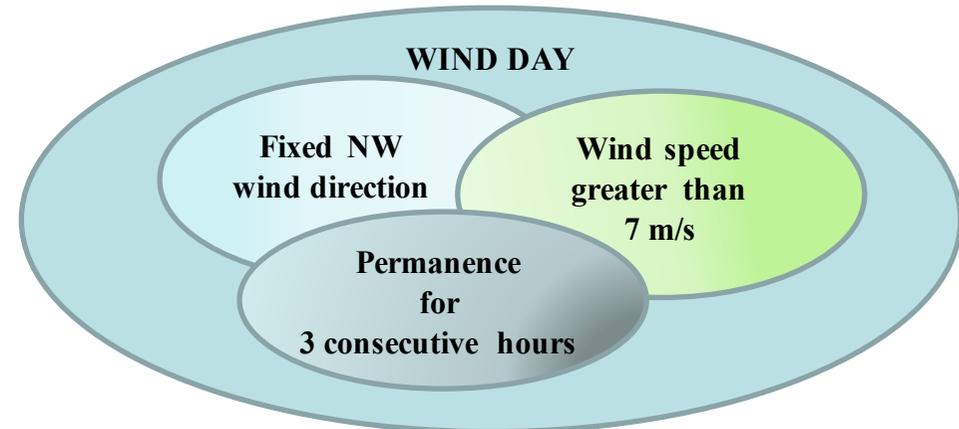
Riuscire a campionare le funzioni di densità di probabilità dell'errore (PDFs) dello stato dell'atmosfera per rappresentare l'incertezza dell'analisi.

Altre fonti di errore

Parametrizzazioni

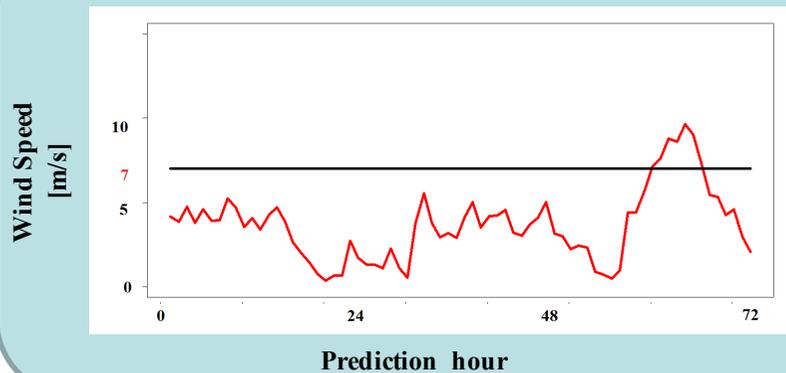
Risoluzione spaziale troppo bassa

Attività di Ricerca: Previsione WIND DAY

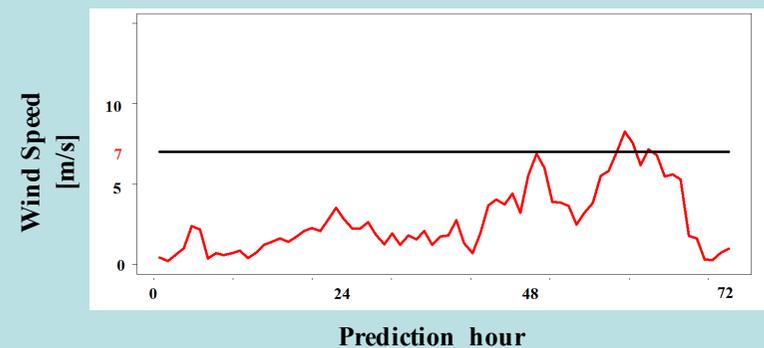


Piano regionale di qualità dell'aria (2012)

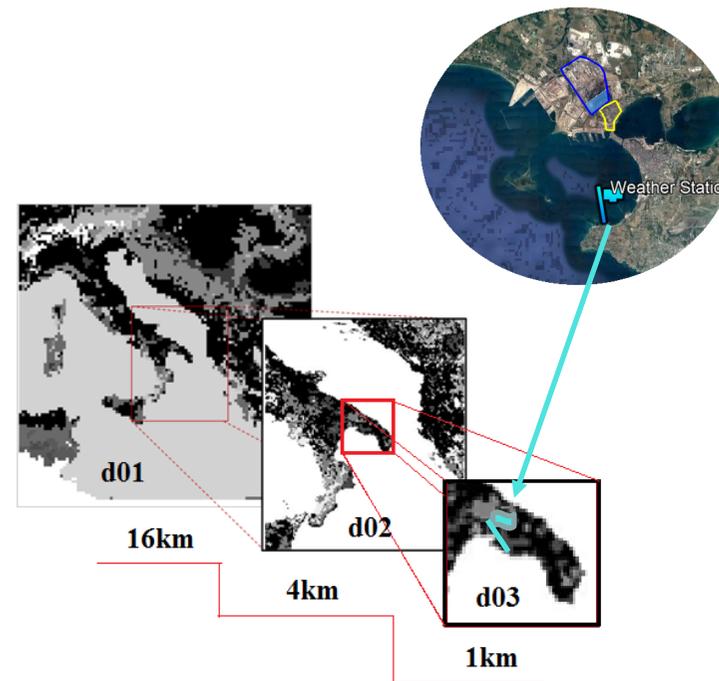
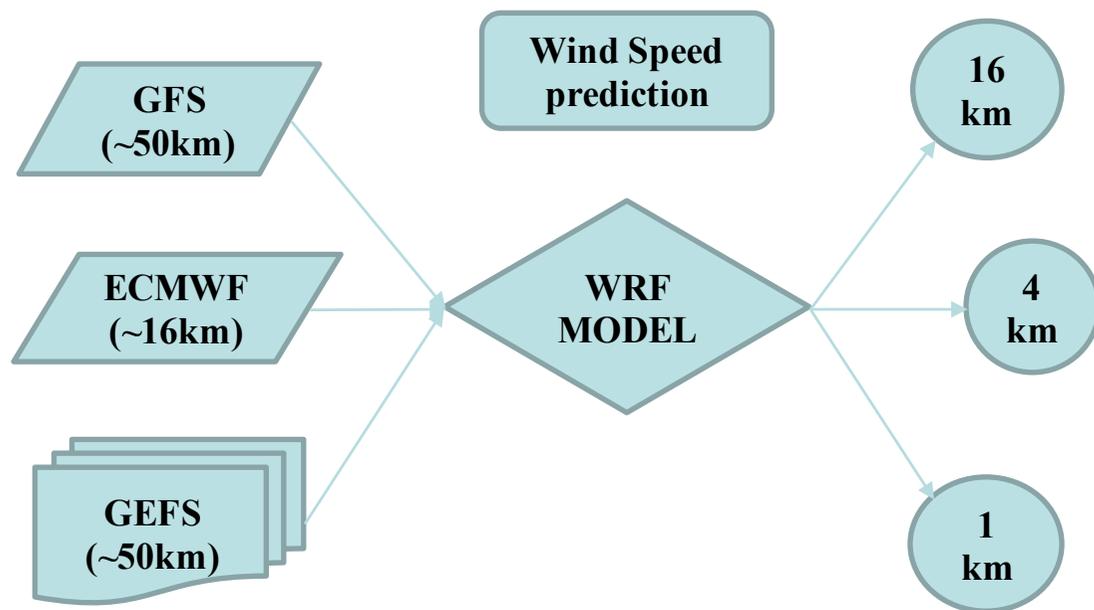
Wind Day case: 02/03/2016



NO Wind Day case: 05/01/2016



Attività di Ricerca: DATI / ANALISI

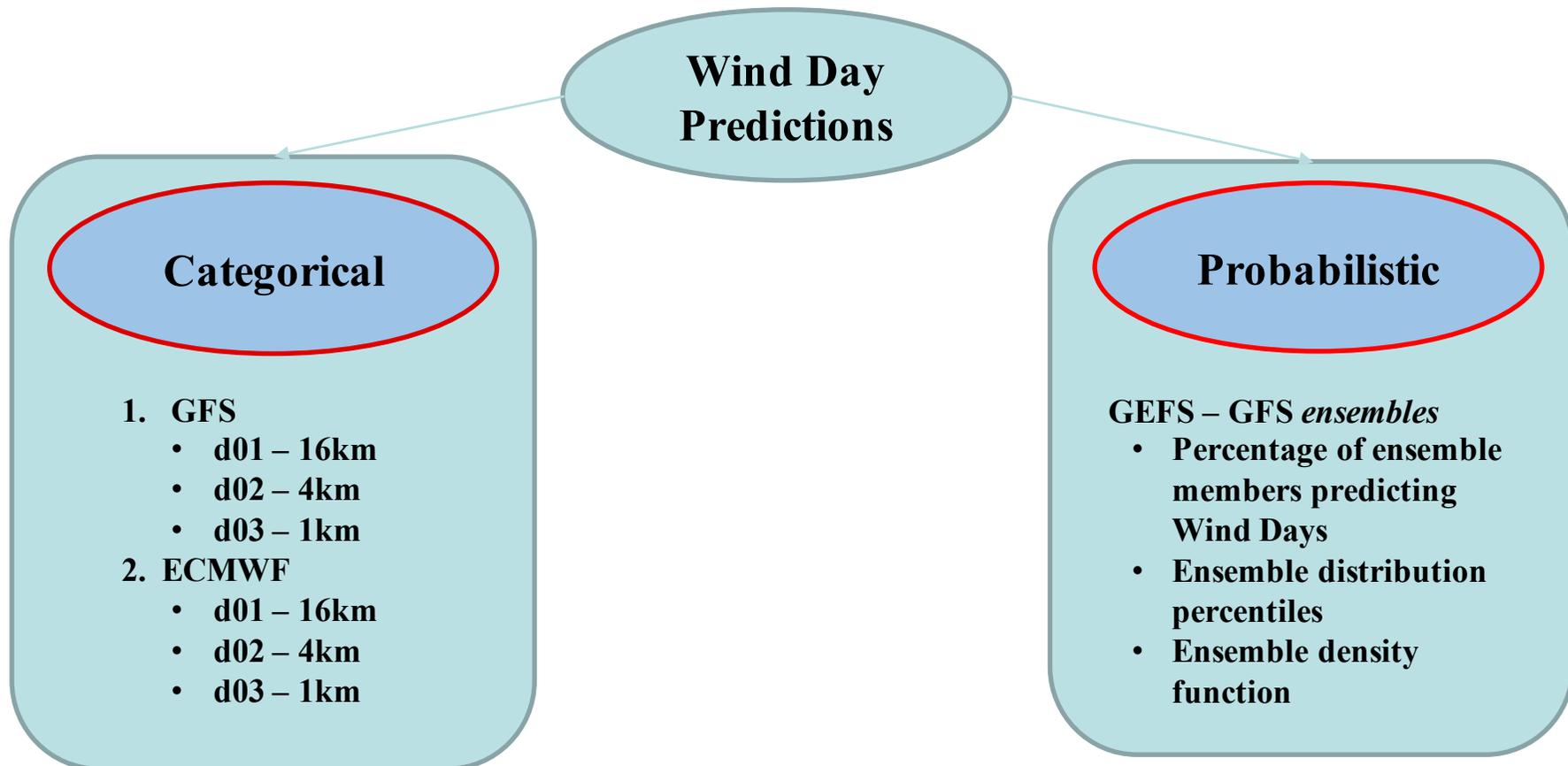


Wind Days = Observed Wind Day events
 NO Wind Days = Observed No Wind Day events

| 34 casi studio - 2016 | |
|-----------------------|--------------|
| Wind Days | NO Wind Days |
| 16 | 18 |

From 48 to 72 forecast hours

Attività di Ricerca: METODI



Attività di Ricerca: GFS (appr. categorico)

INDICI

| | | Event observed | |
|------------------|---|----------------|-------|
| | | 1 | 0 |
| Event forecasted | 1 | T_P | F_P |
| | 0 | F_N | T_N |

$$Accuracy = \frac{T_P + T_N}{T_P + T_N + F_P + F_N}$$

Contingency
Table

Accuracy

16
km

| | | Event observed | |
|------------------|---|----------------|----|
| | | 1 | 0 |
| Event forecasted | 1 | 13 | 10 |
| | 0 | 3 | 8 |

62%

4
km

| | | Event observed | |
|------------------|---|----------------|----|
| | | 1 | 0 |
| Event forecasted | 1 | 15 | 14 |
| | 0 | 1 | 4 |

56%

1
km

| | | Event observed | |
|------------------|---|----------------|----|
| | | 1 | 0 |
| Event forecasted | 1 | 15 | 14 |
| | 0 | 1 | 4 |

56%

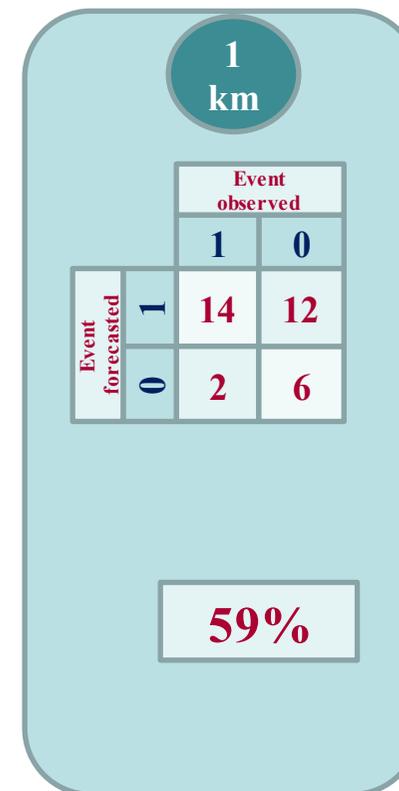
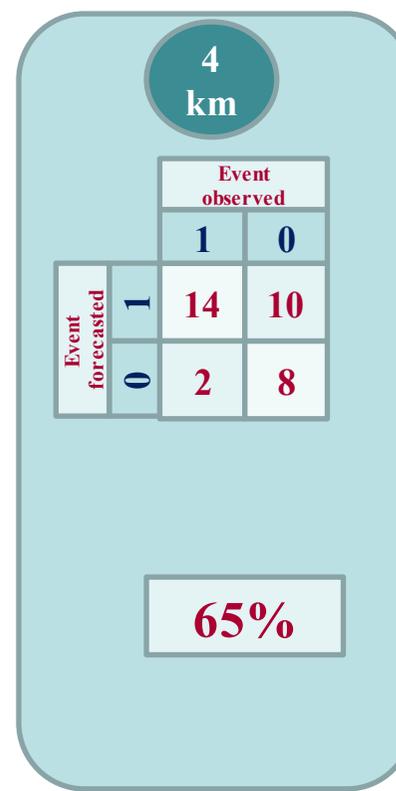
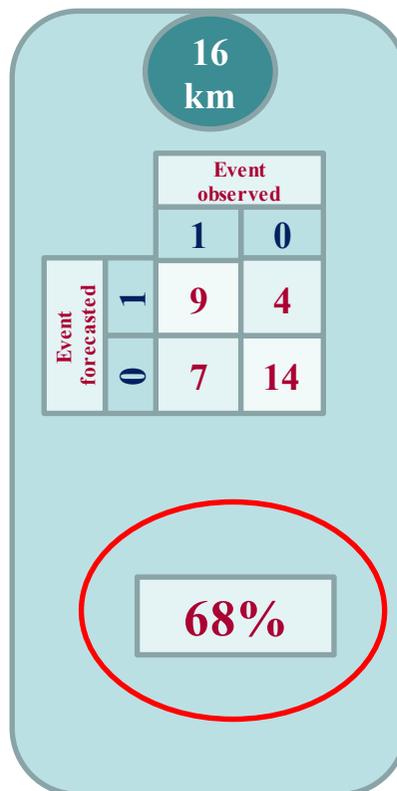
All'aumentare della risoluzione spaziale si reduce l'accuratezza della previsione

Attività di Ricerca: ECMWF (appr. categorico)

$$Accuracy = \frac{T_P + T_N}{T_P + T_N + F_P + F_N}$$

Contingency
Table

Accuracy

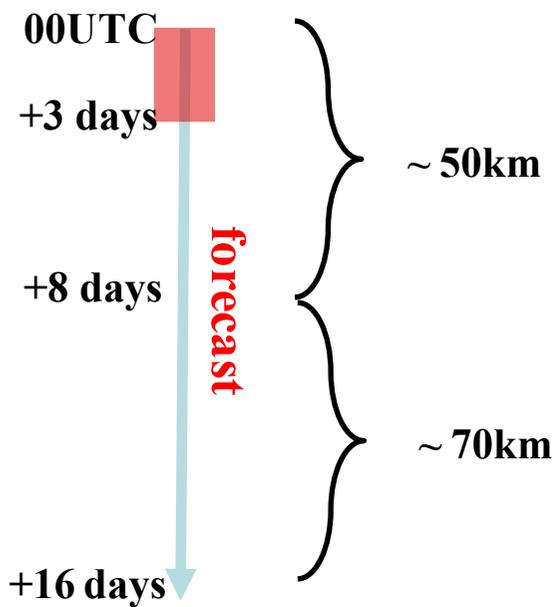


All'aumentare della risoluzione spaziale si reduce l'accuratezza della previsione

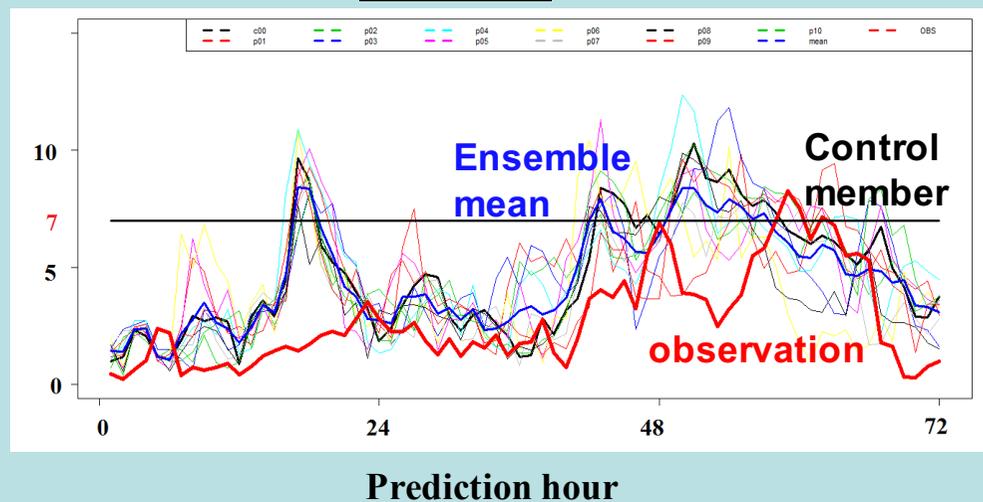
Attività di Ricerca: SISTEMA GEFS



Earth System Research Laboratory
Physical Sciences Division



**False Positive: NO OBSERVED Wind Day case:
05/01/2016**



10 membri a ~50km di risoluzione spaziale

Attività di Ricerca: valutazione GEFS

I membri di ensemble
non comprendano
il vero stato
dell'atmosfera

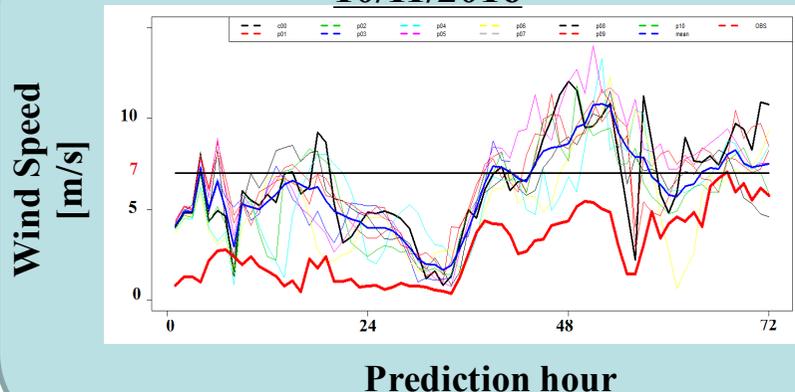


inadeguata
rappresentazione dei
campi a grande scala

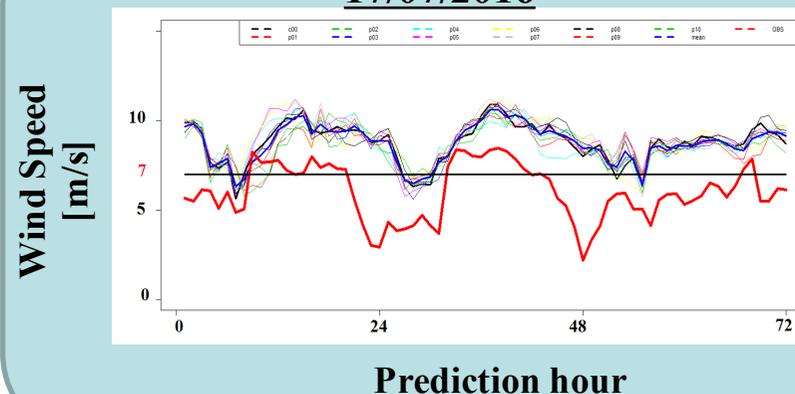
non è proporzionale allo spread degli ensemble

non è proporzionale allo spread

**Big Spread – Big Bias:
10/11/2016**



**Small Spread-Big Bias:
17/07/2016**



Attività di Ricerca: GEFS (appr. probabilistico)

PERCENTAGE OF ENSEMBLES

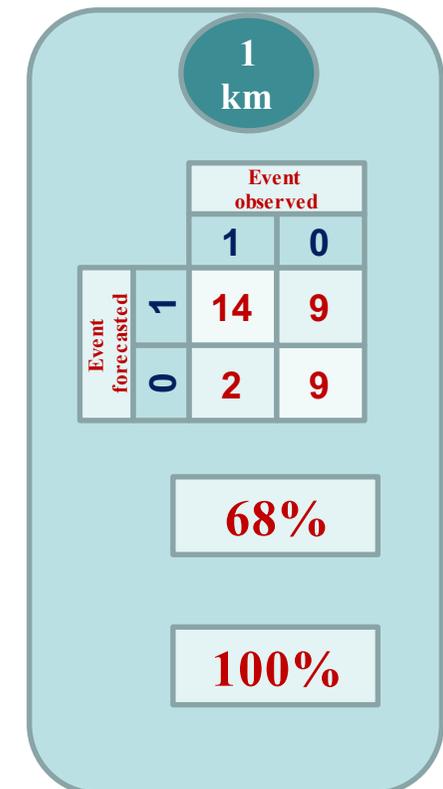
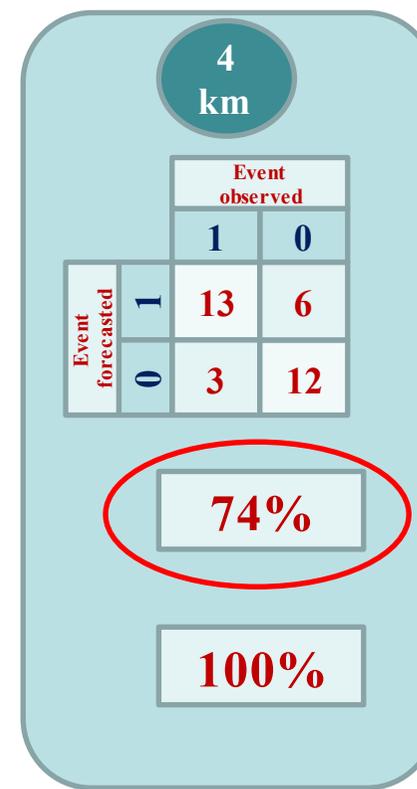
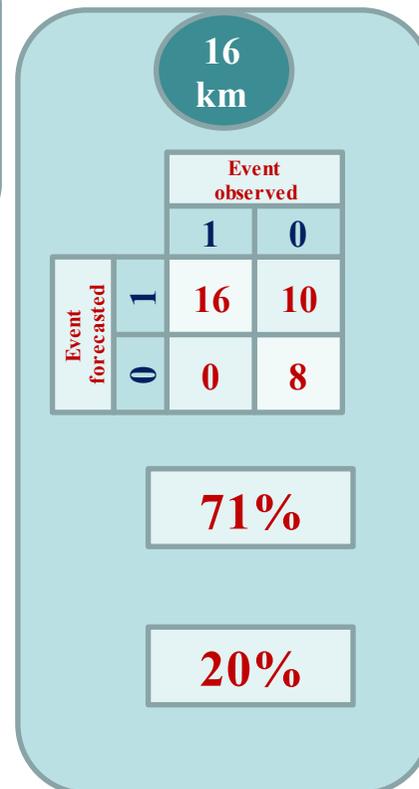
Percentage \leq Cut-off
→ No Wind Day

Percentage $>$ Cut-off
→ Wind Day

Contingency
Table

Accuracy

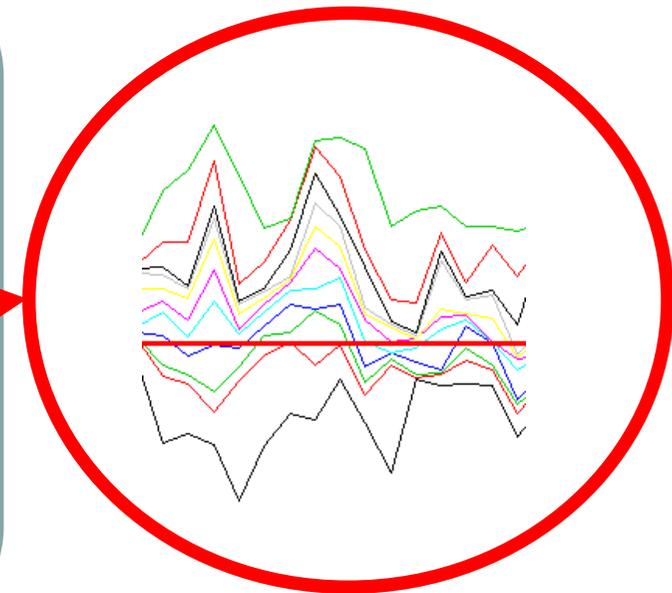
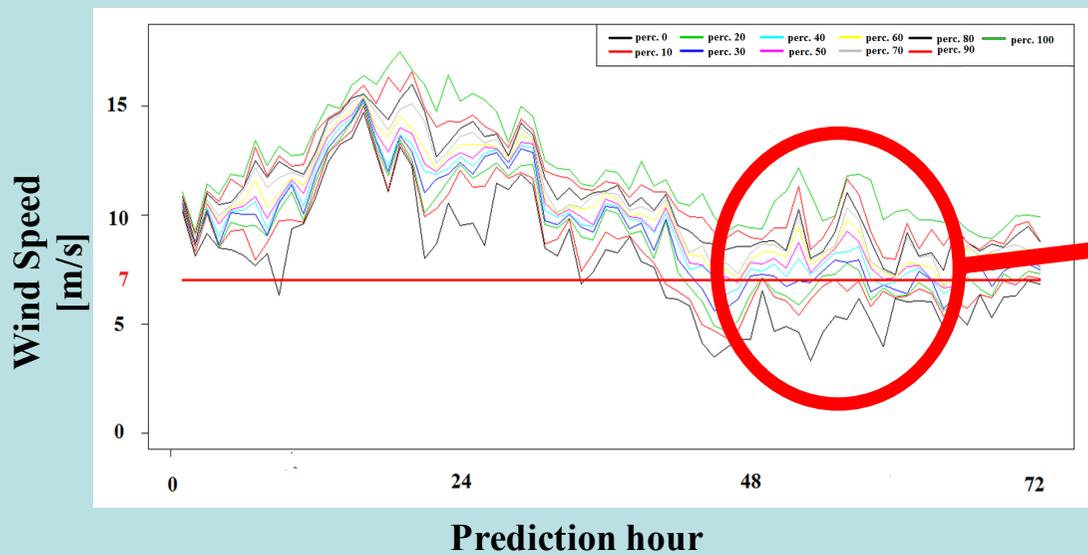
Cut-off



Attività di Ricerca: GEFS (appr. probabilistico)

ENSEMBLE DISTRIBUTION PERCENTILES

Case: 28/12/2016



Attività di Ricerca: GEFS (appr. probabilistico)

ENSEMBLE DISTRIBUTION PERCENTILES

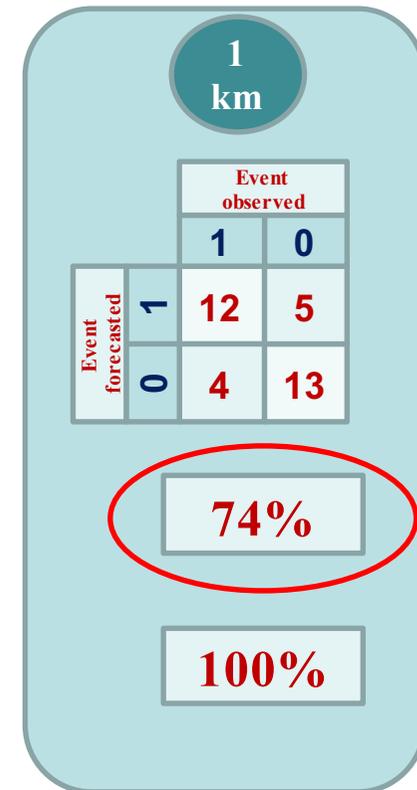
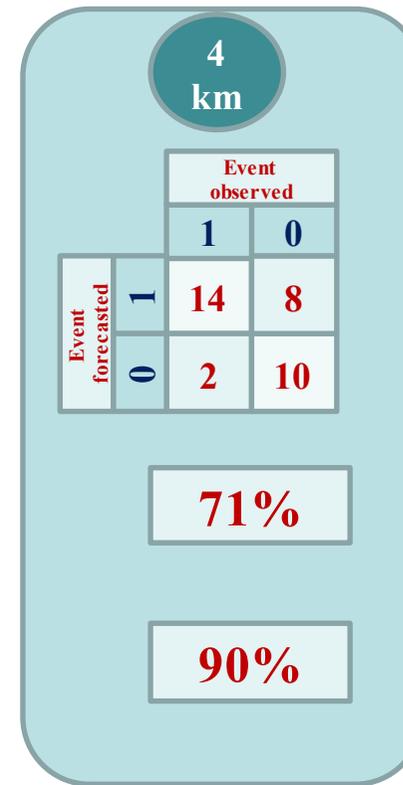
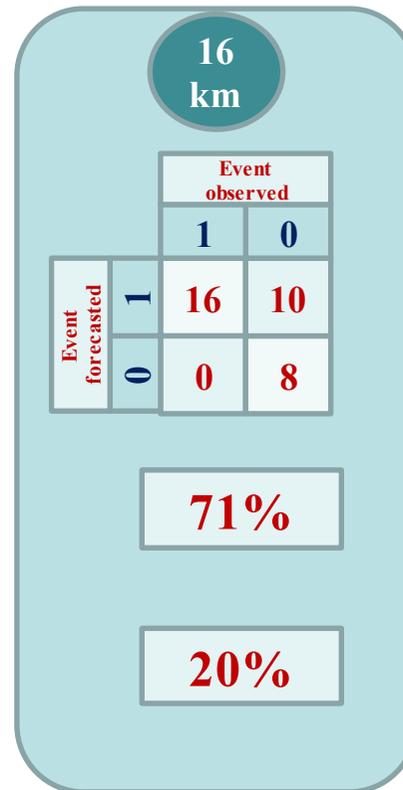
Percentage \leq Cut-off
→ No Wind Day

Percentage $>$ Cut-off
→ Wind Day

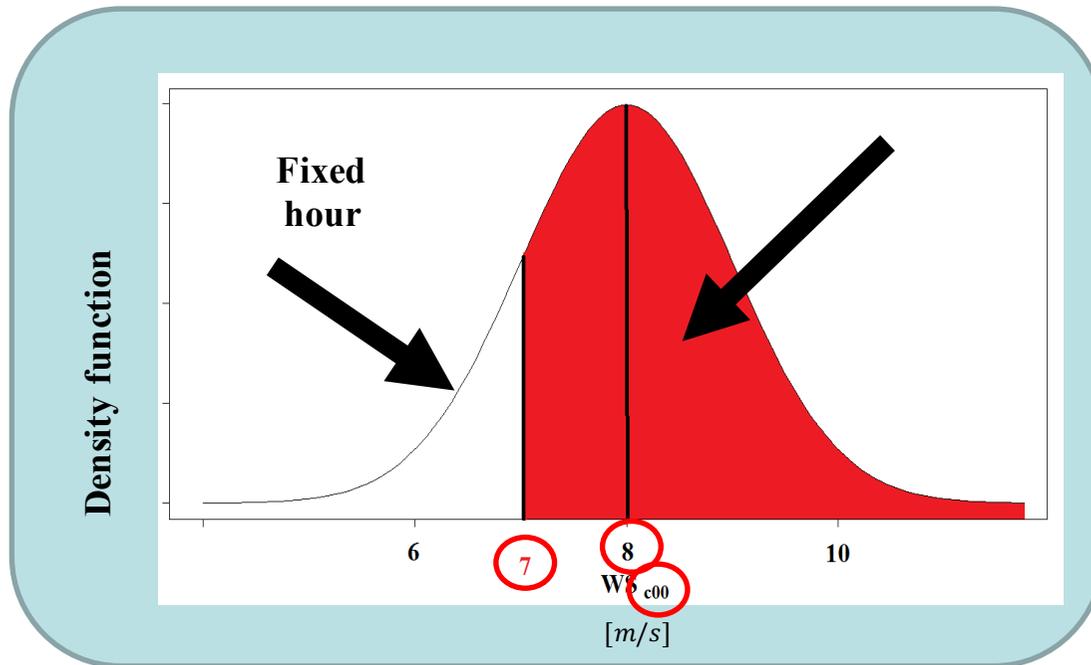
Contingency
Table

Accuracy

Cut-off



ENSEMBLE DENSITY FUNCTION



Probability to have, for 3 consecutive hours, wind speed greater than 7 m/s starting from hour «h»

$$P_h = P_h \cdot P_{h+1} \cdot P_{h+2}$$

$$P_{WD}(daily) = \max_{h=49}^{70} (P_h)$$

Attività di Ricerca: GEFS (appr. probabilistico)

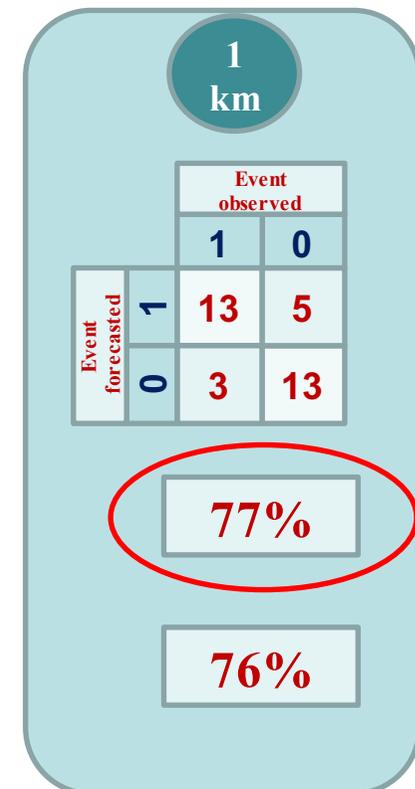
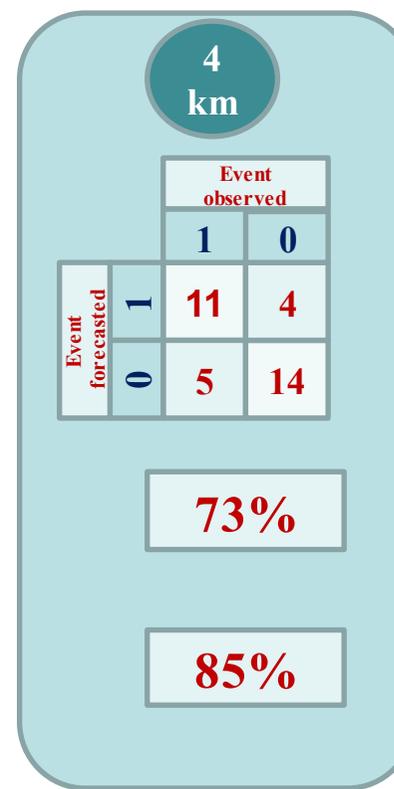
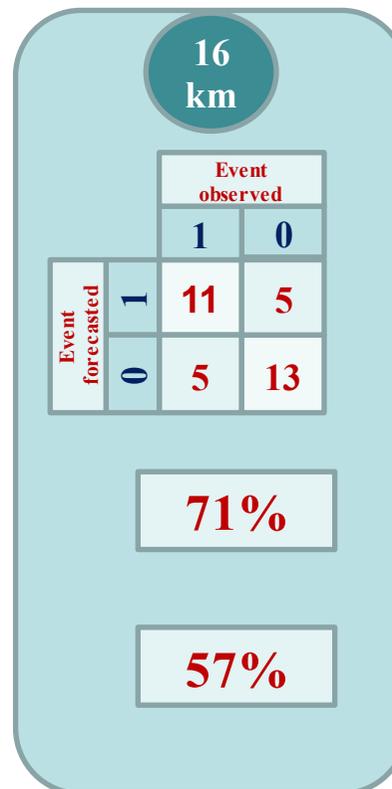
ENSEMBLE DENSITY FUNCTION

Percentage \leq Cut-off
→ No Wind
Day
Percentage $>$ Cut-off
→ Wind Day

Contingency
Table

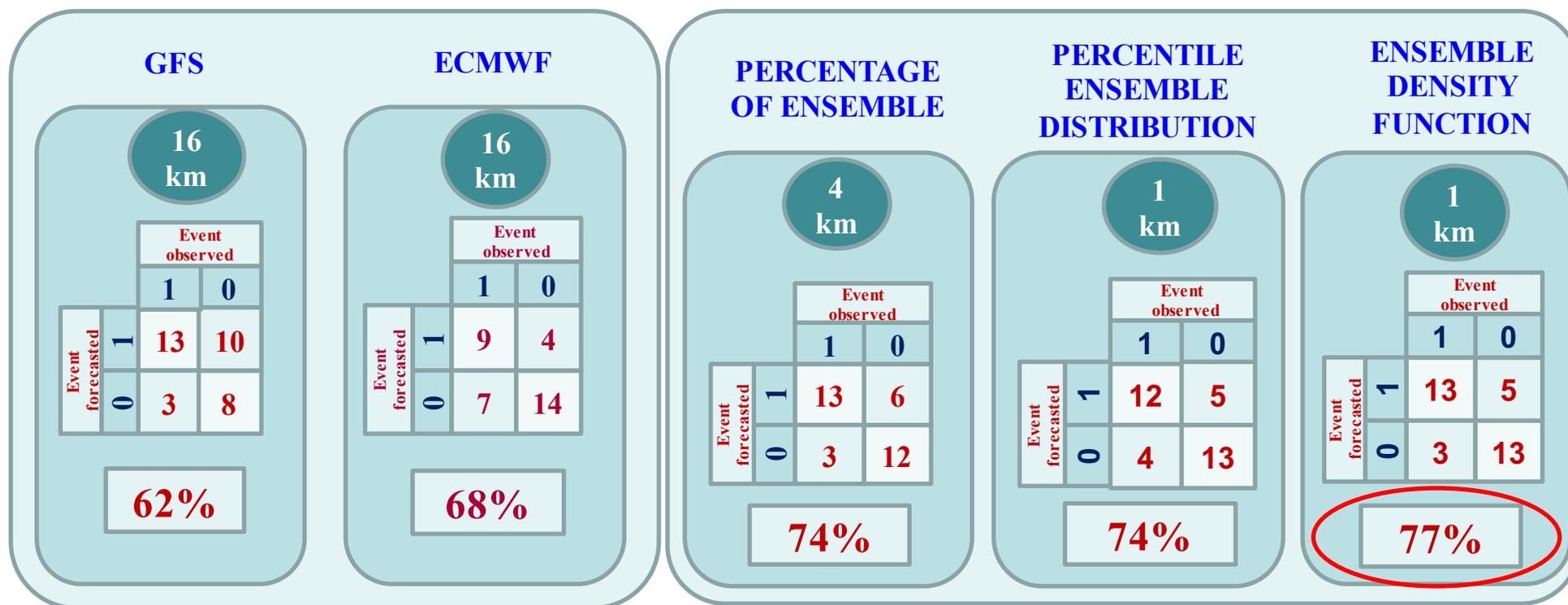
Accuracy

Cut-off



Attività di Ricerca: CONCLUSIONI

1. L'approccio basato sugli ensemble in generale è migliore rispetto a quello deterministico
2. La risoluzione spaziale più alta risulta migliore per l'approccio probabilistico mentre la bassa risoluzione risulta migliore per l'approccio deterministico
3. Il metodo basato sulla PDF degli ensemble risulta il migliore in termini di accuratezza e presenta un buon bilanciamento tra Fp e Fn



PROSPETTIVE FUTURE

- Validazione degli approcci proposti su un database più ampio
- Analisi multivariata per la stima dell'errore dagli ensemble
- Analisi di approfondimento sulla presenza della Double Penalty
- Local Data Assimilation

Partecipazione a Conferenze

17Th Convegno Internazionale (4-8 settembre 2017) organizzato dalla EMS a Dublino.

“WRF model simulations forced with GEFS: an ensemble approach for the prediction of wind speed near a complex coastline”
(Abstract + Oral Presentation)

Publicazioni

- **Tateo, A.,** Miglietta, M. M., Fedele, F., Menegotto, M., Monaco, A., and Bellotti, R., *Ensemble using different Planetary Boundary Layer schemes in WRF model for wind speed and direction prediction over Apulia region*, Advances in Science and Research, 14, 95-102, <https://doi.org/10.5194/asr-14-95-2017>, 2017.



**Grazie per
l'attenzione**

Tecnica di perturbazione

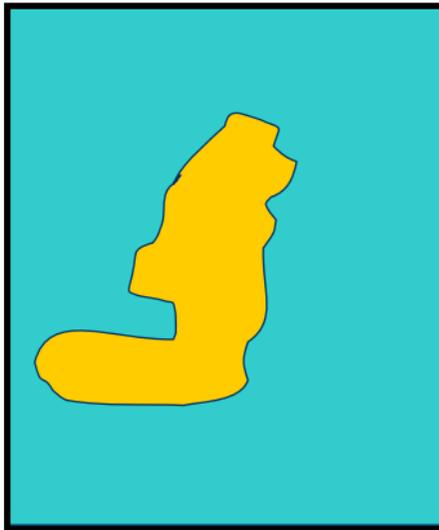
| CENTRO PREVISIONALE | METODO |
|--|--|
| ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) | Singular Vector |
| NCEP (National Centers for Environmental Prediction) | Modello Stocastico di Perturbazione a Tendenza Totale [Upgrade del metodo del Vettore di Bred] |
| CMC (Centro Meteorologico Canadese). | dell' <i>Ensemble di Data Assimilation</i> |

$$x'_{i,t} = x_{i,t} + \gamma_t \sum_{j=1}^N w_{i,j} \{ [(x_j)_t - (x_j)_{t-6h}] - [(x_0)_t - (x_0)_{t-6h}] \}$$

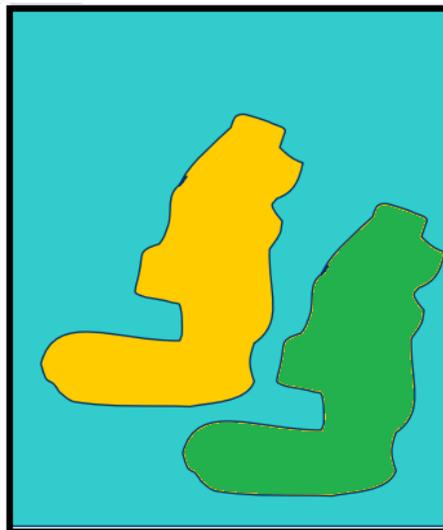
Diagram illustrating the components of the perturbation model equation:

- $x'_{i,t}$: membro i-esimo perturbato all'istante t
- $x_{i,t}$: evoluzione non perturbata del membro i-esimo partendo dallo stato t-6h
- γ_t : Fattore di rescaling
- $w_{i,j}$: Coefficiente random
- $[(x_0)_t - (x_0)_{t-6h}]$: membro di controllo

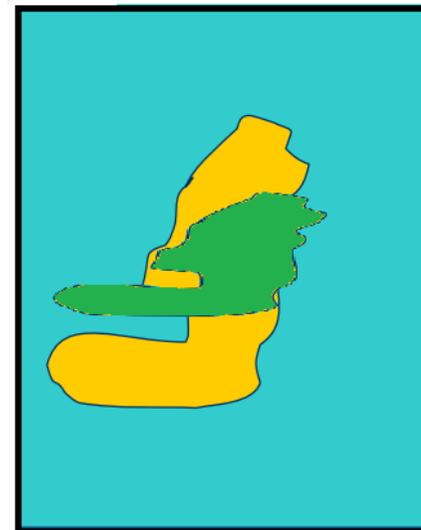
Double Penalty



Osservazione



Previsione mod. 1



Previsione mod. 2

Variabile: Wind Speed

Periodo: 01/01/2015 - 30/04/2017

Dimensione database: 851 giorni (per ogni giorno sono state considerate 72 ore di previsione)

5 PROVINCE PUGLIESI

2 domini spaziali

SUDDIVISIONE PER QUADRANTE

Double Penalty

