



Unione Europea
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



PREVISIONE DELLE PRINCIPALI VARIABILI METEOROLOGICHE A SUPPORTO DELL'AGRICOLTURA DI PRECISIONE

*Di Paola F., Cimini D., De Natale M.P., Gallucci D., Geraldi E., Gentile S., Larosa S., Nilo S. T.,
Ricciardelli E., Romano F., Viggiano M.*

Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale

Tito - 06 Settembre 2023



L'obiettivo dell'attività svolta è quello di fornire un servizio di **previsione meteorologica** utile all'**agricoltura di precisione** per le seguenti variabili:

- Temperatura a 2 m di quota (T2)
- Rapporto di mescolanza del vapor d'acqua a 2 m di quota (Q2)
- Pressione superficiale (PSFC)
- Irradianza solare (SWD)
- Precipitazione cumulata ad 1 ora (RAIN)
- Componenti orizzontali del vento a 10 m di quota (U10 and V10)

Vincoli del servizio:

- Previsione per 72-96 ore effettuata ogni 24 ore
- Regione del sud Italia di circa (400 x 400) km²

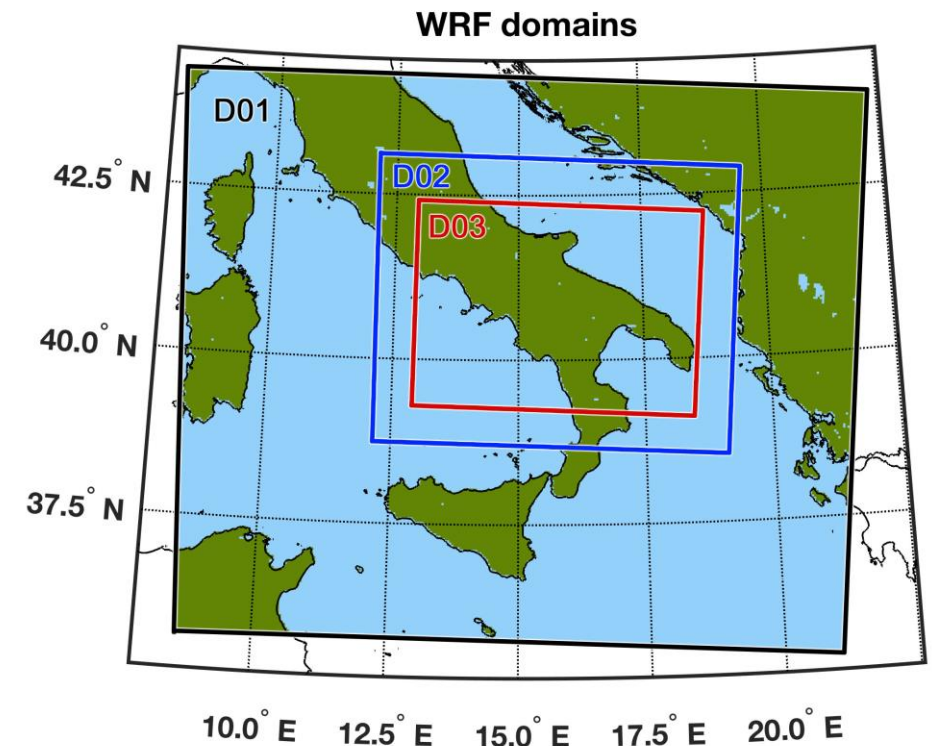
Utilizzando il modello *Weather Research and Forecasting* (WRF), gli **elevati costi computazionali** non consentono di scendere al di sotto della spaziatura della griglia di circa 1,2 km, un po' troppo grossolana per supportare l'agricoltura di precisione.

Per superare i limiti imposti dai costi computazionali è stato sviluppato un algoritmo basato su **reti neurali** artificiali (ANN) per il *downscaling* degli output del WRF.

Il **database** utilizzato per l'**addestramento** delle ANN è basato su 12 giorni x 24 ore nel 2017 simulati in rianalisi mediante il WRF utilizzato in modalità *Large Eddy Simulation* (WRF-LES), con 3 domini annidati a 3,6 km, 1,2 km e 240 m.

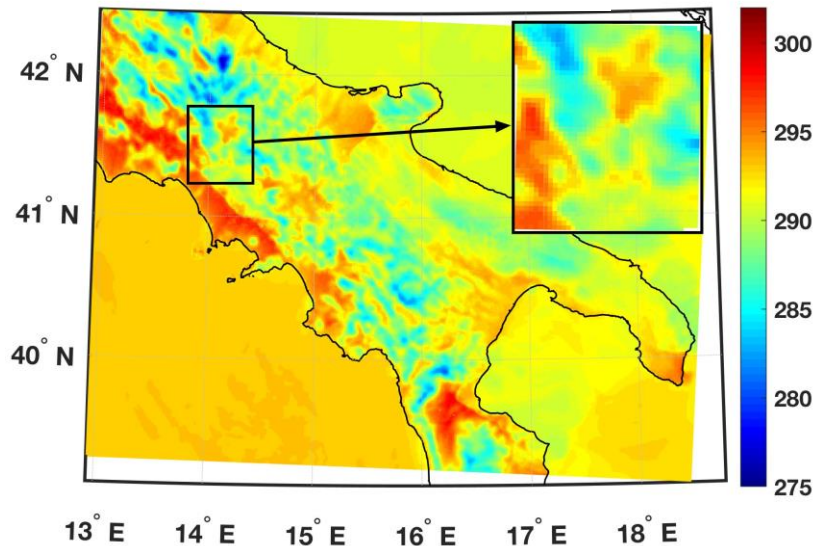
L'idea di base è quella di addestrare le ANN utilizzando come input l'output del WRF a 1,2 km (D02) e come output l'output del WRF-LES a 240 m (D03).

In questo modo sarebbe possibile applicare le ANN alle uscite del WRF D02 per ottenere la variabile a una risoluzione spaziale più elevata.

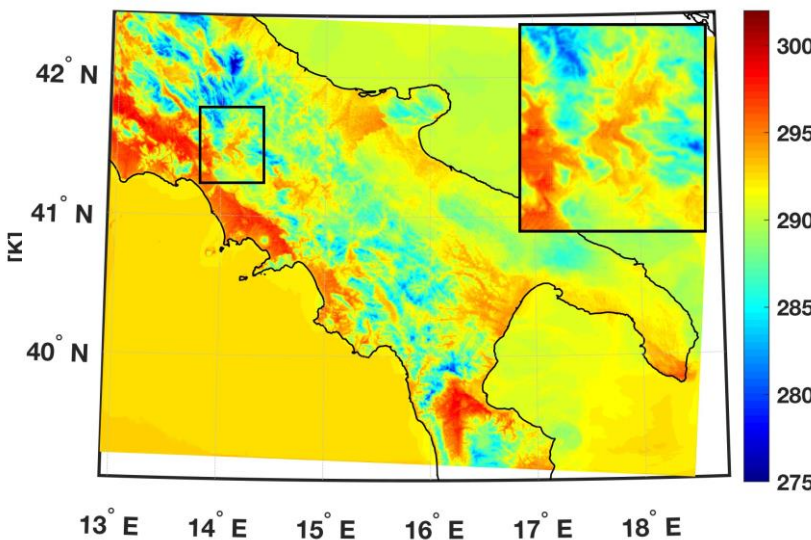


L'approccio ipotizzato, basato sull'addestramento delle ANN come **input-output** gli output del WRF nei domini D02-D03 non è tuttavia praticabile, perché il modello WRF produce **valori leggermente diversi nell'area di sovrapposizione** dei due domini.

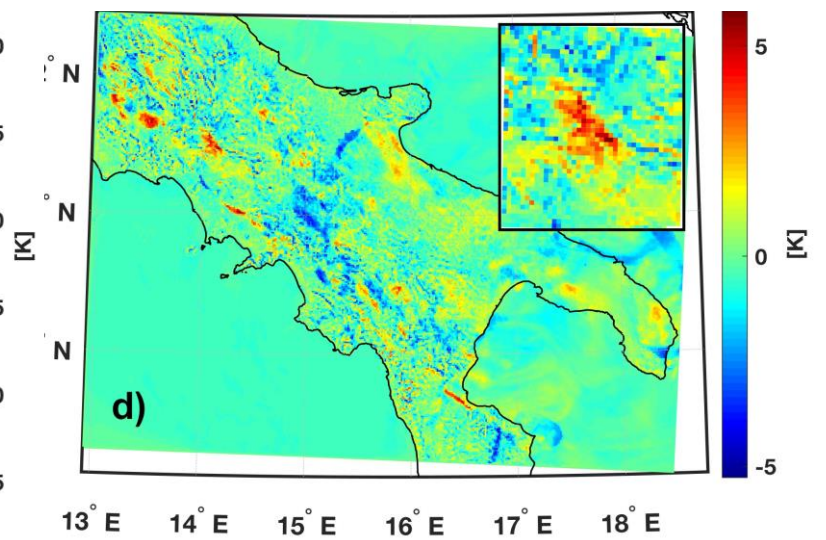
T2 @ 1.2 km (D02)



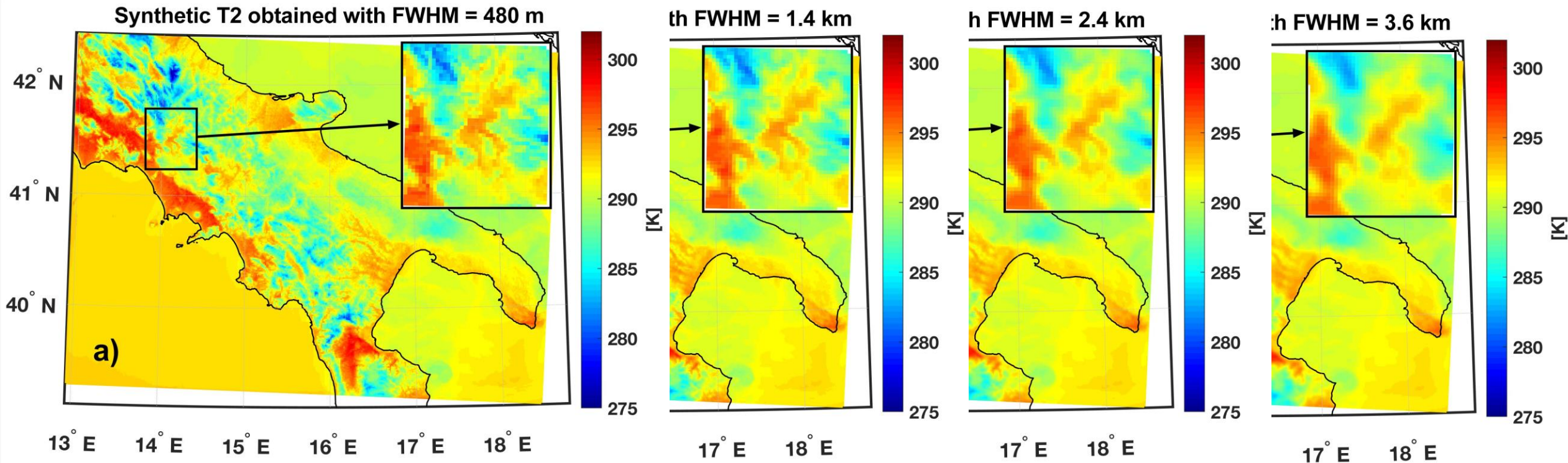
T2 @ 240 m (D03)



T2 differenze (D02 - D03 campionato)



Per superare questo limite, sono stati creati **campi meteorologici sintetici a 1,2 km** da quelli a 240 m **degradando** la loro **risoluzione spaziale** attraverso un'operazione di convoluzione con un kernel gaussiano bidimensionale. Con un approccio iterativo sono stati testati diversi FWHM per ogni simulazione/variabile di 1h, scegliendo infine quello che simula un output più simile a quello reale a 1,2 km tramite confronto nel dominio delle frequenze spaziali utilizzando la trasformata di Fourier.

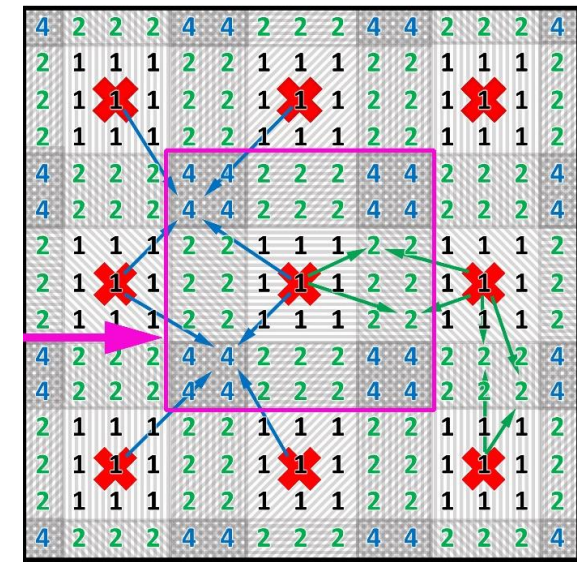
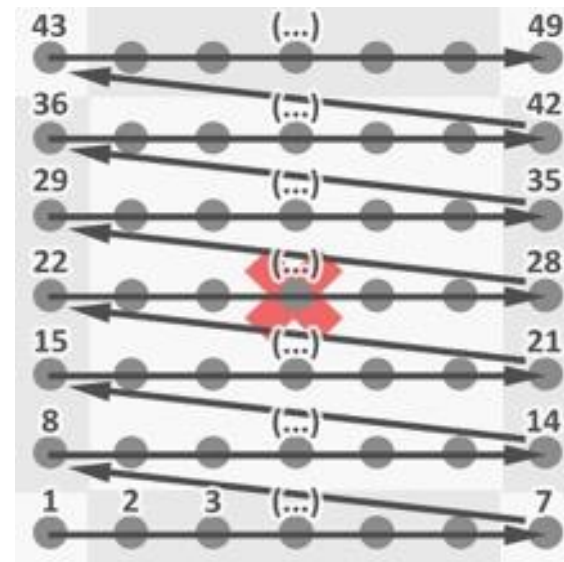
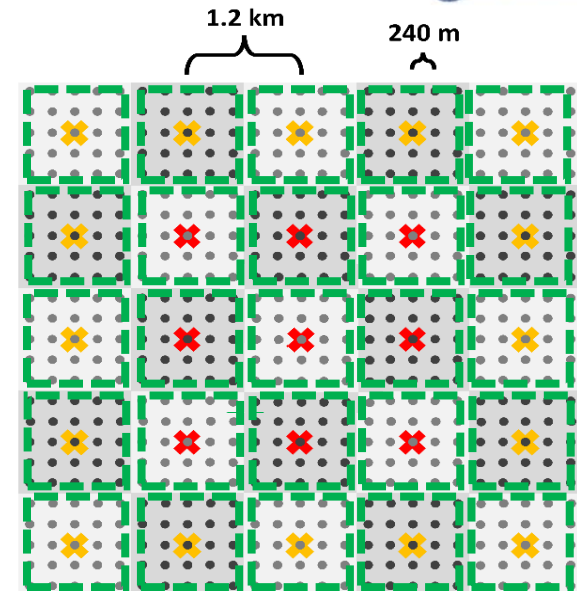




Sono state sviluppate **7 diverse ANN**, per il downscaling separato di T2, Q2, PSFC, SWD, RAIN, U10 e V10.

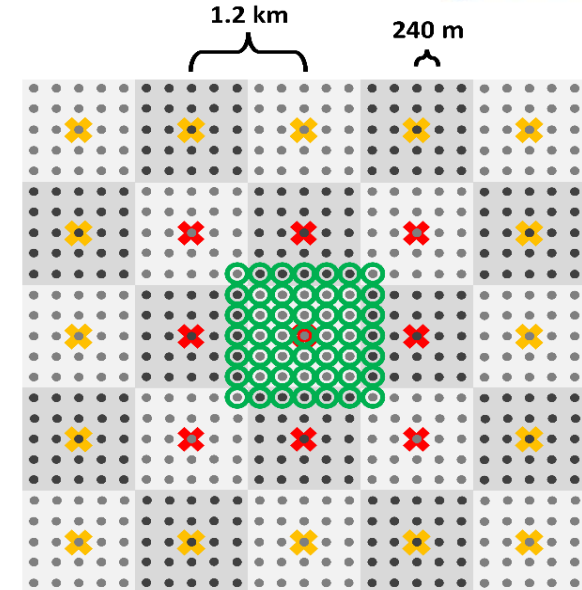
Si è scelto di effettuare il *downscaling* per **ogni box (7x7) @ 240 m** per consentire la sovrapposizione di 2 o 4 punti tra box adiacenti, evitando così la presenza di artefatti a *box*.

Gli output di ciascuna ANN consistono nella PCA ($\sigma^2 > 99,9\%$) dell'output di WRF-LES a 240 m calcolato sui punti della griglia (7x7) (**circoli** verdi, box **viola**).

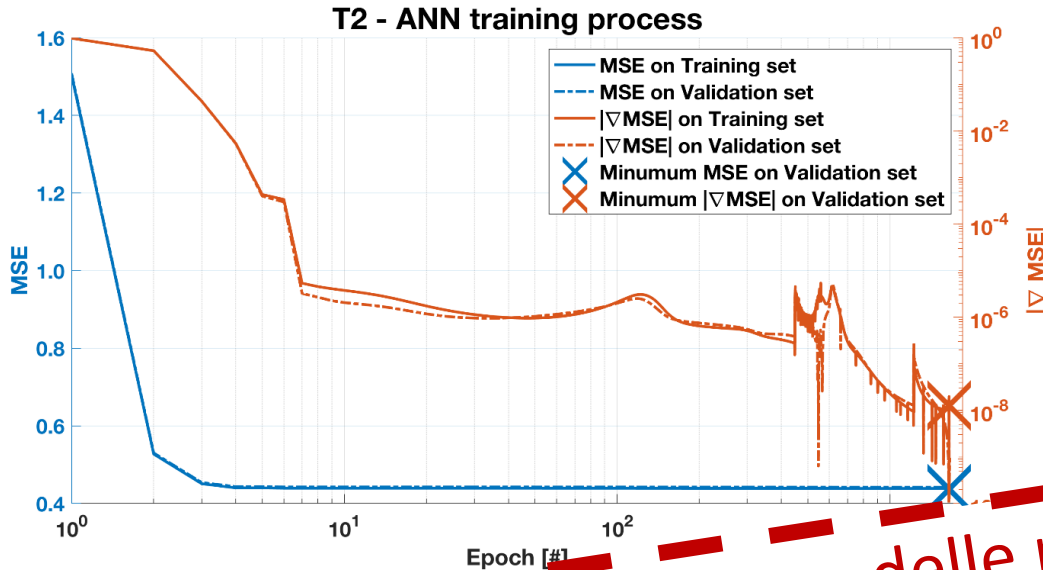


Gli input di ciascuna rete consistono in:

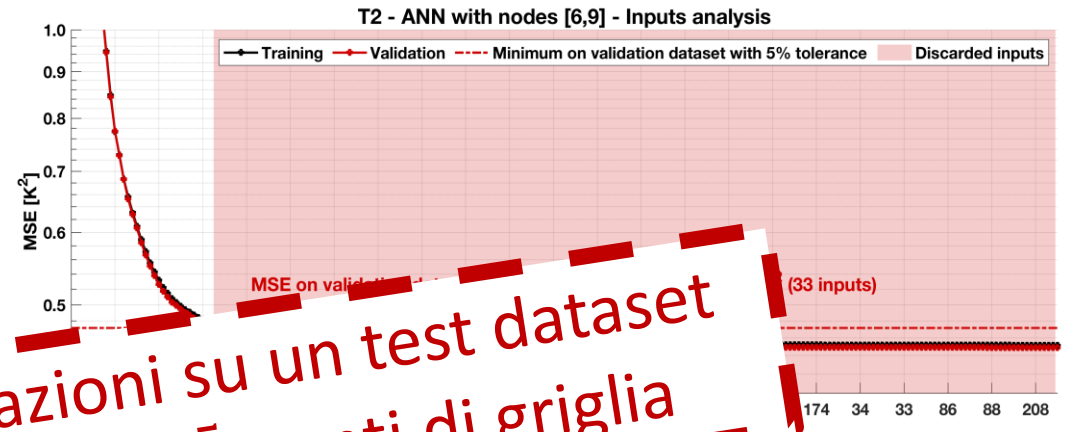
- le PC ($\sigma^2 > 99,9\%$) della variabile che deve essere ridimensionata a 1,2 m nel box (5x5) a 1,2 km (croci gialle e rosse)
- le PC ($\sigma^2 > 99,9\%$) di altre variabili WRF nel box (3x3) a 1.2 km, per caratterizzare le condizioni atmosferiche (croci rosse)
- le PC ($\sigma^2 > 99,9\%$) di alcuni campi statici nello stesso box (7x7) considerato per l'output (altezza del suolo, orientamento della superficie, rugosità superficiale) (circoli verdi)
- Latitudine, longitudine, angoli zenitale ed azimutale solare



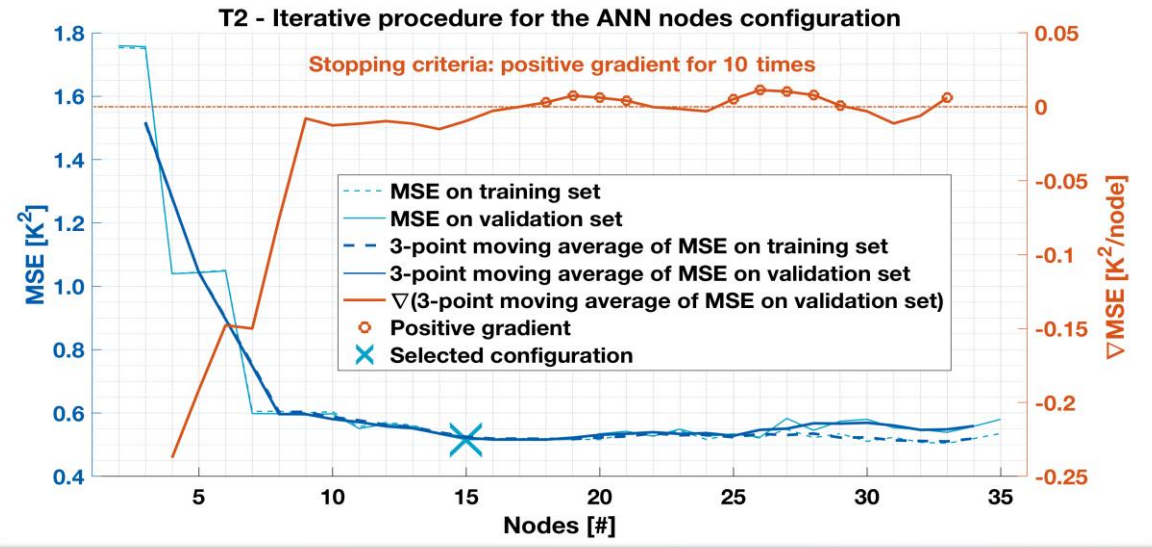
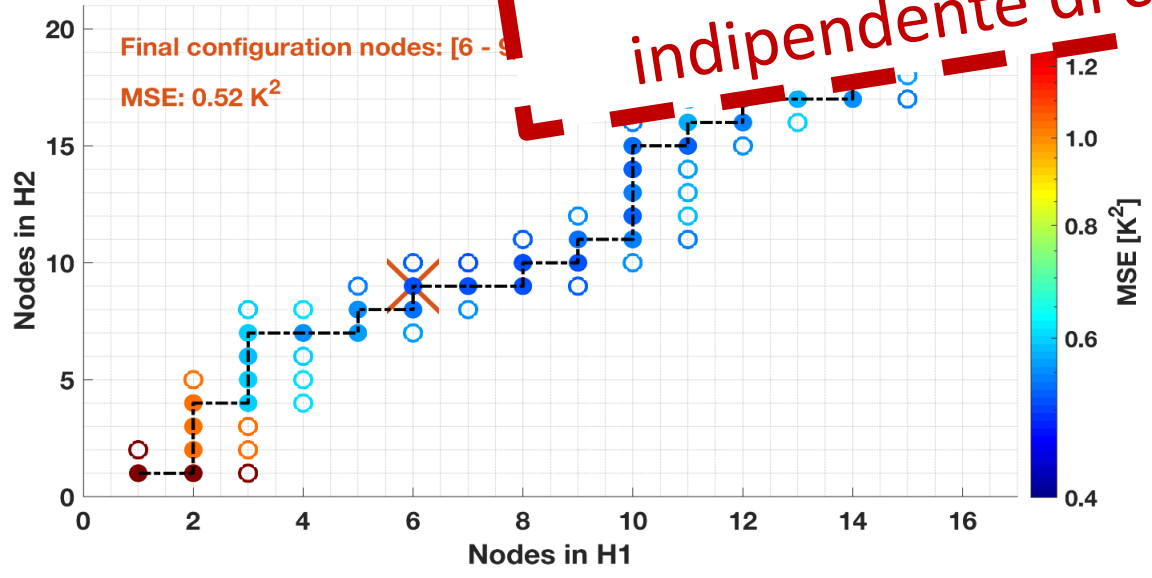
Addestramento delle ANN



Rimozione degli input per ridurre il rischio di overfitting

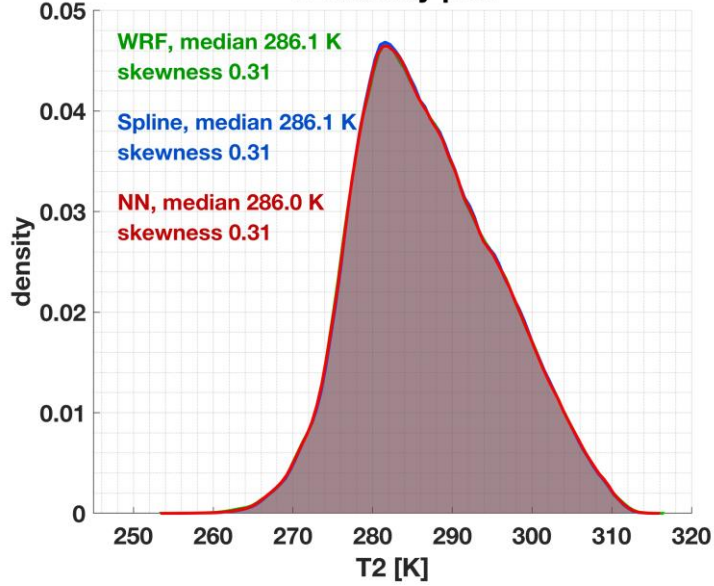


Definizione Valutazione delle prestazioni su un test dataset indipendente di circa $2 \cdot 10^5$ punti di griglia

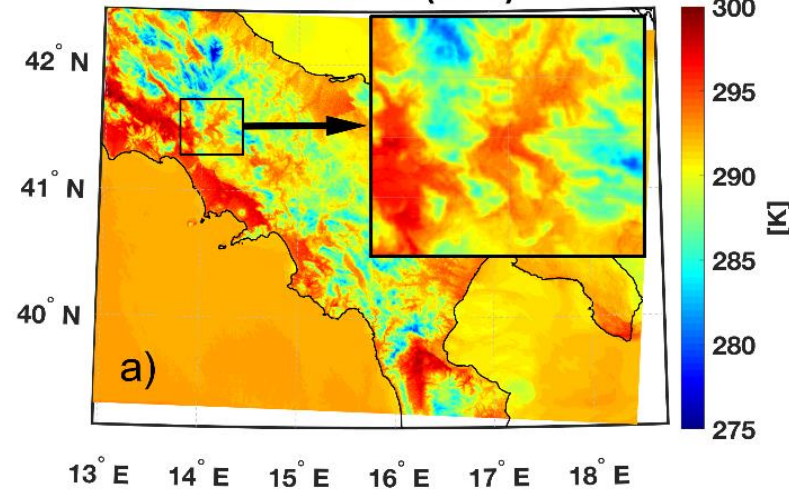


Temperatura 2 m

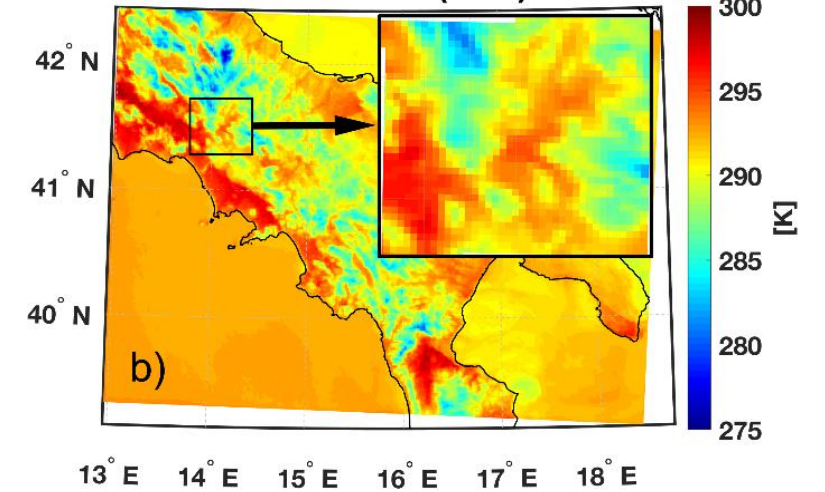
T2 density plot



T2 @ 240 m (WRF)

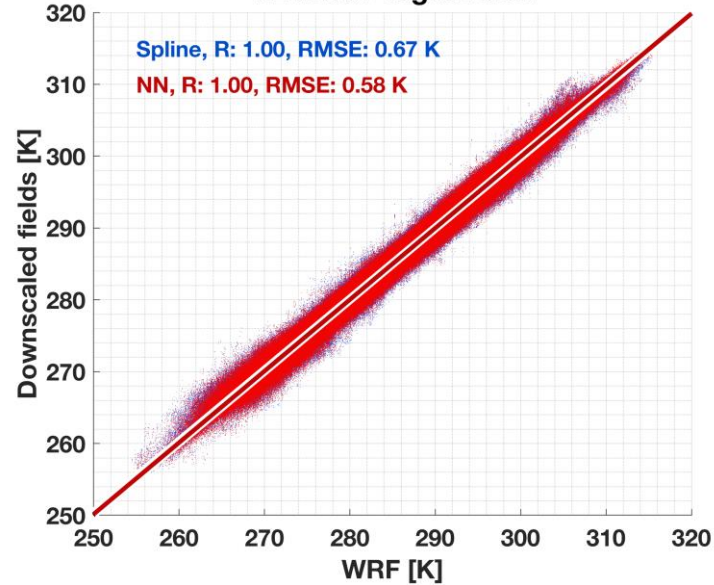


T2 @ 1.2 km (WRF)

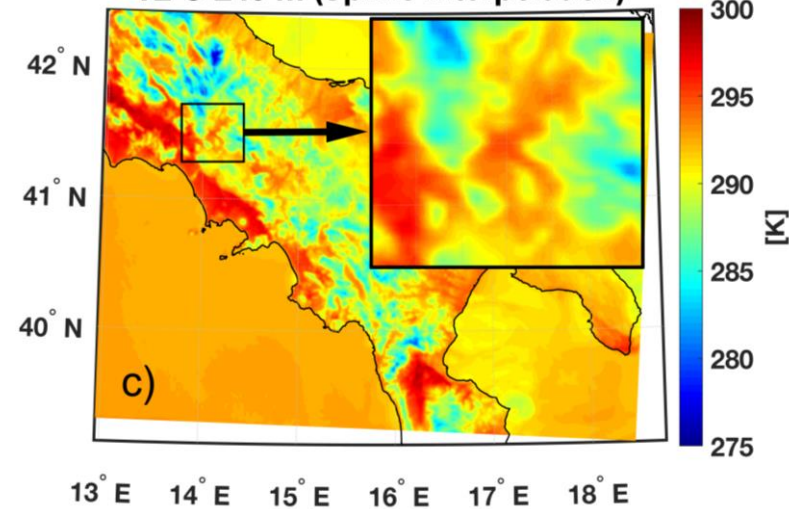


25 Maggio 2017, ore 12:00 UTC

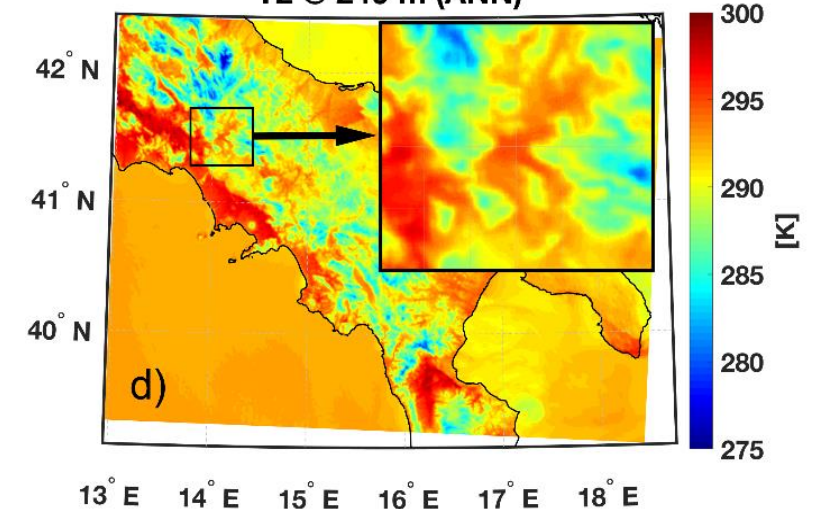
T2 linear regression



T2 @ 240 m (Spline interpolation)

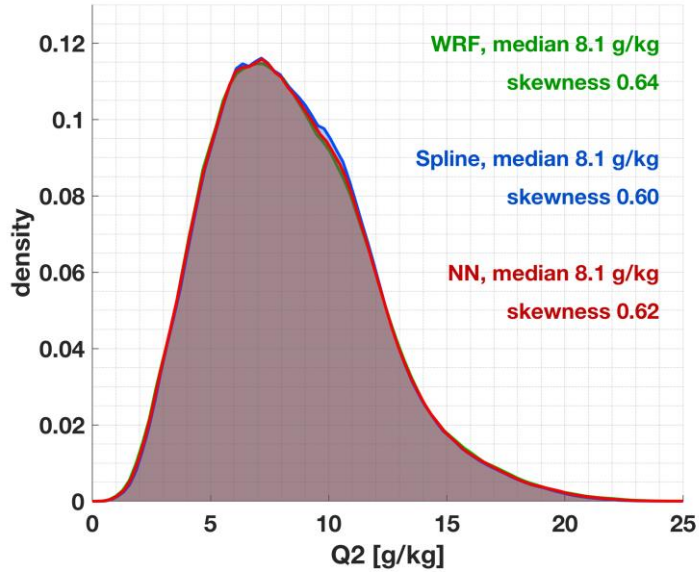


T2 @ 240 m (ANN)

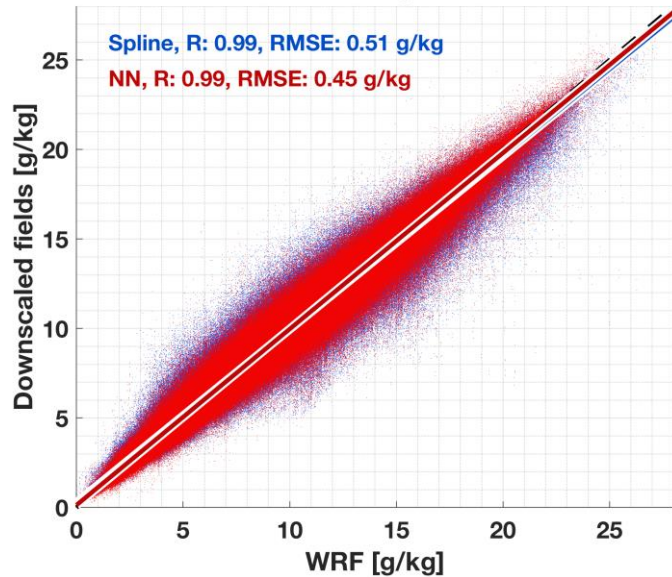


Rapporto di mescolanza del vapor d'acqua a 2 m

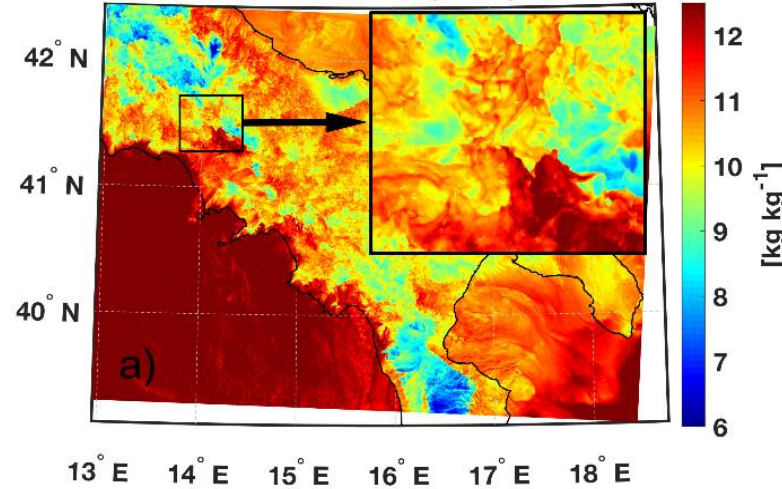
Q2 density plot



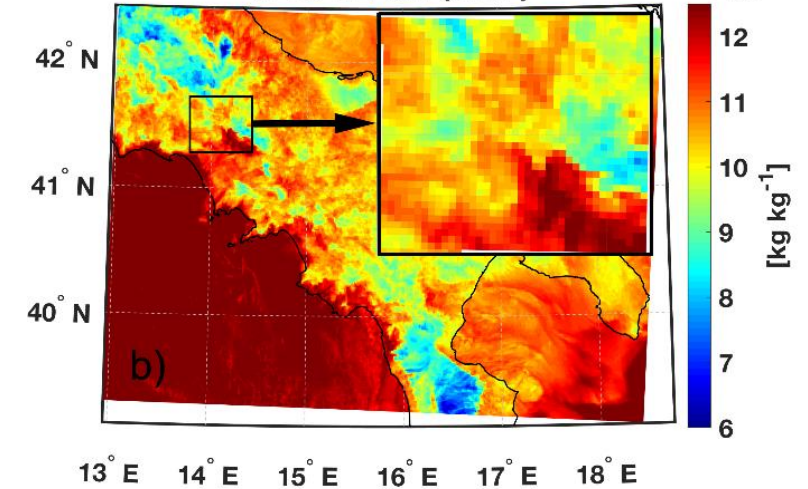
Q2 linear regression



Q2 @ 240 m (WRF)

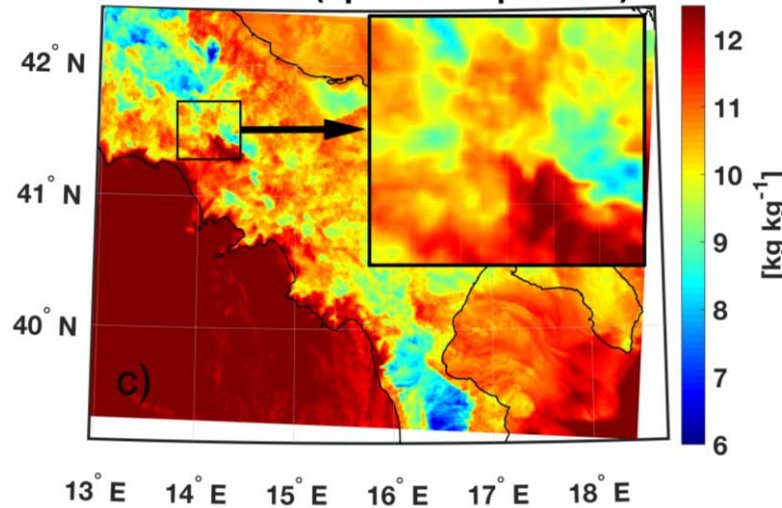


Q2 @ 1.2 km (WRF)

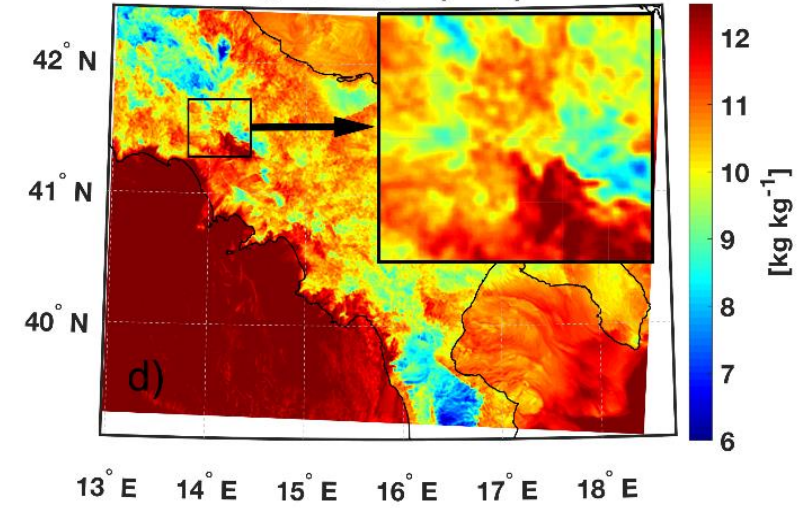


25 Maggio 2017, ore 12:00 UTC

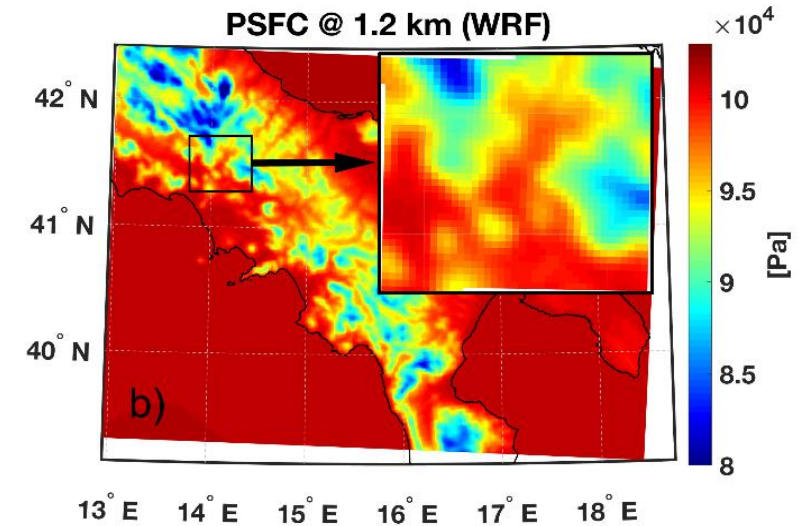
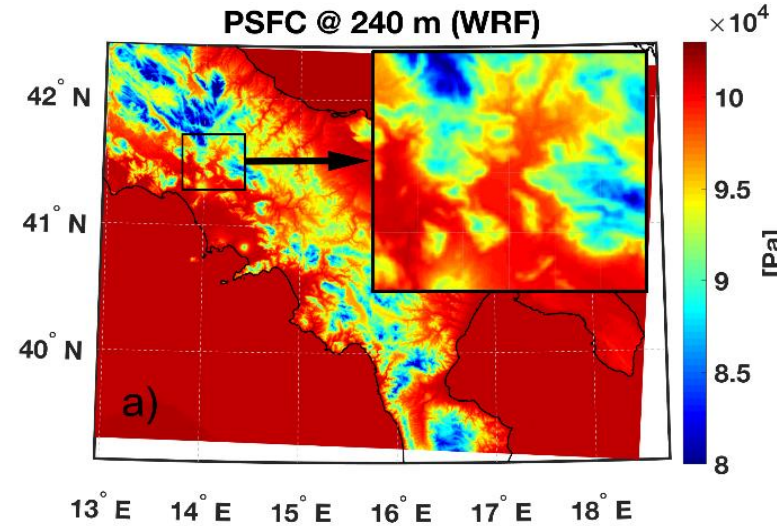
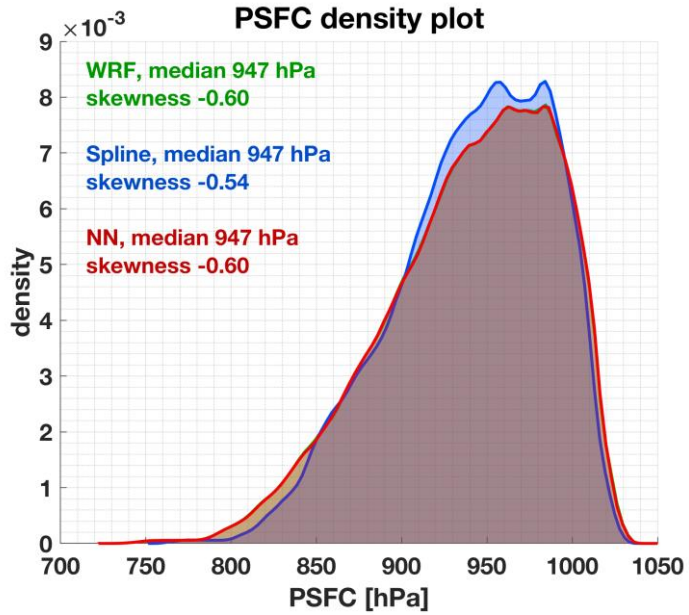
Q2 @ 240 m (Spline interpolation)



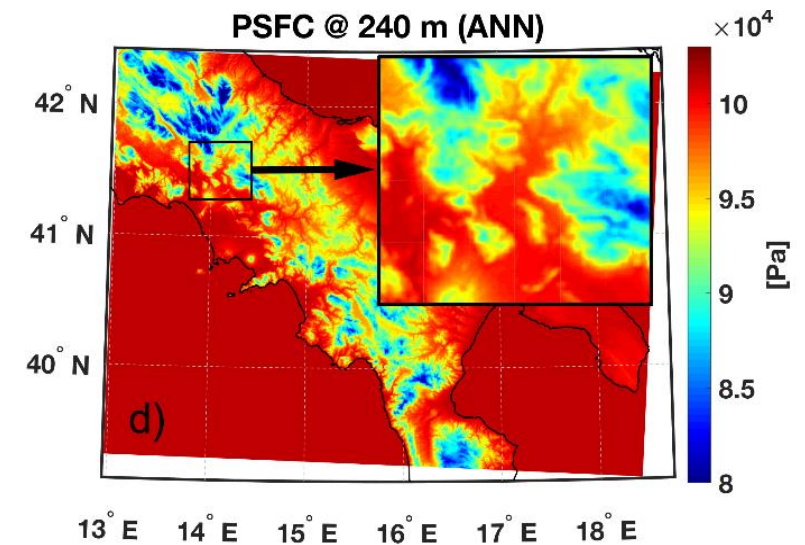
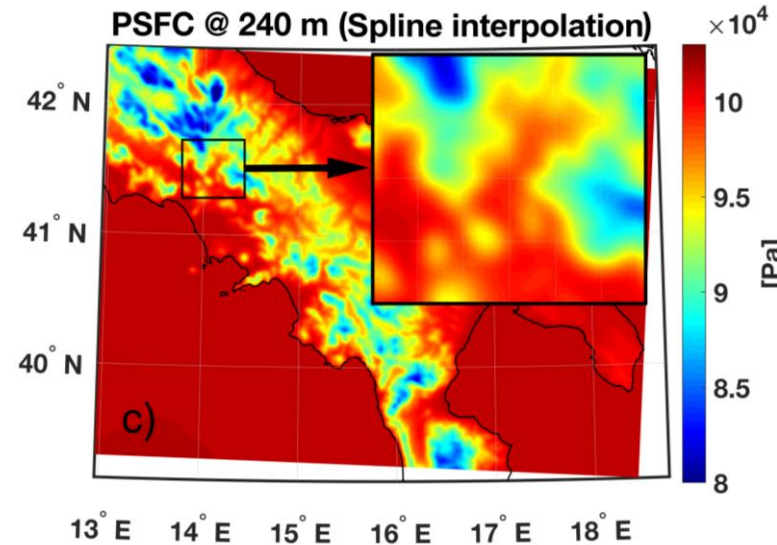
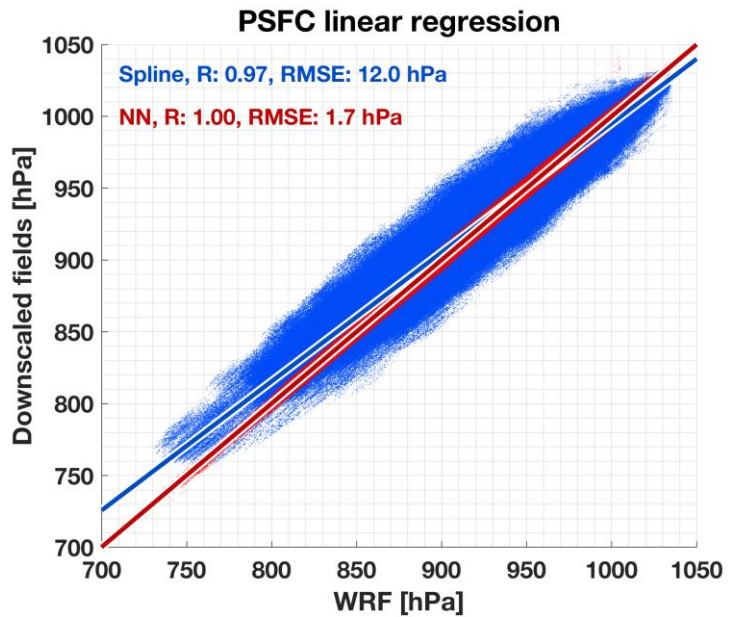
Q2 @ 240 m (ANN)



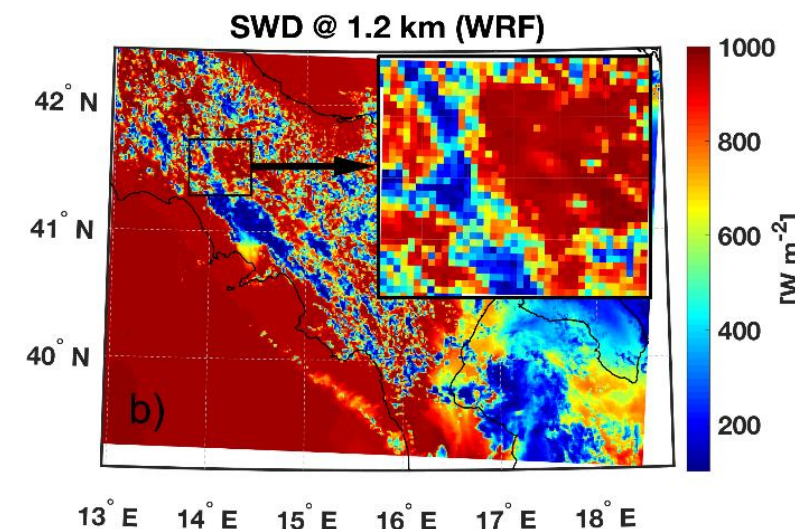
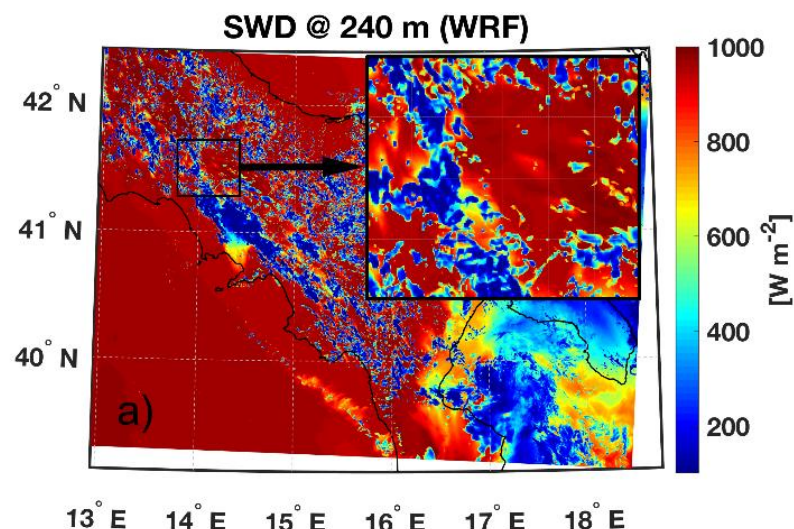
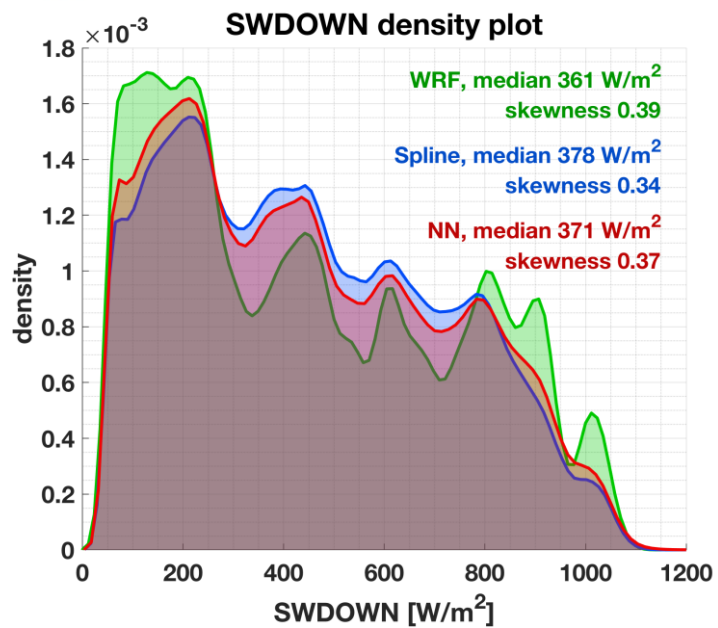
Pressione superficiale



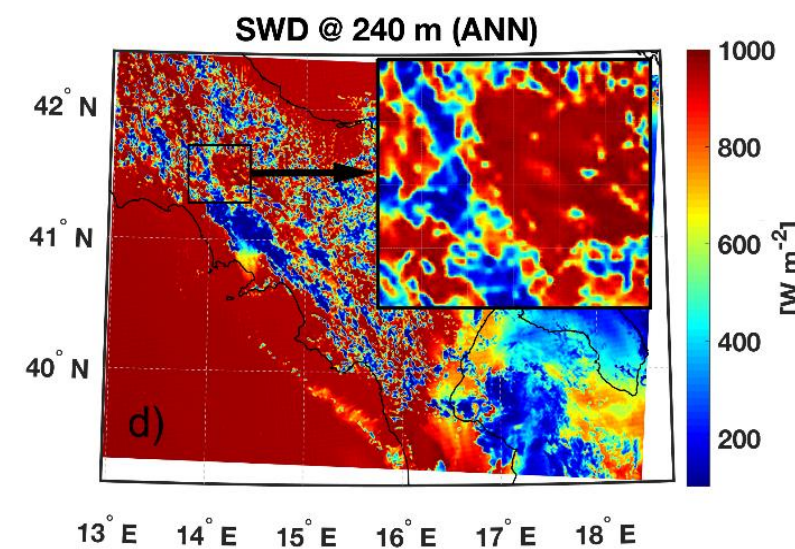
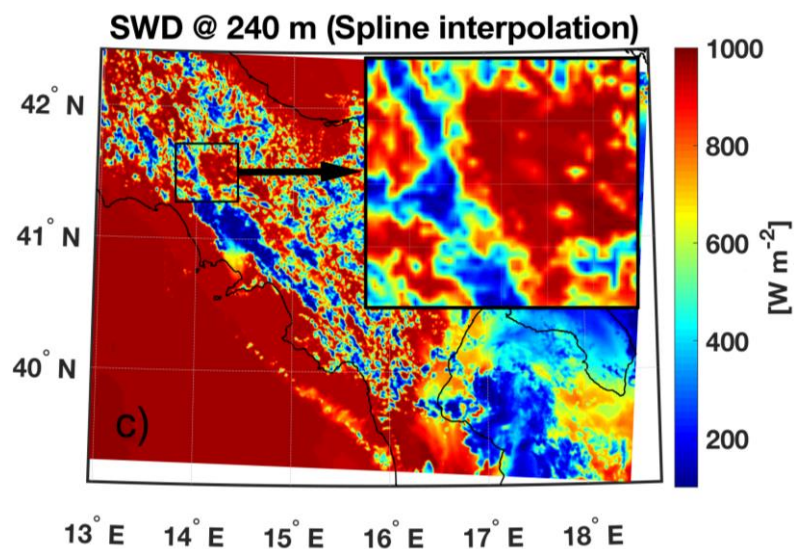
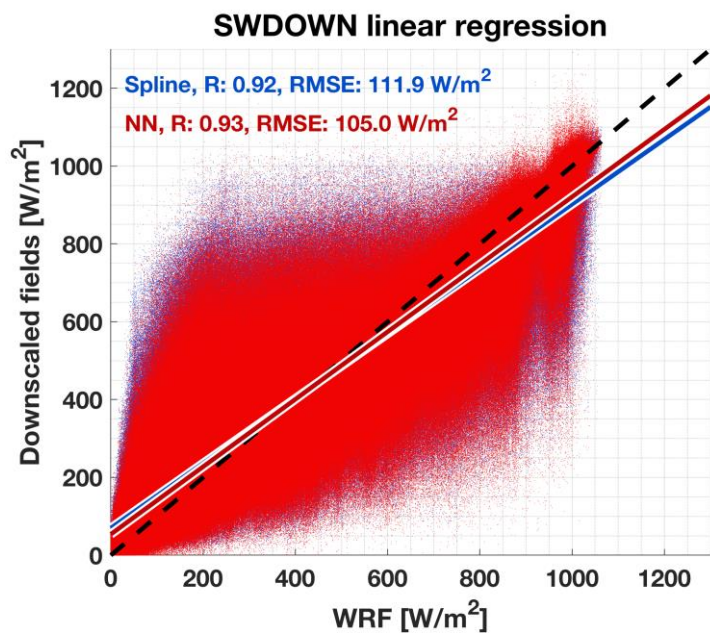
25 Maggio 2017, ore 12:00 UTC



Irradianza solare

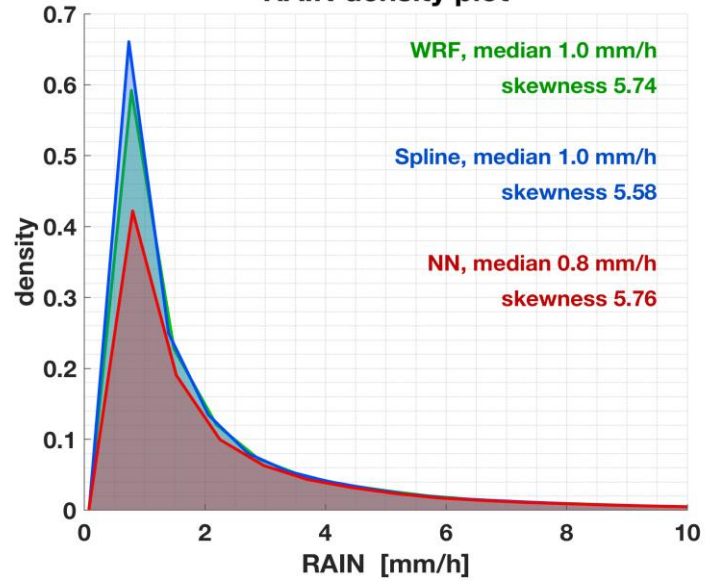


25 Maggio 2017, ore 12:00 UTC

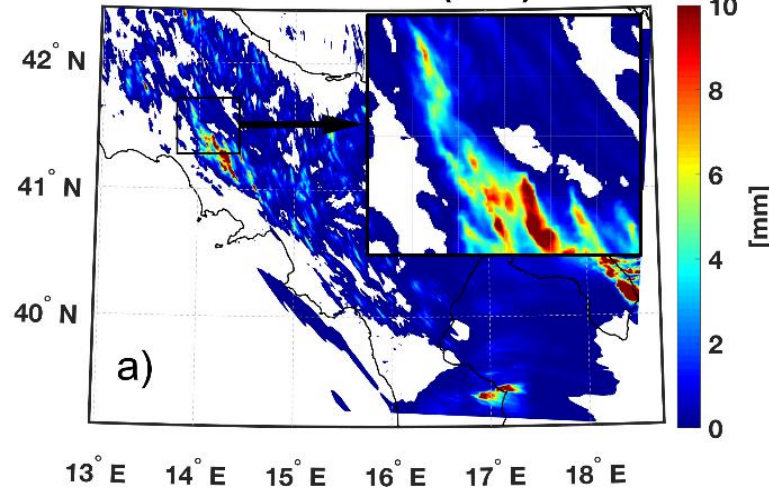


Precipitazione cumulata oraria

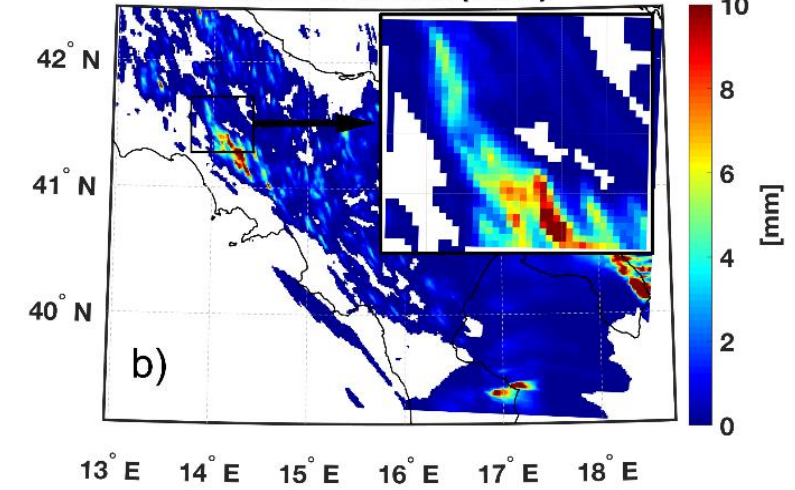
RAIN density plot



RAIN @ 240 m (WRF)

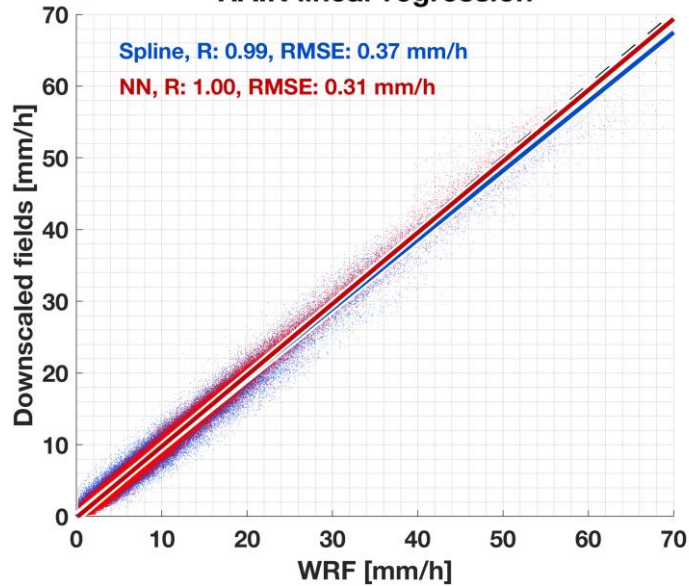


RAIN @ 1.2 km (WRF)

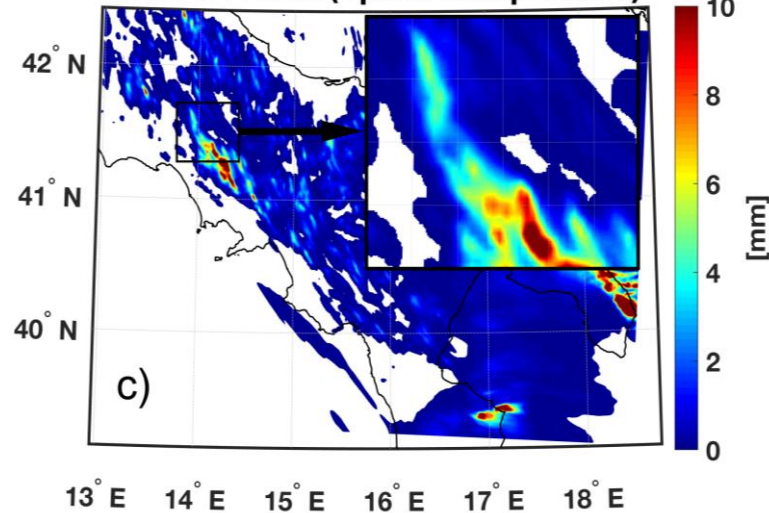


25 Maggio 2017, ore 12:00 UTC

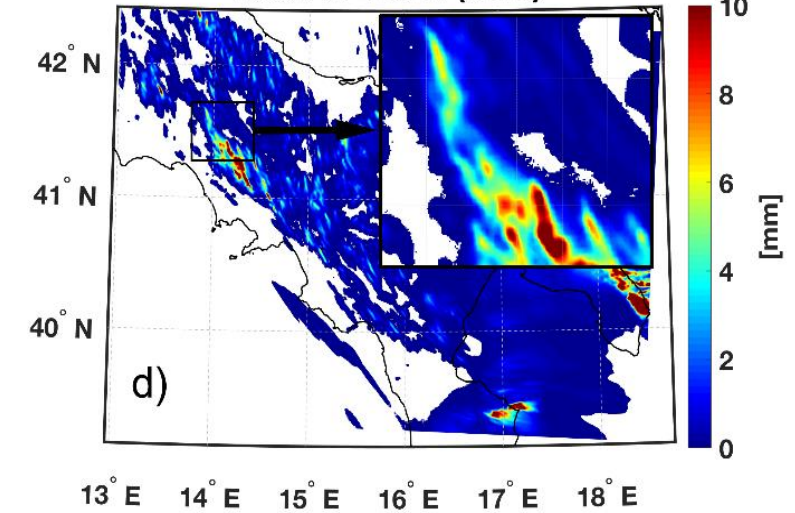
RAIN linear regression



RAIN @ 240 m (Spline interpolation)

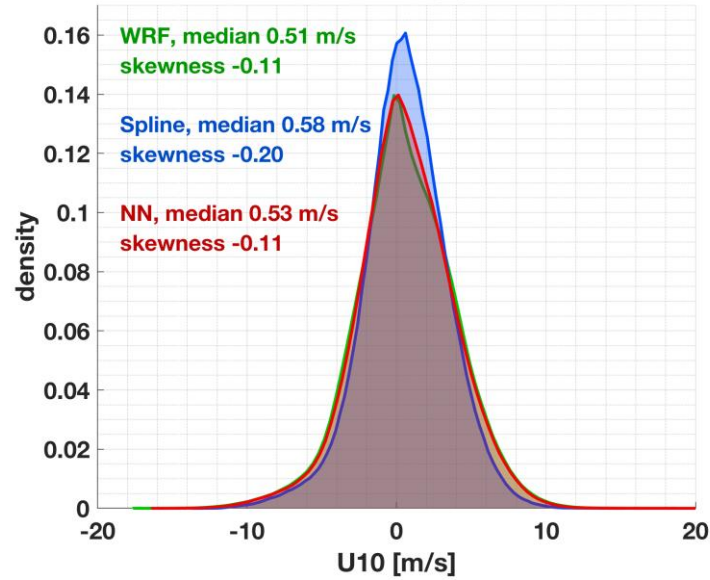


RAIN @ 240 m (ANN)

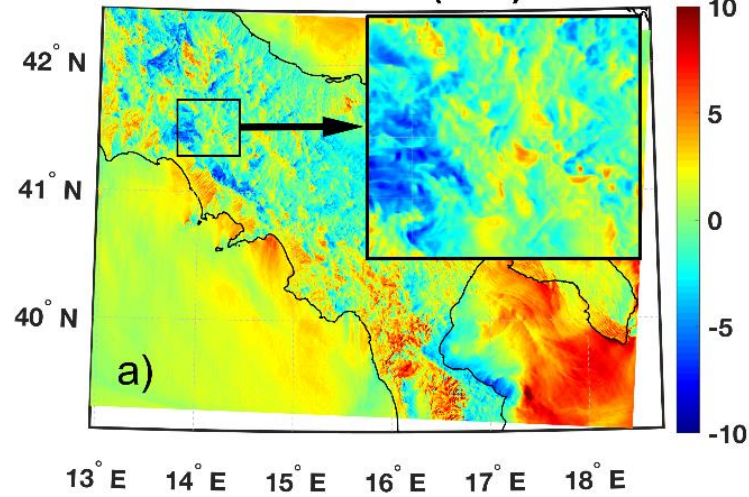


Componente zonale del vento a 10 m

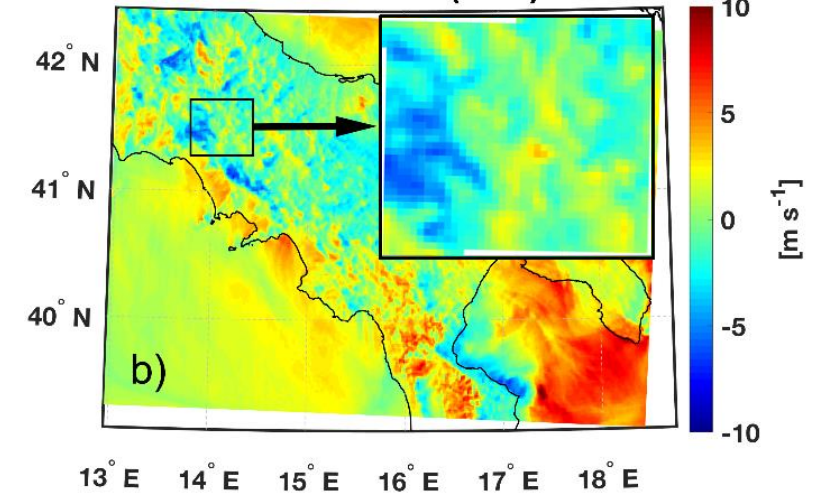
U10 density plot



U10 @ 240 m (WRF)

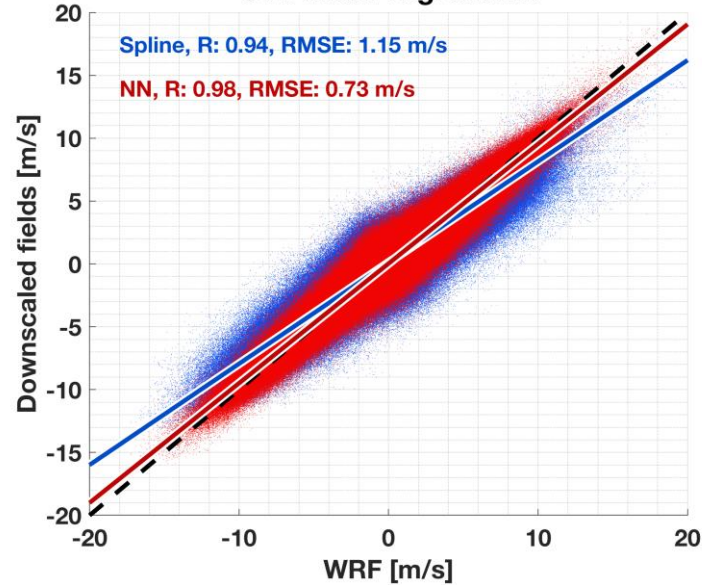


U10 @ 1.2 km (WRF)

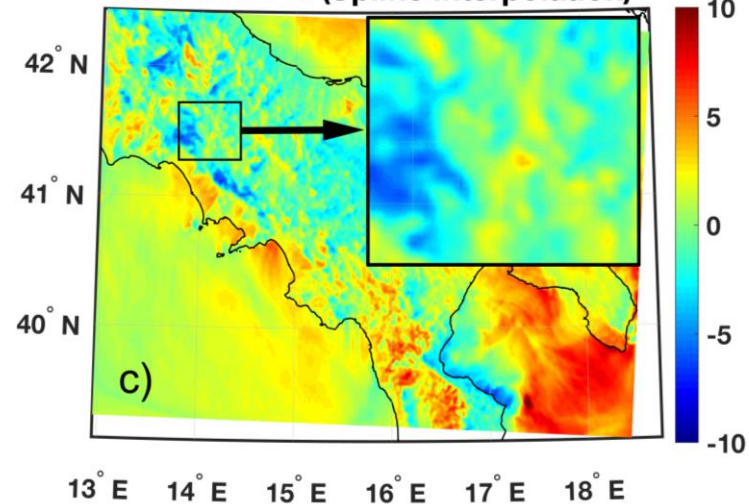


25 Maggio 2017, ore 12:00 UTC

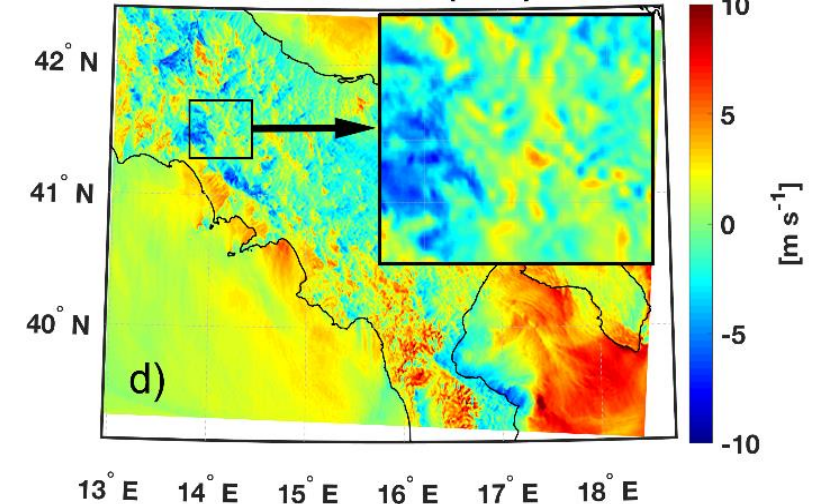
U10 linear regression



U10 @ 240 m (Spline interpolation)

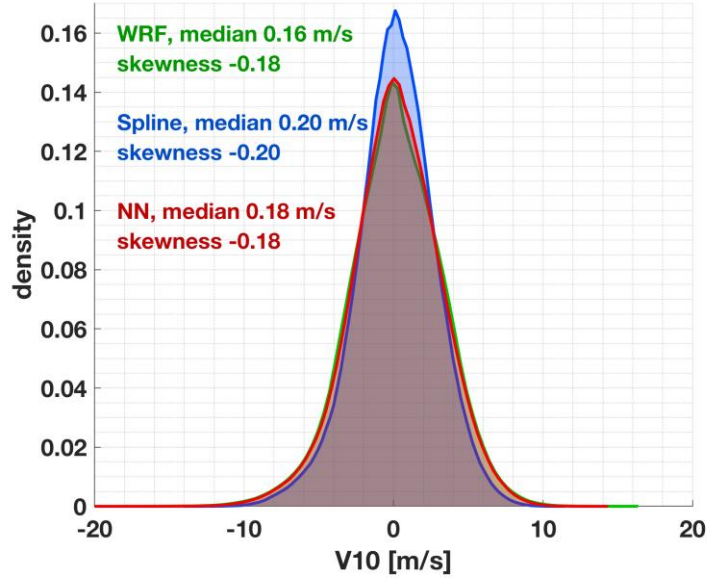


U10 @ 240 m (ANN)

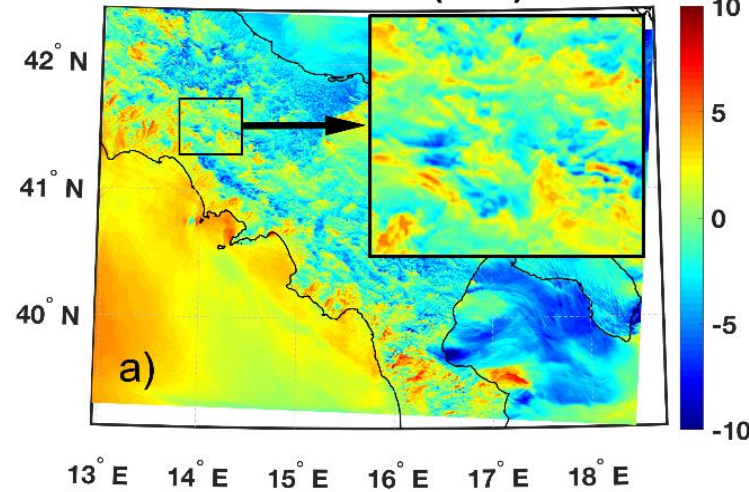


Componente meridionale del vento a 10 m

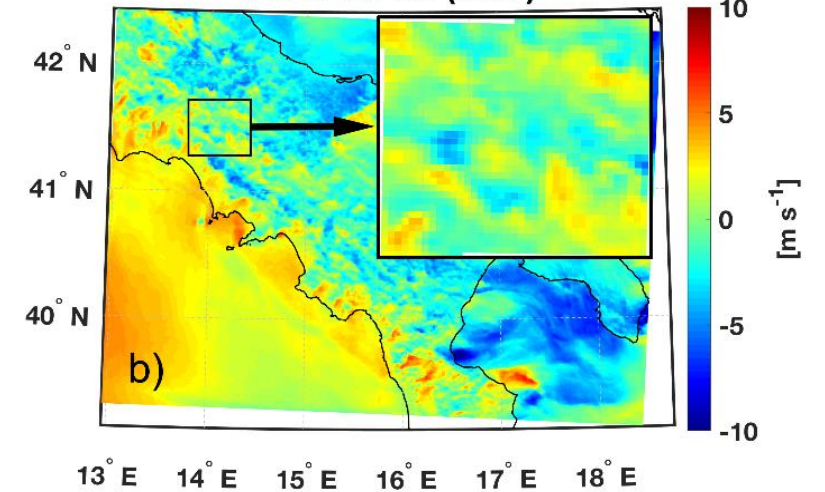
V10 density plot



V10 @ 240 m (WRF)

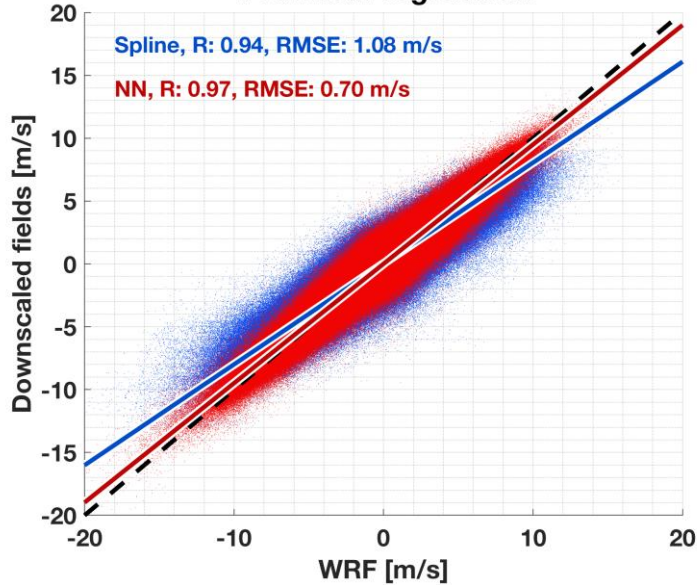


V10 @ 1.2 km (WRF)

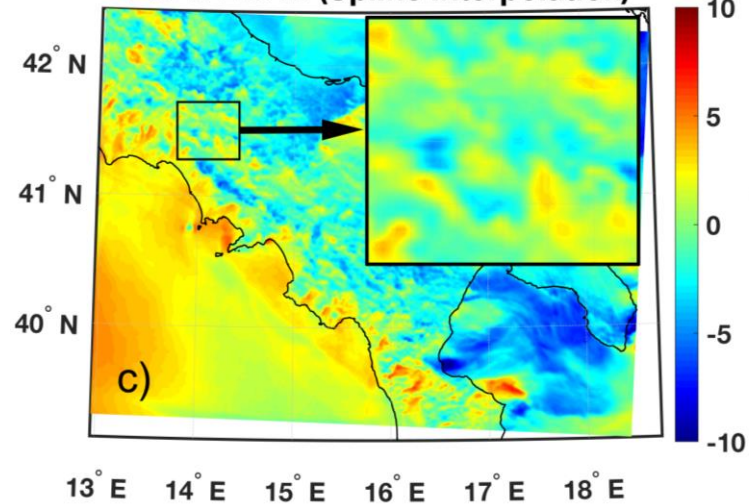


25 Maggio 2017, ore 12:00 UTC

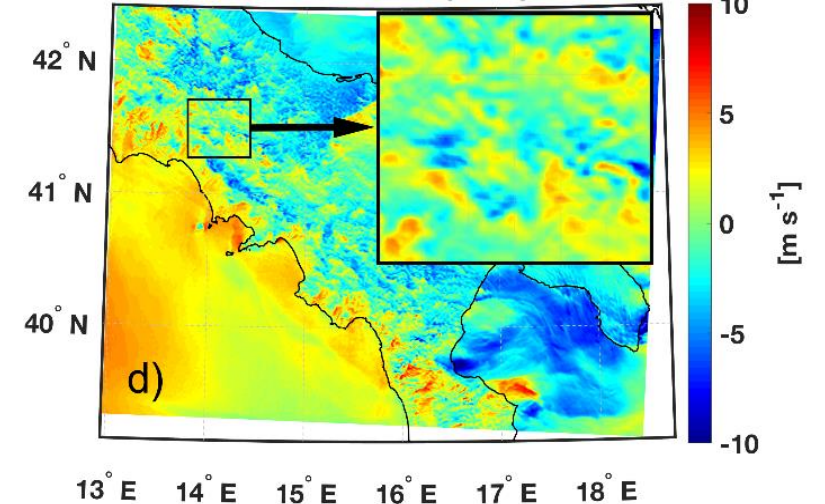
V10 linear regression



V10 @ 240 m (Spline interpolation)



V10 @ 240 m (ANN)



Sintesi dei risultati

<i>Variabile</i>	<i>Architetture ANN</i>	<i>RMSE ANN</i>	<i>RMSE Spline</i>	<i>Miglioramento</i>
<i>T2</i>	(289)33-6-9-36	0.58 K	0.67 K	13.4%
<i>Q2</i>	(289)28-12-9-42	0.45 g/kg	0.51 g/kg	11.7%
<i>PSFC</i>	(280)144-17-18-12	1.7 hPa	12.0 hPa	85.8%
<i>SWD</i>	(306)28-16-14-46	105 W/m ²	112 W/m ²	6.2%
<i>RAIN</i>	(289)28-11-17-15	0.31 mm	0.37 mm	16.2%
<i>U10</i>	(302)59-23-14-37	0.73 m/s	1.15 m/s	36.5%
<i>V10</i>	(302)67-25-10-37	0.70 m/s	1.08 m/s	35.2%

*(# input iniziale) # input - # nodi nel 1° livello nascosto - # nodi nel 2° livello nascosto - # output

- Complessivamente l'algorithmo proposto supera il metodo di interpolazione.
- I risultati migliori si hanno per la pressione superficiale, seguita dalle componenti orizzontali del vento.
- I risultati peggiori si hanno per l'irradianza solare, anche se i risultati hanno mostrato un miglioramento del 6% rispetto all'interpolazione spline.



Grazie dell'attenzione