

Progetto NAUSICA



Anna Chiara Goglio
Palmanova, Gennaio 2017

ARPA FVG – CRMA
Centro Regionale di Modellistica Ambientale
crma@arpa.fvg.it

INDICE della presentazione

1. Introduzione:

- obiettivi e motivazioni
- modello WRF e altri strumenti
- metodo di lavoro
- risorse di calcolo disponibili

2. Parametri del run:

- scalabilità del modello
- definizione del dominio regionale
- parametri di WRF e UPP:
 - grandezze cumulate
 - modello di suolo
 - aggiornamento SST e campi associati
- necessità di assimilazione misure nel modello

3. Suite NAUSICA_run e NAUSICA_pp:

- compiti e schema
- descrizione prodotti

4. Suite WRF_ana_post:

- compiti e schema
- descrizione prodotti

5. Suite NAUSICA_ver :

- compiti e schema
- descrizione prodotti

6. Risultati:

- prodotti disponibili:
 - netCDF
 - GRIB
- analisi eseguite

7. Produzioni e sviluppi futuri

OBIETTIVO → Creazione di un **database di ANALISI meteorologiche:**



- 17 anni di simulazioni (2000-2016)
- modello **WRF** (condizioni al contorno *analisi ECMWF*)
- 3 domini innestati ad alta risoluzione spaziale (Δs) e temporale (Δt = intervalli di salvataggio):
 - Continentale $\Delta s = 50 \text{ km}$ $\Delta t = 6 \text{ h}$
 - Nazionale $\Delta s = 10 \text{ km}$ $\Delta t = 3 \text{ h}$
 - Regionale $\Delta s = 2 \text{ km}$ $\Delta t = 1 \text{ h}$

MOTIVAZIONI → ❖ Alimentazione per

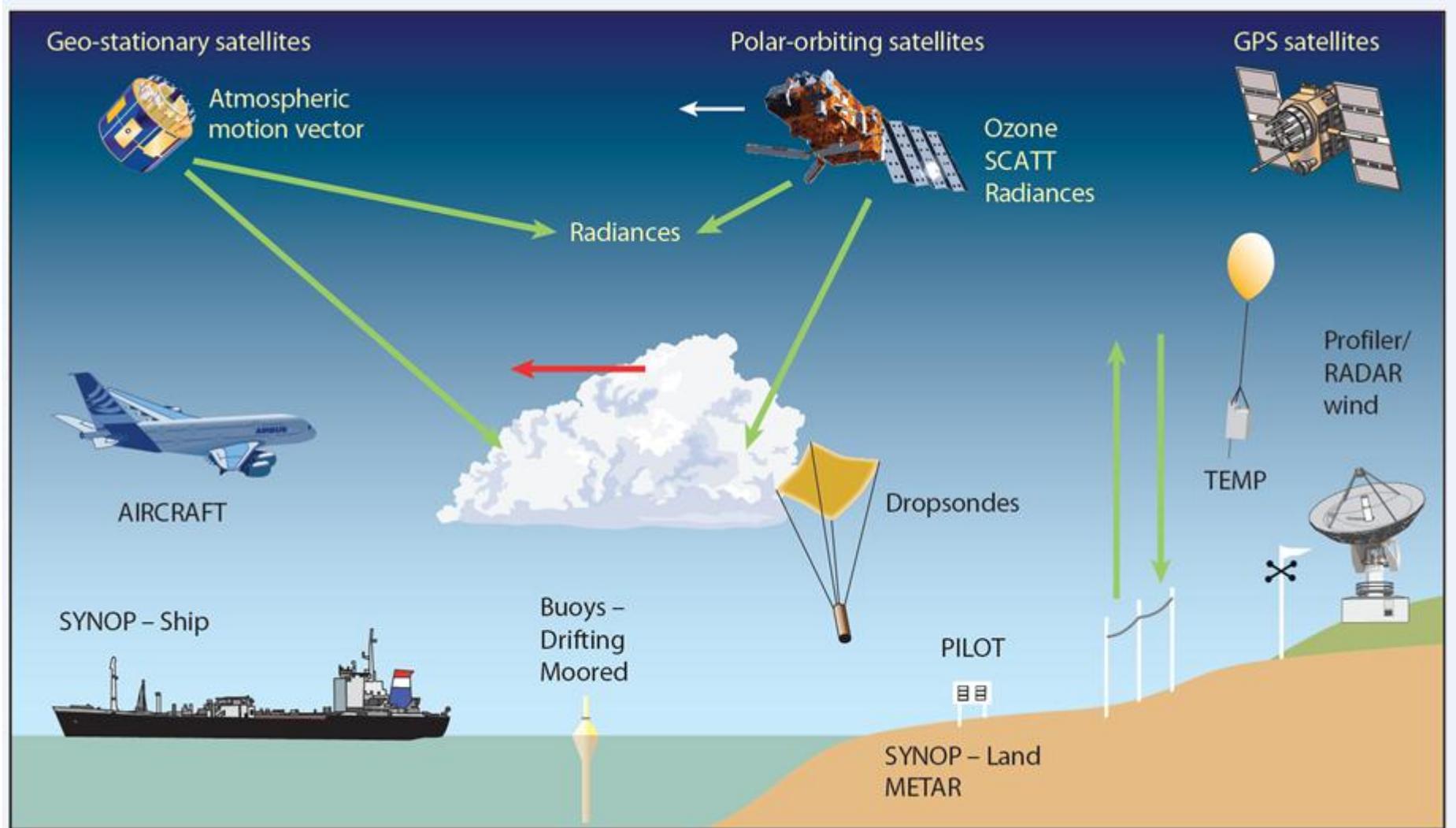
- Modelli dispersione inquinanti in aria
- Modelli fotochimici per qualità dell'aria →
- Modelli oceanografici
- Modelli idrologici

Modello di dispersione degli inquinanti utilizzato per la valutazione della qualità dell'aria 2016

❖ Fornitura dati meteorologici

Analisi ECMWF

MODELLO + Assimilazione di tutte le misure disponibili:





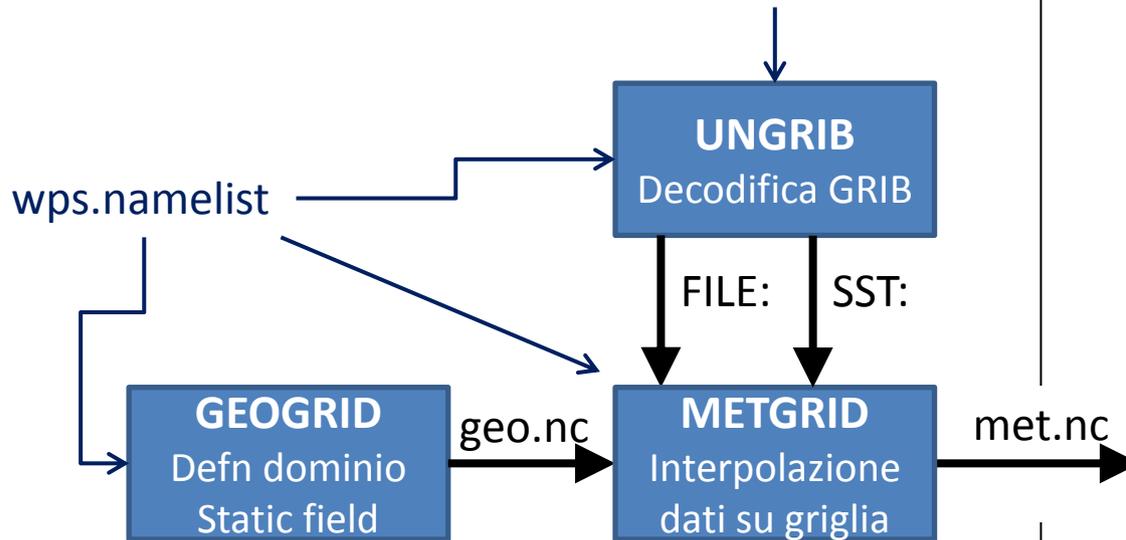
WRF THE WEATHER RESEARCH & FORECASTING MODEL

WPS (WRF Preprocessing System)

Condizioni al contorno su tutti i livelli

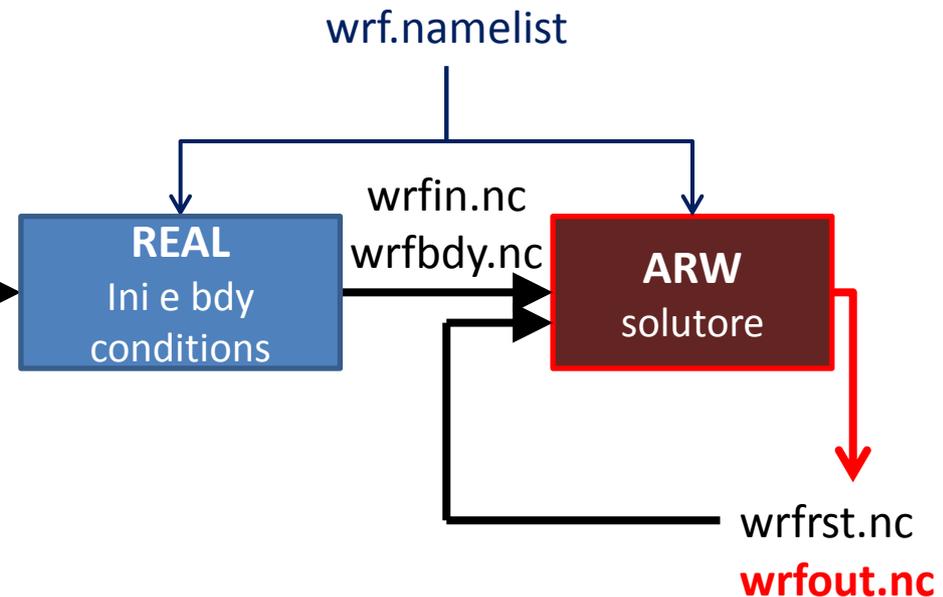
Condizioni al contorno alla superficie

ana_ecmwf.GRIB
ana-sfc_ecmwf.GRIB



WRF-ARW

- Modello Euleriano comprimibile, non idrostatico
- Coordinate verticali *terrein-following*
- Integrazione temporale Runge-Kutta al 3° ordine
- Discretizzazione spaziale di ordine elevato
- Termini di Coriolis e curvatura completi
- 1/2 way nesting
- Condizioni al bordo di vario tipo
- Inclusione dei processi fisici di bordo, superficiali e radiativi
- Descrizione completa dei fenomeni meteorologici





Strumenti utilizzati nella pre e post-elaborazione

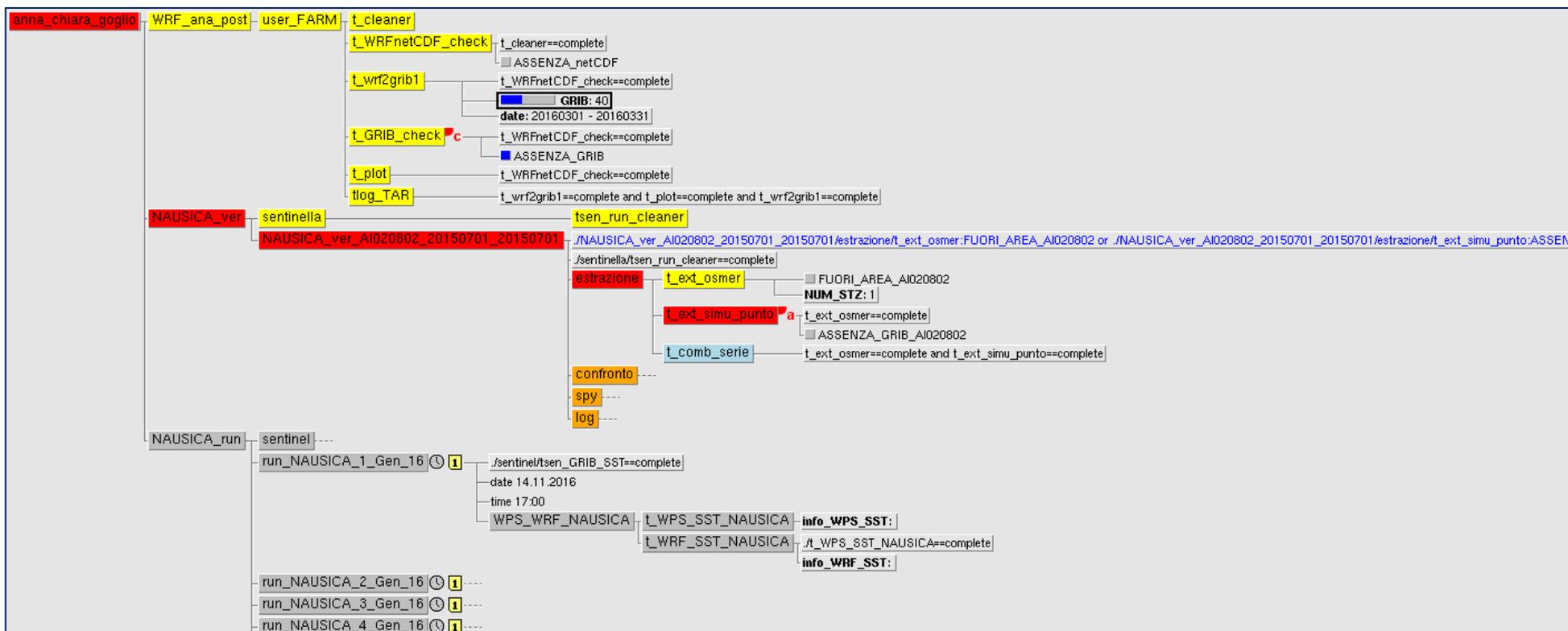
Utilizzo	Software
Pre processamento dati per il modello	WPS (WRF Preprocessing System)
Post elaborazione dati (creazione GRIB)	UPP (Unified Post Processor)
Gestione file.netCDF	ncdump, ncview
Visualizzazione campi e serie temporali da file.netCDF	ncview
Gestione file.GRIB	GRIB API, WGRIB, CDO
Visualizzazione campi da file.GRIB	GRADS
Analisi dati	R , eseguibili F90 (<code>point_in_polygon</code> , <code>f_serie_temp</code> , <code>extraction</code>)
Visualizzazione analisi dati	R , gnuplot
Estrazione serie temporali misure	<code>estrai.exe</code>
Assimilazione dati nel modello	GSI (Gridpoint Statistical Interpolation System)

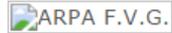


Workflow Manager: ecFlow (ECMWF)

Gestione ad alto livello di catene di processi in ambiente ben definito (BASH scripting)

- ✓ **Automazione** catene di processi
- ✓ **Ripetibilità** al variare dei parametri d'ambiente
- ✓ Modularità (**versatilità**)
- ✓ **Ottimizzazione** utilizzo risorse disponibili
- ✓ Alto livello di **controllo** dell'esecuzione
- ✓ Alta **leggibilità** (stato esecuzione, problemi, errori,..)





Utilizzo di TRAC e JENKINS

 Cerca

connesso come goglioa | [Esci](#) | [Preferenze](#) | [Aiuto/Guida](#) | [Info su Trac](#)

- Wiki
- Cronologia
- Obiettivi
- Sorgenti
- Segnalazioni**
- Nuova segnalazione
- Cerca

[Report disponibili](#) | [Ricerca personalizzata](#)

- TICKET
—————→
Attribuzione compiti da svolgere
- Diagrammi di GANTT
—————→
Monitoraggio attività
- REPOSITORY GIT
—————→
Versionamento e archiviazione del codice
- WIKI-CRMA
—————→
Documentazione attività
- JENKINS
—————→
Test di base sul codice



Utilizzo di TRAC e JENKINS

Cerca

connesso come gogloia | [Esci](#) | [Preferenze](#) | [Aiuto/Guida](#) | [Info su Trac](#)

Wiki Cronologia Obiettivi Sorgenti **Segnalazioni** Nuova segnalazione Cerca

[Report disponibili](#) | [Ricerca personalizzata](#)

TICKET



Attribuzione compiti da svolgere

Documentazione del lavoro svolto e dei risultati ottenuti (2 corrispondenze)

Ticket	Sommario	Componente	Stato	Risoluzione	Versione	Tipo	Priorità	In Carico A	Modified
#47	Relazione e seminario sullo stato di avanzamento dei lavori riguardanti il progetto NAUSICA	component1	accepted		1.0	task	critical	gogloia	12/12/16
#2	Comunicazione attivazione repository nausica	component1	closed	fixed	1.0	enhancement	critical	giaiottid	10/26/15

Segnalazione #47 (accepted task)

[Modifica](#) ↓

Relazione e seminario sullo stato di avanzamento dei lavori riguardanti il progetto NAUSICA

Aperta **5 settimane** fa
Ultima modifica **3 giorni** fa

Segnalato da:	giaiottid	In carico a:	gogloia
Priorità:	critical	Obiettivo:	Documentazione del lavoro svolto e dei risultati ottenuti
Componente:	component1	Versione:	1.0
Parole chiave:	Relazione progetto	Cc:	
Due Date:	16/12/16		

Descrizione

Anna Chiara,

[Replica](#)

ti attribuisco il seguente compito:

realizzare una relazione sul lavoro svolto nell'ambito del progetto NAUSICA e una presentazione

In particolare si deve:

- 1) **redigere una relazione dettagliata** scritta del lavoro svolto, su documento MS doc includendo le immagini necessarie o utili alla comprensione del testo.
- 2) **realizzare un seminario interno ad ARPA FVG** che sintetizza il contenuto della relazione scritta.



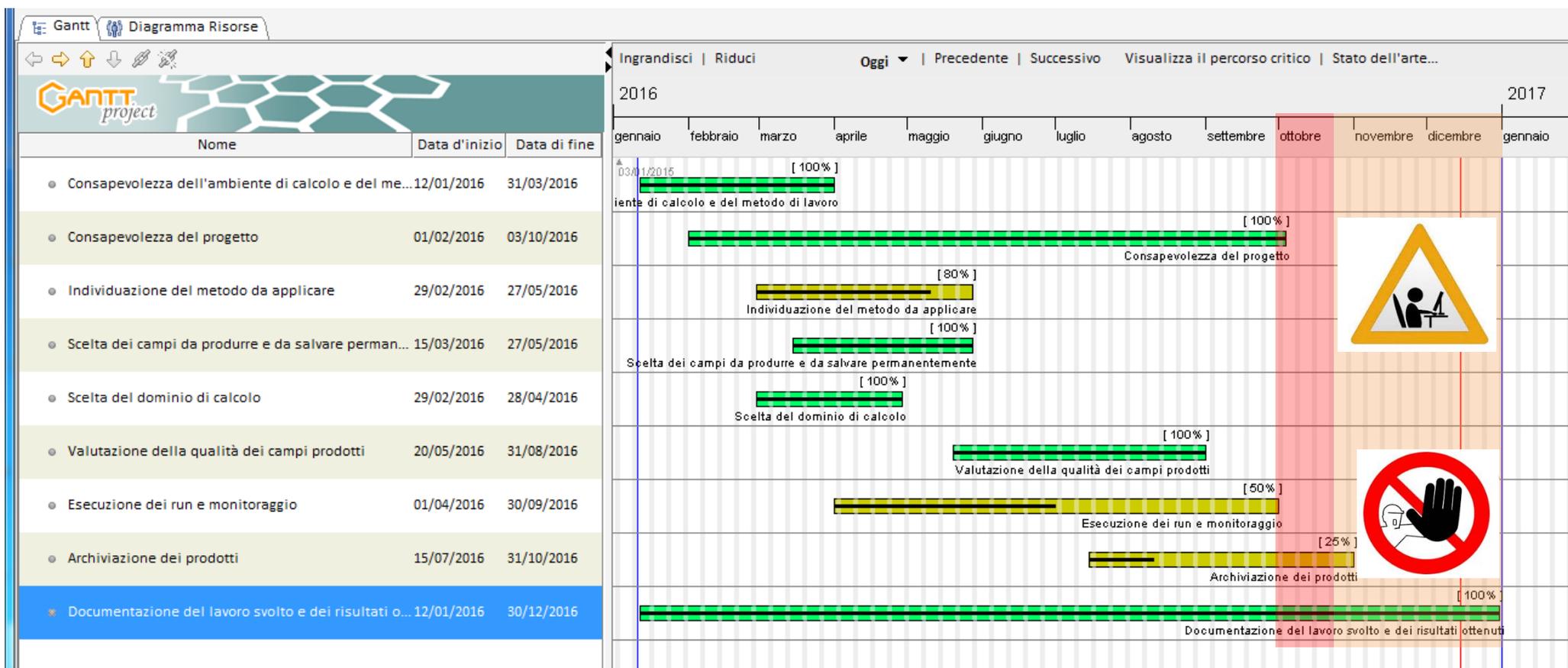
Utilizzo di TRAC e JENKINS

Cerca

connesso come goglioa | Esci | Preferenze | Aiuto/Guida | Info su Trac

Wiki | Cronologia | **Obiettivi** | Sorgenti | Segnalazioni | Nuova segnalazione | Cerca

➤ **Diagrammi di GANTT** → Monitoraggio attività



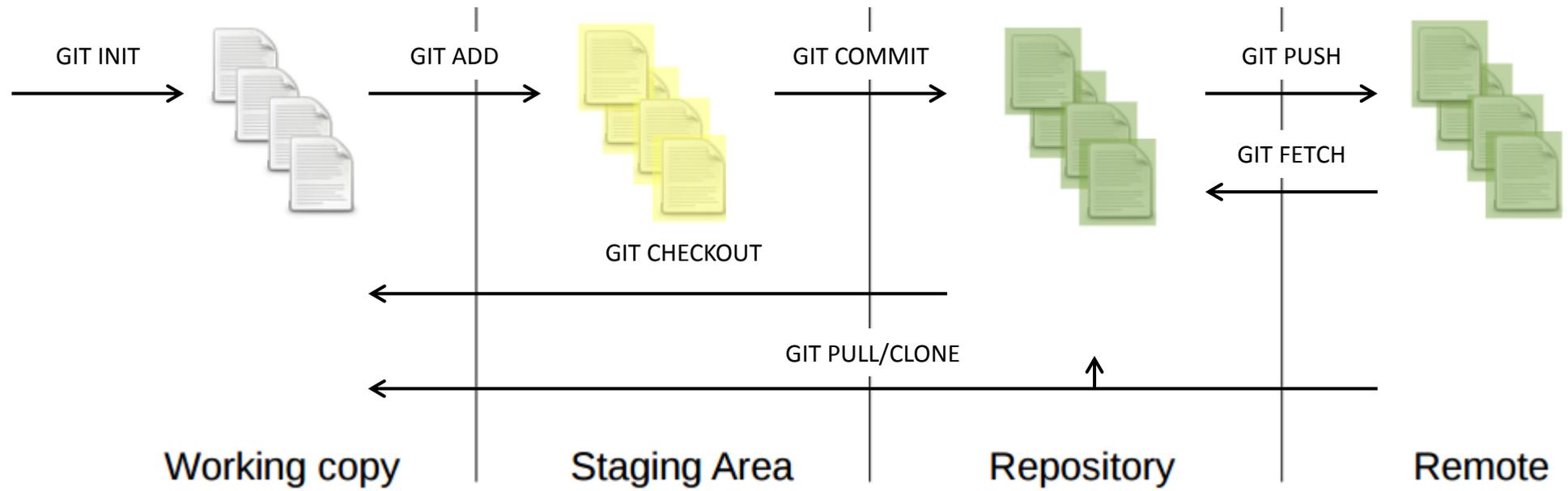
- Produzione database: 1 Gennaio 2015 → 31 Marzo 2016
- Post-processamento output: 1 Gennaio 2015 → 31 Marzo 2016
- Monitoraggio prodotti: Luglio 2015 / 1-15 Agosto 2015



Utilizzo di TRAC e JENKINS

REPOSITORY GIT

Versionamento ed archiviazione del codice



		<input type="checkbox"/> Non modificato	<input checked="" type="checkbox"/> Aggiunto	<input checked="" type="checkbox"/> Rimosso
637	696			
638	697			
639				
	698			
640	699			

```

IF ( es /= 0 ) THEN
  CALL grib_get_error_string(es,error_str)
  PRINT*,error_str
  WRITE(UNIT=*,FMT='(A)'),error_str
END IF
  
```



Utilizzo di TRAC e JENKINS

ARPA F.V.G.

Cerca

connesso come goglioa | Esci | Preferenze | Aiuto/Guida | Info su Trac

Wiki | Cronologia | Obiettivi | Sorgenti | Segnalazioni | Nuova segnalazione | Cerca

wiki: WikiStart

Pagina iniziale | Indice | Cronologia

➤ WIKI-CRMA



Documentazione attività

[Goglioa](#) | [le mie discussioni](#) | [le mie preferenze](#) | [osservati speciali](#) | [miei contributi](#) | [esci](#)

voce | discussione | modifica | cronologia | sposta | segui

Project NAUSICA

Indice [\[nascondi\]](#)

- 1 Introduzione
- 2 Strumenti e loro utilizzo nell'ambito del progetto NAUSICA
- 3 Test Preliminari
- 4 Estensione del dominio regionale
- 5 Correzione temperature superficiali del mare
- 6 Confronto quantitativo tra serie temporali di misure e simulazioni

Introduzione [modifica]

Obiettivo principale: **Creazione di un database di analisi meteorologiche relativo alla regione del Friuli Venezia Giulia (FVG)**

Nome in codice del progetto: **NAUSICA**

Questo progetto ha come obiettivo la realizzazione di un database di analisi meteorologiche per il Friuli Venezia Giulia (FVG). Il database consiste in 16 anni di simulazioni atmosferiche (dal 2000 al 2015) utilizzando il modello numerico atmosferico [WRF](#), con un two-way nesting su tre domini:

- continentale (a risoluzione spaziale di 50km),
- nazionale (a risoluzione spaziale di 10 km) ricoprendo l'intera penisola italiana, e
- regionale (a risoluzione spaziale di 2 km) centrato sul FVG (per i dettagli leggere [estensione del dominio regionale](#)).

Gli output di quest'ultimo, del quale consiste il database archiviato, vengono salvati con una cadenza temporale di 1 ora.



Nausicaa incontra Odisseo [modifica]

Strumenti e loro utilizzo nell'ambito del progetto NAUSICA [modifica]

- Modello numerico atmosferico WRF (WRF-ARW e WPS)
- Post processing: UPP, GrADS, CDO, WGRIB, GRIB API
- Workflow manager ECFLOW
- Assimilazione di misure nei campi del modello: GSI

Utilizzo di TRAC e JENKINS

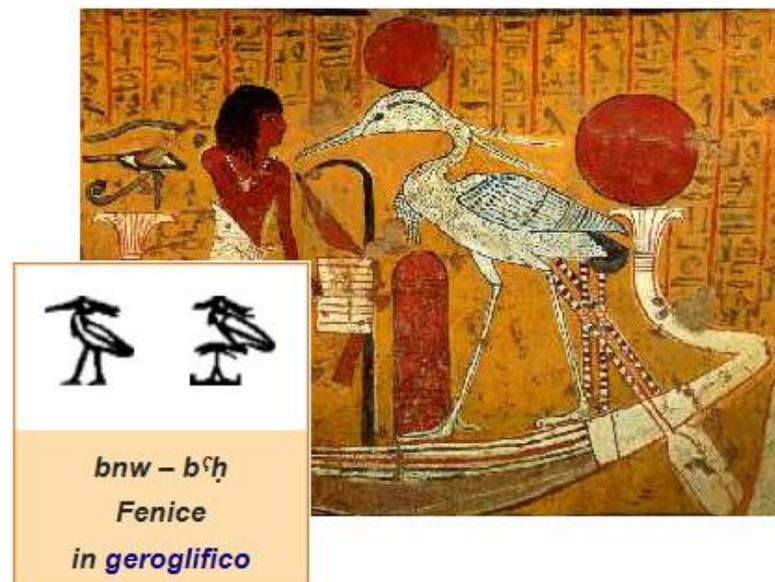
➤ JENKINS



Test di base sul codice

All					
S	W	Nome ↓	Ultimo Successo	Ultimo Fallimento	Durata Ultimo
		ambiente_FENICE	6 mo 23 days - #18	N.D.	1.3 sec
		CALPUFF	1 yr 1 mo - #1	N.D.	1.7 sec
		complements	16 days - #18	27 days - #16	1.4 sec
		COSMO	2 mo 6 days - #4	2 mo 6 days - #3	1.8 sec
		DELFI_BackEnd	11 mo - #22	11 mo - #23	1.1 sec
		FARM	15 days - #50	3 mo 10 days - #40	2.8 sec
		Hello	1 yr 9 mo - #21	1 yr 9 mo - #14	1.2 sec
		Nausica	12 days - #68	5 mo 17 days - #50	6.2 sec
		operative_workflows	14 days - #121	N.D.	1.2 sec
		simulations	1 yr 1 mo - #1	N.D.	2.2 sec
		WRF	14 days - #64	9 mo 10 days - #10	1.8 sec

Cluster di calcolo regionale: la FENICE



Code di calcolo disponibili

ARPA : **2 nodi di calcolo 64 core** Intel 2.10 GHz 63GB RAM
 connessi al *master node* con rete Ethernet

HP : **4 nodi di calcolo 32 core** Intel 2.30 GHz 126GB RAM
 connessi al *master node* con rete InfiniBand

INDICE della presentazione

1. Introduzione:

- obiettivi e motivazioni
- modello WRF e altri strumenti
- metodo di lavoro
- risorse di calcolo disponibili

2. Parametri del run:

- scalabilità del modello
- definizione del dominio regionale
- parametri di WRF e UPP:
 - grandezze cumulate
 - modello di suolo
 - aggiornamento SST e campi associati
- necessità di assimilazione misure nel modello

3. Suite NAUSICA_run e NAUSICA_pp:

- compiti e schema
- descrizione prodotti

4. Suite WRF_ana_post:

- compiti e schema
- descrizione prodotti

5. Suite NAUSICA_ver :

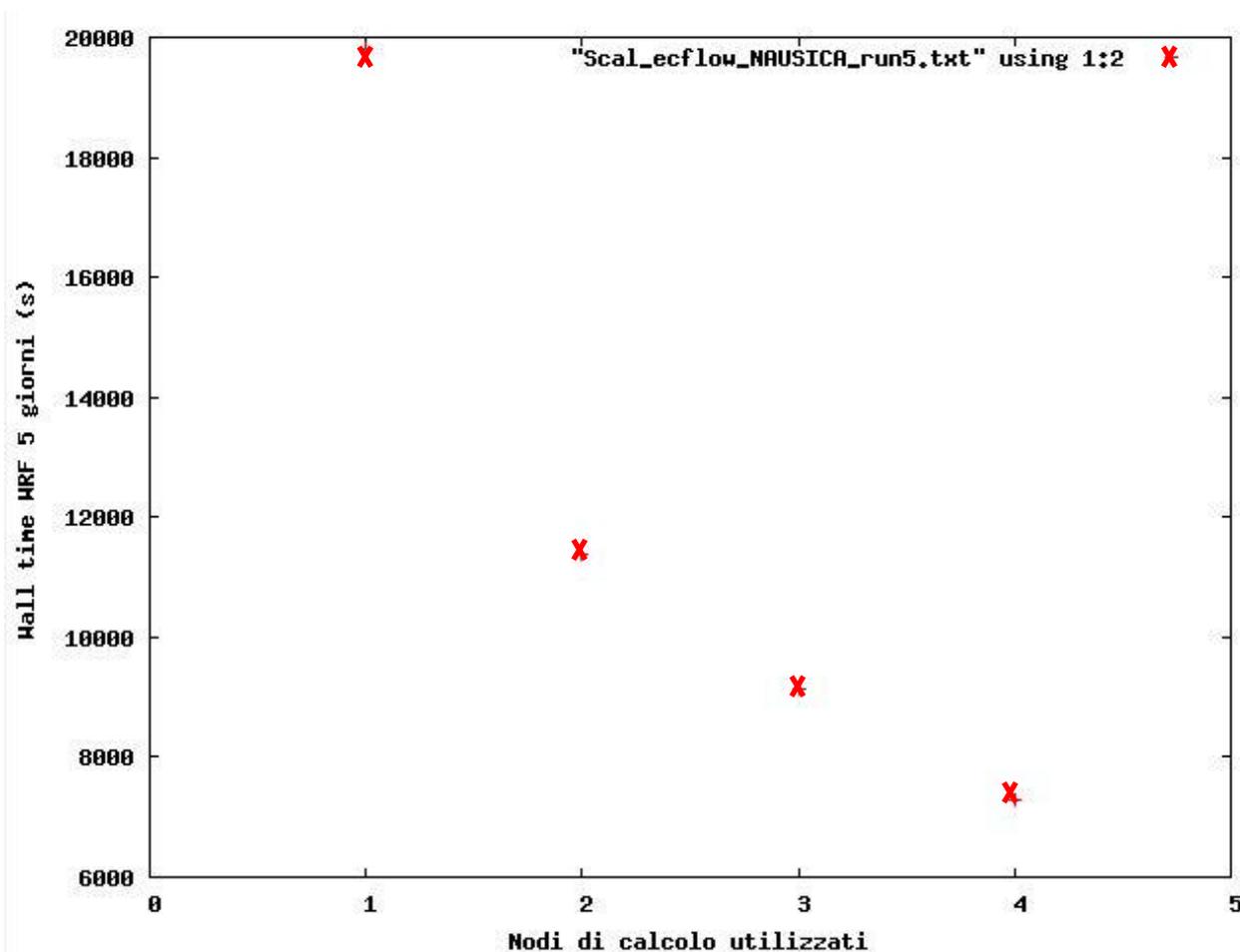
- compiti e schema
- descrizione prodotti

6. Risultati:

- prodotti disponibili:
 - netCDF
 - GRIB
- analisi eseguite

7. Produzioni e sviluppi futuri

Ottimizzazione dell'utilizzo della coda di calcolo HP



Utilizzo di 3 (o 4 quando possibile) **nodi di calcolo** per run del WRF in alternanza con l'attività operativa: dalle 18:00 alle 2:00

Incremento dimensioni del dominio regionale

- ✓ Maggiore area ad alta risoluzione (2 km)
- ✗ Maggiore tempo di calcolo
- ✗ Evitare la chiusura in zona montuosa

Dimensioni originali

(operatività):

- Area (griglia 91x91):
Friuli Venezia Giulia
- Tempi di calcolo (run WRF di
10 gg su 4 nodi da 32 core):
 $\Delta t \approx 2 \text{ h } 30'$



Incremento dimensioni del dominio regionale

- ✓ Maggiore area ad alta risoluzione (2 km)
- ✗ Maggiore tempo di calcolo
- ✗ Evitare la chiusura in zona montuosa

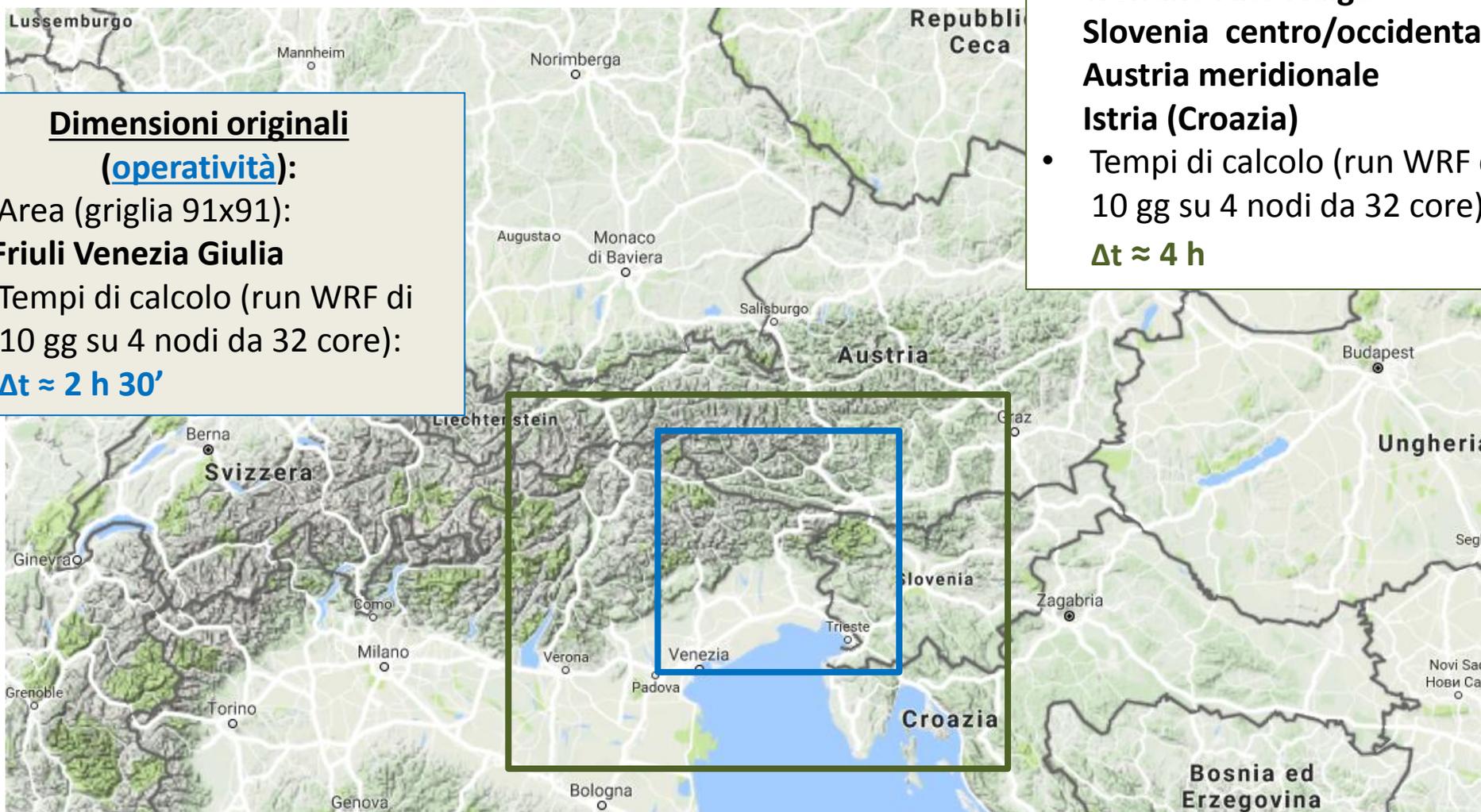
1° estensione:

- Area (griglia 201x141):
Friuli Venezia Giulia
Veneto
Trentino Alto Adige
Slovenia centro/occidentale
Austria meridionale
Istria (Croazia)
- Tempi di calcolo (run WRF di 10 gg su 4 nodi da 32 core):
 $\Delta t \approx 4 \text{ h}$

Dimensioni originali

(operatività):

- Area (griglia 91x91):
Friuli Venezia Giulia
- Tempi di calcolo (run WRF di 10 gg su 4 nodi da 32 core):
 $\Delta t \approx 2 \text{ h } 30'$



Incremento dimensioni del dominio regionale

- ✓ Maggiore area ad alta risoluzione (2 km)
- ✗ Maggiore tempo di calcolo
- ✗ Evitare la chiusura in zona montuosa

1° estensione:

- Area (griglia 201x141):
Friuli Venezia Giulia
Veneto
Trentino Alto Adige
Slovenia centro/occidentale
Austria meridionale
Istria (Croazia)
- Tempi di calcolo (run WRF di 10 gg su 4 nodi da 32 core):
 $\Delta t \approx 4 \text{ h}$

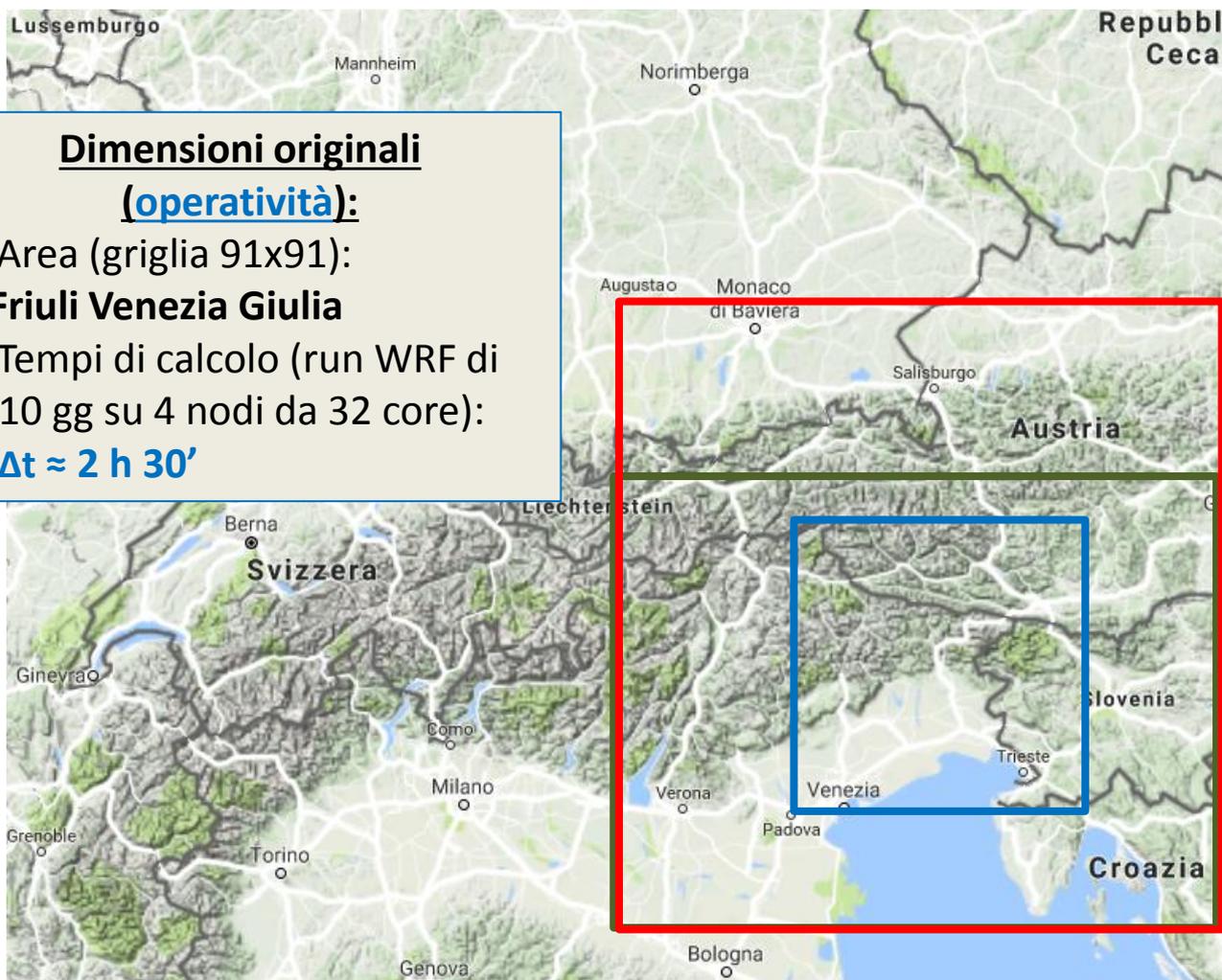
2° estensione:

- Area (griglia 201x201):
Friuli Venezia Giulia
Veneto
Trentino Alto Adige
Slovenia centro/occidentale
Austria centro/meridionale
Germania sud-orientale
Istria (Croazia)
- Tempi di calcolo (run WRF di 10 gg su 4 nodi da 32 core):
 $\Delta t \approx 5 \text{ h}$

Dimensioni originali

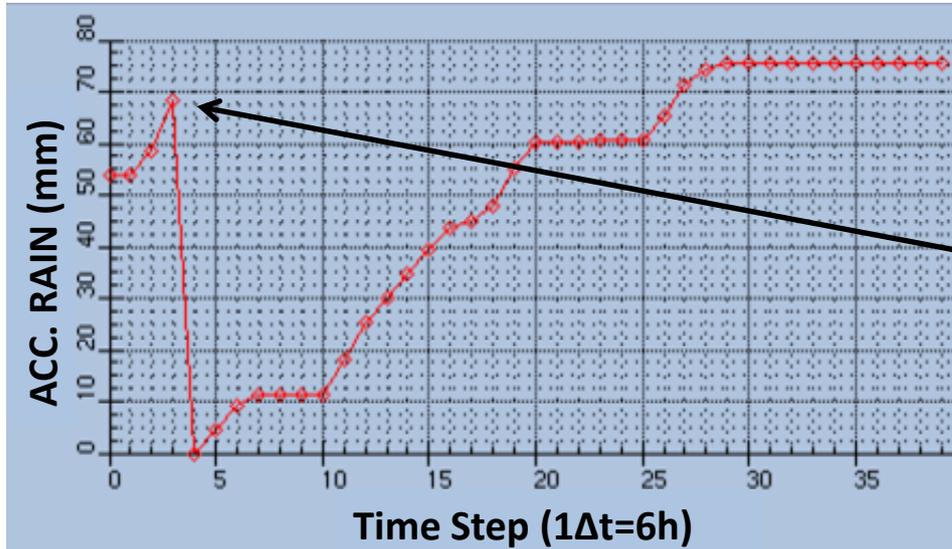
(operatività):

- Area (griglia 91x91):
Friuli Venezia Giulia
- Tempi di calcolo (run WRF di 10 gg su 4 nodi da 32 core):
 $\Delta t \approx 2 \text{ h } 30'$



Modifica dei parametri relativi alle GRANDEZZE CUMULATE

File_d01 netCDF



Problema:

Limite massimo per grandezze cumulate (pioggia, neve e radiazione)

Soluzione:

✓ WRF namelist:
bucket_mm=-1
bucket_J=-1

File GRIB

```

136:9276968:d=15010100:TMP:1000 mb:4812hr fcst:NAve=0
137:9336866:d=15010100:POT:1000 mb:4812hr fcst:NAve=0
138:9396764:d=15010100:RH:1000 mb:4812hr fcst:NAve=0
139:9466626:d=15010100:UGRD:1000 mb:4812hr fcst:NAve=0
140:9526524:d=15010100:VGRD:1000 mb:4812hr fcst:NAve=0
141:9586422:d=15010100:HGT:sfc:4812hr fcst:NAve=0
142:9666250:d=15010100:TMP:sfc:4812hr fcst:NAve=0
143:9751060:d=15010100:WEASD:sfc:4812hr fcst:NAve=0
144:9805974:d=15010100:TMP:2 m above gnd:4812hr fcst:NAve=0
145:9885802:d=15010100:RH:2 m above gnd:4812hr fcst:NAve=0
146:9955664:d=15010100:PRES:2 m above gnd:4812hr fcst:NAve=0
147:10040474:d=15010100:UGRD:10 m above gnd:4812hr fcst:NAve=0
148:10100372:d=15010100:VGRD:10 m above gnd:4812hr fcst:NAve=0
150:10165360:d=15010100:PRATE:sfc:4812hr fcst:NAve=0
151:10170450:d=15010100:CPRAT:sfc:0-204hr ave:NAve=0
152:10175540:d=15010100:PRATE:sf:0-204hr ave:NAve=0
153:10180630:d=15010100:APCP:sfc:0-204hr acc:NAve=0
154:10260458:d=15010100:ACPCP:sfc:0-204hr acc:NAve=0
155:10265548:d=15010100:NCPCP:sfc:0-204hr acc:NAve=0
    
```

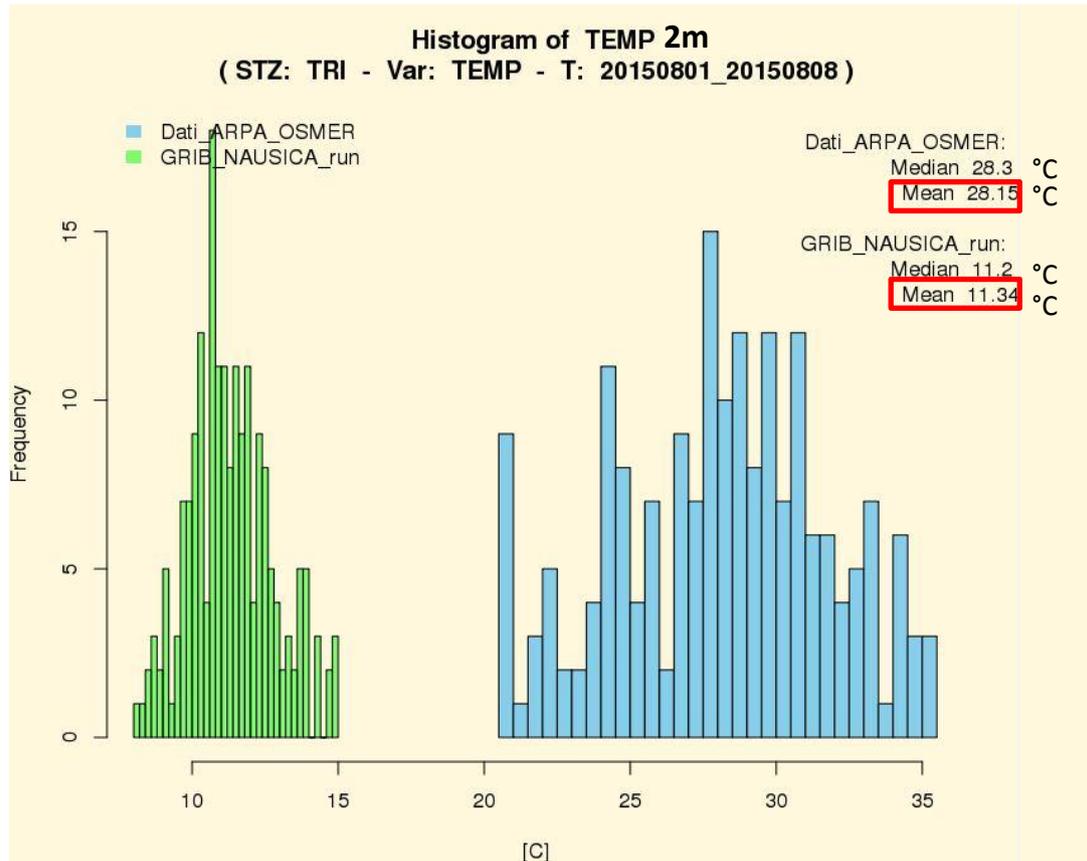
Problema:

Limite massimo per scrittura intervallo di integrazione

Soluzione:

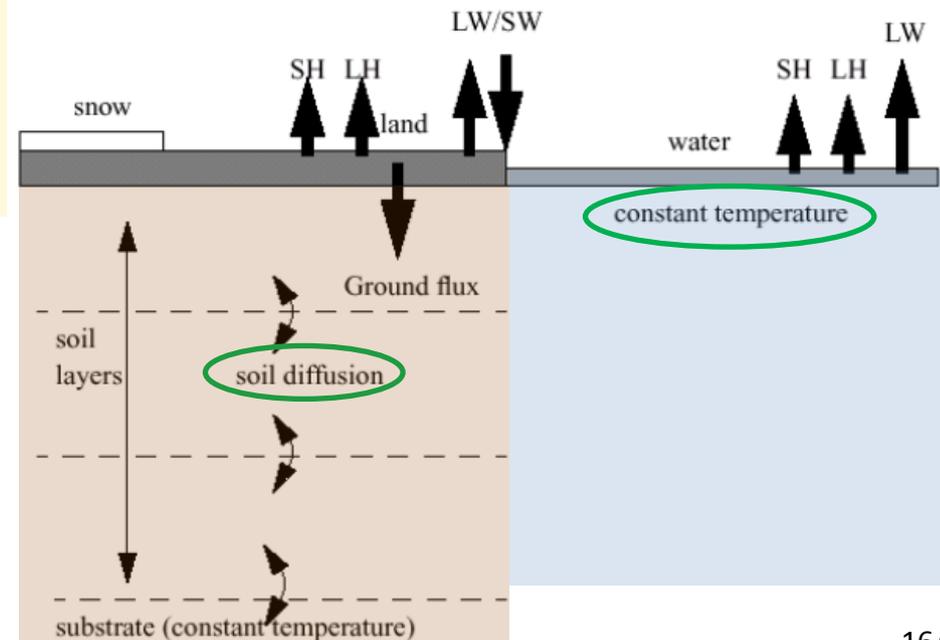
✓ Modificato settaggio UPP (2 ottetti $\forall \Delta t$)

Scelta del MODELLO DI SUOLO e aggiornamento SST



Problema:
T simulazioni << T misurate

Illustration of Surface Processes



Soluzione:

- ✓ Cambio del **modello di suolo**
- ✓ Aggiornamento delle **SST**
- ✗ **Aumento tempi di calcolo:**
(run WRF di 10 gg su 4 nodi da 32 core)
 $\Delta t \approx 5 \text{ h} \xrightarrow{+30\%} \Delta t \approx 6 \text{ h } 30'$

Modelli di suolo

Thermal Diffusion Scheme

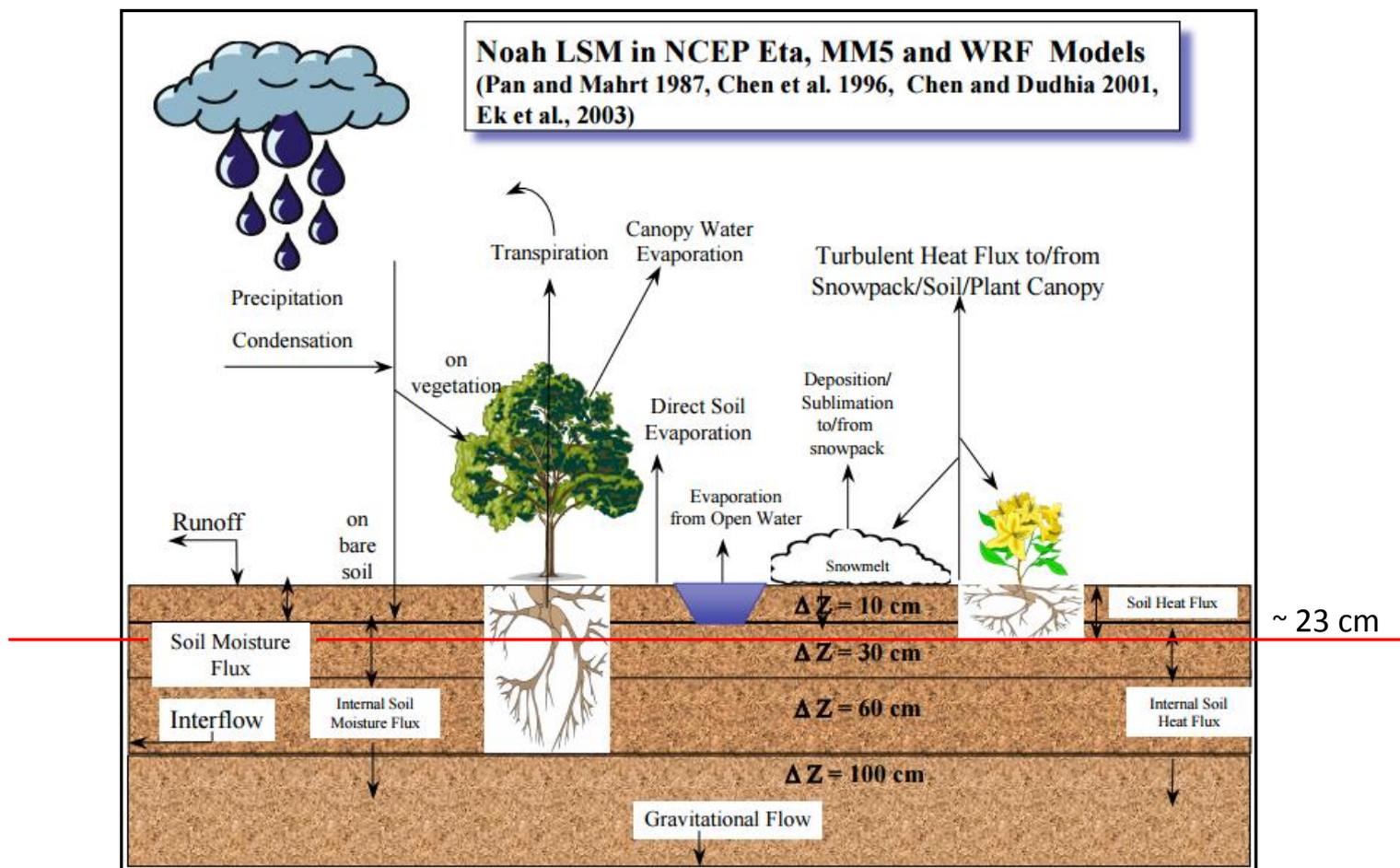
(Operatività)

- 4 layer (2cm,5cm,11cm,**23cm**)
- Solo conduzione di calore



Noah Land Surface Model

- 5 layer (0cm,10cm,40cm,100cm,**200cm**)
- Conduzione calore, umidità del suolo, vegetazione, copertura nevosa



Effetti del cambiamento del modello di suolo

✗ Thermal Diffusion Scheme (Operatività)

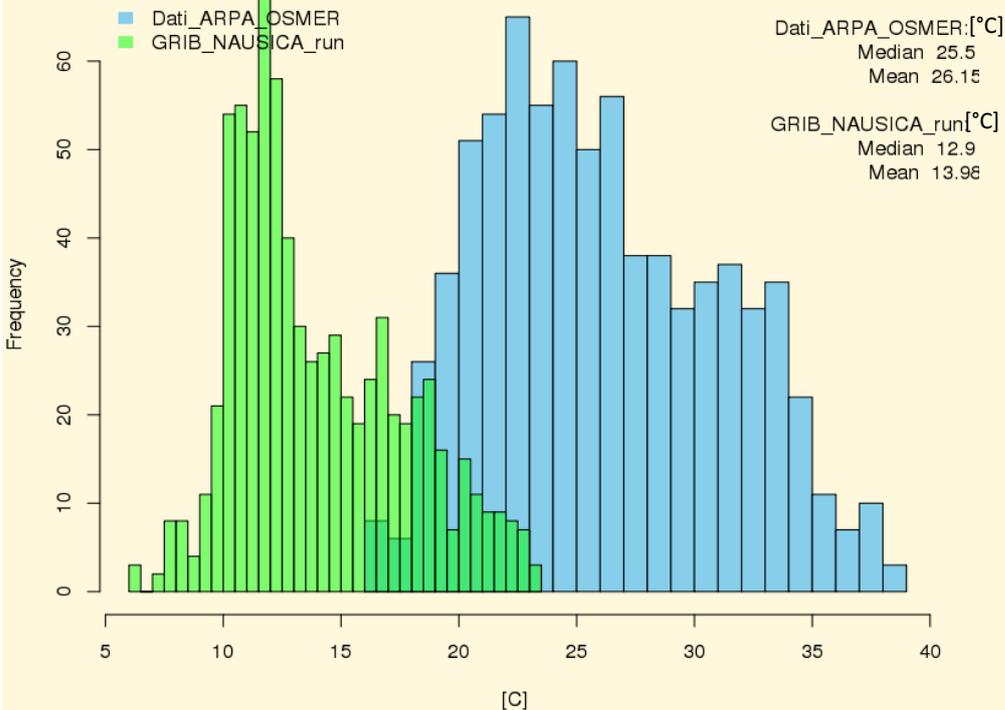
- 4 layer (2cm,5cm,11cm,**23cm**)
- Solo conduzione di calore



✓ Noah Land Surface Model

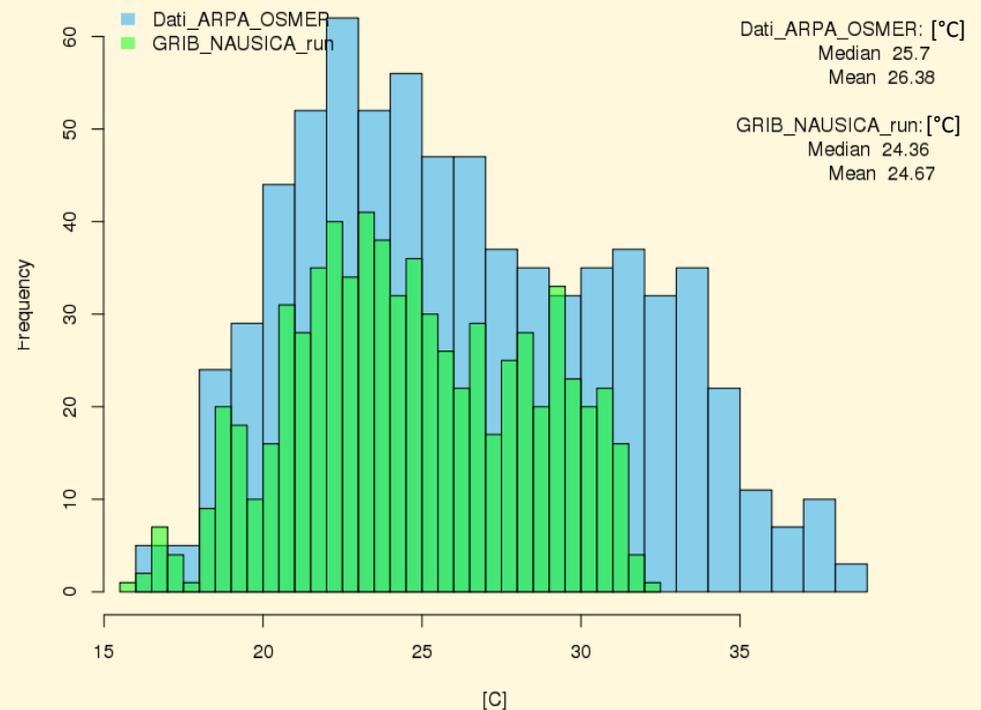
- 5 layer (0cm,10cm,40cm,100cm,**200cm**)
- Conduzione calore, umidità del suolo, vegetazione, copertura nevosa

Histogram of TEMP
(STZ: UDI - Var: TEMP - T: 20150701_20150801)



$\Delta\langle T \rangle \approx 12.2 \text{ } ^\circ\text{C}$

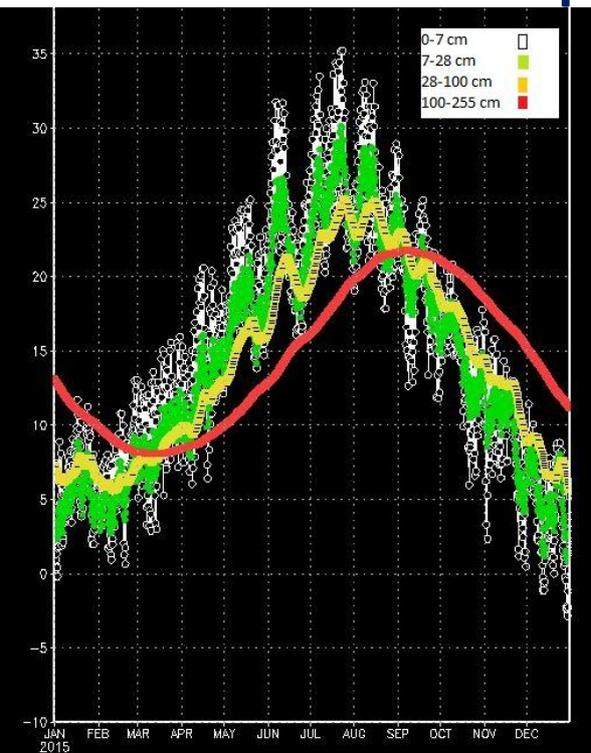
Histogram of TEMP
(STZ: UDI - Var: TEMP - T: 20150701_20150730)



$\Delta\langle T \rangle \approx 1.7 \text{ } ^\circ\text{C}$

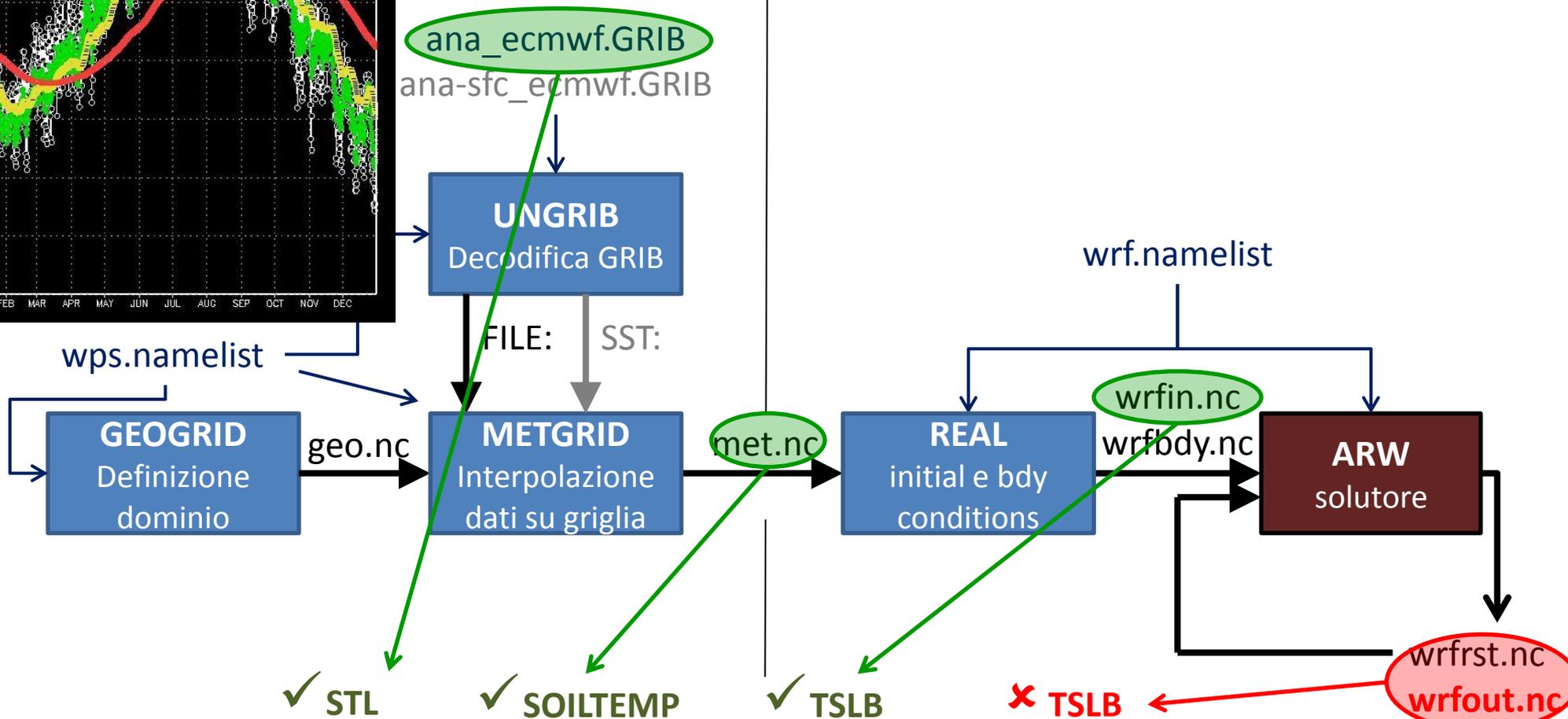


Analisi del problema relativo al Thermal Diffusion Scheme

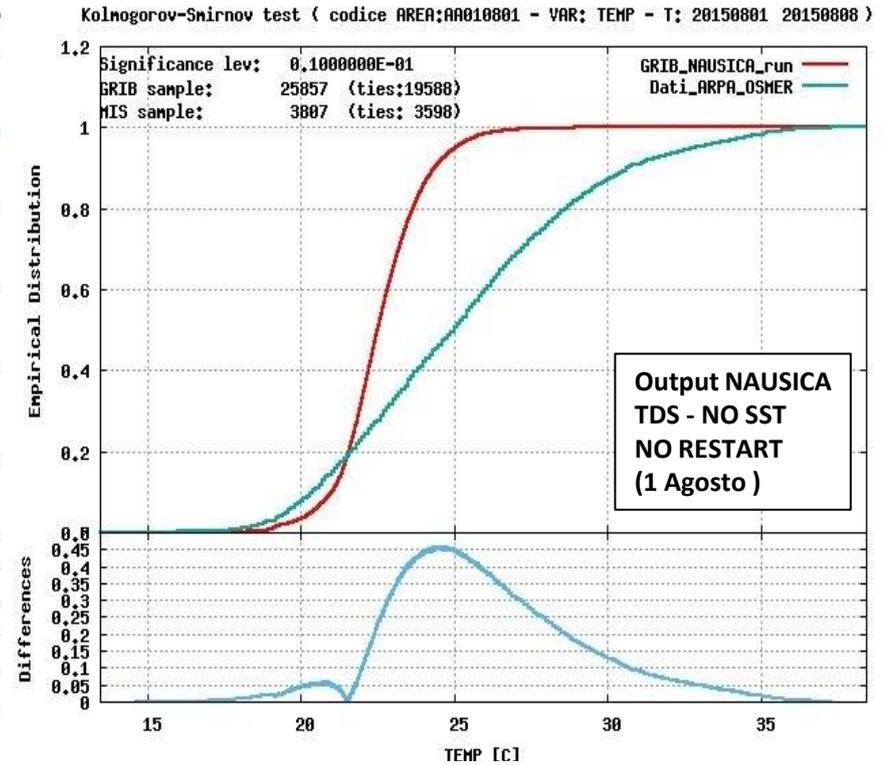
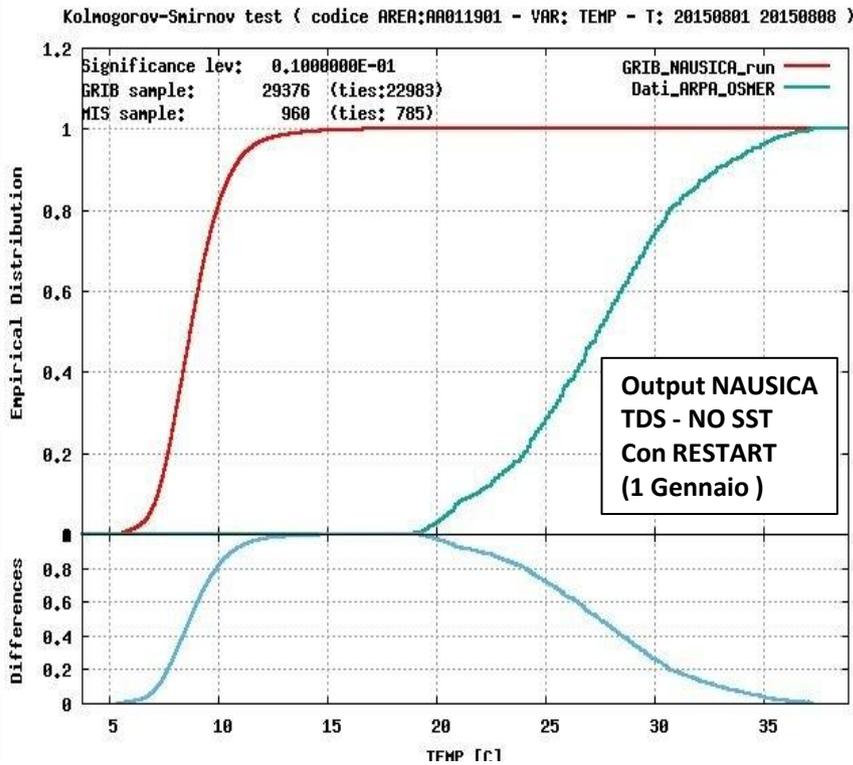


WPS

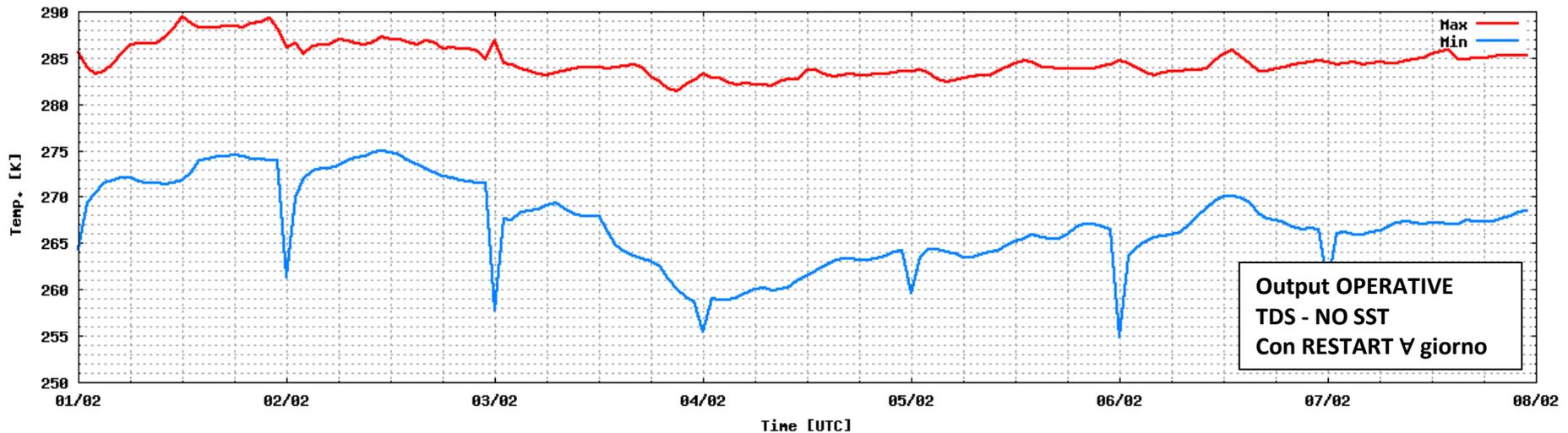
WRF-ARW



Effetti del RESTART con il Thermal Diffusion Scheme



Min Max - var: Temp. [K] - dom: d03 - T: 20160201 - 20160207



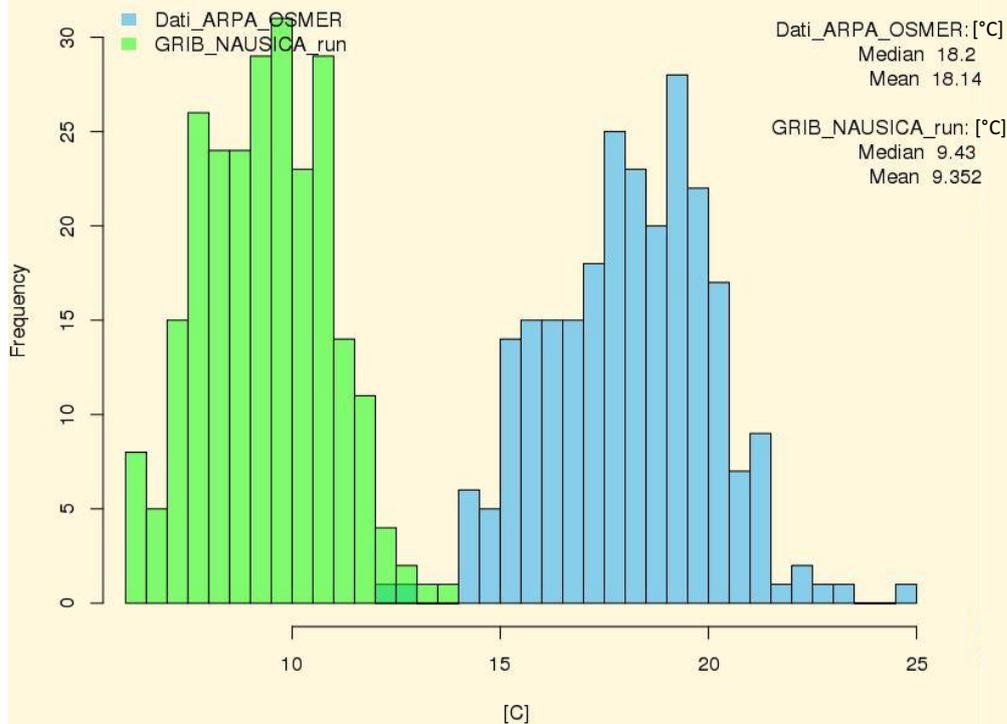
Effetto dell'aggiornamento delle SST

✗ SST_update = 0
 (SST costante durante l'intera simulazione)



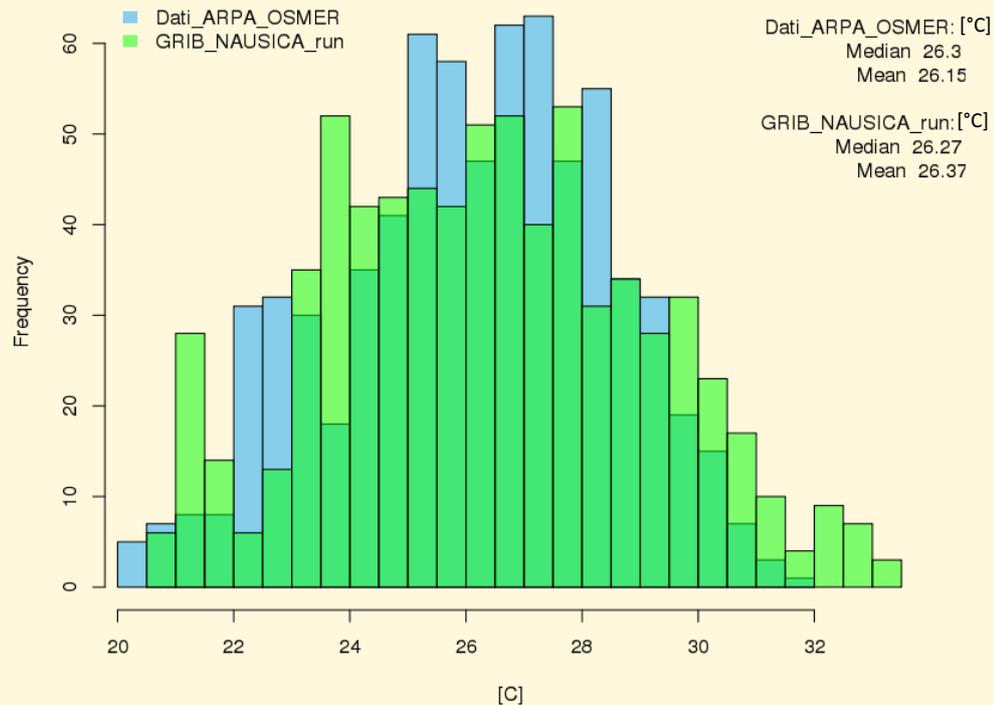
✓ SST_update = 1
 (Aggiornamento ogni **6 ore** da file *analisi sfc ECMWF*)

Histogram of TEMP
 (STZ: BOA - Var: TEMP - T: 20150501_20150531)



$\Delta\langle T \rangle \approx 8.8^\circ\text{C}$

Histogram of TEMP
 (STZ: BOA - Var: TEMP - T: 20150701_20150730)



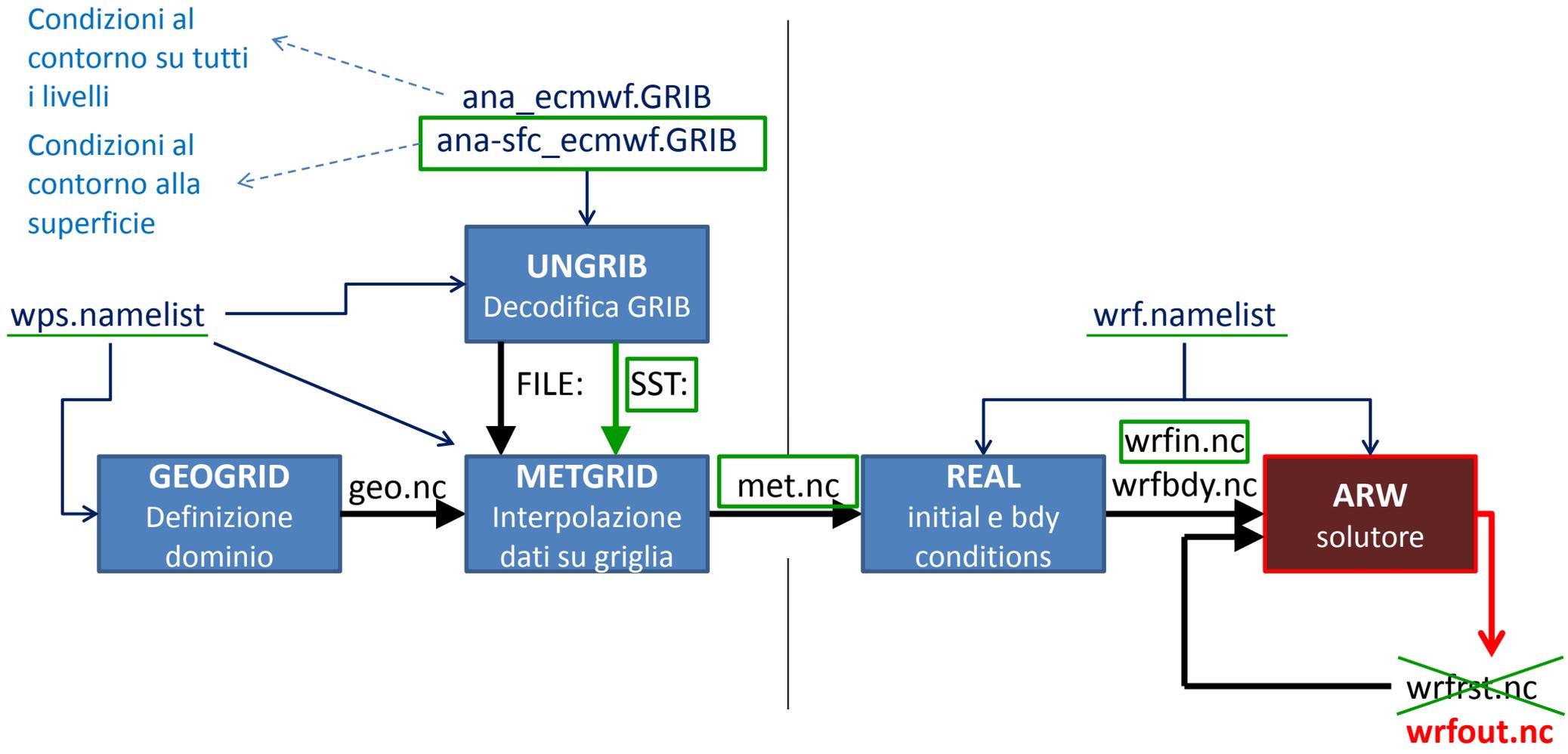
$\Delta\langle T \rangle \approx 0.2^\circ\text{C}$



WRF con aggiornamento SST

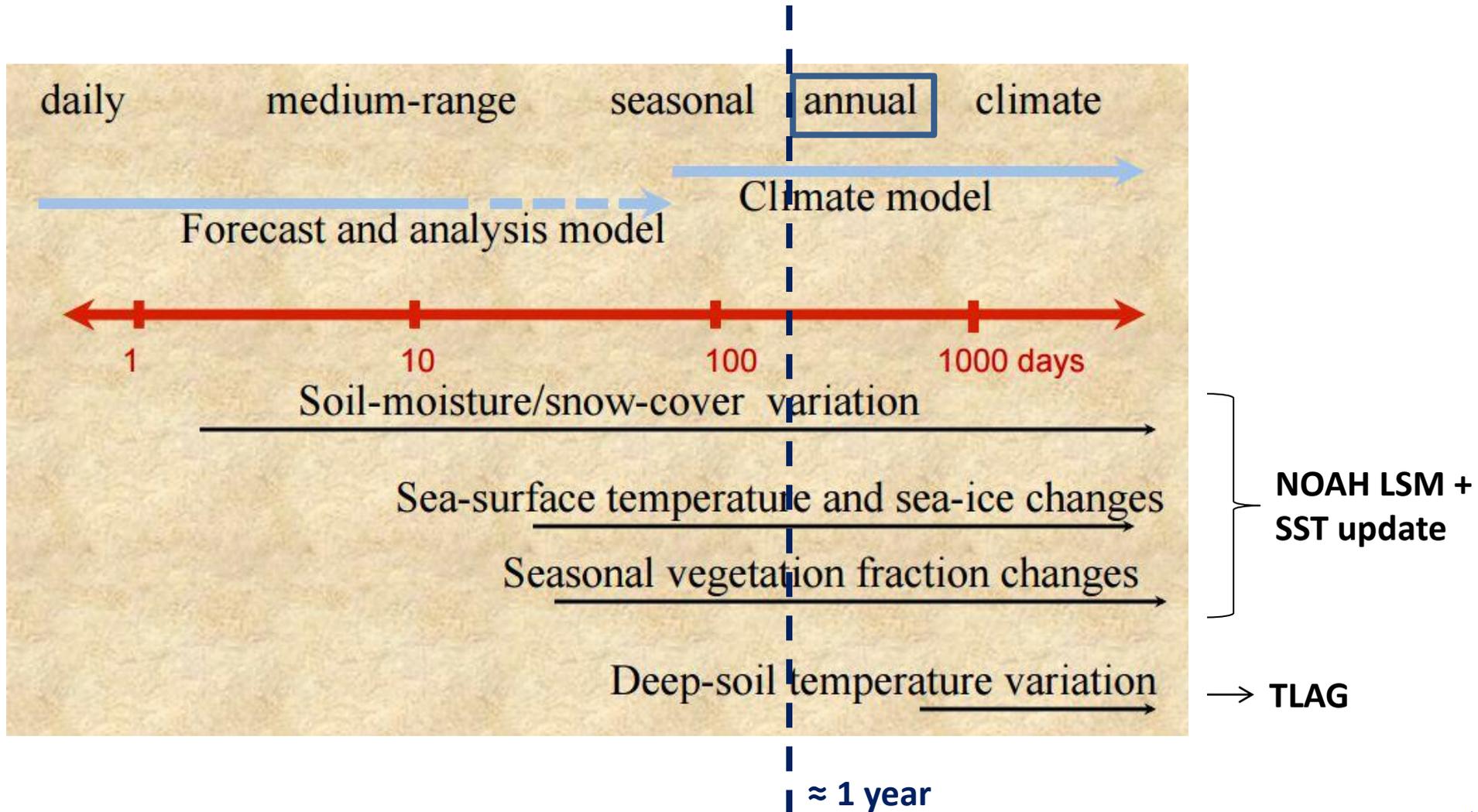
WPS

WRF-ARW





Aggiornamento SST e campi associati



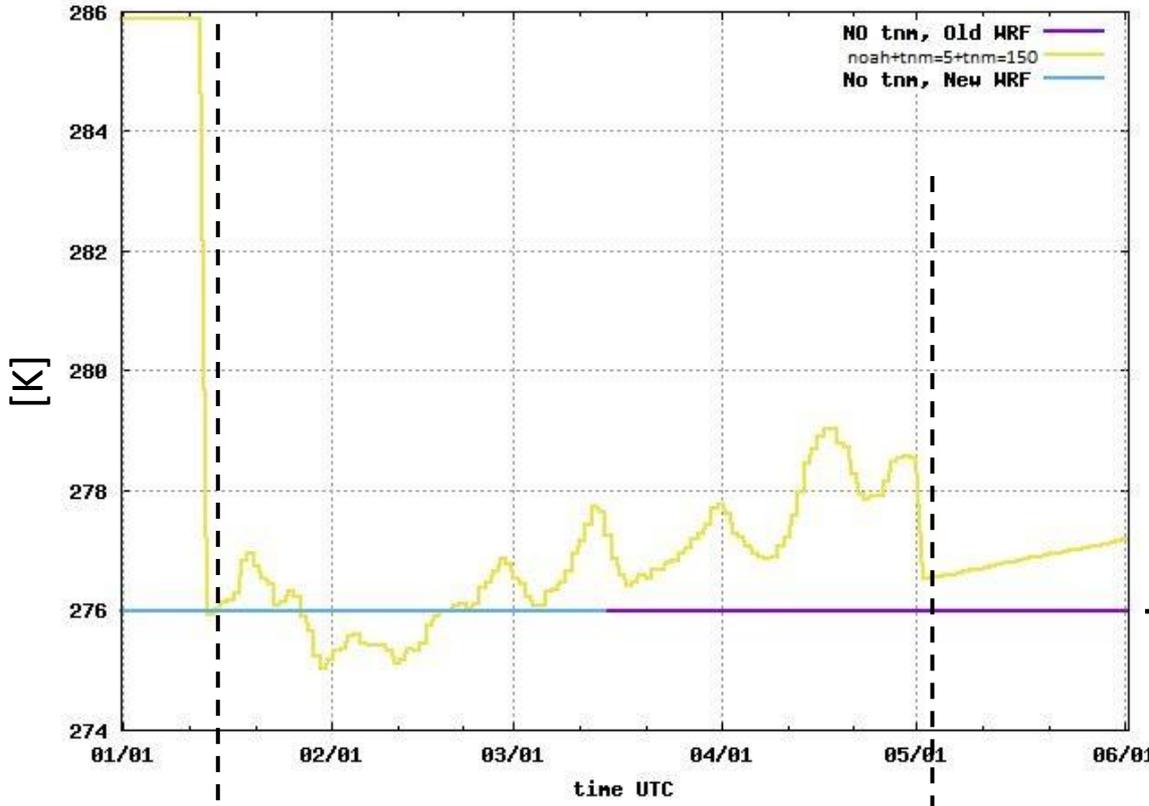
Aggiornamento della temperatura dello strato profondo

Namelist del WRF

WRF bug
per $V \geq 3.7$

- **tmn_update = 1**
- **lagday = 150 [giorni]** (periodo di calcolo della modulazione tramite temperatura superficiale)

SOIL TEMPERATURE AT LOWER BOUNDARY



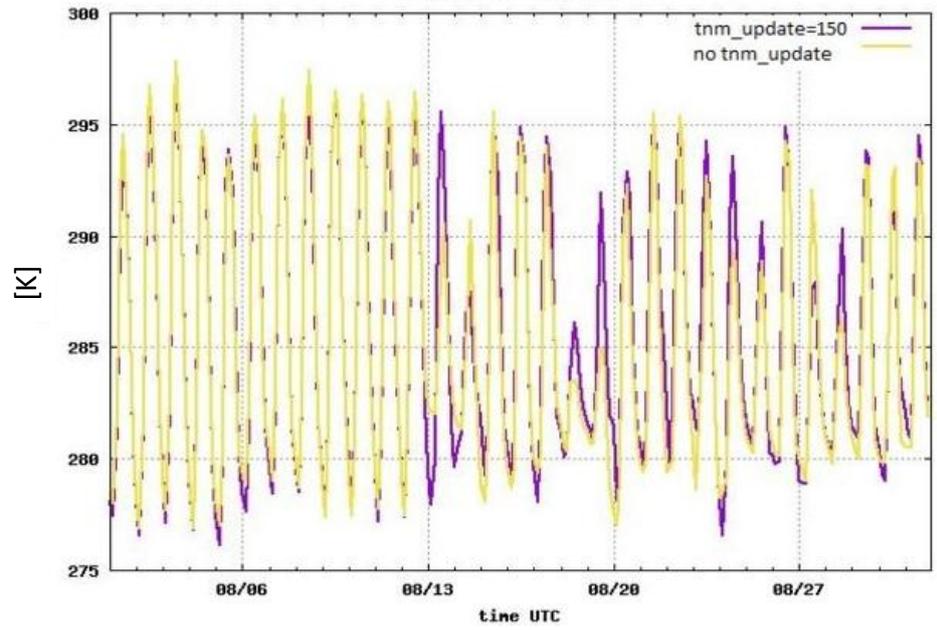
NOAH
LSM

TDS + tmn_update con
lagday = 5 giorni

TDS + tmn_update con
lagday = 150 giorni

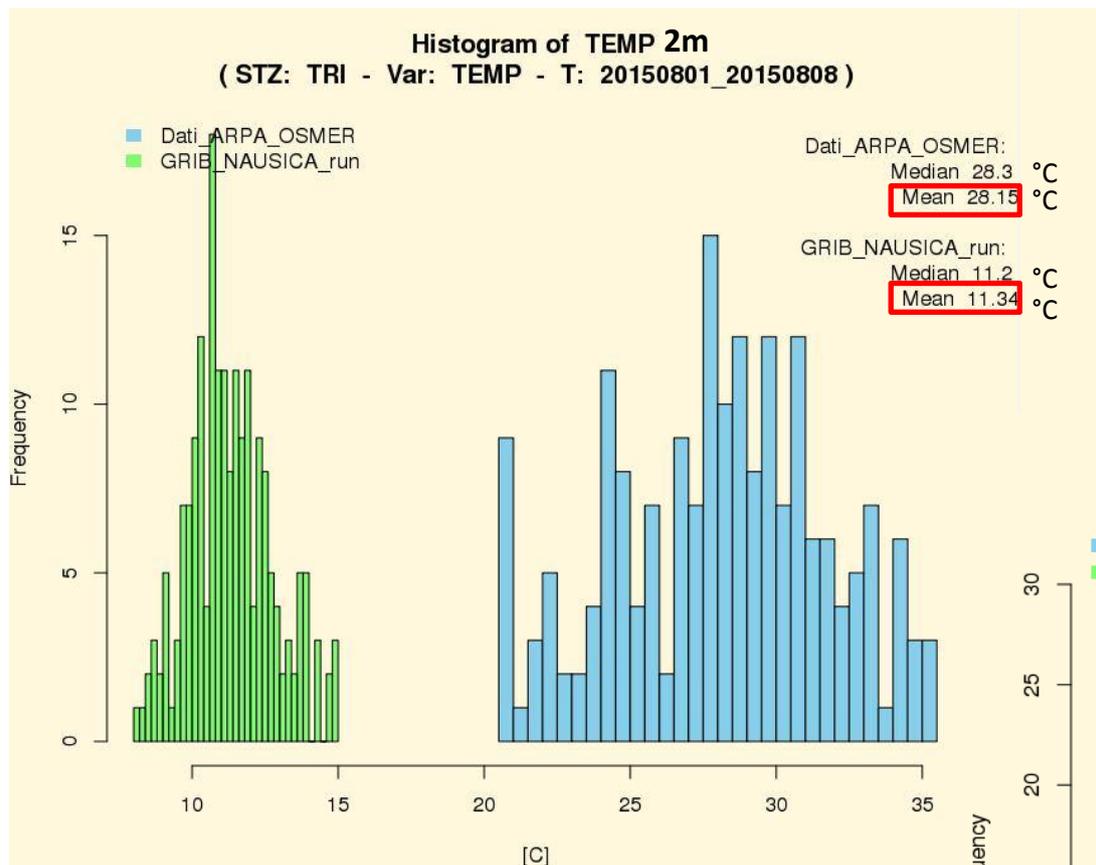
- -> TDS

SURFACE SKIN TEMPERATURE

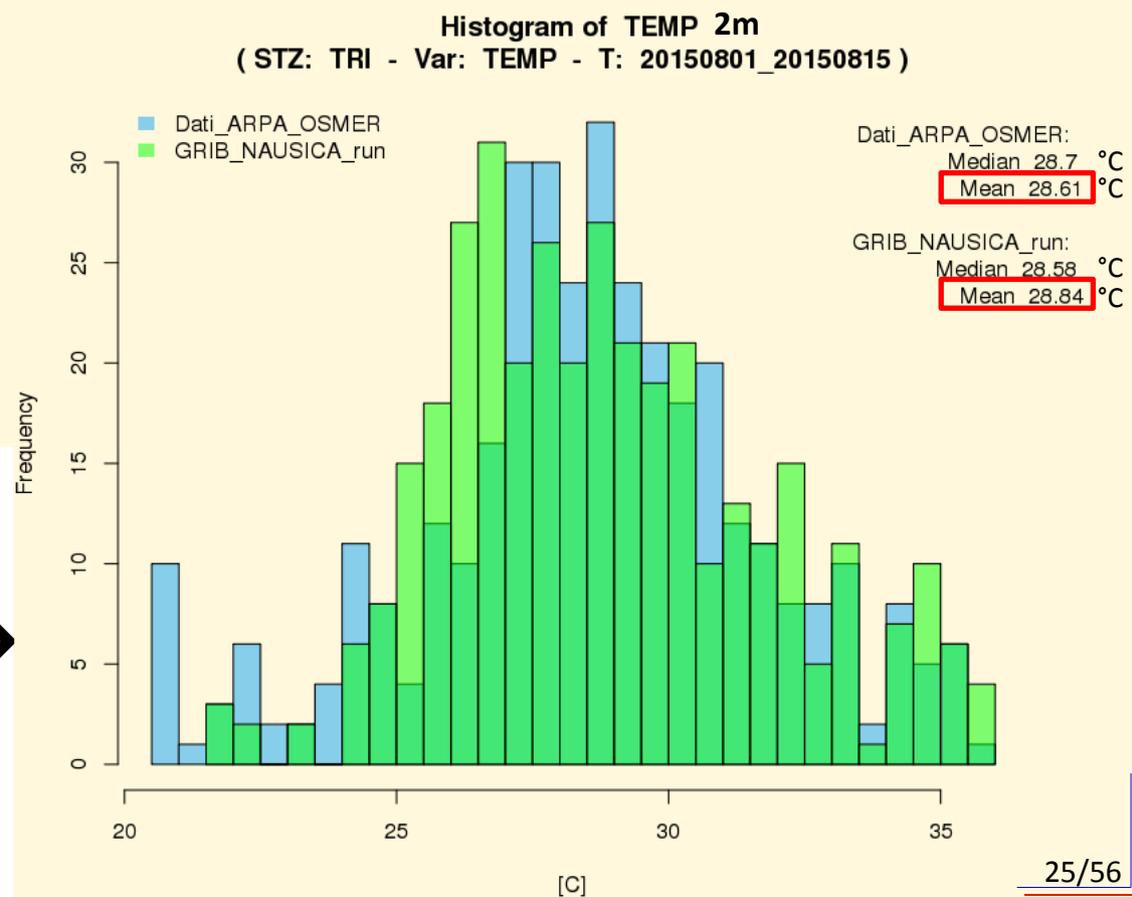


NON influenza i livelli superiori

NOAH LSM e aggiornamento SST ogni 6 ore

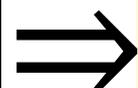


Problema:
T simulazioni << T misurate



Soluzione:

- ✓ Modello di suolo **NOAH**
- ✓ Aggiornamento delle **SST**
- ✗ **Aumento tempi di calcolo:**
(run WRF di 10 gg su 4 nodi da 32 core)
 $\Delta t \approx 5 \text{ h} \xrightarrow{+30\%} \Delta t \approx 6 \text{ h } 30'$



Temperature del mare (confronto misure/GRIB ECMWF)

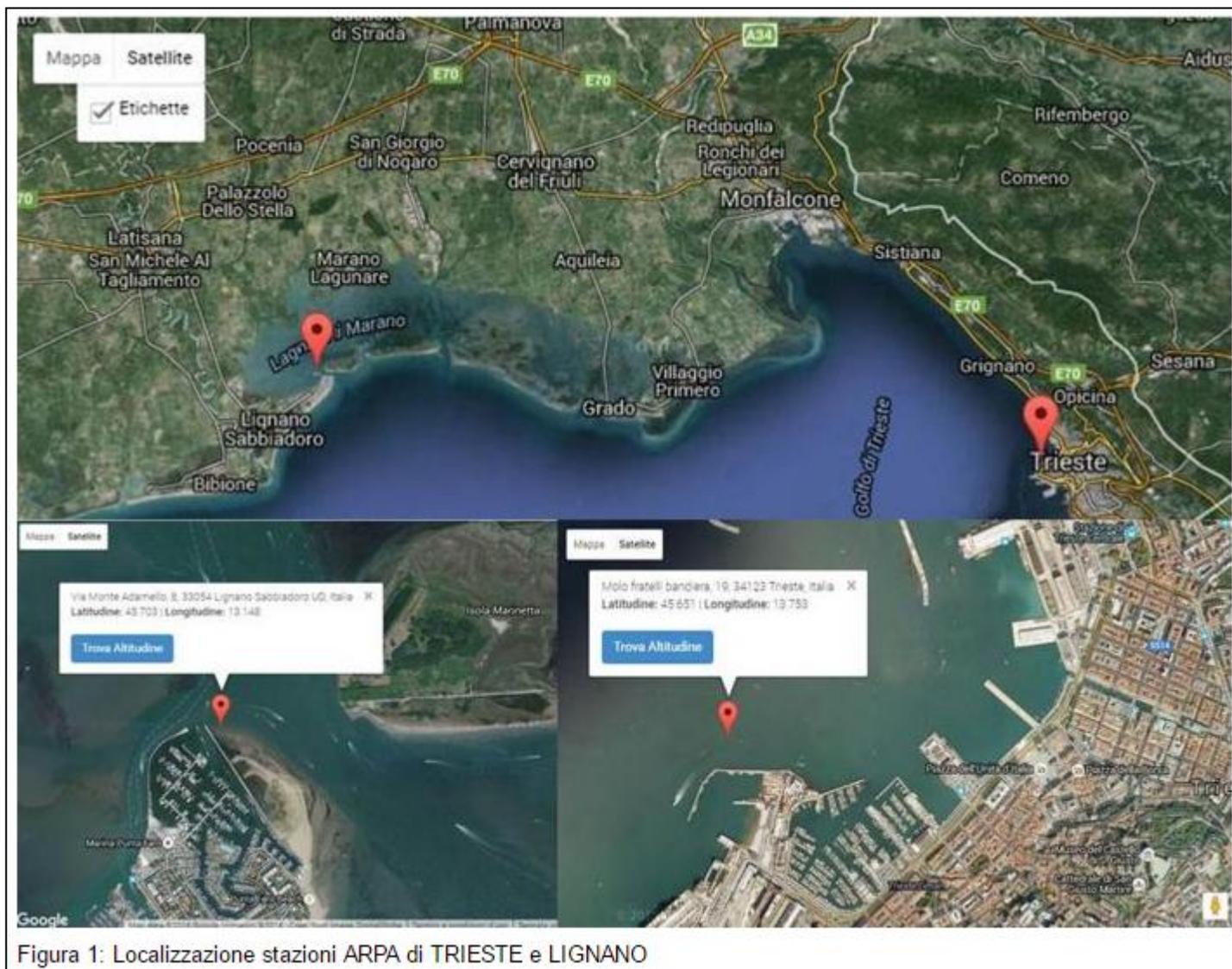


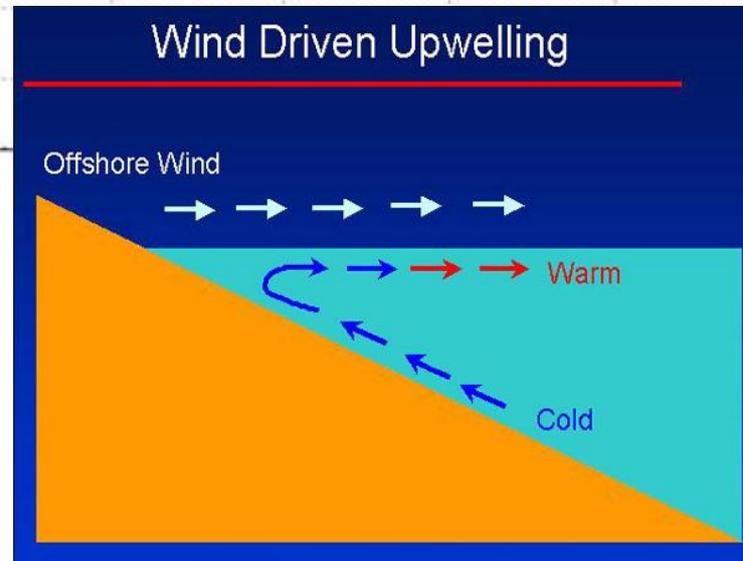
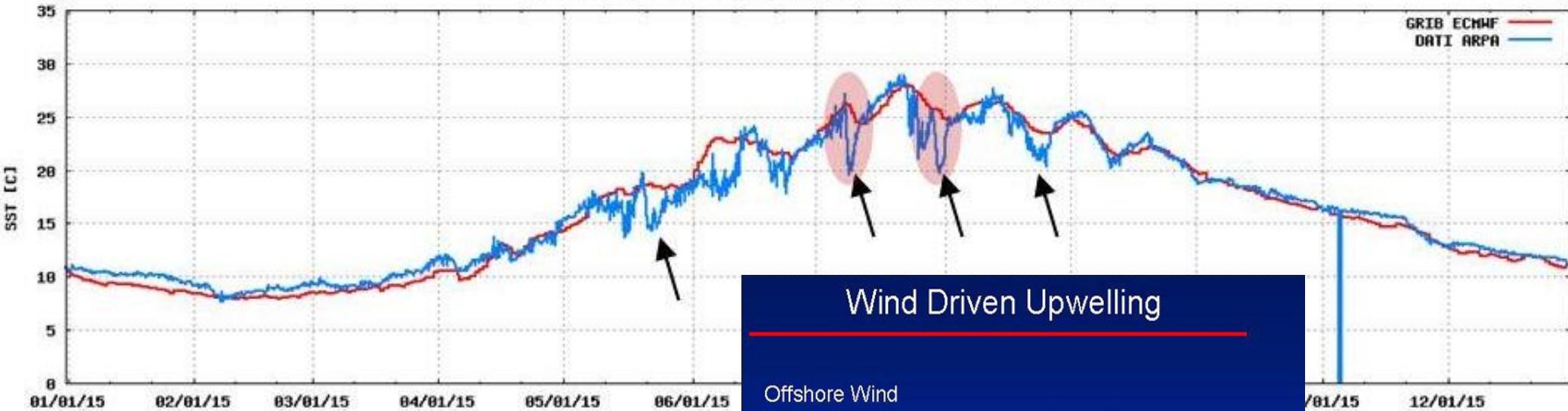
Figura 1: Localizzazione stazioni ARPA di TRIESTE e LIGNANO

Temperature del mare (confronto misure/GRIB ECMWF)

- ✓ Andamento misure generalmente ben riprodotto ($\Delta T < 2^{\circ}\text{C}$)
- ✗ Episodi di bora associati ad *upwelling* **NON riprodotti** (Adriatico nord-orientale, stagioni calde) \Rightarrow

Necessità assimilazione misure

Confronto GRIB ECMWF - DATI ARPA (stazione TRIESTE - anno 2015)

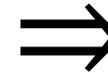




Temperature del mare (confronto misure/GRIB ECMWF)

✓ Andamento misure generalmente ben riprodotto ($\Delta T < 2^{\circ}\text{C}$)

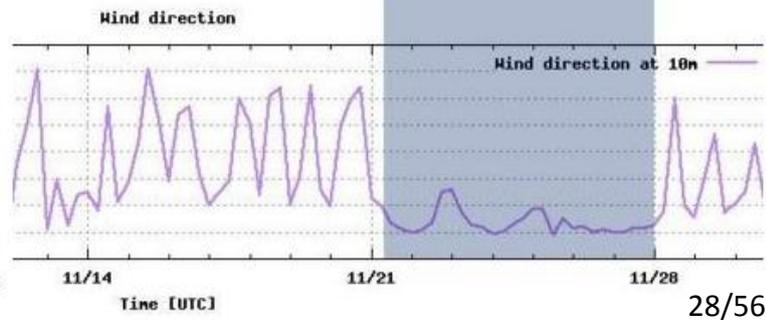
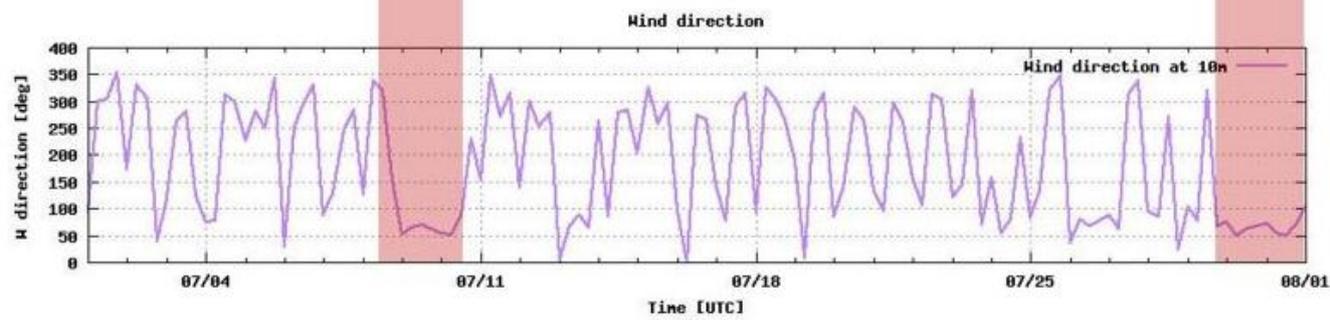
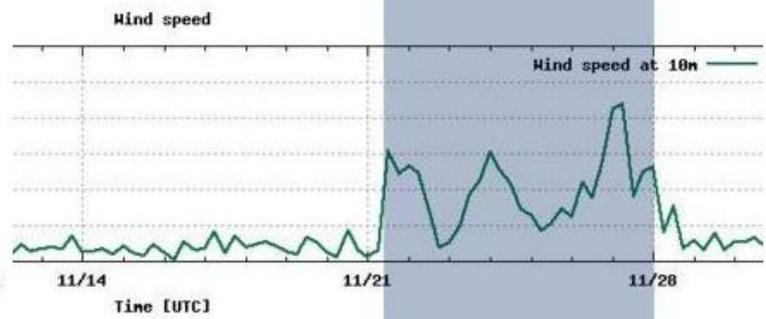
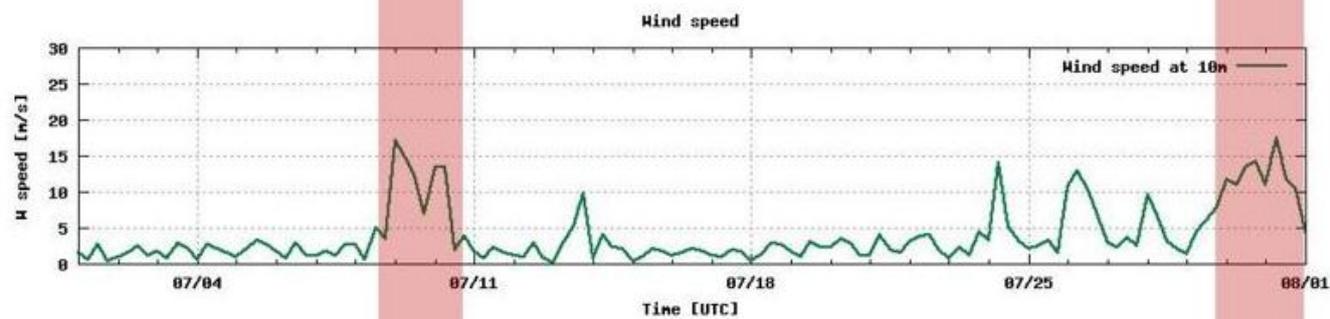
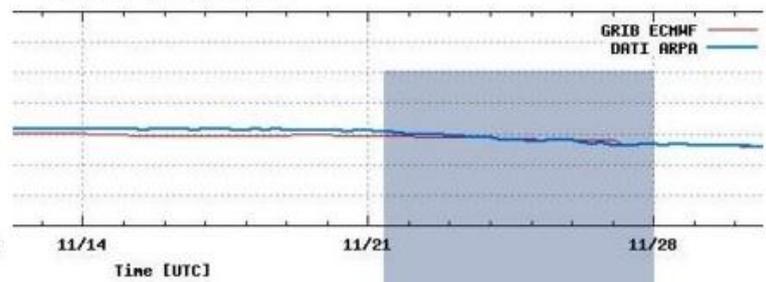
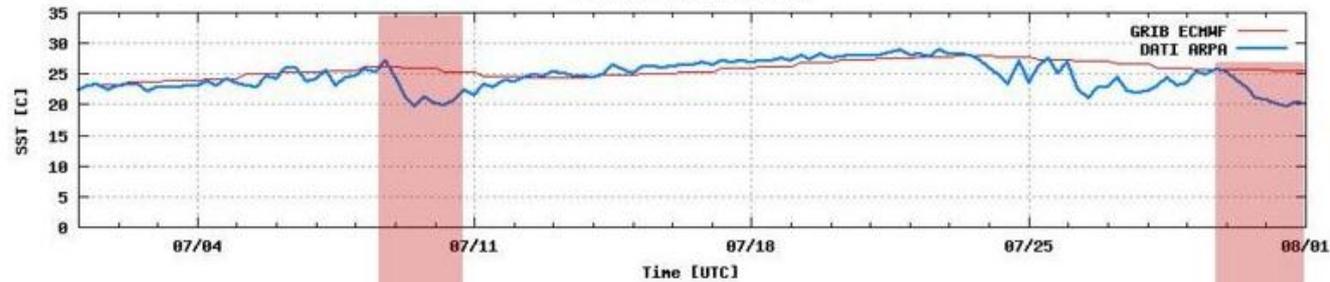
✗ Episodi di bora associati ad *upwelling* **NON riprodotti**
(Adriatico nord-orientale, stagioni calde)



Necessità
assimilazione
misure

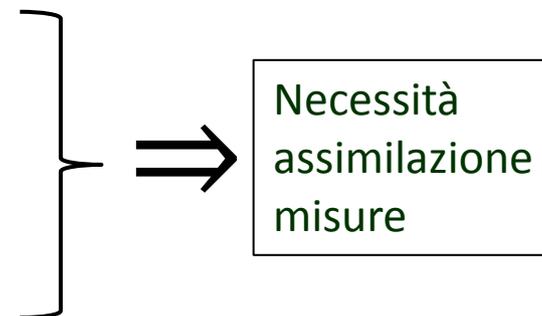
Stazione TRIESTE 07 2015
Confronto GRIB-DATI ARPA

Stazione TRIESTE 11 2015
Confronto GRIB-DATI ARPA

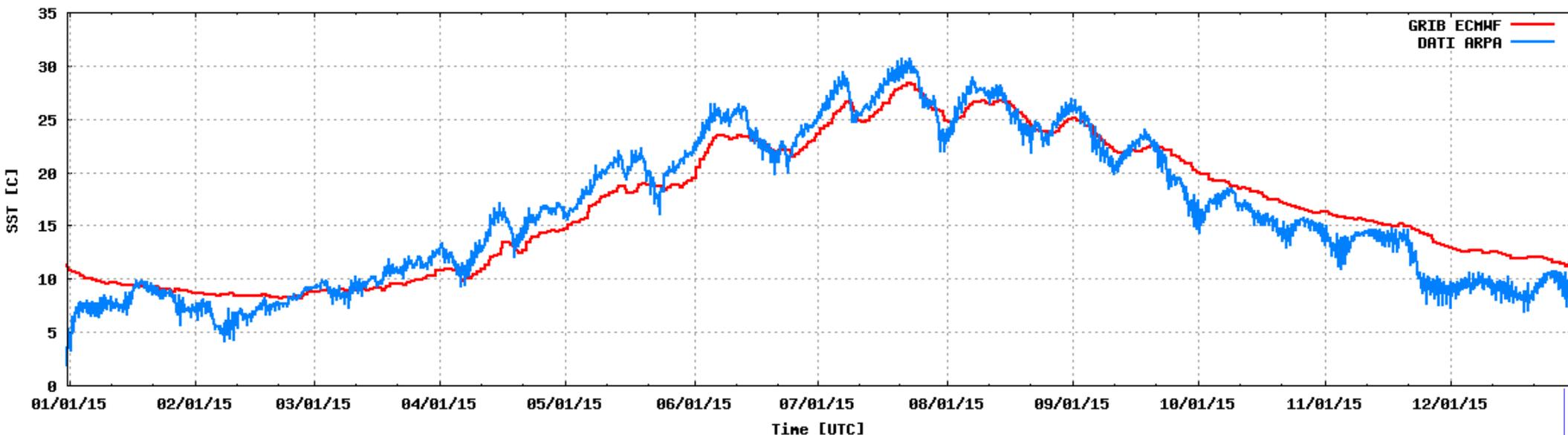


Temperature del mare (confronto misure/output del modello)

- ✓ Andamento misure generalmente ben riprodotto
- ✗ Episodi di bora associati ad *upwelling* **NON riprodotti**
(Adriatico nord-orientale, stagioni calde)
- ✗ **Errore sistematico** SST in zona lagunare
($\approx + 2^{\circ}\text{C}$ stagioni fredde, $\approx - 2^{\circ}\text{C}$ stagioni calde)

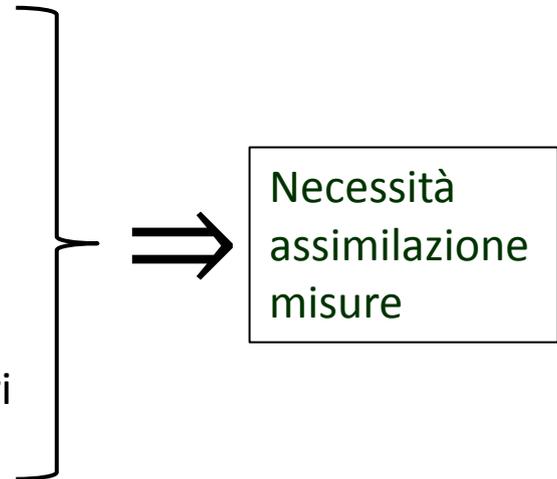


Confronto GRIB ECMWF - DATI ARPA (stazione LIGNANO - anno 2015)

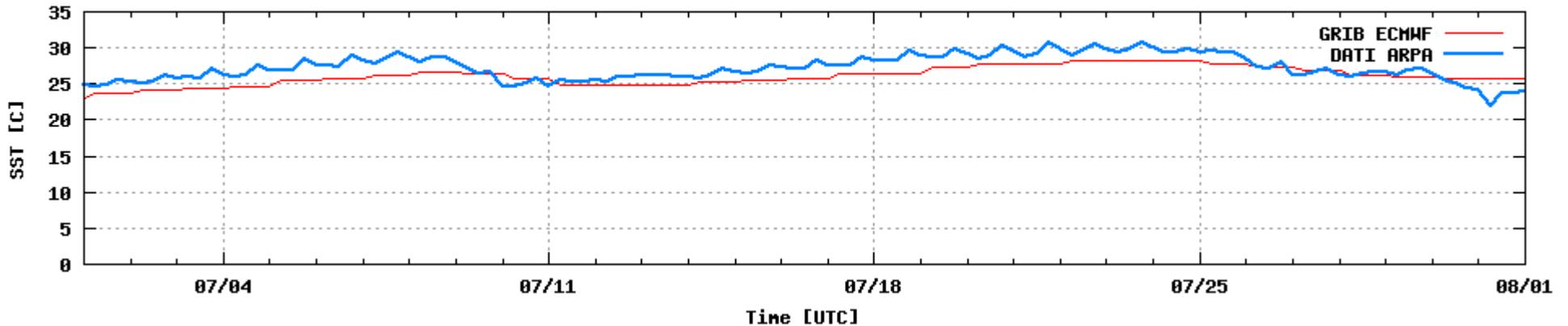


Temperature del mare (confronto misure/output del modello)

- ✓ Andamento misure generalmente ben riprodotto
- ✗ Episodi di bora associati ad *upwelling* **NON riprodotti**
(Adriatico nord-orientale, stagioni calde)
- ✗ **Errore sistematico** SST in zona lagunare
($\approx + 2^{\circ}\text{C}$ stagioni fredde, $\approx - 2^{\circ}\text{C}$ stagioni calde)
- ✗ Episodi periodici di flusso e deflusso delle acque lagunari **NON riprodotti**



Stazione LIGNANO 07 2015
Confronto GRIB-DATI ARPA





INDICE della presentazione

1. Introduzione:

- obiettivi e motivazioni
- modello WRF e altri strumenti
- metodo di lavoro
- risorse di calcolo disponibili

2. Parametri del run:

- scalabilità del modello
- definizione del dominio regionale
- parametri di WRF e UPP:
 - grandezze cumulate
 - modello di suolo
 - aggiornamento SST e campi associati
- necessità di assimilazione misure nel modello

3. Suite NAUSICA_run e NAUSICA_pp: —> PRODUZIONE DEL DATABASE

- compiti e schema
- descrizione prodotti

4. Suite WRF_ana_post: —> POST PROCESSAMENTO

- compiti e schema
- descrizione prodotti

5. Suite NAUSICA_ver : —> CONTROLLO DELLA QUALITA' DEI PRODOTTI

- compiti e schema
- descrizione prodotti

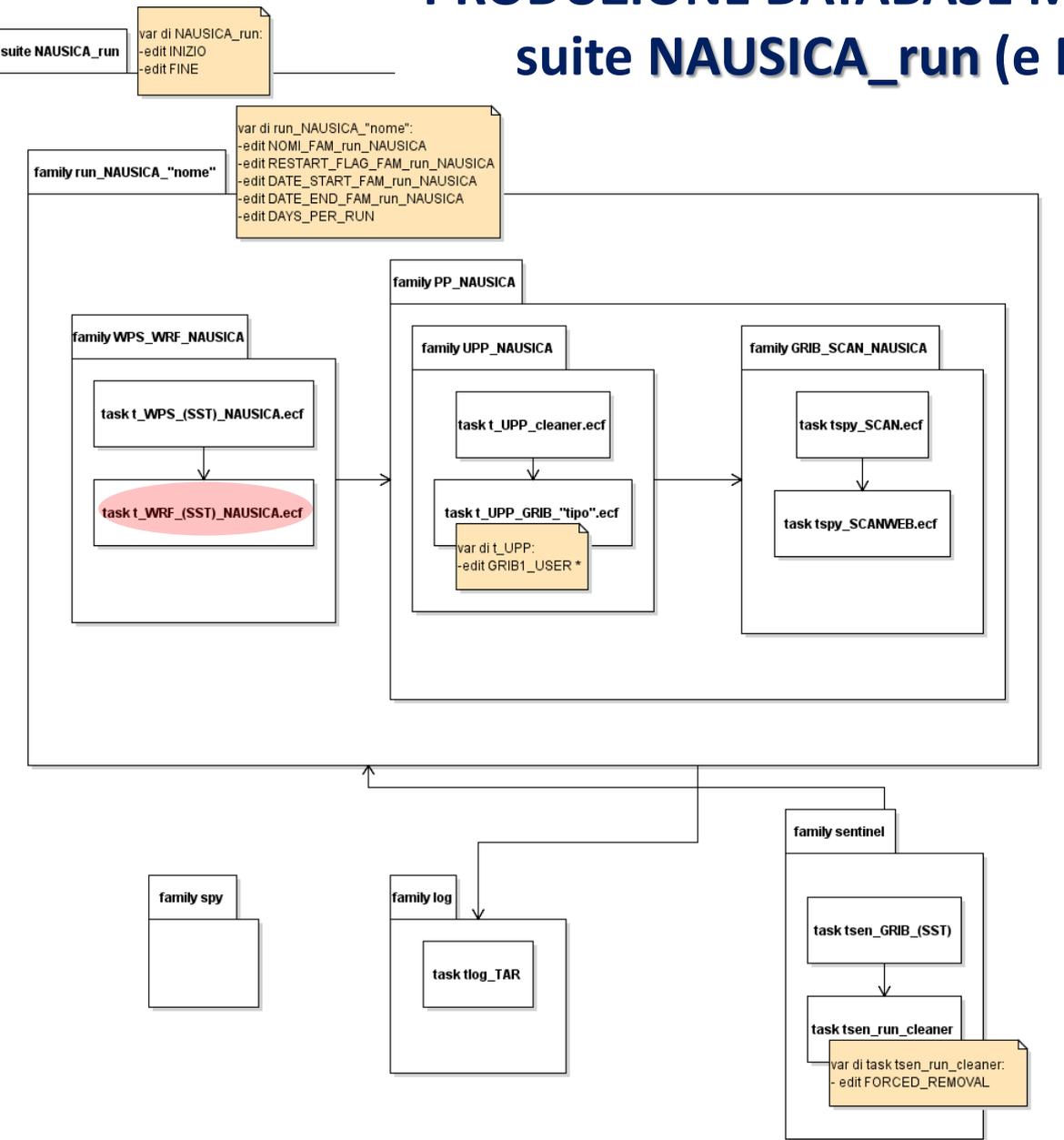
6. Risultati:

- prodotti disponibili
 - netCDF
 - GRIB
- analisi eseguite

7. Produzioni e sviluppi futuri



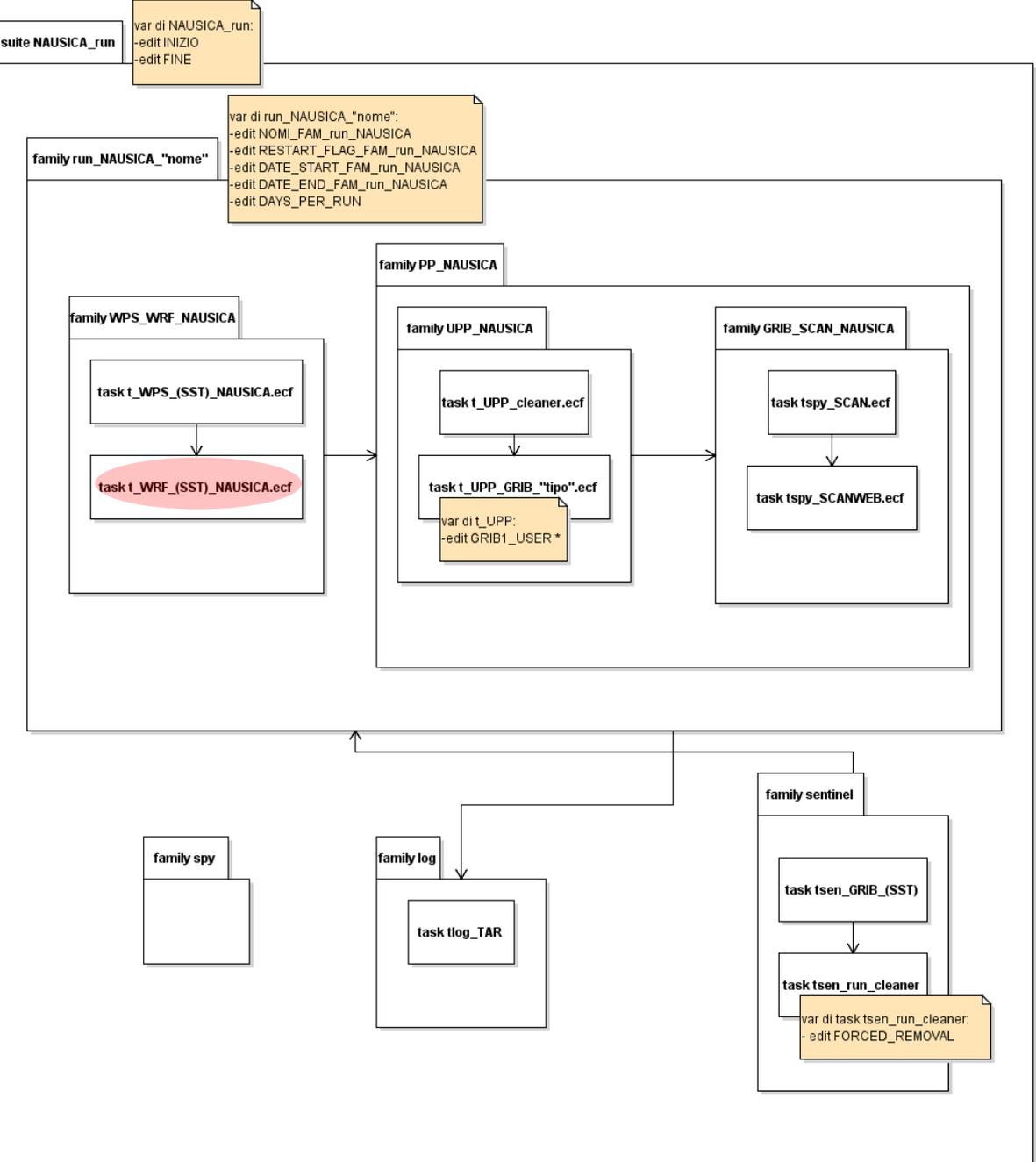
PRODUZIONE DATABASE METEOROLOGICO: suite NAUSICA_run (e NAUSICA_pp)



- ❖ Pre-processing (**WPS**)
- ❖ Simulazione meteorologica
 - Modello **WRF** (con o senza restart)
 - Cond. al cont. *analisi ECMWF*
- ❖ Archiviazione **netCDF**
- ❖ Post processing (produzione GRIB su livelli isobarici e del modello, **UPP**)
- ❖ Controllo dei GRIB prodotti
- ❖ Archiviazione **GRIB**



Inizializzazione NAUSICA_run (e NAUSICA_pp)



Shell script di creazione della suite

```

#####
# Parametri
#####
NOME_SUITE="NAUSICA_run"
#####
#
# DA MODIFICARE:
#
NUMERO_FAM_run_NAUSICA=2
NOMI_FAM_run_NAUSICA_Ar=( "1_Gen_16" "2_Gen_16" )
DATE_START_FAM_run_NAUSICA_Ar=( 20160101 20160108 )
DATE_END_FAM_run_NAUSICA_Ar=( 20160108 20160115 )
RESTART_FLAG_FAM_run_NAUSICA_Ar=( 0 1 )
DAYS_PER_RUN_FAM_run_NAUSICA_Ar=( 7 7 )
WRF_RUN=1
SST_FLAG=1
GRIB_Ar=( "CRMA" "MOD_LEV" )
SCAN_TYPE="CRMA"
NAUSICA_RUN_TIME=17:00
NAUSICA_RUN_DATE=20161114
NAUSICA_RUN_DT=1
CLEAN=1
ARCHIV=1
#####

```



Prodotti della suite NAUSICA_run (e NAUSICA_pp)

wrfout.netCDF (wrfrst)

➤ CARATTERISTICHE:

- 3 domini innestati (d03 2° estensione)
 - $\Delta s=50\text{km}, 10\text{km}, 2\text{km}$
 - $\Delta t=6\text{h}, 3\text{h}, 1\text{h}$
- Noah land surface model
- Aggiornamento SST ogni 6h

➤ DIMENSIONI: $\Delta b(1 \text{ anno}) \approx \mathbf{1.5 \text{ Tb}}$
 $\Delta b(17 \text{ anni}) \approx \mathbf{25.5 \text{ Tb}}$

➤ TEMPI: $\Delta t(1 \text{ anno}) \approx \mathbf{10 \text{ gg}}$ di simulazione (4 nodi da 32 core)
 $\Delta t(17 \text{ anni}) \approx \mathbf{170 \text{ gg}}$ di simulazione (4 nodi da 32 core)

```
[goglioa@access work_flows]$ ll -h /lustre/arpa/goglioa/data/1390FA01D0_2016/20160201/
total 3.9G
-rw-rw-r-- 1 goglioa arpa 98M Nov 18 21:47 wrfout_d01_2016-02-01_00:00:00
-rw-rw-r-- 1 goglioa arpa 451M Nov 18 21:53 wrfout_d02_2016-02-01_00:00:00
-rw-rw-r-- 1 goglioa arpa 646M Nov 18 21:20 wrfout_d03_2016-02-01_00:00:00
-rw-rw-r-- 1 goglioa arpa 646M Nov 18 21:33 wrfout_d03_2016-02-01_06:00:00
-rw-rw-r-- 1 goglioa arpa 646M Nov 18 21:45 wrfout_d03_2016-02-01_12:00:00
-rw-rw-r-- 1 goglioa arpa 646M Nov 18 21:57 wrfout_d03_2016-02-01_18:00:00
-rw-rw-r-- 1 goglioa arpa 112M Nov 18 21:05 wrfrst_d01_2016-02-01_00:00:00
-rw-rw-r-- 1 goglioa arpa 259M Nov 18 21:06 wrfrst_d02_2016-02-01_00:00:00
-rw-rw-r-- 1 goglioa arpa 490M Nov 18 21:08 wrfrst_d03_2016-02-01_00:00:00
```



Prodotti della suite NAUSICA_pp (e NAUSICA_run)

CRMA.GRIB

➤ CARATTERISTICHE:

- GRIB sui *livelli isobarici*
- GRIB sui *livelli del modello*
- $\Delta t \forall \text{ file} = 6h, 3h, 1h$

➤ DIMENSIONI: $\Delta b(1 \text{ anno}) \approx \mathbf{0.11 Tb}$
 $\Delta b(17 \text{ anni}) \approx \mathbf{2 Tb}$

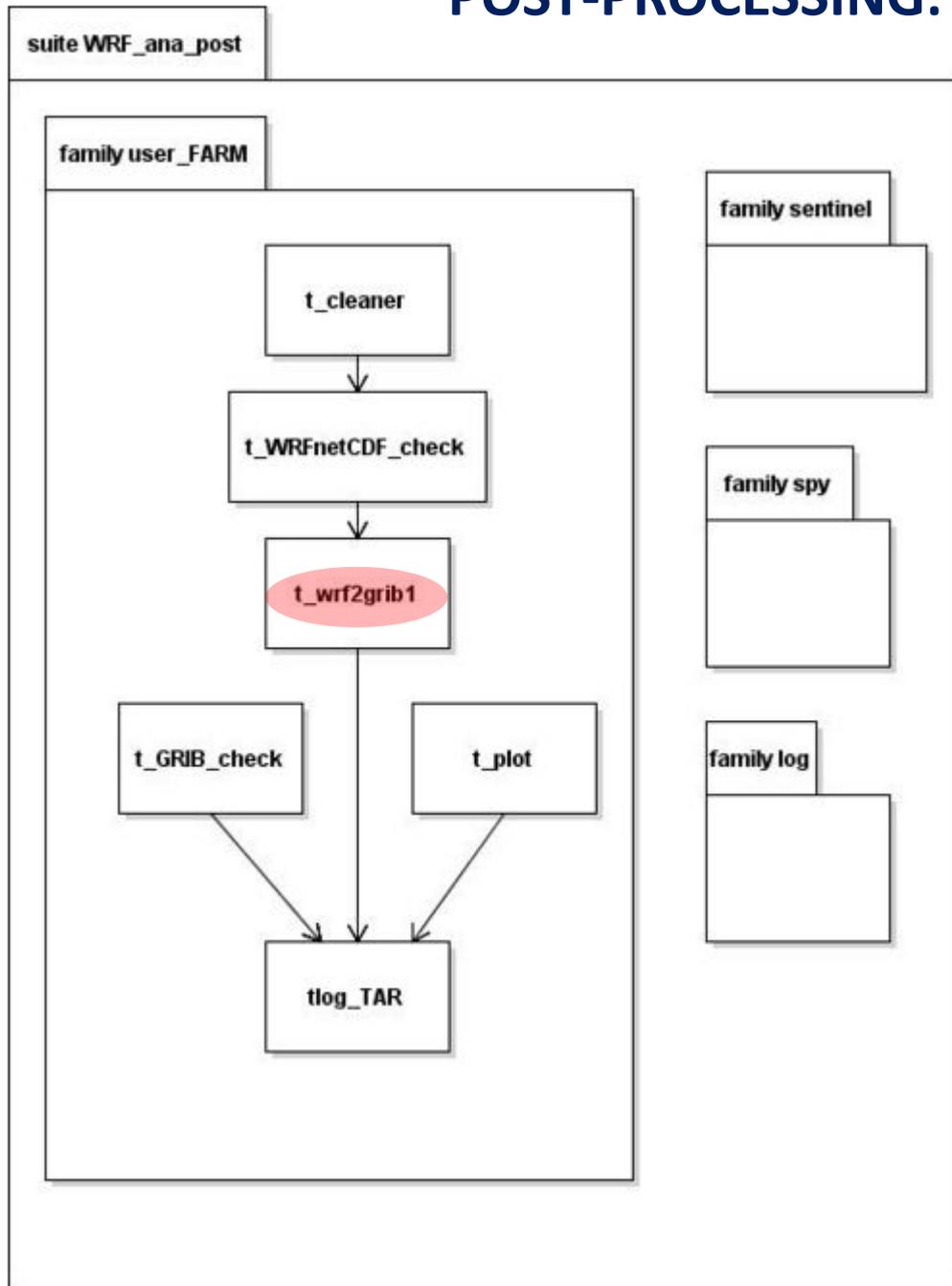
➤ TEMPI pp: $\Delta t(1 \text{ anno}) \approx \mathbf{30 h}$ di run
 $\Delta t(17 \text{ anni}) \approx \mathbf{20 gg}$ di run

➤ CONTROLLO DELLA PRODUZIONE:

Verifica file e campi presenti, statistica variabili

#FILE	TIME	ACRONIMO	VAR	LEVEL	LTYPE	MIN	MEAN	MAX
CRMA_WRF-4-CRMA_d01_20150105_00.GRIB	2015-01-05 00:00:00	T300_[K]	var11	30000	100	215.79	225.28	239.10
CRMA_WRF-4-CRMA_d01_20150105_00.GRIB	2015-01-05 00:00:00	T500_[K]	var11	50000	100	224.04	247.78	265.53

POST-PROCESSING: suite WRF_ana_post



❖ Controllo netCDF

❖ Produzione **GRIB** necessari come **input per la catena modellistica F-AIR (UPP)** da

- netCDF di NAUSICA_run
- netCDF della catena operativa

❖ Controllo GRIB (plot di controllo)

Prodotti della suite WRF_ana_post

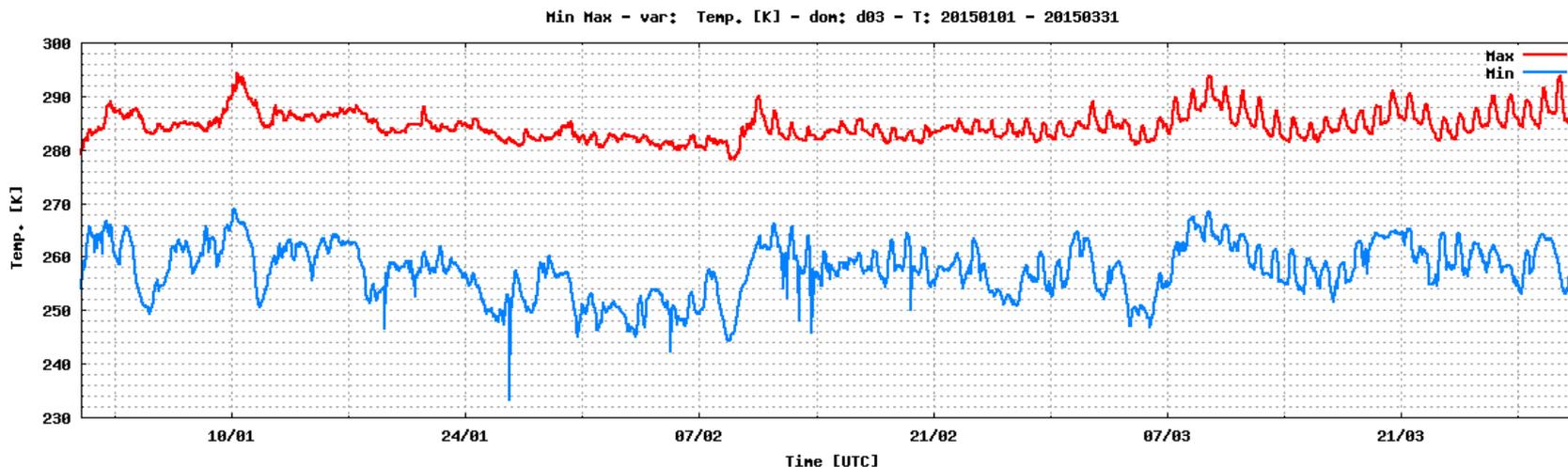
FARM.GRIB

- CARATTERISTICHE:
 - GRIB sui *livelli isobarici*
 - $\Delta t \forall \text{ file} = 6\text{h}, 3\text{h}, 1\text{h}$

- DIMENSIONI:
 - $\Delta b(1 \text{ anno}) \approx \mathbf{0.18 \text{ Tb}}$
 - $\Delta b(17 \text{ anni}) \approx \mathbf{3.1 \text{ Tb}}$

- TEMPI pp:
 - $\Delta t(1 \text{ anno}) \approx \mathbf{27 \text{ h}}$ di run
 - $\Delta t(17 \text{ anni}) \approx \mathbf{19 \text{ gg}}$ di run

- CONTROLLO DELLA PRODUZIONE:



CONTROLLO SIMULAZIONI: suite NAUSICA_ver

Confronto misure/simulazioni puntuali: *serie temporali*

Buon metodo di valutazione
ma

affetto anche da discrepanze locali
sottogriglia (per es. interpolazioni)

quindi

NON indicative della qualità della
simulazione

Confronto misure/simulazioni su aree: *distribuzioni*

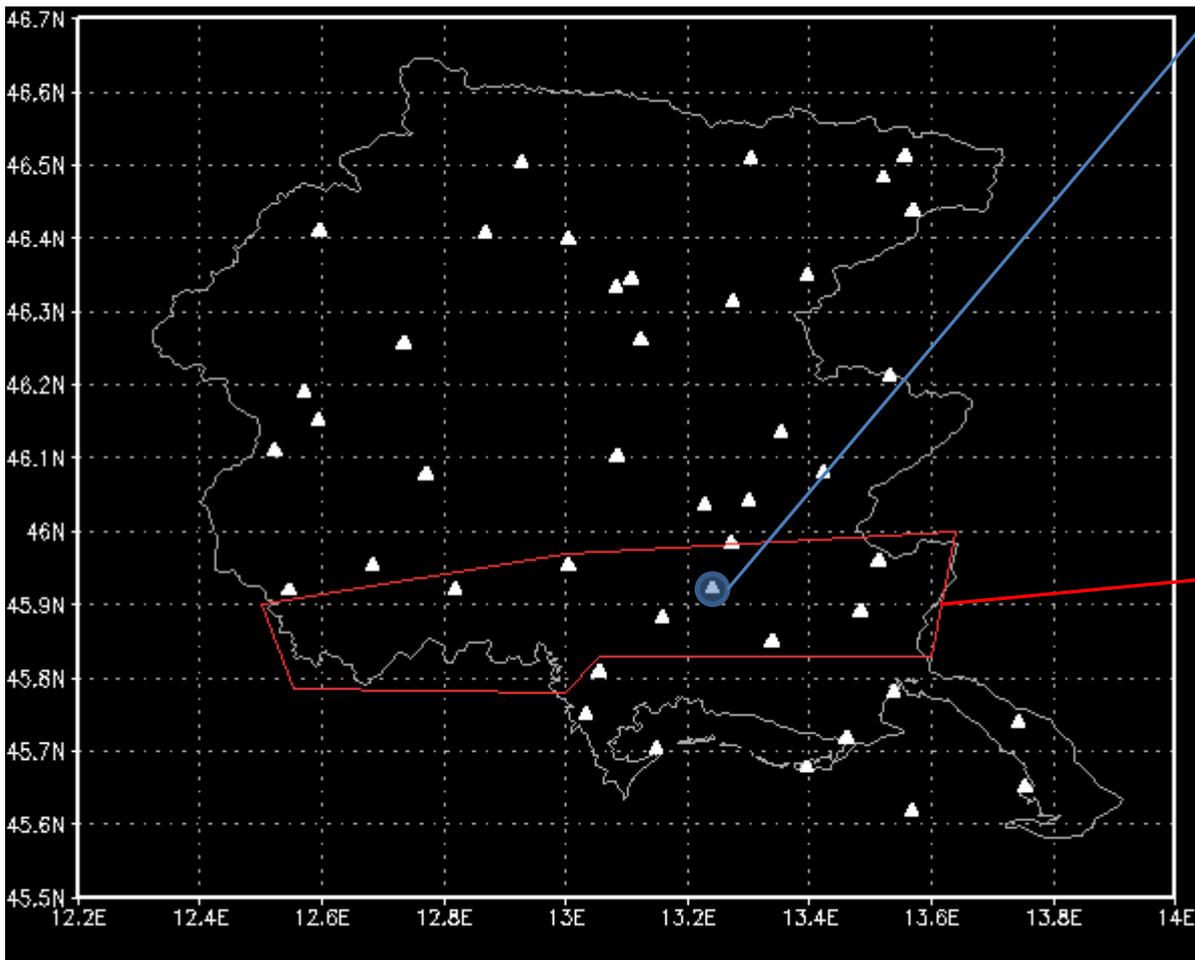
Scale confrontabili con quelle dei fenomeni
meteorologici simulati

quindi

valutazione significativa della qualità della
simulazione

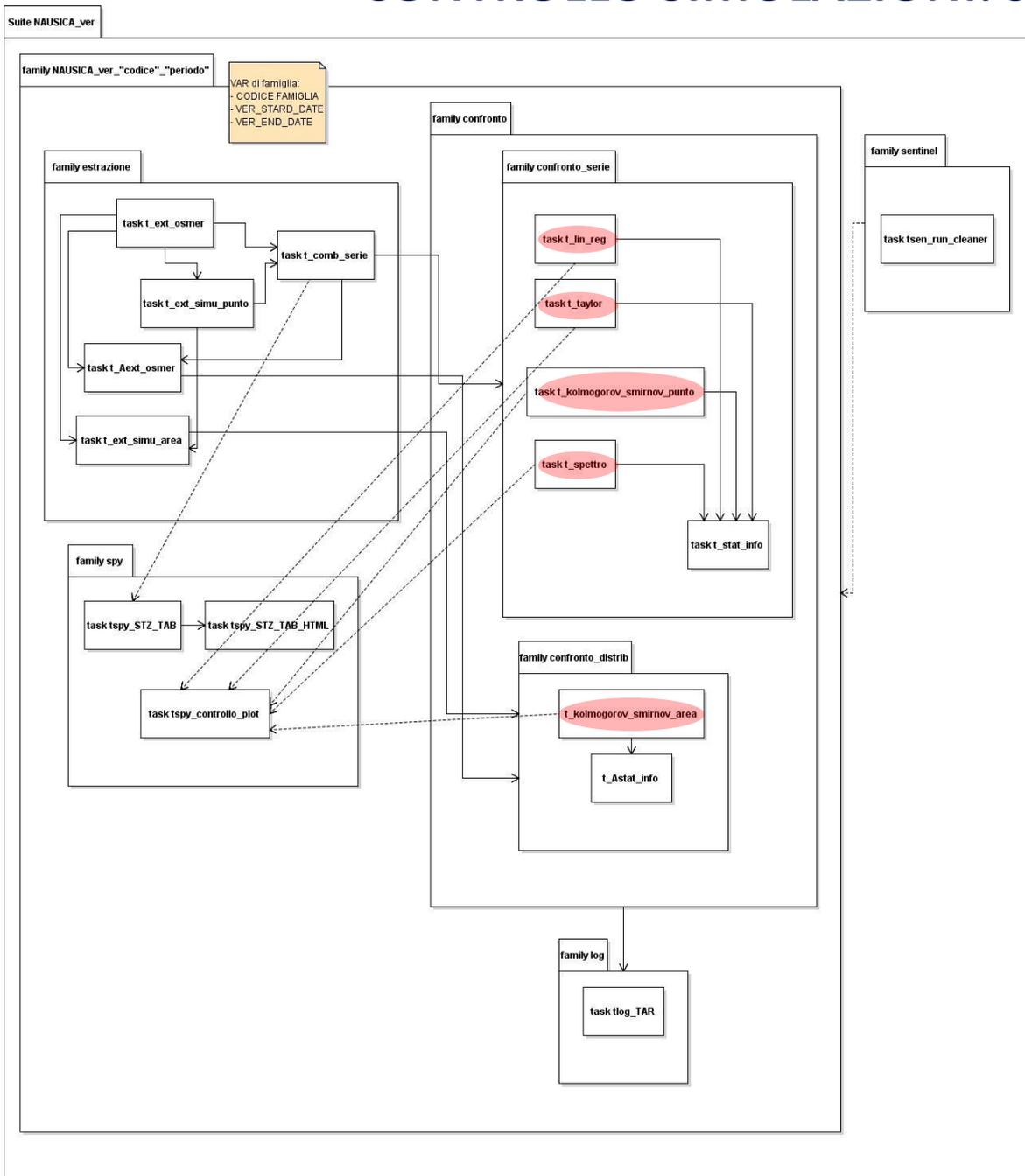
ma

perdita dell'informazione temporale





CONTROLLO SIMULAZIONI: suite NAUSICA_ver



- ❖ Estrazione serie temporali misure (stazioni ARPA OSMER)
- ❖ Estrazione serie temporali corrispondenti dalle simulazioni
- ❖ Combinazione delle serie estratte

- ❖ **Confronto misure/simulazioni puntuali** (test statistici e plot *serie temporali*)
- ❖ **Confronto misure/simulazioni su aree** (test statistici e plot *distribuzioni*)

- ❖ Archiviazione plot e file con informazioni statistiche



Inizializzazione della suite NAUSICA_ver

elenco_confronti.csv

```
0;AA020701;20150701;20150730;costa;AA=zona costiera FVG;NAUSICA_run ECMWF con noah e SST;YY=02=NAUSICA_run con condizioni al contorno ECMWF con noah e SST;run07;ZZ=07=numero progressivo di run;tutti i test;WW=01=test su tutte le var e sull area; luglio 15
```

Flag attivazione

Date di inizio e fine del periodo da verificare

Codice famiglia: **XXYYZZWW**

XX=luogo (area o stz)

YY=simulazione (run WRF produzione input)

ZZ=num progressivo del test

WW=tipo confronto (analisi su serie temp. e/o distrib.)



Prodotti della suite NAUSICA_ver

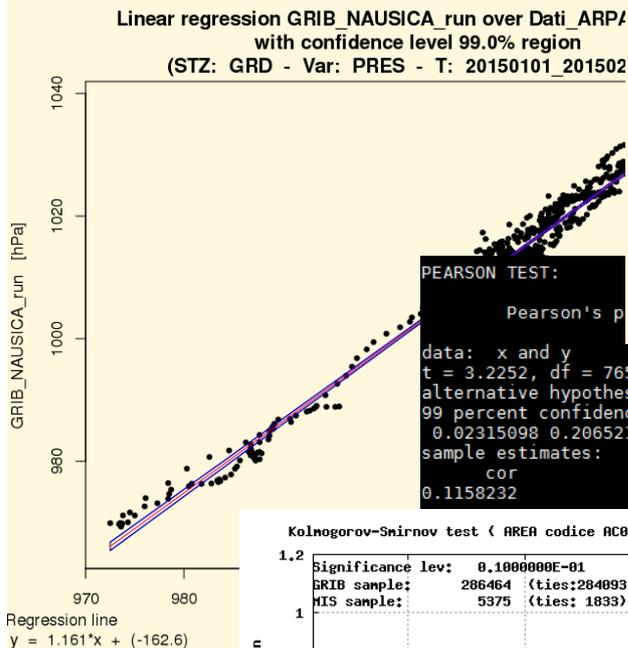
TEST STATISTICI confronto misure/simulazioni

Confronto **SERIE TEMPORALI** nei punti di STZ:

- Informazioni statistiche (medie, mediane, percentili (1°,5°,75°,99°), valori massimi e minimi, bias, coef. di Pearson, Kendall e Spearman)
- Regressioni lineari
- Istogrammi
- Diagrammi di Taylor
- Test di Kolmogorov-Smirnov
- Spettro di potenza

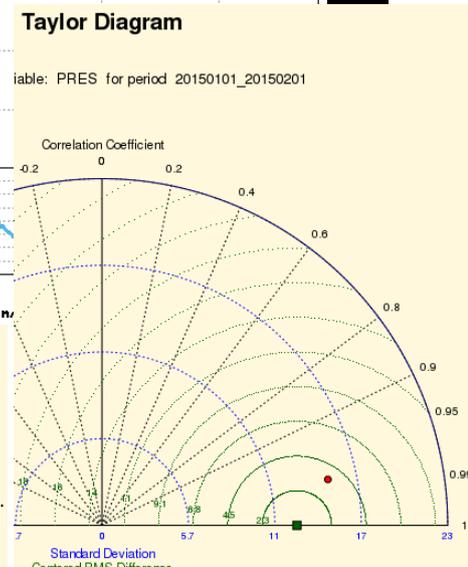
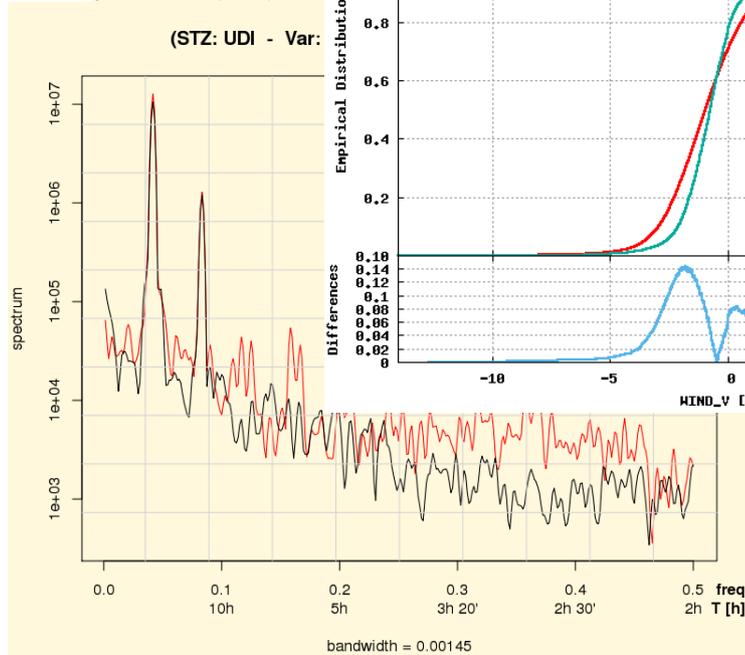
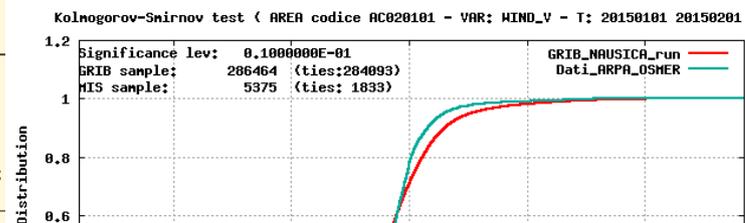
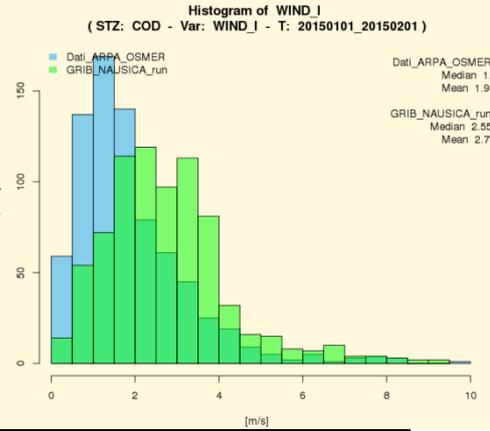
Confronto **DISTRIBUZIONI** su AREA:

- Informazioni statistiche (medie, mediane, percentili (1°,5°,75°,99°), valori massimi e minimi, bias, test di ipotesi Wilcoxon)
- Test di Kolmogorov-Smirnov



```

PEARSON TEST:
Pearson's p
data: x and y
t = 3.2252, df = 765, p-value = 0.001312
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
99 percent confidence interval:
 0.02315098 0.20652193
sample estimates:
      cor
0.1158232
  
```



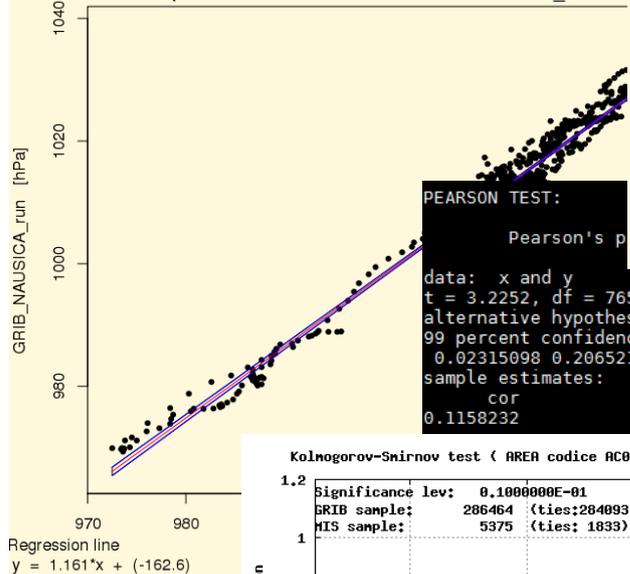


Prodotti della suite NAUSICA_ver

Variabili

- **PREC:** pioggia totale oraria [mm/h]
- **HUMI:** umidità relativa [%]
- **TEMP:** temperatura dell'aria a 180 cm di altezza [K] o [C]
- **PRES:** pressione dell'aria a livello di stazione [hPa]
- **WIND_U** e **WIND_V:** componenti u e v della velocità del vento a 10 m di altezza [m/s]
- **WIND_I:** intensità del vento a 10 m di altezza [m/s]
- **RADT:** radiazione solare nel visibile [W/m*2]

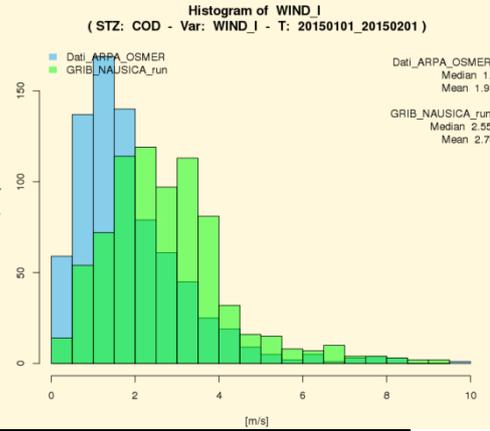
Linear regression GRIB_NAUSICA_run over Dati_ARPA with confidence level 99.0% region (STZ: GRD - Var: PRES - T: 20150101_201502)



```

PEARSON TEST:
Pearson's p
data: x and y
t = 3.2252, df = 765, p-value = 0.001312
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
99 percent confidence interval:
 0.02315098 0.20652193
sample estimates:
      cor
0.1158232

```

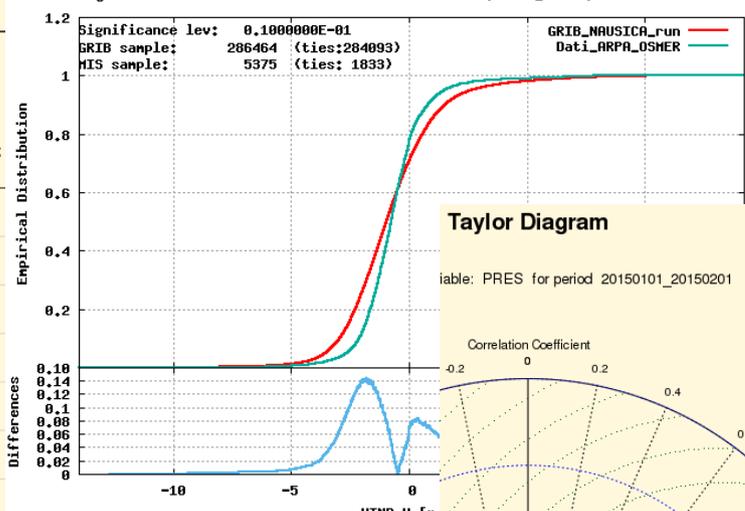


```

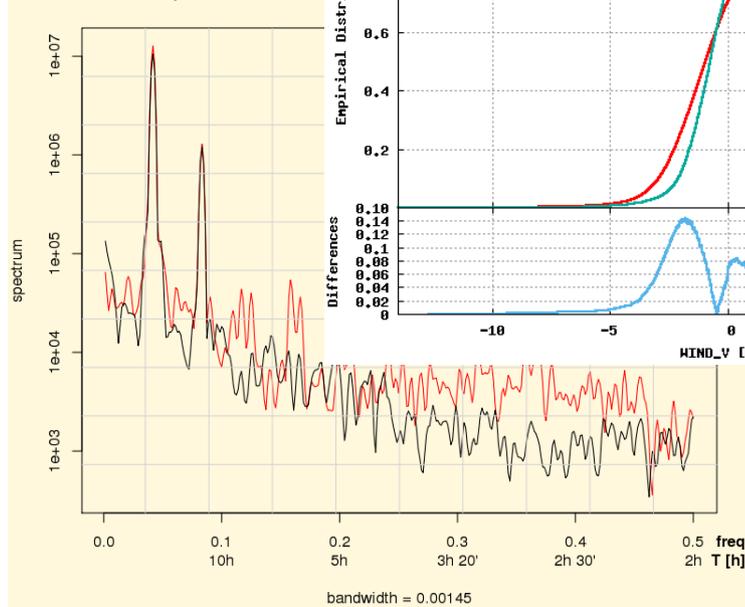
Dati_ARPA_OSHER:
  Median: 1.6
   Mean: 1.934
GRIB_NAUSICA_run:
  Median: 2.556
   Mean: 2.749

```

Kolmogorov-Smirnov test (AREA codice AC020101 - VAR: WIND_V - T: 20150101_20150201)

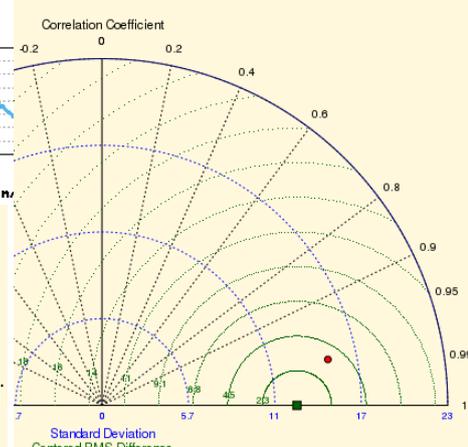


(STZ: UDI - Var:)



Taylor Diagram

table: PRES for period 20150101_20150201



Prodotti della suite NAUSICA_ver

43 Stazioni e 6 aree meteorologicamente omogenee

- zona di **COSTA** (cod AA):
H sul livello del mare 0-5.4 m
stz contenute 5
- zona di **BASSA PIANURA** (cod AB):
H sul livello del mare 0-148 m
stz contenute 3
- zona di **MEDIA PIANURA** (cod AC):
H sul livello del mare 5.1-214 m
stz contenute 7
- zona di **ALTA PIANURA** (cod AD):
H sul livello del mare 8.3-327 m
stz contenute 9
- zona di **MONTAGNA** (cod AE):
H sul livello del mare 33-2121 m
stz contenute 13
- zona **ALPI** (cod AF):
H sul livello del mare 610-2145 m
stz contenute 5
- Stz SGONICO (cod AI)





Prodotti della suite NAUSICA_ver

➤ DIMENSIONI:

- **plot.png + plot.ps + stat.txt**

Δb (1 anno in confronti mensili, 6aree+43stz,8 var) \approx **5 Gb**

Δb (17 anni,6aree+43stz,8 var) \approx **87 Gb**

- **stat.txt**

Δb (43stz+ 6aree 1 anno) \approx 3.4 Mb

Δb (43stz+ 6aree 17 anni) \approx 57.1 Mb

Zona	Dimensioni (1 mese, 8 variabili)
COSTA e stazioni	58 Mb
BASSA PIANURA e stazioni	32 Mb
MEDIA PIANURA e stazioni	78 Mb
ALTA PIANURA e stazioni	98 Mb
MONTAGNA e stazioni	96 Mb
ALPI e stazioni	55 Mb
Stazione Sgonico	9.4 Mb
TOTALE	426.4 Mb

➤ TEMPI analisi (job-array, CDO,..):

Δt (1 anno) \approx **6 gg** di run

Δt (17 anni) \approx **100 gg** di run

TEMPI analisi (job-array, GRIB API,..):

Δt (1 anno) \approx **3 gg** di run

Δt (17 anni) \approx **50 gg** di run

➤ CONTROLLO DELLE ANALISI:

#NOME_STZ	NOME_VAR	DATA_I	DATA_F	FILE_COMB_OUT	RIGHE LETTE	RIGHE ATTESE
Boa	HUMI	20150701	20150730	/lustre/arpa/goglioa/scratch/ver_run/AA020701_20150701_20150730/tabella_comb_BOA_HUMI.tab	719	719
Boa	PREC	20150701	20150730	/lustre/arpa/goglioa/scratch/ver_run/AA020701_20150701_20150730/tabella_comb_BOA_PREC.tab	0	719
Boa	PRES	20150701	20150730	/lustre/arpa/goglioa/scratch/ver_run/AA020701_20150701_20150730/tabella_comb_BOA_PRES.tab	719	719



INDICE della presentazione

1. Introduzione:

- obiettivi e motivazioni
- modello WRF e altri strumenti
- metodo di lavoro
- risorse di calcolo disponibili

2. Parametri del run:

- scalabilità del modello
- definizione del dominio regionale
- parametri di WRF e UPP:
 - grandezze cumulate
 - modello di suolo
 - aggiornamento SST e campi associati
- necessità di assimilazione misure nel modello

3. Suite NAUSICA_run e NAUSICA_pp:

- compiti e schema
- descrizione prodotti

4. Suite WRF_ana_post:

- compiti e schema
- descrizione prodotti

5. Suite NAUSICA_ver :

- compiti e schema
- descrizione prodotti

6. Risultati:

- prodotti disponibili:
 - netCDF
 - GRIB
- analisi eseguite

7. Produzioni e sviluppi futuri

1) wrfout.netCDF attualmente disponibili

Output dei run del modello meteorologico WRF (NAUSICA_run)

➤ CARATTERISTICHE:

- 3 domini innestati (d03 2° estensione)
 - $\Delta s=50\text{km}, 10\text{km}, 2\text{km}$
 - $\Delta t=6\text{h}, 3\text{h}, 1\text{h}$
- Noah land surface model
- Aggiornamento SST ogni 6h
- Senza limite per le grandezze cumulate

➤ CONDIZIONI AL CONTORNO E RESTART:

- Cond. al bordo *ana-ECMWF* e *ana-sfc-ECMWF* (lette ogni 6h)
- **Inizializzazione 1° gennaio (di ogni anno)**

➤ PERIODO SIMULATO:

- 2015 completo
- 2016 Gen-Feb-Mar

➤ DIMENSIONI TOT:

- $\Delta b \approx 2 \text{ Tb}$

➤ CODICE DI PRODUZIONE/ARCHIVIAZIONE:

- 1390FA01D0_YYYY

2) FARM.GRIB attualmente disponibili

Post-elaborazione dei wrfout.netCDF (WRF_ana_post)
utilizzati come input per la catena **F-AIR**

➤ CARATTERISTICHE:

- GRIB sui *livelli isobarici*
- 4 file_d01.GRIB, 8 file_d02.GRIB, 24 file_d03.GRIB \forall giorno (analisi)
- 121 file_d03.GRIB \forall giorno (previsioni)

➤ PERIODO POST-ELABORATO:

- **2015 completo** (da netCDF NAUSICA_run)
- **2016 primo trimestre** (da netCDF NAUSICA_run)
- **2016 primo semestre** (da netCDF catena operativa) +
 - 2016 5-10 Gen (da netCDF NAUSICA_run)
 - 2016 13-16 Mag (da netCDF NAUSICA_run)

➤ DIMENSIONI TOT:

- $\Delta b \approx 0.24 \text{ Tb}$ (da analisi) + 0.74 Tb (da previsioni) \approx **0.98 Tb**

➤ CONTROLLO DELLA PRODUZIONE (plot.png):

- Plot max-min delle var u10,v10,T2,RH,CP,LSP,P0,TP \forall mese \forall dom
- Plot max-min delle var u10,v10,T2,RH,CP,LSP,P0,TP \forall trimestre \forall dom
- Plot max-min delle var u10,v10,T2,RH,CP,LSP,P0,TP \forall anno completo \forall dom

3) CRMA.GRIB attualmente disponibili

Post-elaborazione dei wrfout.netCDF (NAUSICA_pp)
utilizzati come input per la suite di analisi NAUSICA_ver

➤ **CARATTERISTICHE:**

- GRIB sui *livelli isobarici*
- GRIB sui *livelli del modello*
- 4 file_d01.GRIB, 8 file_d02.GRIB, 24 file_d03.GRIB \forall giorno ($\Delta t \forall$ file=6h,3h,1h)

➤ **PERIODO POST-ELABORATO:**

- 2015 Mag-Giu-Lug-Ago 1-15

➤ **DIMENSIONI TOT:**

- $\Delta b \approx$ **64 Gb**

4) info_stat.txt attualmente disponibili

File contenenti le informazioni statistiche relative al confronto tra misure e output del modello (NAUSICA_ver)

➤ CONTENUTO:

- **Confronto serie temporali** (1 file \forall stazione, **43 stz**):
medie, mediane, percentili (1°, 5°, 75°, 99°), valori massimi e minimi, bias, coef. di Pearson, Kendall e Spearman, info reg lineare, test di Kolmogorov-smirnov
- **Confronto distribuzioni** (1 file \forall area, **6 aree**):
medie, mediane, percentili (1°, 5°, 75°, 99°), valori massimi e minimi, bias, test di Kolmogorov-smirnov

➤ PERIODO ANALIZZATO:

- 2015 Lug-Ago 1-15

➤ DIMENSIONI TOT:

- $\Delta b \approx 0.31$ Mb

➤ CODICE DI PRODUZIONE/ARCHIVIAZIONE:

- **XXYYZZWW** (XX=cod area, YY=run WRF, ZZ=n°run, WW=tipo confronto)

5) plot.png e plot.ps attualmente disponibili (Lin_reg, Taylor, Kol_smn, Spettro)

Plot test statistici relativi al confronto tra misure e output del modello (NAUSICA_ver)

➤ PLOT DISPONIBILI:

- **Confronto serie temporali** (12 file \forall stazione \forall estensione):
Regressioni lineari, istogrammi, diagrammi di Taylor,
test di Kolmogorov-Smirnov, spettri
- **Confronto distribuzioni** (1 file \forall area \forall estensione):
test di Kolmogorov-Smirnov

➤ PERIODO ANALIZZATO:

- 2015 Lug-Ago 1-15

➤ DIMENSIONI TOT:

- Δb (43stz) ≈ 0.64 Gb

➤ CODICE DI PRODUZIONE/ARCHIVIAZIONE:

- **XXYYZZWW** (XX=cod area, YY=run WRF, ZZ=n°run, WW=tipo confronto)

Valutazione della qualità delle simulazioni

tramite analisi dei test di Kolmogorov-Smirnov relativi al confronto misure/simulazioni delle distribuzioni sulle aree per luglio 2015

✓ **Accordo soddisfacente tra modello e misure per tutte le variabili analizzate**

Discrepanze osservate:

➤ **Umidità:**

- sovrastima valori bassi (da $\approx 60\%$ sulla costa a $\approx 25\%$ nell'area montana)
- in alcuni casi sottostima dei valori alti
- **prevede una distribuzione piccata mentre le misure ne hanno una piatta** (particolarmente evidente nelle zone di pianura)

➤ **Pressione:**

- sovrastima in tutte le aree (fino a ≈ 5 hPa)

➤ **Venti:**

- **sovrastima sistematica** di ≈ 1 m/s su tutte le aree

➤ **Temperatura:**

- **sottostima delle alte temperature** ($\approx 20\%$, Tmax inferiore a quella misurata fino a $\approx 5^\circ$ nell'area di alta pianura)
- andamento discontinuo della curva in alcune aree (soprattutto media pianura) perché area contenente zone con comportamenti meteorologici differenti

➤ **Radiazione (onda corta):**

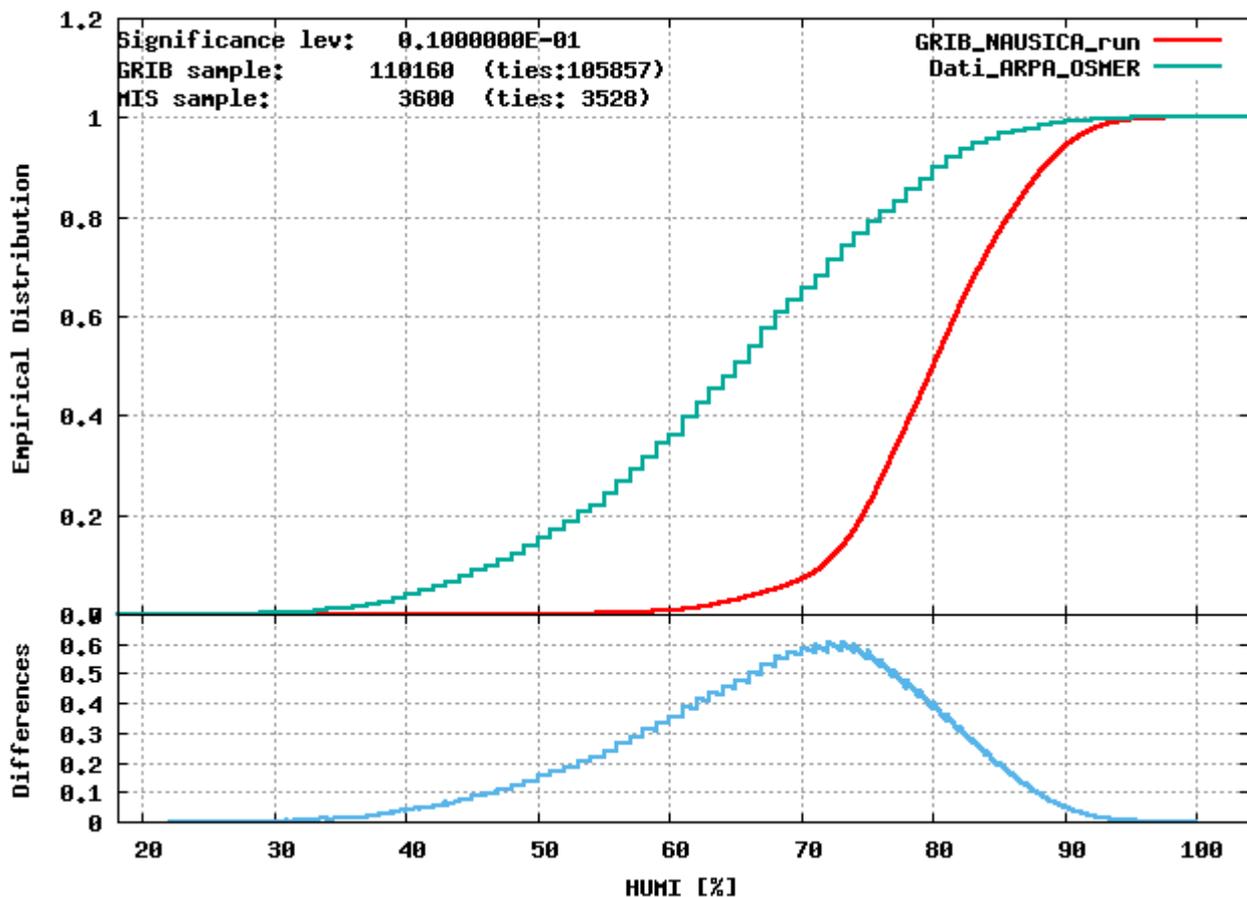
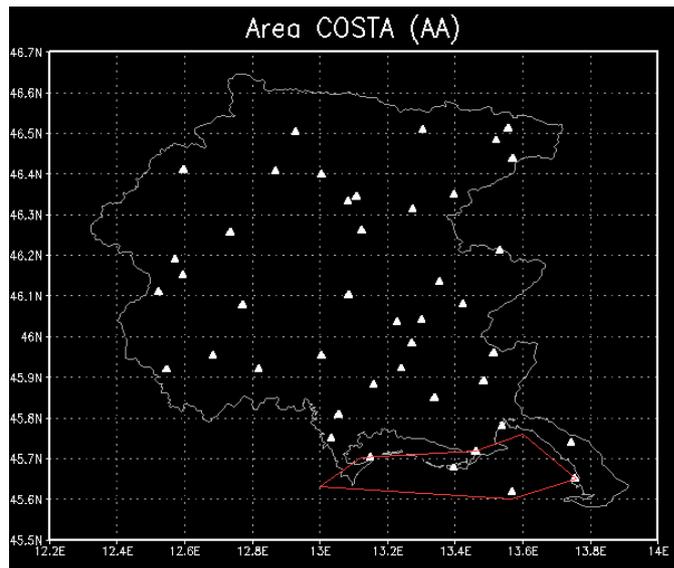
- sovrastima delle alte intensità (comunque sempre inferiore a $\approx 10\%$)

Confronto qualitativo distribuzioni sulle aree per luglio 2015

➤ Umidità:

- sovrastima valori bassi (da $\approx 60\%$ sulla costa a $\approx 25\%$ nell'area montana)
- in alcuni casi sottostima dei valori alti (di ampiezza inferiore a quella relativa ai valori bassi)
- **prevede una distribuzione piccata mentre le misure ne hanno una piatta** (particolarmente evidente nelle zone di pianura)

Kolmogorov-Smirnov test (codice AREA:AA020701 - VAR: HUMI - T: 20150701 20150730)

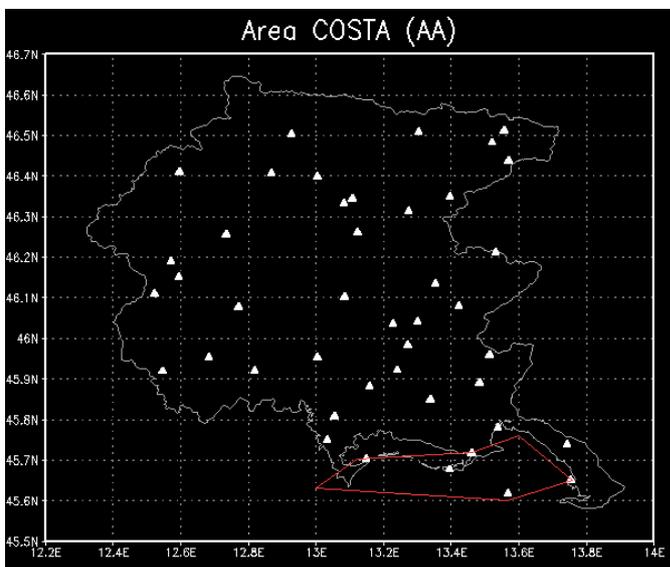
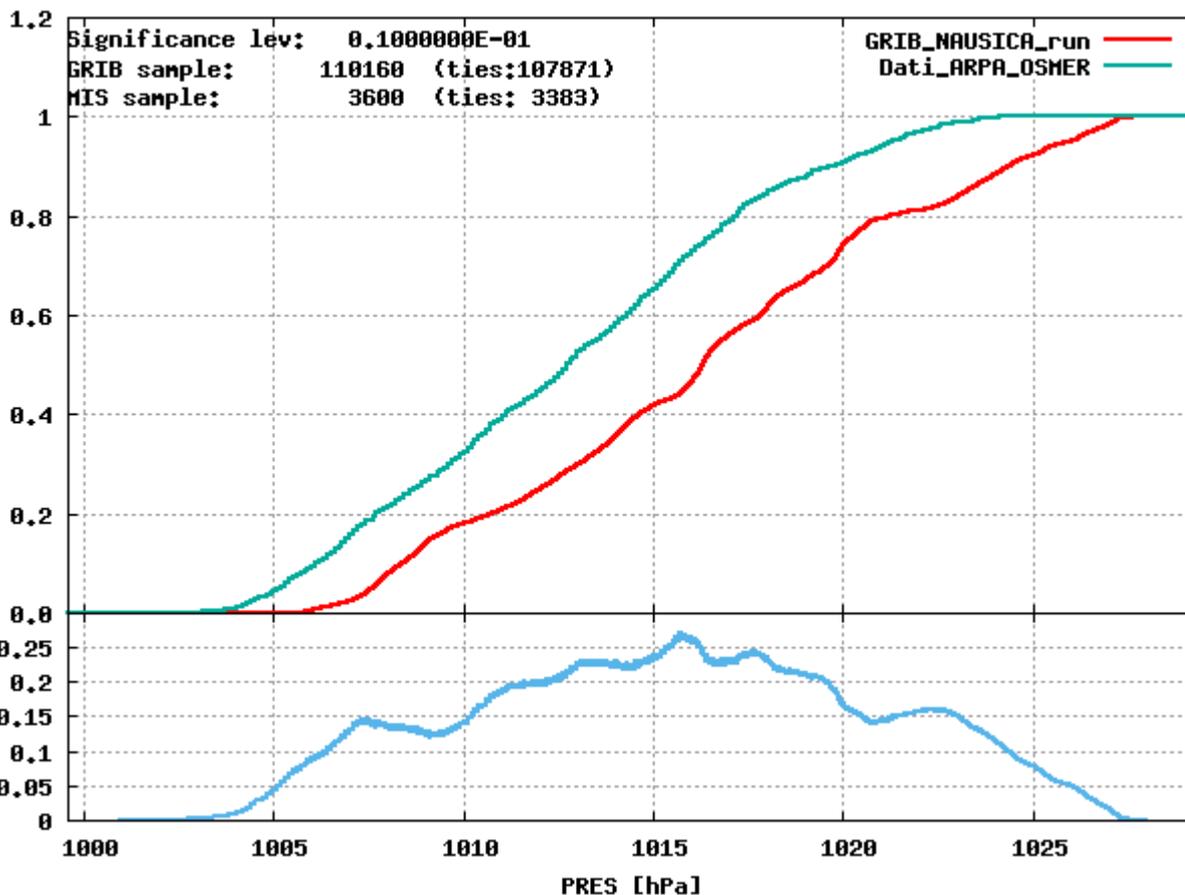


Confronto qualitativo distribuzioni sulle aree per luglio 2015

➤ Pressione:

- sovrastima in tutte le aree (≈ 3 hPa sulla pianura, ≈ 5 hPa nelle zone montane)

Kolmogorov-Smirnov test (codice AREA:AA020701 - VAR: PRES - T: 20150701 20150730)

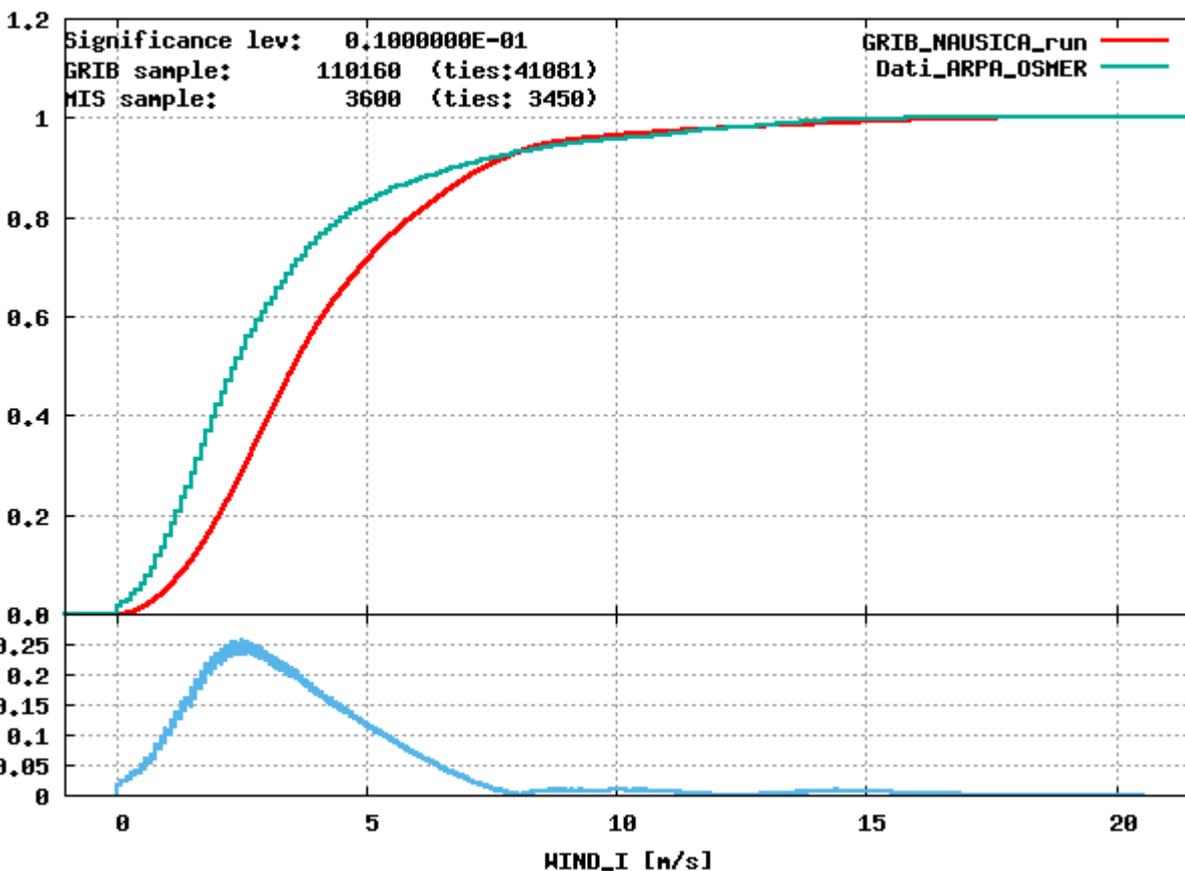


Confronto qualitativo distribuzioni sulle aree per luglio 2015

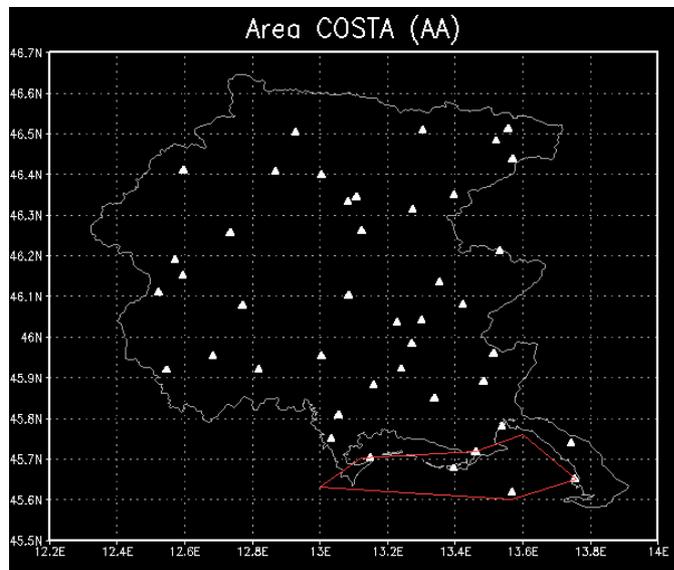
➤ **Venti:**

- sovrastima sistematica di ≈ 1 m/s su tutte le aree

Kolmogorov-Smirnov test (AREA codice AA020701 - VAR: WIND_I - T: 20150701 20150730)



Area COSTA (AA)

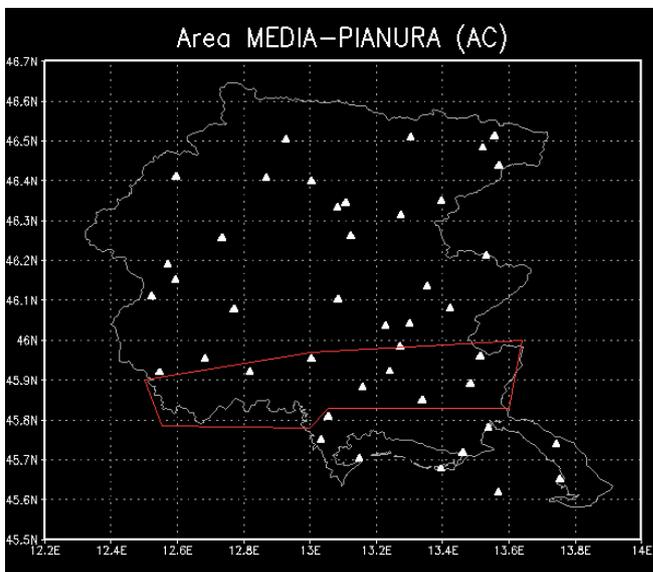
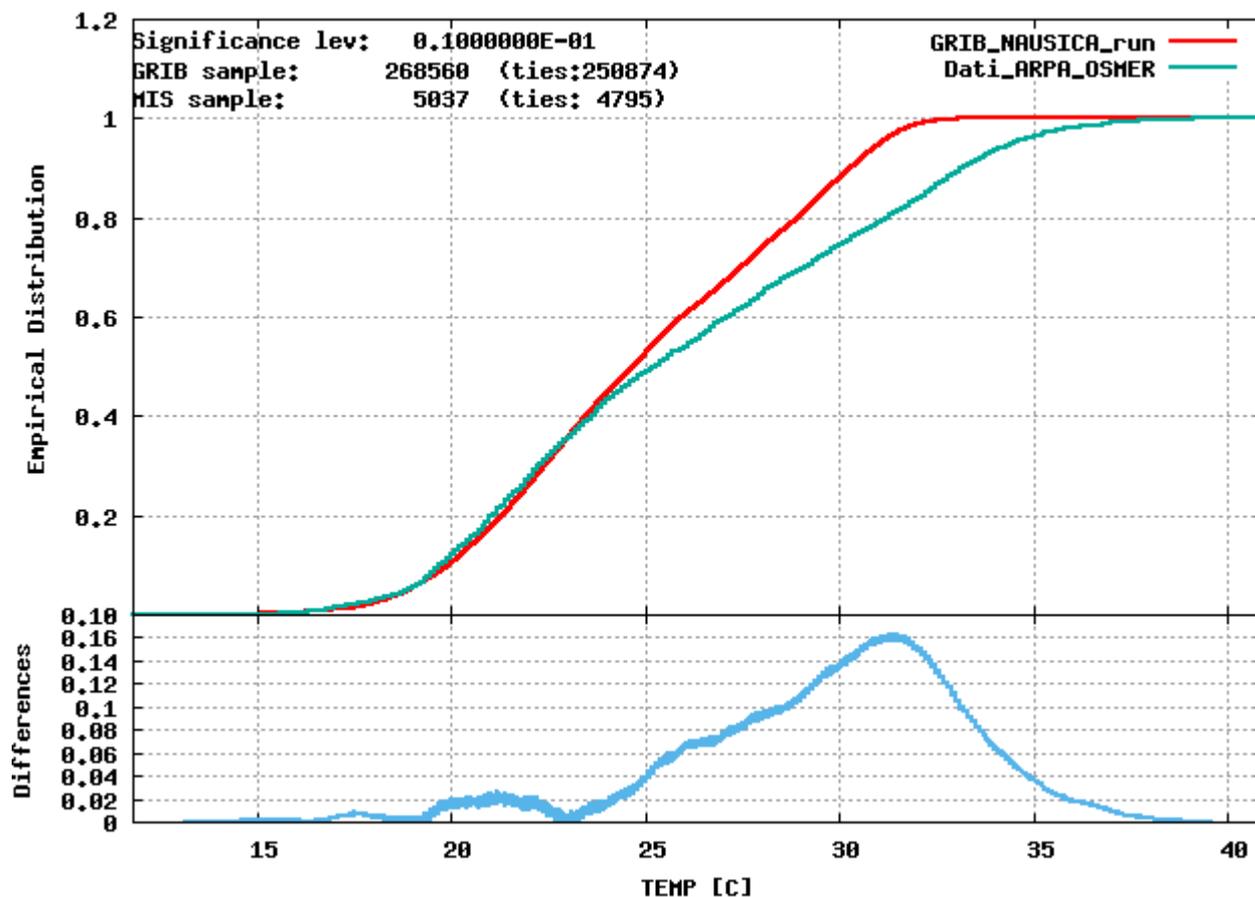


Confronto qualitativo distribuzioni sulle aree per luglio 2015

➤ Temperatura:

- sottostima delle alte temperature ($\approx 20\%$, Tmax inferiore a quella misurata fino a $\approx 5^\circ$ nell'area di alta pianura)
- andamento discontinuo nella curva in alcune aree (soprattutto media pianura) che indica che si sta considerando un'area contenente zone con comportamenti meteorologici differenti

Kolmogorov-Smirnov test (codice AREA:AC020701 - VAR: TEMP - T: 20150701 20150730)

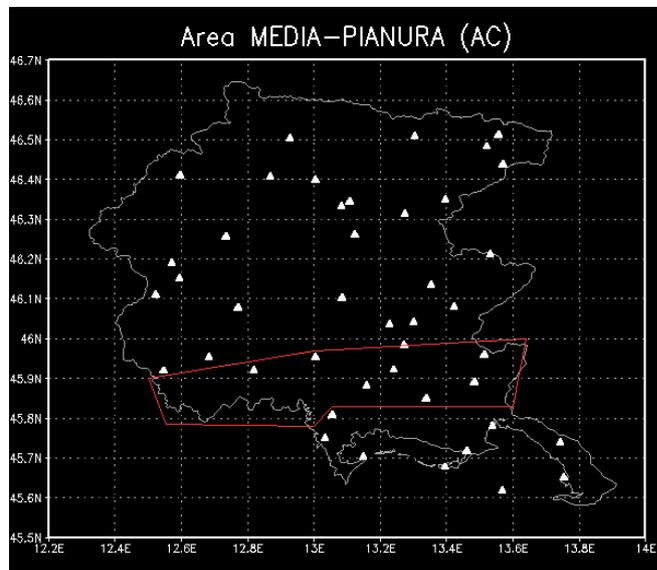
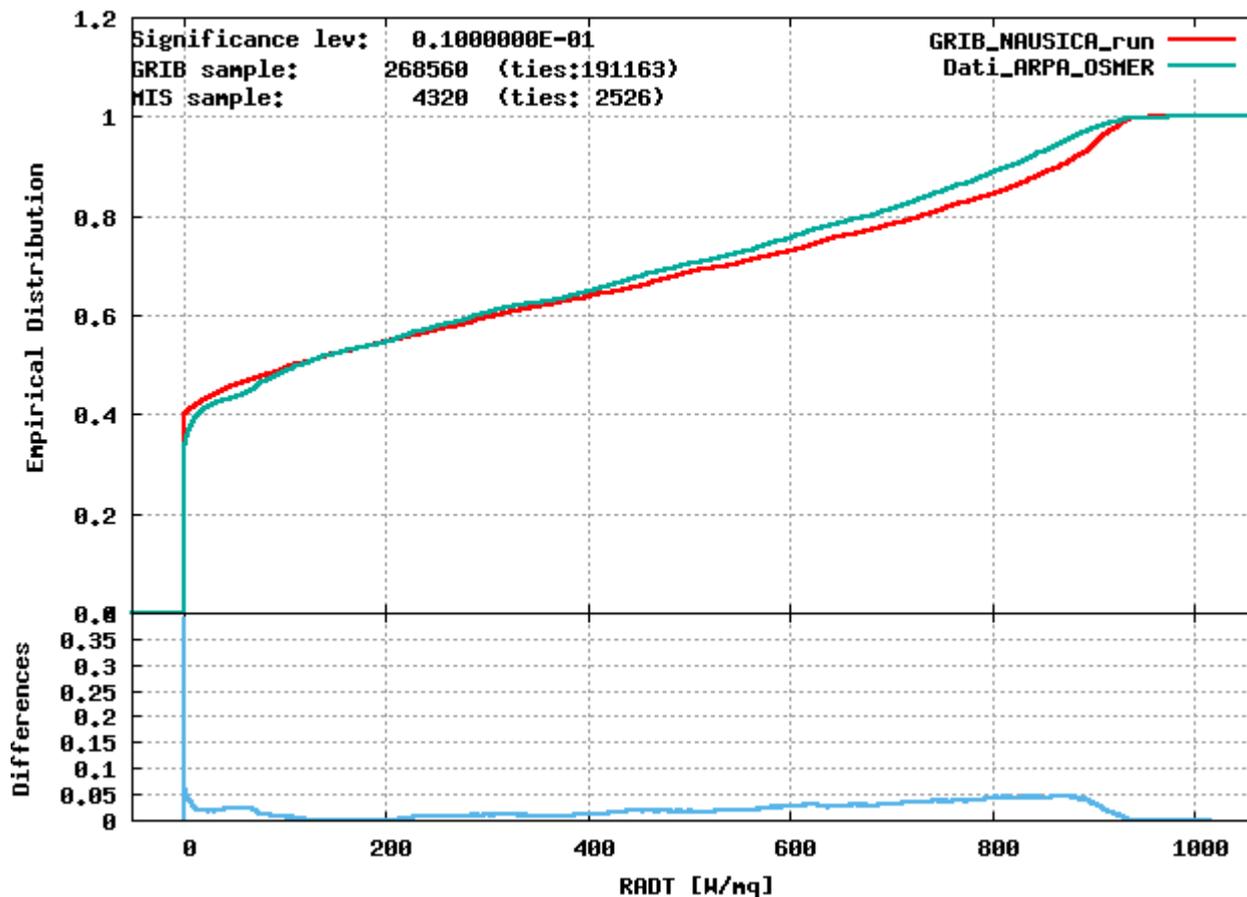


Confronto qualitativo distribuzioni sulle aree per luglio 2015

➤ Radiazione (onda corta):

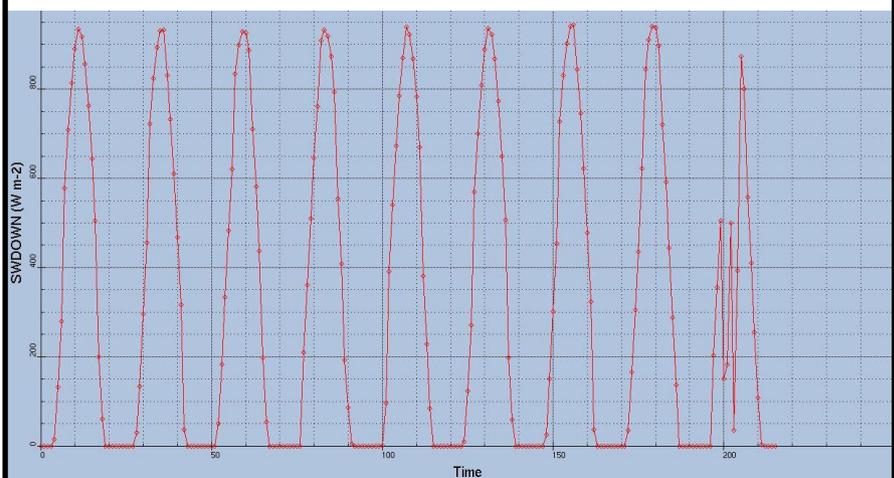
- sovrastima delle alte intensità (comunque sempre inferiore a $\approx 10\%$)

Kolmogorov-Smirnov test (codice AREA:AC020701 - VAR: RADT - T: 20150701 20150730)

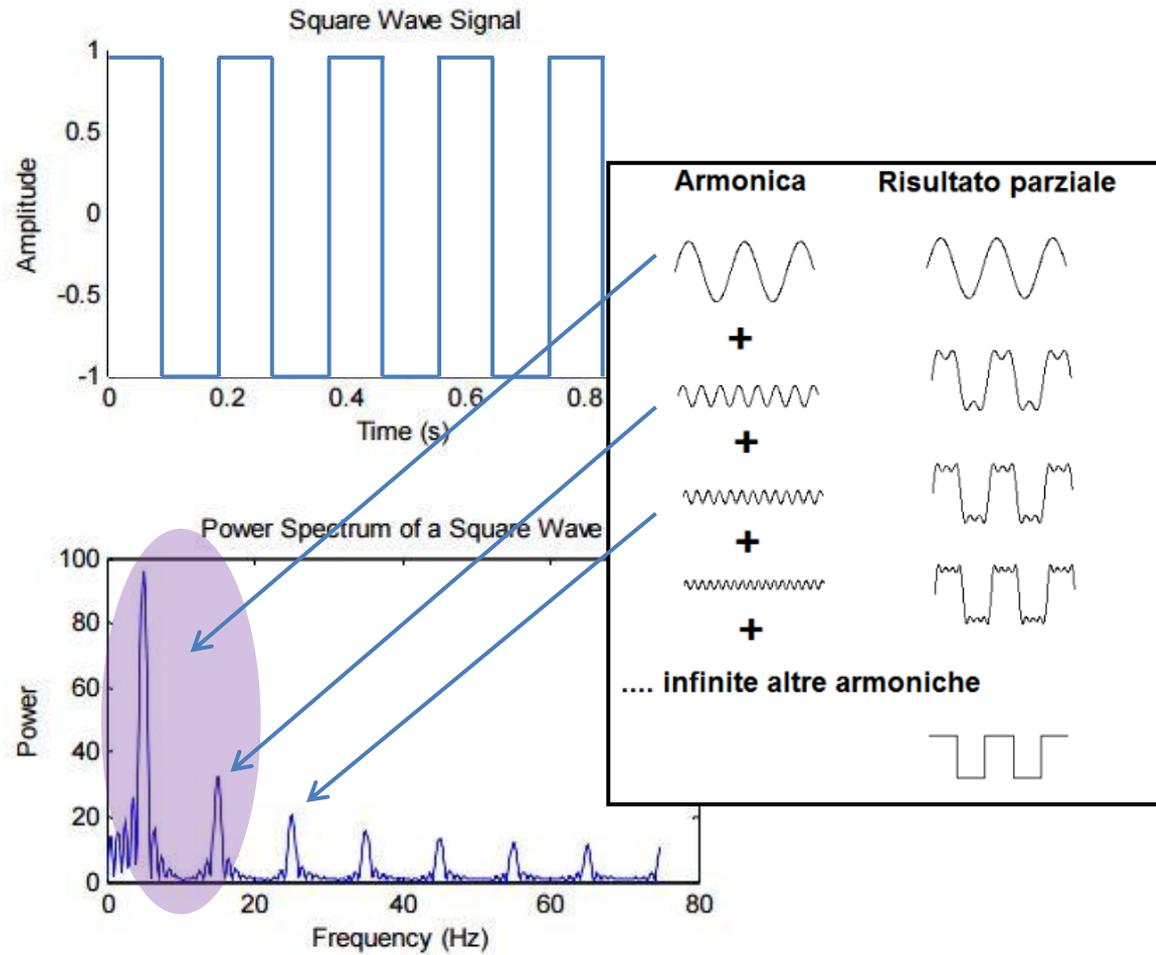
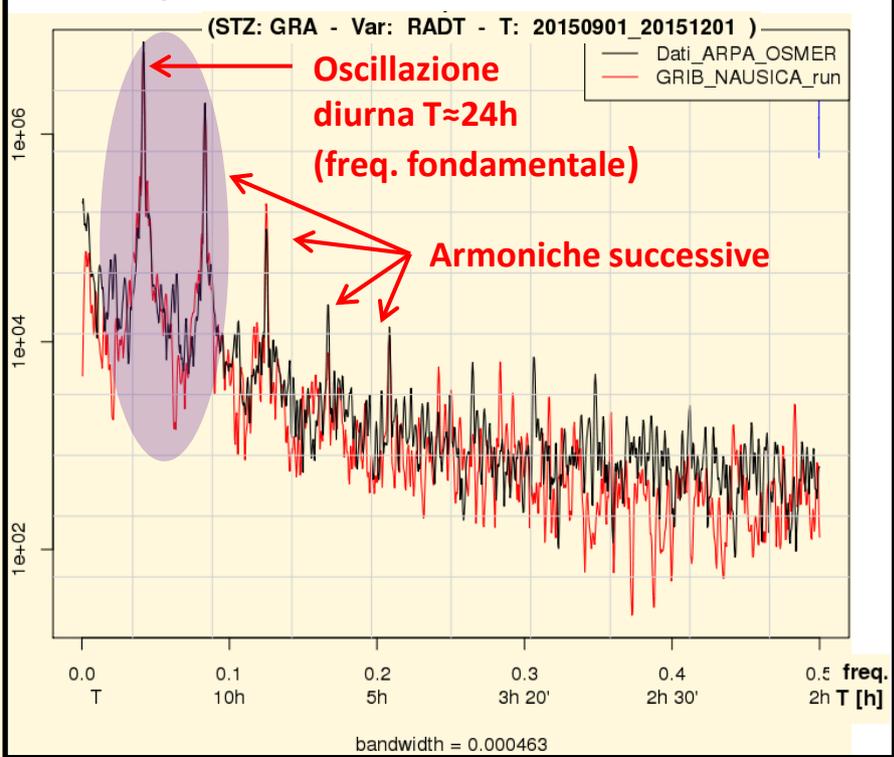


Analisi di Fourier dello spettro di potenza della radiazione visibile

Forma d'onda della radiazione visibile

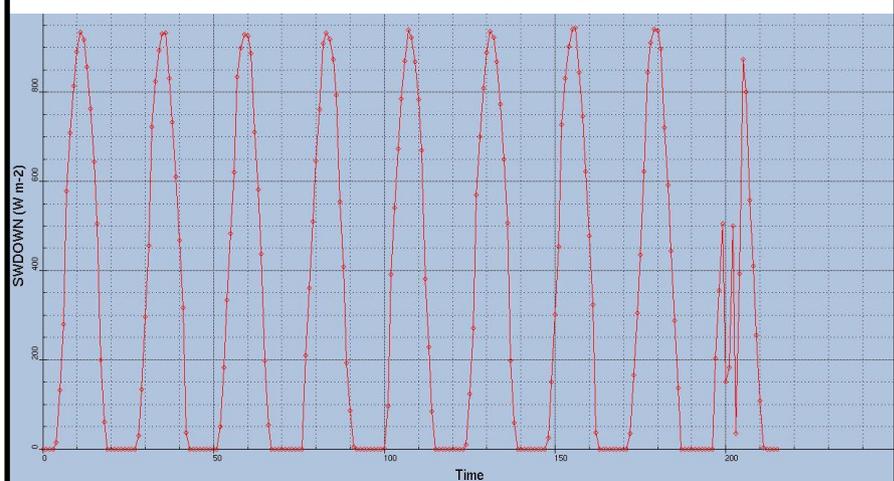


Spettro della radiazione visibile [W/mq]

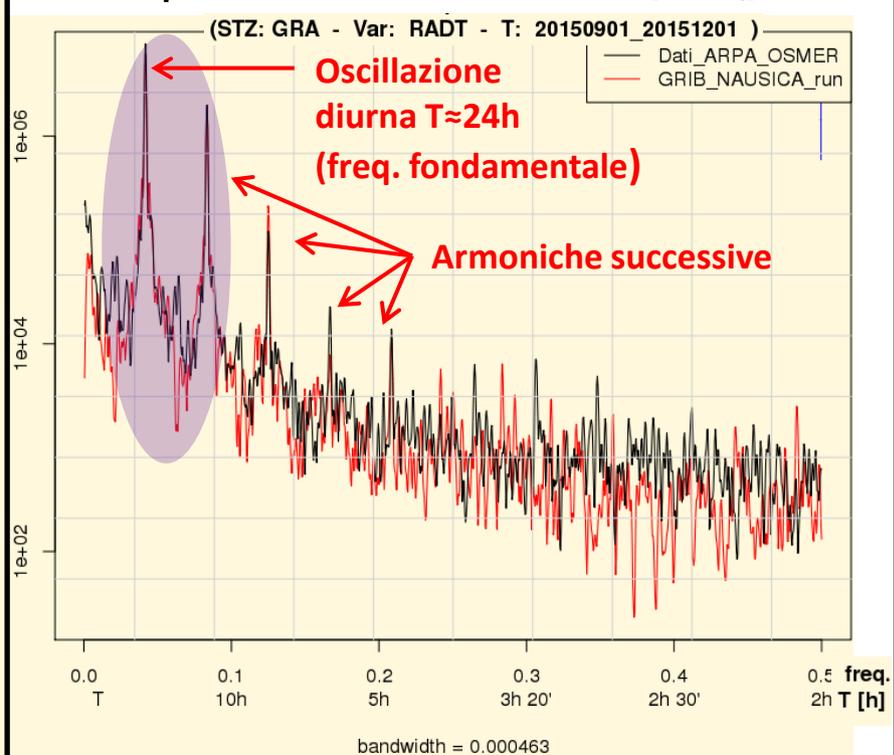


Analisi di Fourier dello spettro di potenza della radiazione visibile

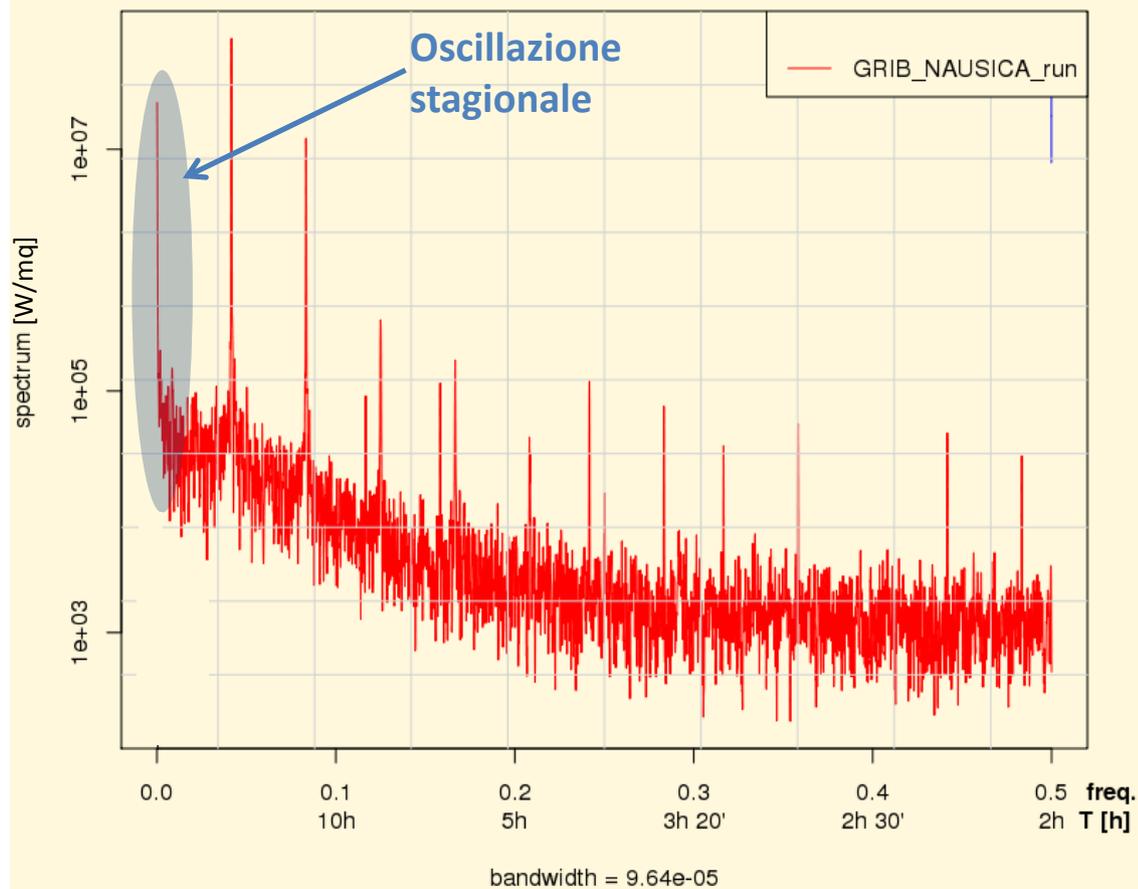
Forma d'onda della radiazione visibile



Spettro della radiazione visibile [W/mq]



Spectrum
(STZ: BOA - Var: RADT - T: 20150101_20160331)





INDICE della presentazione

1. Introduzione:

- obiettivi e motivazioni
- modello WRF e altri strumenti
- metodo di lavoro
- risorse di calcolo disponibili

2. Parametri del run:

- scalabilità del modello
- definizione del dominio regionale
- parametri di WRF e UPP:
 - grandezze cumulate
 - modello di suolo
 - aggiornamento SST e campi associati
- necessità di assimilazione misure nel modello

3. Suite NAUSICA_run e NAUSICA_pp:

- compiti e schema
- descrizione prodotti

4. Suite WRF_ana_post:

- compiti e schema
- descrizione prodotti

5. Suite NAUSICA_ver :

- compiti e schema
- descrizione prodotti

6. Risultati:

- prodotti disponibili:
 - netCDF
 - GRIB
- analisi eseguite

7. Produzioni e sviluppi futuri



Da produrre...

- ❖ Completare la produzione di **netCDF** per i 17 anni (2000-2016) - **NAUSICA_run**
 - ❖ Produrre i **GRIB** associati ai netCDF - **WRF_ana_post** e **NAUSICA_pp**
 - ❖ Analizzare la qualità dei GRIB prodotti - **NAUSICA_ver**

Da aggiungere/modificare...

- ❖ Sostituire CDO con **GRIB API** - **NAUSICA_ver** e **NAUSICA_run**
- ❖ Assimilare dati nel modello WRF tramite **GSI** - **NAUSICA_run**
 - ❖ Aumentare il numero di stazioni dell'analisi - **NAUSICA_ver**
 - ❖ Affinare la divisione delle aree di analisi - **NAUSICA_ver**
- ❖ Ottimizzare altri parametri WRF per run annuali - **NAUSICA_run**