MUR
Ministero dell'Università e della Ricerca

PROGRAMMA NAZIONALE PER LA RICERCA
2015 – 2020

RAFAEL
System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

ENEA
Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

TELECOM ITALIA · U-SERIES · GEO-K · YLICHRON · Tointech · GORI · Nuvap · HIMET · anas · UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA · FERARIAE UNIVERSITAS 13 91 EX LABORE FRUCTUS · MEDIS DIH Distretto Meccatronico Regionale e Digital Innovation Hub della Puglia · CONSORZIO UNIVERSITARIO DI ECONOMIA INDUSTRIALE E MANAGERIALE CUEIM · UNIVERSITÀ CAMPUS BIO-MEDICO DI ROMA · INGV · G&A ENGINEERING Research Center · e-distribuzione

Un sistema di nowcasting nell'area di Messina e Catania

Giovanni Cinque

Direttore generale HIMET S.r.l.

HIMET

Roma, 25 novembre 2021

RAFAEL

System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

OR2: Sistemi avanzati per la previsione di hazards

- A2.7 Analisi rischi meteo-dipendenti

Progettazione e sviluppo di un sistema di monitoraggio e nowcasting per eventi meteo severi e grandine da dati radar meteo sulle aree coperte dalla sperimentazione

Attività HIMET per RAFAEL

OR6: Sviluppo del sistema ICT per il trasferimento e il processing dell'informazione

- A6.1: Simulazioni HPC su specifici ambiti

Configurazione, installazione ed esercizio operativo di una versione ottimizzata del modello WRF nel centro HPC dell'ENEA a Portici

RAFAEL

System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

Cos'è un radar meteorologico

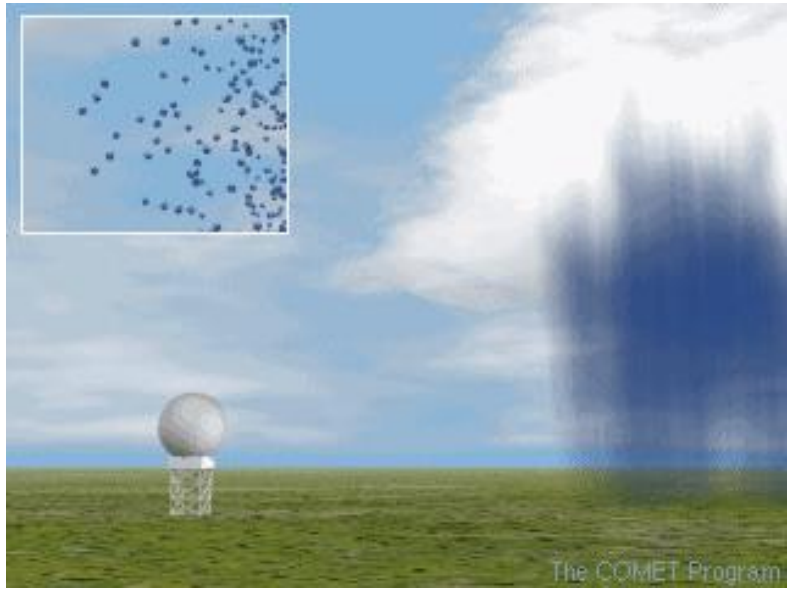
RADAR è l'acronimo di RAdio Detection And Ranging

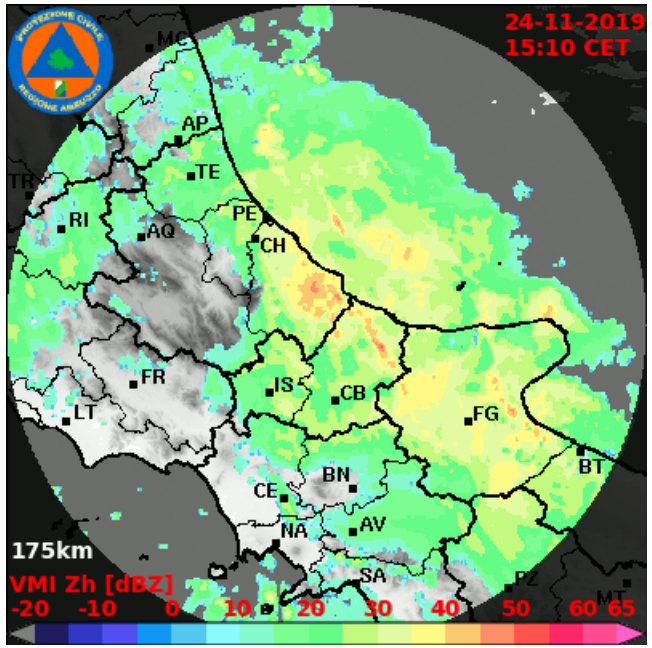
Permette di stimare in tempo reale:

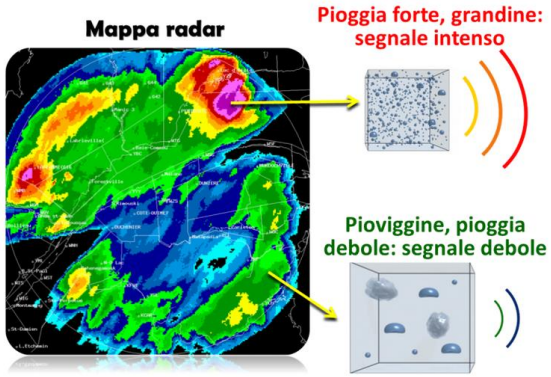
- l'intensità di precipitazione fino a circa 100 km dal sito
- il tipo di idrometeore, pioggia, neve, grandine (polarimetria)
- velocità e direzione di spostamento della perturbazione (doppler)

Inoltre, applicando opportuni algoritmi, permette:

- di fare una previsione su brevissimo periodo (nowcasting)







Parametro misurato: Riflettività Z (dBZ)

Parametro di interesse: Precipitazione SRI (mm/h)

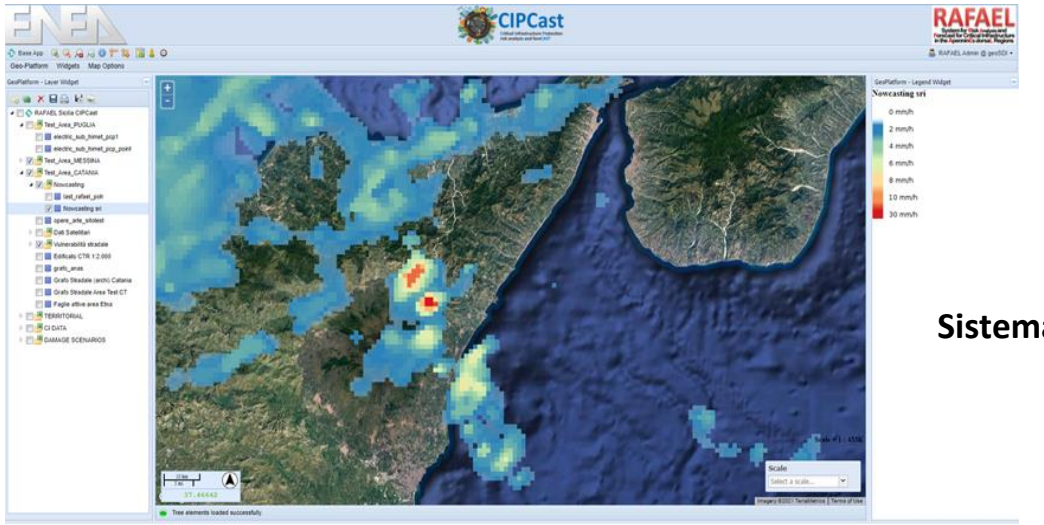
RAFAEL

System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

Dati radar nell'area critica di Messina e Catania

Controllo qualità del dato → Dati radar corretti → Sviluppo prodotti di interesse

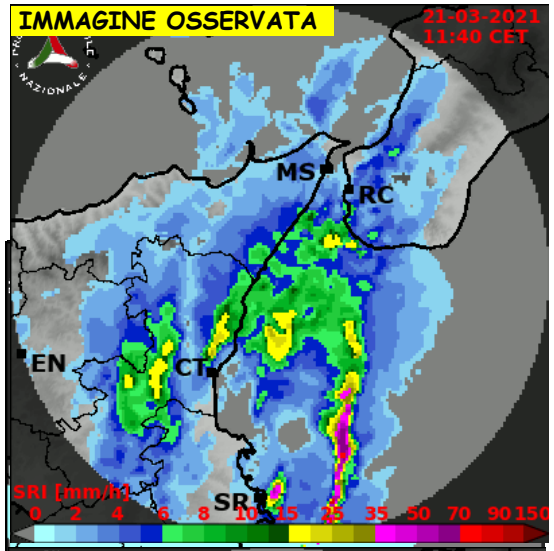
Catena di elaborazione e prodotti radar

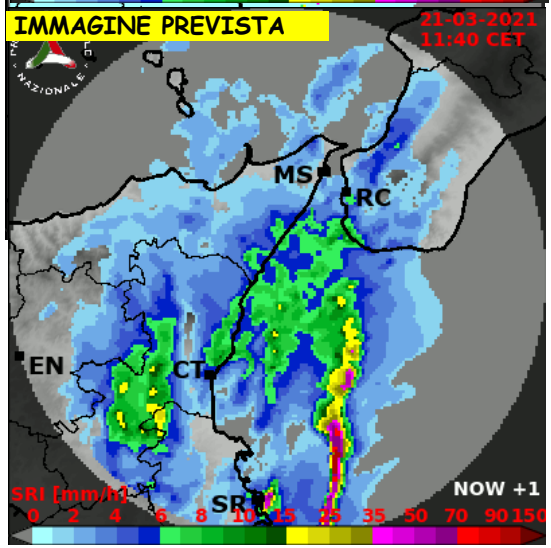


Sistema di Supporto alle Decisioni
CIPCast

RAFAEL

System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions





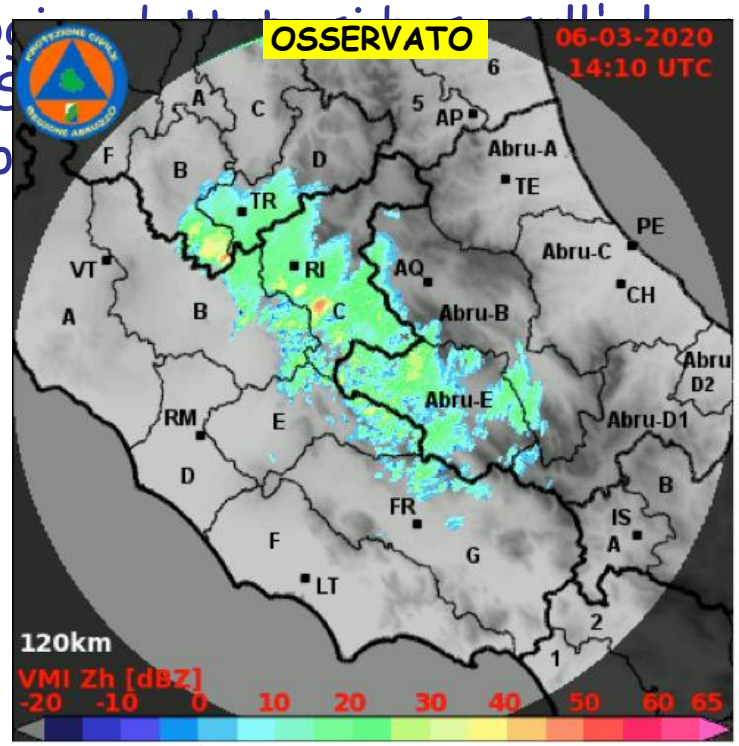
SIMBOLO E UNITA' DI MISURA	NOME PRODOTTO	BREVE DESCRIZIONE E UTILIZZO
VMI [dBZ] (Vertical Maximum Intensity)	Massimo della riflettività Z	Questo prodotto è utile per una rapida sorveglianza delle regioni di precipitazione convettiva e per una immediata localizzazione delle celle temporalesche
SRI [mm/h] (Surface Rainfall Intensity) **SRT [mm]** (Surface Rainfall Total)	Stima della precipitazione istantanea e cumulata a varie ore	Tali prodotti stimano le precipitazioni istantanee e cumulate, utili per emettere avvisi se la precipitazione in una determinata regione di sottobacino supera un valore di soglia
VIL [Kg/m^2] (Vertically Integrated Liquid) **VLD [g/m^3]** (VIL Density)	Contenuto d'acqua liquida integrato verticalmente tenendo conto e non della quota massima di misura	Questi prodotti sono legati al contenuto d'acqua su ogni colonna verticale del volume radar, essi sono utilizzati come indicatori per potenziali forti precipitazioni e grandinate
POH [%] (Probability Of Hail)	Probabilità di grandine	Il prodotto è mirato alla rilevazione della grandine, uno dei fenomeni meteorologici più pericolosi e dannosi
NOW [dBZ] o [mm/h] (Nowcasting)	Previsione a brevissimo tempo	Il prodotto è finalizzato alla previsione a breve termine del movimento delle precipitazioni, in particolare delle celle convettive responsabili dei fenomeni meteorologici più intensi

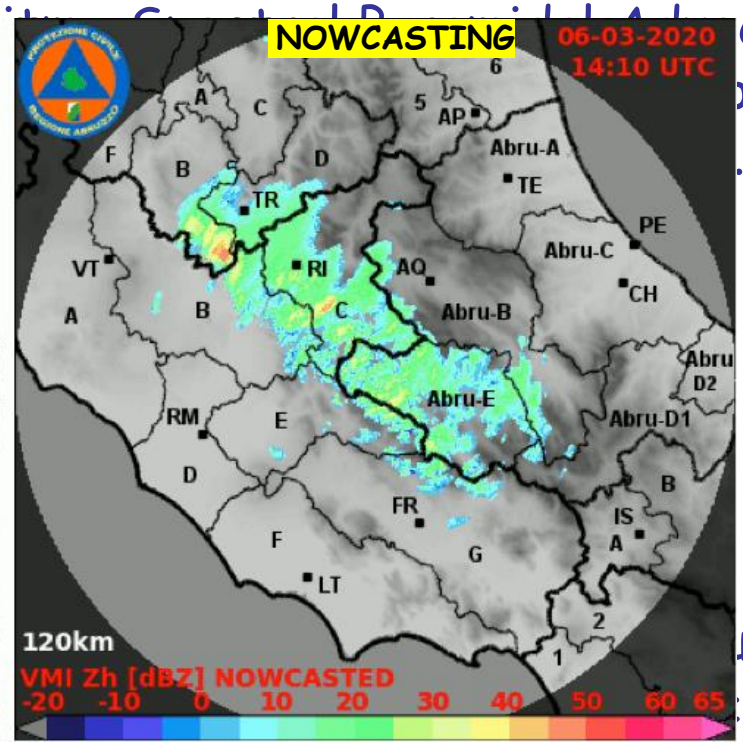
Prodotti radar sviluppati

RAFAEL

System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

La metodolog … ction Radar Estimator (S … pe di pioggia disponibili, p … .





Algoritmo di Nowcasting da radar

Il principio … ue mappe radar consecutive … olare il vettore di spostamento risultante.

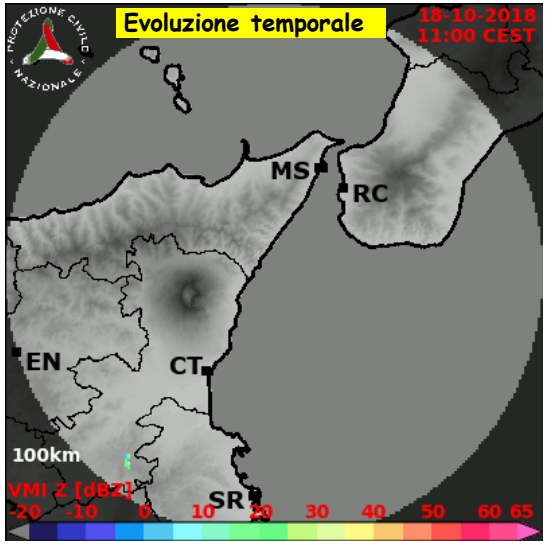
Montopoli M., F.S. Marzano, Picciotti E. and Vulpiani G. "Spatially-Adaptive Advection Radar Technique for Precipitation Mosaic Nowcasting", IEEE journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing, vol. 5, no. 3, pp. 874 884 June 2012

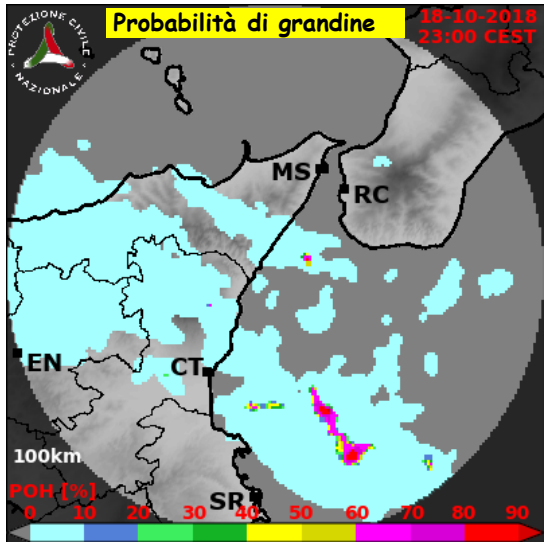
RAFAEL

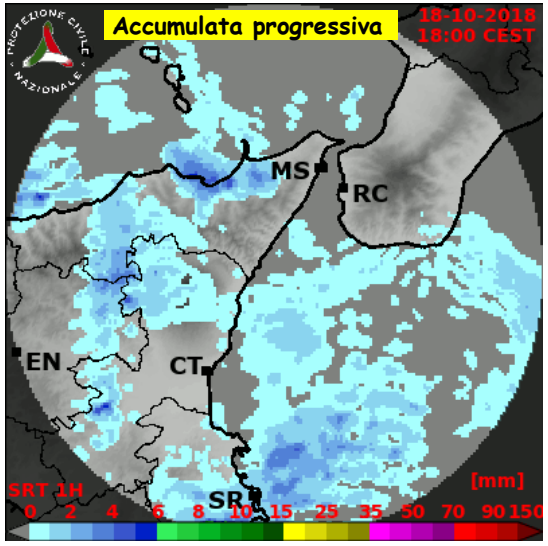
System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

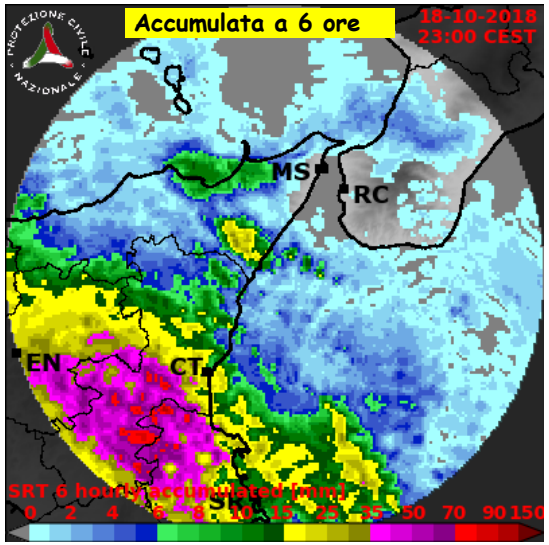
Dal pomeriggio del 18 ottobre 2018 e fino alla tarda mattinata del 19 una fase molto perturbata caratterizzata da correnti di Scirocco, ha iniziato a produrre linee temporalesche in risalita dallo Stretto di Sicilia e che hanno interessato progressivamente tutto il settore centro-orientale della Sicilia ed in particolare le provincie di Catania e Siracusa producendo prolungate piogge intense e fenomeni convettivi. È stata chiesto dalla Regione Sicilia lo stato di calamità naturale per i danni alle produzioni agricole e strutture.

18-19 ottobre 2018







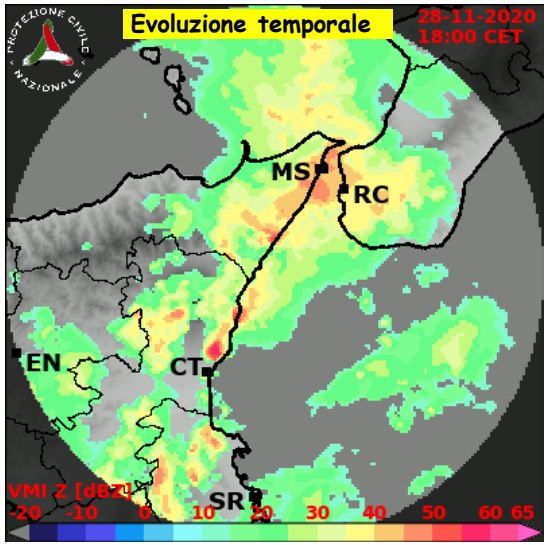


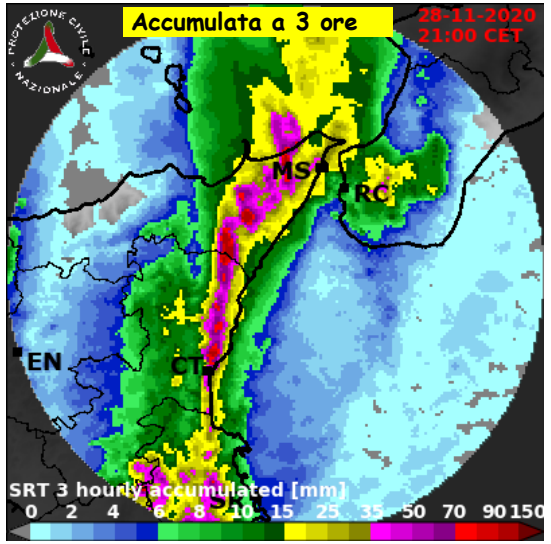
RAFAEL

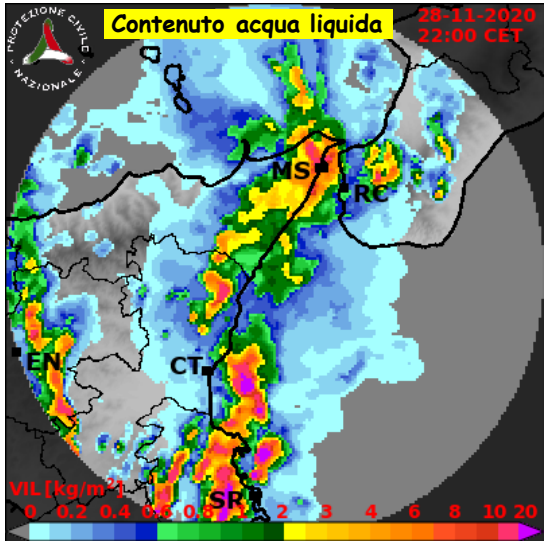
System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

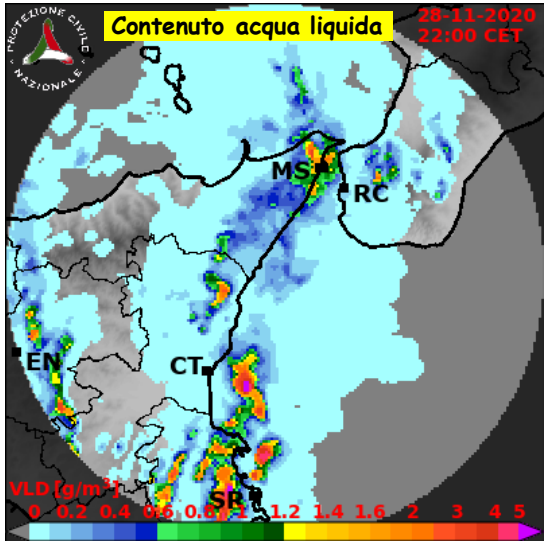
La settimana che dal 21 al 28 novembre 2020 è stata caratterizzata da molti fenomeni temporaleschi e forti piogge che hanno interessato a più riprese il palermitano ed il catanese.
Il fenomeno più intenso si è avuto la sera del 28 novembre, quando verso le 22:00 una tromba d'aria si abbattuta nei pressi sull'aeroporto di Catania dove il fenomeno vorticoso ha provocato alberi divelti, tetti scoperchiati, camion ribaltati e famiglie evacuate

28 novembre 2020









RAFAEL

System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

Peculiarità della grandine

- Di difficile previsione (prevedere con affidabilità zona ed ora esatte di una grandinata non è possibile)
- Un singolo evento può causare gravi danni economici (edifici, agricoltura, veicoli, persone,…)
- Cade su una superficie ristretta e con alta variabilità spaziale
- Brevissima durata, in media dura dai 5 ai 10 minuti
- I fenomeni più violenti nelle stagioni calde e di giorno
- Pochissime stazioni al suolo per la sua osservazione e misura quantitativa

Pescara, 10 luglio 2019

Bergamo, 2 giugno 2020

Mantova 3 agosto 2020

"Il lavoro di un intero anno andato perduto nelle aziende agricole e danni stimati per milioni di euro"

Caserta, 15 ottobre 2020

Texas, 23 maggio 2020

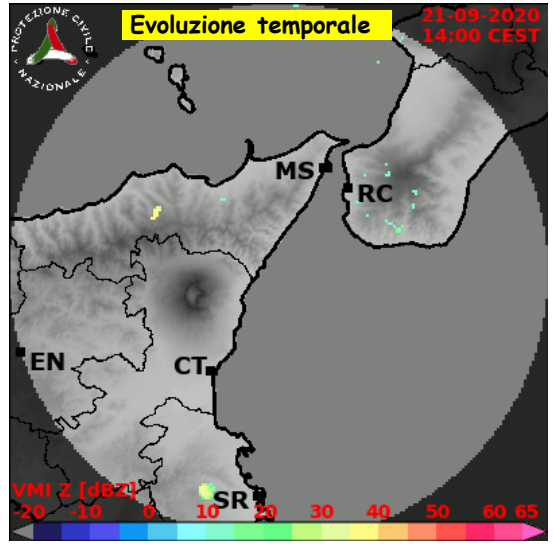
Francia, 13 agosto 2020

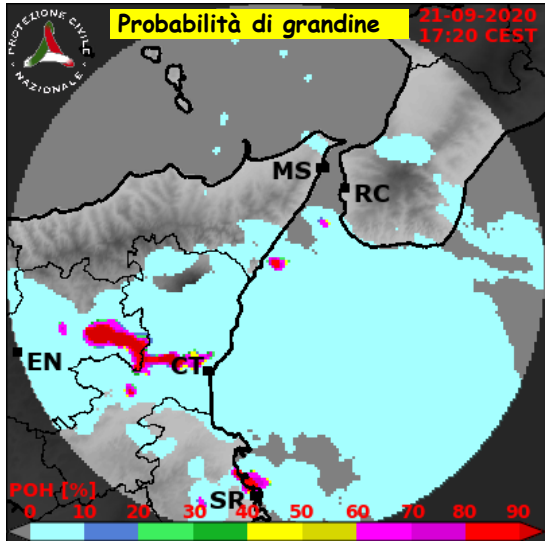
New York, 7 luglio 2020

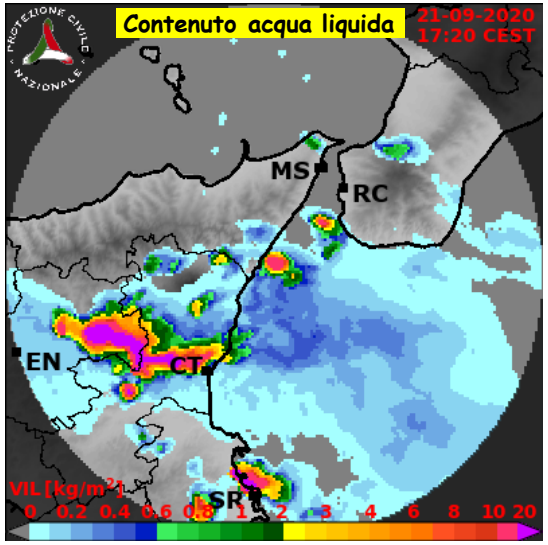
RAFAEL

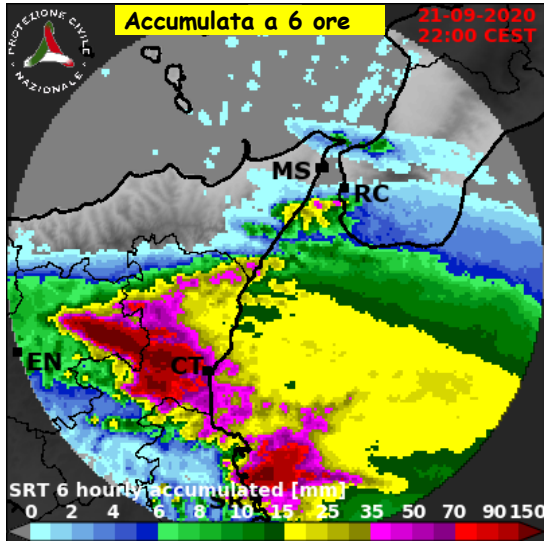
System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

Nel pomeriggio del 21 settembre sono state segnalate grandinate da più parti nella zona dell'arancia rossa di Sicilia dell'Etna con danni di discreta entità ai frutti in via di accrescimento. Nello stesso giorno, sempre al pomeriggio, su Catania si è abbattuto un violento ed improvviso temporale con un po' di grandine che ha creato disagi alla circolazione e ad alcuni residenti.









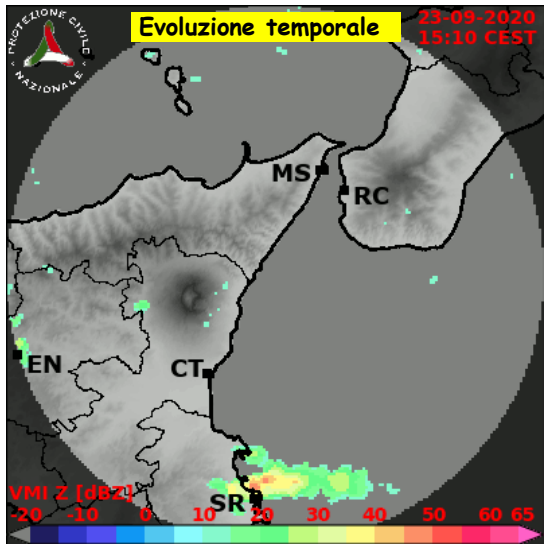
21 settembre 2020

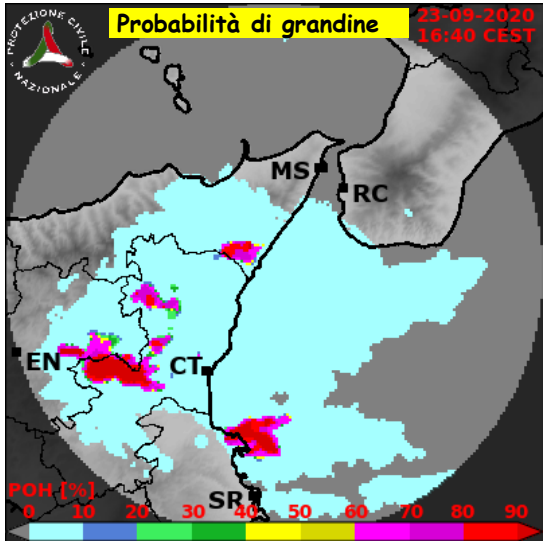
RAFAEL

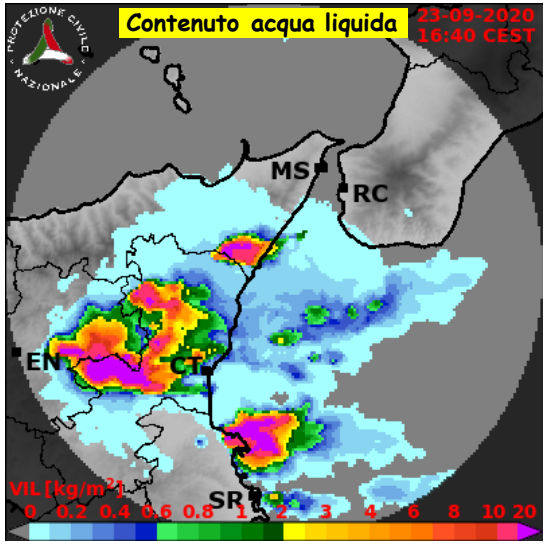
System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

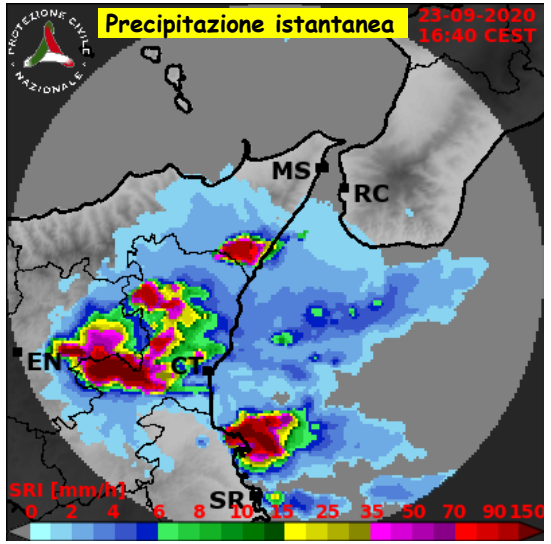
L'eccezionale grandinata del pomeriggio del 23 settembre, ha provocato danni gravissimi a pescheti ed uliveti in territori come quello di Leonforte, dove la produzione era prossima al raccolto. Danni anche alle autovetture, come accaduto a Castel di Iudica nell'entroterra catanese ed a Enna città dove sono caduti chicchi di grandine grandi come noci. A Catania, un violento temporale ha provocato alberi spezzati strade e scantinati allagati, persone rimaste bloccate sulle auto in panne e intonaci caduti, non sono state segnalate grandinate.

23 settembre 2020









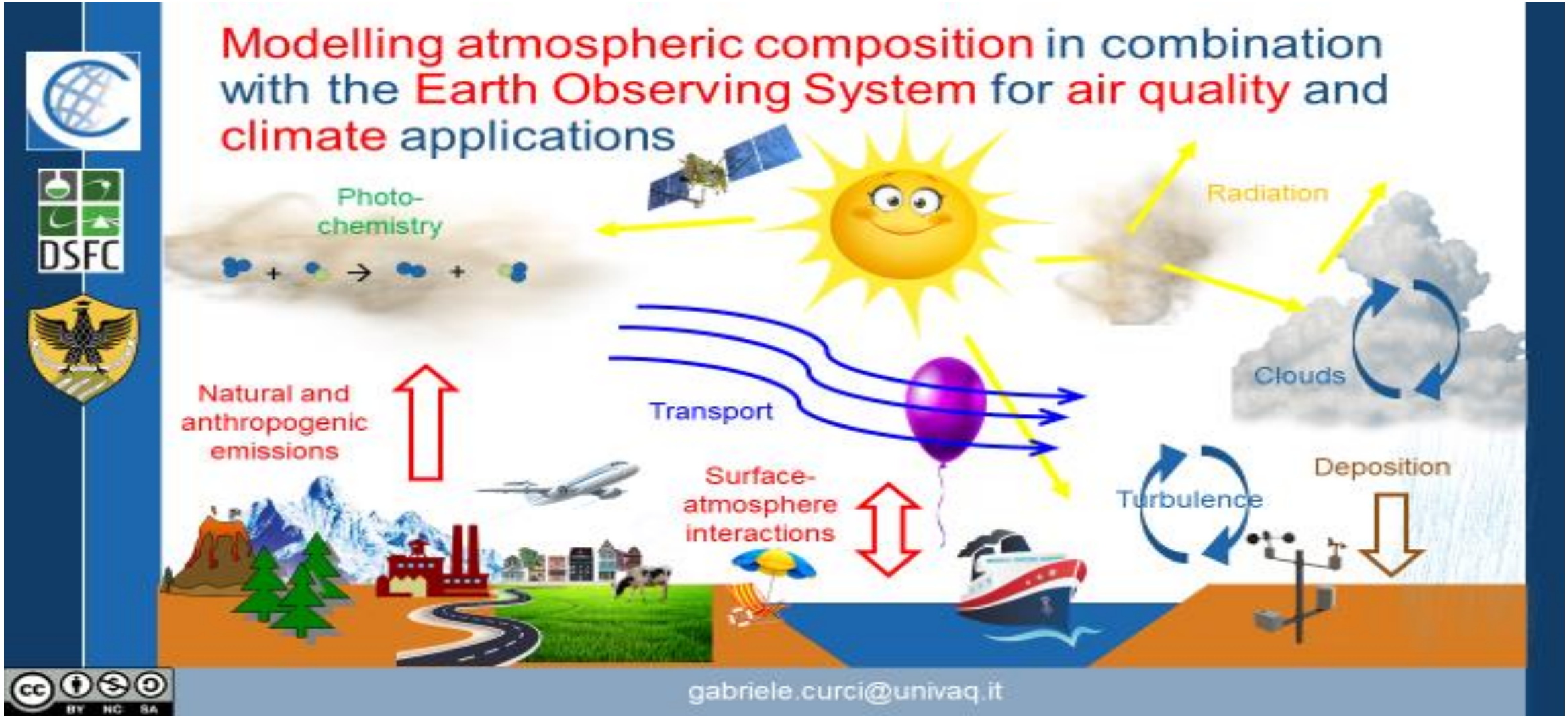
RAFAEL

System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

Modelli di impatto atmosferico: qualità dell'aria

RAFAEL

System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

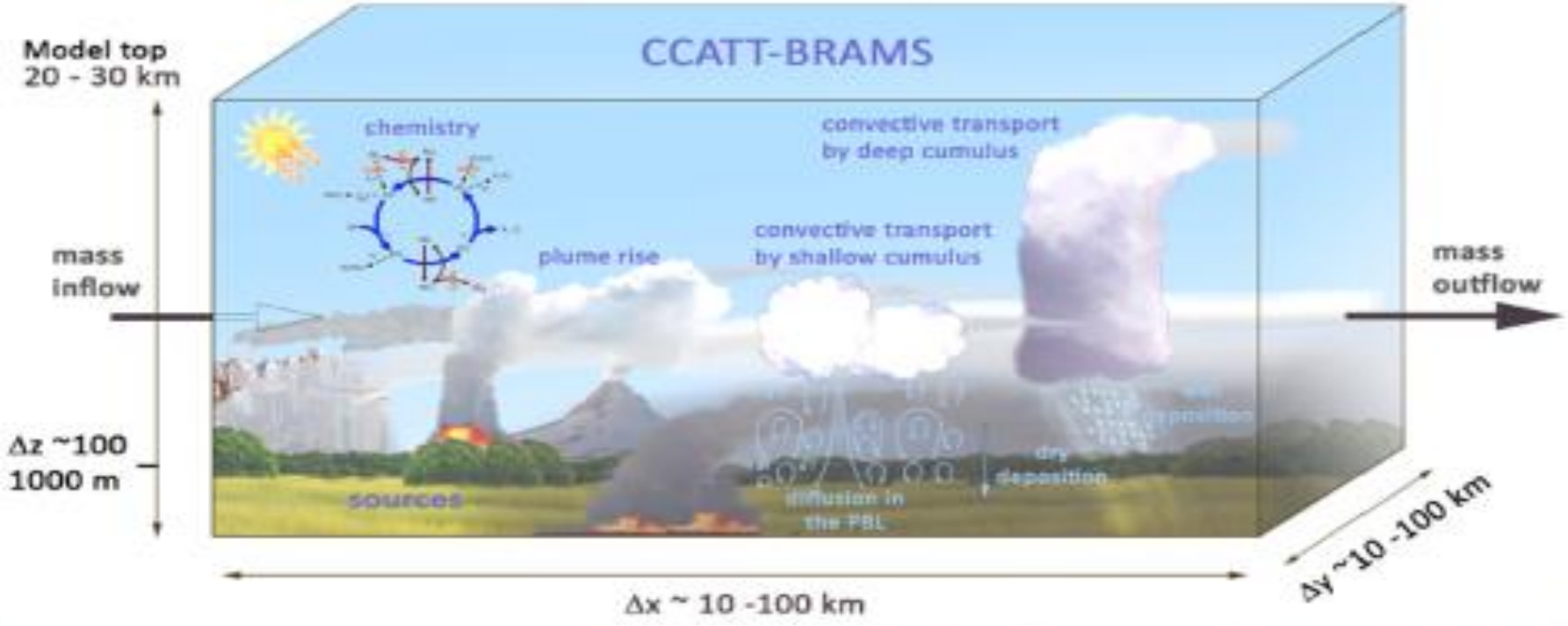


RAFAEL

System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

The problem is that many processes take place at scales smaller than those resolved by our «grid»

➔ **PARAMETERIZATIONS!**



gabriele.curci@univaq.it

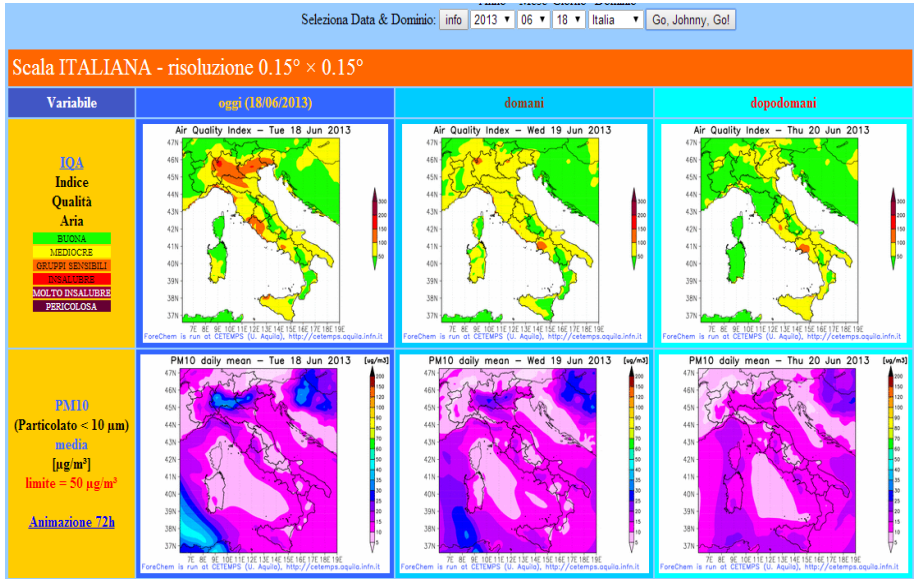
[Longo et al., GMD 2013]

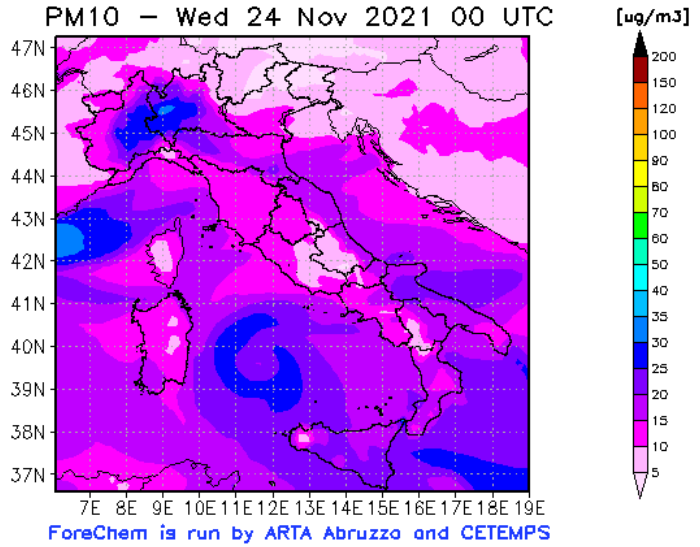
CC BY NC SA

RAFAEL

System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

Air quality or "chemical weather" forecast





Indice Qualità dell'aria

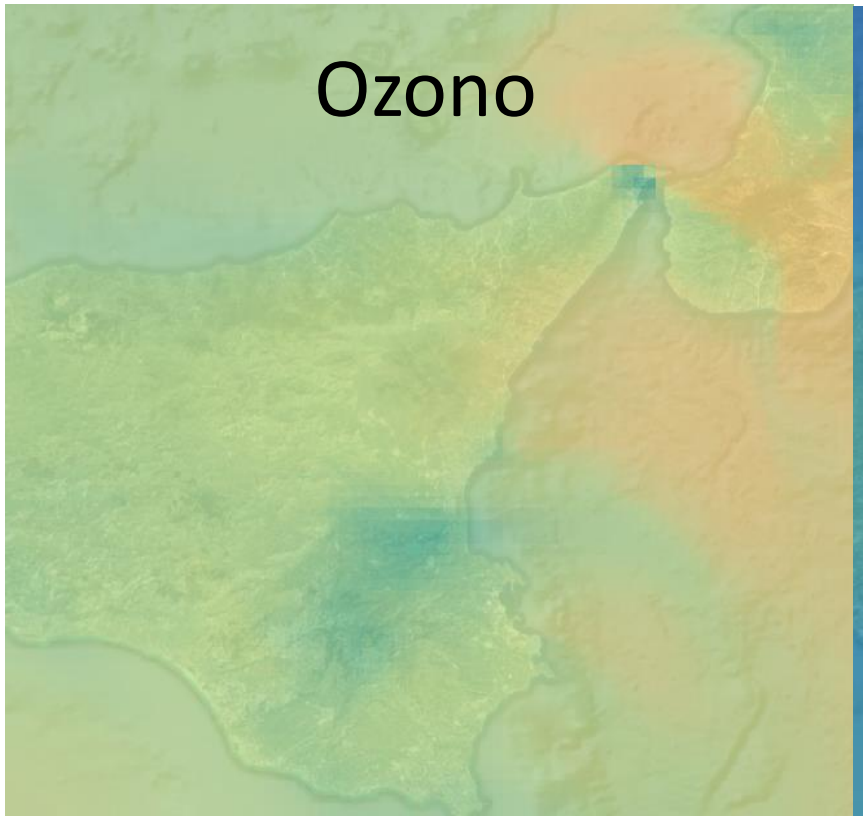
Qualità dell'aria	IQA	Effetti sulla salute
Buona	0-50	Nessun rischio
Mediocre	51-100	Sintomi all'apparato respiratorio per persone particolarmente sensibili
Insalubre per gruppi sensibili	101-150	Sintomi all'apparato respiratorio e potenziale pericolo per cuore e polmoni in persone affette da gravi disturbi all'apparato cardio-circolatorio
Insalubre	151-200	Si consiglia attività ridotta per i gruppi sensibili, possibili sintomi anche nella popolazione generale
Molto Insalubre	201-300	Aggravarsi di episodi acuti in gruppi sensibili, si consiglia ridotta attività all'aperto per tutti.
Pericolosa	> 300	Massimo rischio per i gruppi sensibili, fortemente consigliata la riduzione delle attività all'aperto.

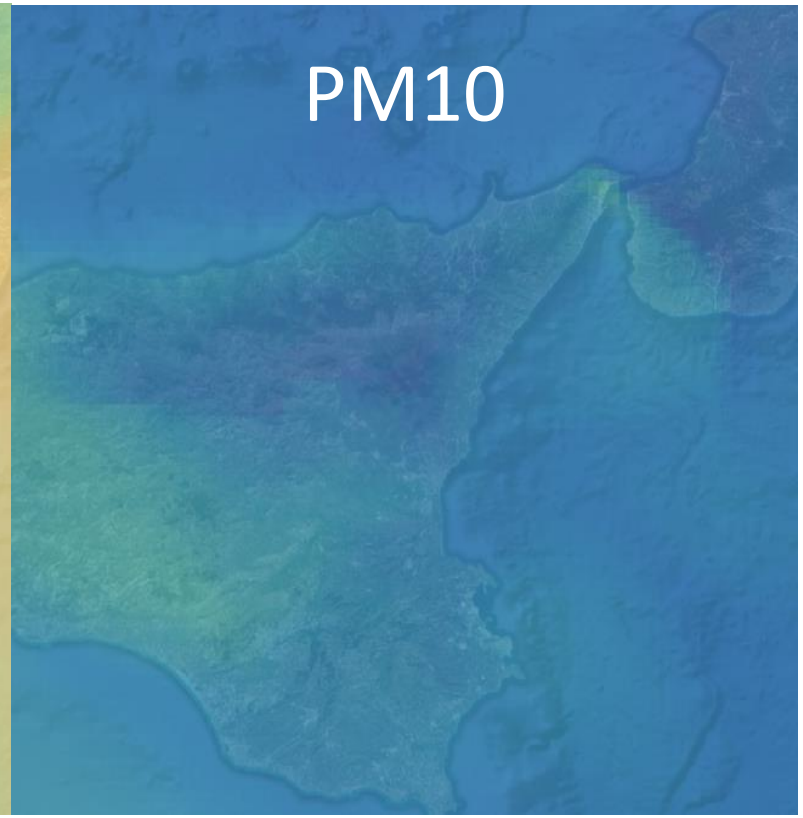
RAFAEL

System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

PREVISIONI SULL'AREA DI APPLICAZIONE RAFAEL IN PIATTAFORMA CIPCAST

- Max 1-h giornaliero NO2
- Max 8-h giornaliero O3
- Media giornaliera PM10
- Media giornaliera PM25

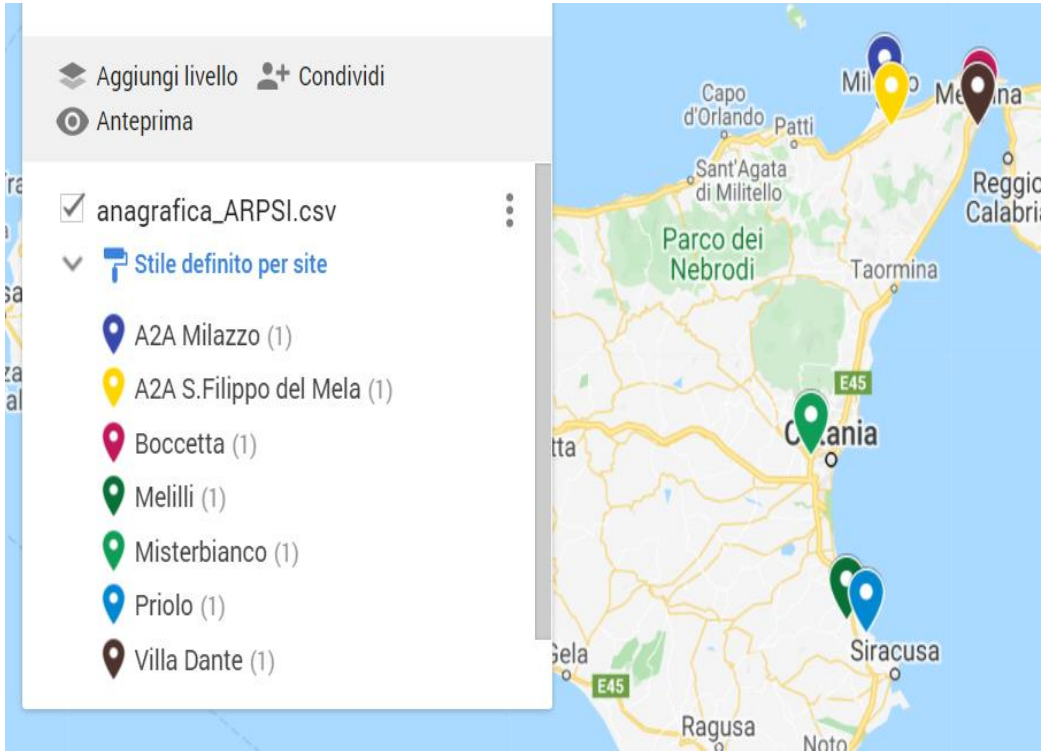




RAFAEL
System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

Validazione modello qualità dell'aria WRF-CHIMERE

Selezionate 7 stazioni ARPA Sicilia



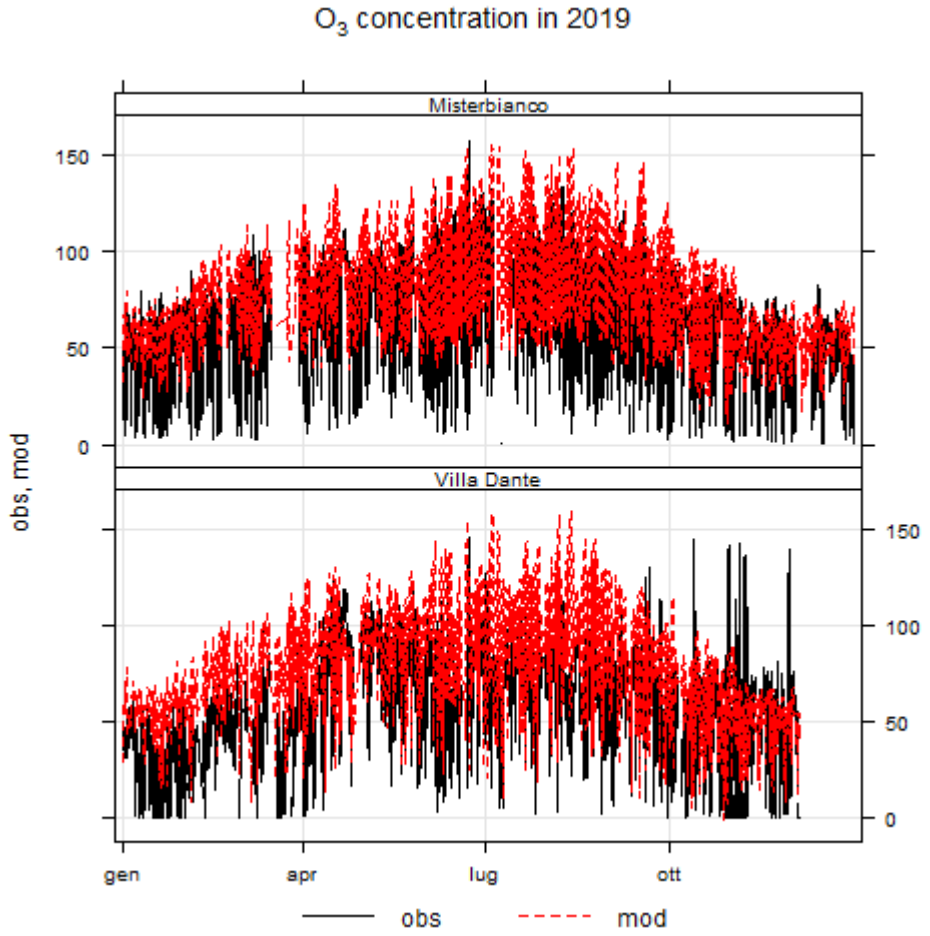
Obiettivi di qualità del dato modellistico definiti nell'Allegato I del D. Lgs. 155/2010

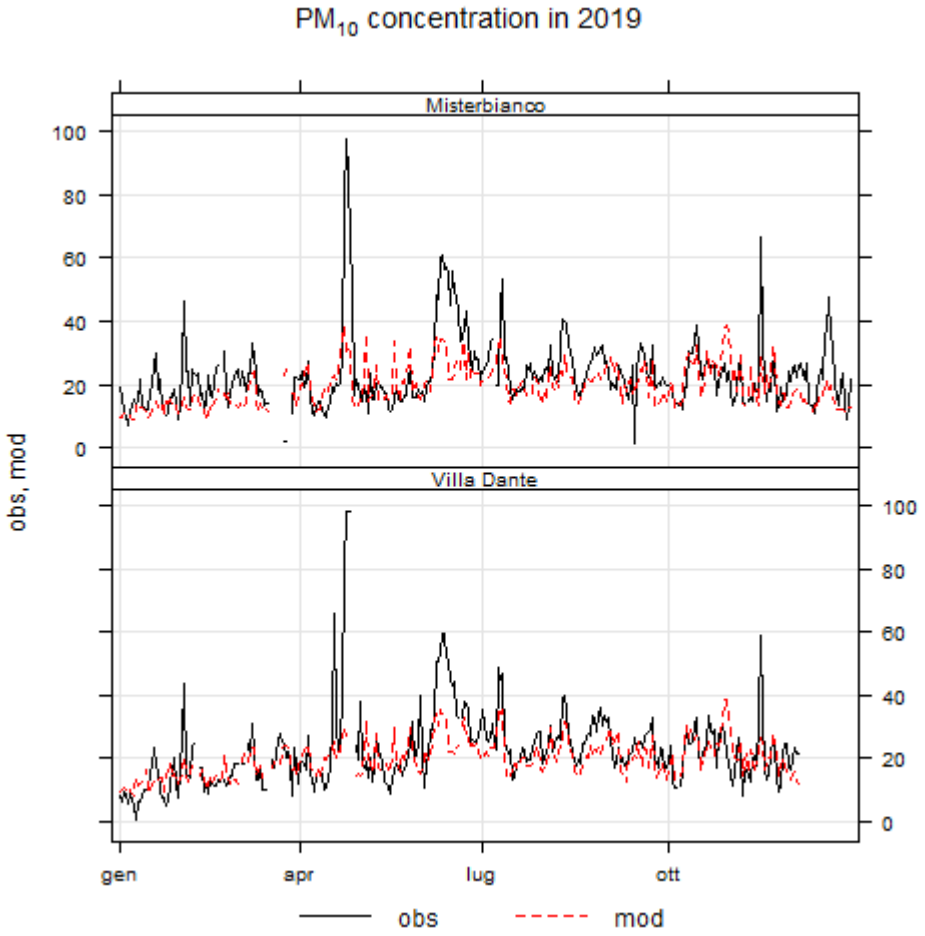
Intervallo temporale	Ozono (O_3)	Diossido di azoto (NO_2)	Particolato (PM10, PM2.5)
Media oraria	50%	50%	-
Media mobile 8 ore	50%	50%	-
Media giornaliera	-	50%	-
Media annuale	-	30%	50%

RAFAEL

System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

Ozono e PM10 a Catania e Messina: bias medio entro il 50%





Implementazione del modello Atmosferico WRF ad alta risoluzione con approccio deterministico e statistico

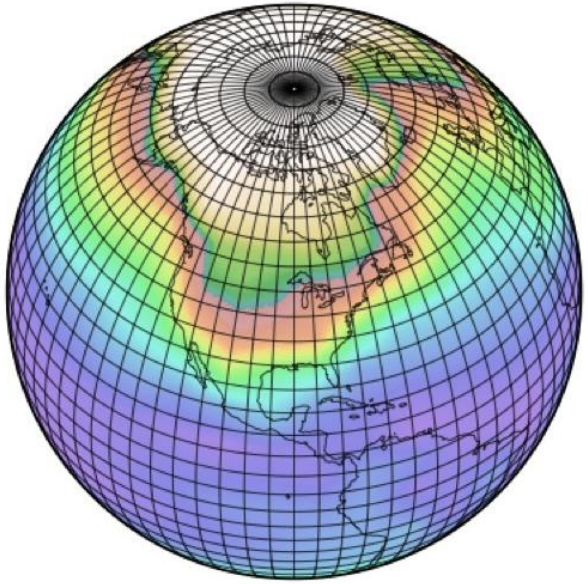
Rossella Ferretti – Antonio Ricchi – Vincenzo Mazzarella – Lorenzo Sangelantoni

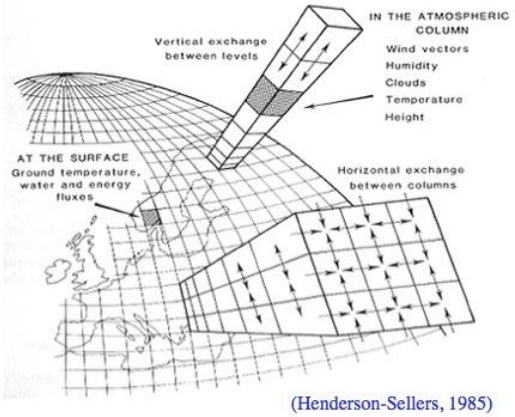
Roma, 25 novembre 2021

RAFAEL

System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

Criticità dei modelli numerici di previsione e simulazione atmosferica





(Henderson-Sellers, 1985)

- Base dei modelli meteorologici
- **Origine degli errori:**
  1. **Discretizzazione**
  2. **Approssimazione numerica**
  3. **inizializzazione**
  4. **parametrizzazioni**
- **Ruolo dell' Ensemble**

RAFAEL

System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

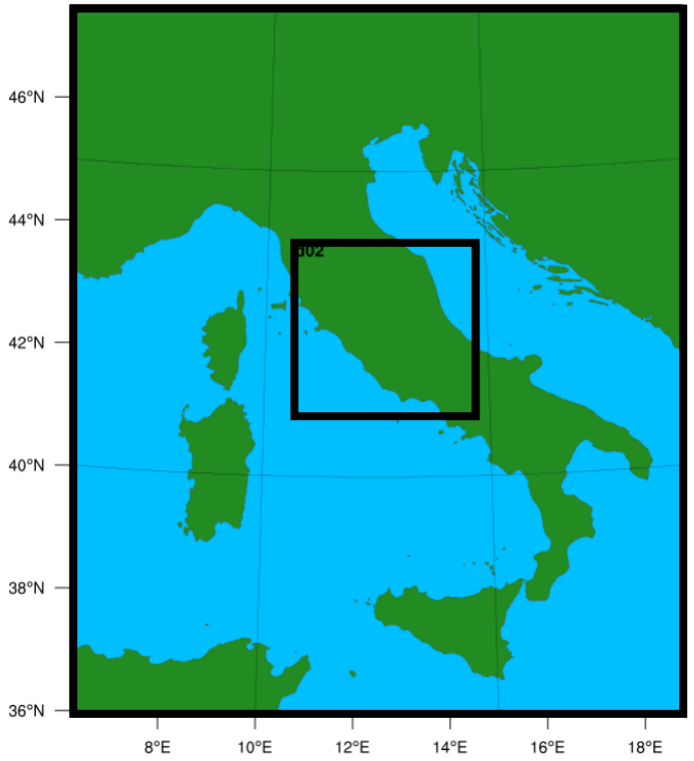
Implementazione e validazione dell'impatto della tecnica di "Data Assimilation" RUC (Rapid Update cycle)

Domain	Horizontal grid dimensions	Horizontal grid spacing	Vertical levels
D01	379x431	3 km	40
D02	340x319	1 km	40

Le condizioni iniziali ed al bordo sono fornite dal dataset ECMWF a risoluzione orizzontale di 0.125°, e si utilizza un approccio "nesting 2-way"

Physics options	D01	D02
Microphysics	WSM6	WSM6
Cumulus	Resolved	Resolved
Planetary boundary layer	MYJ	MYJ
Short-wave radiation	Dudhia	Dudhia
Long-wave radiation	RRTM	RRTM

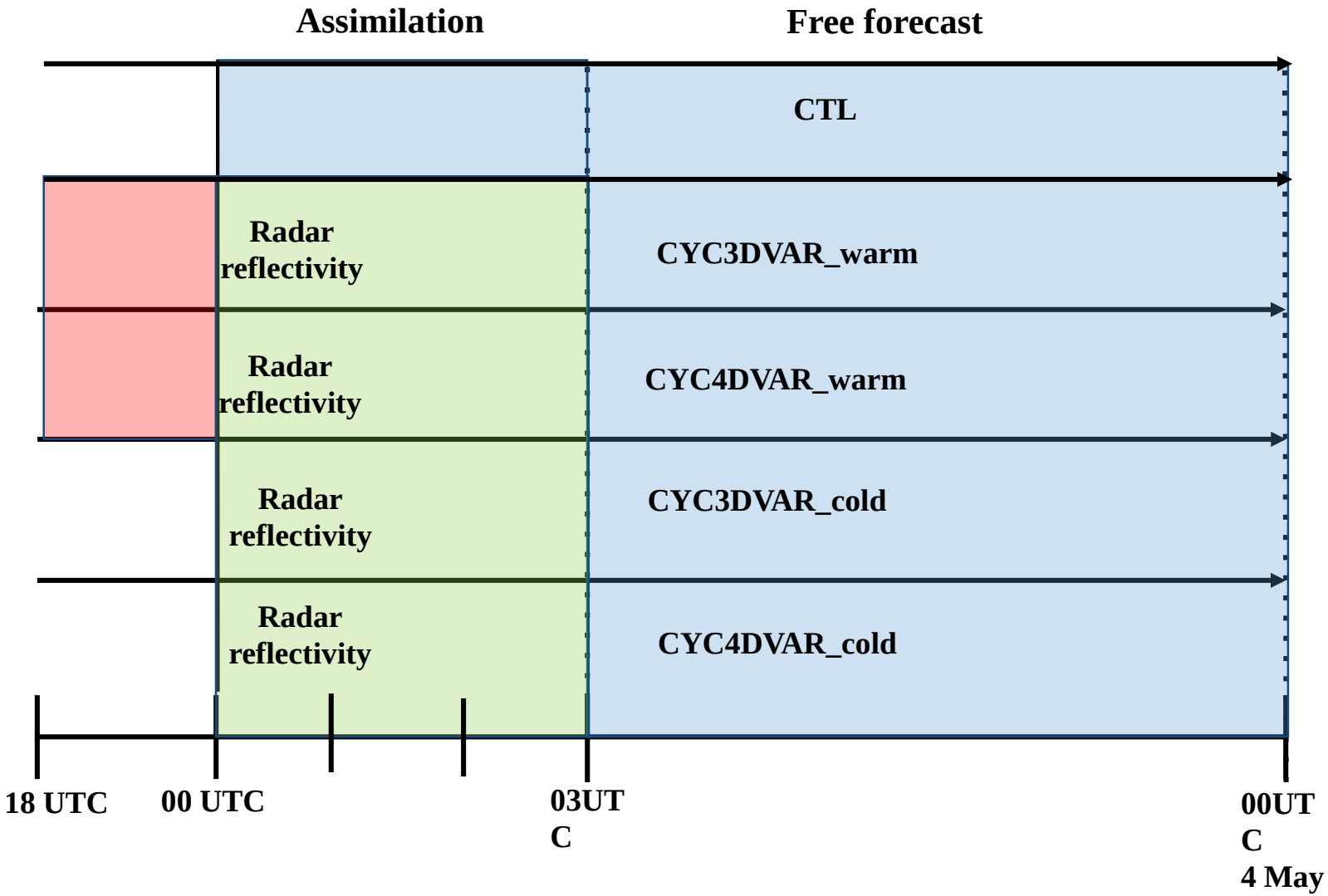
Modello Weather Research and Forecasting (WRF), versione 4.0.3 utilizzato per questo studio.

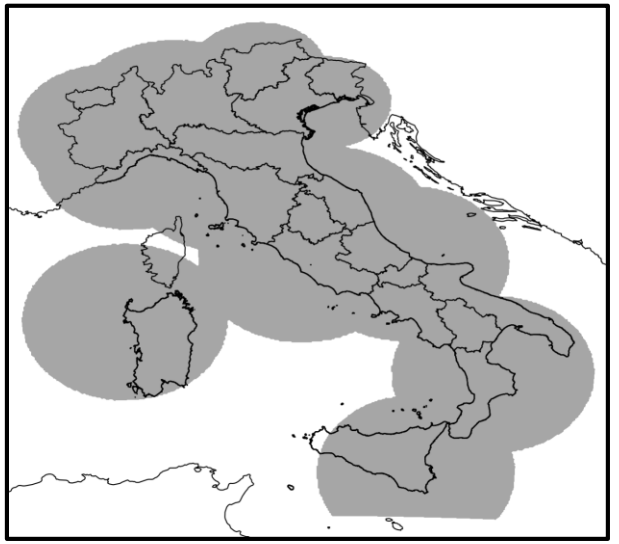


RAFAEL

System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

Numerical Simulations





CAPPI reflectivity data at 2000, 3000 and 5000m MSL are assimilated in D01 domain (3 km)

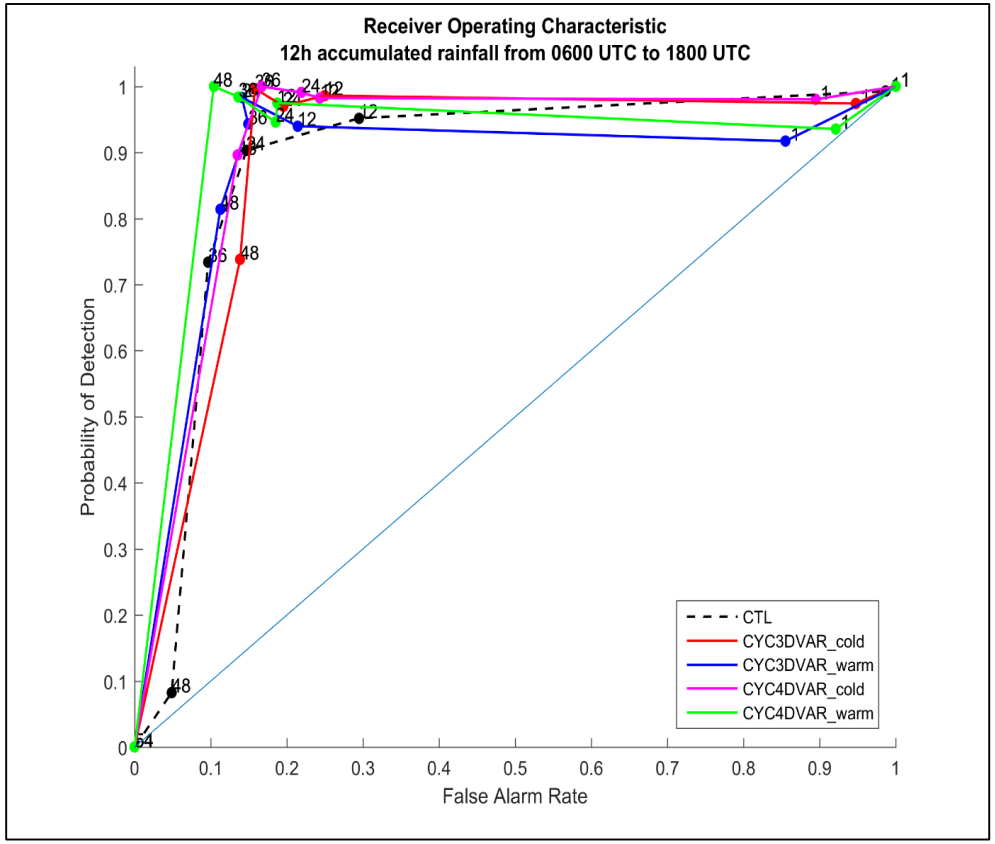
BE matrix is calculated with NMC method. The following control variables are considered u, v, T, RH_s, P_s.

RAFAEL
System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

Il vantaggio dell'assimilazione RUC si riscontra chiaramente con valori di soglia più elevati. Infatti, la pendenza delle curve 3D/4D-Var è maggiore di CTL, suggerendo una buona capacità di previsione con precipitazioni moderate e intense, vale a dire da 12 mm a 48 mm.

L'area sotto la curva (AUC) per gli esperimenti ciclici 4D-Var è 0,91, mentre il CTL raggiunge un valore inferiore di 0,88. Questo risultato conferma l'impatto positivo di 4D-Var in modalità ciclica (RUC).

Le simulazioni 3D-Var, invece, mostrano valori di AUC paragonabili a CTL.

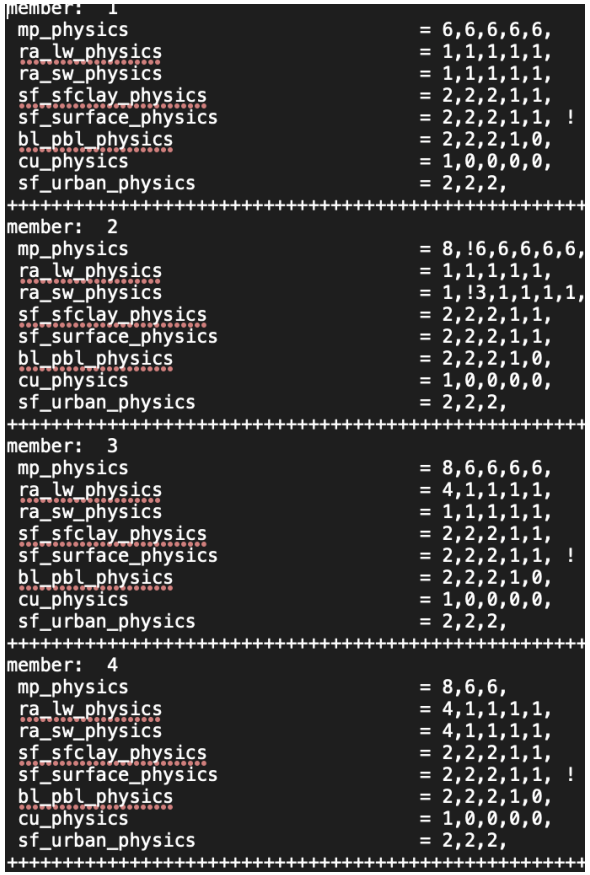


RAFAEL

System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

Studio di evento attraverso l'uso della tecnica del Multi-Physics ensemble:

http://cfa.aquila.infn.it/

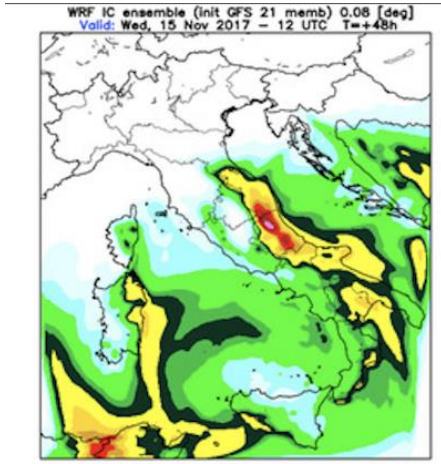


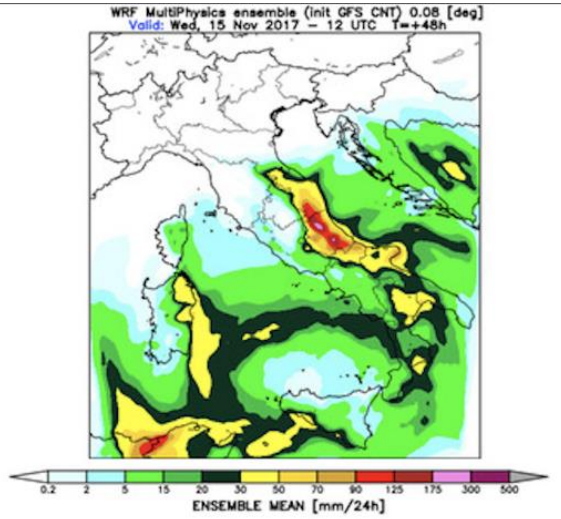
```
member:  1
 mp_physics                          = 6,6,6,6,6,
 ra_lw_physics                       = 1,1,1,1,1,
 ra_sw_physics                       = 1,1,1,1,1,
 sf_sfclay_physics                   = 2,2,2,1,1,
 sf_surface_physics                  = 2,2,2,1,1, !
 bl_pbl_physics                      = 2,2,2,1,0,
 cu_physics                          = 1,0,0,0,0,
 sf_urban_physics                    = 2,2,2,
++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
member:  2
 mp_physics                          = 8,!6,6,6,6,6,
 ra_lw_physics                       = 1,1,1,1,1,
 ra_sw_physics                       = 1,!3,1,1,1,1,
 sf_sfclay_physics                   = 2,2,2,1,1,
 sf_surface_physics                  = 2,2,2,1,1,
 bl_pbl_physics                      = 2,2,2,1,0,
 cu_physics                          = 1,0,0,0,0,
 sf_urban_physics                    = 2,2,2,
++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
member:  3
 mp_physics                          = 8,6,6,6,6,
 ra_lw_physics                       = 4,1,1,1,1,
 ra_sw_physics                       = 1,1,1,1,1,
 sf_sfclay_physics                   = 2,2,2,1,1,
 sf_surface_physics                  = 2,2,2,1,1, !
 bl_pbl_physics                      = 2,2,2,1,0,
 cu_physics                          = 1,0,0,0,0,
 sf_urban_physics                    = 2,2,2,
++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
member:  4
 mp_physics                          = 8,6,6,
 ra_lw_physics                       = 4,1,1,1,1,
 ra_sw_physics                       = 4,1,1,1,1,
 sf_sfclay_physics                   = 2,2,2,1,1,
 sf_surface_physics                  = 2,2,2,1,1, !
 bl_pbl_physics                      = 2,2,2,1,0,
 cu_physics                          = 1,0,0,0,0,
 sf_urban_physics                    = 2,2,2,
++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
```

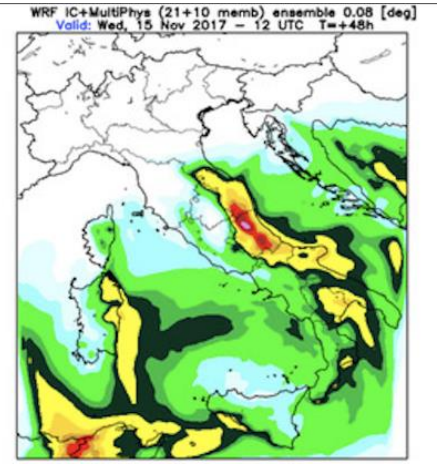
- L'approccio Multi-Physics Ensemble (MPE) si basa sull'esecuzione di numerose simulazioni numeriche, identiche in tutto, tranne che in un determinato parametro della fisica del modello. In questo caso, per ogni simulazione, si è variata la tipologia di schema di microfisica (particolarmente impattante sulla generazione di idrometeore e dunque anche sulle precipitazioni)
- Come per gli altri approcci «Ensemble» se ne ricava un risultato «statistico» da affiancare ad un run deterministico di controllo.
- Questa tecnica numerica può essere affiancata all'approccio Ensemble «standard», variando non solo l'orario di inizializzazione del run, ma anche, per esempio, gli schemi di microfisica (per ogni membro del run ensemble)

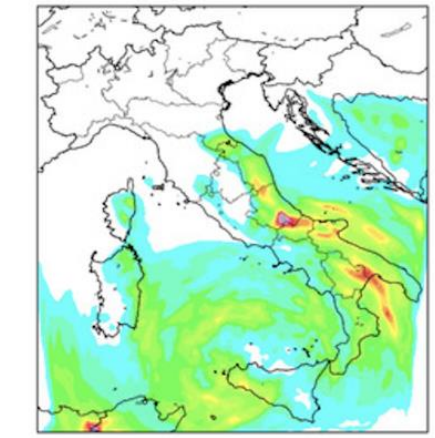
RAFAEL

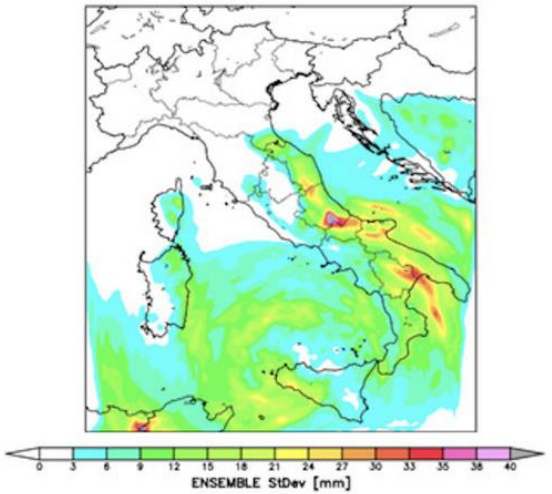
System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

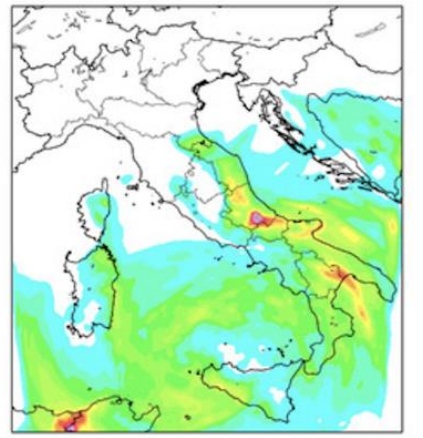












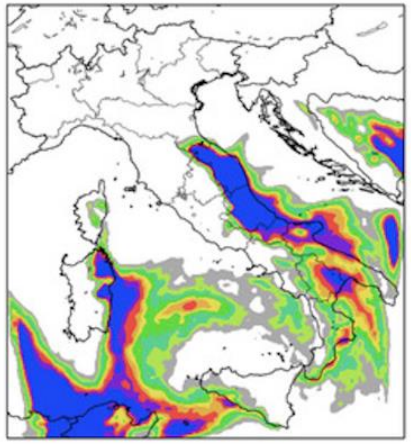
IC

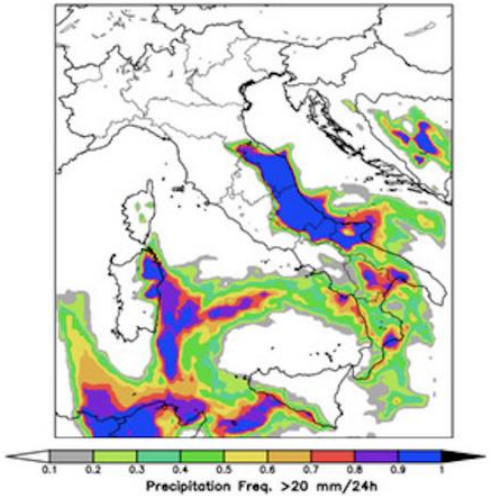
Multi-Phys

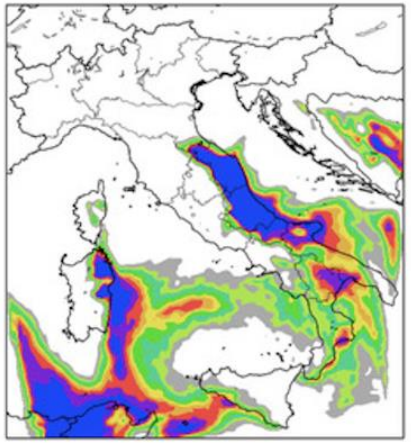
IC+Multi-Phys

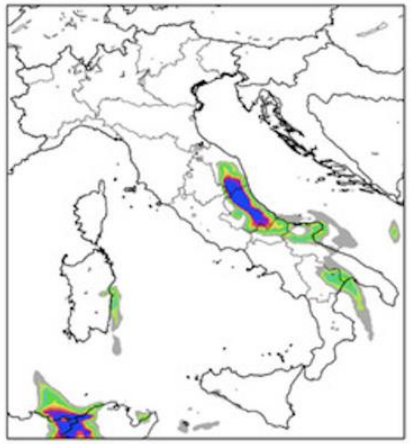
RAFAEL

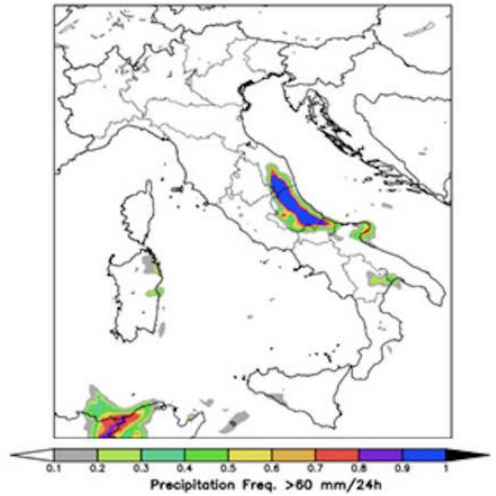
System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

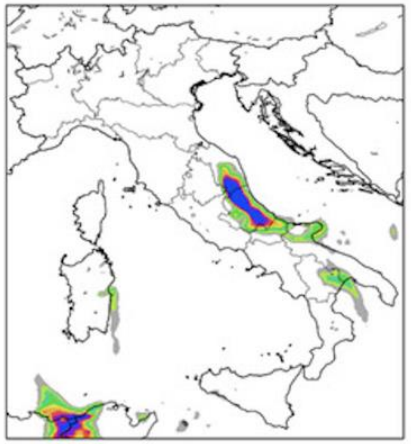












IC

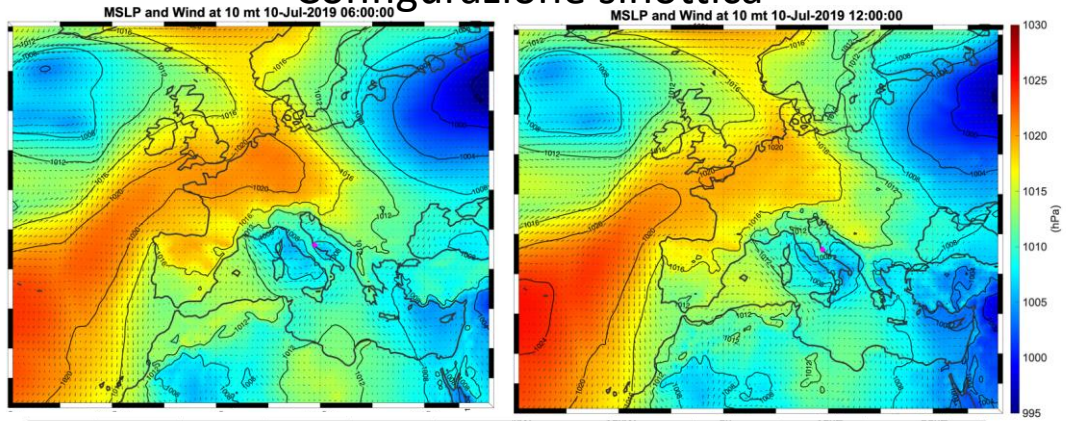
Multi-Phys

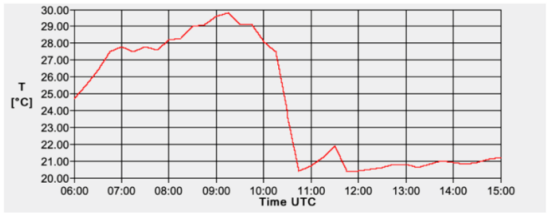
IC+Multi-Phys

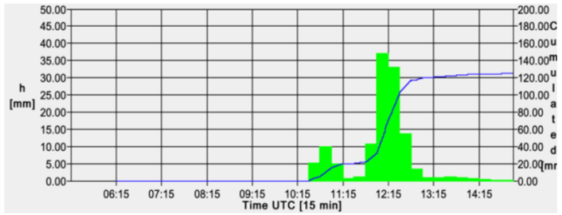
RAFAEL

System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

- Configurazione sinottica

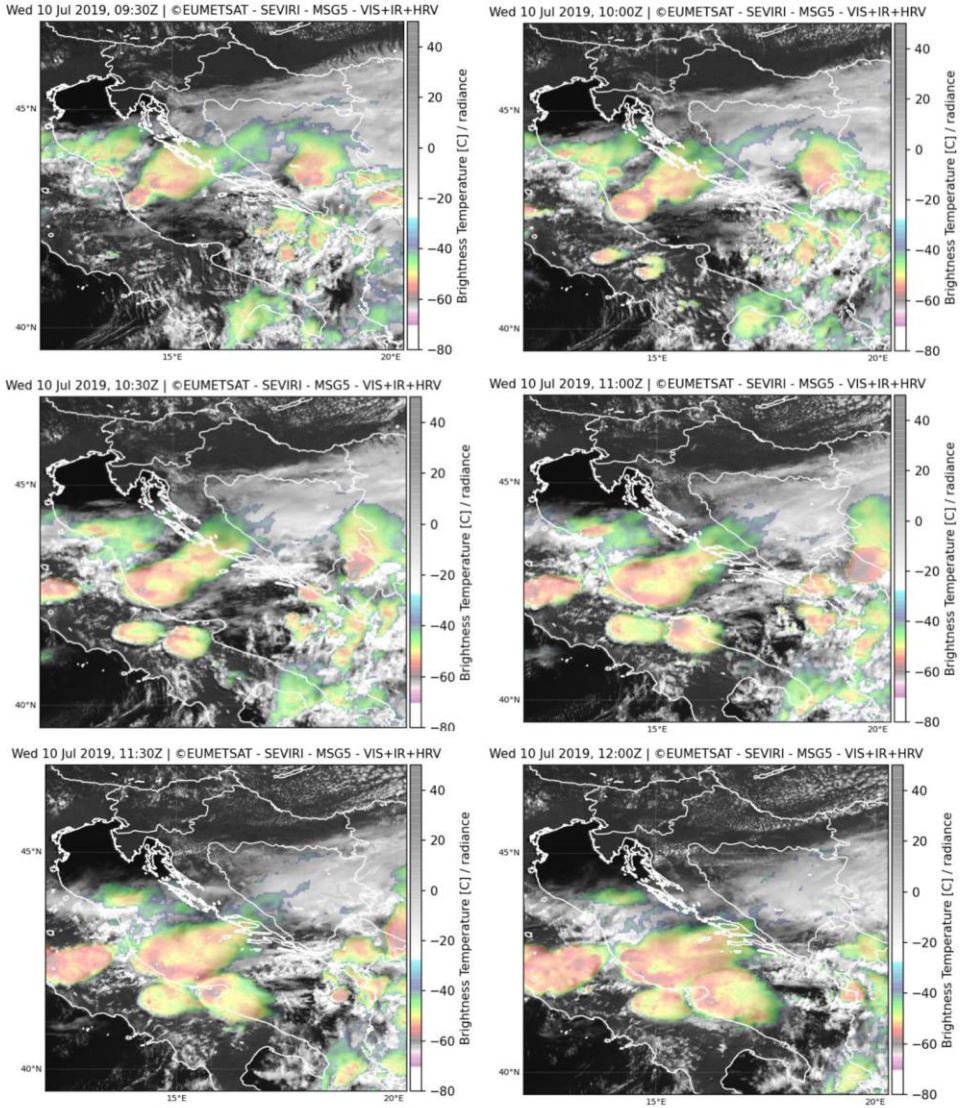






- Evento di grandine estrema su Pescara
- (diametro 10-15 cm e 120 mm/h rainfall)

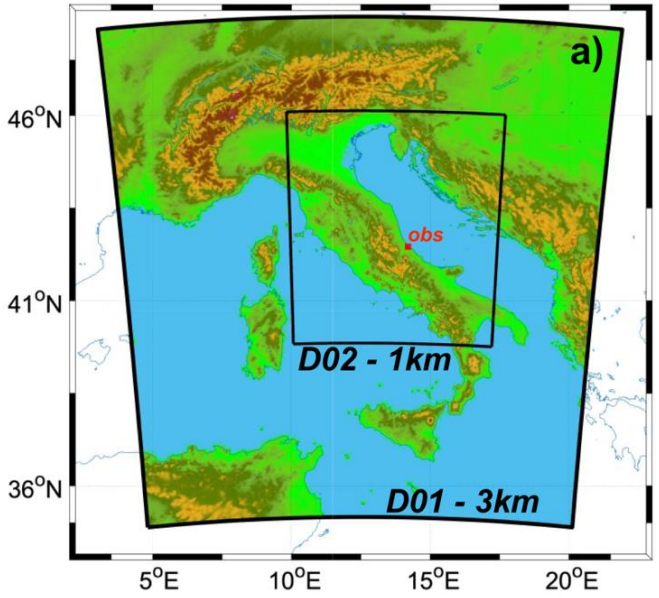
- Satellite SEVIRI (nuvolosità e temperatura top delle nubi)



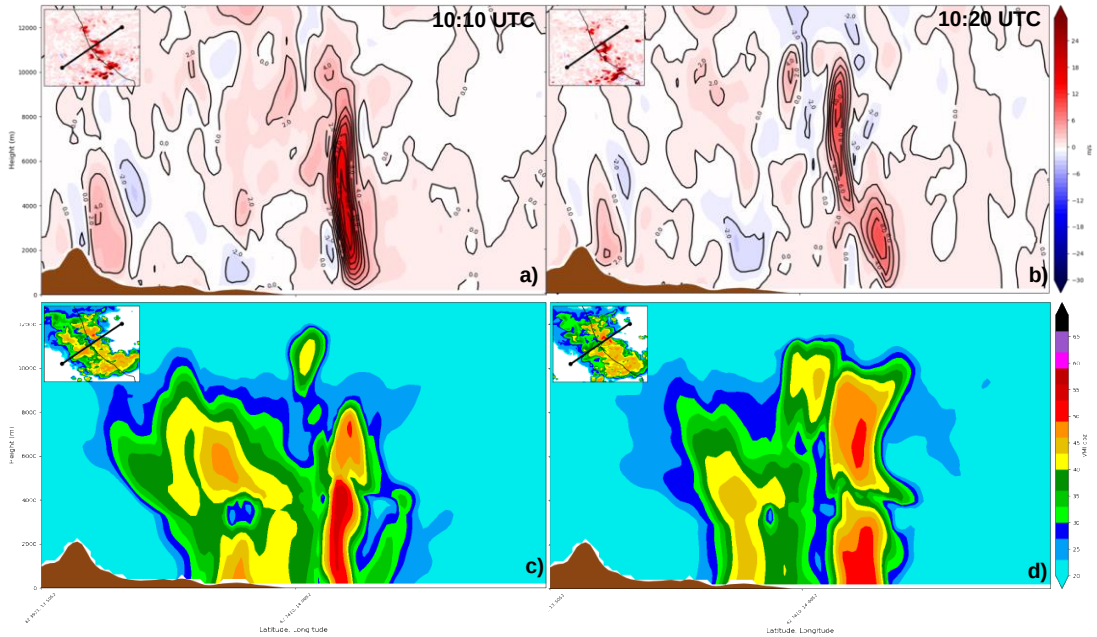
RAFAEL

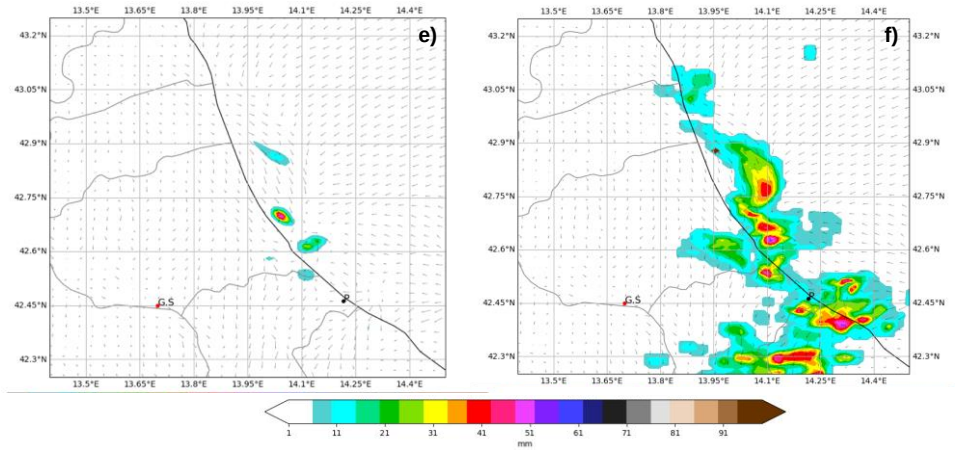
System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

Dominio di calcolo



3km Italia – 1 km Centro Italia





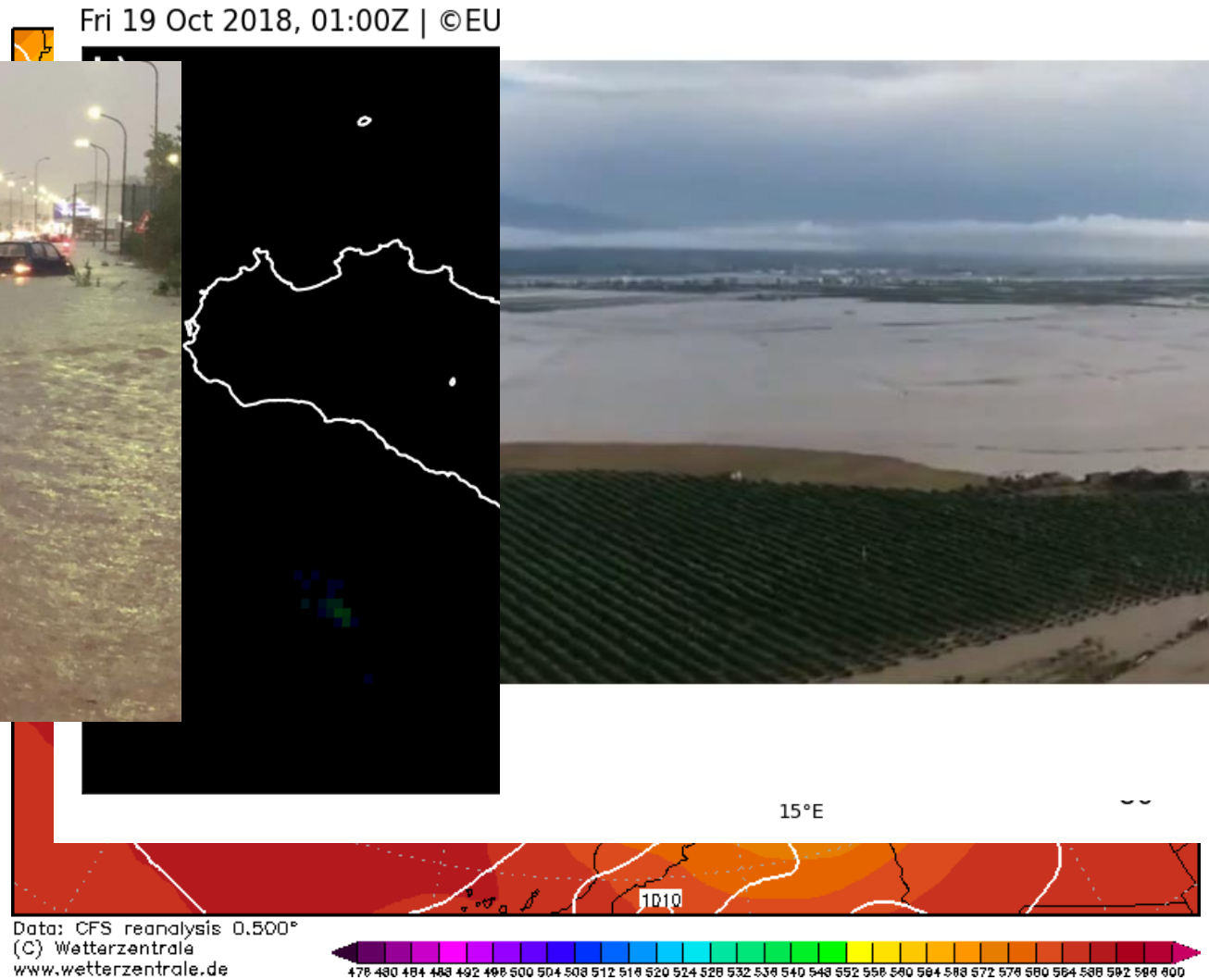
Velocità verticali comparabili con le osservazioni radar (30-40 m/s)

Riflettività radar (transetto verticale)

RAFAEL

System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

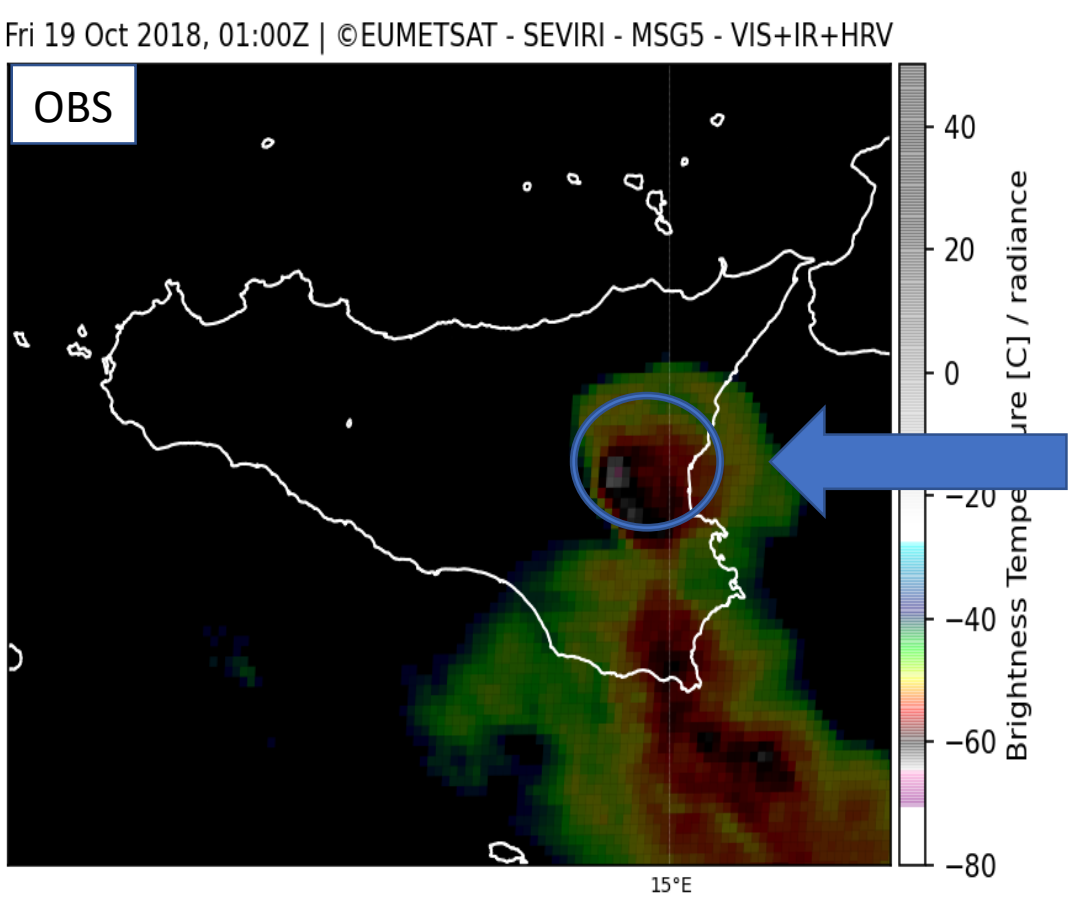
Evento alluvionale del 10 Ottobre 2018 sull'area della piana di Catania (precipit. > 200 mm)

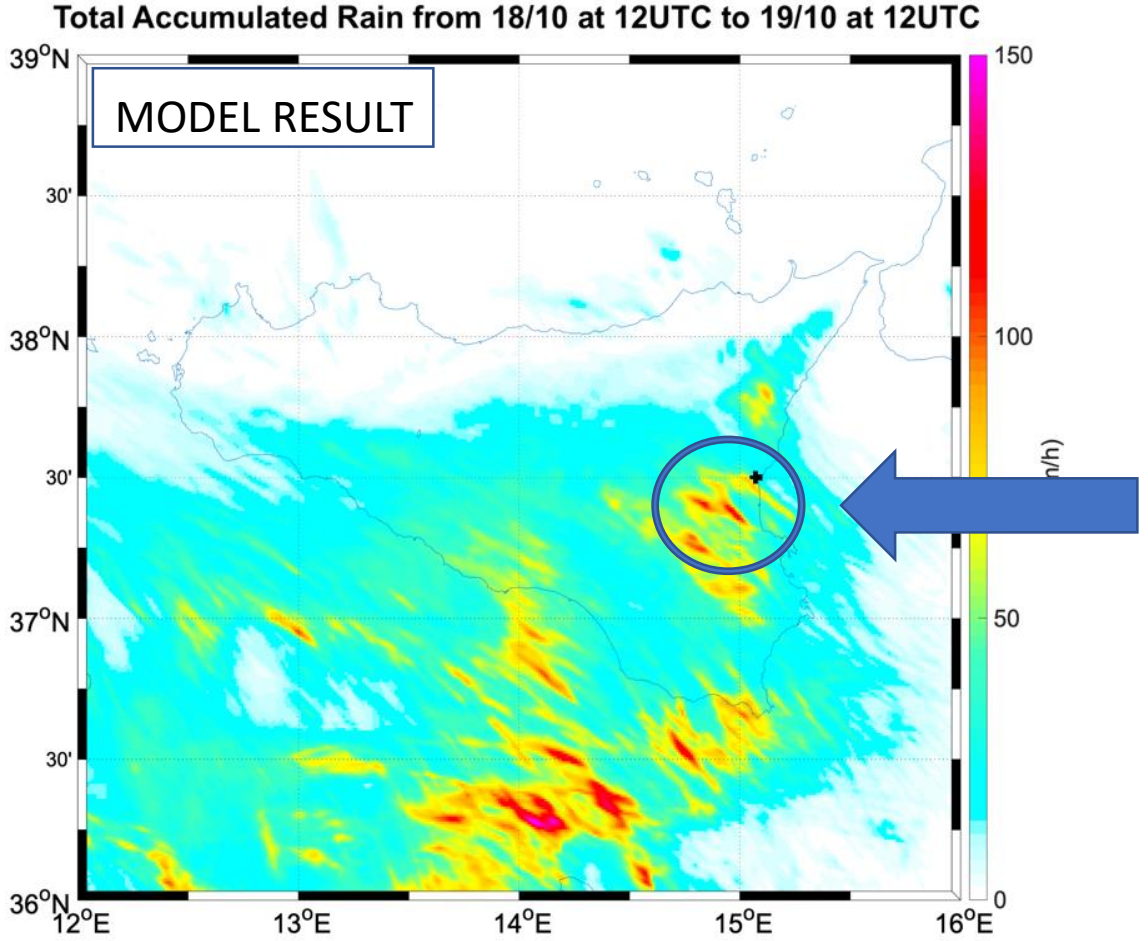


RAFAEL

System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

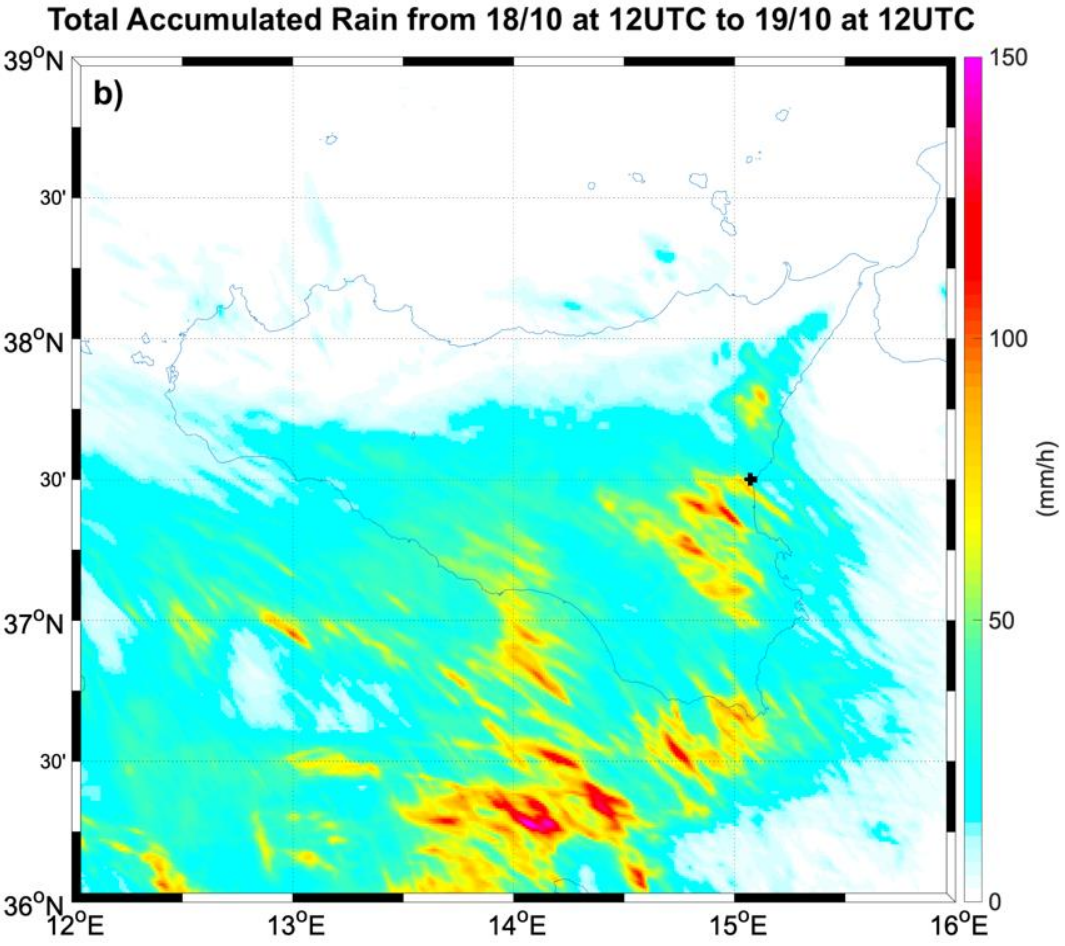
Confronto tra dato osservato e risultato del modello WRF a risoluzione di 1 km





RAFAEL

System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions



Doppio approccio per aumentare la predicibilità di alcuni eventi estremi come i «Flash Flood»

1) Alta risoluzione :
- res 1 km (o < 3 km) : «convection permitting»,
- risultato deterministico : localizzazione nello spazio e nel tempo del fenomeno simulato.
- Costi computazionali elevati

2) Approccio Statistico
- Minore risoluzione ma più simulazioni con diverse configurazioni
- Risultato statistico : soglie di superamento, frequenza apparizione etc.
- Minori costi computazionali, post-processing e storage intensivo

- APPROCCIO «BLENDED» : approccio sperimentale che
- Integra l'uso dell'ensemble all'alta risoluzione (< 3km).
- Ne eredita ii pregi e le criticità

Implementazione del modello idrologico CHyM sulle aree pilota del progetto Rafael

Barbara Tomassetti - Annalina Lombardi - Valentina Colaiuda

Roma, 25 novembre 2021

RAFAEL

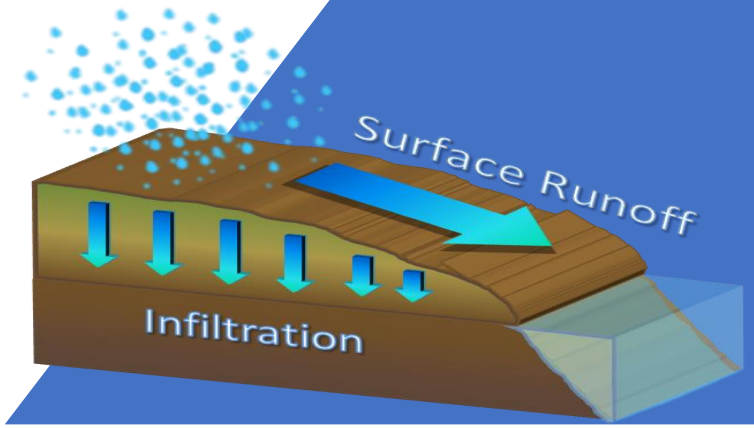
System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the Apennines dorsaL Regions

CHyM (Cetemps Hydrological Model)

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_c$$

$$Q = \frac{S^{1/2} R^{2/3}}{n} A$$

$$R = \alpha + \beta D^{\gamma}$$



Distributed grid-based hydrological model

Based on the kinematic wave approximation (Lighthill and Whitam, 1955) of the shallow water wave; the continuity and momentum conservation equations are used by the CHyM model to simulate the surface routing overland and channel flow.

It includes an explicit parameterization of different physical processes contributing to the hydrological cycle.

Different sets of precipitation data can be assimilated and merged in a hierarchical way at each hourly time step; It reads, in the current implementation, precipitation and temperature fields from different Models.

It runs in any geographical domain with any resolution up to DEM resolution, drainage network is extracted by a native algorithm implemented in CHyM code.

It doesn't use licensed software (GIS etc.); It runs in any Unix platforms.

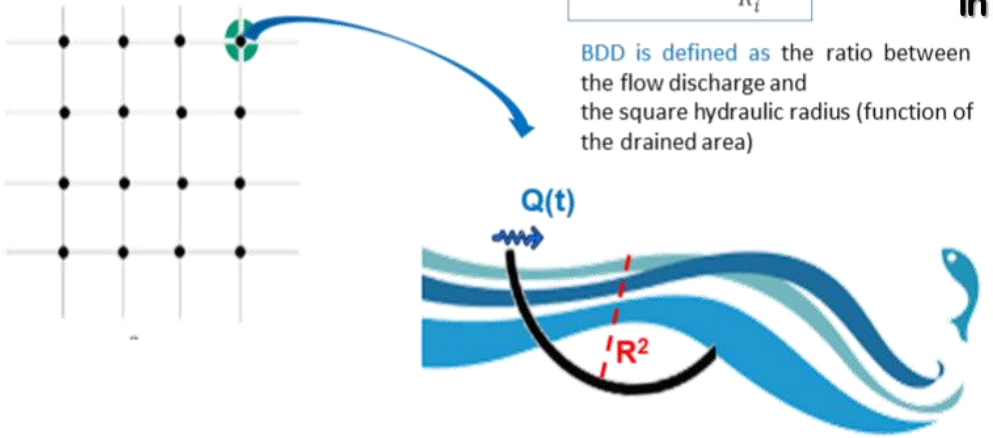
For each cell of the selected domain, contribute of Runoff - Melting – Evapotranspiration – Interception – Infiltration – Rainfall are explicitly calculated.

RAFAEL

System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

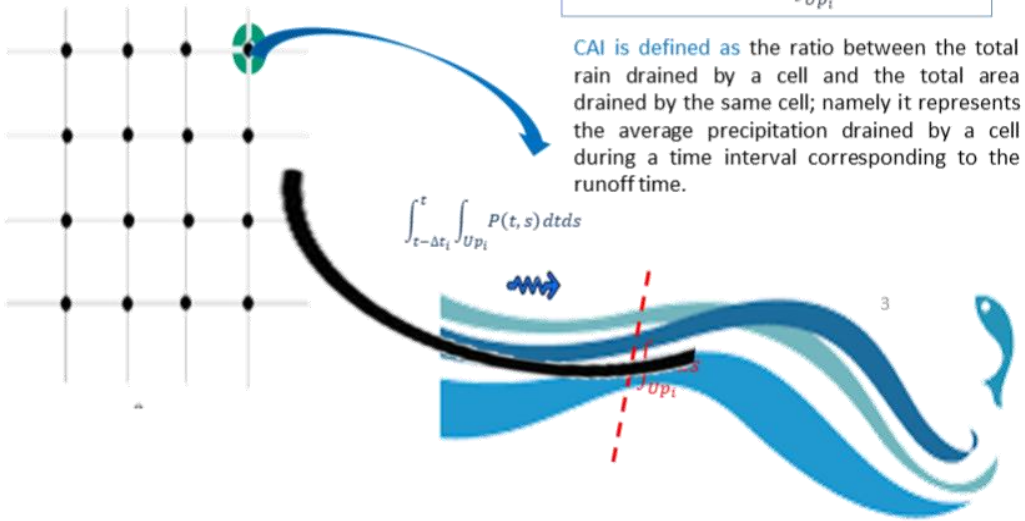
$$BDD_i(t) = \frac{Q_i(t)}{R_i^2}$$

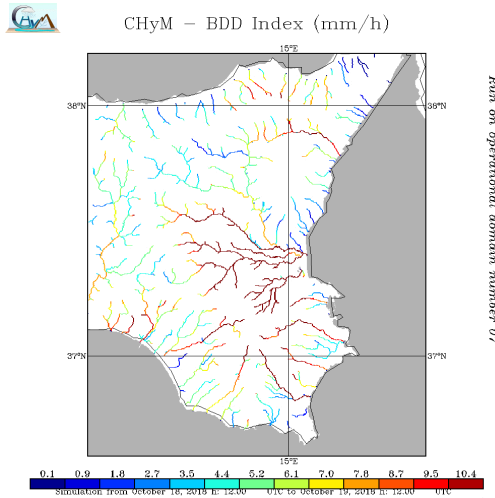
BDD is defined as the ratio between the flow discharge and the square hydraulic radius (function of the drained area)

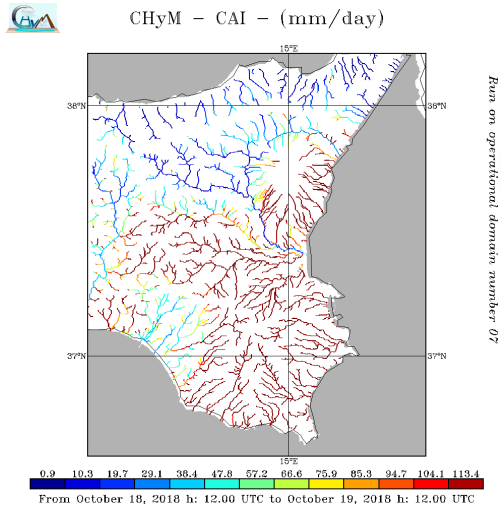


$$CAI_i(t) = \frac{\int_{t-\Delta t_i}^{t} \int_{Up_i} P(t,s)\,dtds}{\int_{Up_i} ds}$$

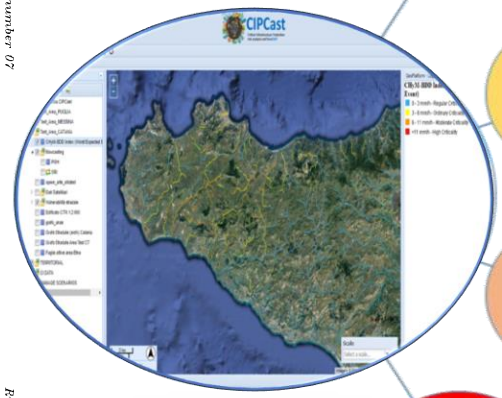
CAI is defined as the ratio between the total rain drained by a cell and the total area drained by the same cell; namely it represents the average precipitation drained by a cell during a time interval corresponding to the runoff time.







Run on operational domain number 07



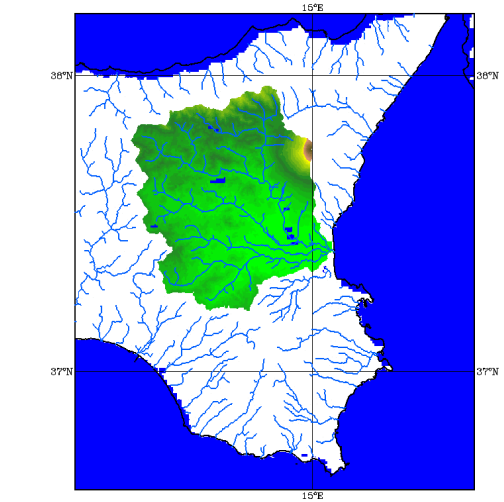
- **Normal** (green)
  - BDD < 3 mm/h
  - CAI < 30 mm/day
- **Ordinary** (yellow)
  - BDD > 3 mm/h
  - CAI > 30 mm/day
- **Moderate** (orange)
  - BDD > 6 mm/h
  - CAI > 60 mm/day
- **High** (red)
  - BDD > 11 mm/h
  - CAI >110 mm/day

RAFAEL

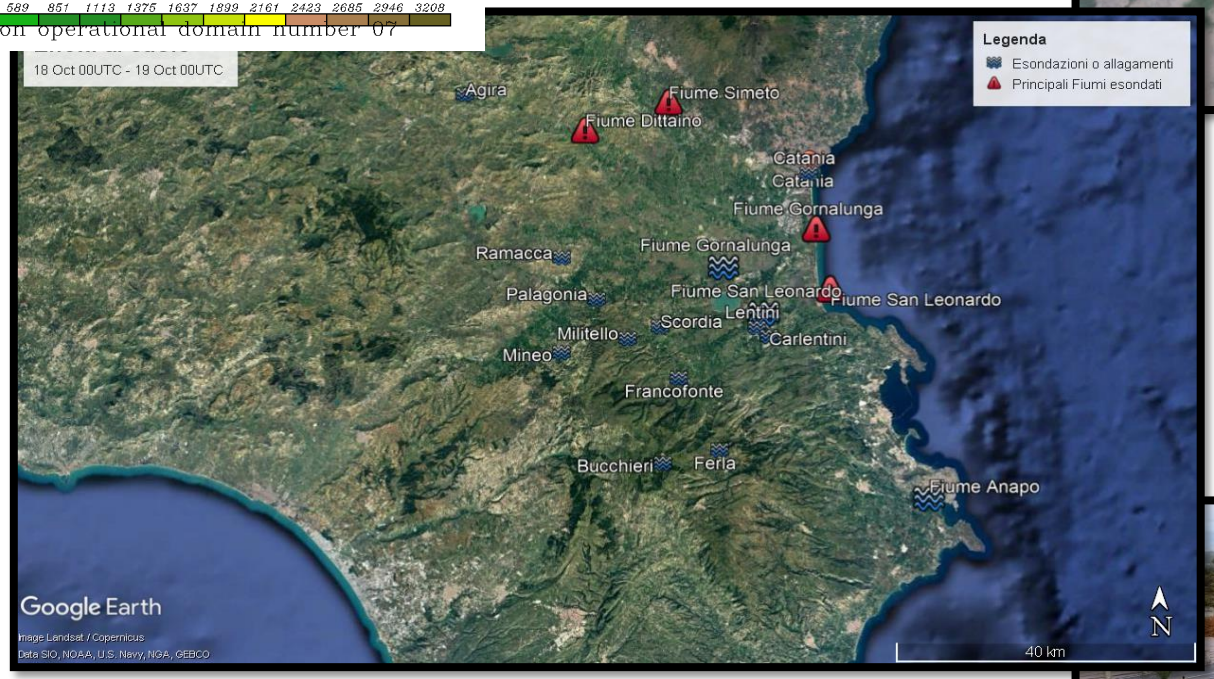
System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

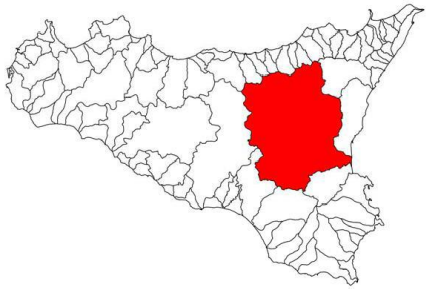
18-19 ottobre 2018

Sineto River Basin

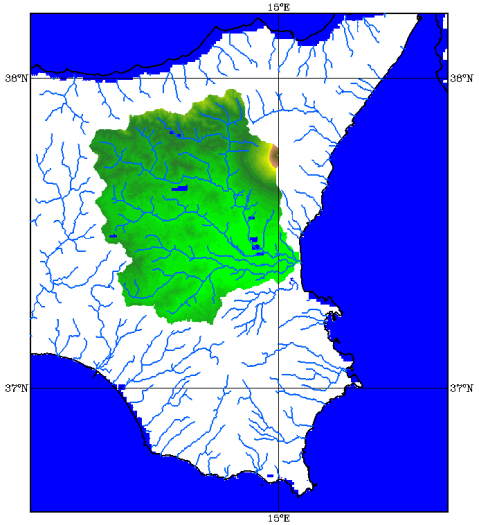


Run on operational domain number 07



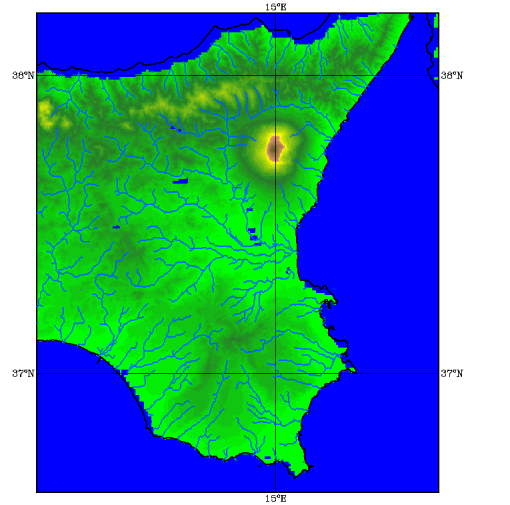


Sineto River Basin



Run on operational domain number 07

Drainage Network

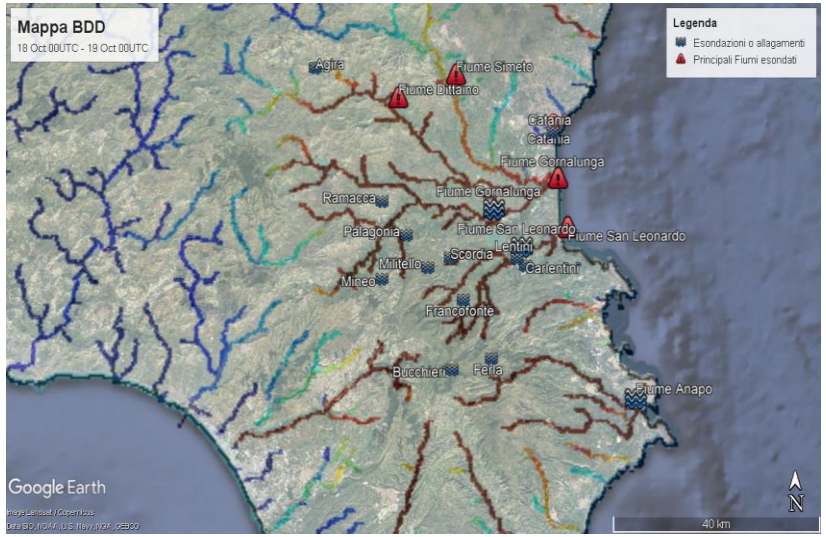


Run on operational domain number 07

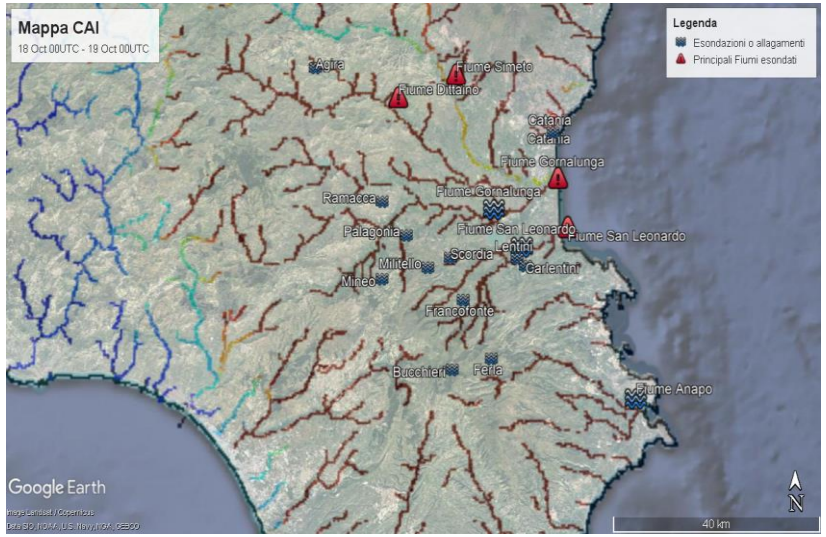
Run di Controllo (CTRL)
CHyM viene forzato con i soli Dati osservati (raingauges)

RAFAEL
System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

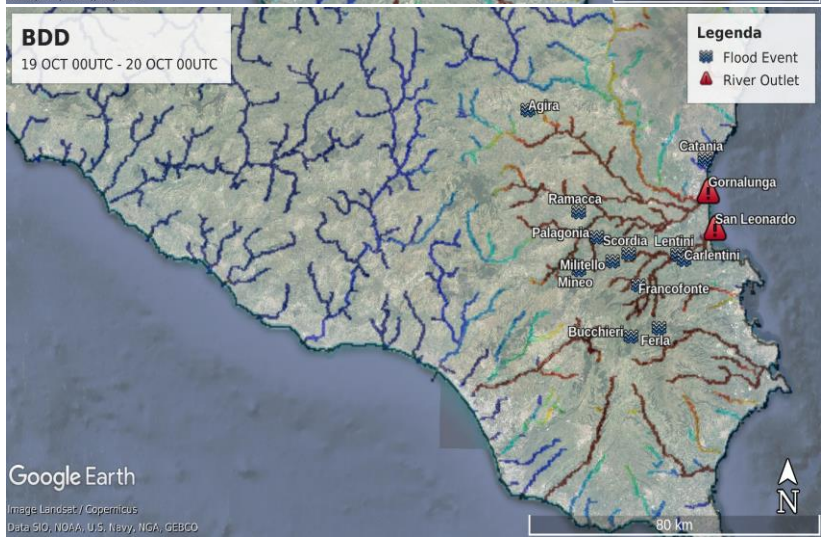
CTRL
BDD 24h
18/10/2018



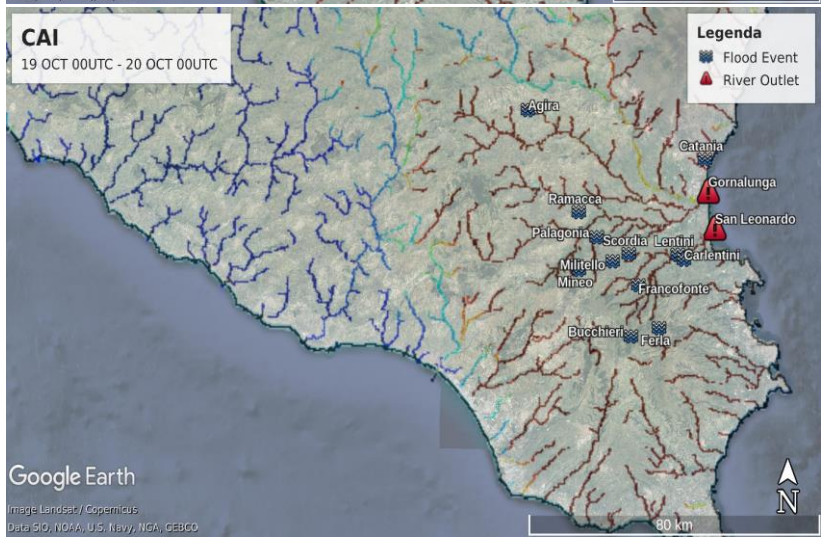
CTRL
CAI 24h
18/10/2018



CTRL
BDD 24h
19/10/2018



CTRL
CAI 24h
19/10/2018

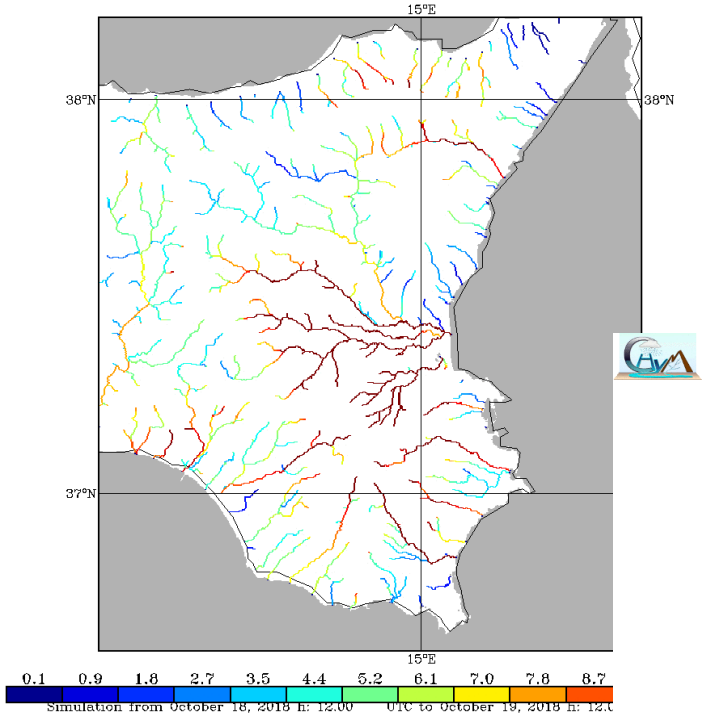


RAFAEL

System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

FCT BDD e CAI 24h
dalle ore 12:00UTC del 18/10/2018
alle ore 12:00 UTC del 19/10/2018

CHyM – BDD Index (mm/h)

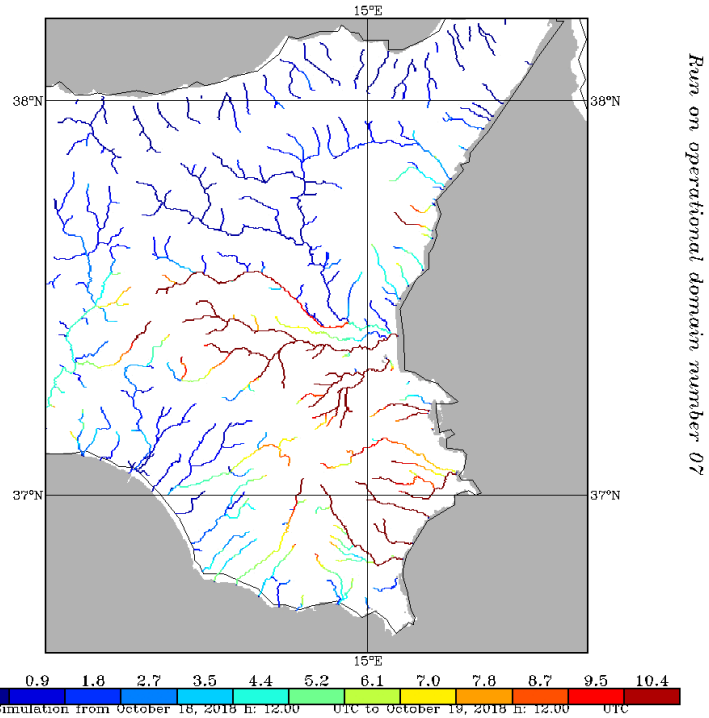


RUN CTRL BDD 24h
Dalle ore 12:00UTC del 18/10/2018
Alle ore 12:00 UTC del 19/10/2018

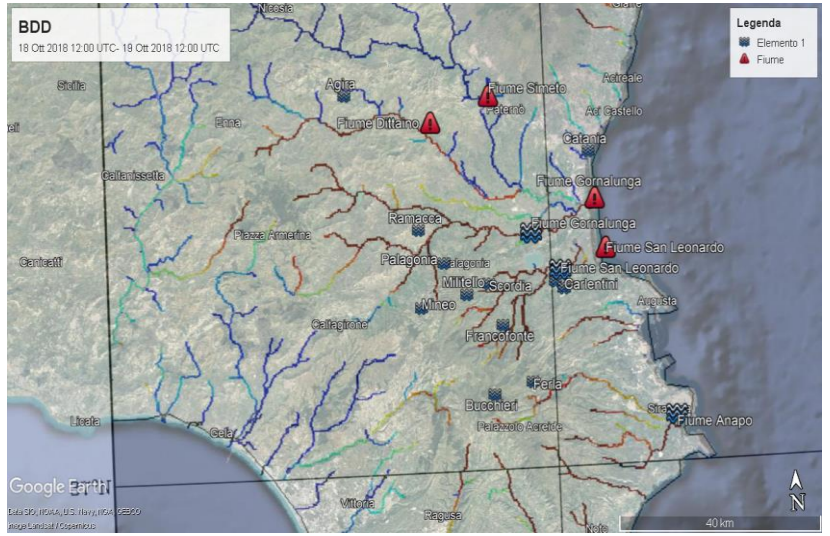
Run on operational domain

RUN FCT BDD 24h
Dalle ore 12:00UTC del 18/10/2018
Alle ore 12:00 UTC del 19/10/2018

CHyM – BDD Index (mm/h)



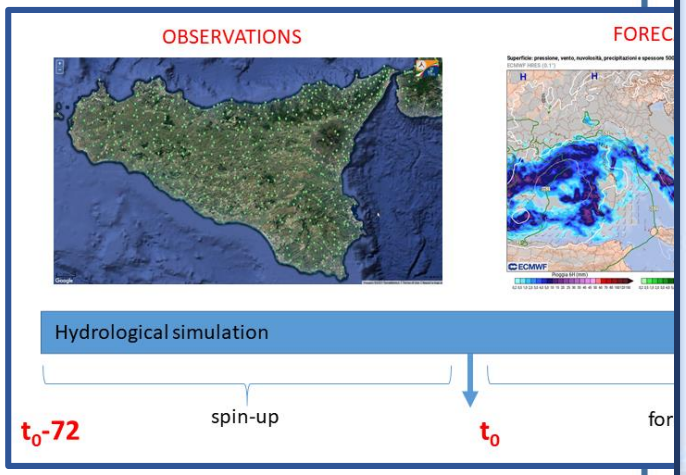
Run on operational domain number 07



RAFAEL

System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions

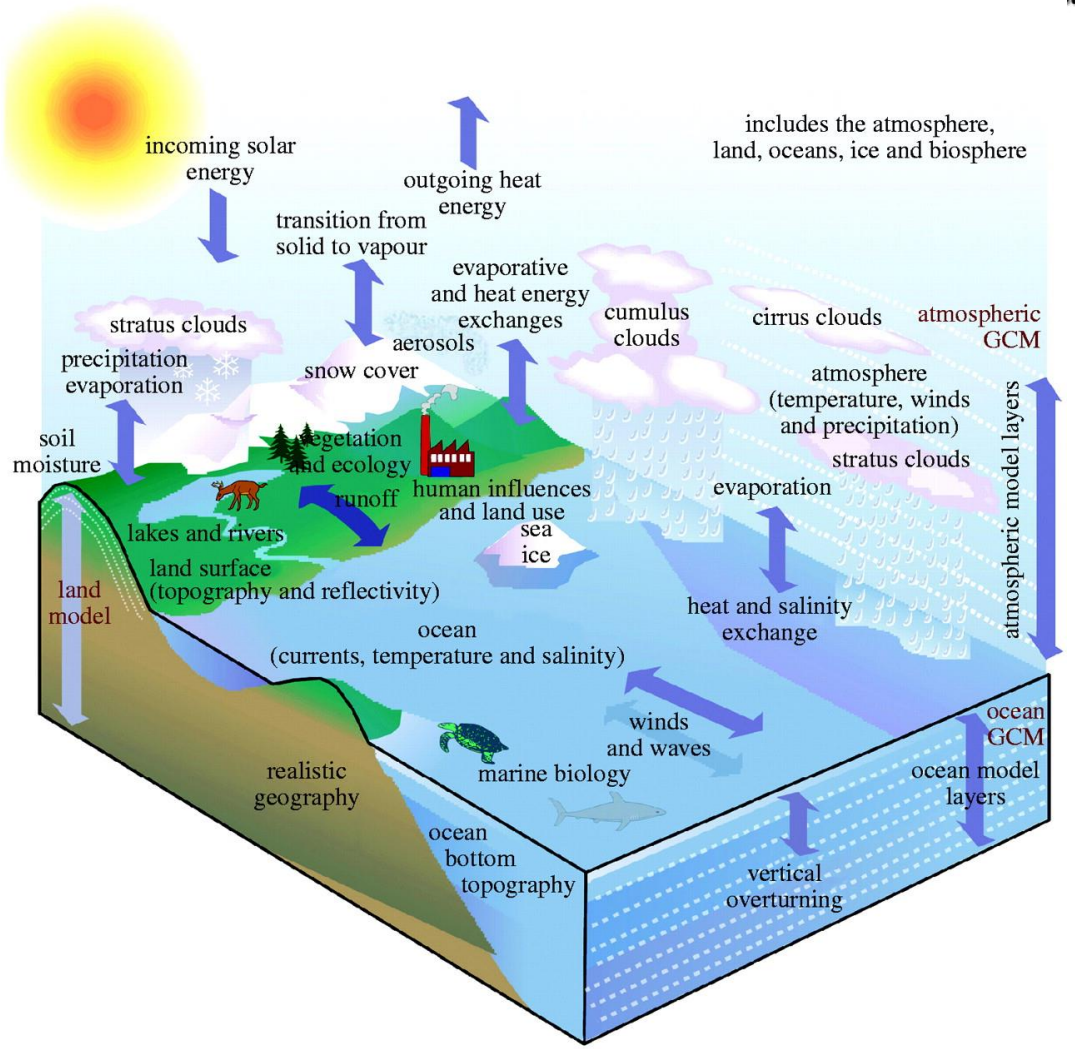
Implementazione dell' operatività del modello CHyM sulla piattaforma CIPCast



ENVIRONMENTAL CONDITIONS ← ACTIONS ← DECISION-MAKING

RAFAEL

System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions



Grazie dell'attenzione