



C.U.G.R.I.

Consorzio Inter-Universitario per la Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi
University Consortium for Research on Great Hazards
University of Salerno – “Federico II” University of Naples
www.cugri.it



UNIVERSITÀ DELL'AQUILA
UNIVERSITY OF AQUILA



ORDINE
INGEGNERI
GENOVA

“TEMPESTE ESTREME”

Aspetti tecnici, gestionali ed assicurativi



**Monitoraggio in tempo reale, prevedibilità
ed avvisi degli stati di mare: stato
dell'arte dal nowcast al forecast**
Antonio Ricchi
(Università dell'Aquila/CETEMPS)

**Seminario Telematico nel quadro della Genoa Shipping Week
tenuto Martedì 5 Ottobre 2021 - Ore 15.00
sulla Piattaforma dell'Ordine degli Ingegneri di Genova**



**Monitoraggio in tempo reale, prevedibilità
ed avvisi degli stati di mare: stato
dell'arte dal nowcast al forecast**

Dissertation by:
Antonio Ricchi

Overview

- *Misure meteo-marine, criticità e stato dell'arte*
- *Osservazioni al “suolo”*
- *Osservazioni da Satellite*
- *Osservazioni “live”(!?)*
- *Dall'osservazione alla “previsione” (modelli numerici) e “predicibilità”*
- *Dalla “larga scala” alla “scala locale”*
- *Simulare passato, presente... futuro*

Misure meteo-marine, criticità e stato dell'arte

Osservazioni :

SINOTTICHE



synoptikós, da sy'nopsis "sguardo d'insieme"

Che avviene su una scala

spaziale ampia (migliaia di km)

ed in **orari precisi, gli orari sinottici (00UTC, 06UTC, 12UTC, 18UTC)**. Nulla vieta di avere osservazioni sinottiche a orari «random»

IN-SITU



Osservazioni «puntuali» effettuate su un determinato punto geografico o su piccolissime aree.

Sono spesso orario-indipendenti, ma nulla vieta di «campionare» ad orari sinottici

Non coprono «vaste aree»

Un ampio numero di misure in-situ copre «vaste aree»... ma ad orari diversi

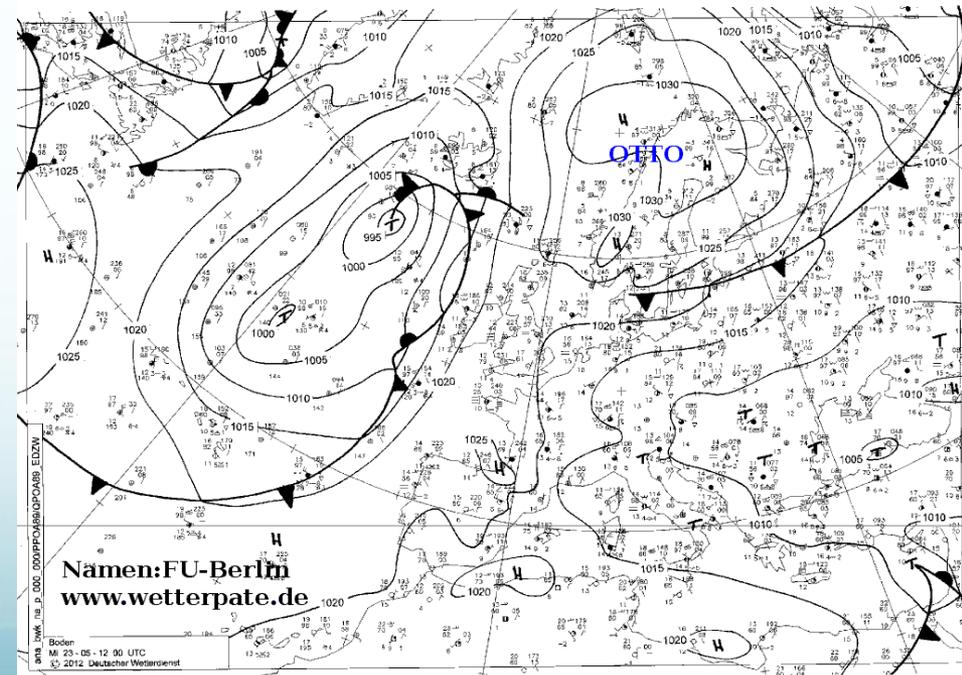
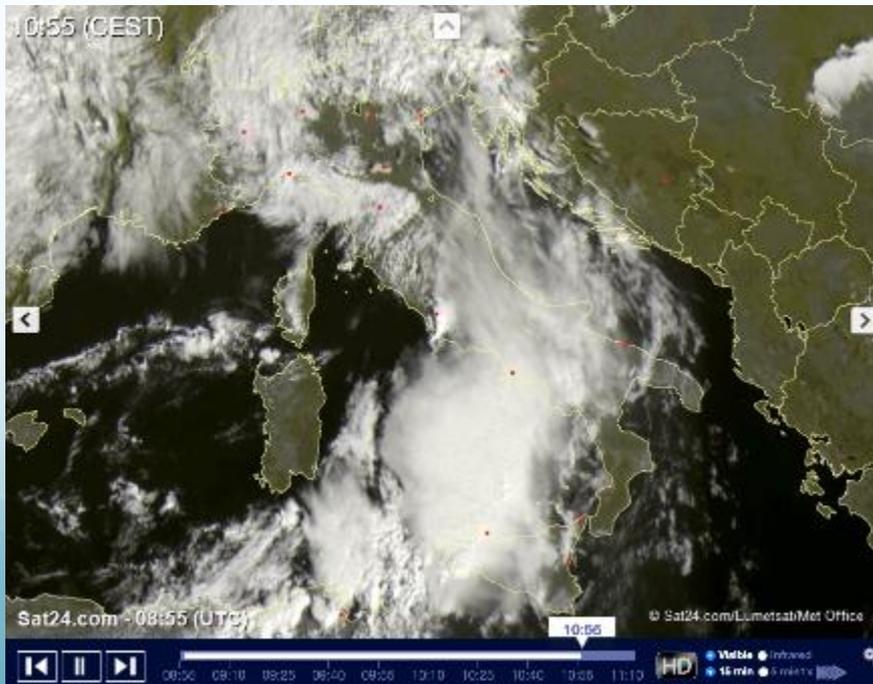
Misure meteo-marine, criticità e stato dell'arte

Osservazioni :

SINOTTICHE

Satellitare : Il satellite acquisisce un dato che poi viene rielaborato dai centri di calcolo a terra e distribuiti in continuo, o appunto, agli orari sinottici, questo dipende dal tipo di misura.

Al suolo : Una (ormai numerosa) rete di Osservazioni campionate con molteplici strumenti permette di avere un'osservazione, su punti fissi, ma continui nel tempo. Da qui vengono «interpolati» i dati e si creano mappe e dati «continui» nello spazio.

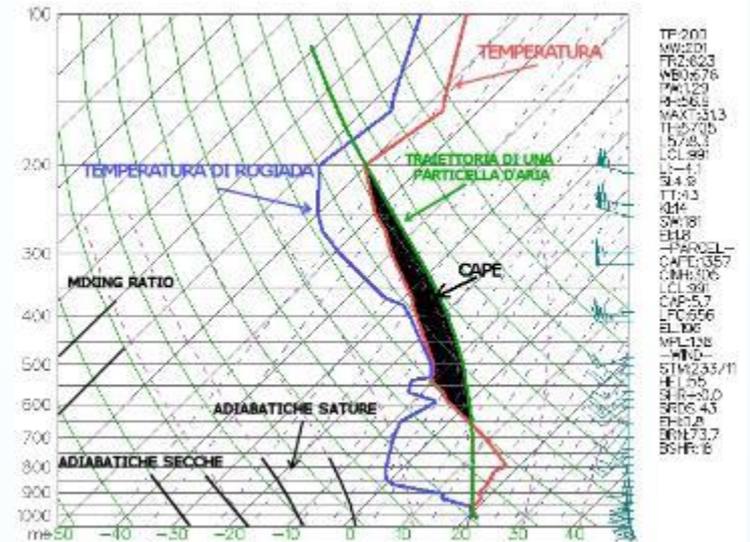
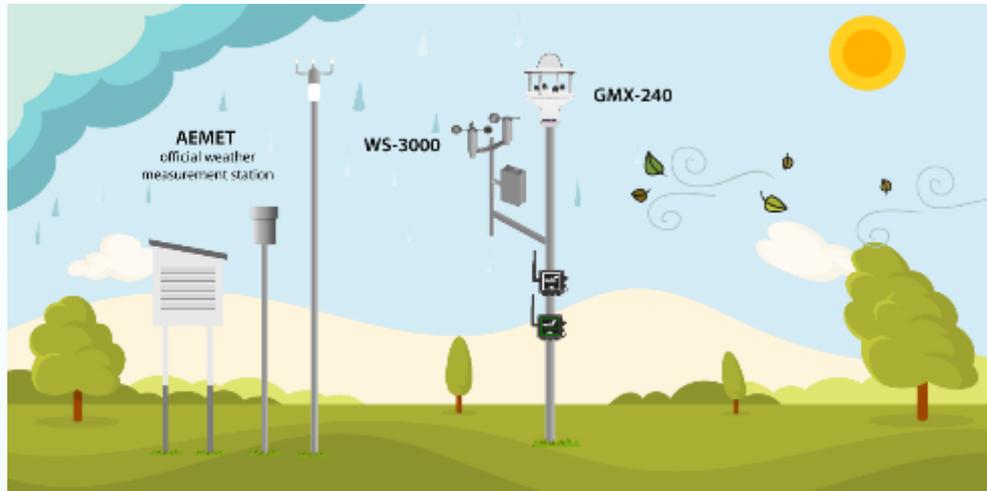


Misure meteo-marine, criticità e stato dell'arte

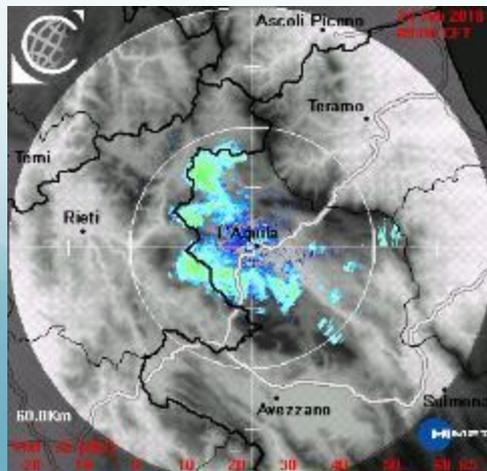
Osservazioni :

IN-SITU ATMOSFERA

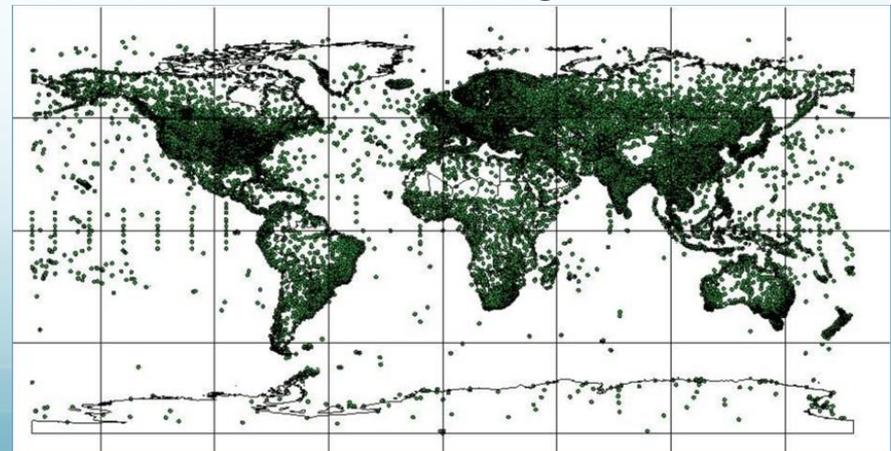
Stazione meteo multi-parametrica



RADAR



Rete stazione globale



Misure meteo-marine, criticità e stato dell'arte

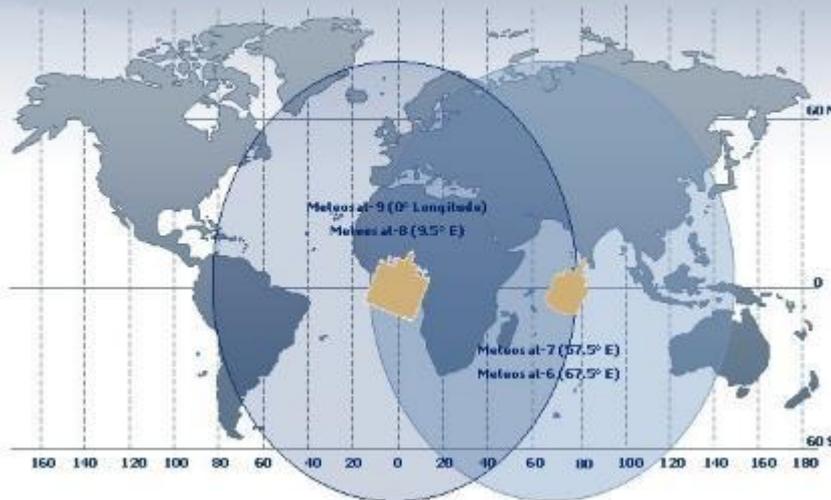
Osservazioni :

SATELLITARI

Geostazionari

Un'orbita di un satellite viene definita "geostazionaria" se per un osservatore sulla Terra il satellite appare fermo in cielo, sospeso sempre al di sopra del medesimo punto dell'equatore poiché ruota, con moto circolare uniforme, alla stessa velocità angolare della Terra.

EUMETSAT's geostationary satellite coverage



Pro : vasta copertura,
«buchi osservativi» quasi assenti

Contro: minore risoluzione del dato

Misure meteo-marine, criticità e stato dell'arte

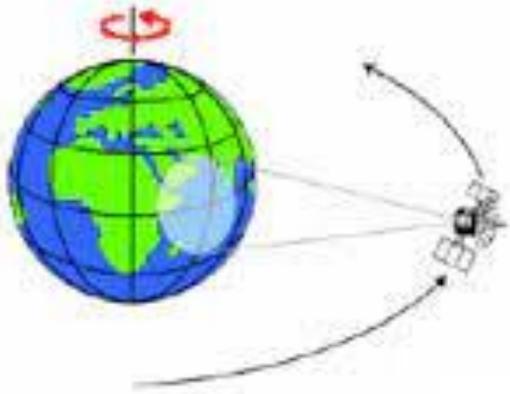
Osservazioni :

SATELLITARI

POLARI

Un'orbita polare è un'orbita che permette al satellite che la percorre di passare sopra entrambi i poli del corpo celeste su cui ruota. Quindi l'orbita polare è un caso particolare di orbita inclinata rispetto al piano equatoriale con un'inclinazione molto vicina ai 90° rispetto all'equatore.

ORBITA GEOSINCRONA



ORBITA POLARE



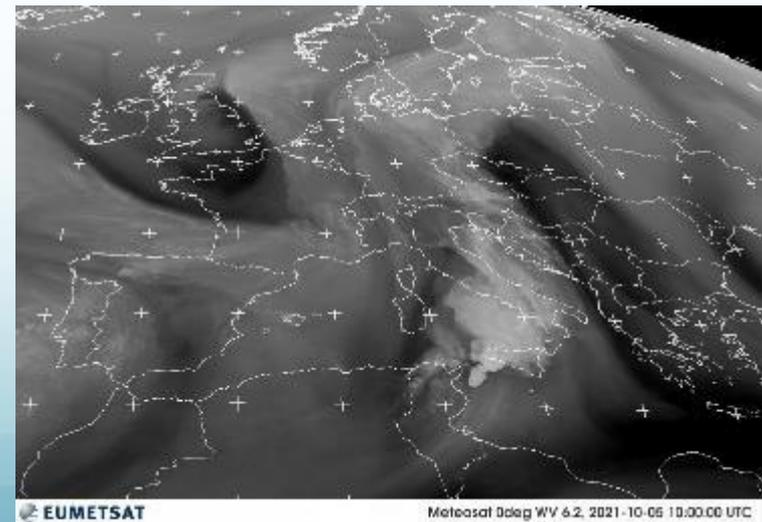
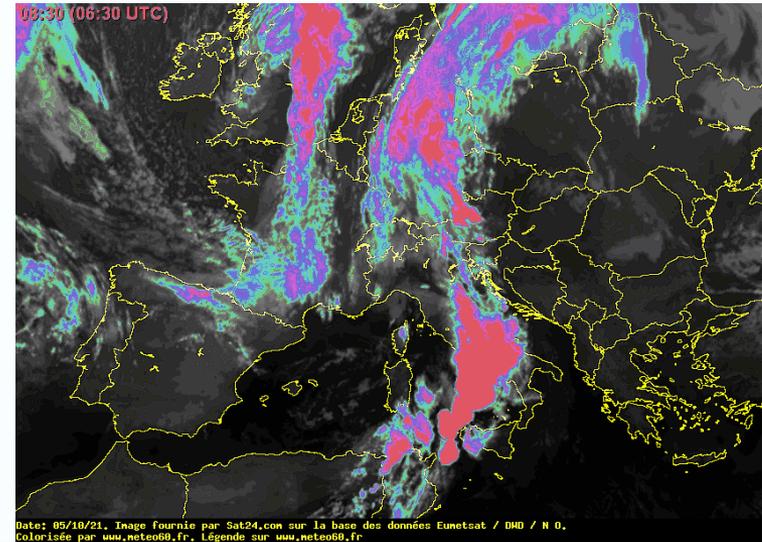
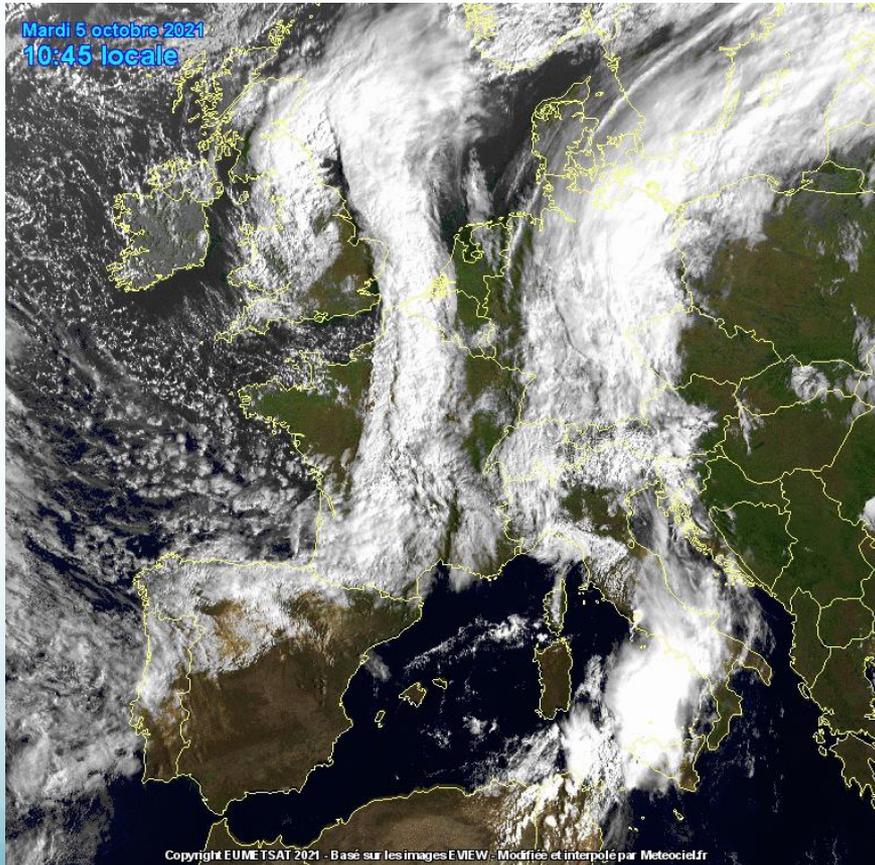
Pro : alta risoluzione spaziale

Contro: vasti buchi osseervativi

Misure meteo-marine, criticità e stato dell'arte

Osservazioni :

SATELLITARI Geostazionari



<https://www.eumetsat.int>

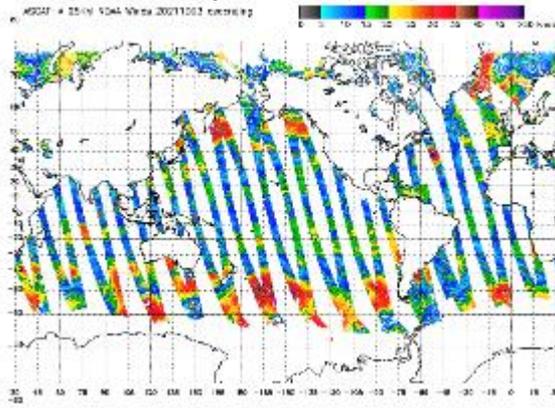
Misure meteo-marine, criticità e stato dell'arte

Osservazioni :

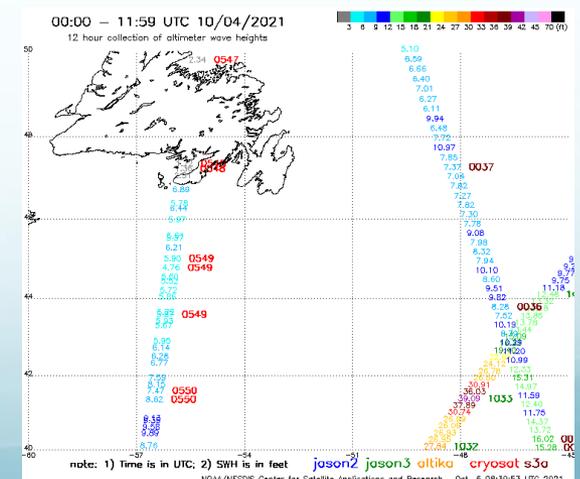
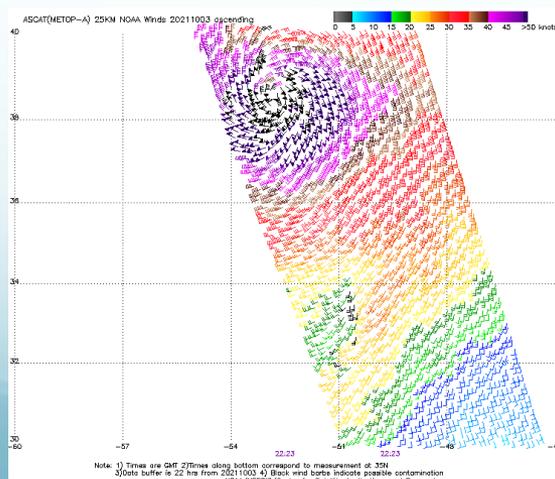
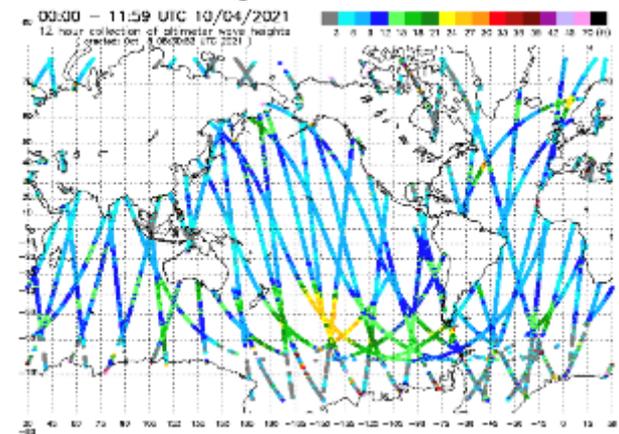
SATELLITARI

POLARI

Wind Speed (kn)



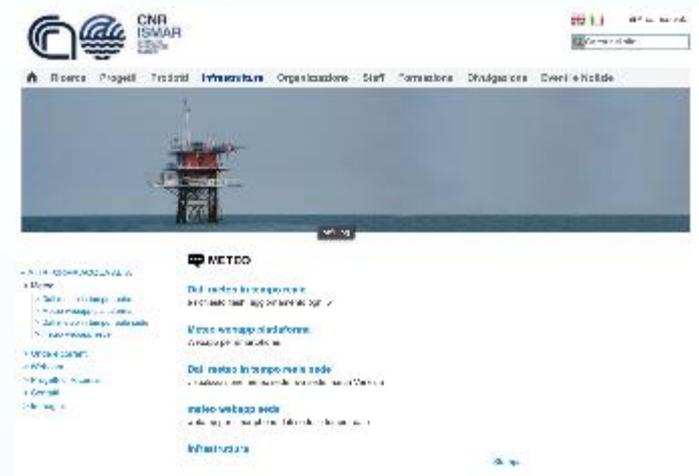
Altezza Significativa Onda (ft)



Osservazioni “live”(!?)

Osservazioni «live»:

1. Dati poco accentrati
2. Poche reti realmente «in diretta»
3. Forti difficoltà tecniche per la manutenzione



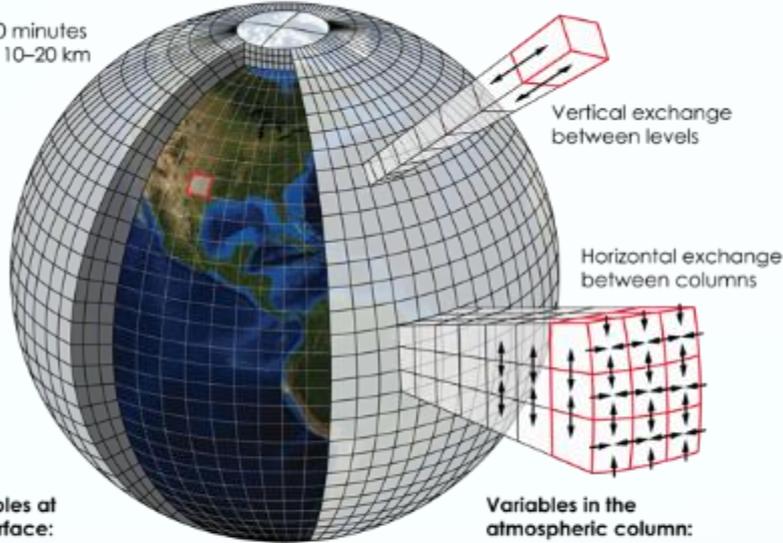
Reti live:

- ARGO
- Reti ondametriche
- Reti di stazioni meteo
- Stazioni multi-parametriche (Es. stazione «Acqua Alta iSMAR Venezia»)
- Reti amatoriali

Dall'osservazione alla "previsione"

Weather forecast modeling

Timestep 5–10 minutes
Grid spacing 10–20 km



Variables at the surface:

- Temperature
- Humidity
- Pressure
- Moisture fluxes
- Heat fluxes
- Radiation fluxes

Variables in the atmospheric column:

- Wind vectors
- Humidity
- Clouds
- Temperature
- Height
- Precipitation
- Aerosols

Numerical Weather Forecast Model (governing equations)

Momentum equations

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -u \frac{\partial u}{\partial x} - v \frac{\partial u}{\partial y} - w \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + f_v$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -u \frac{\partial v}{\partial x} - v \frac{\partial v}{\partial y} - w \frac{\partial v}{\partial z} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} - f_u$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} = -u \frac{\partial w}{\partial x} - v \frac{\partial w}{\partial y} - w \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g$$

Thermodynamic equation

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -u \frac{\partial \theta}{\partial x} - v \frac{\partial \theta}{\partial y} - w \frac{\partial \theta}{\partial z} + \dot{Q}$$

Mass continuity equation

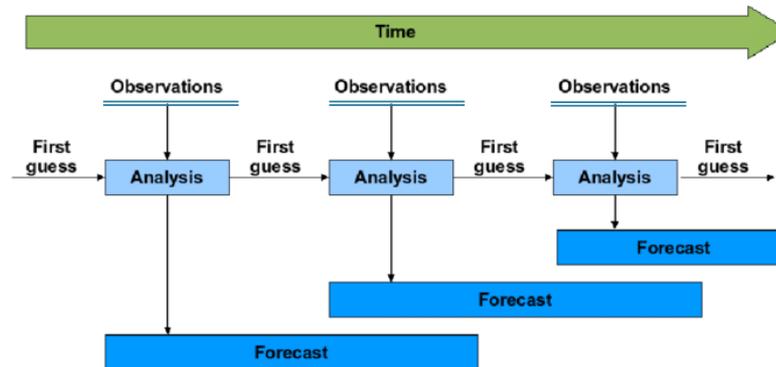
$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -u \frac{\partial \rho}{\partial x} - v \frac{\partial \rho}{\partial y} - w \frac{\partial \rho}{\partial z} - \rho \nabla \cdot \vec{V}$$

Moisture equation

$$\frac{\partial q}{\partial t} = -u \frac{\partial q}{\partial x} - v \frac{\partial q}{\partial y} - w \frac{\partial q}{\partial z} + \text{micro}(q)$$

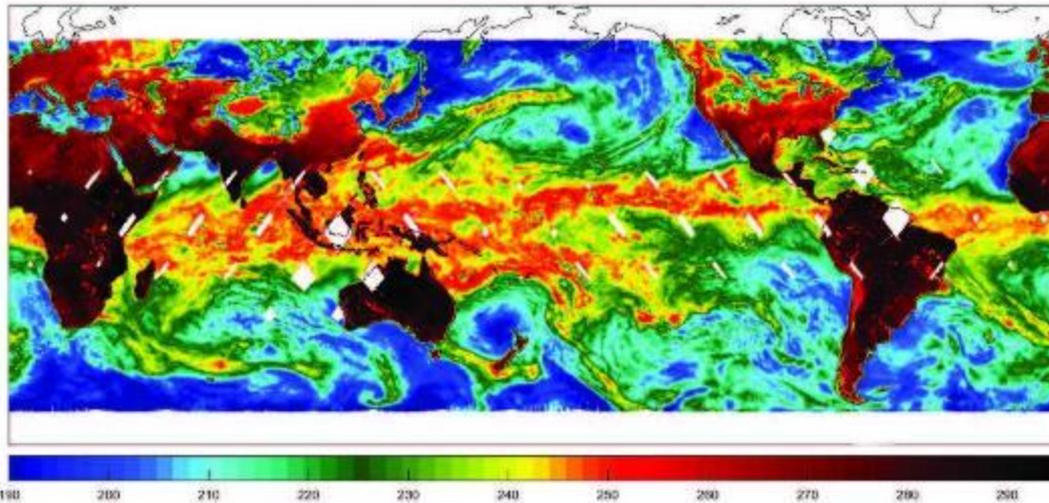
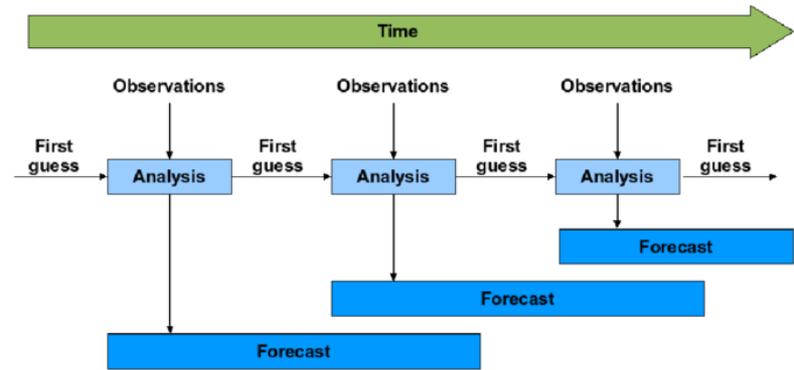
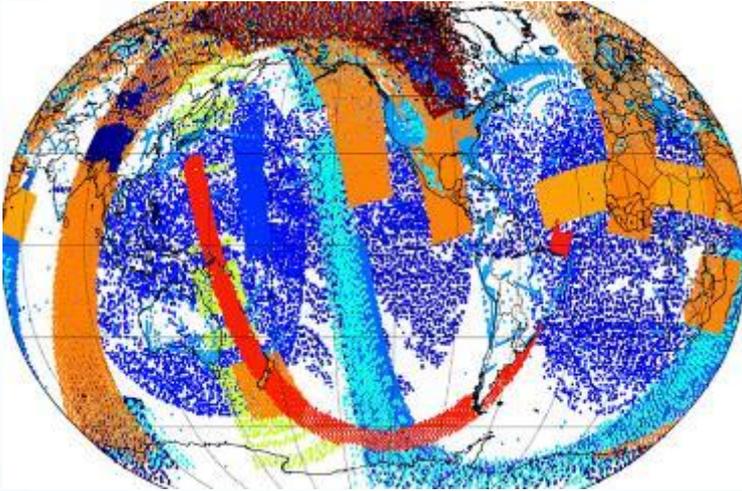
Ideal gas law

$$p = \rho R T$$



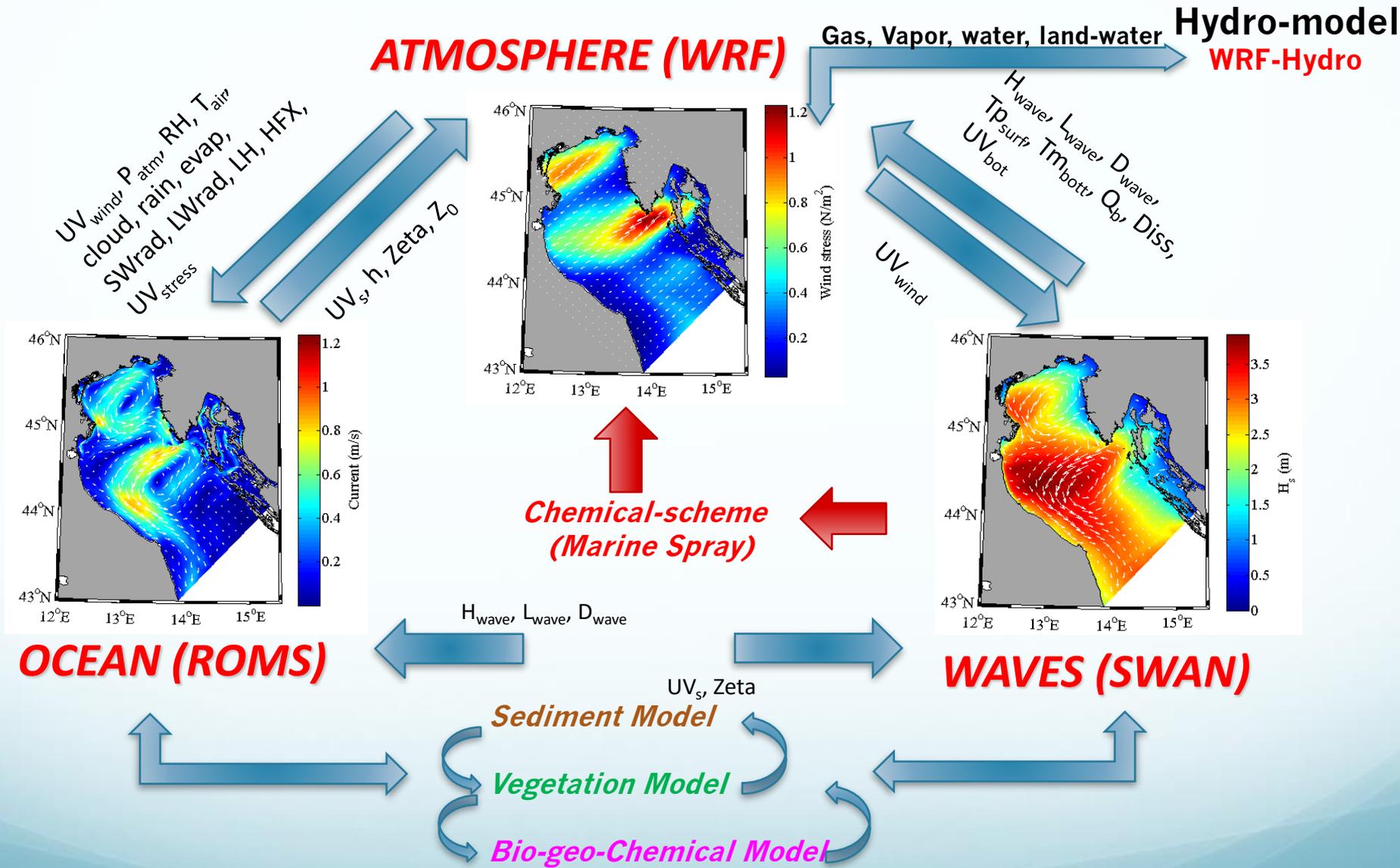
Dall'osservazione alla "previsione" *Dal DISCRETO al CONTINUO*

DATI ASSIMILATI DAL CENTRO METEO EUROPEO



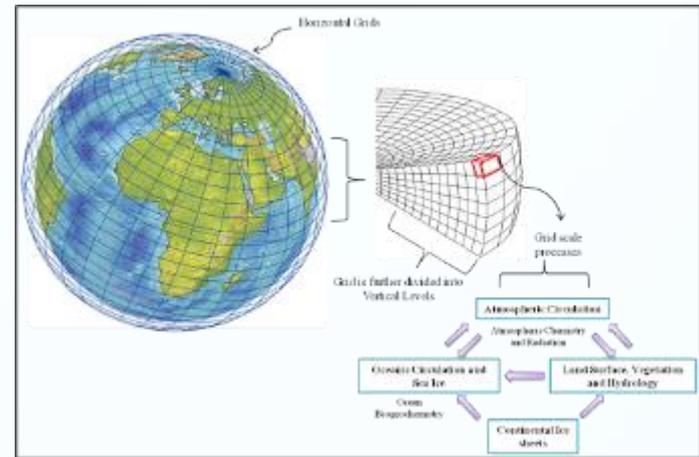
Complesse tecniche di assimilazione dei dati satellitari, al suolo, in mare, in situ, Per creare le condizioni iniziali che «avviano» i modelli di previsione

Previsioni numeriche : approccio "accoppiato"



Dalla “larga scala” alla “scala locale”

Modelli globali (large scale model)

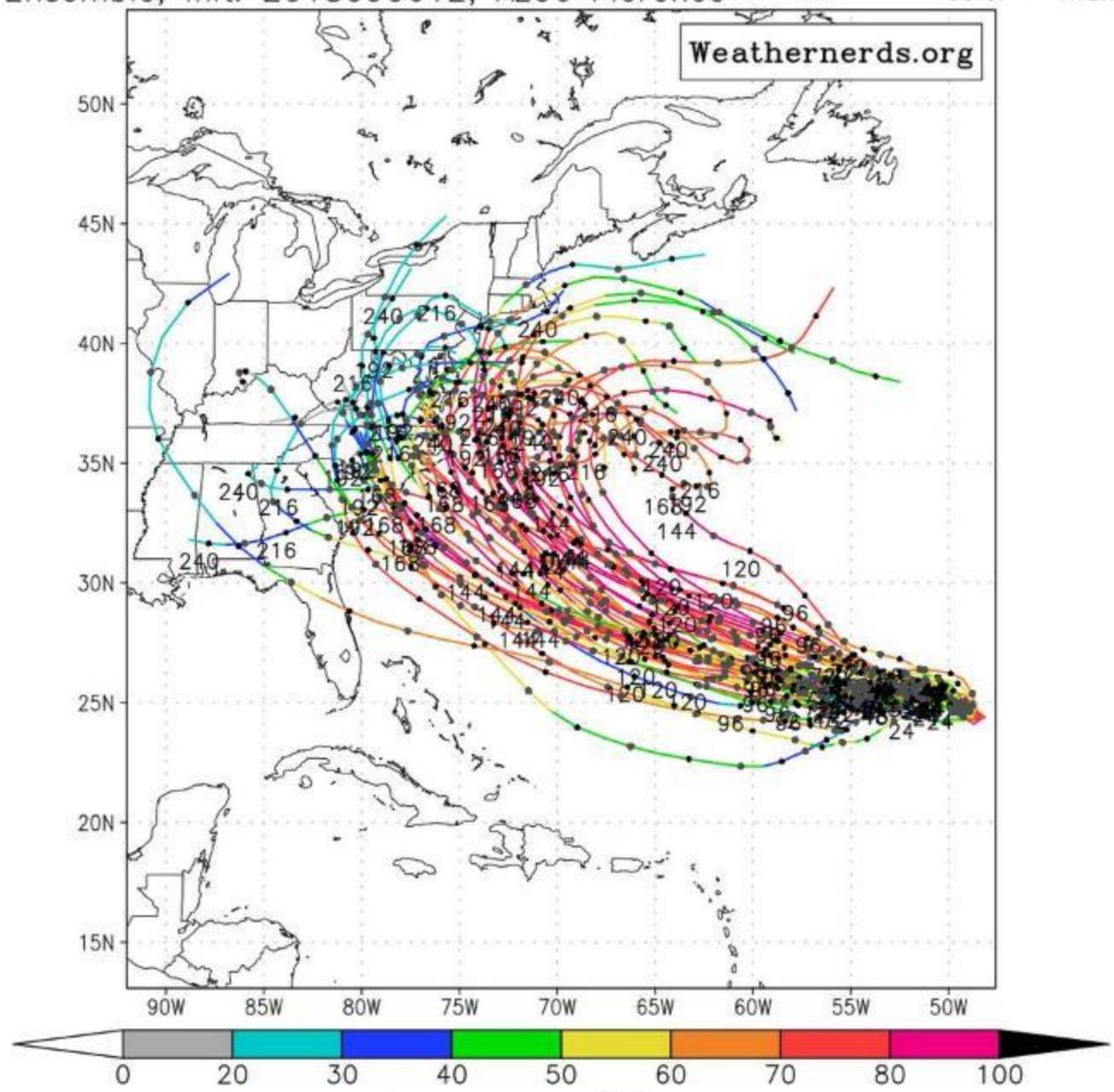


- Modelli adatti alla simulazione dei fenomeni fisici (atmosferici o marini) a scala globale, ovvero effettuando calcoli contemporaneamente su tutto il globo.
- Hanno un dettaglio più basso (bassa risoluzione)
- Usano schemi numerici di «bontà» generale (es. ottimi alle medie latitudini, meno efficaci ai tropici)
Chiusura dei poli.

ECMWF Ensemble, init: 2018090612, AL06 Florence color = max wind (kt)

Weathernerds.org

Forecast skill (%)



JH
SH



2013

Dalla “larga scala” alla “scala locale”

Modelli «PREVISIONE» PASSATO (HINDCAST)

Sino ad ora abbiamo parlato di dati, tipologie di dati, modelli di previsione. con gli stessi approcci numerici, i modelli di «previsione» possono essere usati per simulare eventi passati (es. una tempesta o un evento estremo di cui non abbiamo dati in un determinato posto). Questo approccio si chiama «HINDCAST» e si basa sull'usare dati di MODELLI GLOBALI che hanno prodotto simulazioni Per tutto il mondo negli ultimi 70 anni circa, e con questi dati si avvia la Simulazione con il modello LAM ad alta risoluzione.

SIMULAZIONE
GLOBAL MODEL
DEL PASSATO

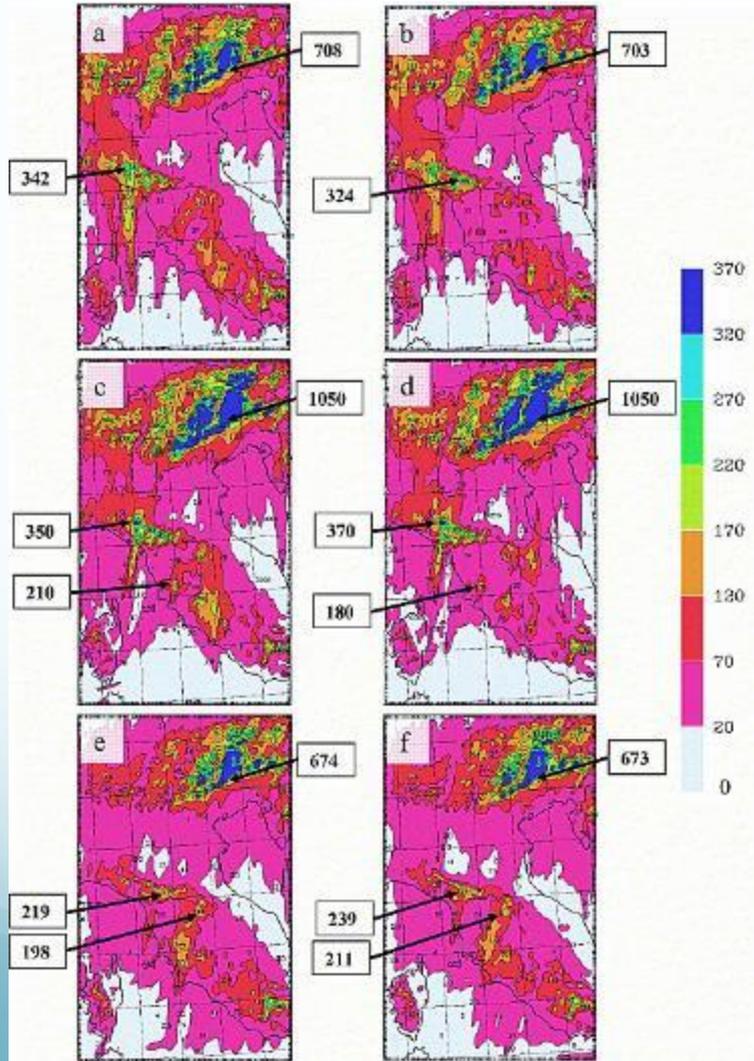


RITAGLIO I DATI E
GENERO UNA SIMULAZIONE
DELL'EVENTO PASSATO, AD
ALTISSIMA RISOLUZIONE

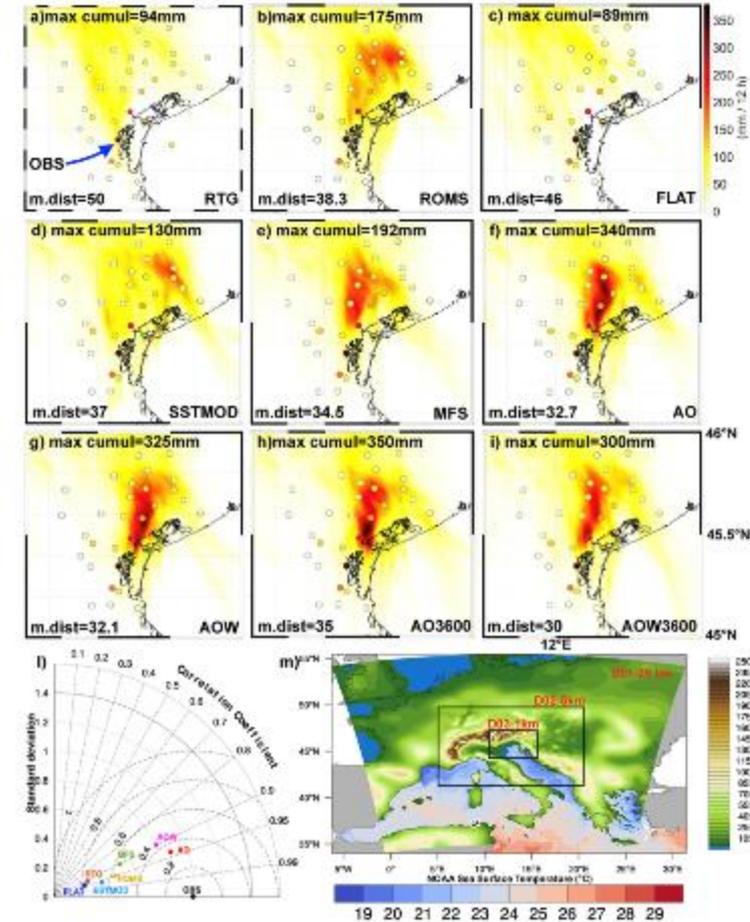
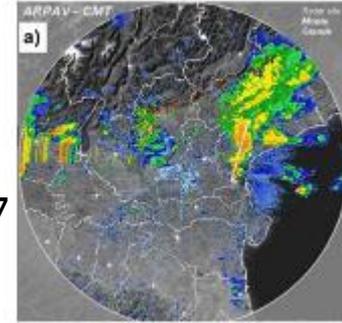
Dalla "larga scala" alla "scala locale"

Modelli «PREVISIONE» PASSATO (HINDCAST)

Alluvione 1966 (Malguzzi et al 2006)



Alluvione Venezia 2007 (Ricchi et al 2021)



Dalla “larga scala” alla “scala locale”

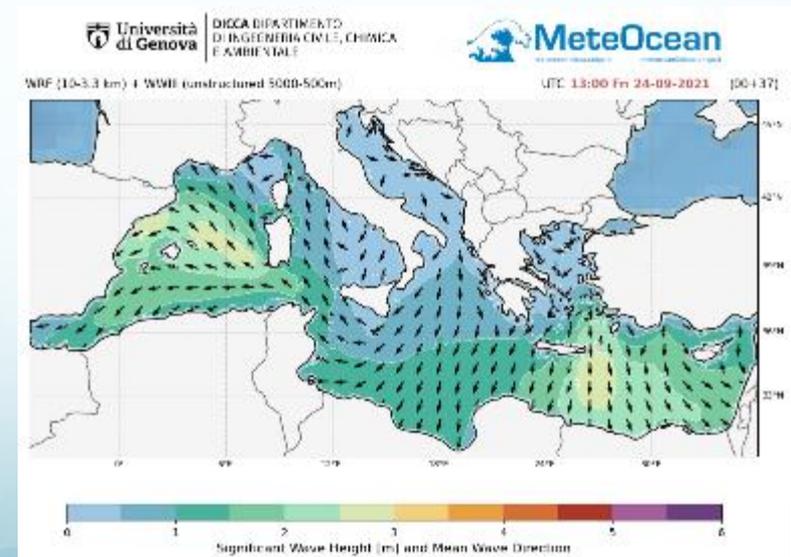
Modelli PREVISIONE ONDE

I medesimi approcci, e problematiche simili possono traslate sui modelli di moto ondoso.

- Anche se questi modelli possono essere numericamente diversi dai modelli atmosferici o oceanici, sono fortemente dipendenti dalla risoluzione della griglia (ovvero il dettaglio con cui si discriminano i punti geografici su cui fare i calcoli)
- Sono fortemente influenzati dalla forzante del vento. La «qualità» del vento che genera le onde nel modello di moto ondoso, guida anche la qualità della simulazione di onde, in particolare in eventi estremi e lungo la fascia costiera



DICCA WW3 NUMERICAL
GRID from 5km to 500 mt



WAVE forecast results

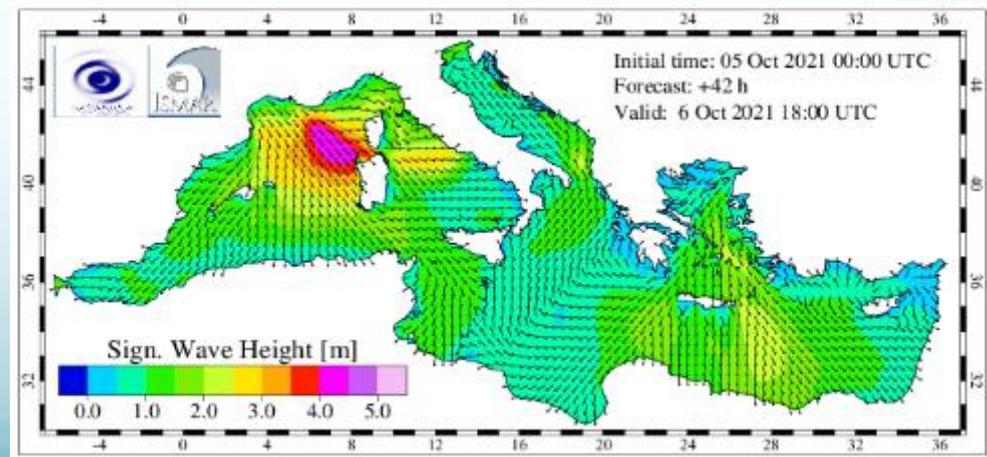
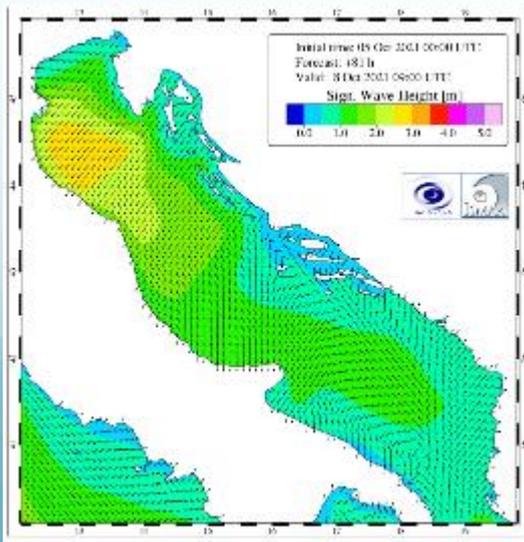
Dalla “larga scala” alla “scala locale”

Modelli PREVISIONE ONDE

I medesimi approcci, e problematiche simili possono traslate sui modelli di moto ondoso.

- Anche se questi modelli possono essere numericamente diversi dai modelli atmosferici o oceanici, sono fortemente dipendenti dalla risoluzione della griglia (ovvero il dettaglio con cui si discriminano i punti geografici su cui fare i calcoli)
- Sono fortemente influenzati dalla forzante del vento. La «qualità» del vento che genera le onde nel modello di moto ondoso, guida anche la qualità della simulazione di onde, in particolare in eventi estremi e lungo la fascia costiera

CNR WAM NUMERICAL FORECAST



CONCLUSIONI

- L'enorme mole di dati atmosferici e oceanici non sempre sono uniformi nello spazio e nel tempo e sovente non è facile reperirli per chi non è del settore
- L'utilizzo di dati in diretta (satellitari e ground-based) non sono sempre Accentrati in un unico ente nazionale o sovranazionale, per questo si stà tentando di omogenizzare e rendere fruibili i dati mediante grandi contenitori (portali) come COPERNICUS e EUMETSAT
- L'uso di modelli numerici ad altra risoluzione sia atmosferici che marini permette previsioni sempre più «accurate» e dunque sistemi di allerta sempre più efficaci, ma bisogna pur sempre tener conto che non sono «perfetti», ANZI! Conosciamo ancora poco di molte dinamiche ambientali (e di questo va tenuto conto in tutte le sedi)