

Previsioni, incertezza, modelli meteo

Valentina Grasso Federica Zabini
CNR Ibimet Consorzio LaMMA

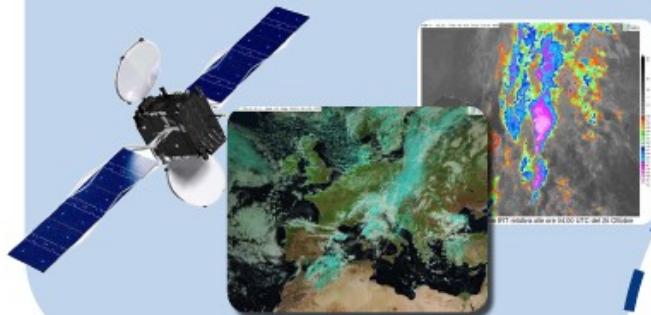
Come nasce una previsione meteo

LE OSSERVAZIONI

La base del lavoro del meteorologo è l'osservazione dei principali **PARAMETRI METEO**:

- temperatura dell'aria (a terra e in quota),
- precipitazione,
- vento, direzione e intensità,
- temperatura del mare
- umidità dell'aria
- radiazione solare

STRUMENTI DI MISURA SATELLITI



il previsore

interpreta dati e informazioni e le sintetizza nel bollettino meteo.
Fa lui la prima azione di **COMUNICAZIONE**.

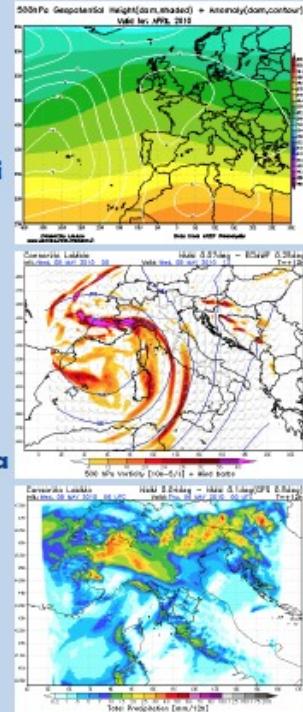
I MODELLI METEO



GLOBALI: sono sviluppati dai principali centri meteo internazionali e servono ad avere il panorama a grande scala. Hanno risoluzione più bassa, quindi non prevedono bene alcune dinamiche locali.

LOCALI: simulano in modo più accurato il territorio su una zona precisa, riuscendo a prevedere in modo migliore la ciroclazione locale.

Sono spesso sviluppati dai centri meteo regionali.



Le osservazioni

SYNOP:

stazioni meteo a
terra secondo WMO
standard



SHIP:

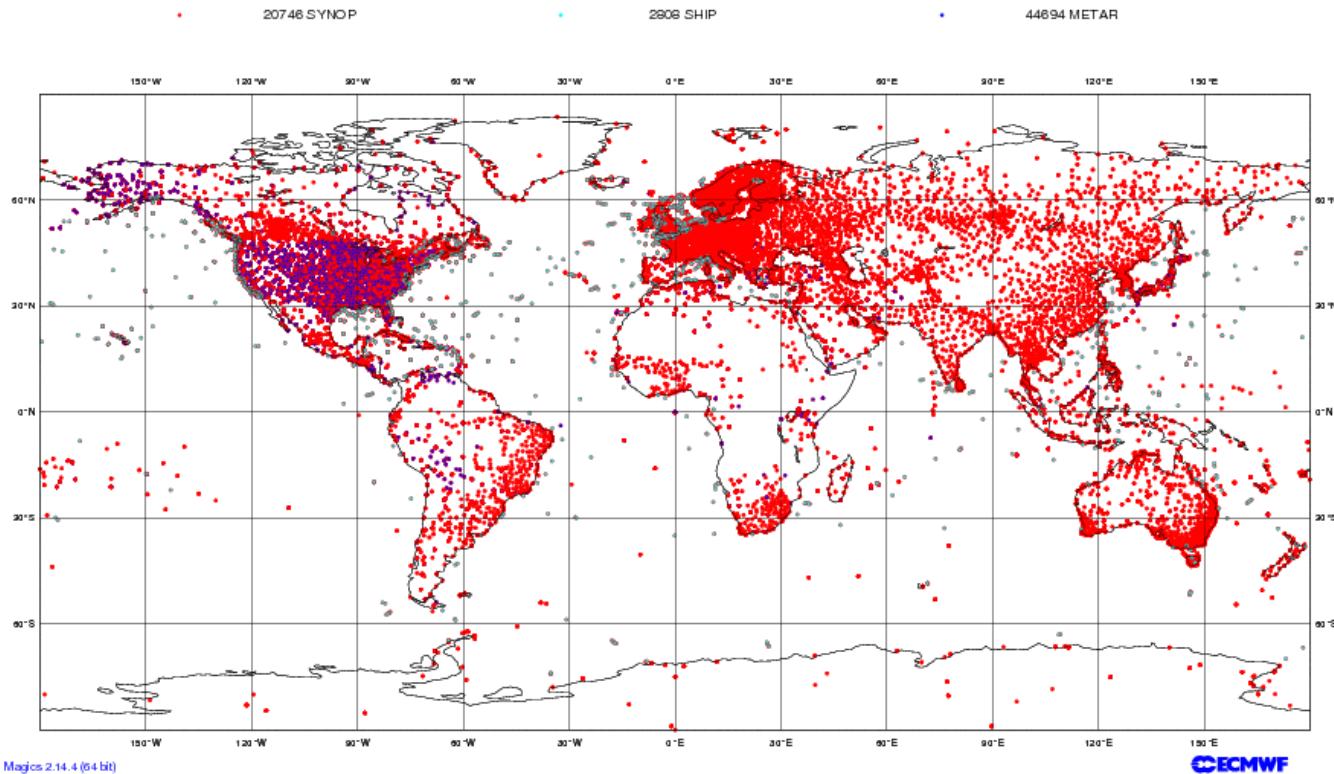
stazioni meteo su
navi oceanografiche



ECMWF Data Coverage (All obs DA) - Synop-Ship-Metar

29/Jan/2014; 00 UTC

Total number of obs = 68248

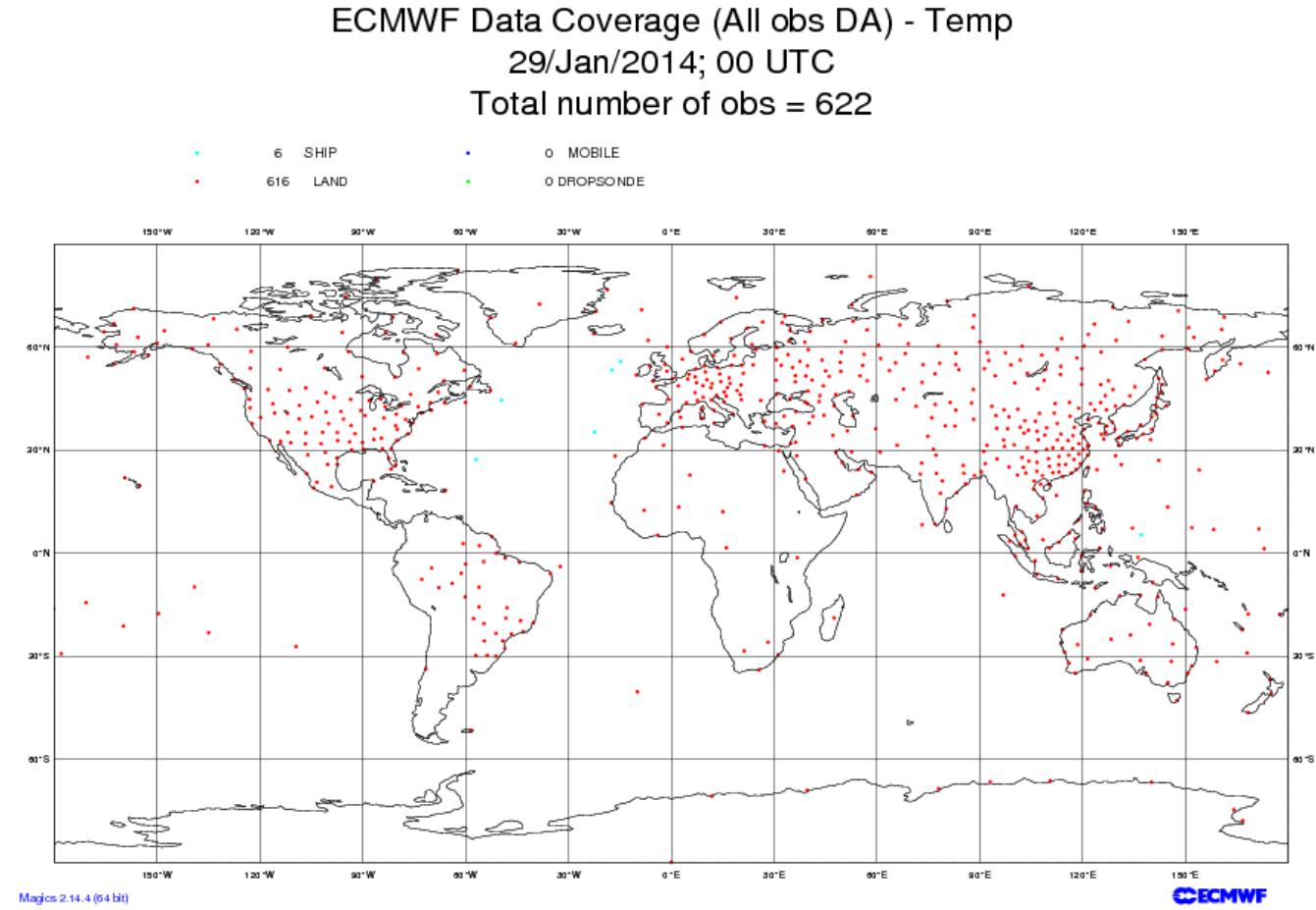


Magics 2.14.4 (64 bit)

CECMWF

Le osservazioni

TEMP:
rilevamenti
dell'atmosfera
con palloni
sonda

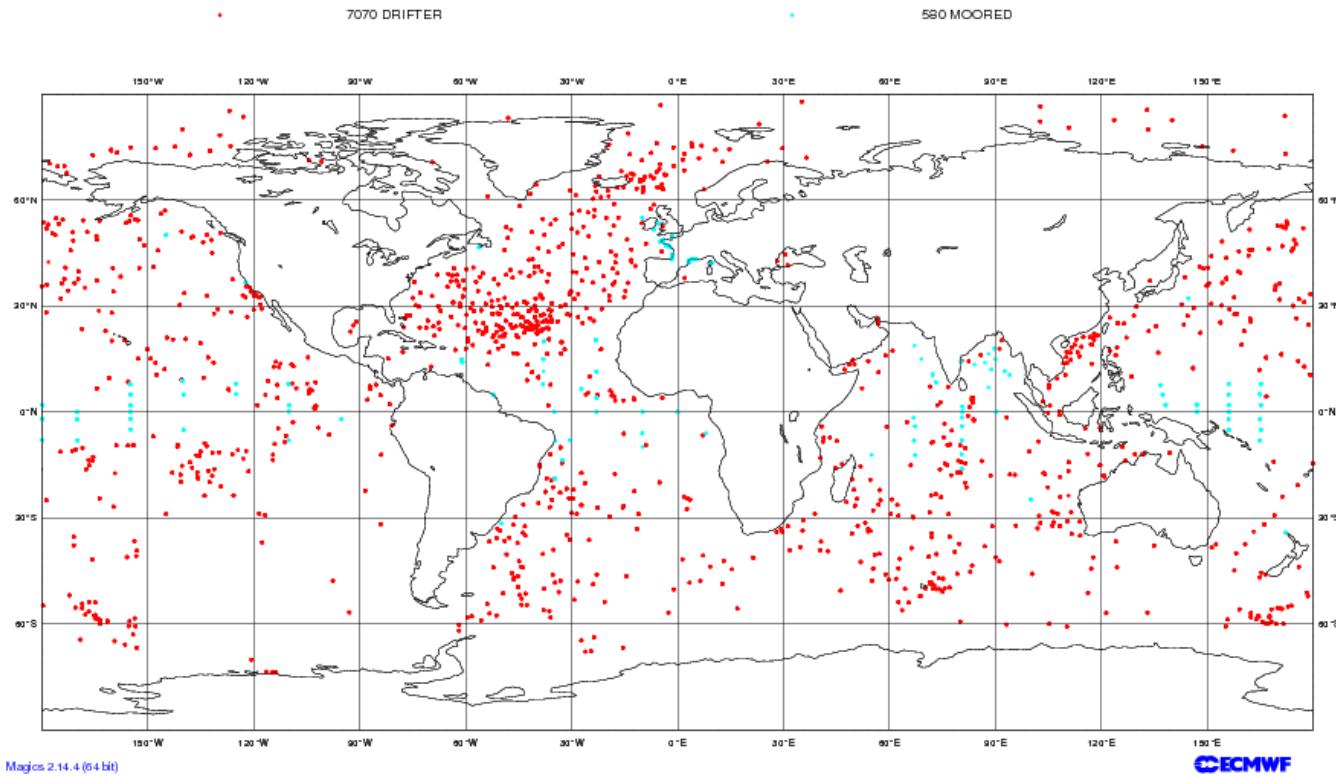


Le osservazioni

BUOYS: rilevamenti con boe oceanografiche



ECMWF Data Coverage (All obs DA) - Buoy
29/Jan/2014; 00 UTC
Total number of obs = 7650

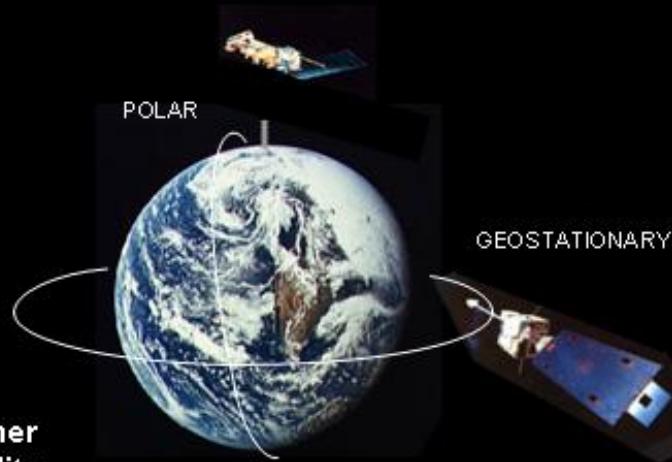


Osservazioni: satelliti

- **Geostazionari**

- Sono posti in orbita geostazionaria a circa 36000 km (si muovono alla stessa velocità della Terra). Il Meteosat si trova sopra il Golfo di Guinea, all'intersezione del meridiano di Greenwich con l'equatore.

- Vede sempre la stessa area geografica in continuum. Monitoraggio continuo. Satelliti MeteoSat forniscono immagini di Europa e Africa
- Weather Satellite Orbits



- **Polari**

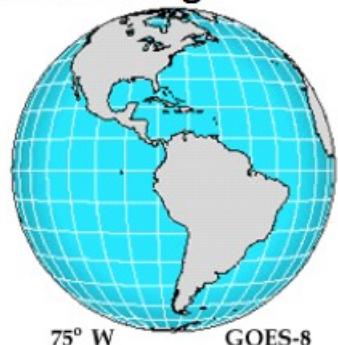
- Orbitano intorno ai due poli con orbite angolate rispetto alla rotazione terrestre. Si trovano ad un'altezza di circa 800 km. A causa del movimento combinato della Terra e del satellite occorrono parecchie orbite perché quest'ultimo transiti due volte alla portata di una stazione ricevente a terra.

Le immagini sono molto dettagliate.

Advantages

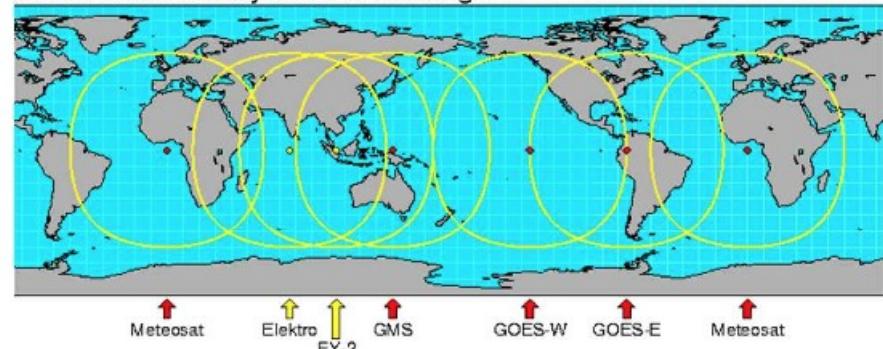
GEO

- Regional coverage



Disadvantages

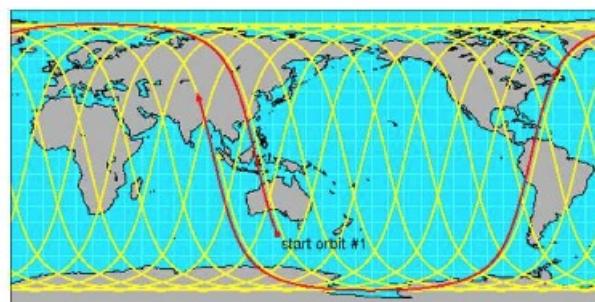
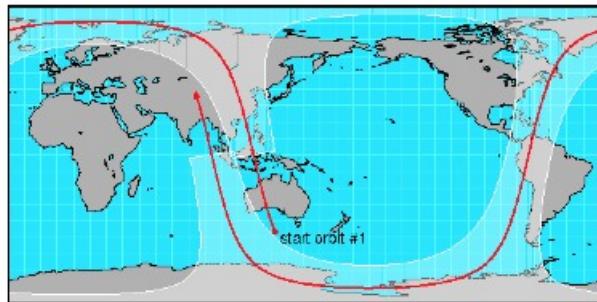
- No global coverage by single satellite**
Global Geostationary Satellite Coverage



- Temporal coverage

LEO

- Global coverage with single satellite

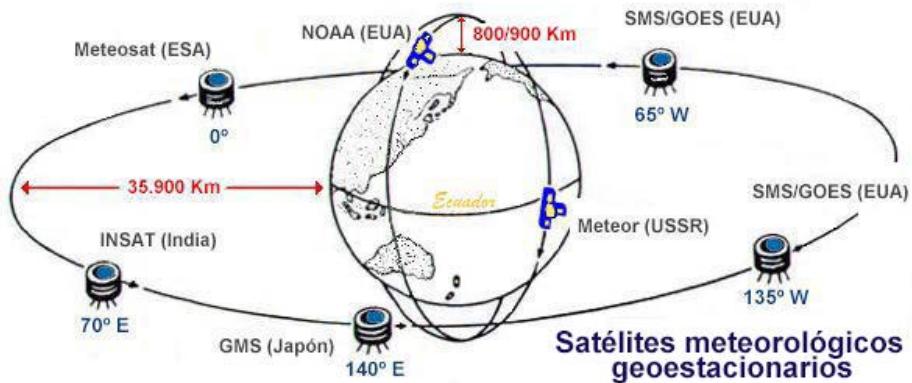


Osservazioni: SATELLITI

Geostazionari

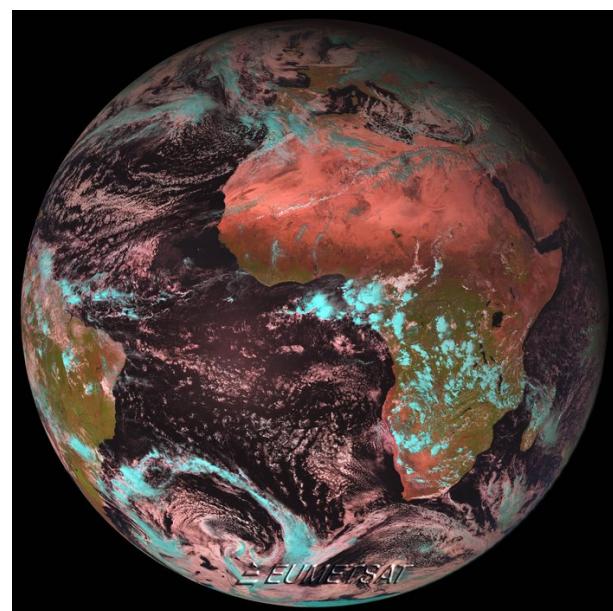
METEOSAT 10 MSG

Il Meteosat si trova sopra il Golfo di Guinea, all'intersezione del meridiano di Greenwich con l'equatore.



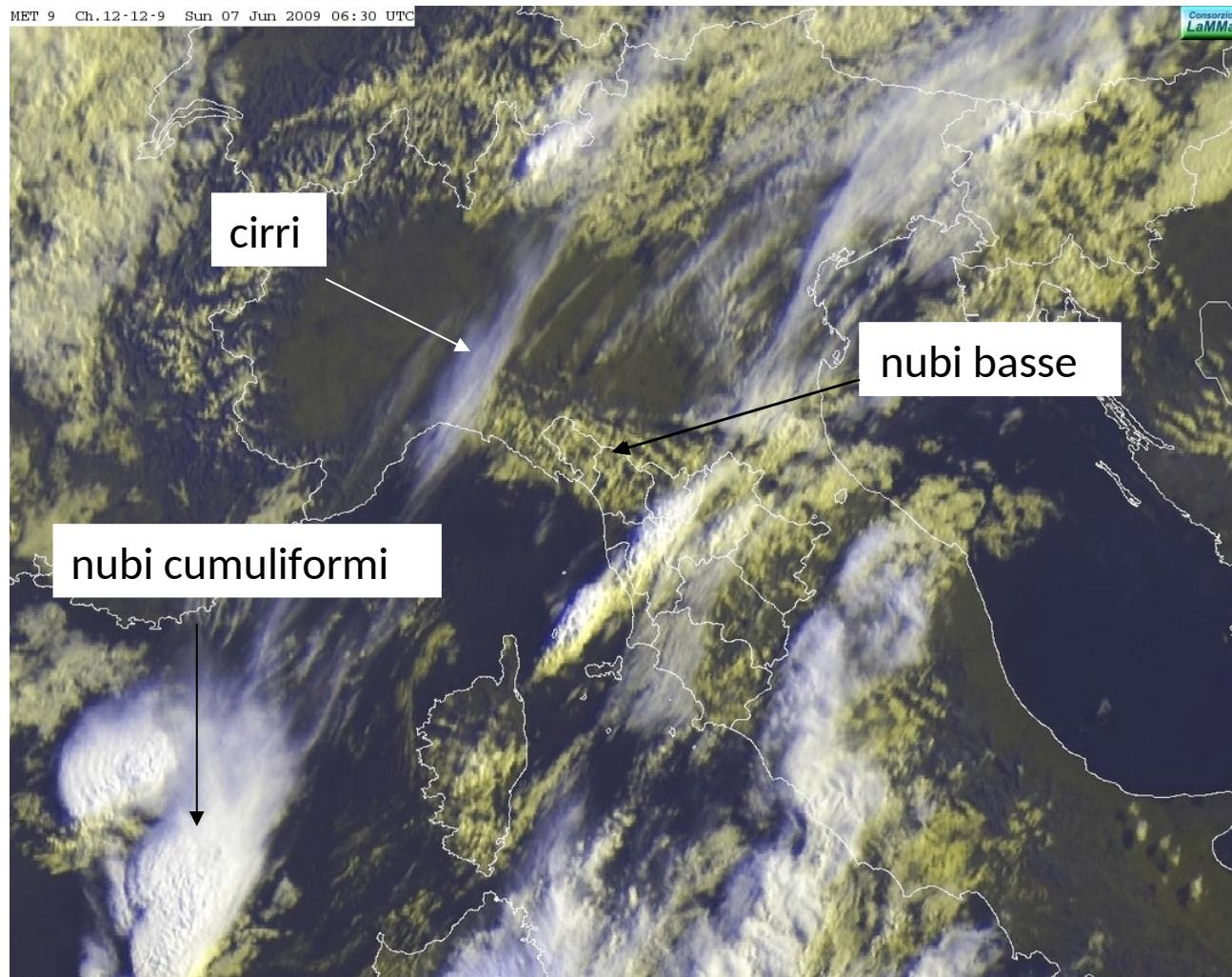
METEOSAT-1

FIRST IMAGE: 9 DEC 1977
COPYRIGHT ESR



STRUMENTI DI OSSERVAZIONE

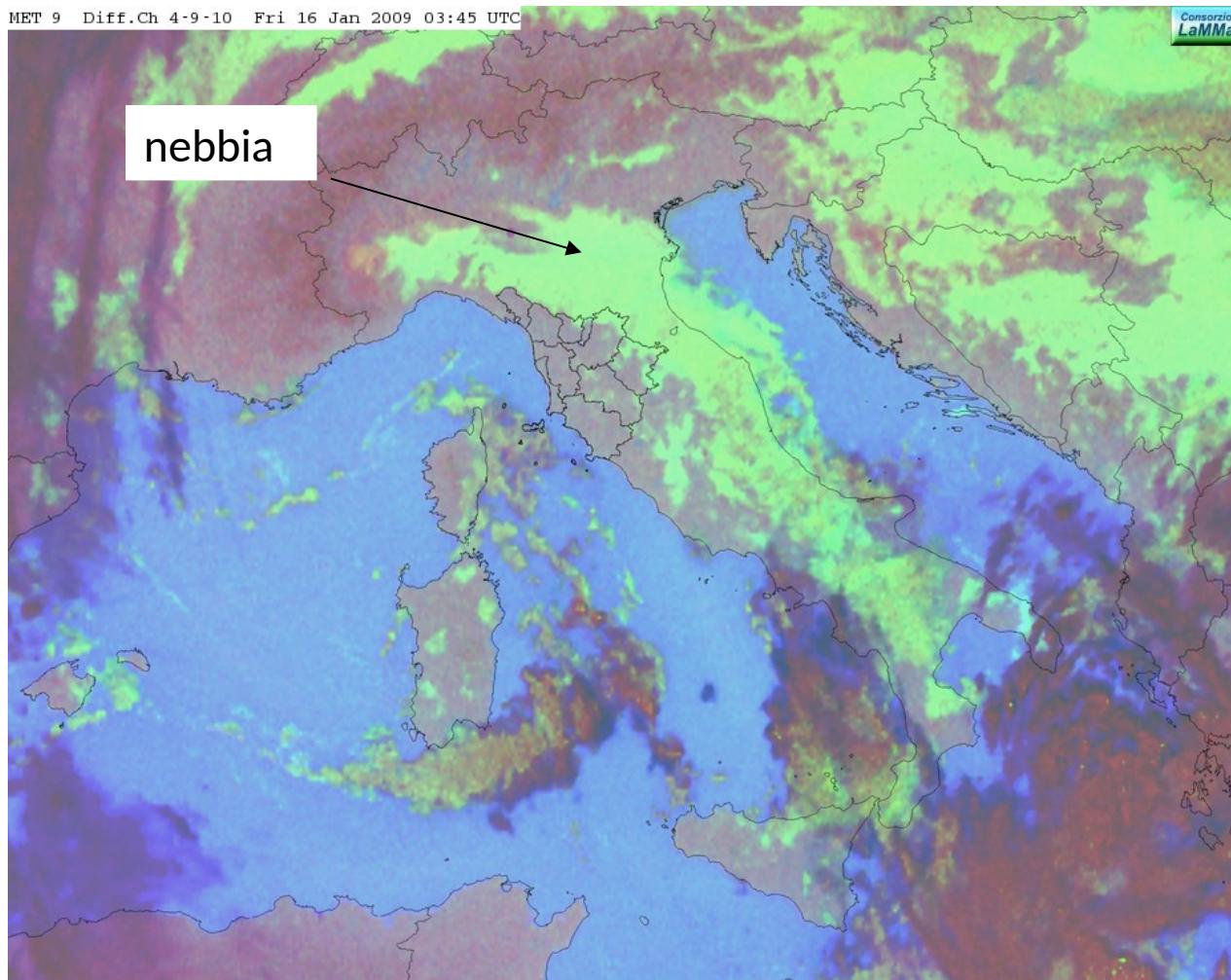
Satelliti - MSG – Meteosat 9



Canale visibile HRV

STRUMENTI DI OSSERVAZIONE

Satelliti - MSG - Meteosat 9



Composizione RGB per identificare la nebbia nelle ore notturne.

STRUMENTI DI OSSERVAZIONE

Satelliti - MSG – Meteosat 9

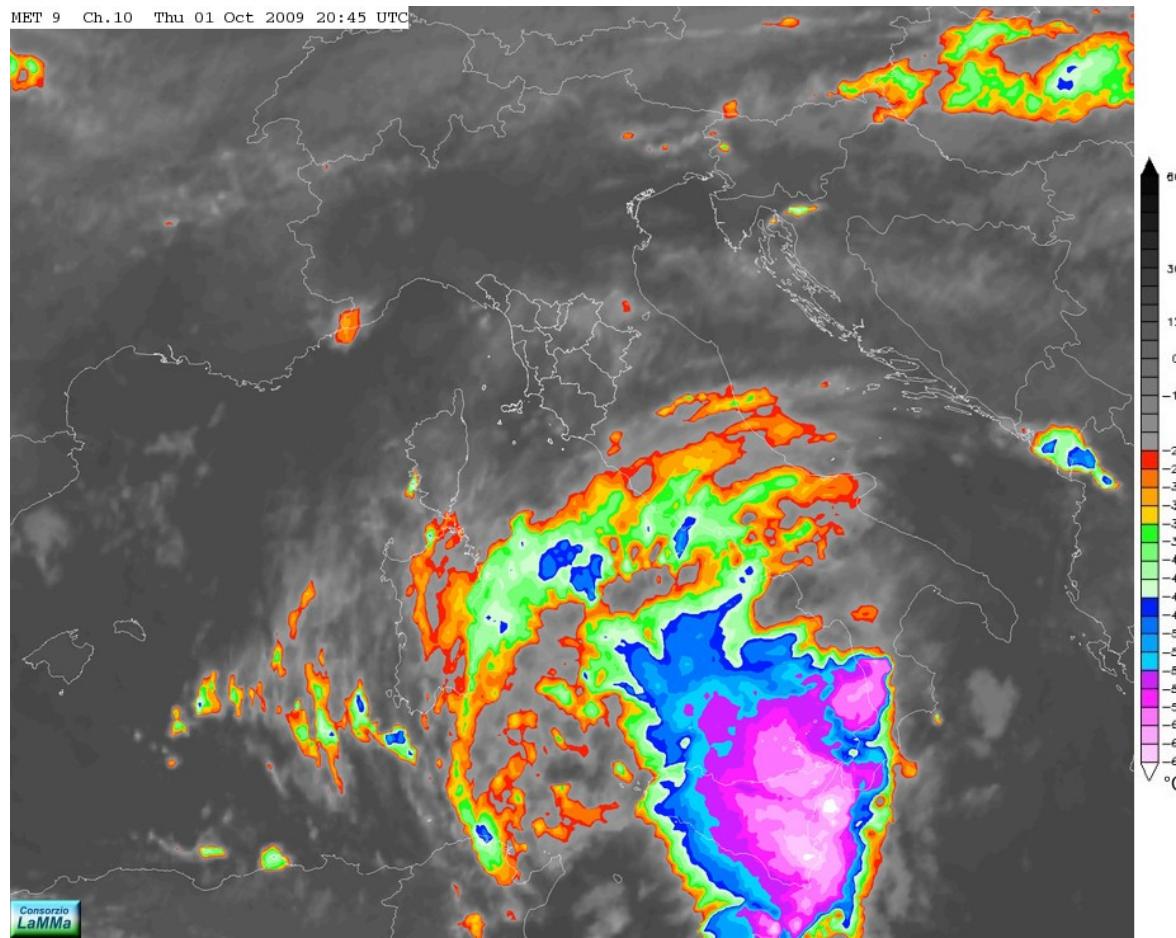


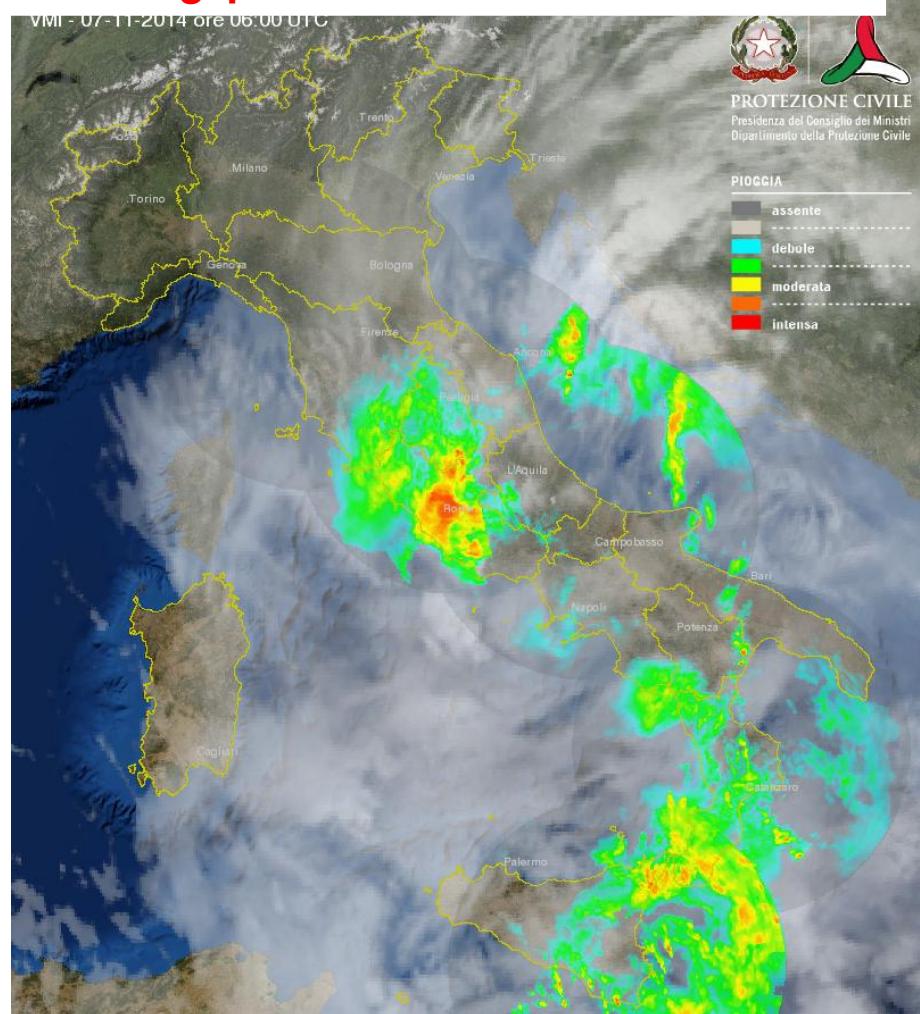
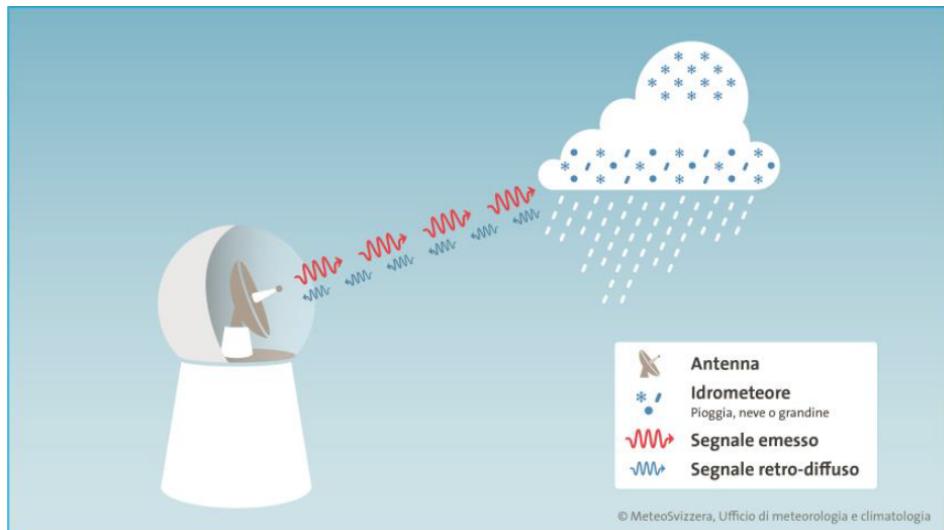
Immagine del canale 10 (infrarosso termico): le nubi sono colorate artificialmente per metterne in risalto la temperatura della superficie.

Temp. più bassa = nubi più alte

Osservazioni: radar

Nowcasting: previsione a brevissimo termine

Antenna radar emette un debole segnale elettromagnetico in atmosfera; quando incontra la precipitazione “rimbalza”; dall’analisi del segnale di eco che ritorna all’antenna si derivano info sulla precipitazione e sulla sua distanza.



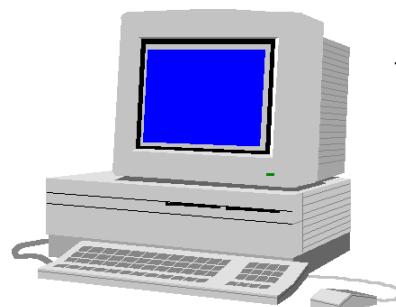
Modelli meteo

A partire dalla situazione attuale a livello globale (osservazioni) effettuano la previsione di parametri meteorologici per l'intero globo

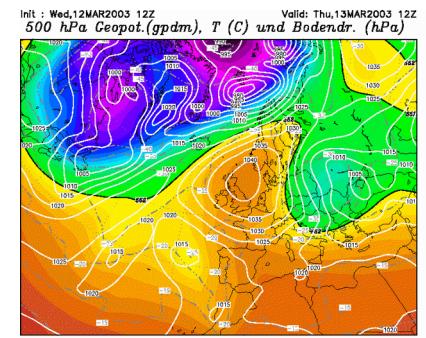


Dati satellitari

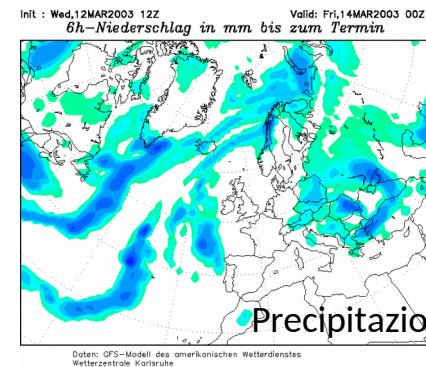
Modello globale
Equazioni del moto



Dati da reti di rilevamento globale:
- stazioni meteo
- boe
- palloni sonda



Pressione al livello del mare



Precipitazioni previste

Stato attuale atmosfera
ANALISI

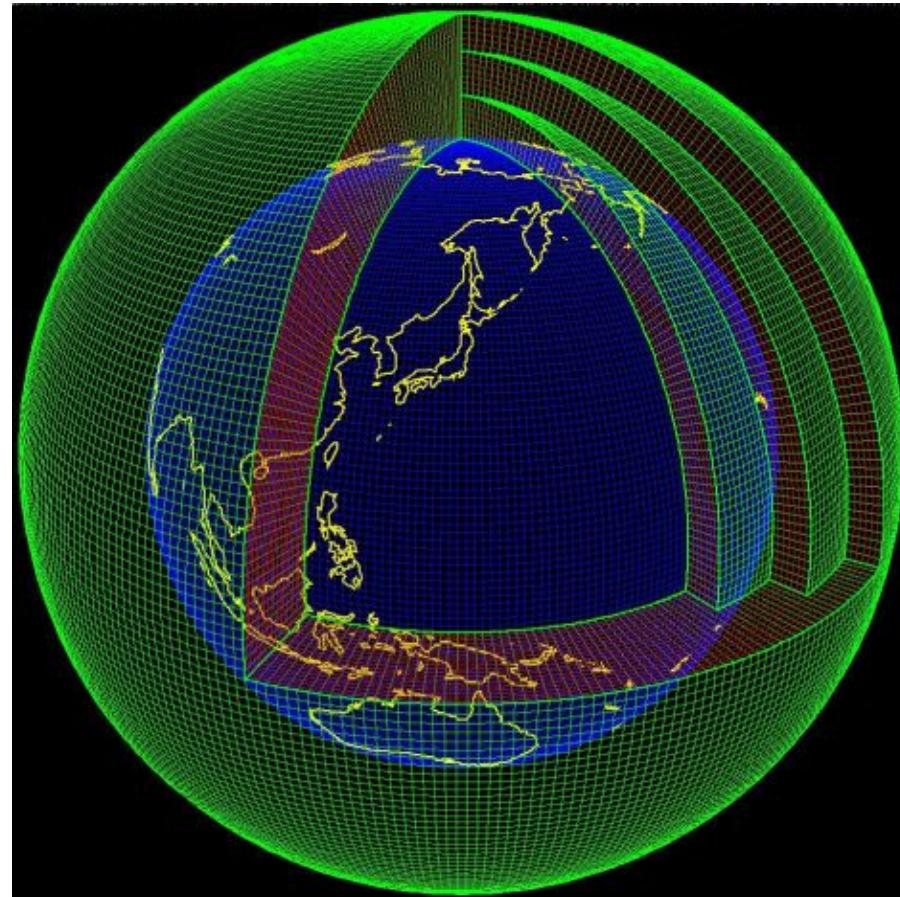
MODELLO
NUMERICO

Stato futuro dell'atmosfera
PREVISIONE

Modello meteorologico

Modelli matematici descrivono le leggi fondamentali della fisica dell'atmosfera includendo i processi di interazione e scambio con la superficie terrestre e gli oceani, attraverso sistemi di equazioni differenziali.

Temperatura, Pressione, Vento, Umidità e Radiazione vengono risolte su un grigliato regolare 3D su tutta la superficie terrestre (modelli globali) o su una porzione di essa (modelli ad area limitata)



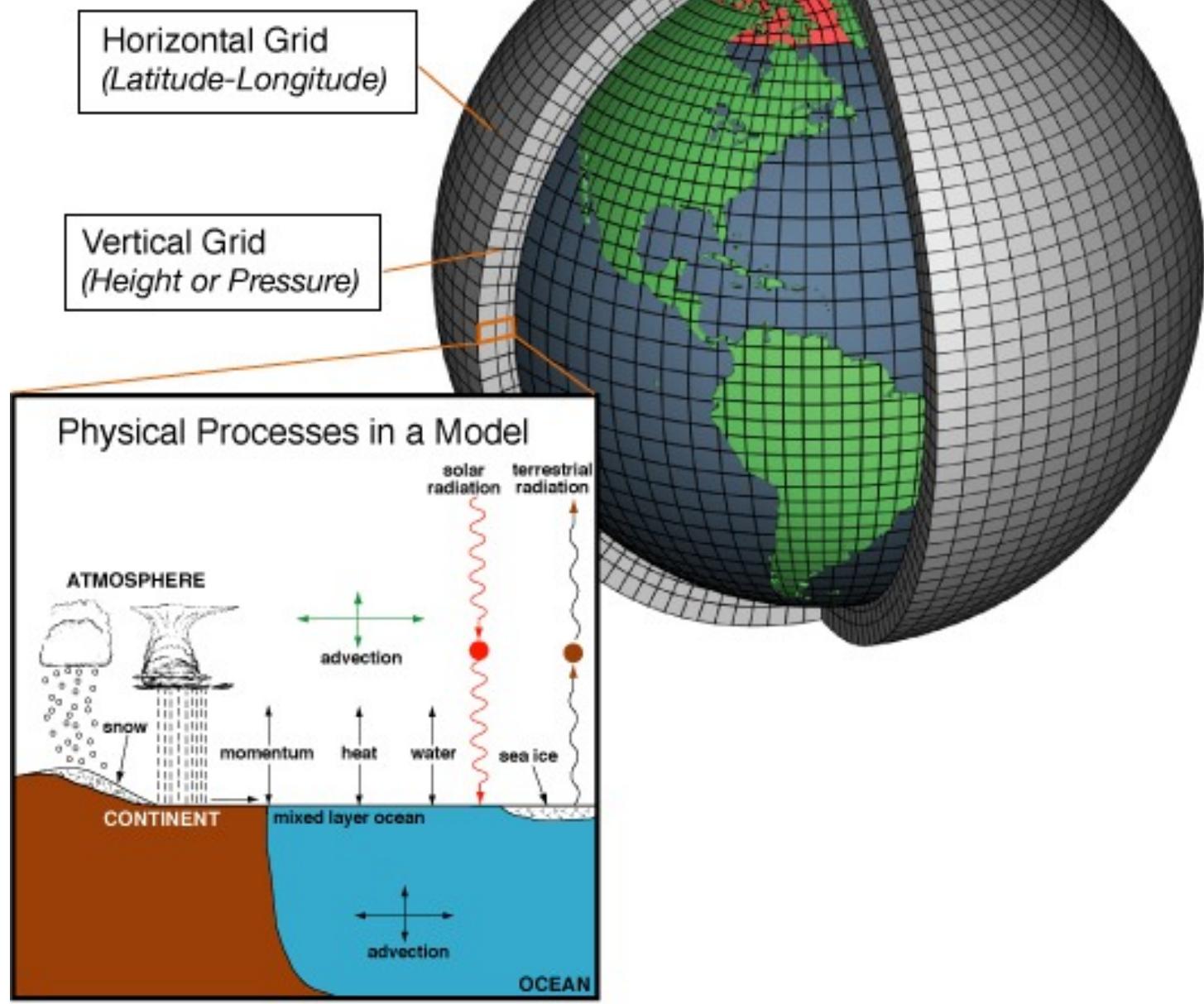
L'elaborazione del modello richiede calcolatori tanto più potenti quanto più "raffinata" è la simulazione.

ECMWF cluster



Il supercomputer del Centro Europeo per le previsioni a medio termine

Modello globale



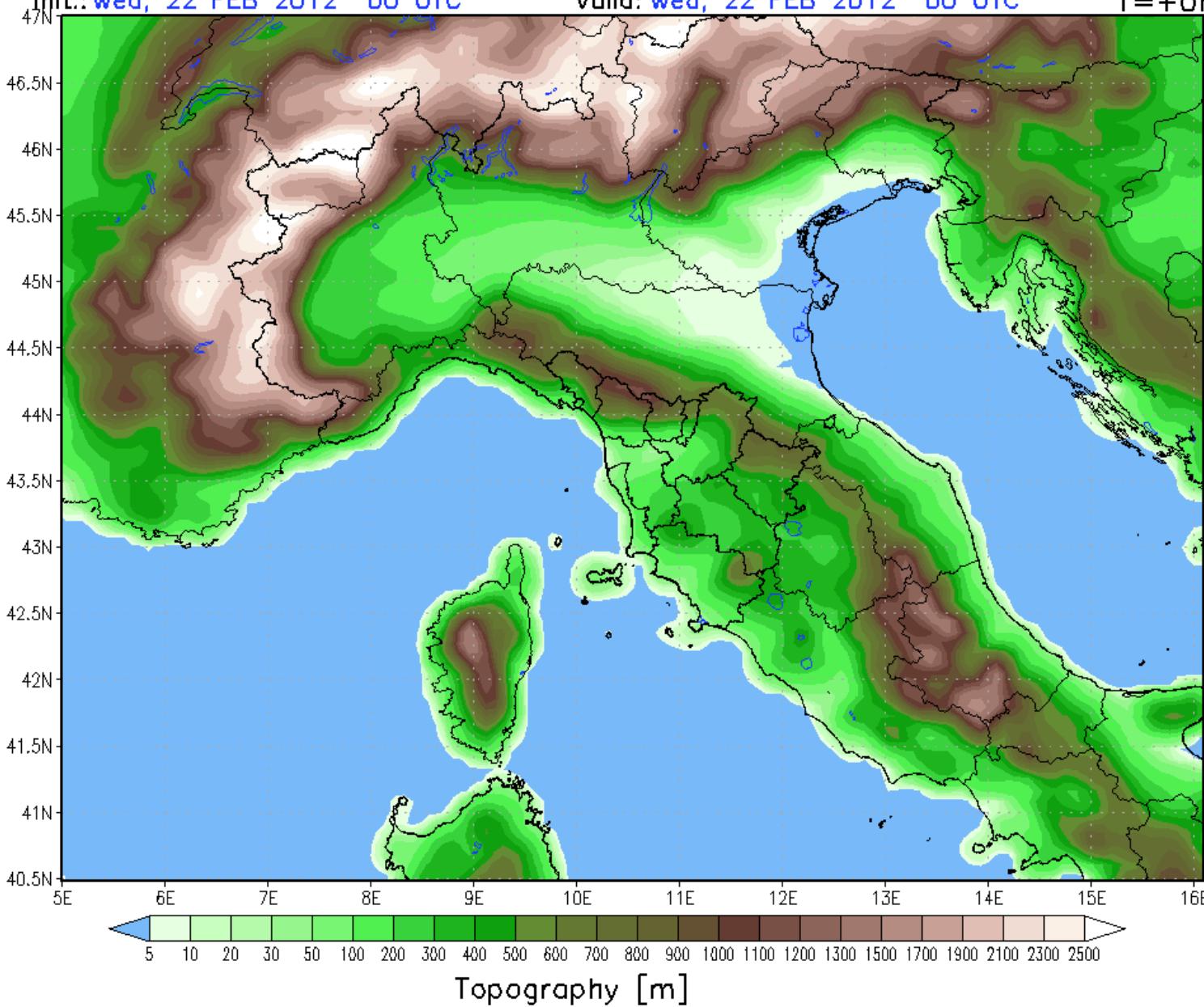
12 km DETTAGLIO Toscana

Consorzio LaMMA

Init.: **Wed, 22 FEB 2012 00 UTC**

ARW 0.1deg – ECMWF 0.12deg

Valid: **Wed, 22 FEB 2012 00 UTC** T=+0h



3 km risoluzione DETTAGLIO Toscana

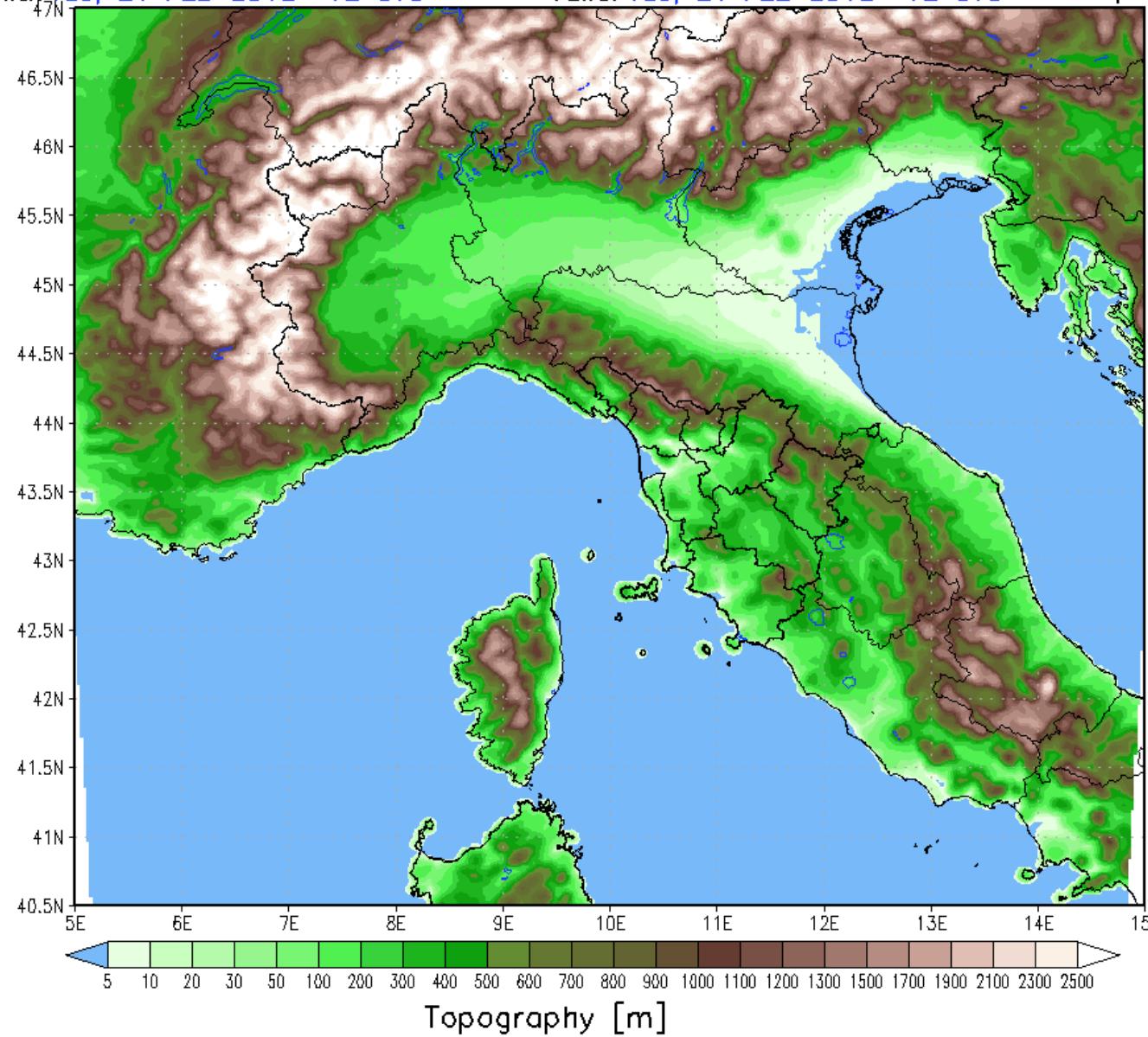
Consorzio LaMMA

Init: Tue, 21 FEB 2012 12 UTC

ARW 0.03deg - (ECM 0.125deg)

Valid: Tue, 21 FEB 2012 12 UTC

T=+0K



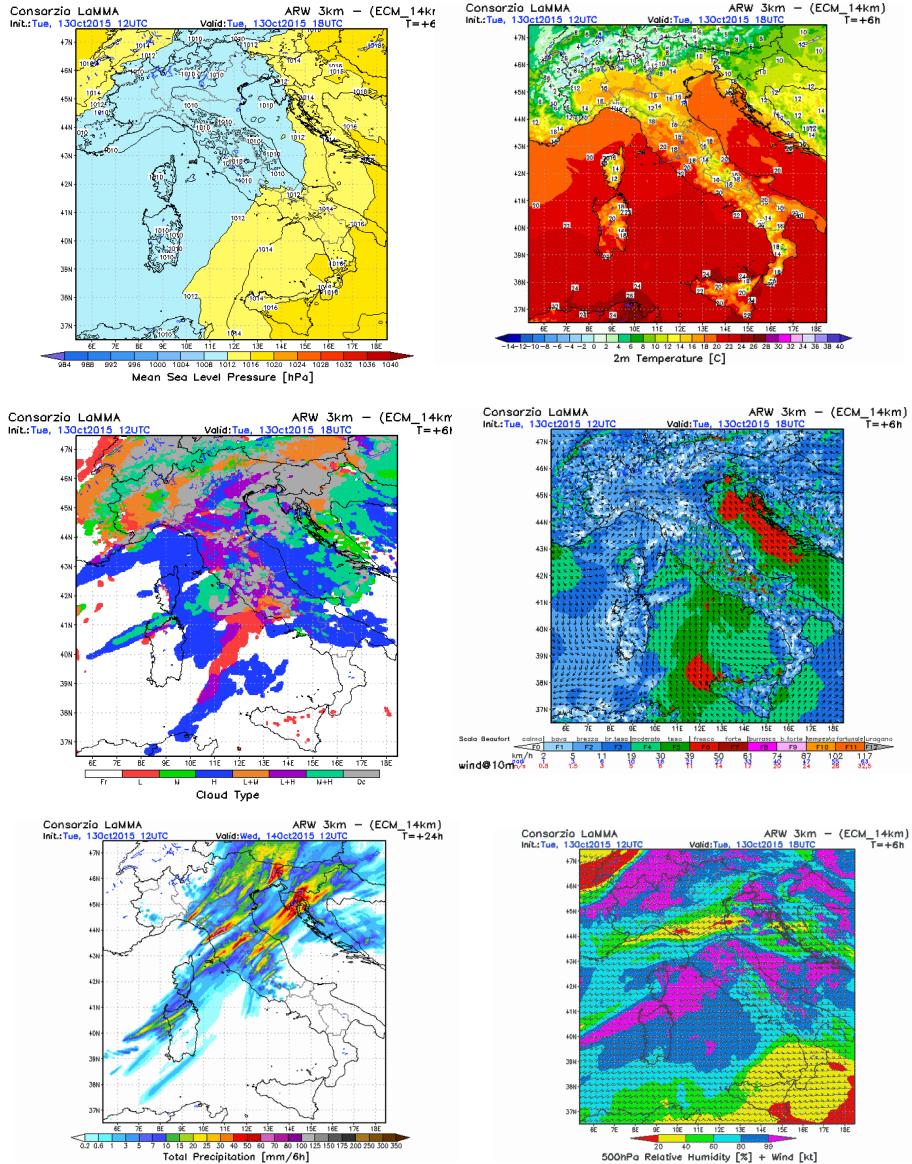
Uscite dei modelli

Ogni volta che il modello locale (LAM) “gira” calcola per ogni punto della griglia e per i diversi step temporali l’evoluzione dei diversi parametri dello stato dell’atmosfera, sia al suolo che in quota.

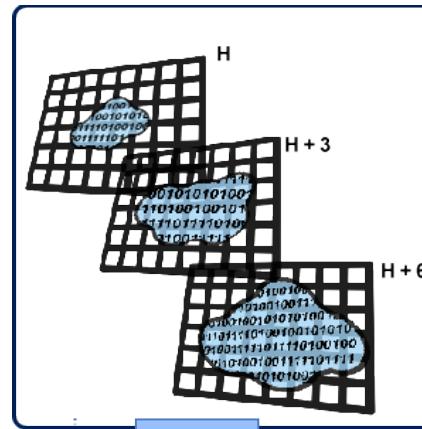
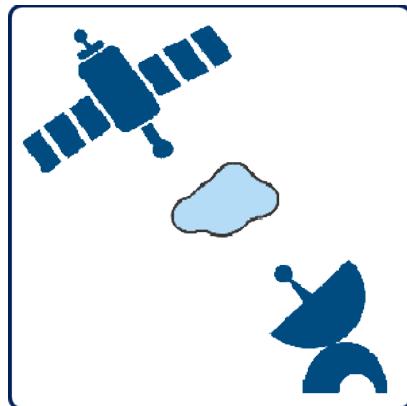
Per farlo ci mette un certo tempo che dipende dal numero di parametri che deve calcolare e dalla potenza di calcolo (es. Toscana: 50x400x400 x intervallo temporale)

**1 ora di simulazione =
480 milioni di calcoli**

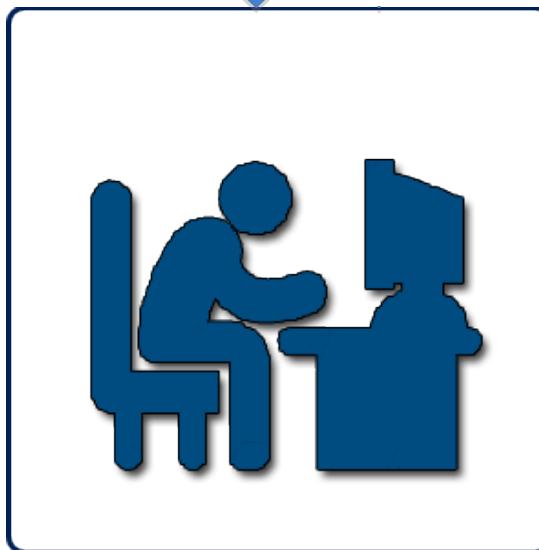
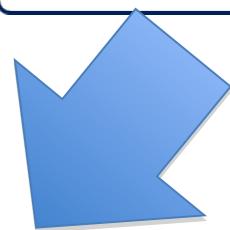
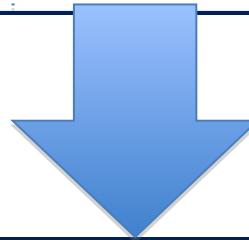
**Per una previsione a 3 gg =
34 miliardi di calcoli**



Il ruolo del previsore



Esperienza,
conoscenza della
climatologia,
orografia del
territorio, limiti
dei modelli



Perché si sbaglia?

Domanda

*Ma se oggi la tecnologia è così potente, se
abbiamo strumenti performanti,
tante conoscenze,
elevatissime capacità di calcolo,
perché si fanno ancora errori
nel prevedere il tempo?*

Esiste comunque un'incertezza

Difficoltà di avere osservazioni perfette

Imprecisioni
nell'analisi

Difficoltà a modellare i processi fisici

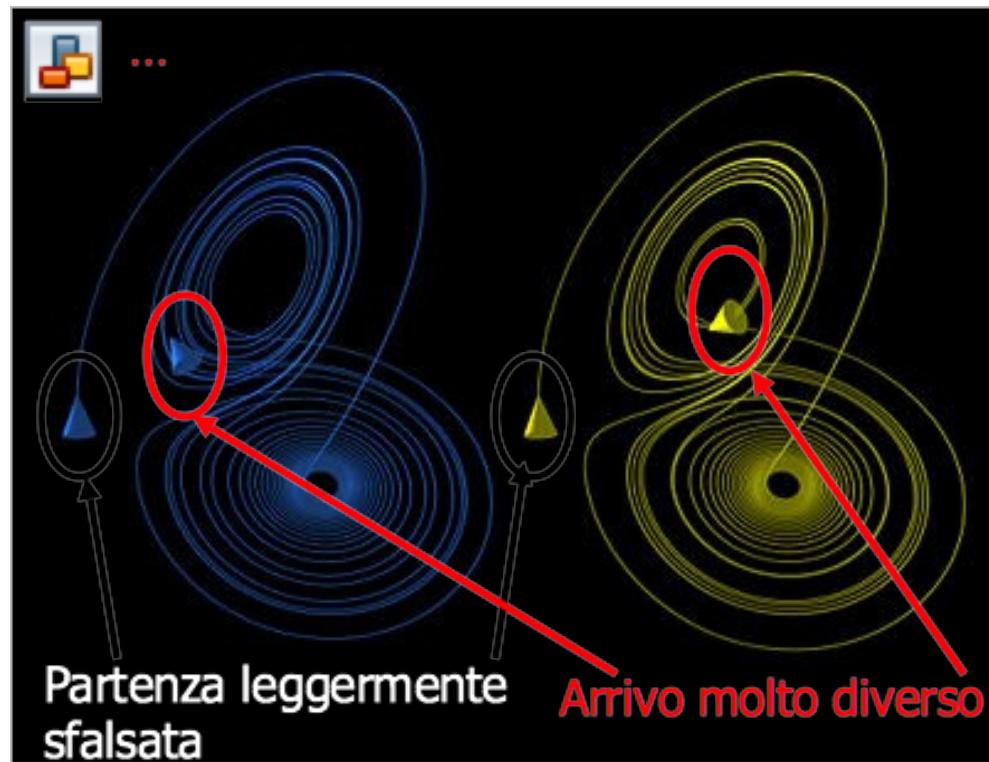
Imprecisioni
nei modelli

Processi in atmosfera sono non-lineari:
piccoli errori possono amplificarsi

L'atmosfera è
caotica

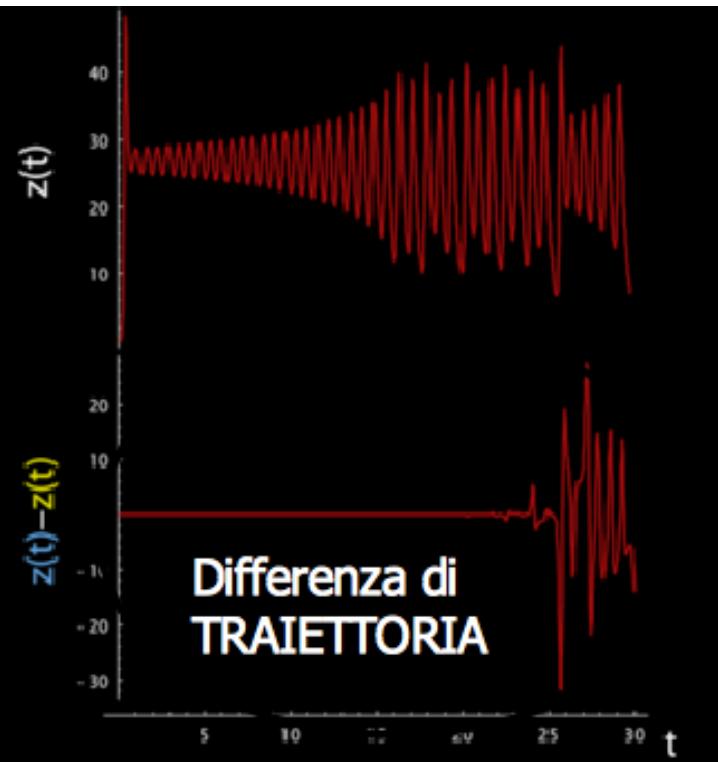
La legge del caos

I'effetto farfalla: infinitesime variazioni nello stato iniziale possono portare a grandi variazioni dello stato dell'atmosfera all'aumentare del tempo di simulazione.



Partenza leggermente sfalsata

Arrivo molto diverso

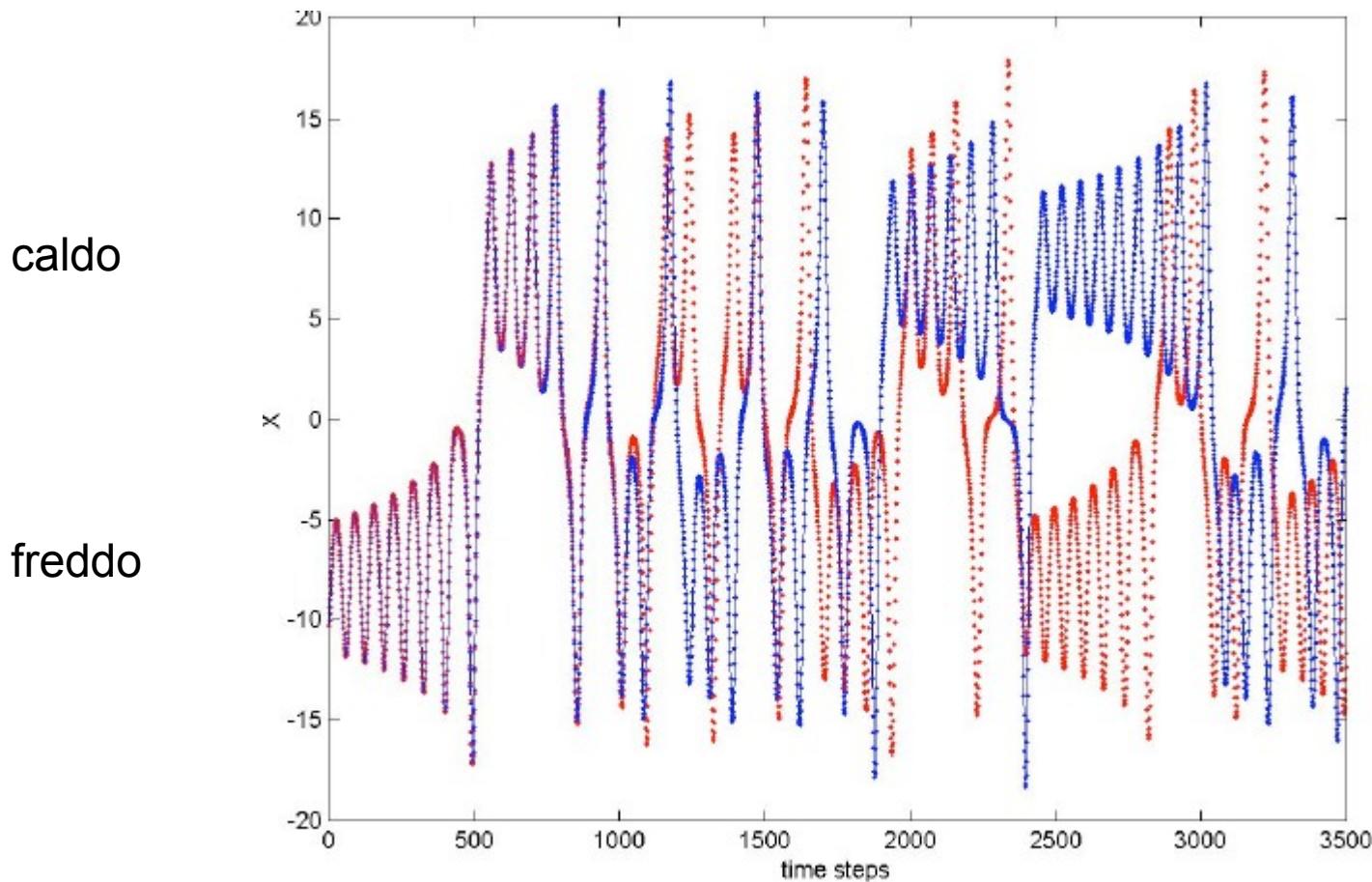


Differenza di TRAIETTORIA

Edward Lorenz (1917 – 2008)

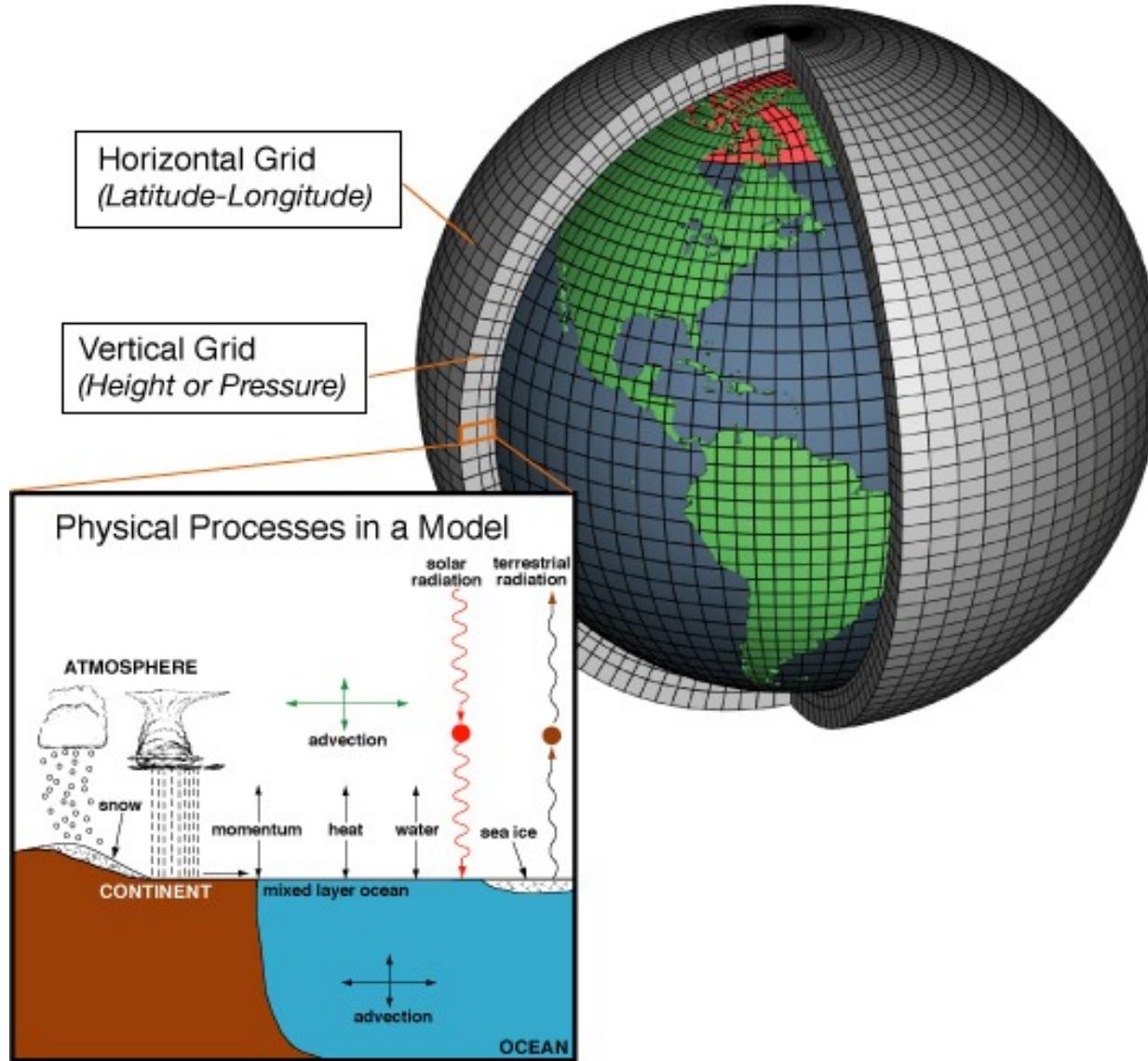
Caos deterministico

“quando il presente determina il futuro ma il **presente approssimato** non **determina approssimativamente il futuro**”



$\text{dist}(P1, P2) = 0.099$

Descrivere la condizione iniziale-- >impossibile



Le osservazioni

???

???

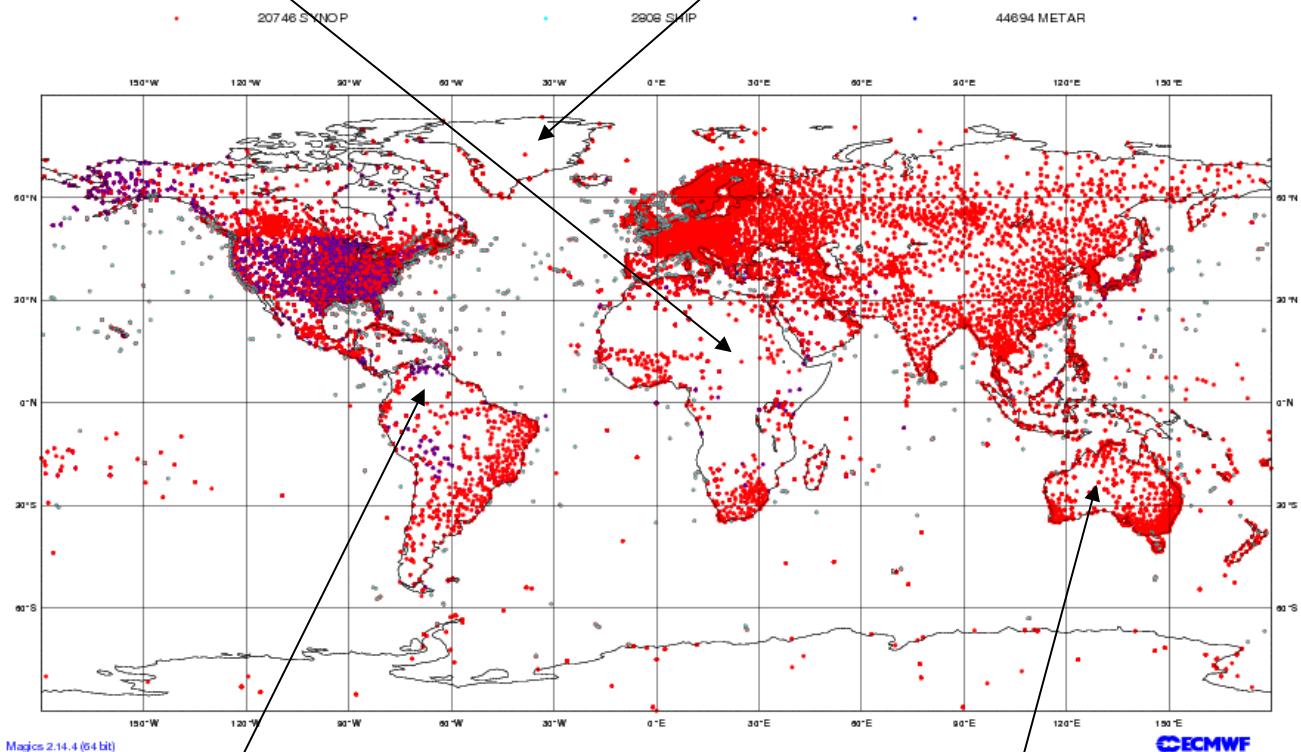
SYNOP: stazioni
meteo a terra
secondo WMO
standard



SHIP:
stazioni meteo su
navi oceanografiche



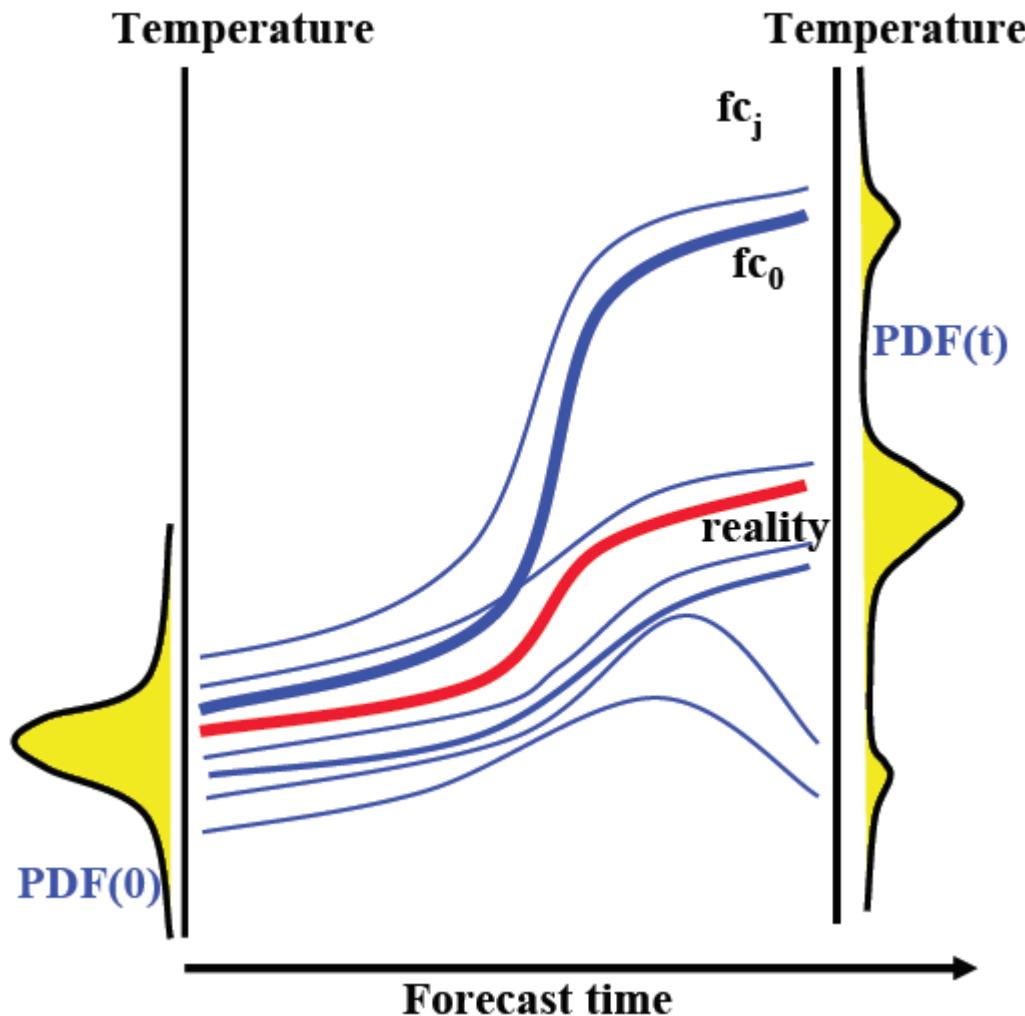
ECMWF Data Coverage (All obs DA) - Synop-Ship-Metar
29/Jan/2014; 00 UTC
Total number of obs = 68248



???

???

Modelli probabilistici ENSEMBLE PREDICTION SYSTEM (EPS)



Cyclone "Lothar" 26 Dec. 1999





including three
days as Brit-
y hurricane-
100mph.
fall. Roads
and trains
9,000

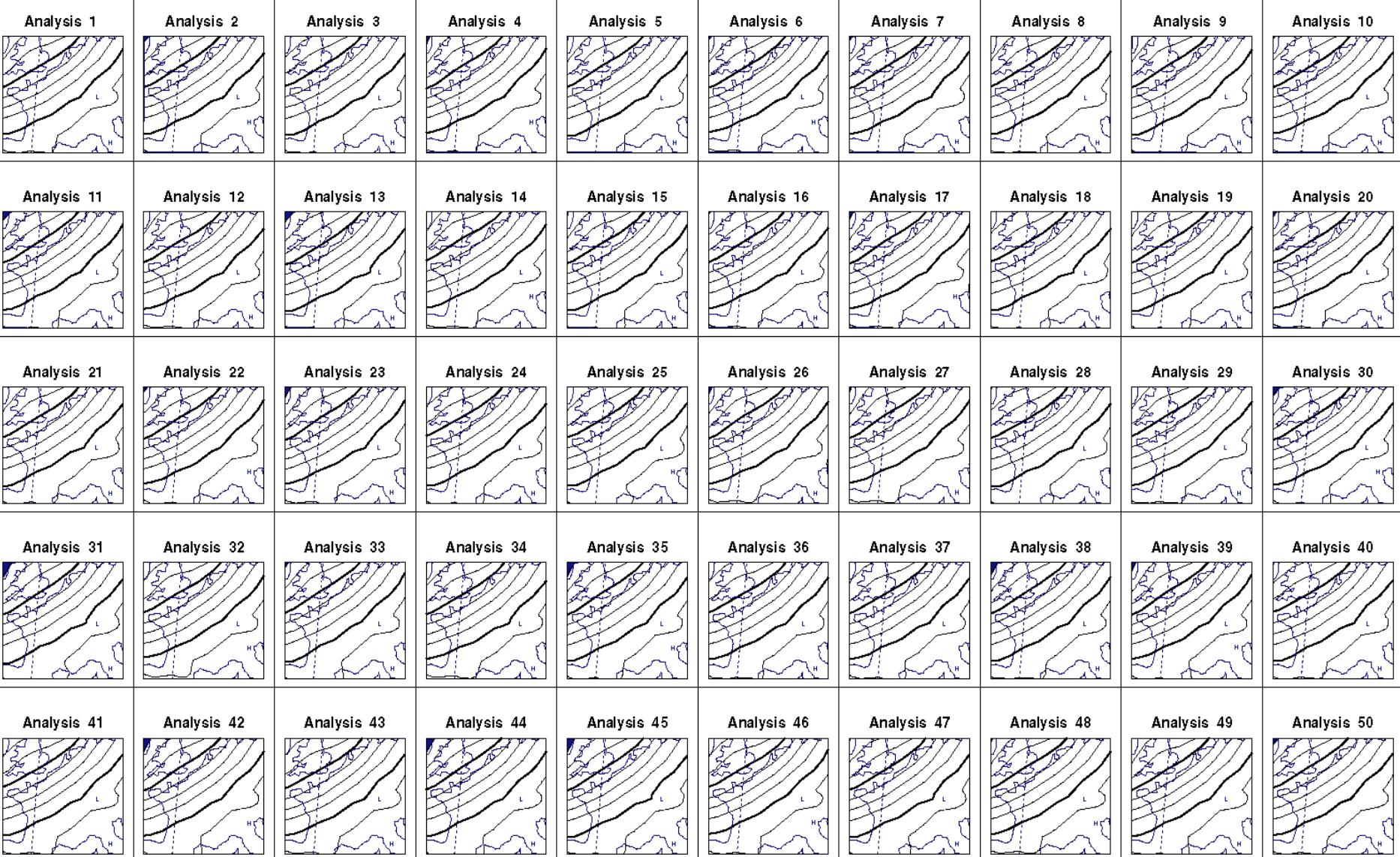
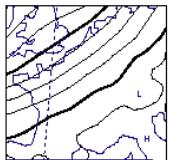
By MICHAEL LEA and JO-
nathan

Analysis

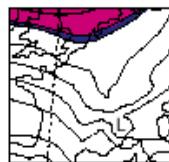
Condizioni iniziali 24 December 1999 h 00:00

Start valid 24 DECEMBER 1999 . Forecast valid 172 HOURS

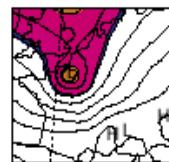
Migliore analisi (osservazione)



Deterministic prediction

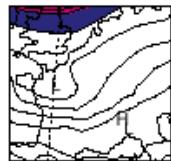


Verification

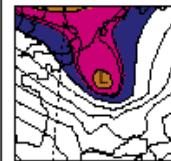


Ensemble forecast of the French / German storms (surface pressure)
Start date 24 December 1999 : Forecast time T+42 hours

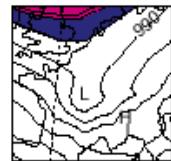
Forecast 1



Forecast 2



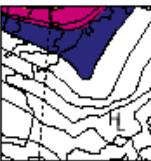
Forecast 3



Forecast 4



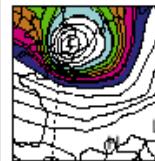
Forecast 5



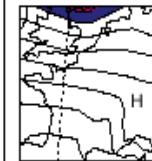
Forecast 6



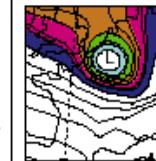
Forecast 7



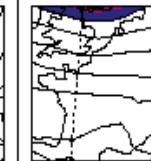
Forecast 8



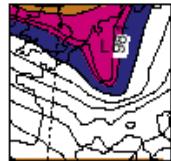
Forecast 9



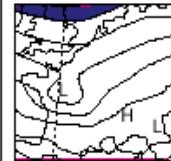
Forecast 10



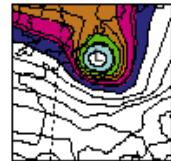
Forecast 11



Forecast 12



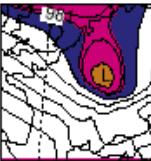
Forecast 13



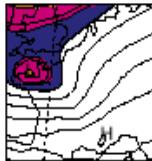
Forecast 14



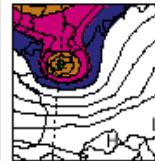
Forecast 15



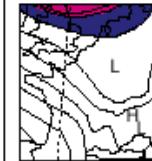
Forecast 16



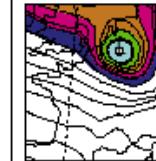
Forecast 17



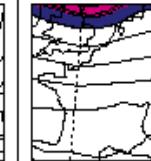
Forecast 18



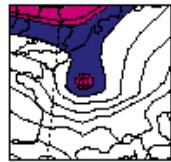
Forecast 19



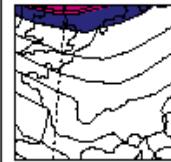
Forecast 20



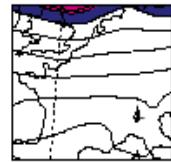
Forecast 21



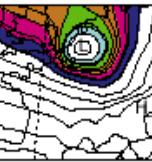
Forecast 22



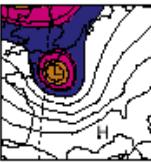
Forecast 23



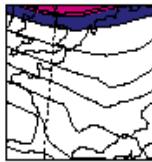
Forecast 24



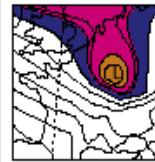
Forecast 25



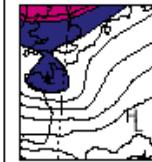
Forecast 26



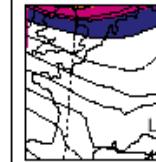
Forecast 27



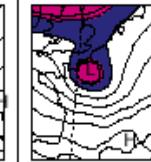
Forecast 28



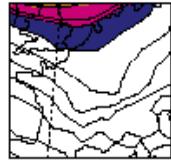
Forecast 29



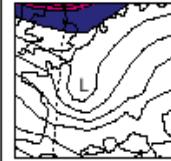
Forecast 30



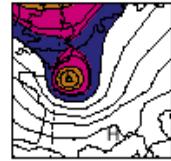
Forecast 31



Forecast 32



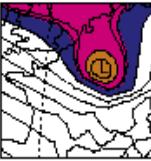
Forecast 33



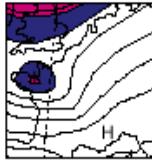
Forecast 34



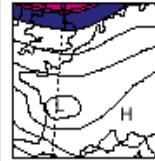
Forecast 35



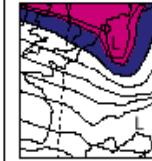
Forecast 36



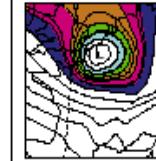
Forecast 37



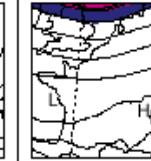
Forecast 38



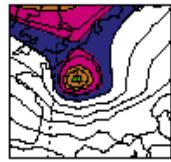
Forecast 39



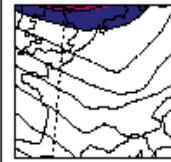
Forecast 40



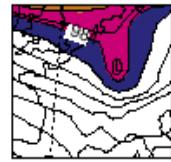
Forecast 41



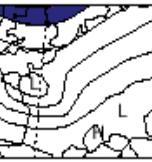
Forecast 42



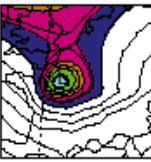
Forecast 43



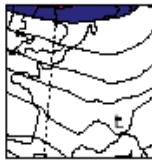
Forecast 44



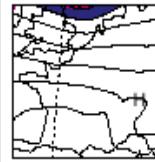
Forecast 45



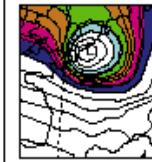
Forecast 46



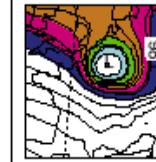
Forecast 47



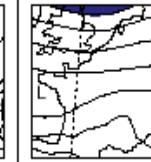
Forecast 48



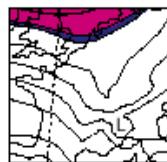
Forecast 49



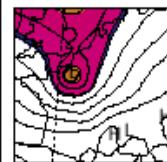
Forecast 50



Deterministic prediction



Verification

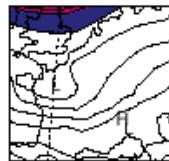


Ensemble forecast of the French / German storms (surface pressure)

Start date 24 December 1999 : Forecast time T+42 hours

Almeno 19 previsioni su 50 (~ 38%) simili a quanto osservato

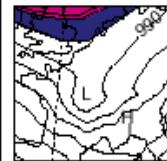
Forecast 1



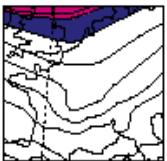
Forecast 2



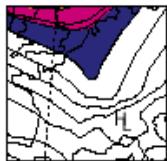
Forecast 3



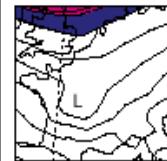
Forecast 4



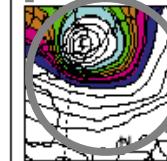
Forecast 5



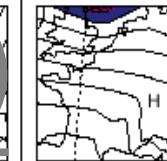
Forecast 6



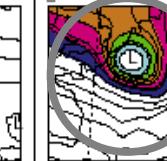
Forecast 7



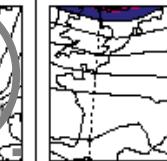
Forecast 8



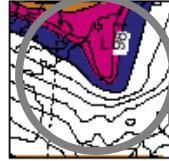
Forecast 9



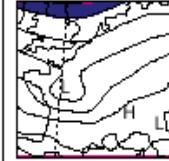
Forecast 10



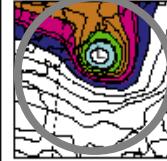
Forecast 11



Forecast 12



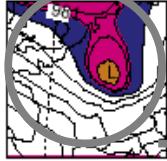
Forecast 13



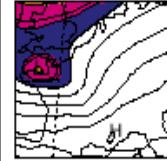
Forecast 14



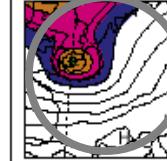
Forecast 15



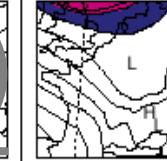
Forecast 16



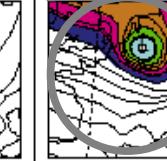
Forecast 17



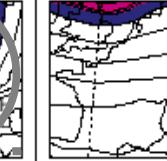
Forecast 18



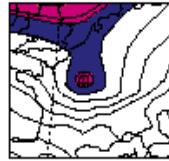
Forecast 19



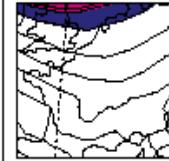
Forecast 20



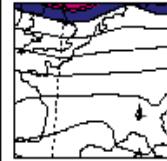
Forecast 21



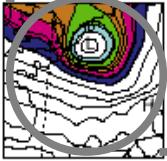
Forecast 22



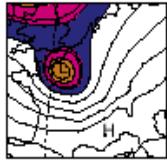
Forecast 23



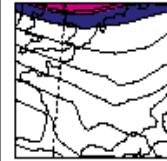
Forecast 24



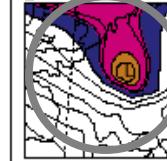
Forecast 25



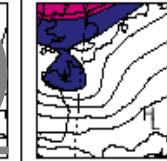
Forecast 26



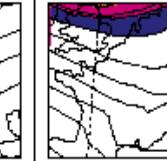
Forecast 27



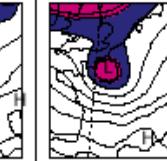
Forecast 28



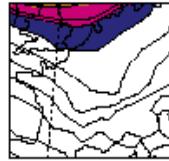
Forecast 29



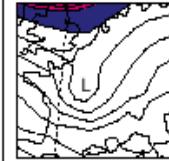
Forecast 30



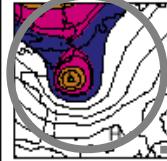
Forecast 31



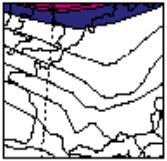
Forecast 32



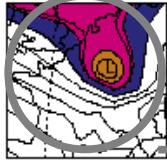
Forecast 33



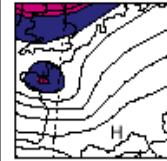
Forecast 34



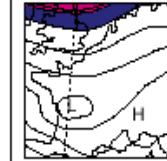
Forecast 35



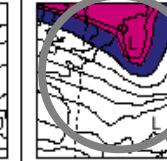
Forecast 36



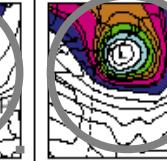
Forecast 37



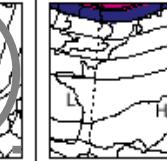
Forecast 38



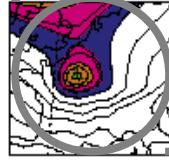
Forecast 39



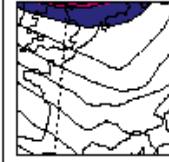
Forecast 40



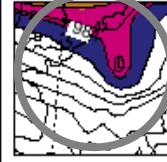
Forecast 41



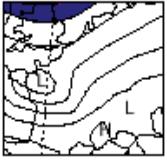
Forecast 42



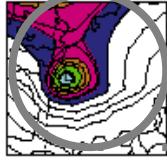
Forecast 43



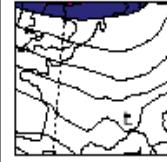
Forecast 44



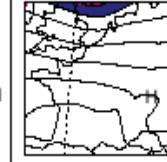
Forecast 45



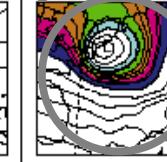
Forecast 46



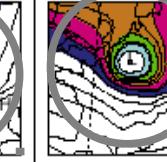
Forecast 47



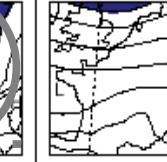
Forecast 48



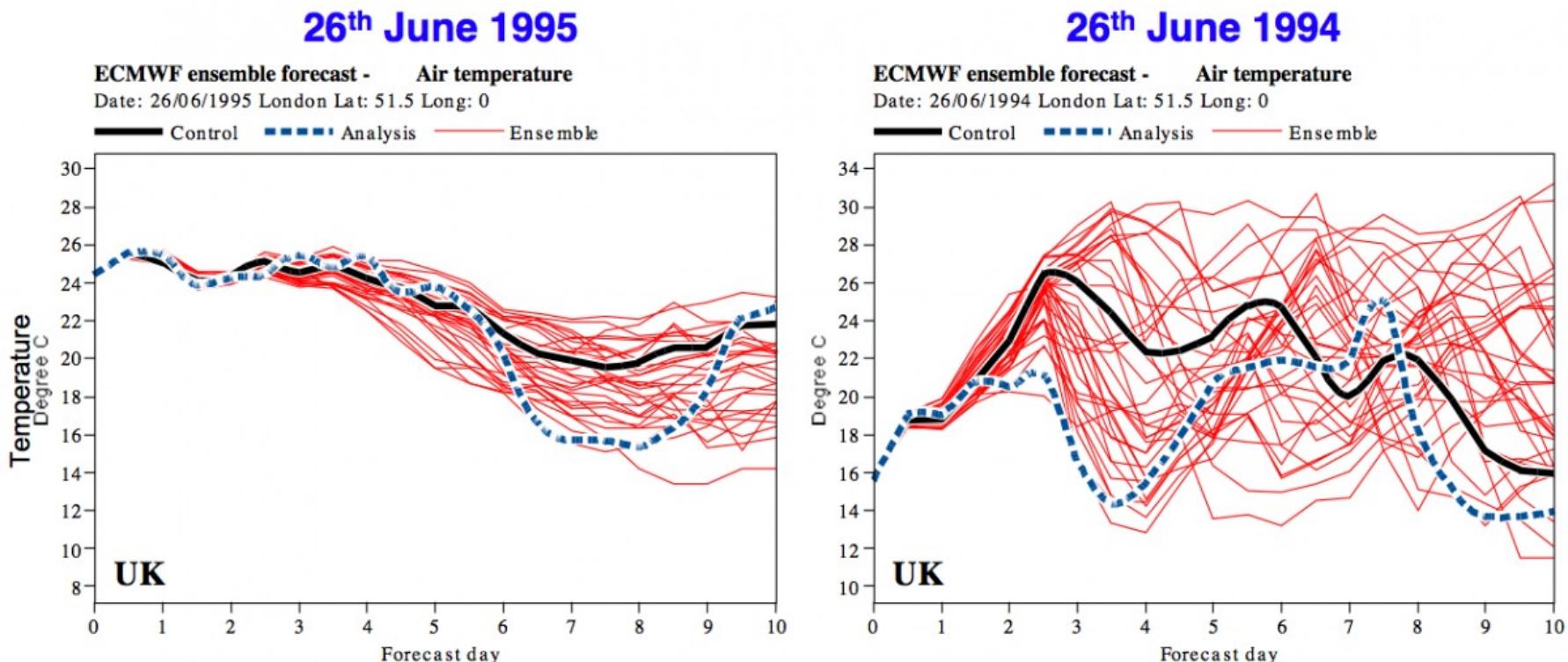
Forecast 49



Forecast 50



Il grafico “a spaghetti”



Ogni linea rossa è uno scenario di evoluzione previsto relativo ad un dato parametro atmosferico (nel caso in questione, si tratta della temperatura dell'aria).

Caso 1 : membri molto simili -> previsione + AFFIDABILE

CASO 2: membri differiscono molto -> previsione molto INCERTA

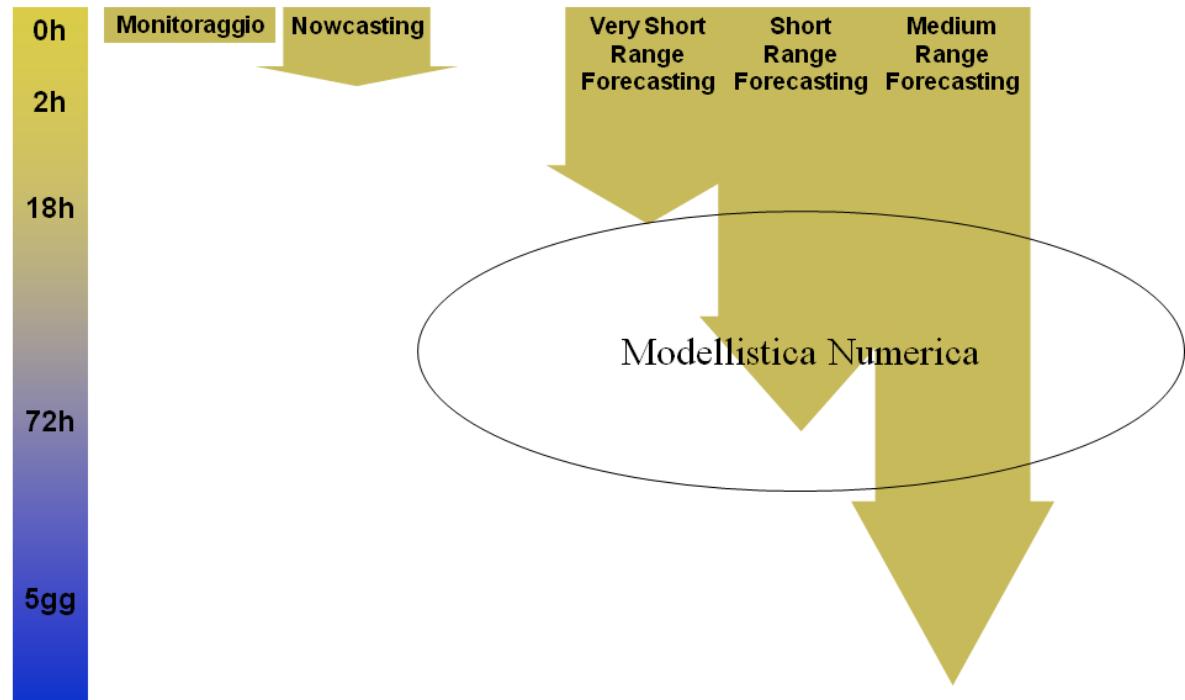
La previsione

I risultati delle simulazioni dei modelli non sono previsioni!

L'esperienza, la conoscenza del proprio modello meteorologico e del territorio sono indispensabili per convertire gli output dei modelli meteorologici in previsioni e per la valutazione dello scenario evolutivo più probabile.

Diverse tecniche di previsione a seconda che sia a:

- brevissimo
- breve
- a medio
- lungo termine.



L'orizzonte temporale della previsione

Effetto farfalla: l'incertezza aumenta sempre all'aumentare dell'orizzonte temporale della previsione

Previsioni 6-10 gg è possibile unicamente predire le condizioni medie e le relative probabilità di vari scenari meteorologici.

Le previsioni a brevissimo e breve termine: vengono utilizzati principalmente modelli “deterministici”.

Le previsioni a medio-lungo termine su modelli “probabilistici”

Le tendenze stagionali, si basano su “indici di teleconnessione”.

- Nowcasting > formula 1
- 2-3 giorni
- 5-10
- Stagionali



Fenomeni meteo	Breve termine (1-2 giorni)	Medio termine (3-5 giorni)	Lungo termine (6-7 giorni)	Settimana (8-15 giorni)	Mese	Stagione
Cambiamenti del flusso a scala emisferica, anomalie a scala continentale	Eccellente	Eccellente	Buona	Discreta	Generalmente bassa, talvolta discreta	Bassa o nulla sull'Europa, migliore su Nord America e Tropici
Onde planetarie, anticlioni, condizioni di blocco	Ottima	Buona	Buona	Discreta	Raramente possibile	
Evoluzione dei cicloni delle medie latitudini	Ottima	Buona	Bassa	-	-	-
Evoluzione dei fenomeni associati a fronti e linee di instabilità	Buona	Discreta	-	-	-	-
Localizzazione ed evoluzione dei sistemi temporaleschi	Bassa per temporali isolati, più alta per temporali organizzati	-	-	-	-	-
Evoluzione principali variabili al suolo						
Temperatura in una data località	Molto buona	Buona la previsione di Tmin e Tmax	Discreta	Bassa, talvolta discreta in presenza di forti ondate di calore/freddo	Possibile solo in termini medi e in presenza di forti ondate di calore/freddo	Talvolta possibile la previsione del segno dell'anomalia (+/-). Attendibilità bassa o nulla dell'intensità.
Precipitazione in una data località	Buona	Discreta	Bassa o nulla. Possibile qualche indicazione in caso di eventi intensi	Possibile la quantificazione della pioggia media settimanale	Bassa attendibilità. Possibile l'identificazione qualitativa di periodi secchi/umidi	-

Non sono tutte uguali

L'incertezza dipende anche dalla **situazione meteo** e dal **tipo di fenomeno** che si vuole prevedere. In alcuni casi le previsioni possono essere affidabili anche a 5 giorni e oltre, in altri ci può essere grande incertezza fino a poche ore prima.

- l'incertezza è maggiore se diminuiscono le **dimensioni spaziali del fenomeno meteo e la sua durata**: fenomeni meteo localizzati e di breve durata sono molto meno predicibili rispetto a fenomeni spazialmente estesi e di lunga durata.

• **Tipologia fenomeni**

- Temperatura è più facile da prevedere rispetto alle pre...
- Temporali termoconvettivi molto difficili
- Neve

• **Durata dei fenomeni**

- Fenomeni di breve durata sono più difficili



Alcune indicazioni pratiche

Diffidare di:

- Previsioni di elevato dettaglio spazio-temporale che si spingono oltre 3 giorni
- Tutte le previsioni orarie oltre 1 - 2 giorni di previsione
- Previsioni stagionali (vanno trattate con cautela, e cmq sempre come possibili indicazioni di massima)
- Previsioni di elevato dettaglio spaziale (e temporale) per particolari fenomeni (es. temporali termo-convettivi)

Marketing / Scienza?

Qualche esempio (negativo)

Ora	Tempo	T (°C)	Vento (km/h)	Precipitazioni	Percepita	Umidità
02.00	 nubi sparse	12.8°	↓ N 5 / max 8 debole	0.5 mm deboli	13°C	91 %
08.00	 pioggia e schiarite	11°	↓ N 8 / max 11 debole	0.8 mm deboli	12°C	95 %
14.00	 nubi sparse	19.7°	↑ S 5 / max 7 debole	0.8 mm deboli	20°C	67 %
20.00	 nubi sparse	14.4°	calma	0.6 mm deboli	15°C	80 %
02.00	 nubi sparse	12.1°	↓ N 5 / max 7 debole	0.3 mm deboli	13°C	90 %

Previsione al 15° giorno

Non ha senso utilizzare un modello deterministico ad alto dettaglio oltre i 3/5 giorni. L'incertezza è estremamente alta.

Qualche esempio (negativo)

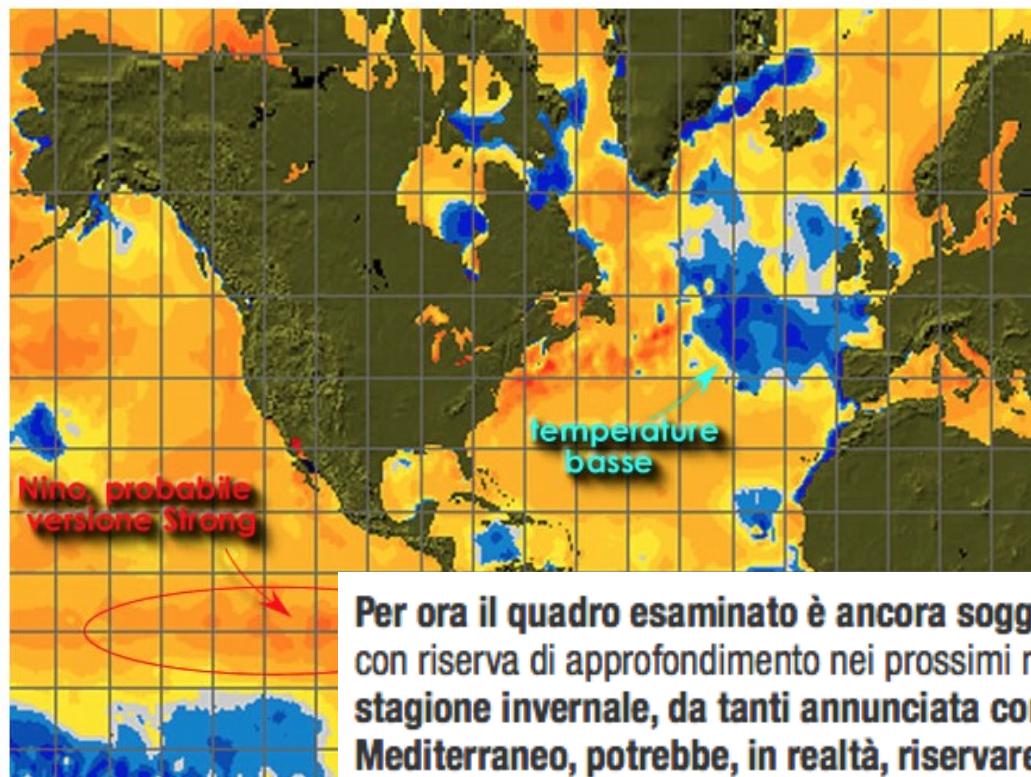
News / Editoriale

Articolo del 7/09/2015 ore 13:08

INVERNO 2015: ecco cosa ci dobbiamo aspettare!

Prime sorprendenti indicazioni dalle temperature oceaniche

In questa indagine sulla prossima stagione invernale andremo a valutare le indicazioni di massima estrapolate dai dati in nostro possesso, premettendo che essi sono, ovviamente, ancora un po' aleatori data ancora la lunga distanza.



Il gelo in arrivo
(previsioni inverno a
settembre)

Per ora il quadro esaminato è ancora soggetto a variazioni, ma lo abbiamo comunque rilevato, con riserva di approfondimento nei prossimi mesi, proprio per mettere in evidenza che la prossima stagione invernale, da tanti annunciata come calda e asciutta per l'Europa e il nostro Mediterraneo, potrebbe, in realtà, riservare delle notevoli sorprese.

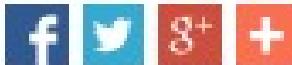
Meteo, l'estate 2015 sarà la seconda più calda da 30 anni: temperature sopra i 40 gradi fino a metà ottobre

» (negativo)

09 Maggio 2015

[Commenti](#)

N. commenti 2



:-D	>:(:-0	:(
0	0	0	2

[aaa](#)

ARTICOLI CORRELATI

ARTICOLO

Caldo africano, temperature di fuoco: in quali città



VIDEO

Grande caldo, i "rimedi" contro l'afa



Se l'estate scorsa avete pensato di aver sofferto il caldo come mai in vita vostra, fareste bene a ricredervi. Anzi, meglio non farsi trovare impreparati per la prossima stagione estiva, perché sarà la seconda più calda da 30 anni. Temperature alte e afa saranno

Fare i conti con l'incertezza

L'illusione della certezza

Per decenni gli utenti del meteo, soprattutto in Europa, sono stati abituati a ricevere informazioni di **tipo deterministico** ("piove" o "non piove") ovvero la previsione di un singolo stato futuro, senza informazioni sull'incertezza associata alla previsione.

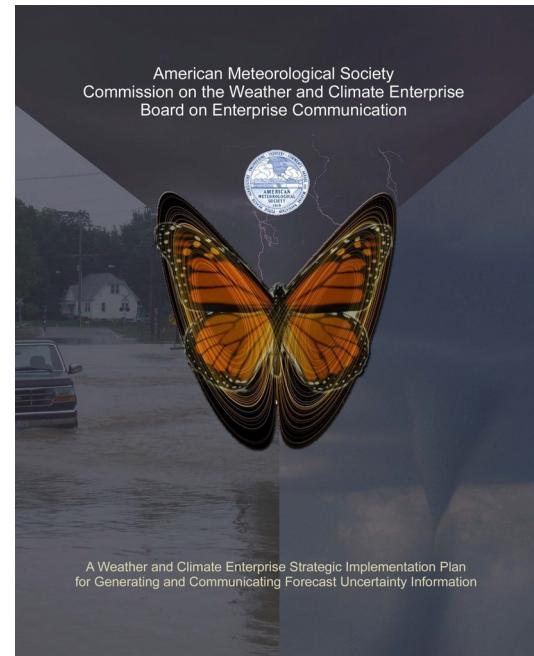
- Abitudine e aspettative utenti
- Aspettative e abitudine decisionmaker
- Giornalisti ed esigenze di notiziabilità



Bisogna comunicare l'incertezza

Recentemente diverse istituzioni scientifiche (National Research Council of the United States, American Meteorological Society, and WMO) hanno espresso la necessità di **completare le previsioni meteo con le informazioni sulla loro incertezza**.

A Weather and Climate Enterprise Strategic Implementation Plan
For Generating and Communicating Forecast Uncertainty
Information - AMS 2011



- Molti studi su interpretazione incertezza
- Ancora molto da fare per identificare quali sono i sistemi migliori per integrare queste info a beneficio del pubblico

Range (High)	Numeric Expression	Linguistic Expression	Colored Icon	Arrow Icon	Chance of Precip 25%	Chance of Precip 25%	Chance of Precip 25%
0	0%	Absolutely Impossible					
0-.9	5%	Rarely					
.9-.18	14%	Very Unlikely					
.18-.27	23%	Fairly Unlikely					
.27-.36	32%	Somewhat Unlikely					
.36-.45	41%	Uncertain					
.45-.54	50%	Tossup					
.54-.63	59%	Better Than Even					
.63-.72	68%	Rather Likely					
.72-.81	77%						
.81-.90	86%						
.90-1	95%						
1.0	100%						

FIG. 1. Icons used in experiment 1. (from left to right)
Question mark icon, pie icon, bar icon.

