

Caos e atmosfera

Il problema della predicibilità nella fisica dell'atmosfera

11 giugno 2010

CRMA - Centro Regionale di Modellistica Ambientale

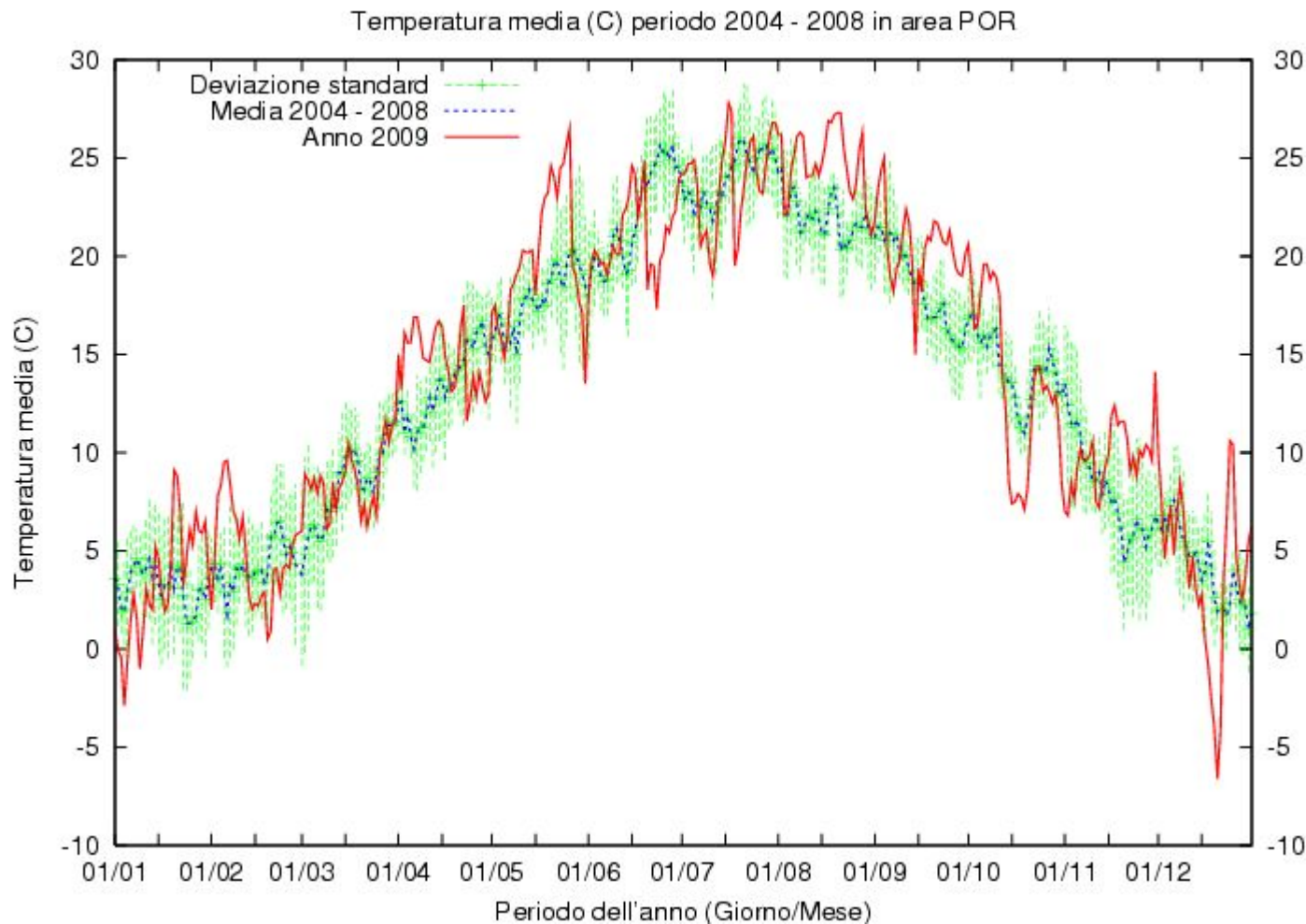
ARPA FVG

Palmanova - Italy

Dario B. Gaiotti e Fulvio Stel

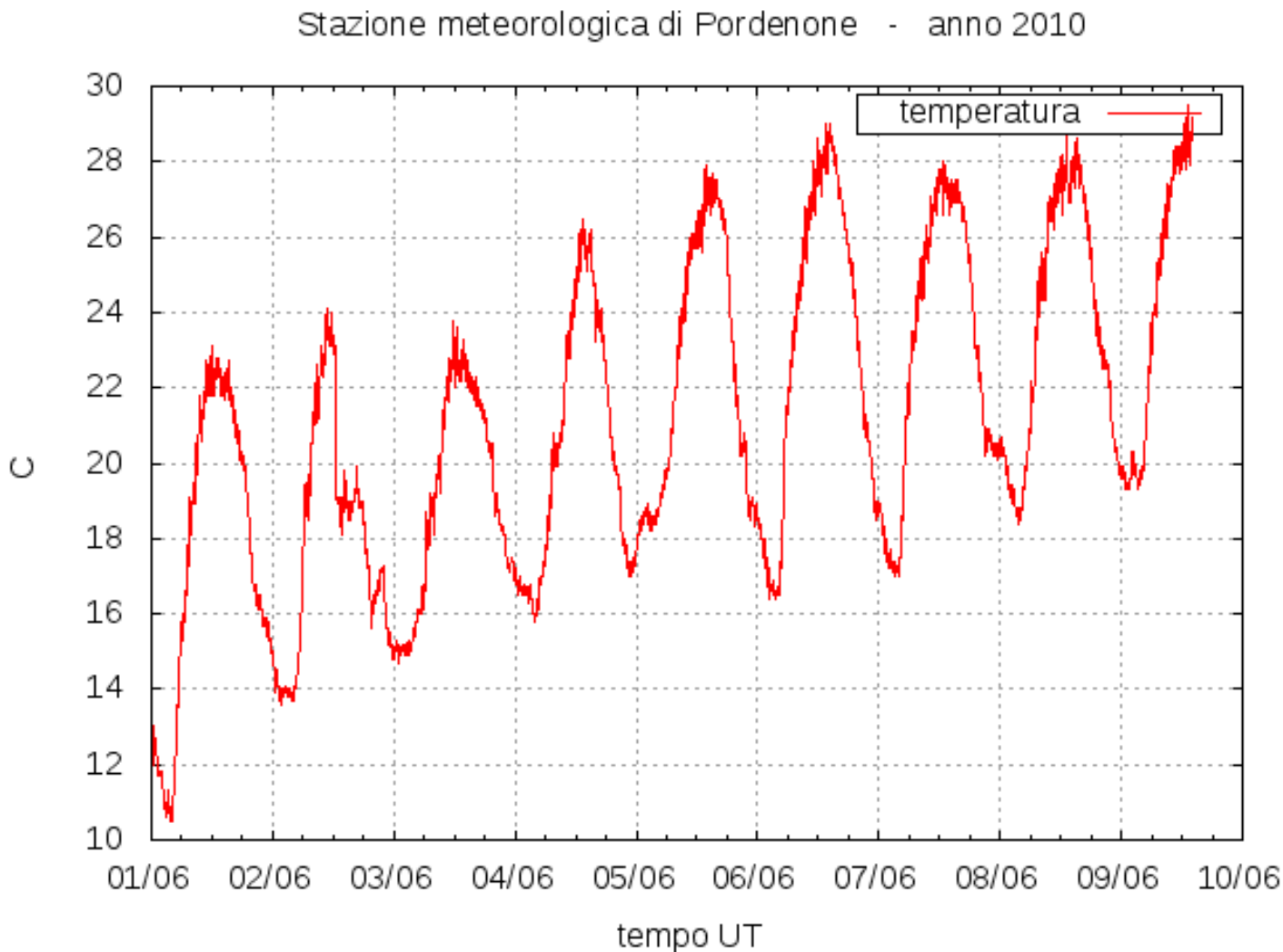
- Comportamento periodico e caotico in atmosfera
- Condizioni iniziali e memoria del sistema fisico
- Le previsioni del tempo tramite modelli numerici
- Qualità delle previsioni numeriche
- I sistemi più avanzati per migliorare la predicibilità
- Considerazioni finali e sviluppi futuri

Esempio: la temperatura media giornaliera



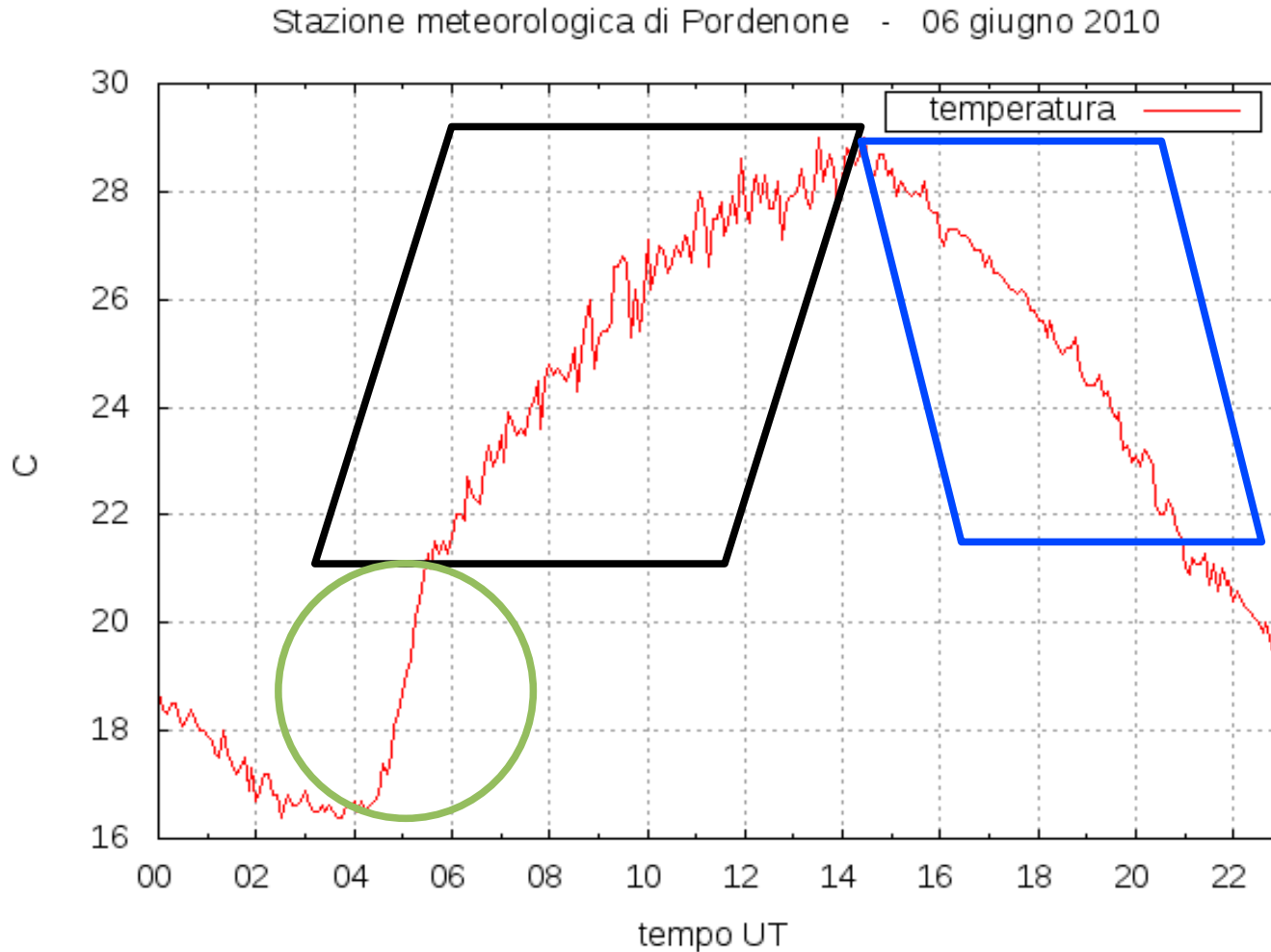
Periodicità
annuale
+
componente
non periodica

Esempio: la temperatura oraria



Periodicità giornaliera
+
componente non periodica

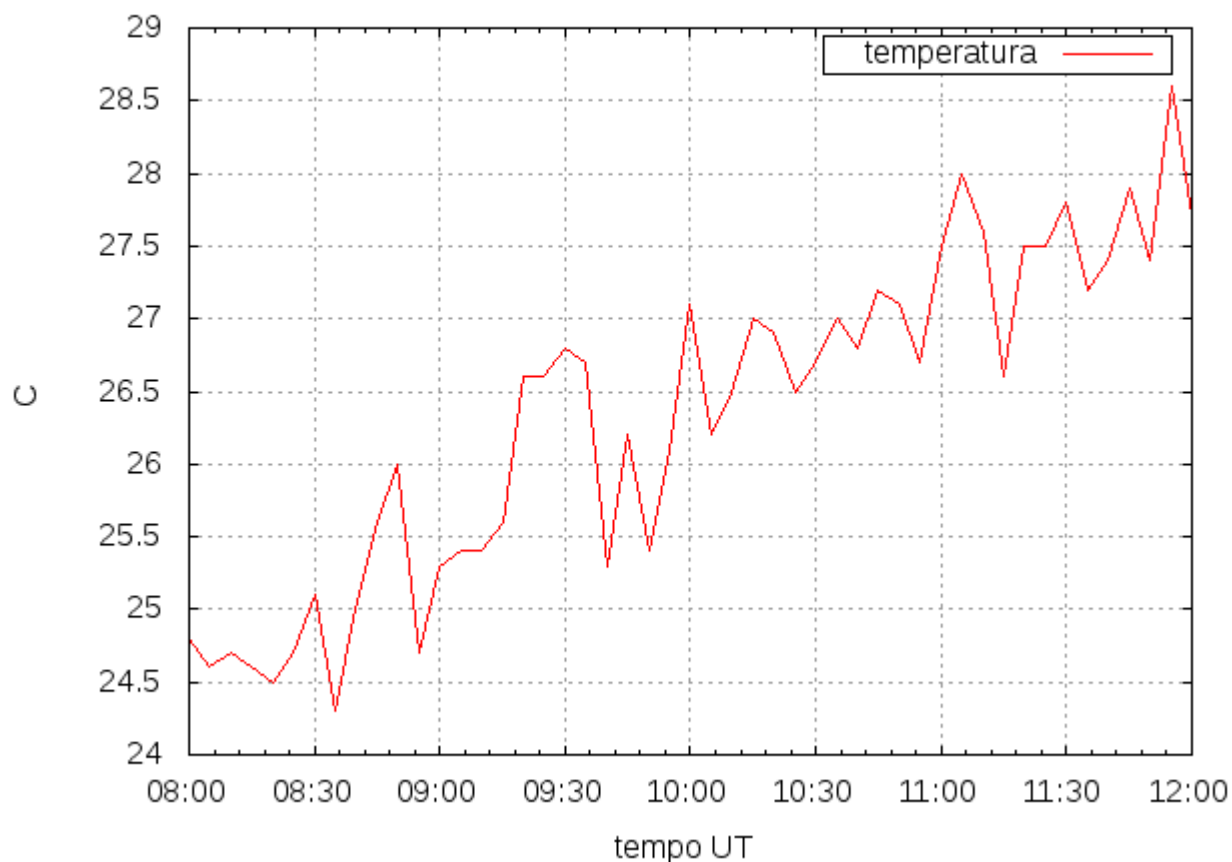
Esempio: le fluttuazioni sub orarie della temperatura



Diverse
ampiezze
e
Diverse
derivate
temporali

Cause delle fluttuazioni sub orarie della temperatura

Stazione meteorologica di Pordenone - 06 giugno 2010



Variazioni nelle forzanti esterne:

- irraggiamento

Variazioni nelle condizioni al contorno:

- terreno

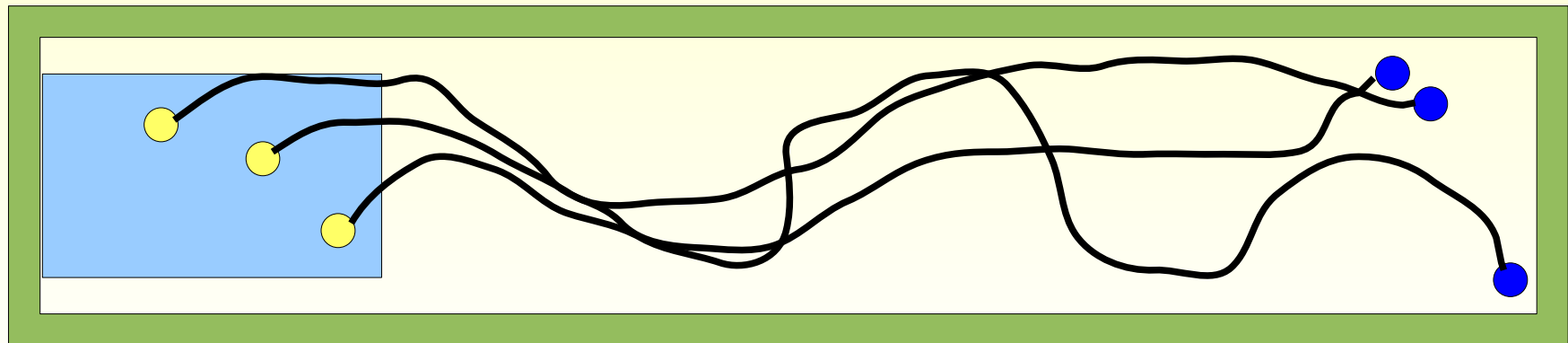
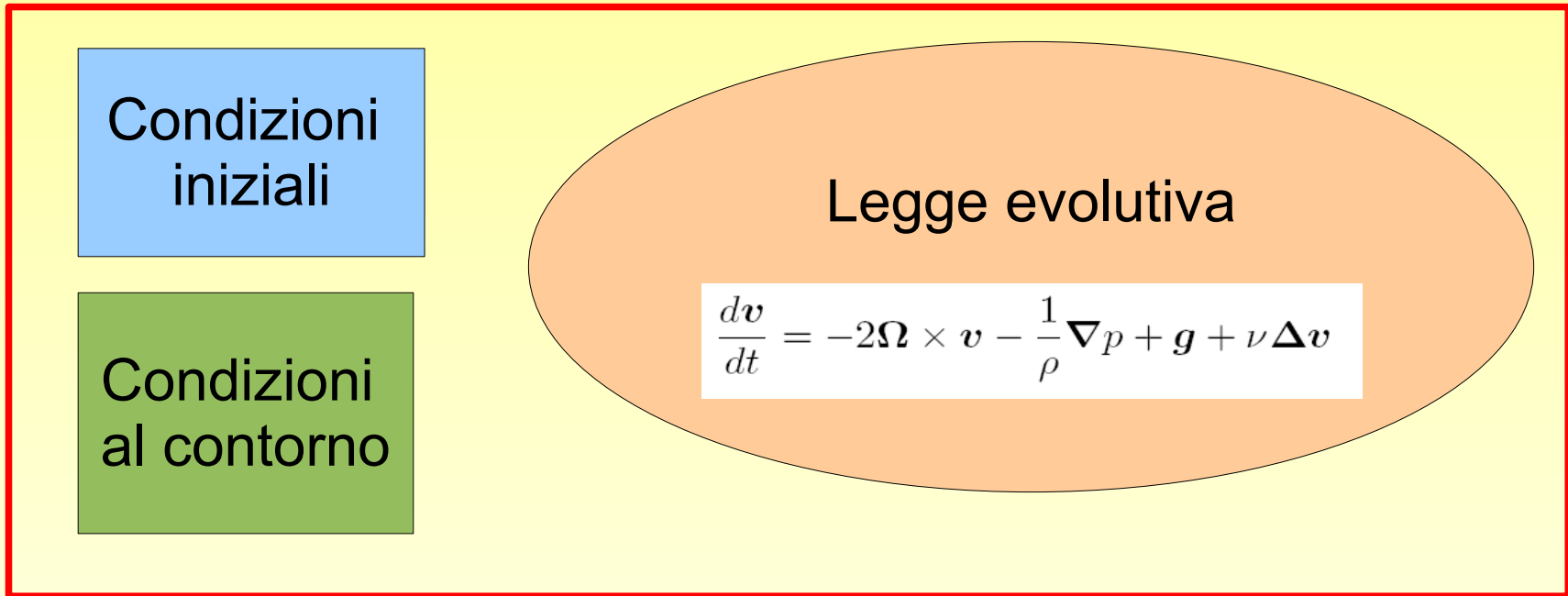
Variazioni nella composizione del fluido:

- umidità
- inquinanti

Moto del fluido:

- avvezione
- turbolenza

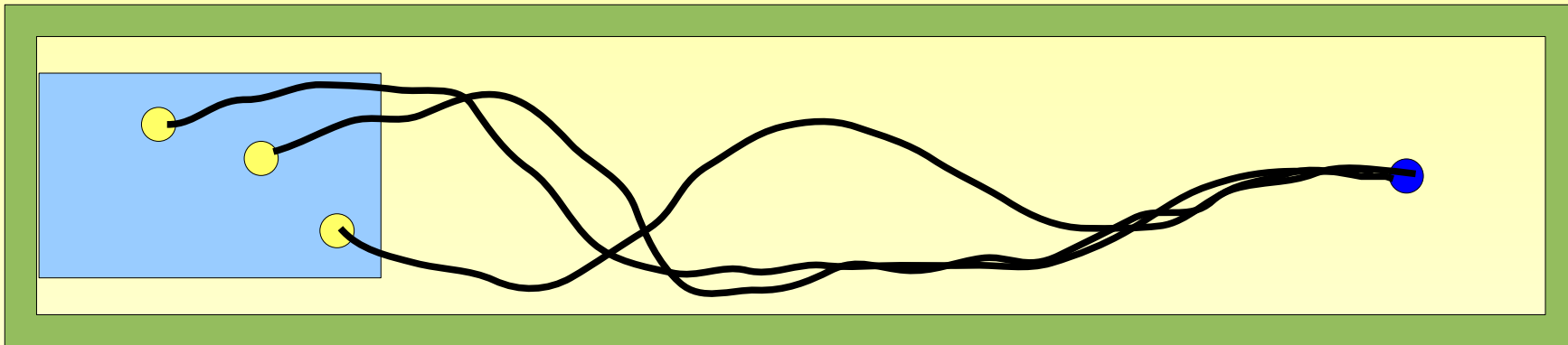
Evoluzione del sistema fisico



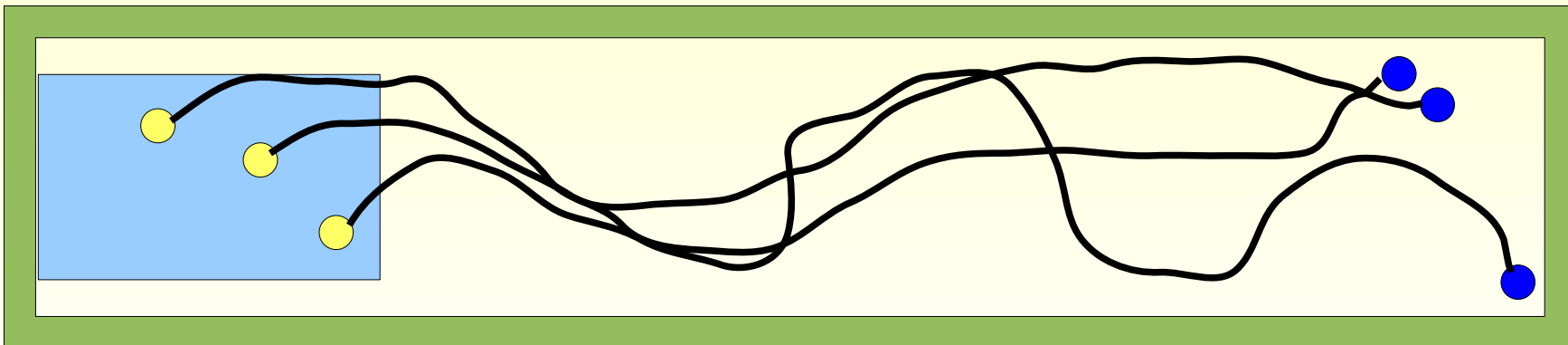
Condizioni iniziali e memoria del sistema fisico

L'effetto di piccole variazioni nelle condizioni iniziali può:

- esaurirsi dopo un tempo caratteristico, ma finito;

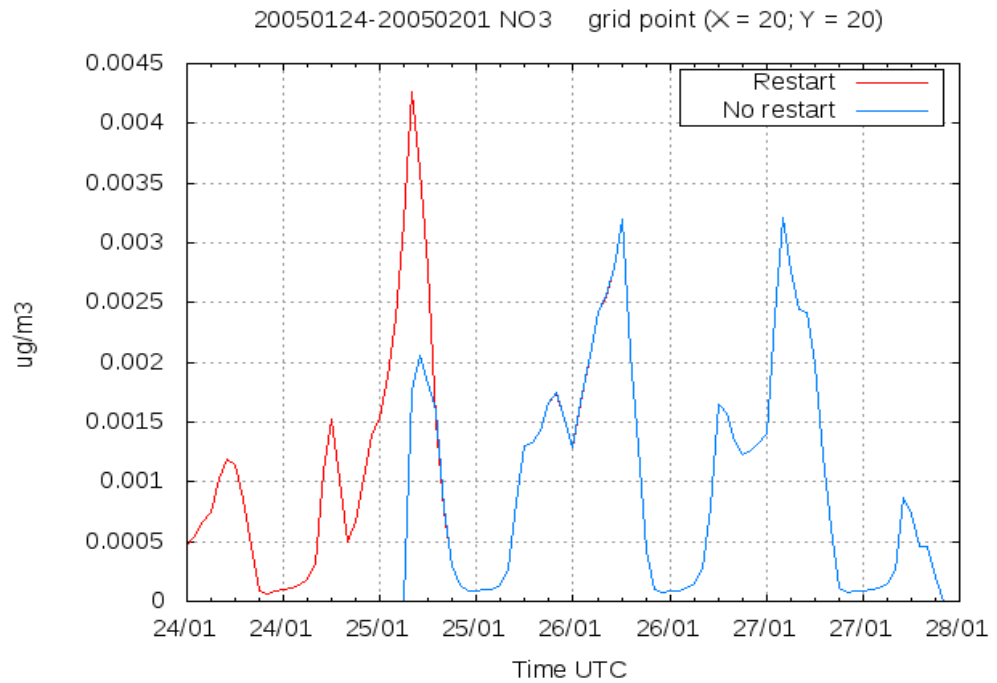
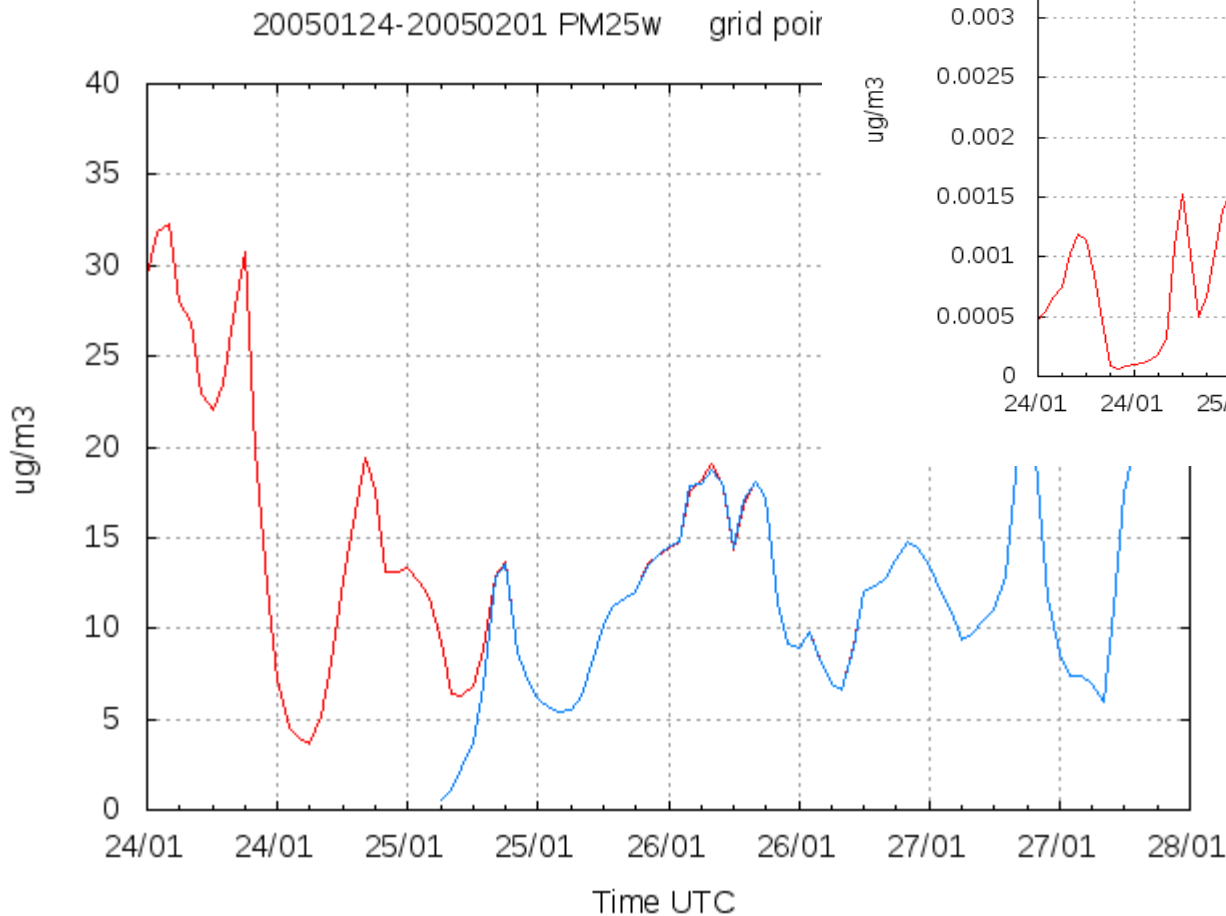


- caratterizzare completamente l'evoluzione del sistema



Esempio: concentrazione degli inquinanti nell'aria

- **diverse condizioni iniziali,**
- **stesse condizioni al contorno**
- **stessa legge evolutiva**



Oggi le previsioni del tempo sono essenzialmente basate su **modelli numerici**.

Esiste una componente soggettiva (**previsore meteorologico**) che ha lo scopo di:

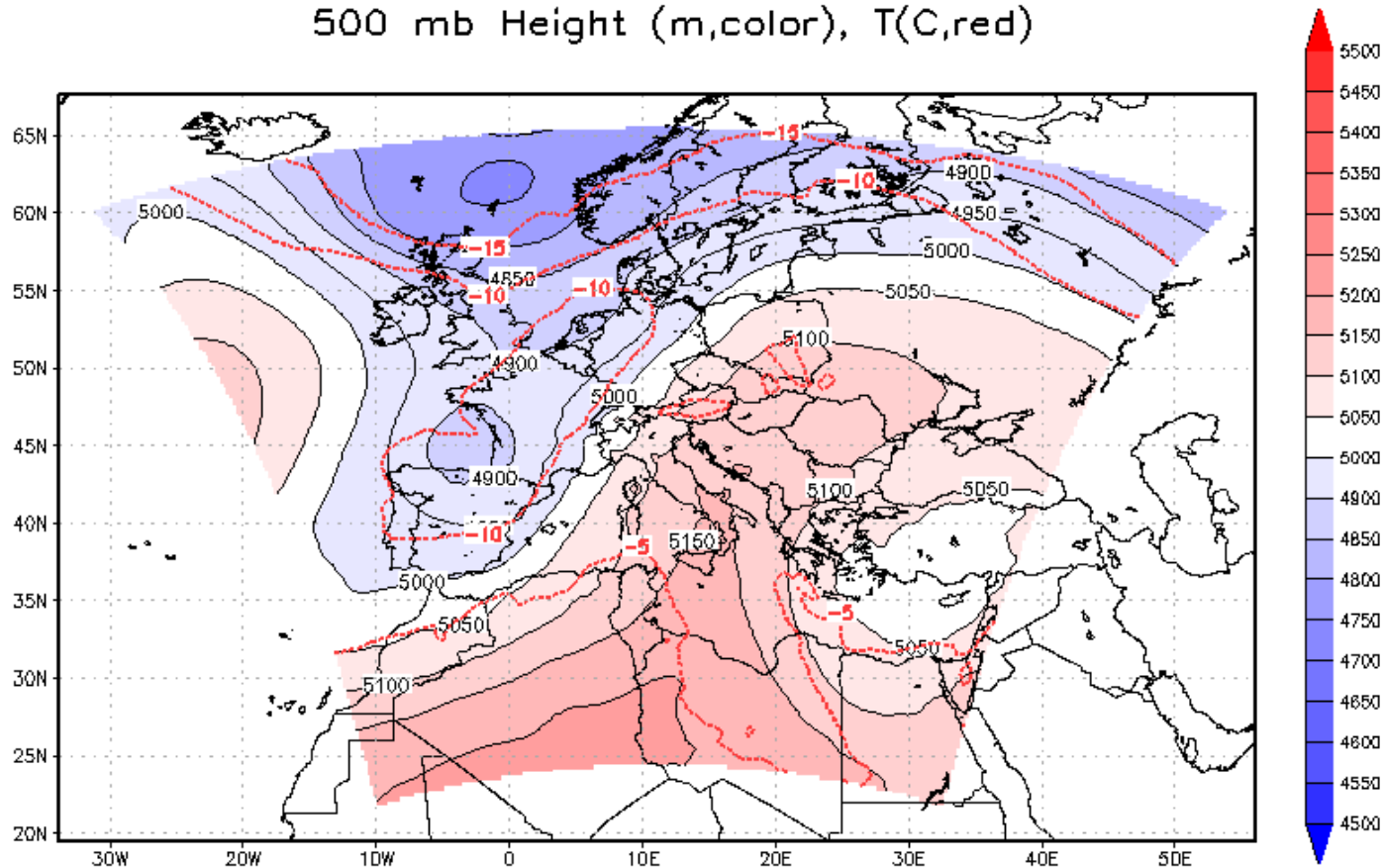
- tradurre in linguaggio verbale gli output dei modelli;
- affinare la previsione numerica sulla base dell'esperienza acquisita nel collegare gli output dei modelli con il tempo meteorologico in particolari zone geografiche

Ne consegue che da alcuni decenni a questa parte il miglioramento delle previsioni meteorologiche è sostanzialmente dovuto all'affinamento dei modelli numerici

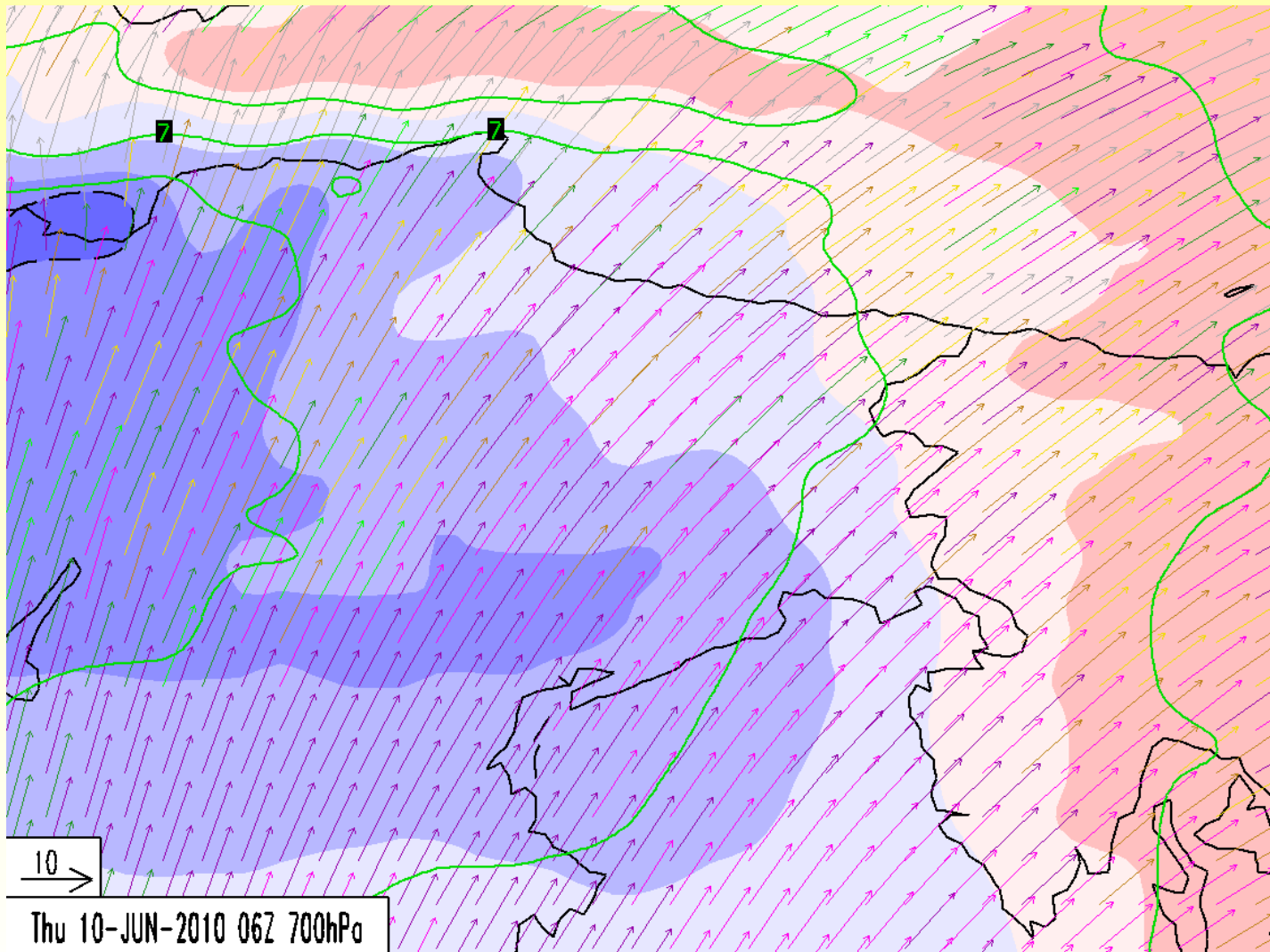
Esempio di previsione meteorologica: le simulazioni a scala continentale

Previsioni operative quotidiane CRMA – Modello WRF

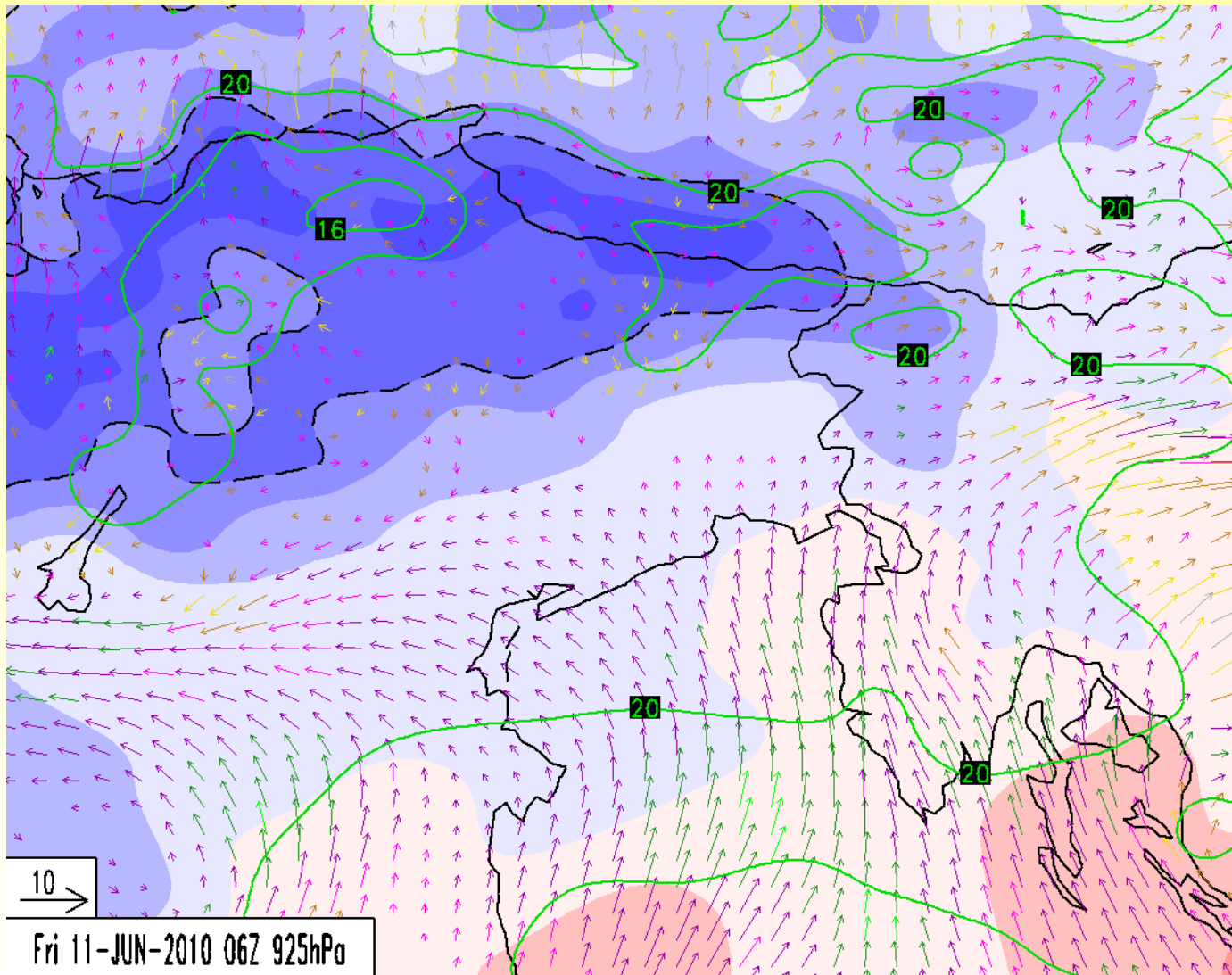
500 mb Height (m,color), T(C,red)



Esempio di previsione meteorologica: le simulazioni a scala regionale

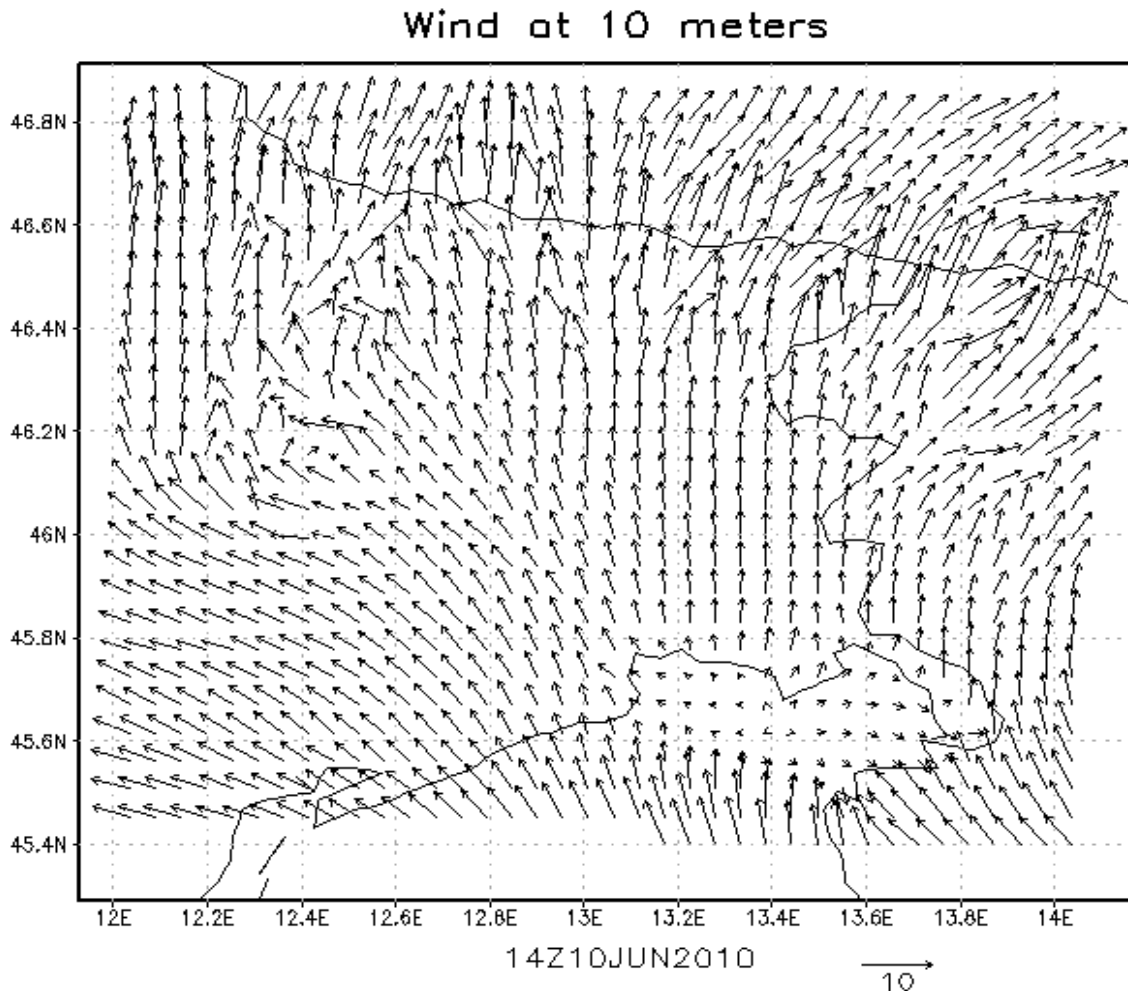


Esempio di previsione meteorologica: le simulazioni a scala regionale



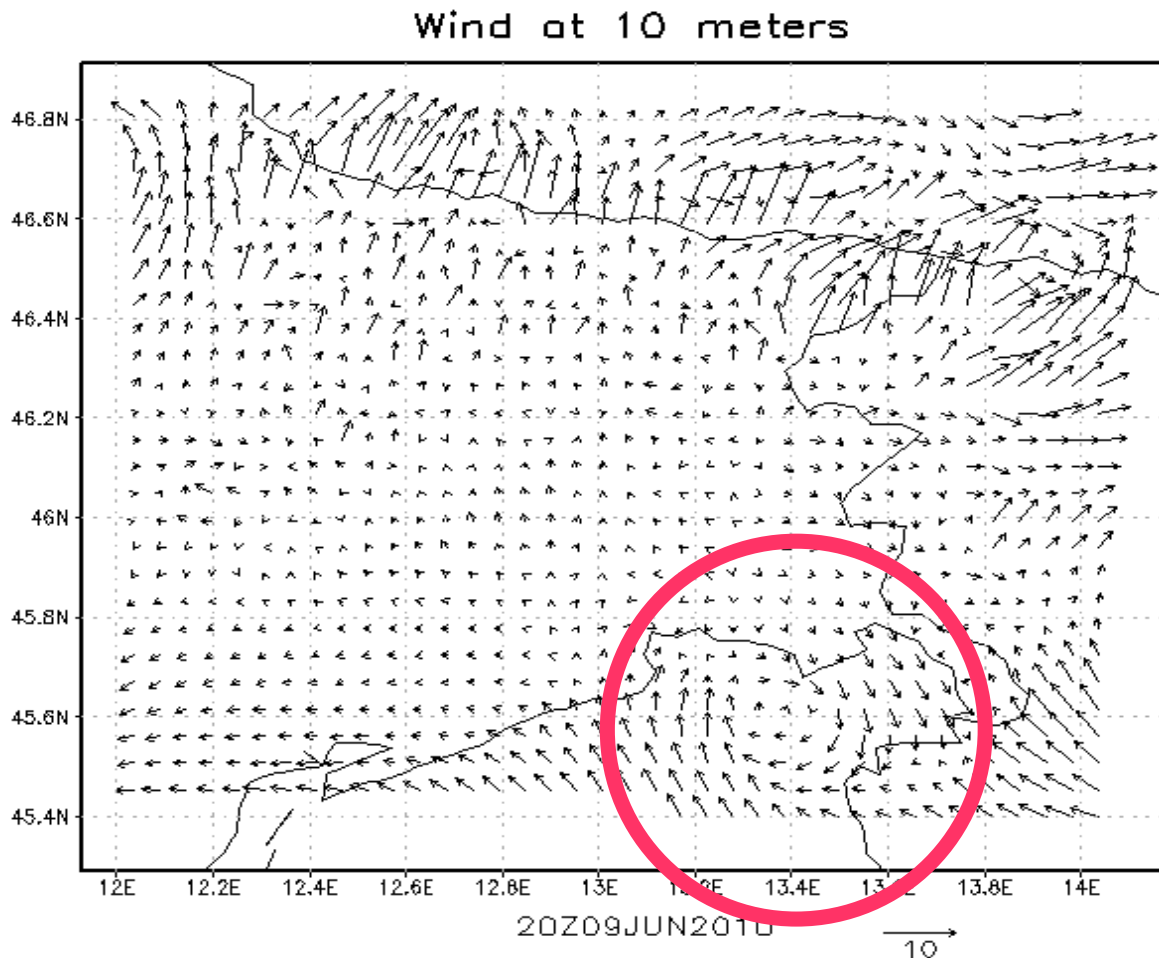
Esempio di previsione meteorologica: le simulazioni a scala regionale

Previsioni operative quotidiane CRMA – Modello WRF



Esempio di previsione meteorologica: le simulazioni a scala regionale

Previsioni operative quotidiane CRMA – Modello WRF



Incertezze dei modelli e conseguenze sulla previsione

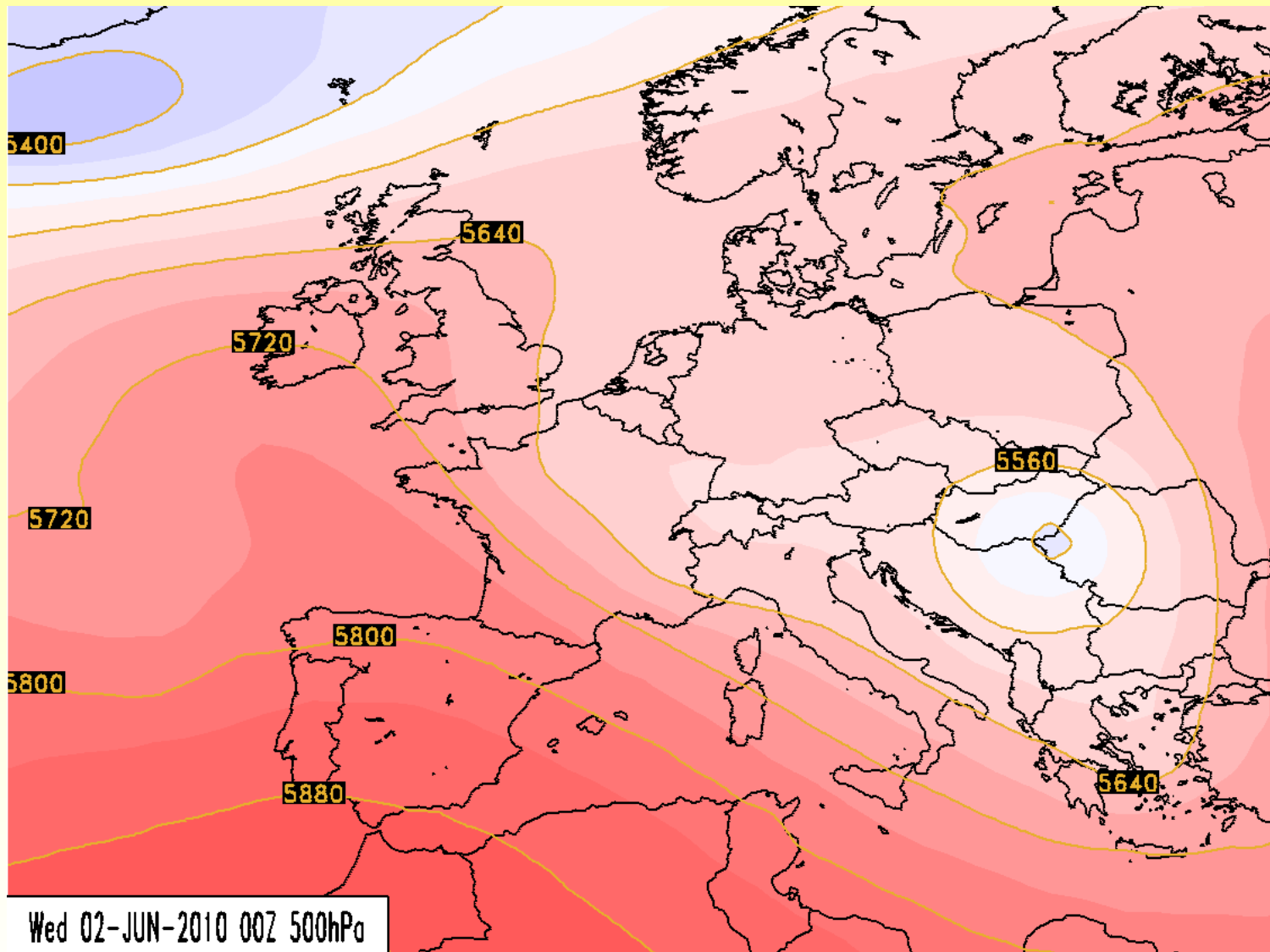
Incertezze nella previsione di alcuni campi meteorologici da parte dei modelli alla scala regionale sono attualmente inevitabili.

- Dipendenza dalle condizioni iniziali
- Dipendenza dalle condizioni al contorno
- Incapacità del modello nel descrivere tutti i processi fisici presenti nel sistema che si desidera simulare

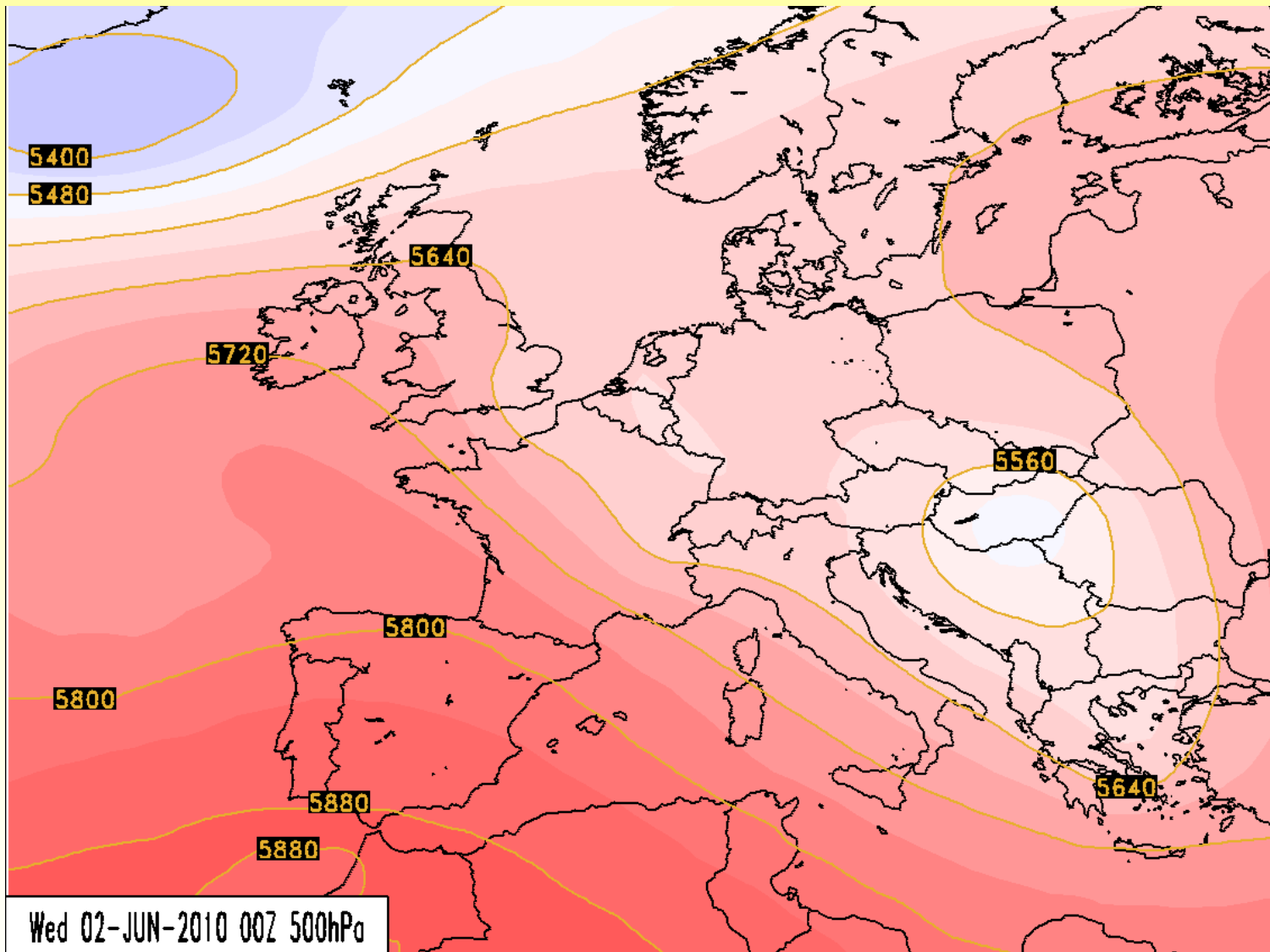
Errori nei campi simulati alla scala di 2 km – 10 km possono influenzare significativamente la previsione meteorologica:

- Precipitazioni
- Copertura nuvolosa
- Passaggi di fase dell'acqua
- ecc.

Previsione a +24 ore

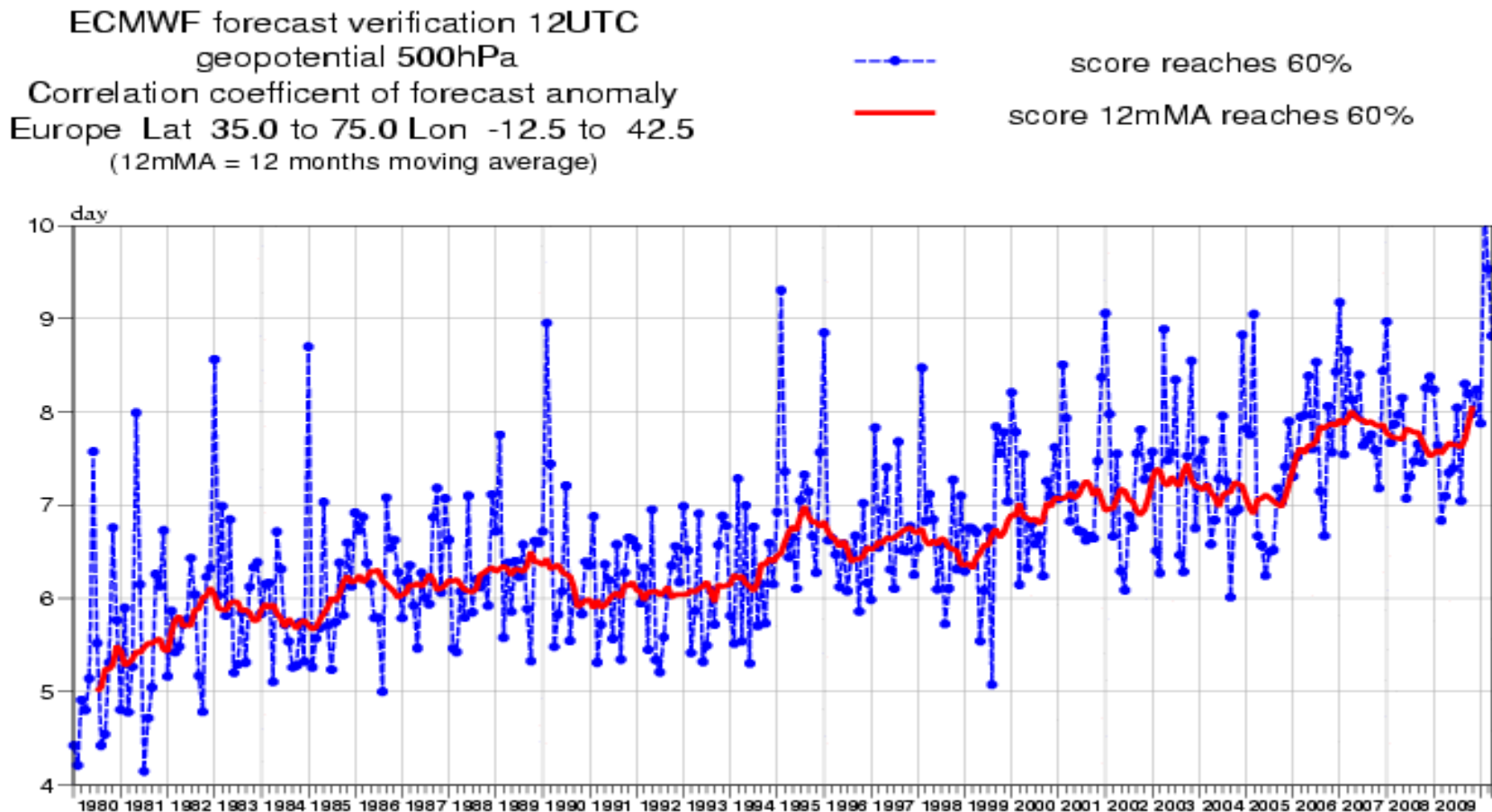


Previsione a +48 ore

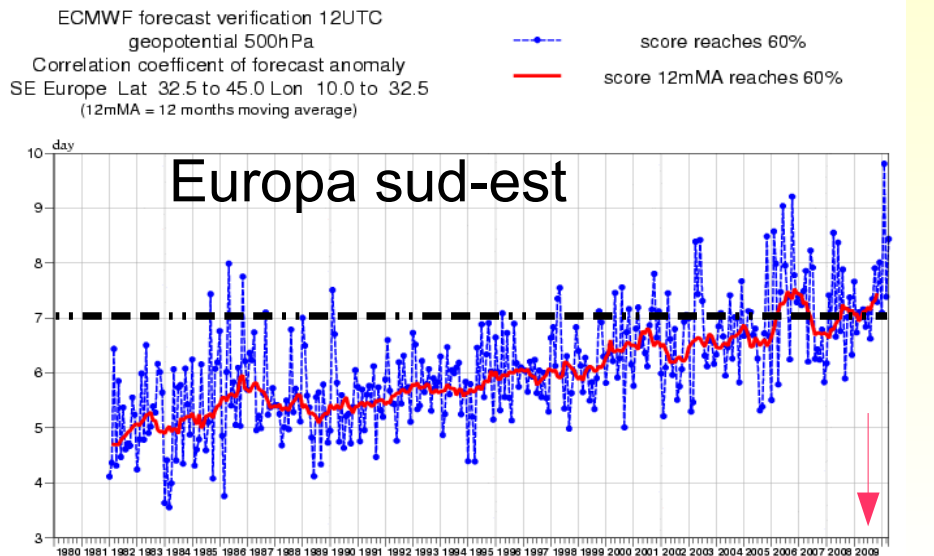
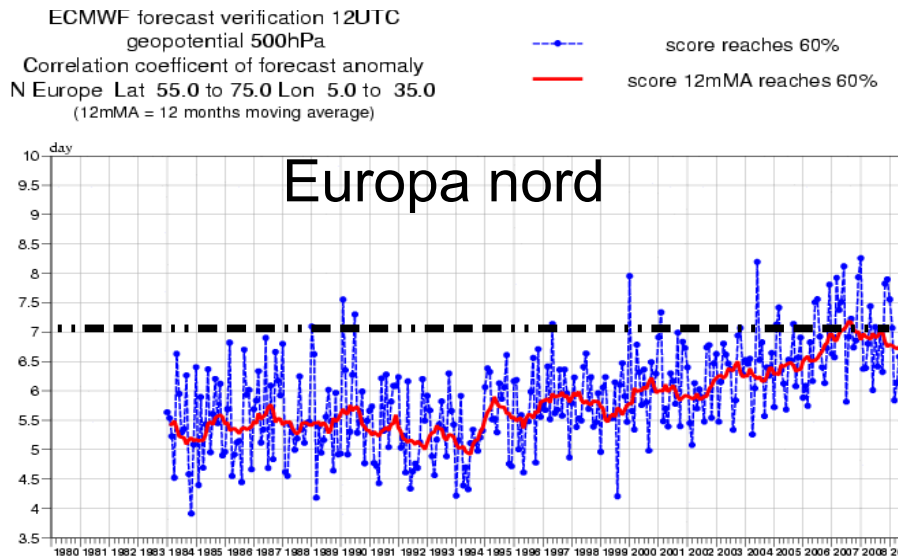
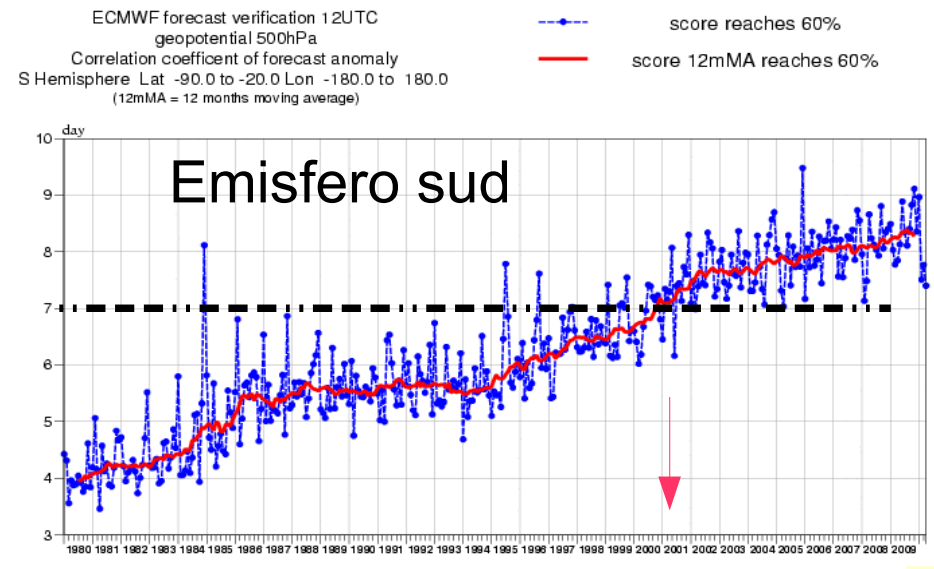
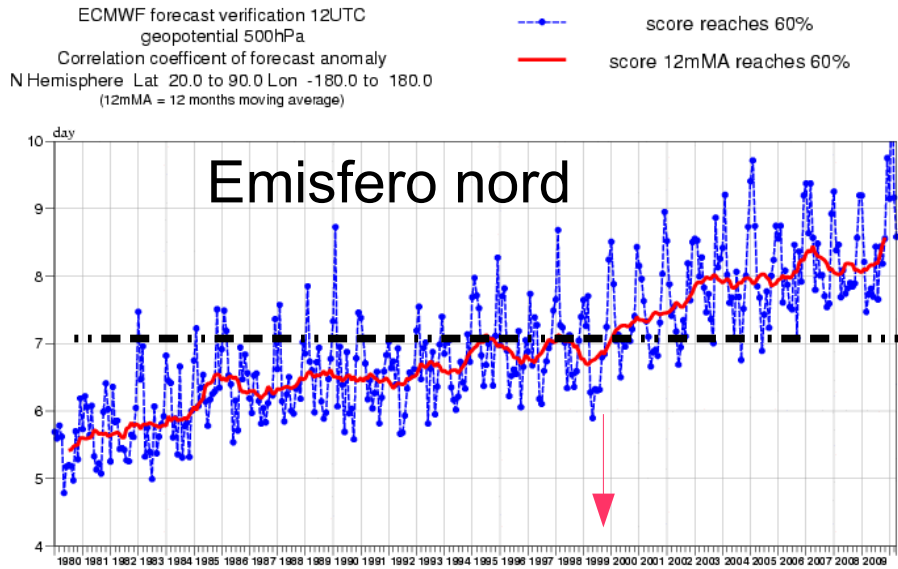


La qualità delle previsioni numeriche

L'aderenza delle previsioni numeriche alla realtà si valuta quantitativamente tramite indici oggettivi calcolati confrontando i campi simulati con le misure eseguite in atmosfera



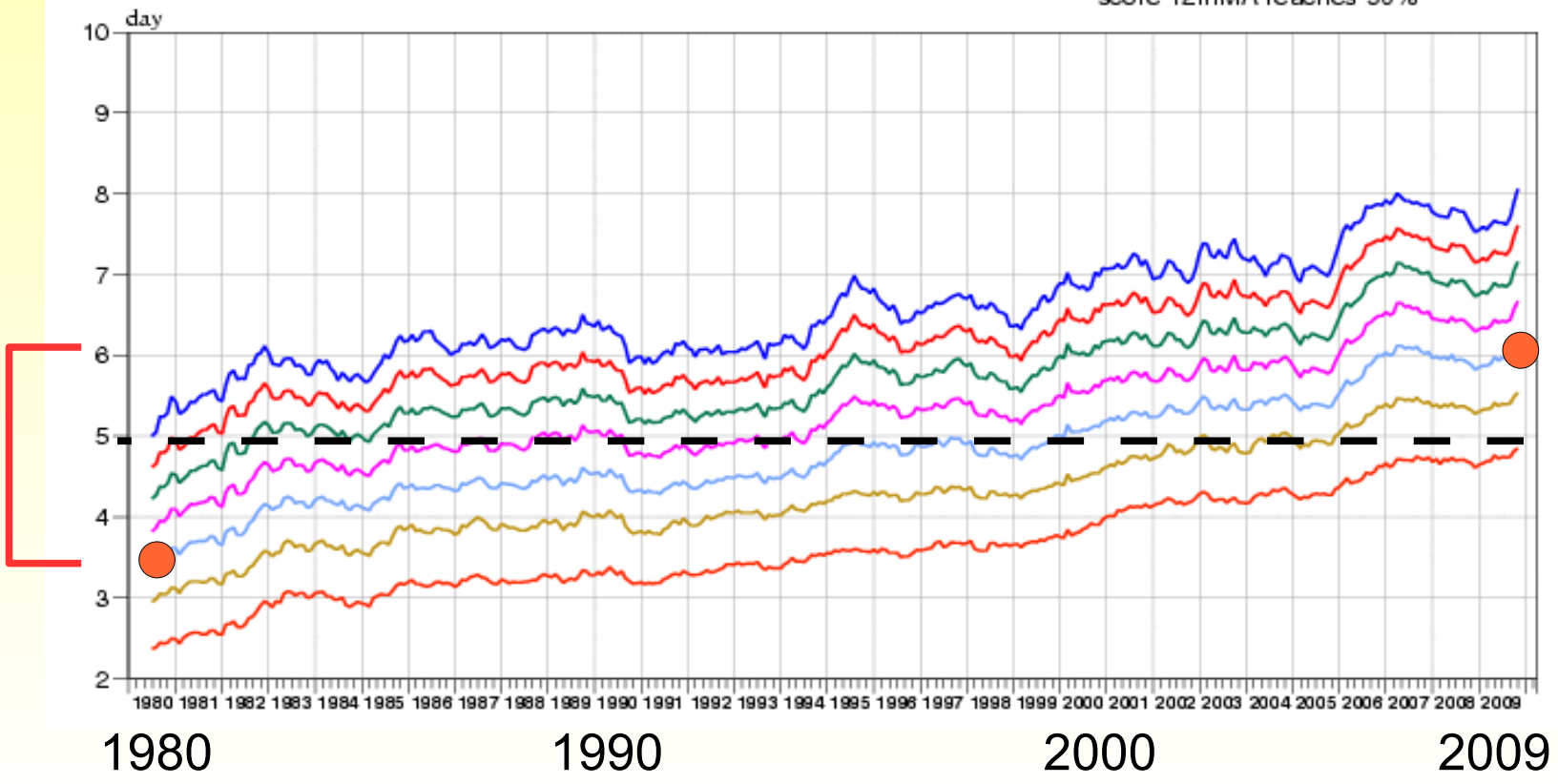
La qualità dei modelli numerici non è la stessa su tutti i punti del dominio di calcolo e dipende dall'estensione dell'area considerata



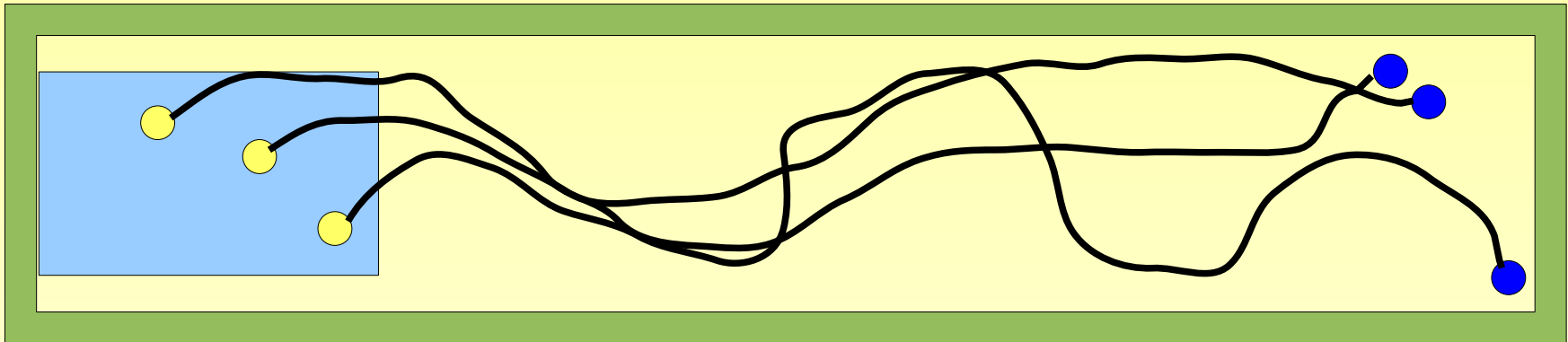
Il miglioramento degli ultimi decenni

ECMWF forecast verification 12UTC
 geopotential 500hPa
 Correlation coefficient of forecast anomaly
 Europe Lat 35.0 to 75.0 Lon -12.5 to 42.5
 (12mMA = 12 months moving average)

- score 12mMA reaches 80%
- score 12mMA reaches 85%
- score 12mMA reaches 70%
- score 12mMA reaches 75%
- score 12mMA reaches 80%
- score 12mMA reaches 85%
- score 12mMA reaches 90%



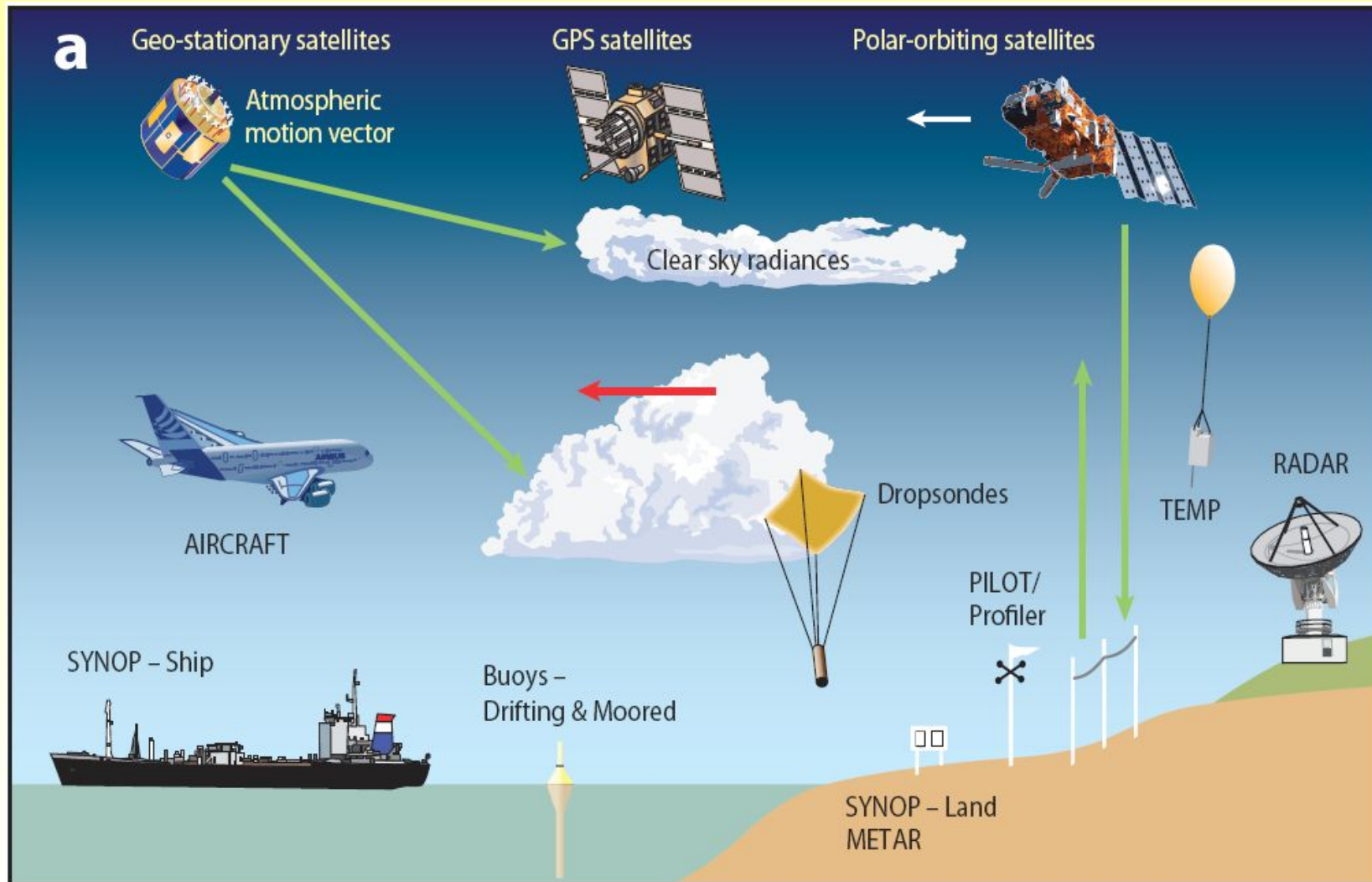
La predicibilità dipende molto dalle condizioni iniziali



Perciò si debbono migliorare quanto più possibile le condizioni iniziali dalle quali evolvono i modelli numerici

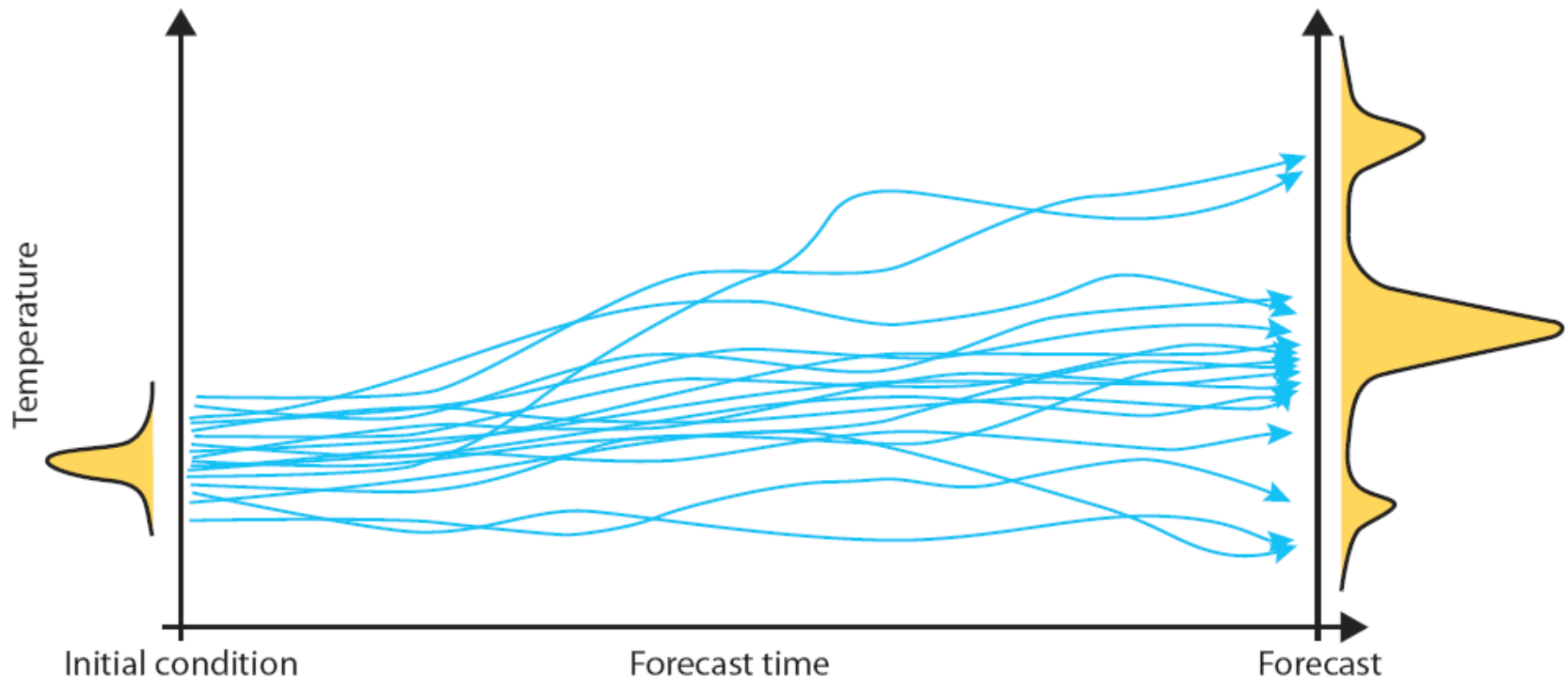
- Ridurre gli errori di misura
- Coprire al meglio di misure il dominio di calcolo (globo)

Le condizioni iniziali sono ottenute con un complesso sistema di monitoraggio continuo dell'atmosfera



Le condizioni iniziali saranno sempre affette da incertezza.

Tale incertezza si propaga nell'evoluzione del modello spesso in modo caotico



Come quantificare l'incertezza dei moti caotici atmosferici?

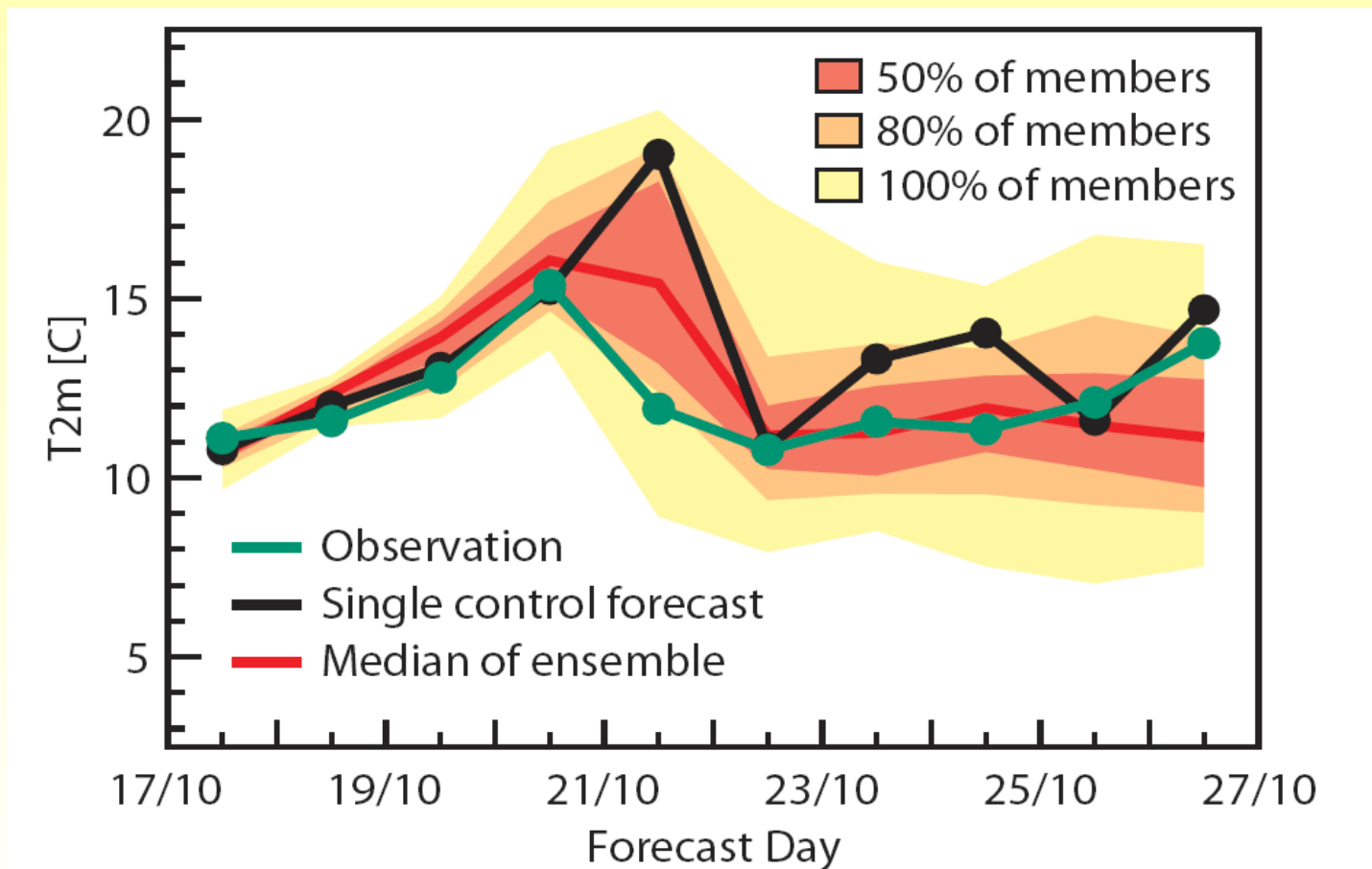
La grande potenza di calcolo oggi a disposizione permette di eseguire un gran numero di simulazioni (attualmente 50) con condizioni iniziali leggermente variate rispetto a quella che si considera la migliore condizione iniziale.

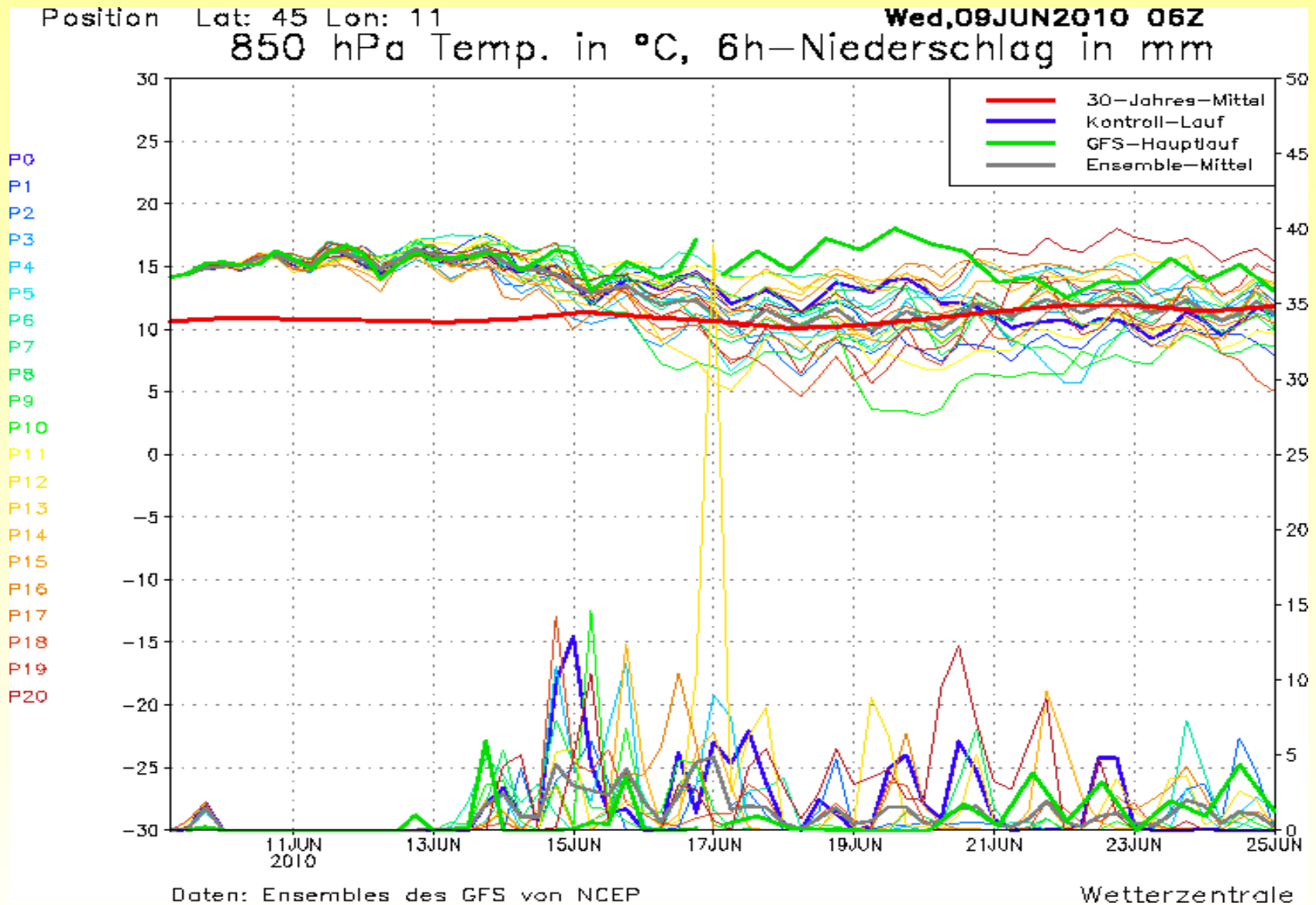
Si ottengono un gran numero di previsioni

Si sintetizzano i risultati valutando la dispersione delle simulazioni

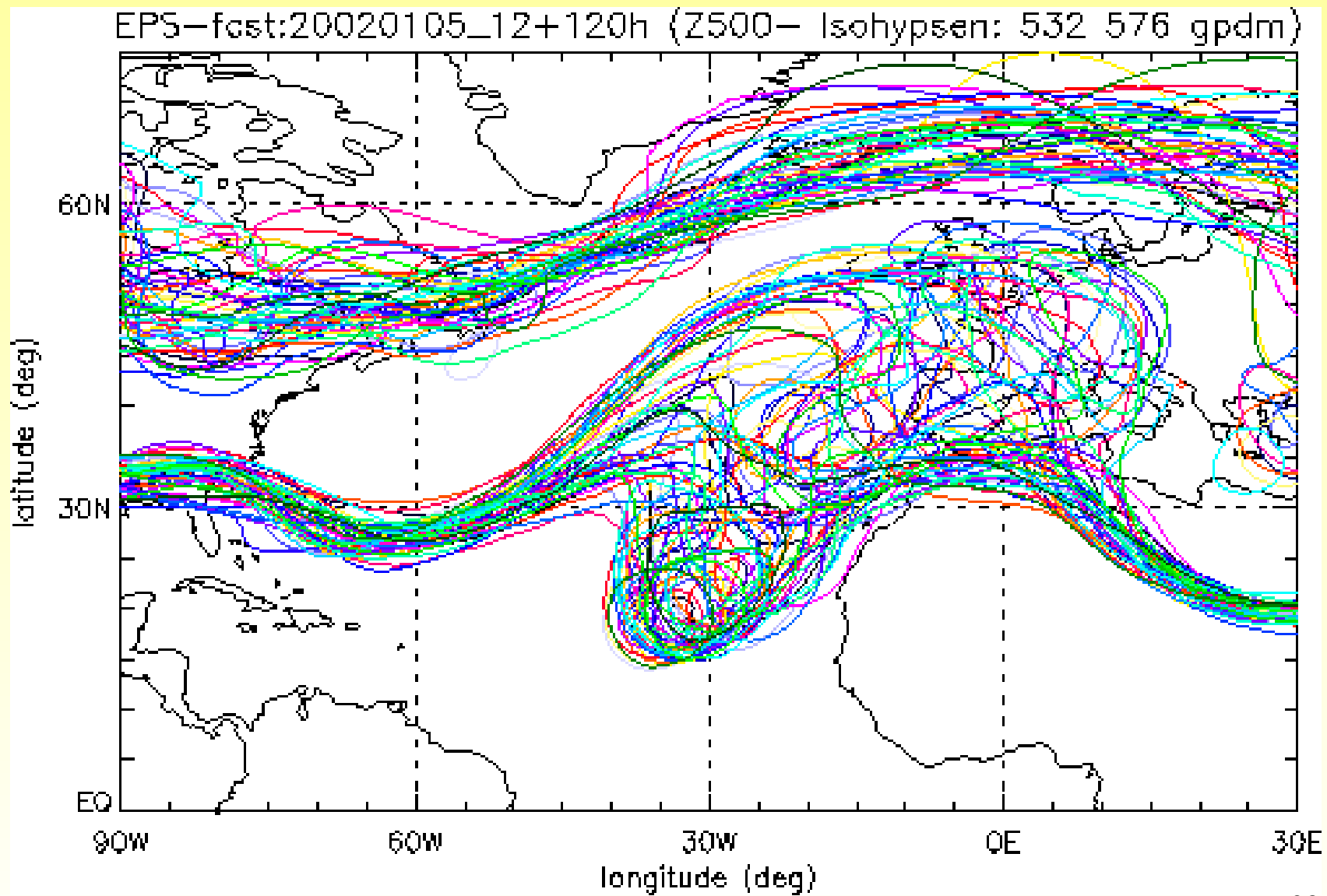
Il sistema si chiama: **Ensemble Prediction System (EPS)**

La tecnica EPS dà un quantificazione dell'intervallo entro il quale è probabile si troverà la simulazione più prossima alla realtà



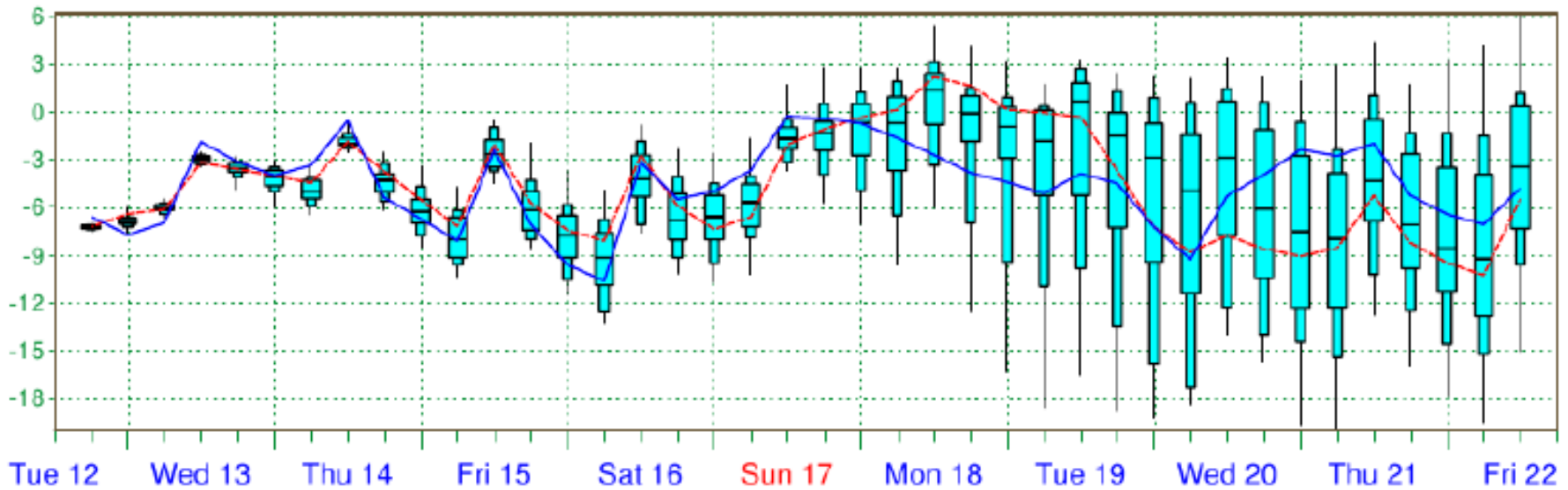


Esempio di previsione EPS – spaghetti di isoipse a 500 hPa



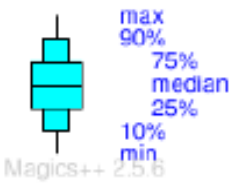
Sintesi statistica di 50 previsioni EPS

2m Temperature reduced to station height (°C) 285m (T799) 280m (T399)



January 2010

EPS Control(50 km) High Resolution Deterministic(25 km)



Considerazioni finali e sviluppi futuri

- **L'atmosfera è un sistema dinamico caotico**
- **La predicibilità del sistema dipende da:**
 - Condizioni iniziali
 - Condizioni al contorno
 - Modello dinamico usato per simulare la realtà
- **La modellistica numerica costituisce la frontiera della predicibilità del sistema.**
- **Miglioramenti nella predicibilità sono attesi da:**
 - Miglioramenti della definizione delle condizioni iniziali (misure)
 - Miglioramenti nei modelli dinamici usati (aumento della capacità di calcolo)
- **Dalla teoria dei sistemi dinamici caotici sappiamo che esistono dei limi intrinseci alla predicibilità dell'evoluzione del sistema atmosfera**
 - Miglioramenti dalla teoria sono attesi



Testo in Arial non inferiore a 24