

Copertina

Corso di Fisica dell'Atmosfera

# Modellistica numerica applicata al sistema atmosferico

Giaiotti Dario & Stel Fulvio

Trieste, anno accademico 2012/2013

## Sommario della lezione

- Considerazioni generali
- Simulazioni su dominio globale
- Simulazioni del tempo meteorologico, fino a 10 giorni: ECMWF, GFS,
- Ensemble forecast.
- Simulazioni ad area limitata: i LAM e il modello WRF
- Consorzi modellistici in Europa COSMO, ALADIN HIRLAM.
- Strumenti e conoscenze necessarie per svolgere simulazioni atmosferiche

## Difficoltà della soluzione del set di equazioni fondamentali

$$\frac{du}{dt} - \frac{uv \tan(\phi)}{R} + \frac{uw}{R} = 2\Omega v \sin(\phi) - 2\Omega w \cos(\phi) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + (\nu \Delta \mathbf{v})_x$$

$$\frac{dv}{dt} + \frac{u^2 \tan(\phi)}{R} + \frac{vw}{R} = -2\Omega u \sin(\phi) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + (\nu \Delta \mathbf{v})_y$$

$$\frac{dw}{dt} - \frac{u^2 + v^2}{R} = 2\Omega u \cos(\phi) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g + (\nu \Delta \mathbf{v})_z$$

$$p = \rho RT$$

$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \nabla \cdot \mathbf{v} = 0$$

$$\frac{d\eta}{dt} = C_p \frac{dT}{dt} - \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dt}$$

L'insieme completo di equazioni differenziali che descrive l'evoluzione dell'atmosfera terrestre presenta notevoli difficoltà nel calcolo delle soluzioni, sia tramite l'approccio analitico che quello numerico.

Si tratta di equazioni differenziali alle derivate parziali, non lineari.

Le condizioni iniziali e quelle al contorno sono essenziali per la ricerca di soluzioni realistiche

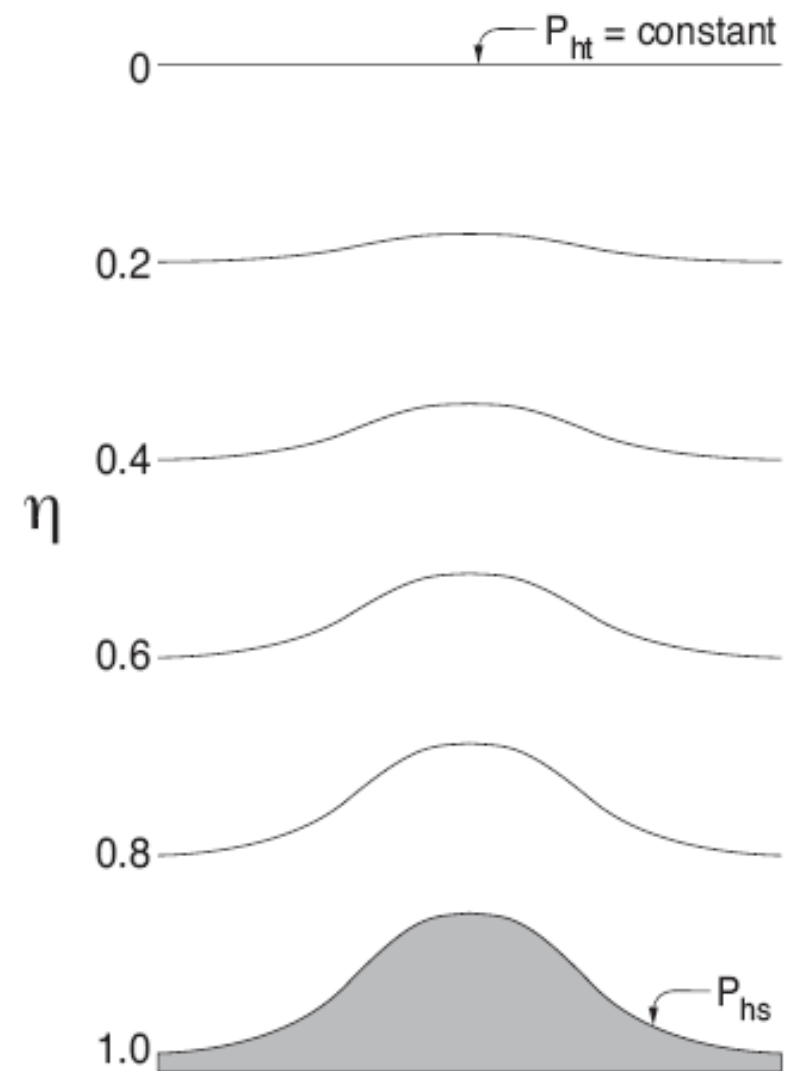
## Le coordinate verticali nei modelli numerici

The ARW equations are formulated using a terrain-following hydrostatic-pressure vertical coordinate denoted by  $\eta$  and defined as

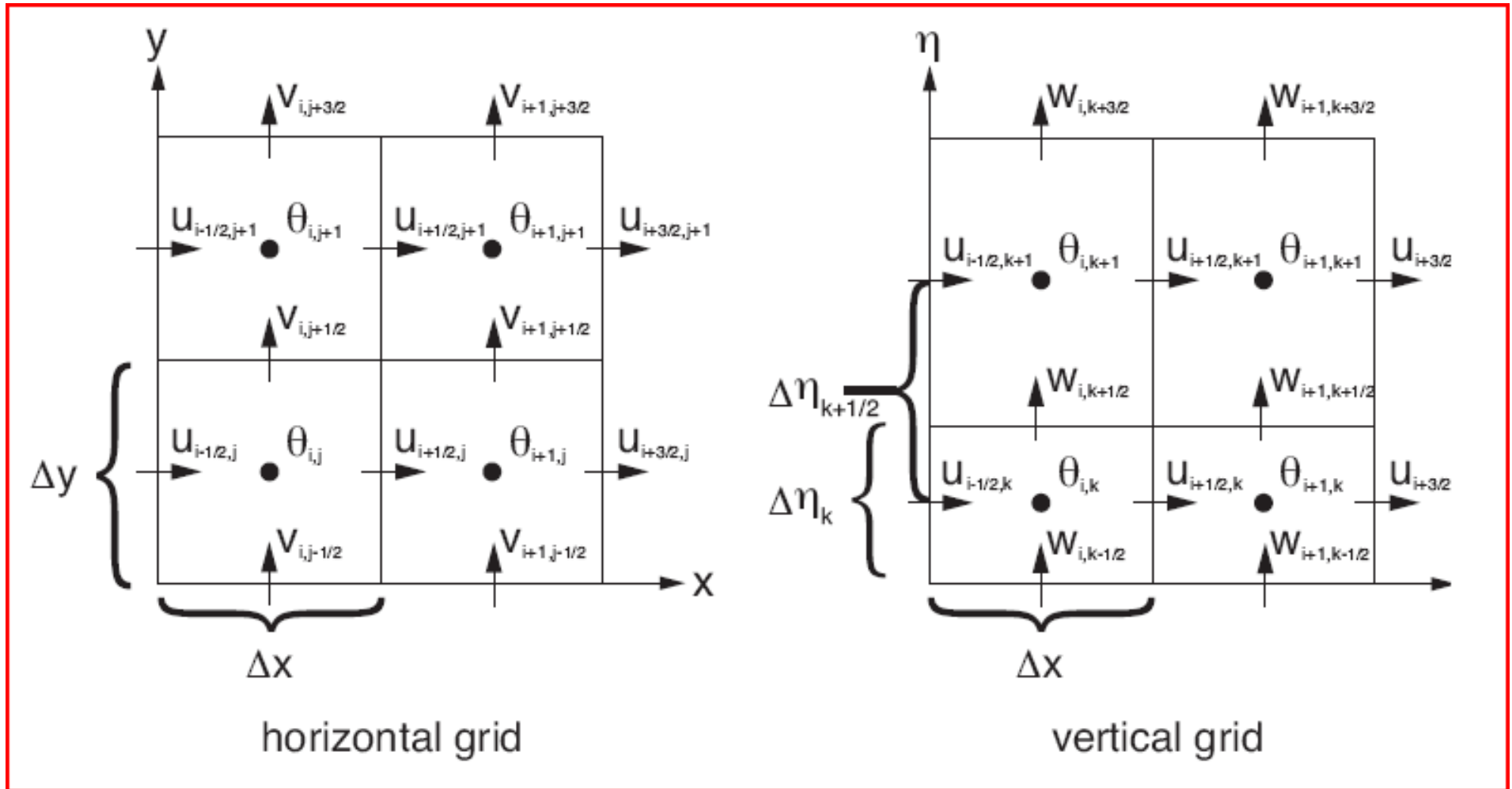
$$\eta = (p_h - p_{ht}) / \mu \quad \text{where} \quad \mu = p_{hs} - p_{ht}. \quad (2.1)$$

$p_h$  is the hydrostatic component of the pressure, and  $p_{hs}$  and  $p_{ht}$  refer to values along the surface and top boundaries, respectively. The coordinate definition (2.1), proposed by Laprise (1992), is the traditional  $\sigma$  coordinate used in many hydrostatic atmospheric models.  $\eta$  varies from a value of 1 at the surface to 0 at the upper boundary of the model domain (Fig. 2.1). This vertical coordinate is also called a mass vertical coordinate.

Since  $\mu(x, y)$  represents the mass per unit area within the column in the model domain at  $(x, y)$ ,

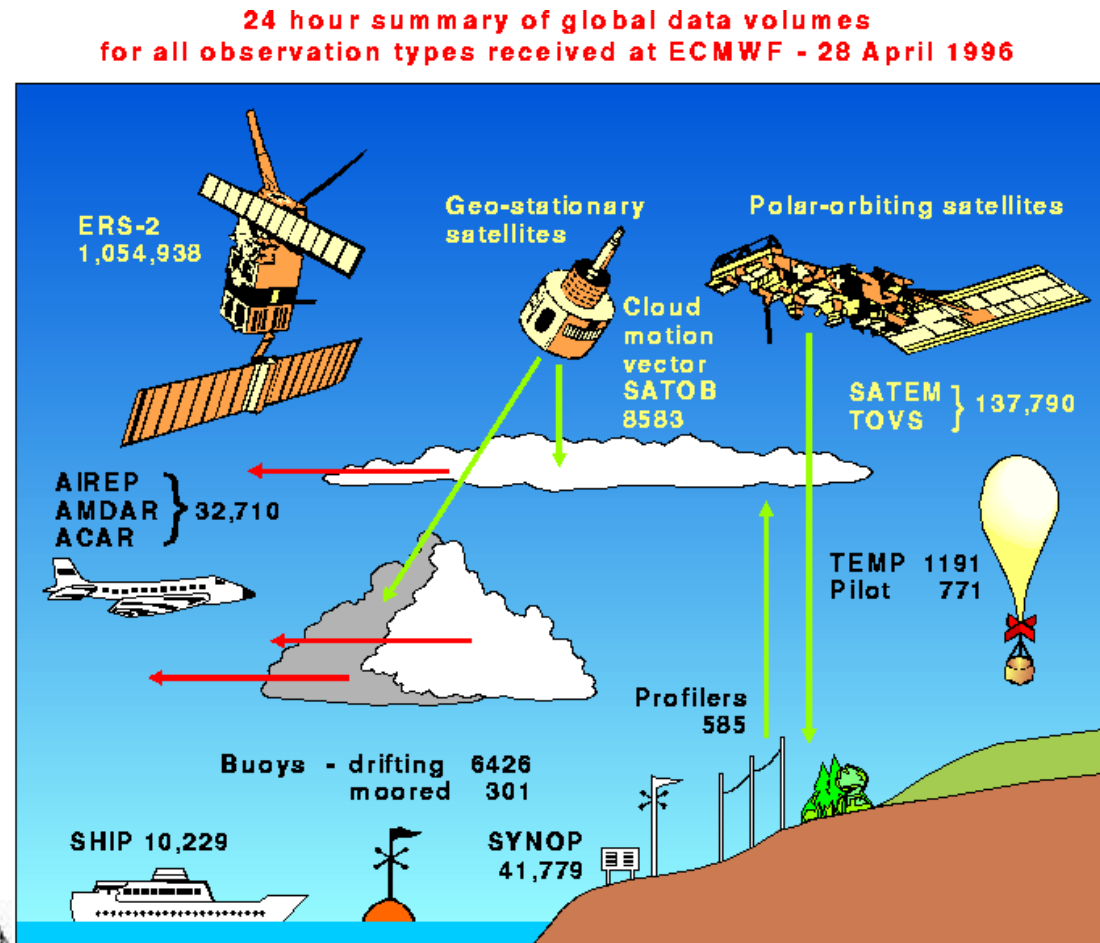


## Coordinate sfalsate (staggered) per le diverse variabili



## Modello meteorologico globale

Le condizioni iniziali sono date dalle misure eseguite con sistematicità e regolarità ogni giorno

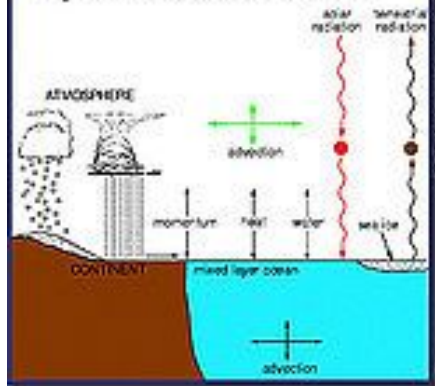


### Schematic for Global Atmospheric Model

Horizontal Grid (latitude - longitude)

Vertical Grid (height or pressure)

### Physical Processes in a Model

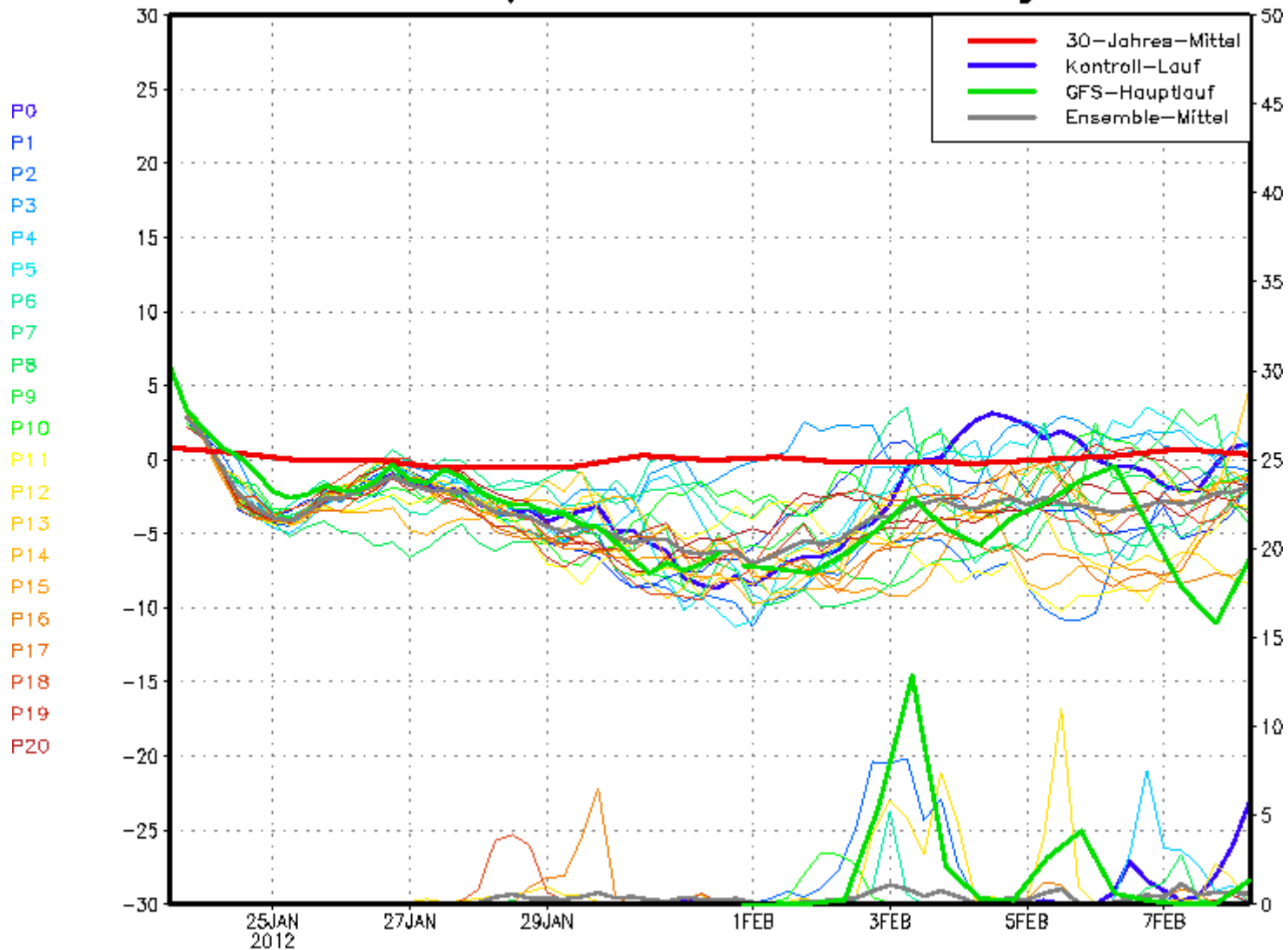


## La tecnica Ensemble Forecast

Position Lat: 45 Lon: 9

Mon, 23 JAN 2012 12Z

850 hPa Temp. in °C, 6h-Niederschlag in mm



Daten: Ensembles des GFS von NCEP

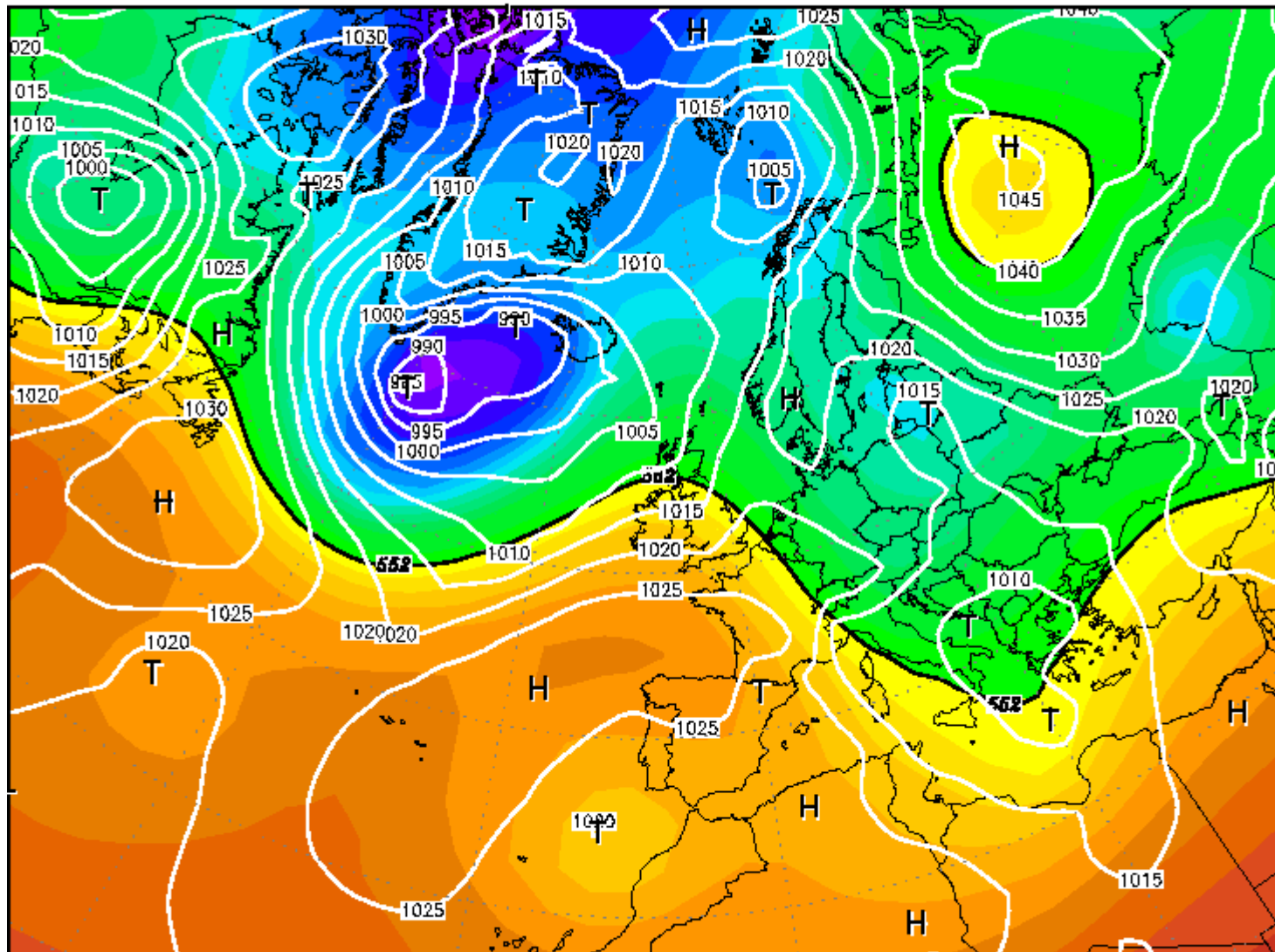
Wetterzentrale

## Simulazioni del tempo, fino a 10 giorni: ECMWF, GFS

Init : Mon,23JAN2012 12Z

Valid: Tue,24JAN2012 12Z

*500 hPa Geopot. (gpm) und Bodendruck (hPa)*

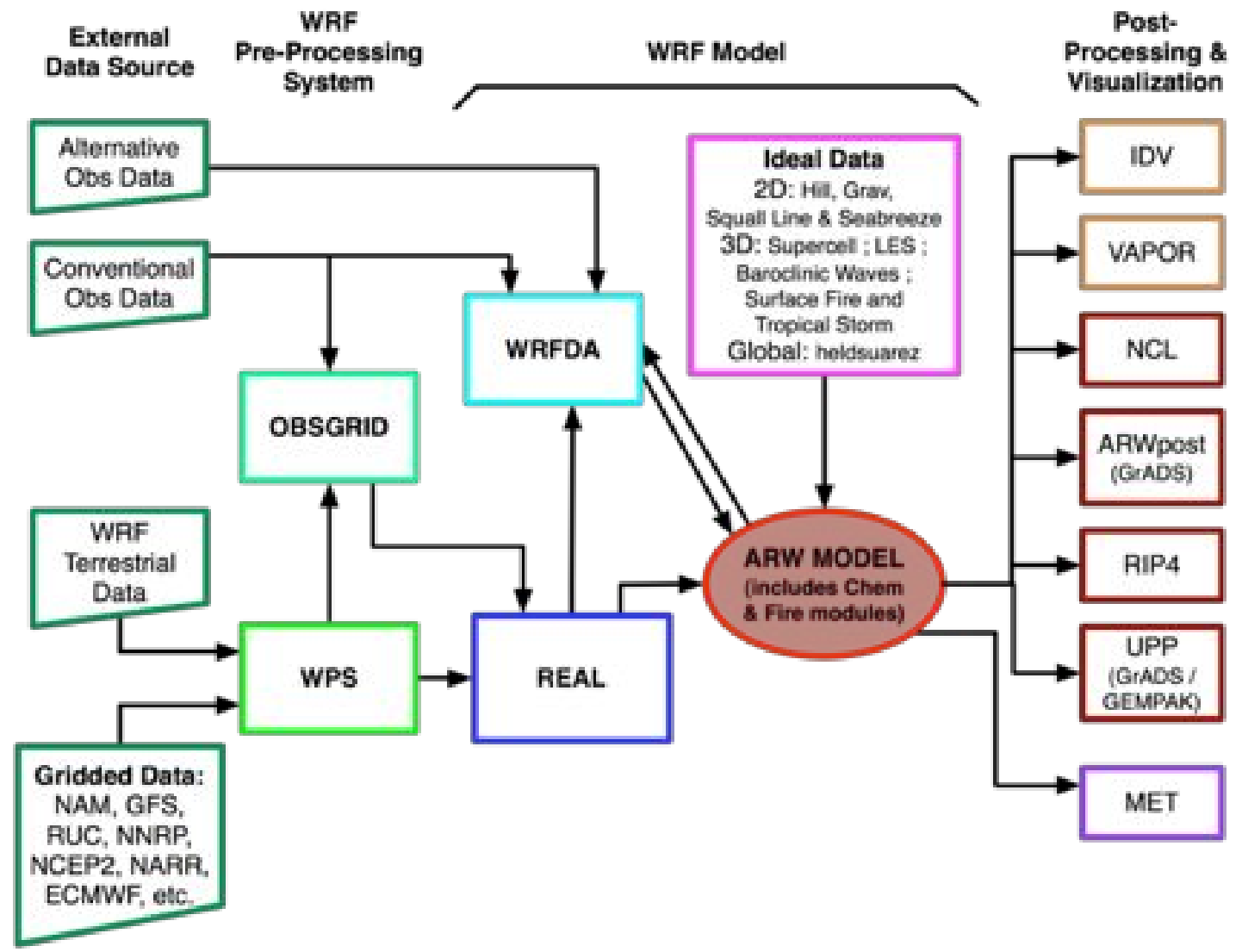


Daten: ECMWF  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)



# Simulazioni ad area limitata: i LAM e il modello WRF

## WRF Modeling System Flow Chart



## Area di rilassamento ai bordi del dominio di calcolo

Real-Data Lateral Boundary Condition: Location of Specified and Relaxation Zones

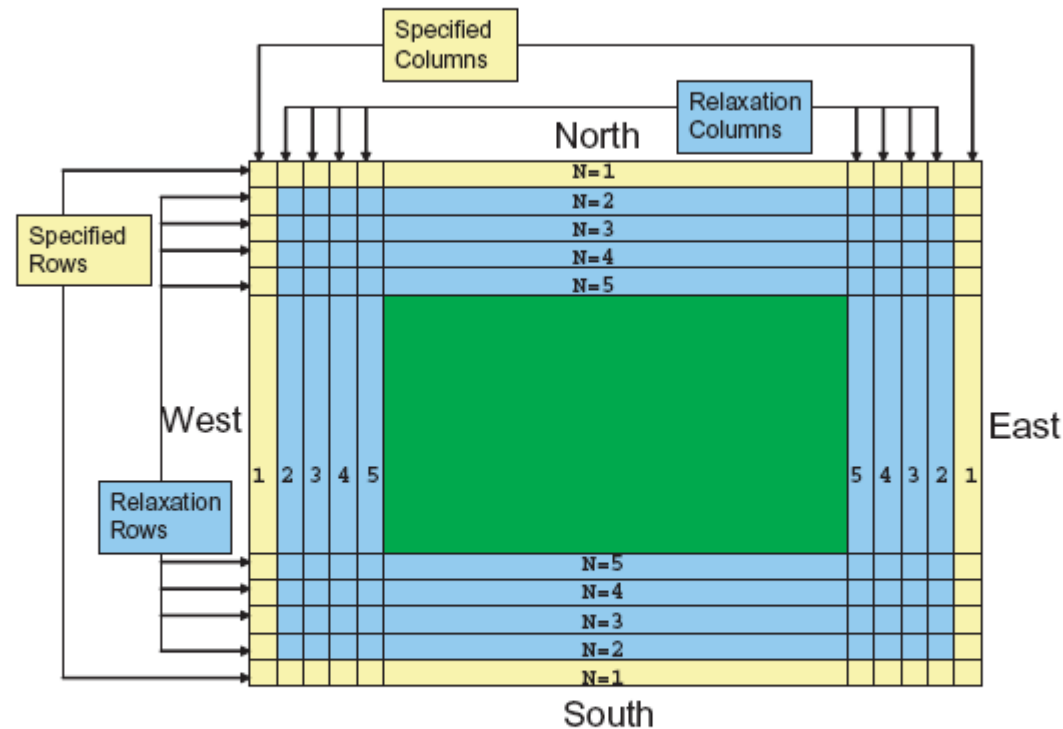


Figure 6.1: Specified and relaxation zones for a grid with a single specified row and column, and four rows and columns for the relaxation zone. These are typical values used for a specified lateral boundary condition for a real-data case.

# Calcolo parallelo nella simulazione atmosferica

Dominio di calcolo

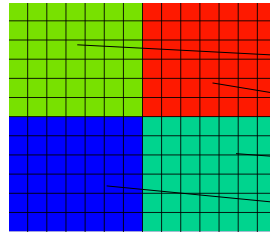
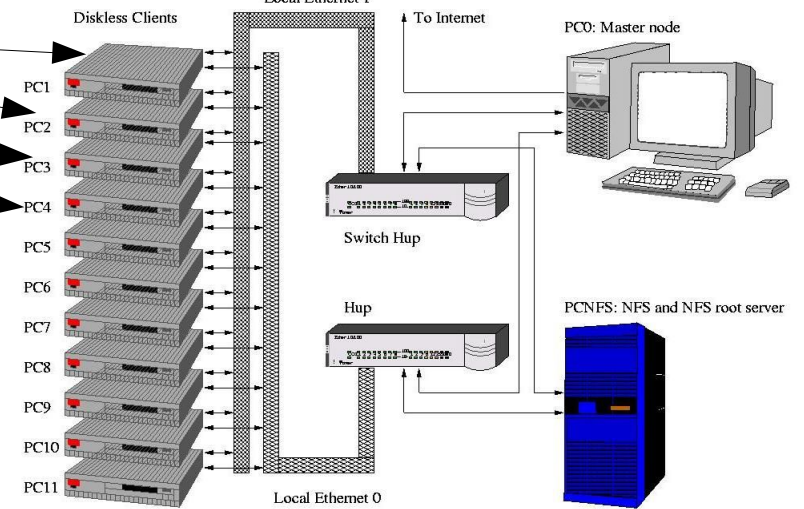
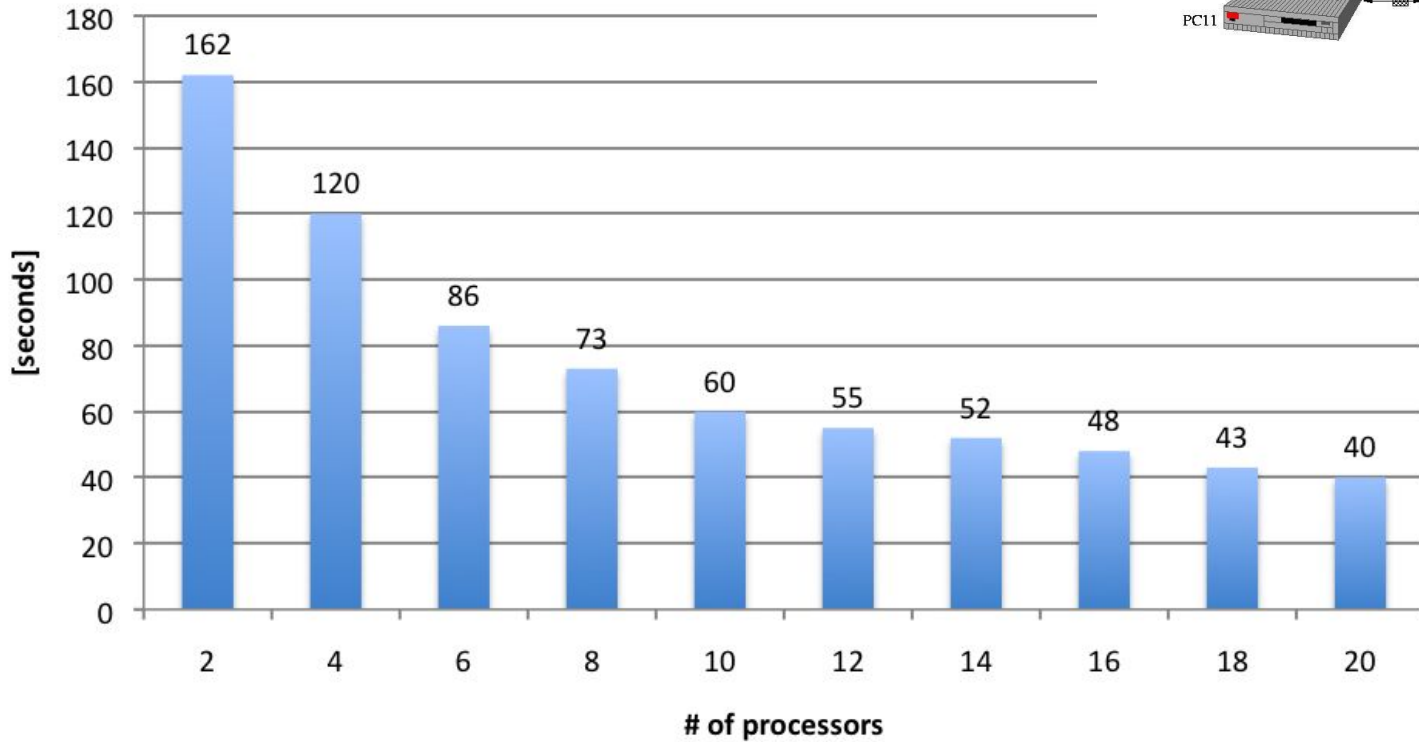


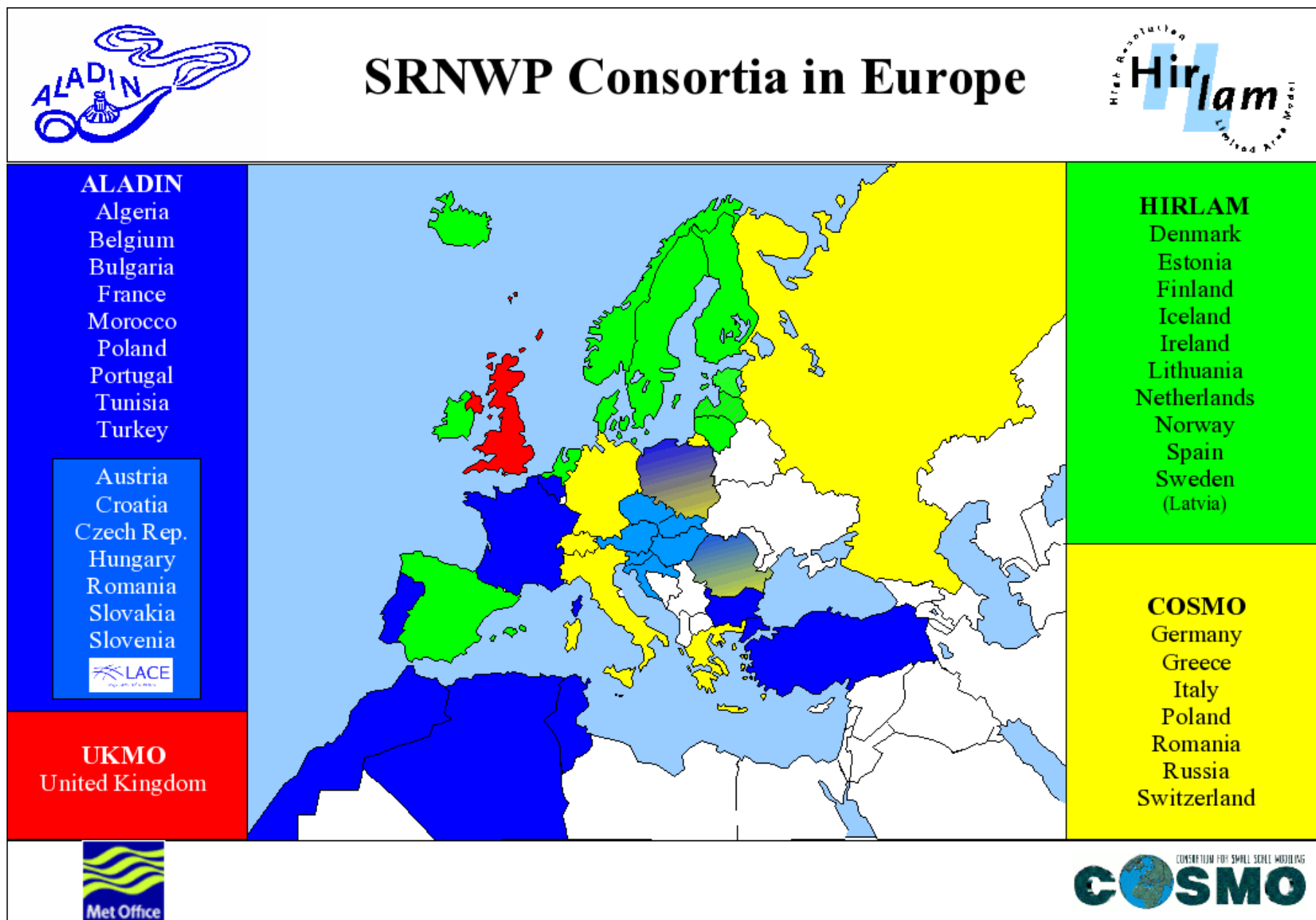
Figure 1. Cluster Configuration



Execution Times of WRF (3.2.1) @ Hell:



## I consorzi modellistici europei



## Strumenti necessari per svolgere simulazioni numeriche

- Conoscenza della fisica dell'atmosfera
- Conoscenza della climatologia e della meteorologia del sistema che si vuole simulare
- Dimestichezza con l'ambiente informatico Linux o Unix
- Conoscenza della programmazione BASH (Perl o Python- opzionale)
- Conoscenza dei linguaggi di programmazione FORTRAN (C - opzionale)
- Disponibilità di un modello numerico (condizioni al contorno - opzionale)
- Disponibilità di spazio calcolo su una macchina performante (Cluster - opzionale)
- Conoscenza di un sistema di visualizzazione e di analisi di grossi volumi di dati.

## Bibliografia

[www.ecmwf.int](http://www.ecmwf.int)

ECMWF model

<http://www.wrf-model.org/index.php>

WRF model

<http://www.nco.ncep.noaa.gov/>

GFS