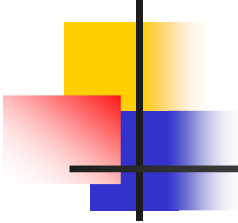


ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΚΑΙΡΟΥ - ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

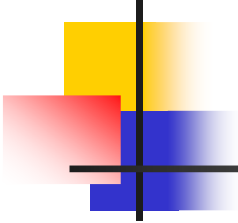
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
Επιστήμη και Τεχνολογία Υδάτινων Πόρων
ΕΜΠ

ΔΙΔΑΣΚΟΥΣΑ: Β. ΚΟΤΡΩΝΗ
ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΟ ΕΤΟΣ: 2010-2011



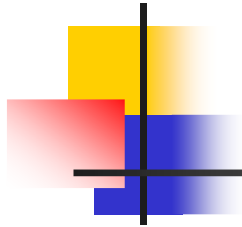
ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

- 1827, 1845: Εξισώσεις Navier-Stokes για τις κινήσεις των ρευστών
- 1888 : von Helmholtz, πρωτοδιατύπωσε τις εξισώσεις ρευστομηχανικής
- 1898 : Bjerknes, πρότεινε την εφαρμογή τους στη ατμόσφαιρα
- 1922 : Richardson, πρόταση για πρόγνωση λύνοντας τις βασικές εξισώσεις με αριθμομηχανές (6 εβδομάδες για 6 ώρες πρόγνωσης)
- 1945 : Neumann - Zworykin, πρόταση για αριθμητική πρόγνωση σε υπολογιστή
- 1950 : Στον ENIAC (υπολογιστή στο Princeton) έγινε πρόγνωση για τρεις περιπτώσεις
- 1953 : Rossby βαροτροπικό μοντέλο (δεν λαμβάνει υπ' όψη την κατακόρυφη μεταβολή της ταχύτητας και την οριζόντια μεταβολή της θερμοκρασίας), έκανε επιχειρησιακή πρόγνωση σε ένα επίπεδο (500 hPa)



ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

- 1955 : IBM πρόγνωση σε τρία επίπεδα 900, 700, 400 hPa βασισμένη στο βαροκλινικό μοντέλο (λαμβάνει υπόψη την θερμοδυναμική δομή της ατμόσφαιρας) των Charney, Eliassen.
- 1958 : Ιδρύθηκε το National Meteorological Center (USA)
 - 1963 : βαροκλινικά μοντέλα, 6 επίπεδα, βασισμένα στις βασικές (primitive) εξισώσεις.
 - 1966 : παγκόσμια κάλυψη, τοπογραφία, παραμετροποιήσεις



ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

■ NMC

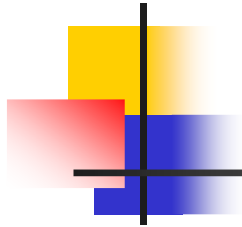
1976 : μοντέλα περιορισμένης κλίμακας

1990 : μοντέλο με επάλληλα πλέγματα

■ 1970 : Ιδρυση του ECMWF (Ευρωπαϊκό Κέντρο Μεσοπρόθεσμων Προγνώσεων

1979 : πρώτη πρόγνωση καιρού βασισμένη σε μοντέλο grid
point

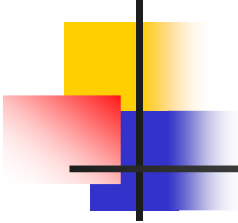
Από 26/1/2010: 10ήμερη πρόγνωση με φασματικό μοντέλο,
οριζόντια ανάλυση ~16 km, 91 κατακόρυφα επίπεδα (ως τα
0.01hPa, ~80 km), ~2,140,704 σημεία πλέγματος,



ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΚΑΙΡΟΥ

■ Επίλυση των εξισώσεων που διέπουν την εξέλιξη της ατμόσφαιρας:

- 2ος νόμος Newton : διατήρησης της ορμής
- 1ος νόμος της θερμοδυναμικής
- εξίσωση συνέχειας
- εξίσωση διατήρησης της υγρασίας



Βασικές εξισώσεις αριθμητικών μοντέλων (προγνωστικές εξισώσεις)

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

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

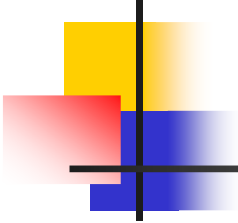
$$\frac{\partial w}{\partial t} = -u \frac{\partial w}{\partial x} - v \frac{\partial w}{\partial y} - w \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g$$

2ος νόμος Newton

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\rho \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) \longrightarrow \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

εξίσωση συνέχειας

u, v, w : συνιστώσες ανέμου, f : παράμετρος Coriolis, p : πίεση, F : τριβή
 T : θερμοκρασία,



Βασικές εξισώσεις αριθμητικών μοντέλων (διαγνωστικές εξισώσεις)

$$p = \rho RT$$

καταστατική εξίσωση

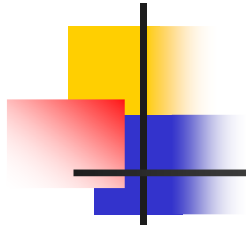
$$Q = C_p \frac{dT}{dt} - \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dt}$$

1ος νόμος της θερμοδυναμικής

$$\frac{\partial q}{\partial t} = -u \frac{\partial q}{\partial x} - v \frac{\partial q}{\partial y} - w \frac{\partial q}{\partial z} + E - P$$

διατήρησης της υγρασίας

q: σχετική υγρασία, E= εξατμισοδιαπνοή, P:
βροχή



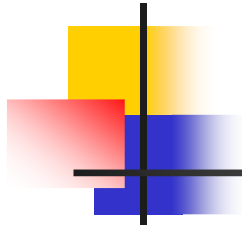
Δεν υπάρχει αναλυτική λύση για τις εξισώσεις που περιγράφουν την εξέλιξη της ατμόσφαιρας (μή γραμμικές, μερικές διαφορικές)

Οπότε είτε

→ (α) εύρεση ακριβούς αναλυτικής λύσης απλοποιημένης μορφής των εξισώσεων

Πχ. γεωστροφικός άνεμος
$$V_g = \frac{1}{\rho f} \frac{\partial p}{\partial n}$$

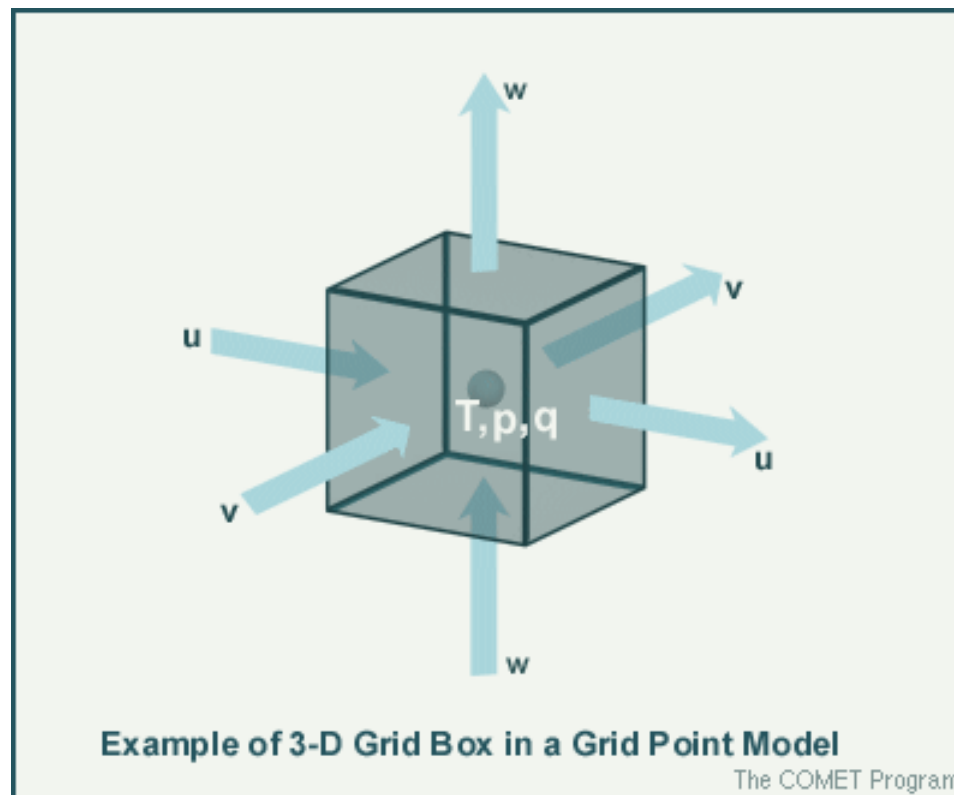
ρ : πυκνότητα, $f=10^{-4} \text{ s}^{-1}$, p : πίεση,
 n : διεύθυνση κάθετη στις ισοβαρείς



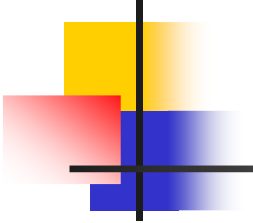
ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΚΑΙΡΟΥ

- (β) δημιουργία ενός απλοποιημένου φυσικού μοντέλου για το οποίο μπορούν να επιλυθούν οι εξισώσεις αρχικές προσπάθειες αριθμητικής πρόγνωσης περιγράφοντας την ατμόσφαιρα σαν ένα στρώμα ρευστού που περιβάλλει την γή
- (γ) αριθμητική επίλυση των βασικών εξισώσεων επίλυση μερικών διαφορικών εξισώσεων με την μέθοδο πεπερασμένων διαφορών σε διακριτά σημεία (*grid points*)

Στοιχείο πλέγματος (3-D) - grid point



Οι τρεις συνιστώσες του ανέμου υπολογίζονται στις έδρες του κύβου-στοιχείου πλέγματος και η θερμοκρασία, πίεση, υγρασία στο κέντρο του κύβου.



Επίλυση εξισώσεων-μέθοδος πεπερασμένων διαφορών

Αντικαθιστούμε μια συνεχή διαφορά $\partial N / \partial x$ με διακριτές διαφορές $\Delta N / \Delta x$.

Χρησιμοποιώντας ανάπτυξη σε σειρές Taylor, μπορούμε να γράψουμε:

$$N_{x+\Delta x} = N_x + \Delta x \frac{\partial N}{\partial x} + \frac{1}{2} (\Delta x)^2 \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{1}{6} (\Delta x)^3 \frac{\partial^3 N}{\partial x^3} + \frac{1}{24} (\Delta x)^4 \frac{\partial^4 N}{\partial x^4} + \dots \quad (A)$$

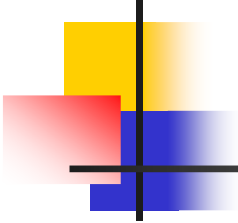
$$N_{x-\Delta x} = N_x - \Delta x \frac{\partial N}{\partial x} + \frac{1}{2} (\Delta x)^2 \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} - \frac{1}{6} (\Delta x)^3 \frac{\partial^3 N}{\partial x^3} + \frac{1}{24} (\Delta x)^4 \frac{\partial^4 N}{\partial x^4} + \dots \quad (B)$$

Αφαίρεση της (B) από την (A) δίνει:

$$\frac{\partial N}{\partial x} = \frac{N_{x+\Delta x} - N_{x-\Delta x}}{2\Delta x} + O(\Delta x)^2$$

Κεντρική διαφορά (centered difference - leapfrog) - 2^{ης} τάξης

$O(\Delta x)^2$: σφάλμα αποκοπής



Επίλυση εξισώσεων-μέθοδος πεπερασμένων διαφορών

Από την (Α) μόνο έχουμε:

$$\frac{\partial N}{\partial x} = \frac{N_{x+\Delta x} - N_x}{\Delta x} + O(\Delta x)$$

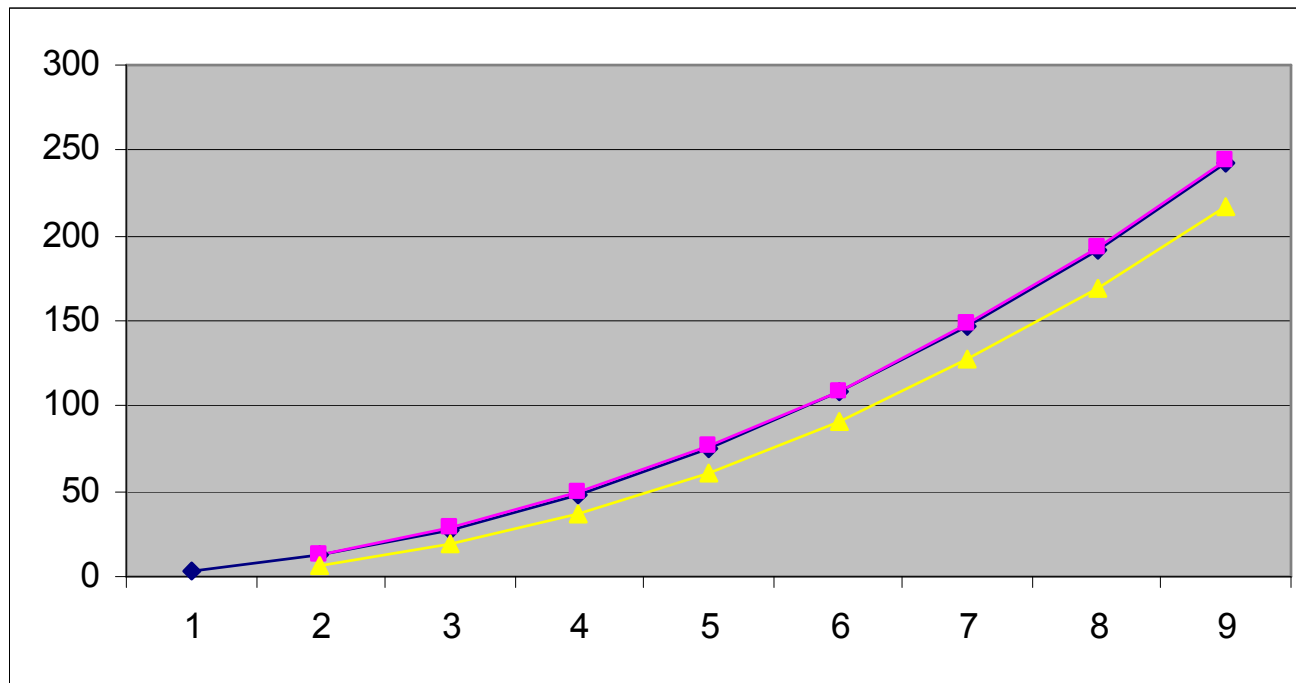
Προς τα εμπρός διαφορά (forward difference) - 1 τάξης

$O(\Delta x)$: σφάλμα αποκοπής

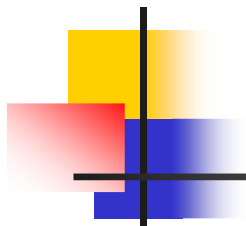
Η προσέγγιση αυτή έχει μεγαλύτερο σφάλμα αποκοπής από τις κεντρικές διαφορές γιατί απαλείφονται όλοι οι όροι τάξεως Δx .

Πλέον χρησιμοποιούνται σχήματα 4^{ης} τάξης (π.χ. Runge-Kutta) τα οποία περιορίζουν ακόμα περισσότερο το σφάλμα αποκοπής.

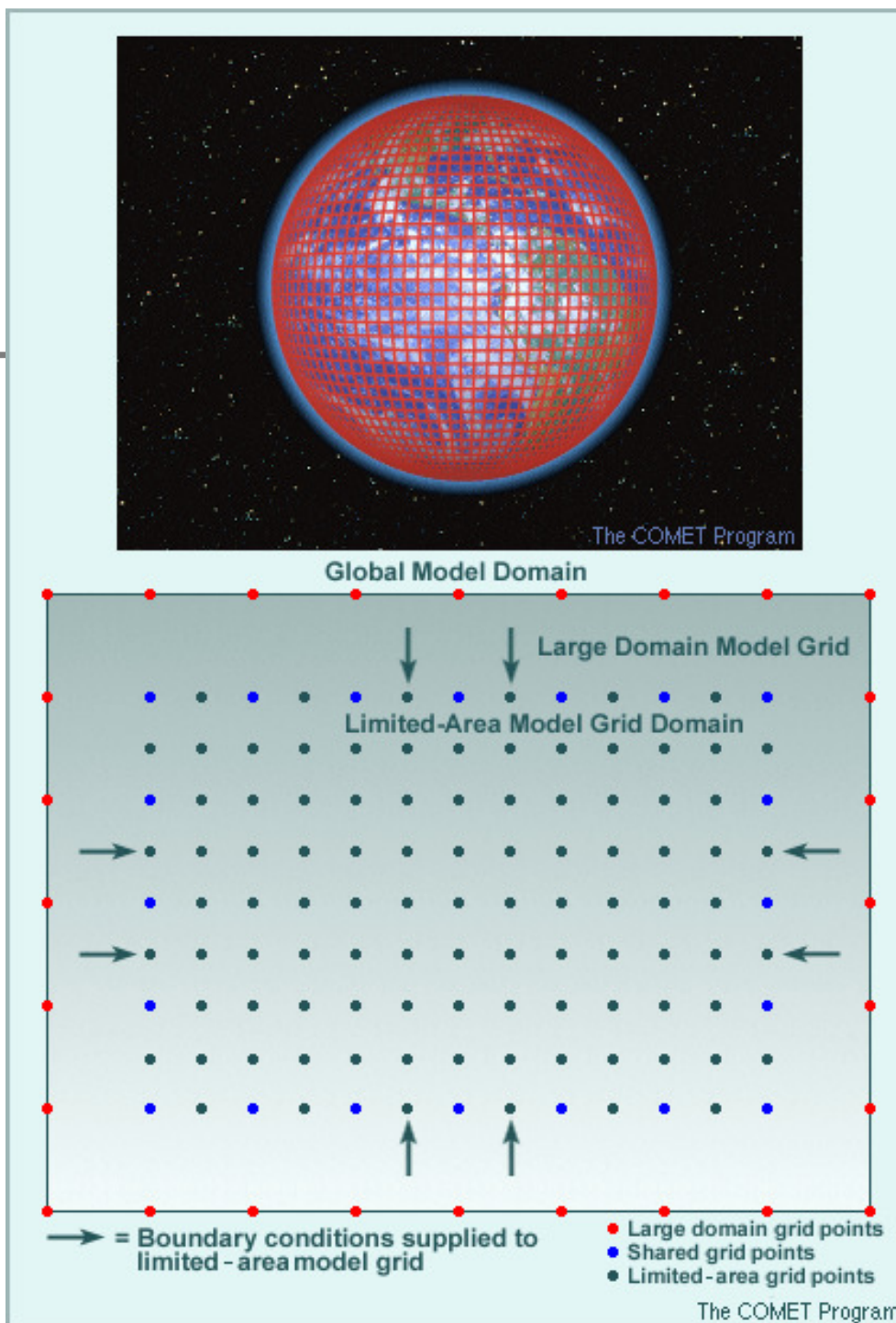
Σφάλμα αποκοπής (truncation error)



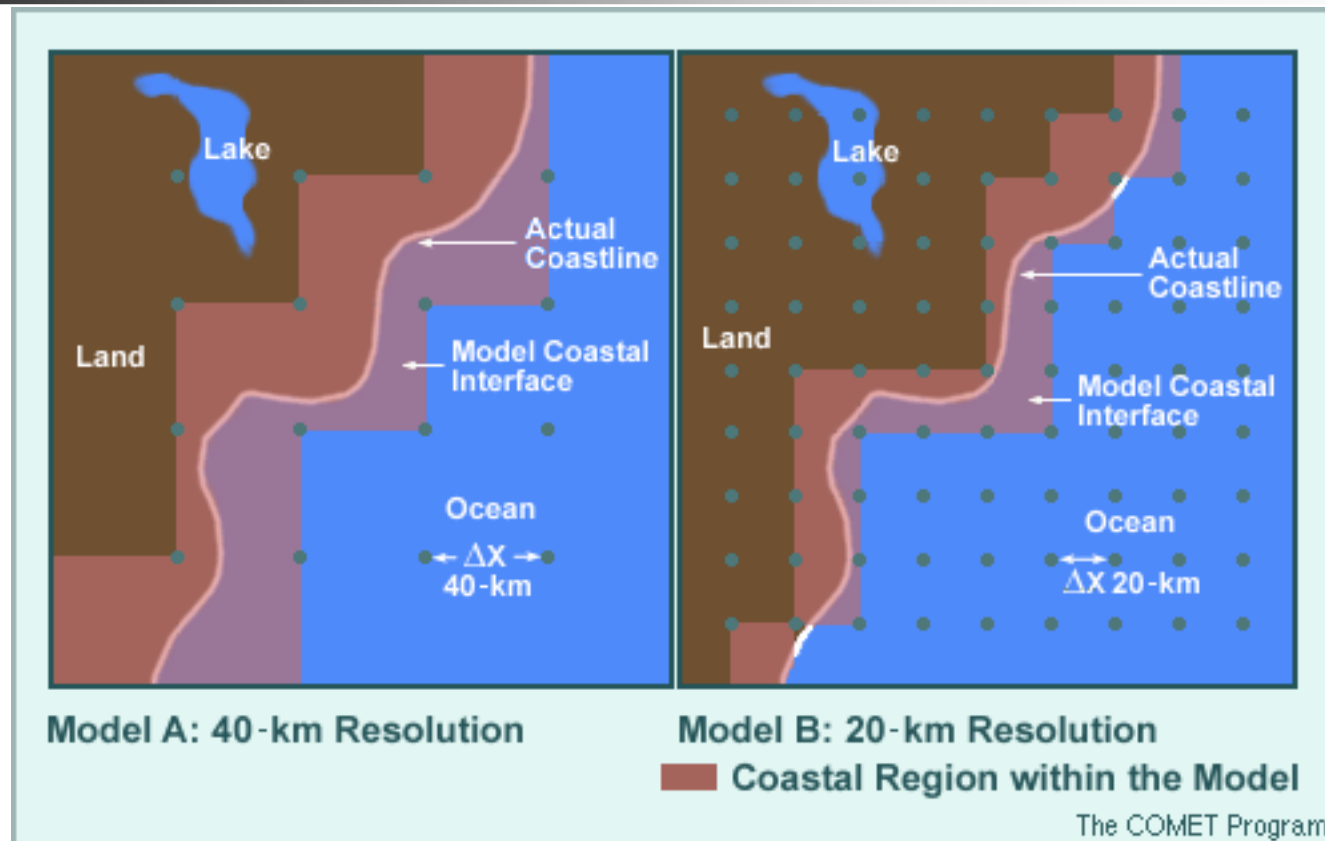
Υπολογισμός της παραγώγου της συνάρτησης x^3 για τιμές του x από 1 ως 9. μπλέ γραμμή: υπολογισμός από τον τύπο $3x^2$, μωβ γραμμή: κεντρική διαφορά, κίτρινη γραμμή: προς τα εμπρός διαφορά



Αναπαράσταση των διαδικασιών σε πλέγμα

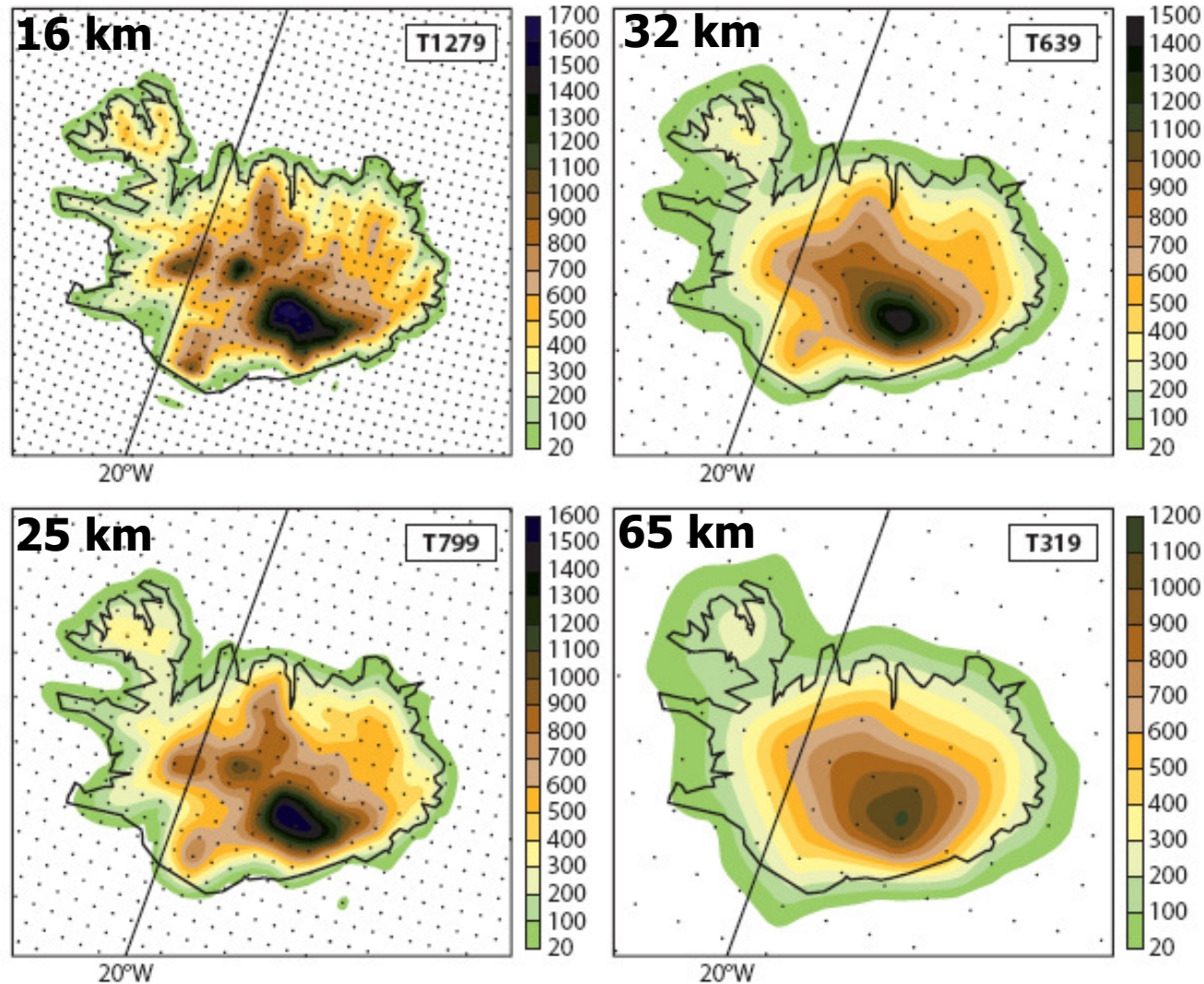
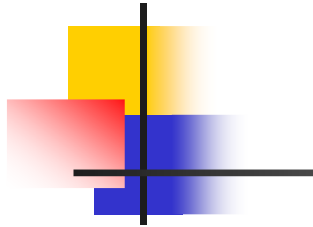


Οριζόντια ανάλυση



Η μεγαλύτερη ανάλυση επιτρέπει την λεπτομερέστερη περιγραφή των φυσιογραφικών χαρακτηριστικών (πχ. κατανομή ξηράς-θάλασσας) της περιοχής μελέτης

Οριζόντια ανάλυση

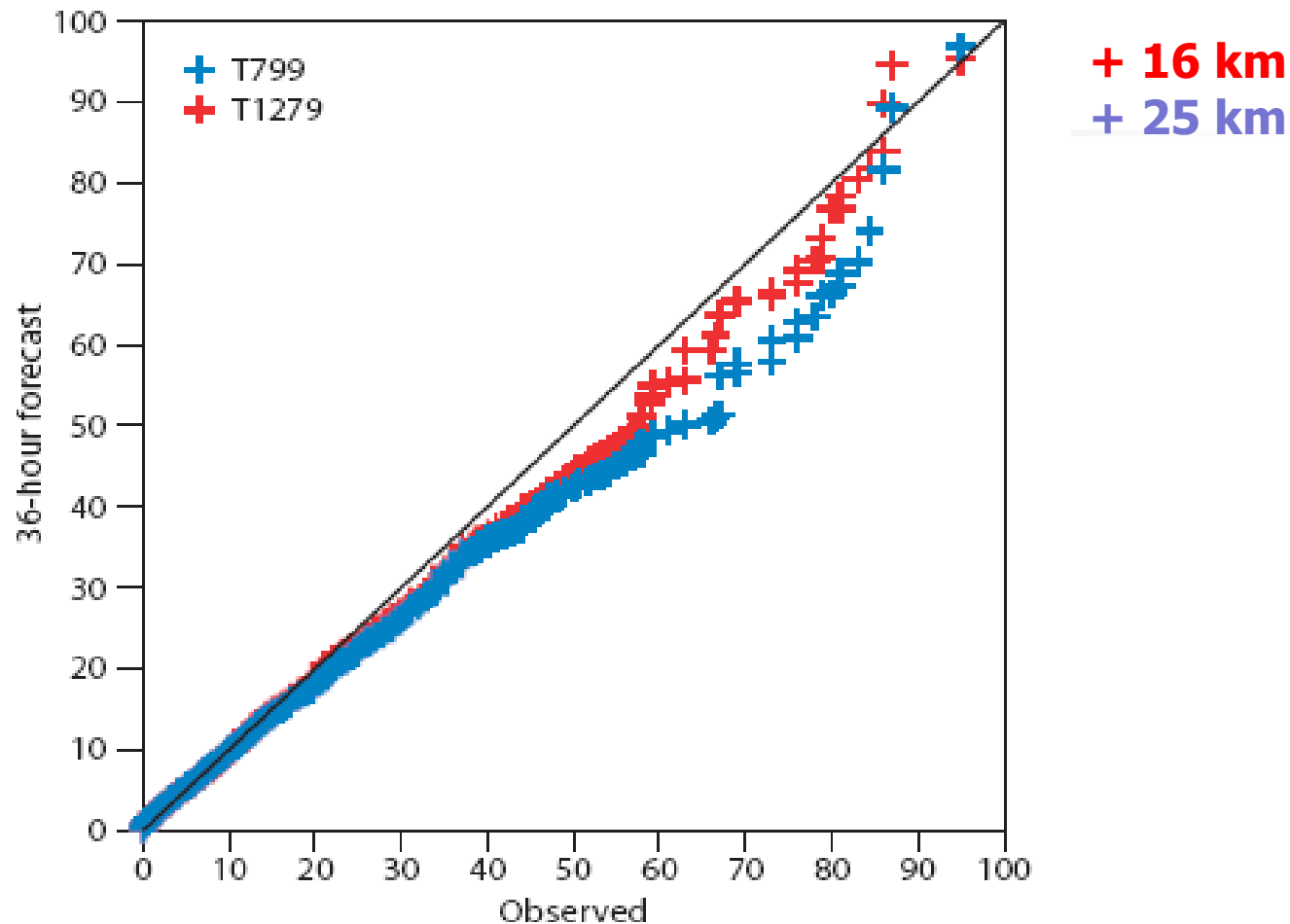


Η μεγαλύτερη ανάλυση επιτρέπει την λεπτομερέστερη περιγραφή των φυσιογραφικών χαρακτηριστικών (πχ. τοπογραφίας) της περιοχής μελέτης.

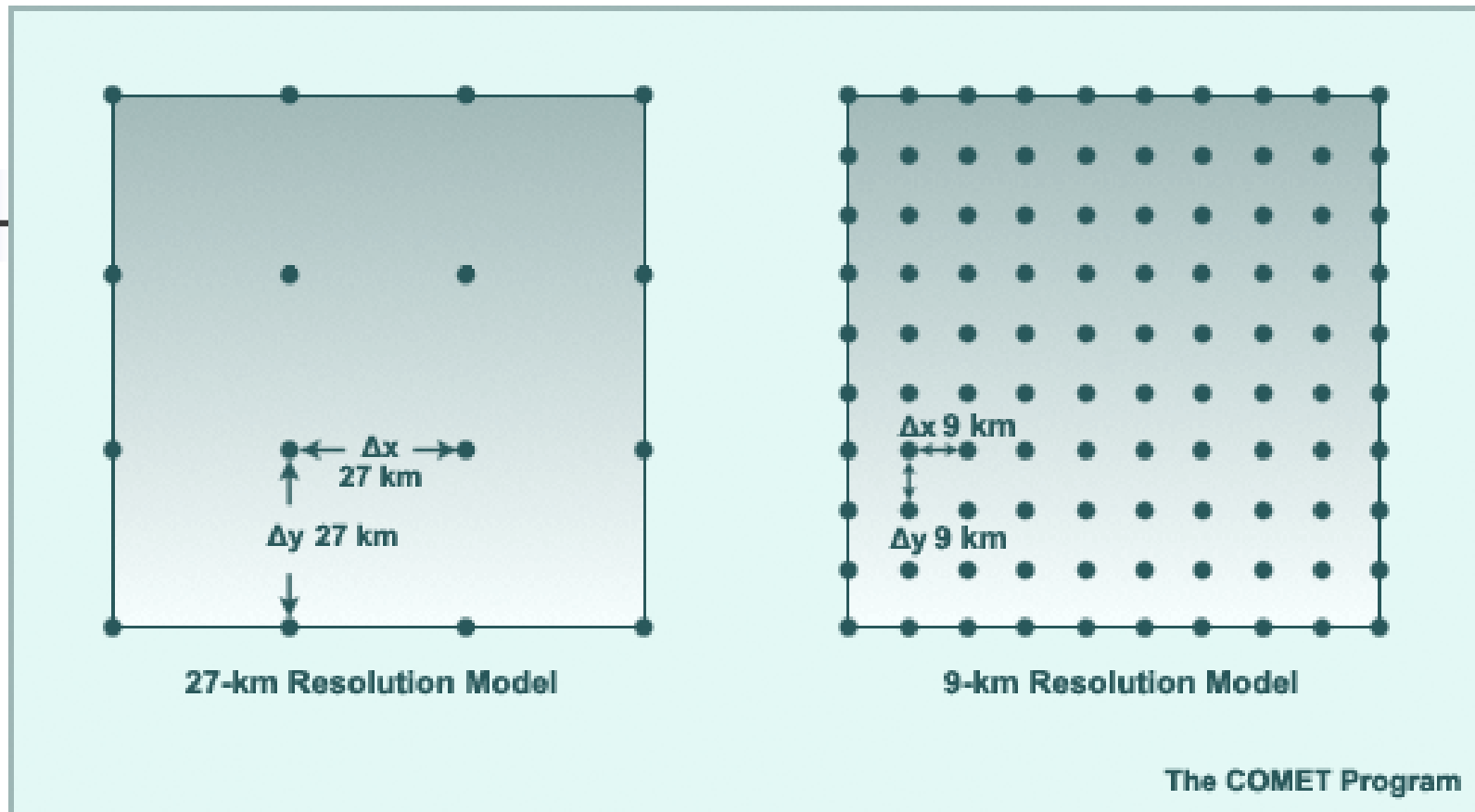
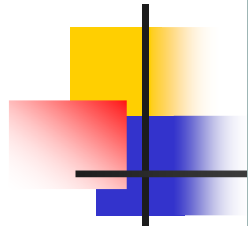
Αύξηση της Οριζόντιας ανάλυσης



25 km



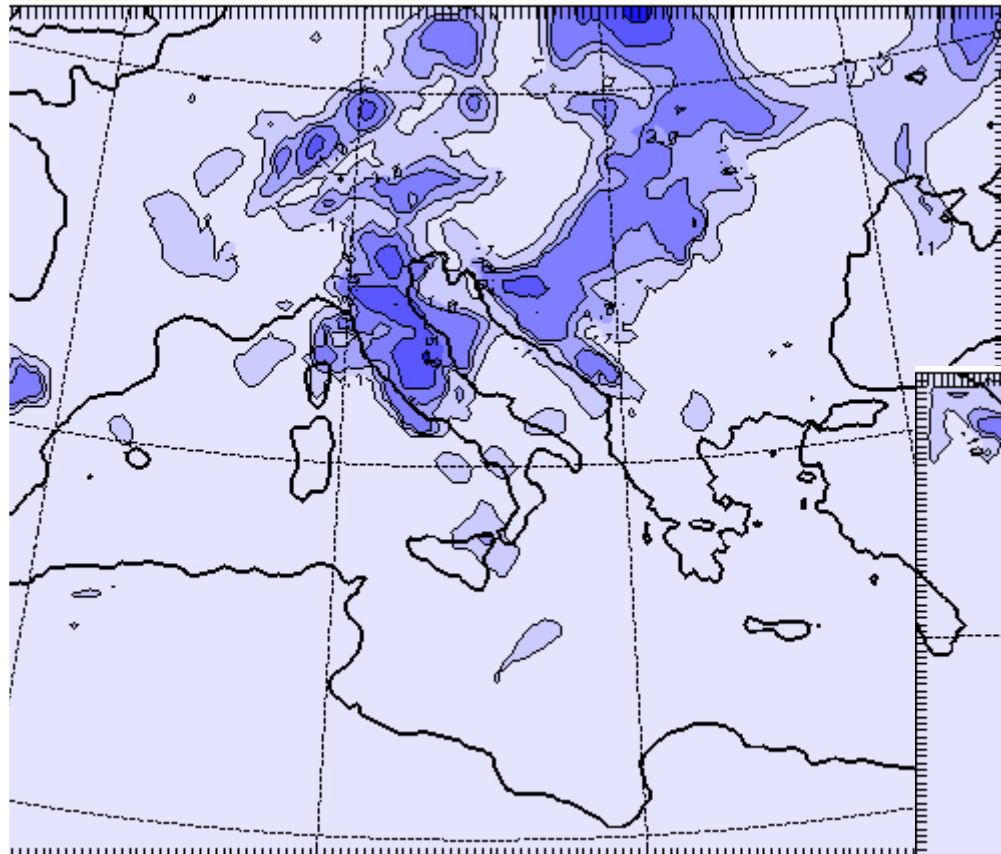
Η μεγαλύτερη ανάλυση επιτρέπει τη βελτίωση της πρόγνωσης μετεωρολογικών παραμέτρων όπως η βροχόπτωση (Δεκ. 2008).



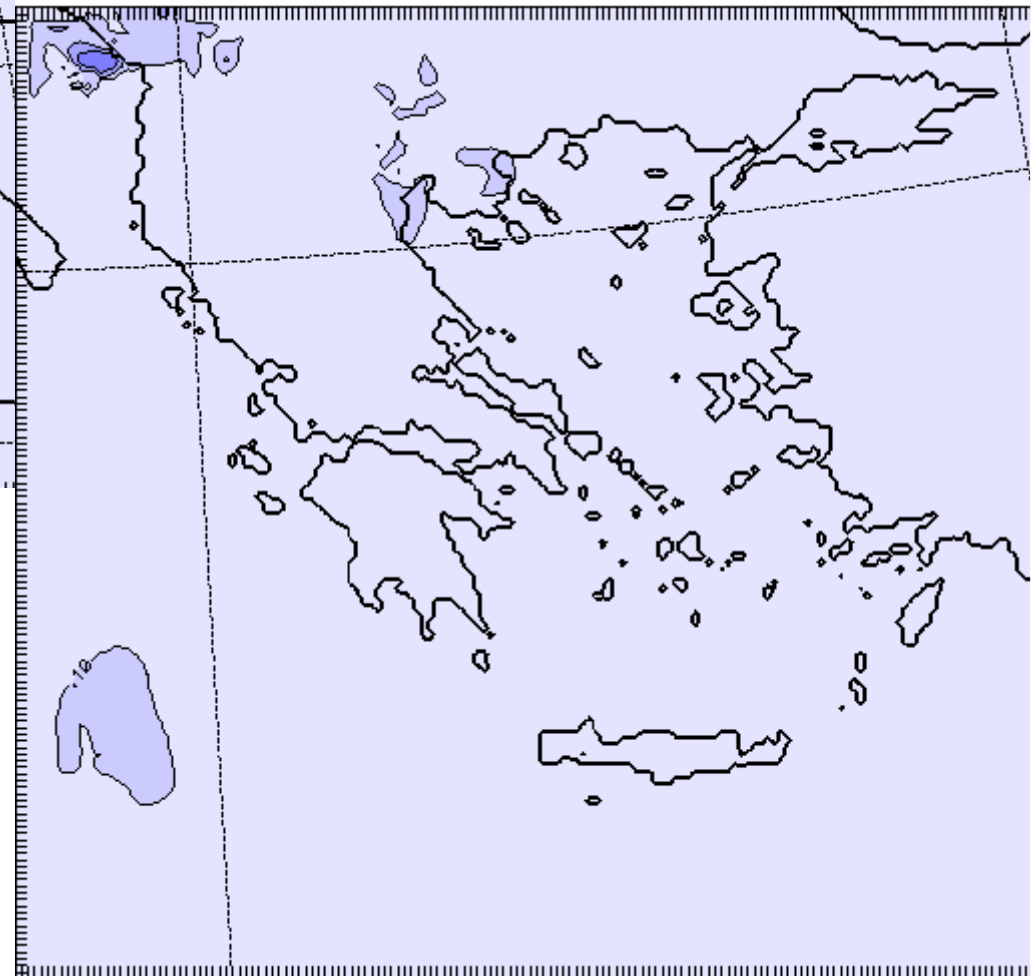
Διαιρώντας την απόσταση πλέγματος δια 3,
9πλασιάζουμε τα σημεία και το χρόνο ολοκλήρωσης.
Ο χρόνος ολοκλήρωσης αυξάνεται ακόμα περισσότερο γιατί πρέπει
αντίστοιχα να μειωθεί το χρονικό βήμα επίσης στο 1/3.

C. TOT. PREC. (MM) IN 6 H

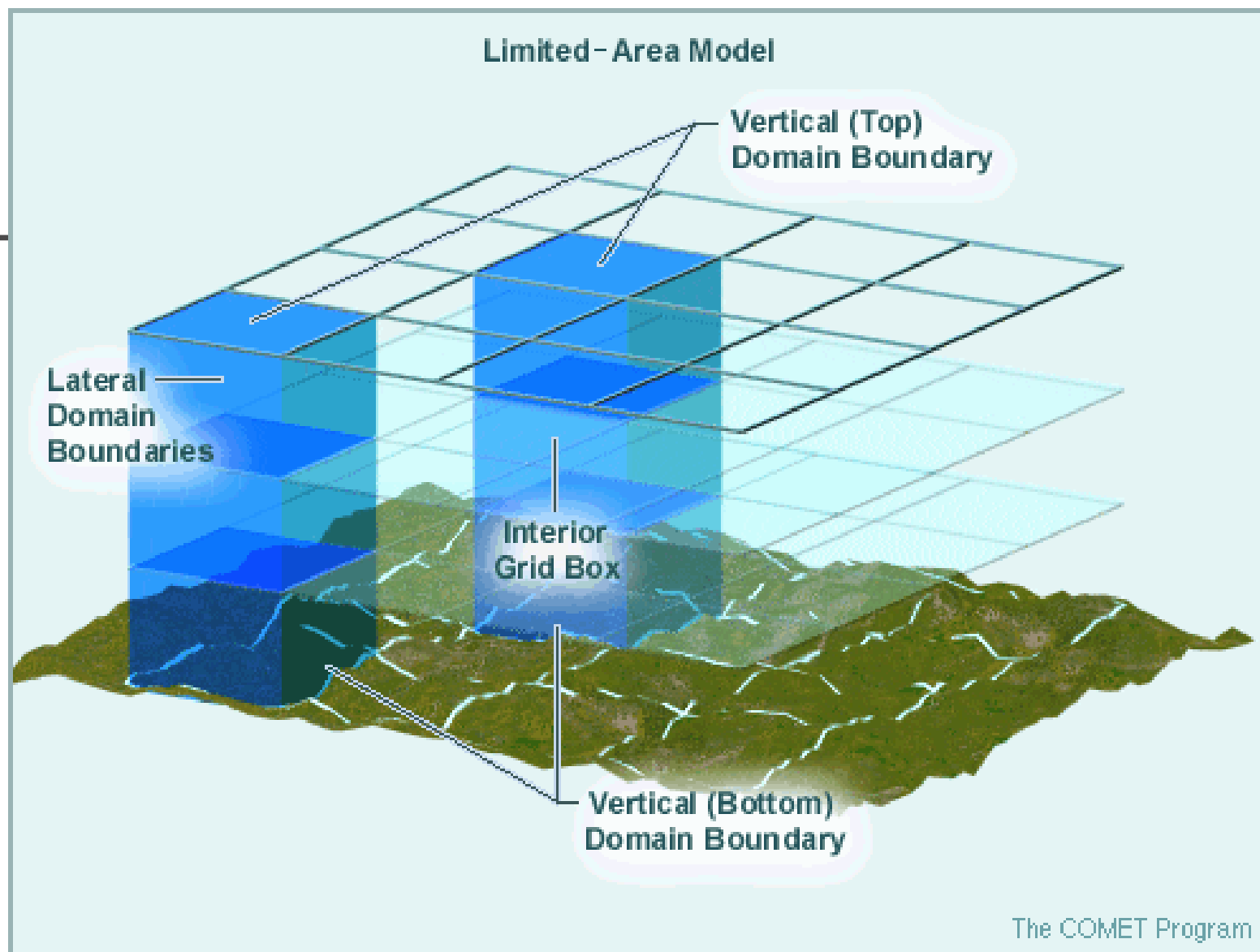
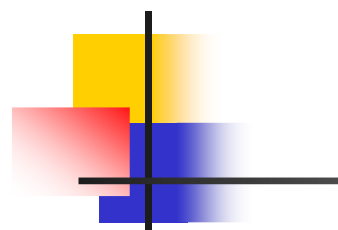
AL DATE 20/01/2011 0000 UTC FORECAST +06 VALID AT 20/01/2011 06 UTC



$\Delta x = 21$ km

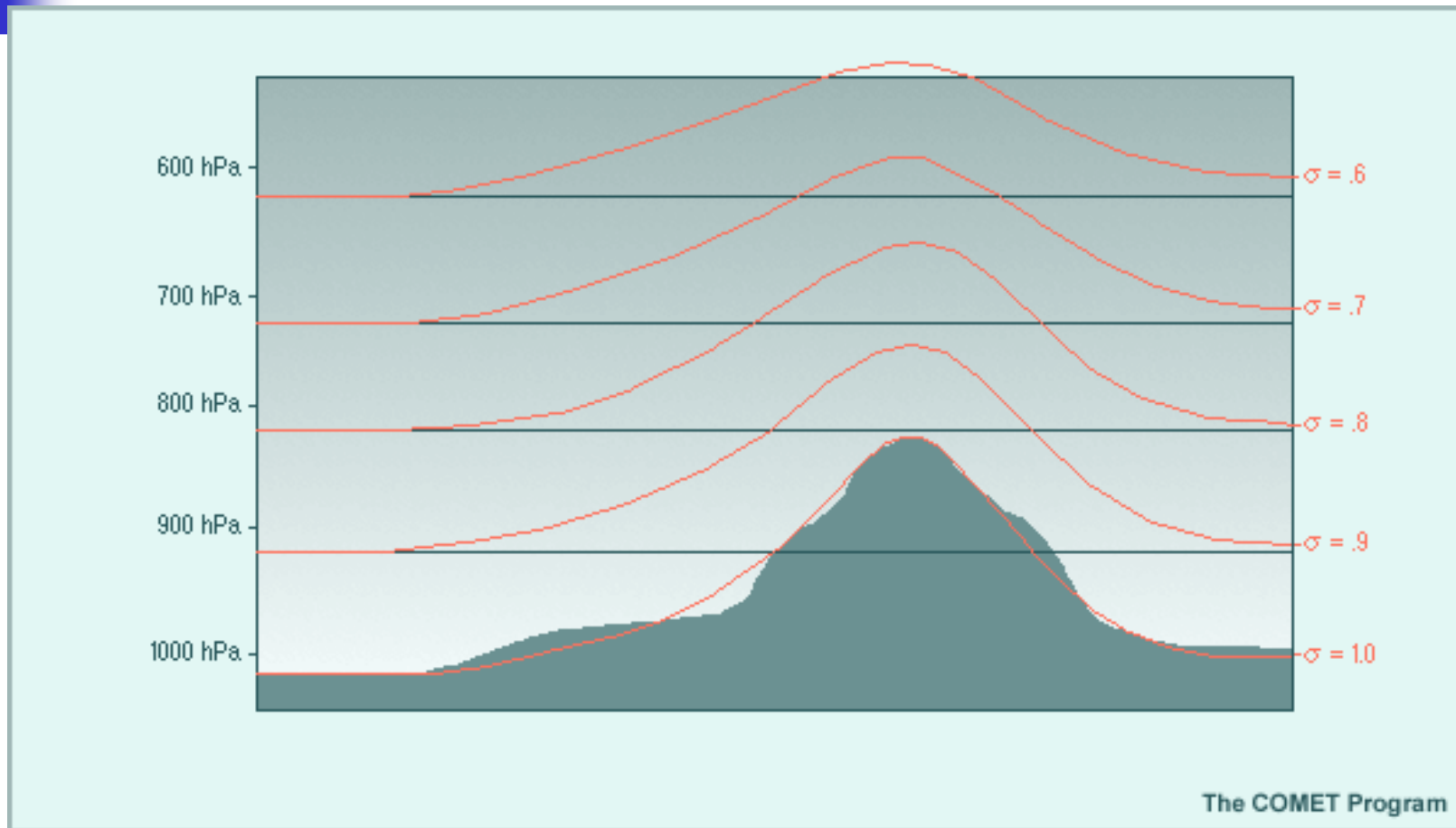


$\Delta x = 6$ km

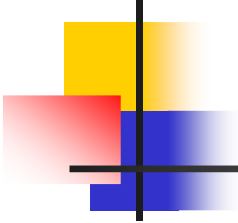


Τρισδιάστατη αναπαράσταση πλέγματος μοντέλου

Κατακόρυφες συντεταγμένες

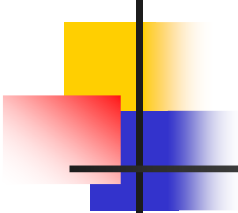


Χρήση κατακόρυφων συντεταγμένων σίγμα (σ) $\sigma = \frac{p_a - p_{top}}{p_{surf} - p_{top}}$



Κατακόρυφες συντεταγμένες

- Χρήση κατακόρυφων συντεταγμένων σίγμα (σ)
- $\sigma=1$. Κοντά στην επιφάνεια της γής, $\sigma=0$ σε μία χαμηλή τιμή πίεσης όπου οι κατακόρυφες κινήσεις μπορούν να θεωρηθούν αμελητέες.
- Πλεονεκτούν έναντι των συντεταγμένων πίεσης ή ύψους γιατί οι επιφάνειες σίγμα δεν τέμνουν το έδαφος



Αριθμητική ευστάθεια

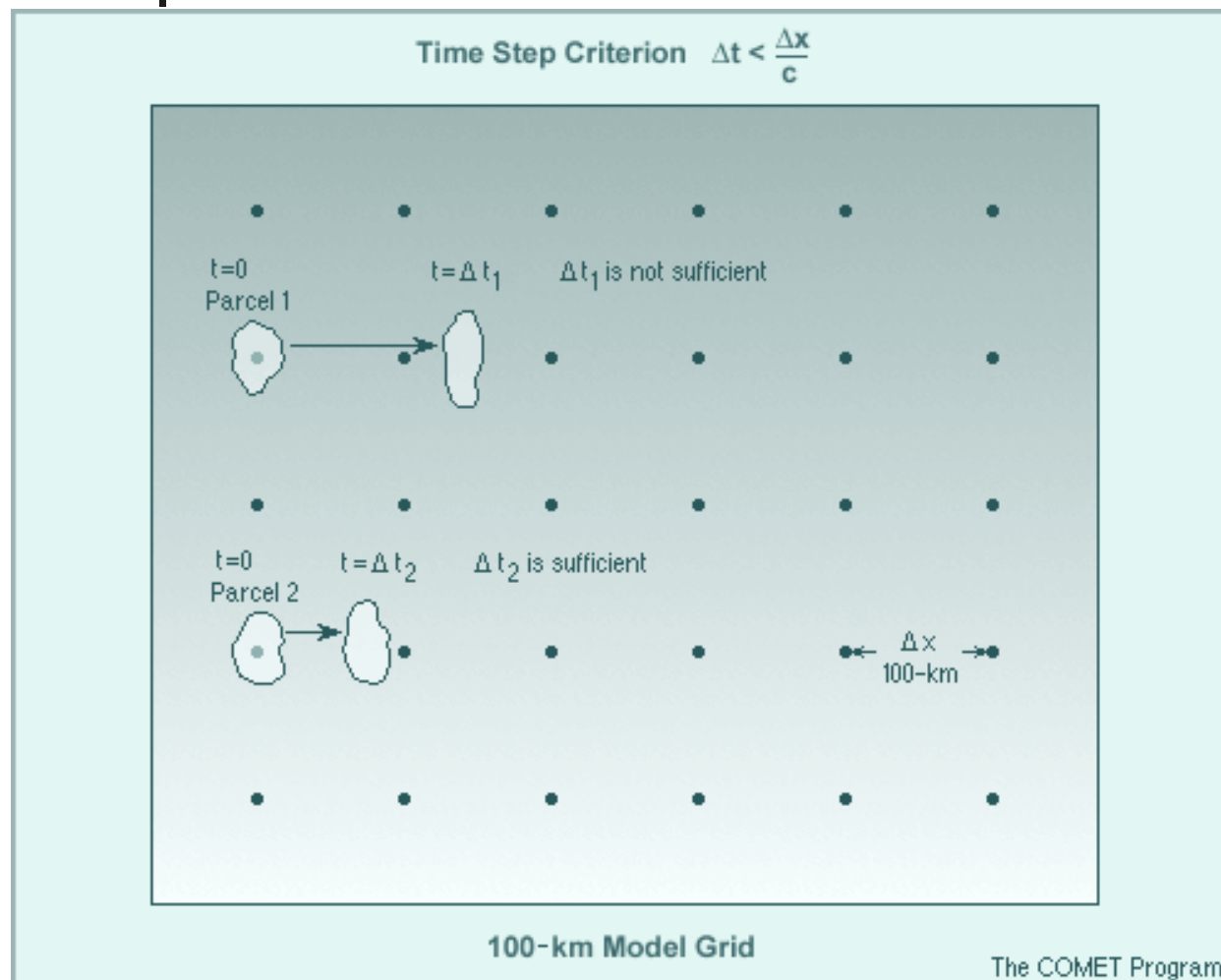
■ Μερικά από τα πιθανά λάθη στην διαδικασία αριθμητικής πρόγνωσης:

▶ **στρογγυλοποίηση (round-off error)** : ένας υπολογιστής 32-bit επιλύει αριθμούς που διαφέρουν μεταξύ τους κατά 3×10^{-8} , οποιαδήποτε μικρότερη διαφορά χάνεται. Βελτίωση με τους υπολογιστές 64-bit

▶ **σφάλμα αποκοπής (truncation error)**

▶ **αριθμητική αστάθεια** : η αριθμητική λύση αποκλίνει γρήγορα από την πραγματική λύση, ένας λόγος είναι το σφάλμα αποκοπής. Μπορεί επίσης να συμβεί αν οι ταχύτητες είναι μεγάλες, η ανάλυση πλέγματος μικρή και το χρονικό βήμα ολοκλήρωσης μεγάλο.

Χρονικό βήμα-Κριτήριο ευστάθειας



Κριτήριο
Courant- Friedrichs-
Lewy

$$\Delta t < \Delta x / c$$

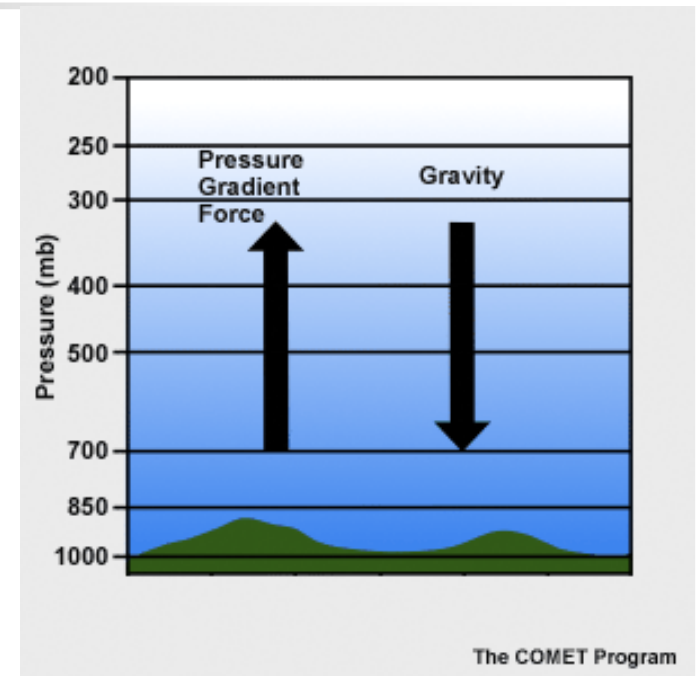
Υδροστατικά – Μη υδροστατικά μοντέλα

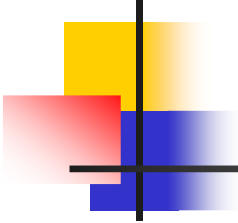
■ **Υδροστατικά:** θεωρούν ότι υπάρχει υδροστατική ισορροπία (βάρος ατμόσφαιρας = κατακόρυφη δύναμη βαροβαθμίδας)

■ Ισχύει για συνοπτικά και κάποια μέσης κλίμακας φαινόμενα.

■ **Μή υδροστατικά μοντέλα** περιλαμβάνουν και εξισώσεις για τις κατακόρυφες κινήσεις.

■ Μη υδροστατικές διαδικασίες σημαντικές όταν το μήκος με το ύψος του φαινομένου είναι της ίδιας τάξης μεγέθους Πχ. Καταιγίδες, κύματα βαρύτητας, ορογραφικά κύματα, τύρβη.

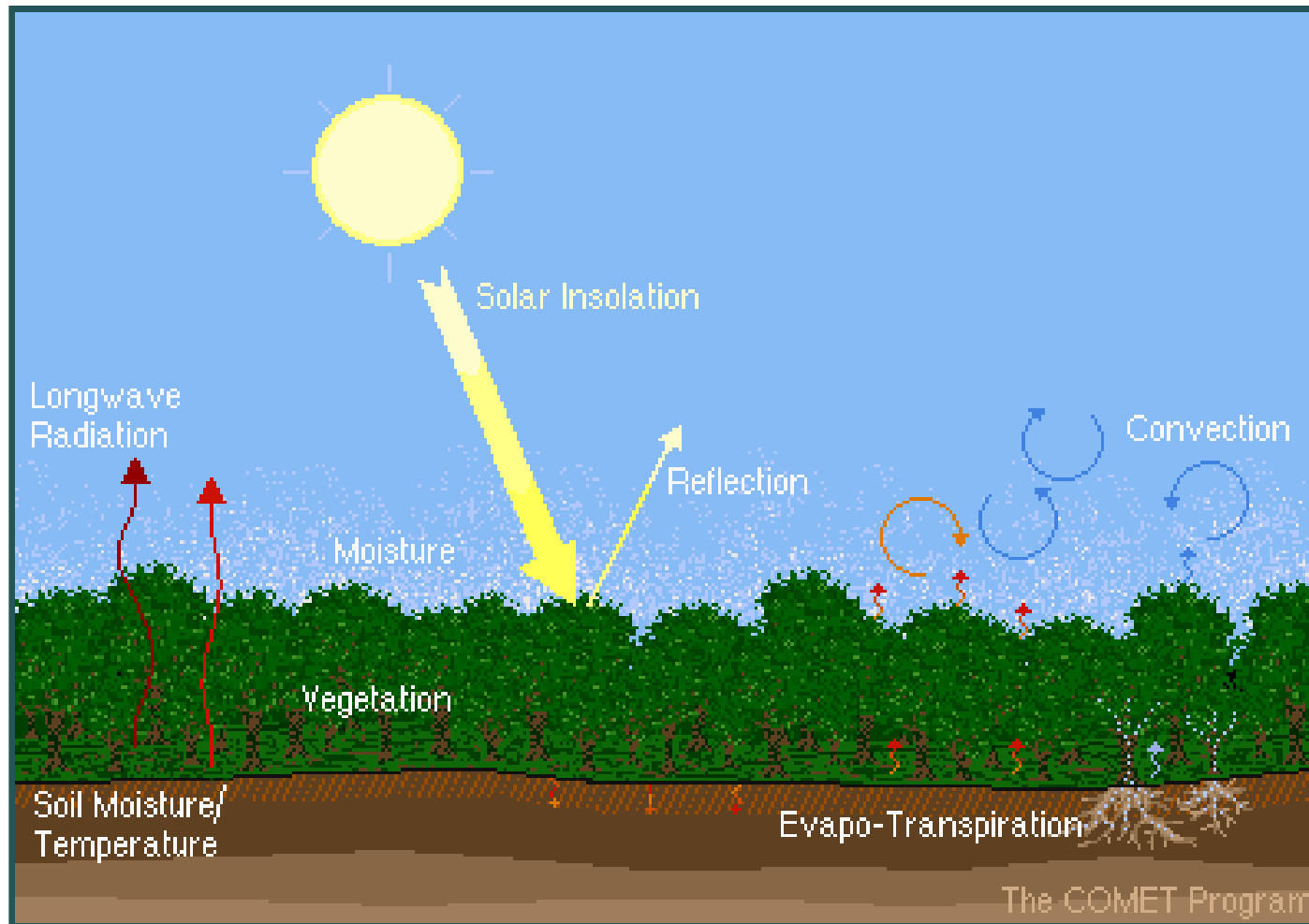




Φυσικές διεργασίες - Παραμετροποιήσεις

- Τα μοντέλα δεν μπορούν να επιλύσουν χαρακτηριστικά ή διεργασίες που συμβαίνουν /περιορίζονται μέσα σε ένα στοιχείο πλέγματος.
- Επίσης υπάρχουν φυσικές διαδικασίες για τις οποίες δεν υπάρχουν ακριβείς εξισώσεις / νόμοι που να τις περιγράφουν.
- Η μέθοδος για να ληφθούν υπόψη τα αποτελέσματα των διεργασιών αυτών χωρίς να υπολογιστούν άμεσα, ονομάζεται παραμετροποίηση.
- Παραμετροποίηση : μοντελοποίηση των αποτελεσμάτων μιας διεργασίας και όχι της ίδιας της διαδικασίας.

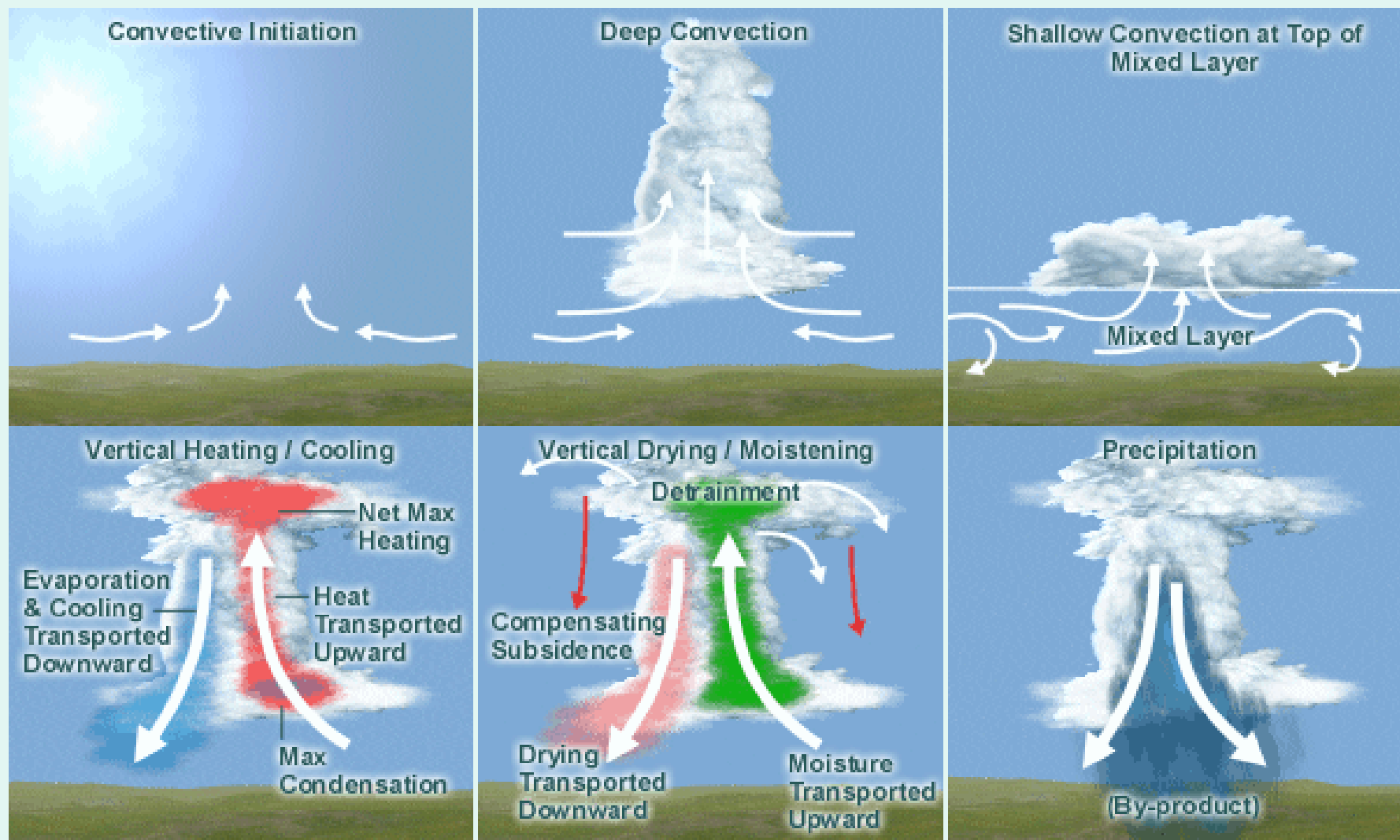
Φυσικές διεργασίες - Παραμετροποιήσεις



- Οι φυσικές διεργασίες παραμετροποιούνται γιατί
 - οι υπολογιστές δεν είναι ακόμη αρκετά ισχυροί για να επιλύσουν τις διαδικασίες αυτές είτε γιατί συμβαίνουν σε πολύ μικρή κλίμακα (convection) είτε γιατί είναι εξαιρετικά πολύπλοκες για να επιλυθούν αριθμητικά.
 - οι διεργασίες δεν είναι ακόμα κατανοητές αρκετά ώστε να αναπαρασταθούν από μία εξίσωση

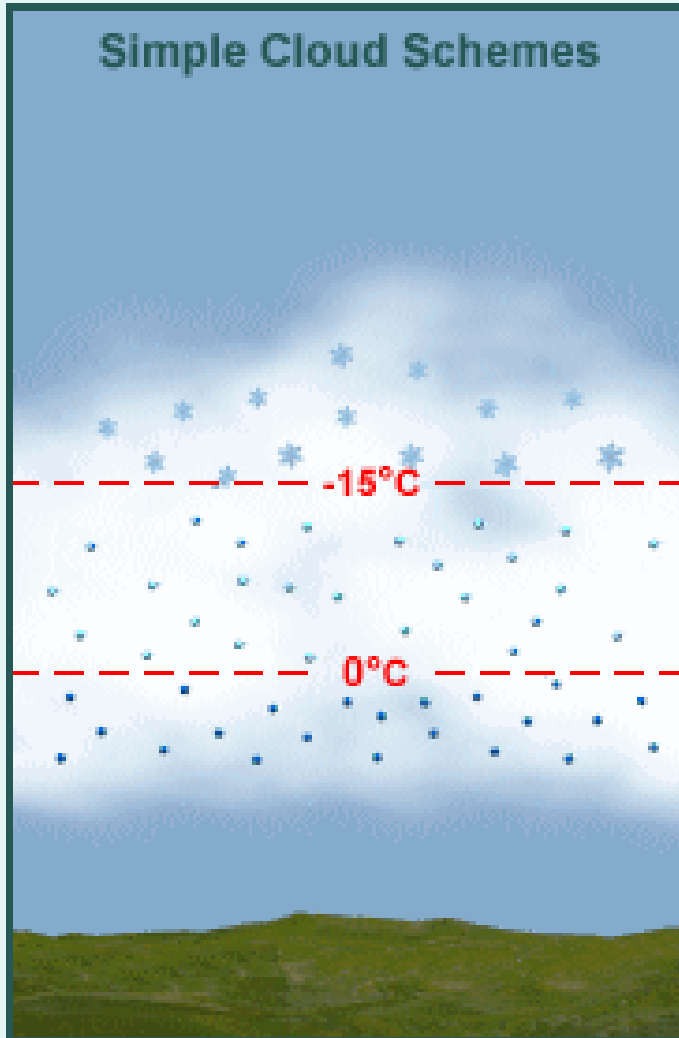


Processes Convective Parameterization Schemes Emulate



Simple Cloud Schemes

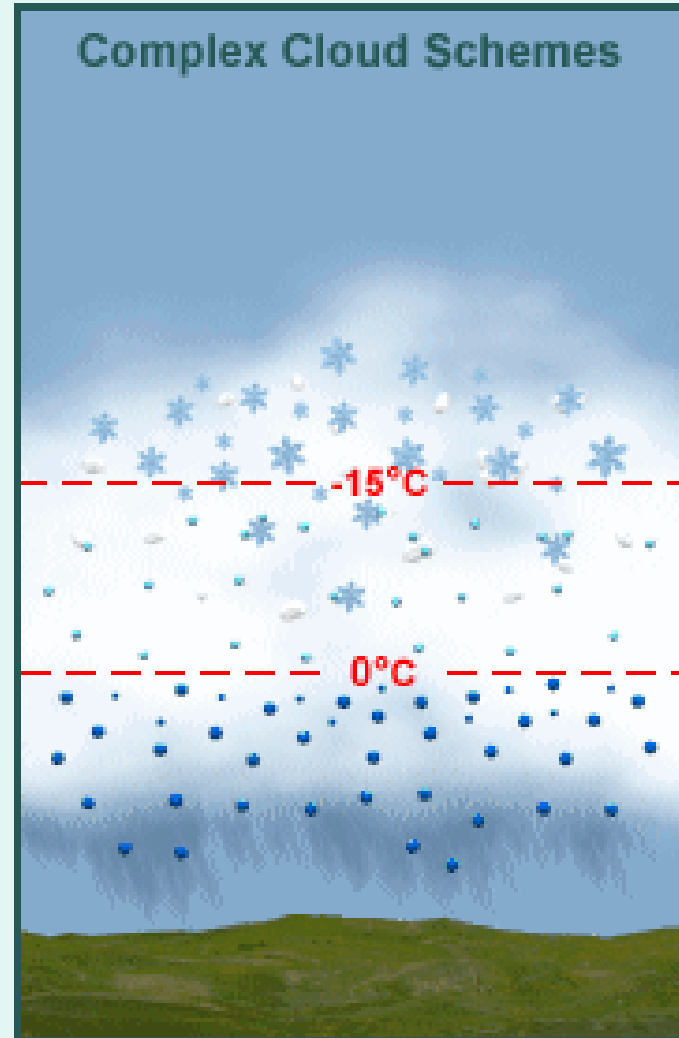
Grid
Column



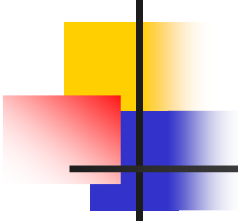
- * Cloud Ice
- Cloud Droplets
- Supercooled Cloud Droplets

Complex Cloud Schemes

Grid
Column



- Rain Drops
- Graupel
- * Snowflakes



ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΚΑΙΡΟΥ

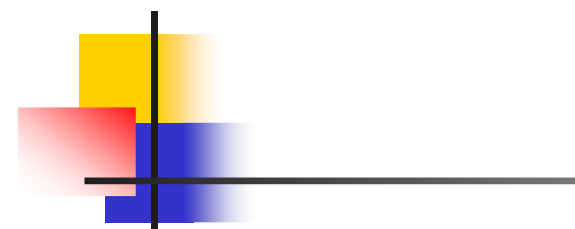
■ Τρία στάδια

- ▶ pre-processing
- ▶ αριθμητική επίλυση εξισώσεων
- ▶ post processing

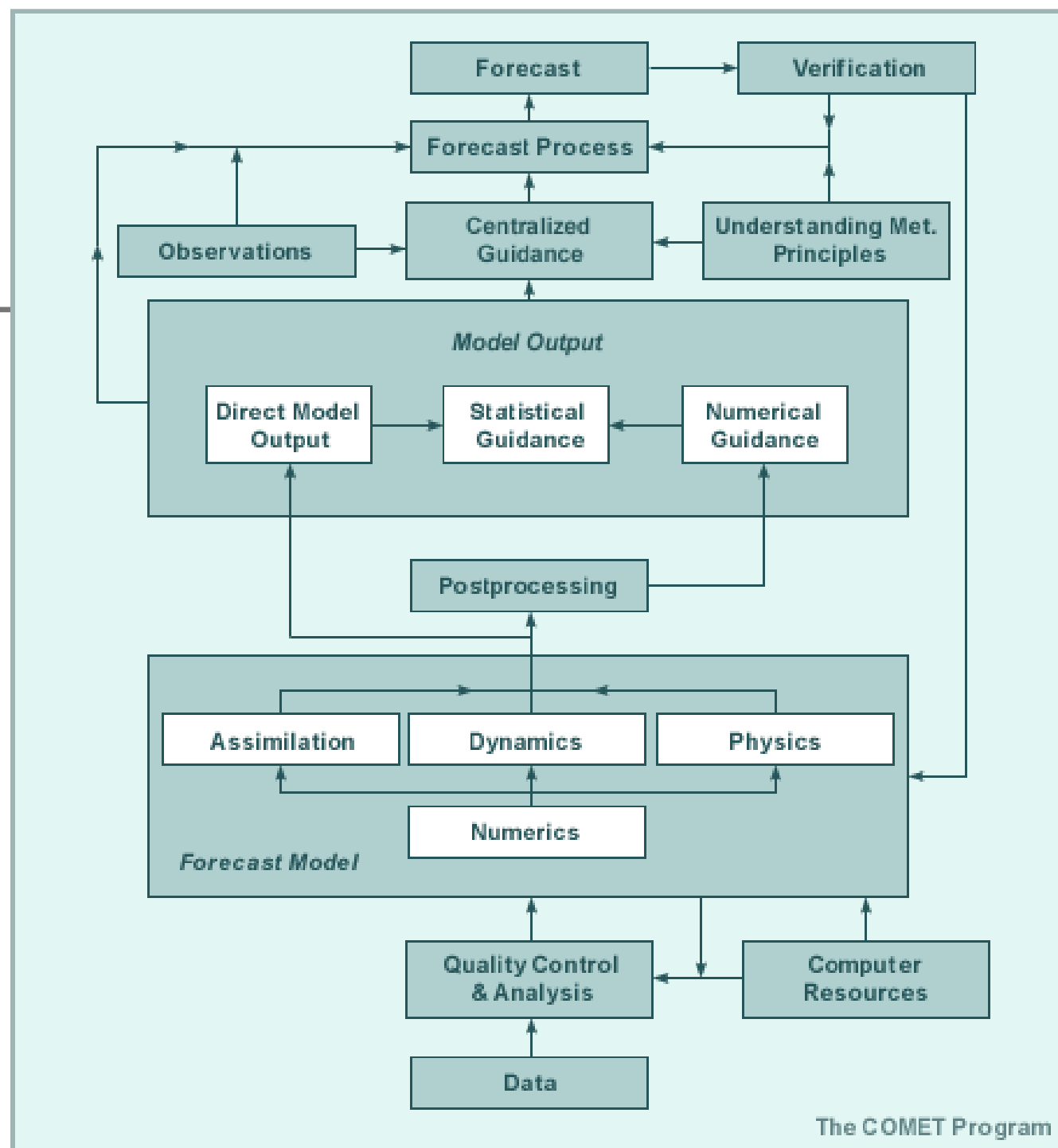
■ Πρόβλημα αρχικών συνθηκών

- ▶ κενό παρατηρήσεων (ωκεανοί, ανώτερη ατμόσφαιρα)
- ▶ επίδραση τοπικών φαινομένων στις παρατηρήσεις
- ▶ μη ισορροπημένα πεδία τουλάχιστον για τις πρώτες ώρες πρόγνωσης

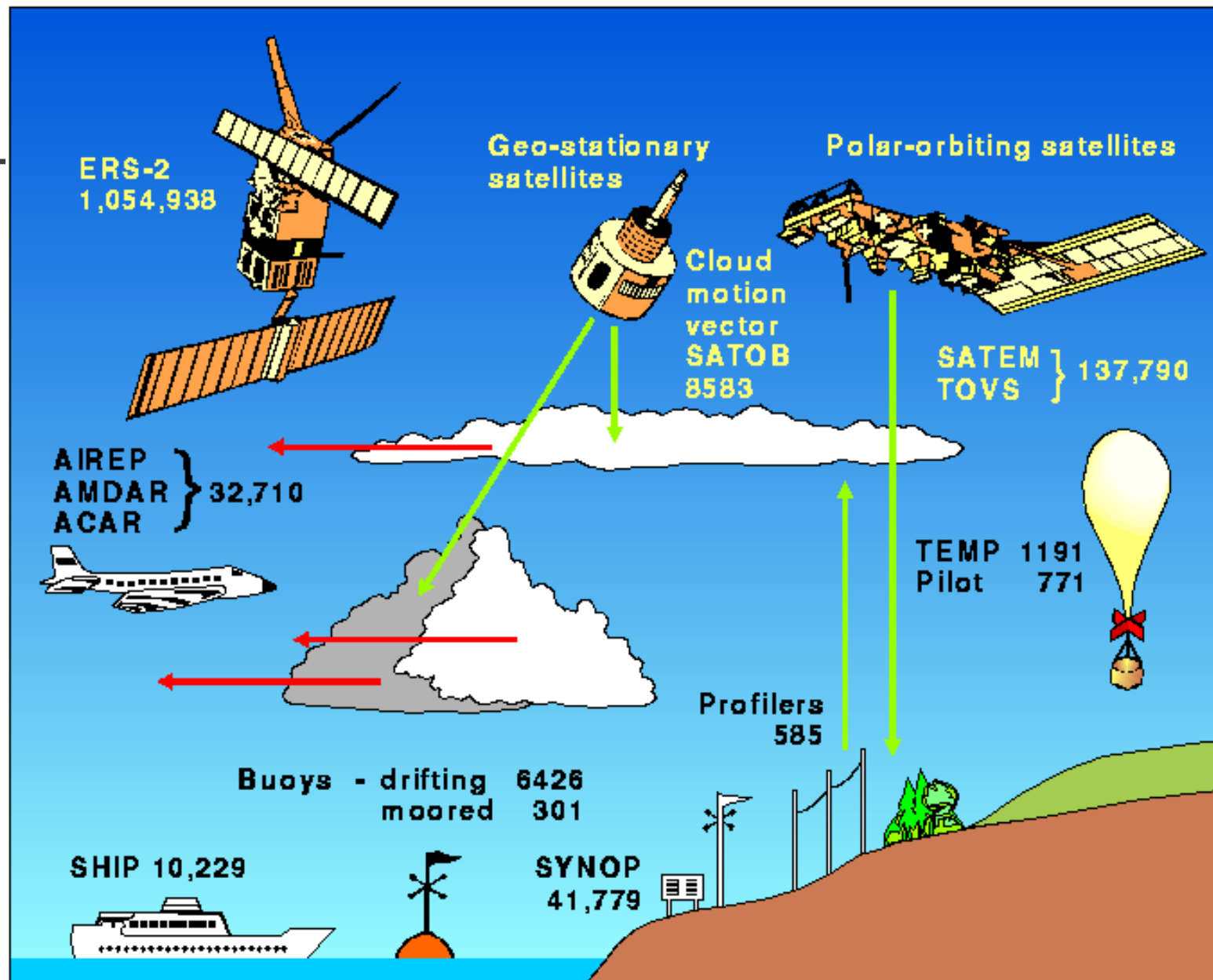
■ Data assimilation (Τεχνική εισαγωγής/αφομοίωσης παρατηρήσεων στις αρχικές συνθήκες του μοντέλου)



Γραφική αναπαράσταση
των διαδικασιών σε ένα
αριθμητικό μοντέλο
πρόγνωσης καιρού



**24 hour summary of global data volumes
for all observation types received at ECMWF - 28 April 1996**



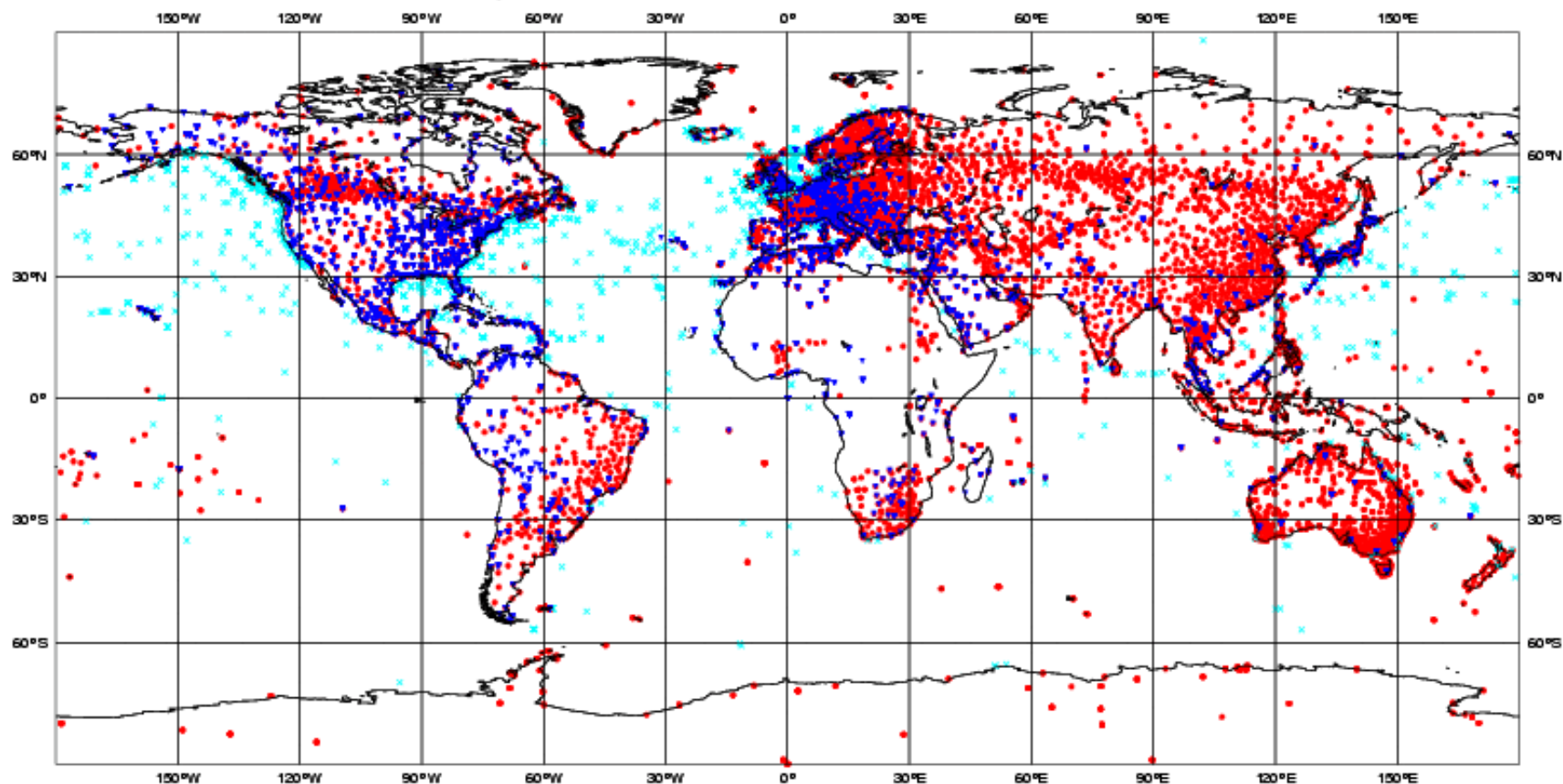
Obs Type

• 15094 SYNOP ✱ 1671 SHIP • 9782 METAR

ECMWF Data Coverage (All obs) - SYNOP/SHIP

19/JAN/2006; 00 UTC

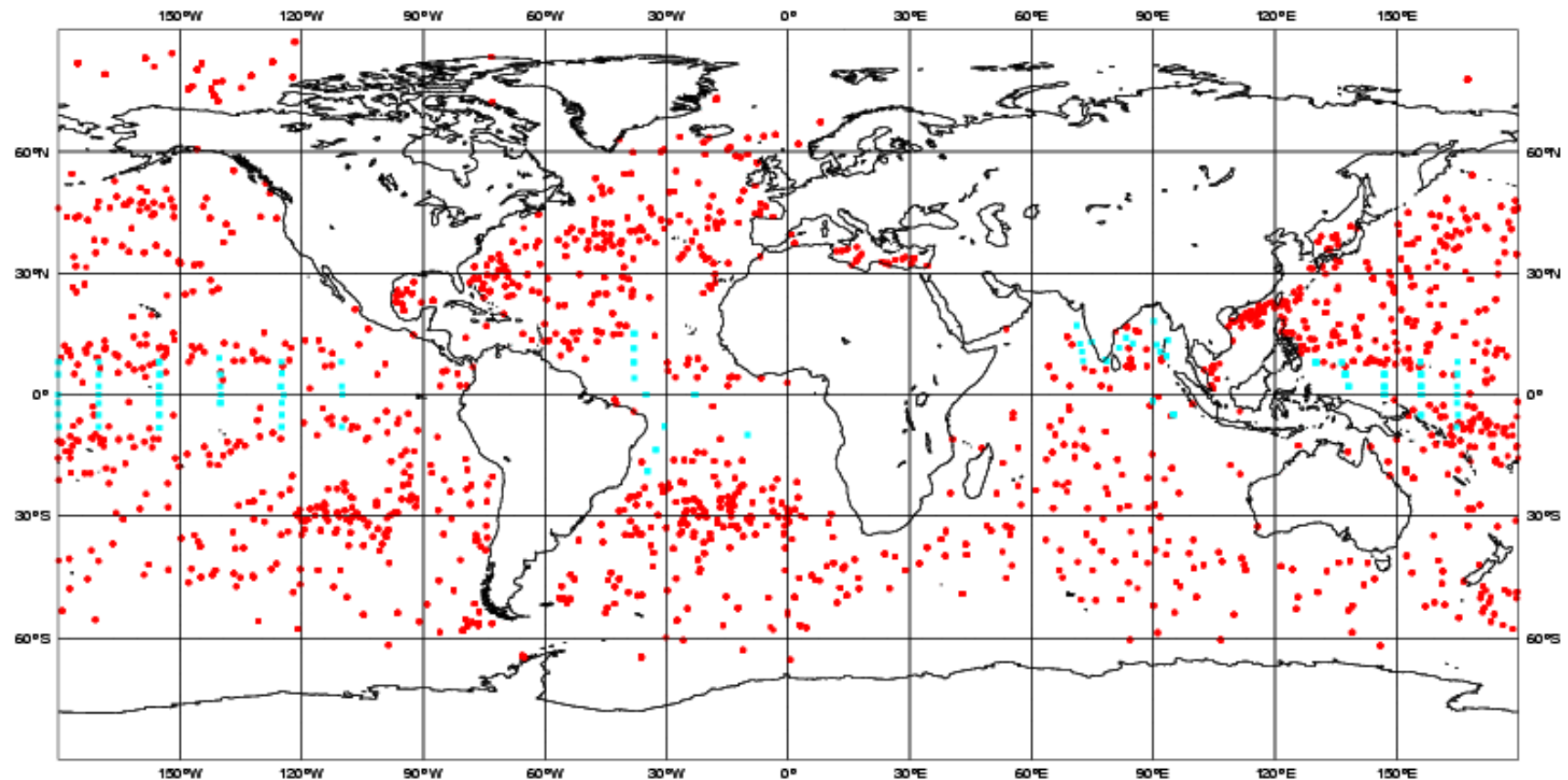
Total number of obs = 26547



Obs Type

• 5839 DRIFTER • 130 MOORED

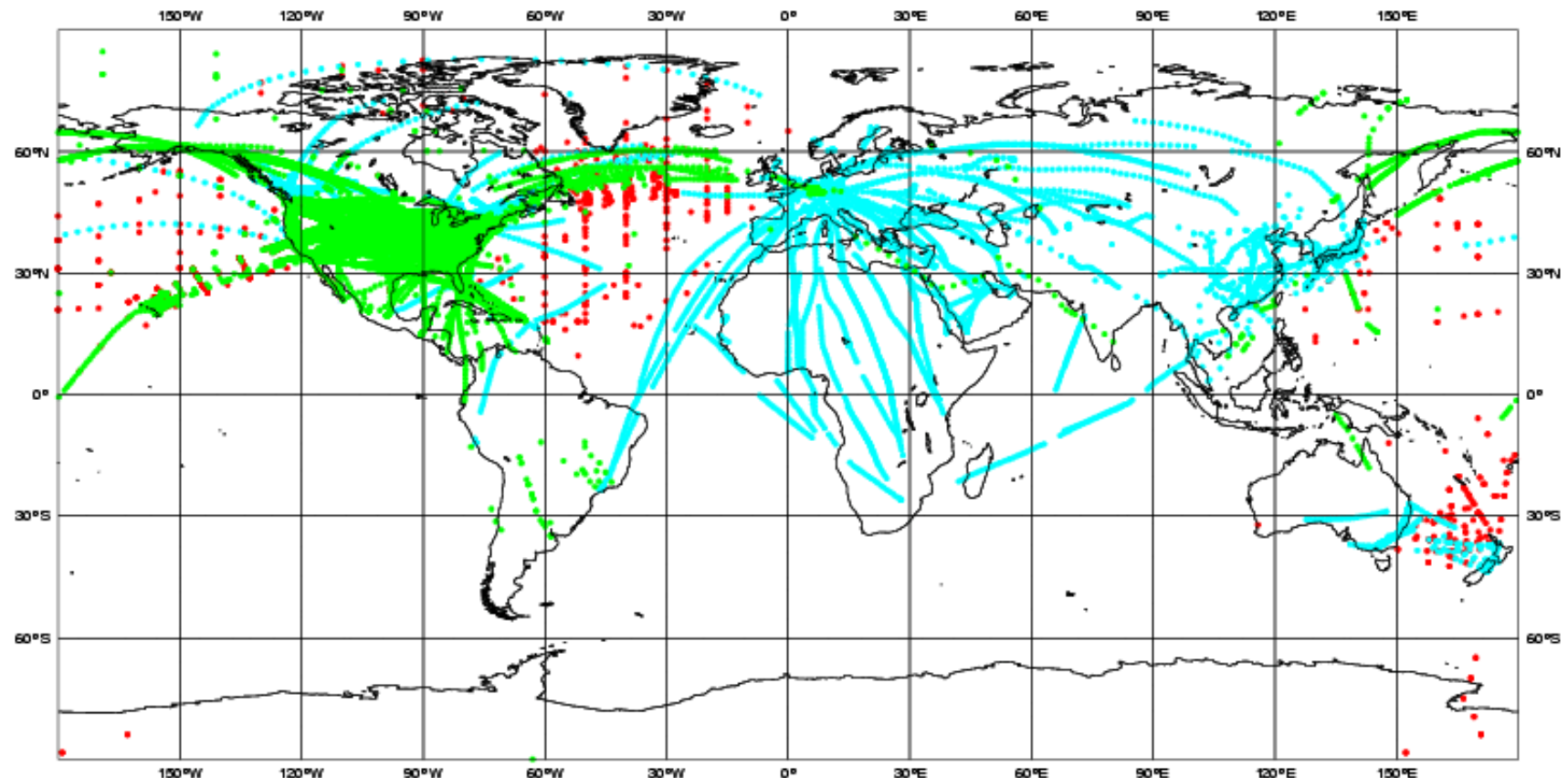
ECMWF Data Coverage (All obs) - BUOY
19/JAN/2006; 00 UTC
Total number of obs = 5969



Obs Type

• 7886 AIREP • 21638 AMDAR • 33374 ACARS

ECMWF Data Coverage (All obs) - AIRCRAFT 19/JAN/2006; 00 UTC Total number of obs = 62898



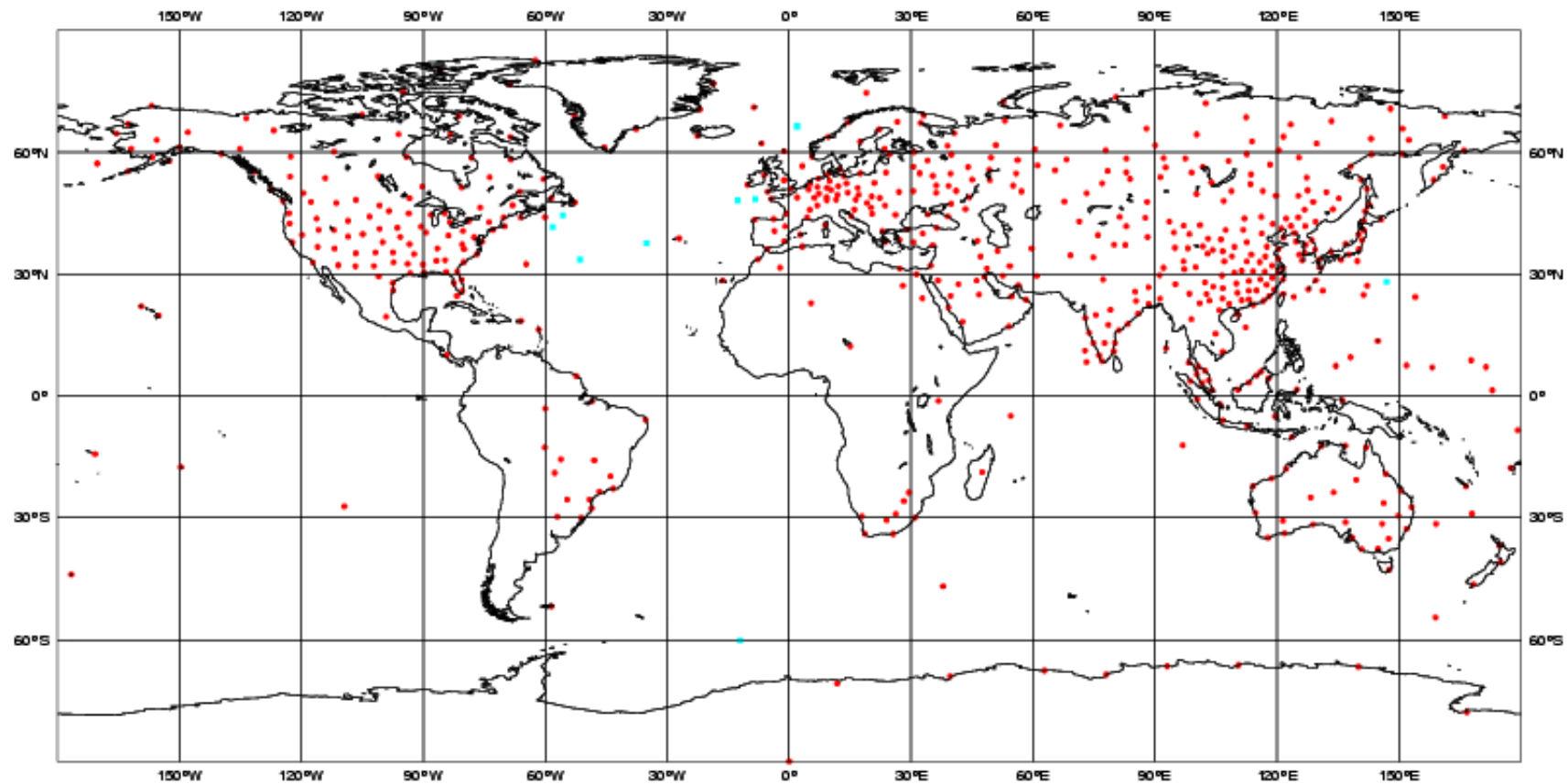
Obs Type

• 587 LAND • 9 SHIP • 0 DROPSON DE

ECMWF Data Coverage (All obs) - TEMP

19/JAN/2006; 00 UTC

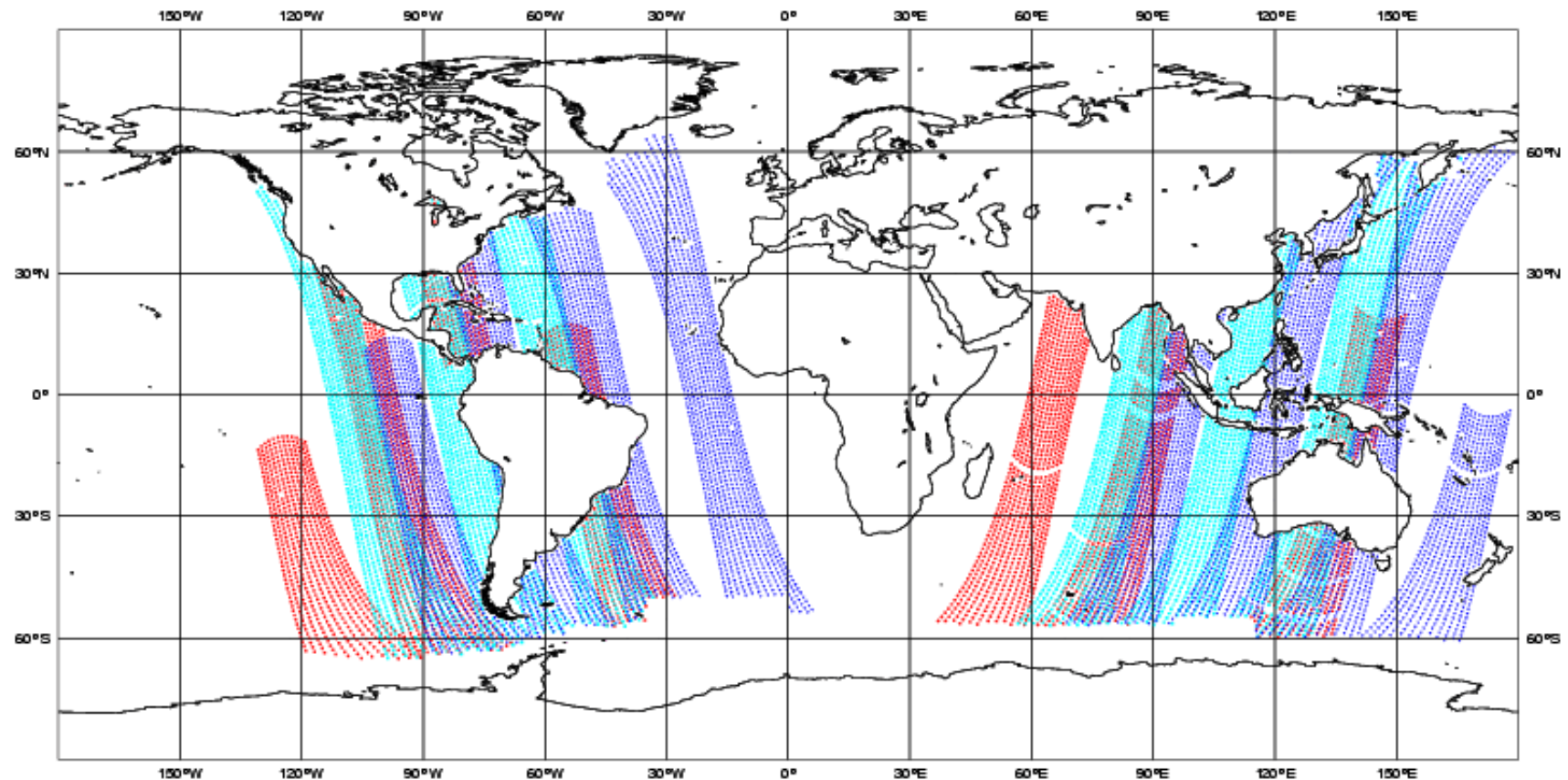
Total number of obs = 596



Obs Type

• 4217 DMSP-F13 • 4752 DMSP_F14 • 6260 DMSP_F15

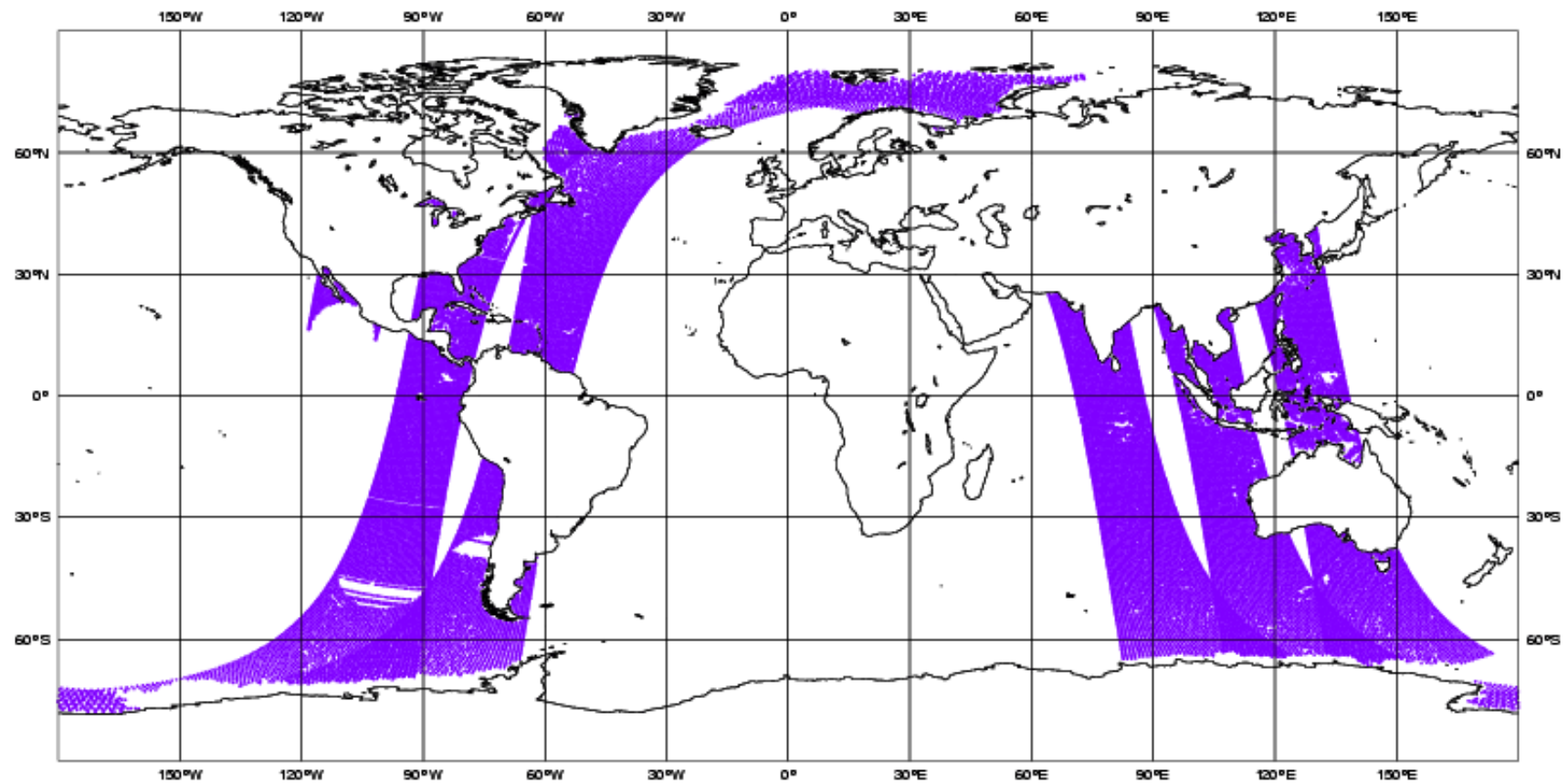
ECMWF Data Coverage (All obs) - SSM/I
19/JAN/2006; 00 UTC
Total number of obs = 15229



Obs Type

• 36027 SCAT • 0 ERS-2

ECMWF Data Coverage (All obs) - SCAT
19/JAN/2006; 00 UTC
Total number of obs = 36027



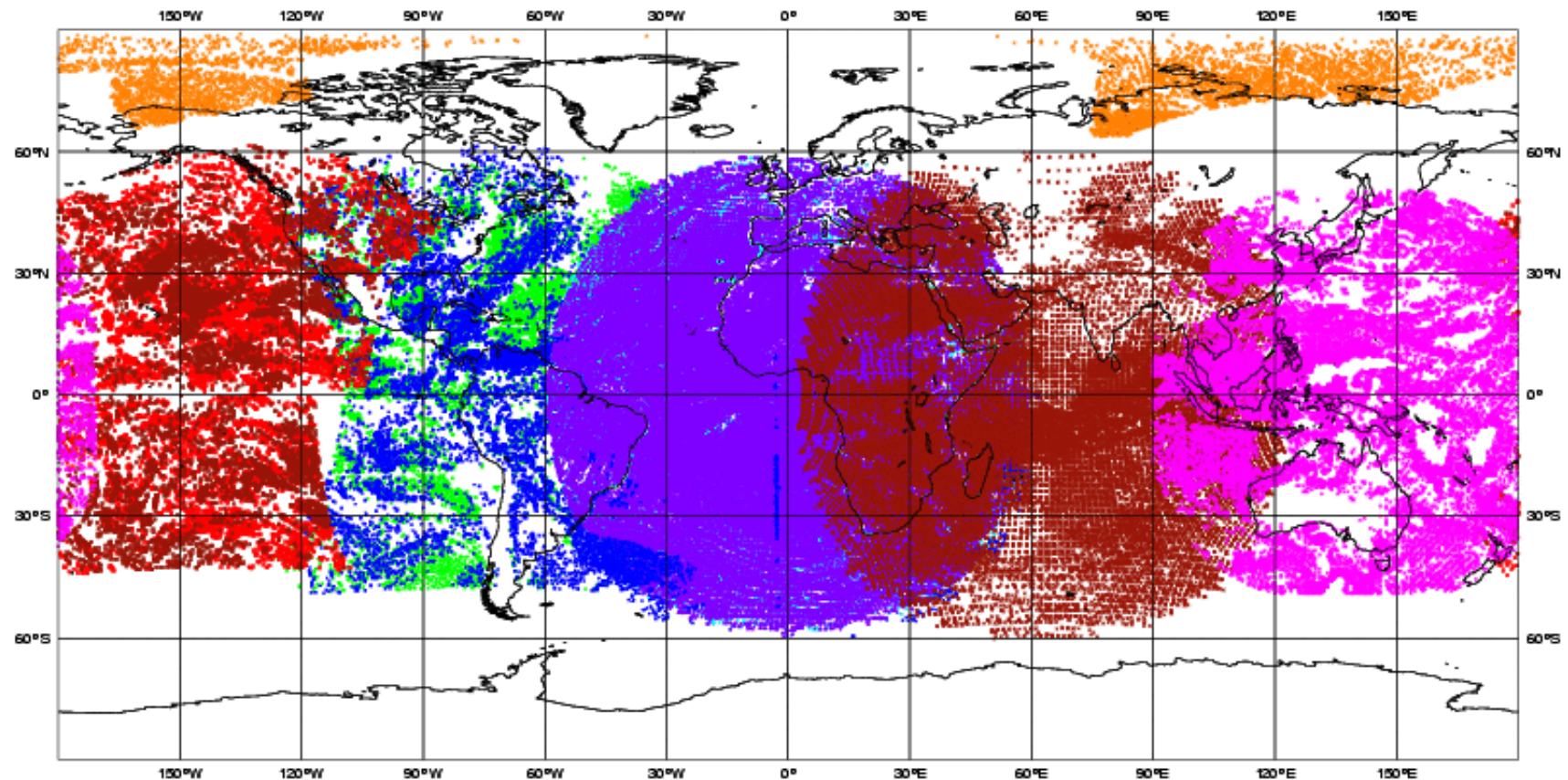
Obs Type

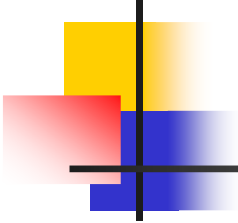
• 17760 GOES12_IR	• 12299 GOES12_WV	• 9191 GOES10_IR	• 5924 GOES10_WV	• 52170 MET8_IR
• 114976 MET8_WV	• 1856 MET8_VIS	• 37887 MET5	• 19844 MTSAT	• 5071 MODIS

ECMWF Data Coverage (All obs) - SATOB

19/JAN/2006; 00 UTC

Total number of obs = 276938





DATA ASSIMILATION

- έλεγχος ποιότητας παρατηρήσεων
- πρόγνωση (first guess) + παρατηρήσεις = ΑΝΑΛΥΣΗ
- αντικειμενική παρεμβολή

$$Z_a = Z_g + (Z_o - Z_g) \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_o^2}$$

Z_a : πεδίο ανάλυσης

Z_g : πεδίο πρόγνωσης

σ_a : σφάλμα παρατήρησης

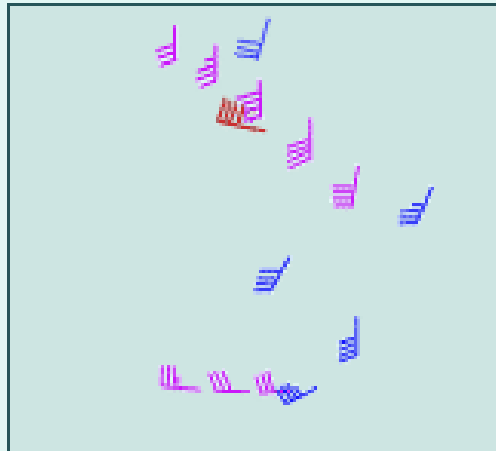
σ_g : σφάλμα πρόγνωσης

Table 14-1. Typical errors of weather observations
(from ECMWF Meteor. Bulletin M3.2, 1994)

Sensor Type	σ_o
Wind errors in the lower troposphere	(m/s)
Surface stations and ship obs	3 to 4
Drifting buoy	5 to 6
Rawinsonde, pilot bal., wind prof.	2 to 3
Aircraft and satellite	3
Pressure errors	(kPa)
Surface weather stations	0.1
Ship and drifting buoy	0.2
Southern Hemisphere manual anal	0.4
Geopotential height errors	(m)
Surface weather stations	7
Ship and drifting buoy	14
Southern Hemisphere manual anal	32
Rawinsonde	13 to 26

Data Assimilation Process

1B. Observations



Raw data checks

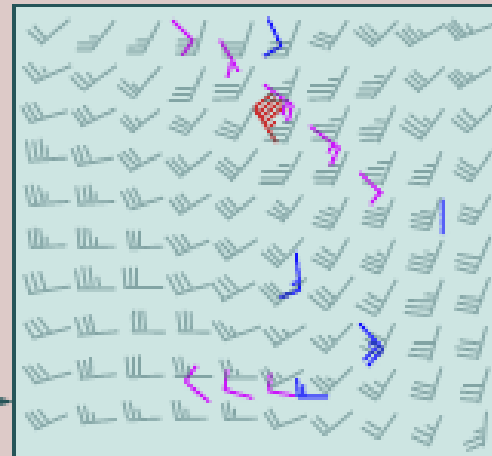
Red = Ob. to follow

Blue = RAOB

Purple = Aircraft

Gray shading = Wind Speed (5 kt inc.)

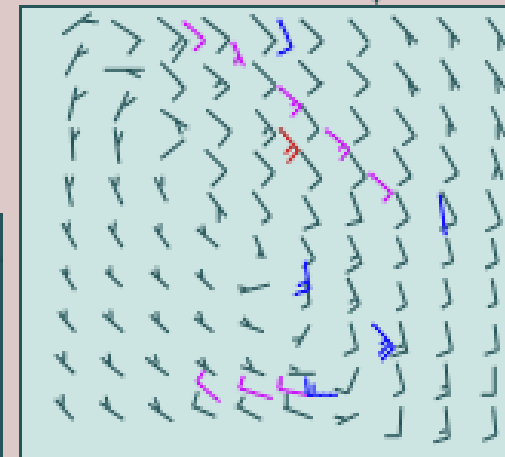
2. Observation increments



Quality control
(on increment)

Objective analysis
procedure

3. Analysis increments or "corrections"

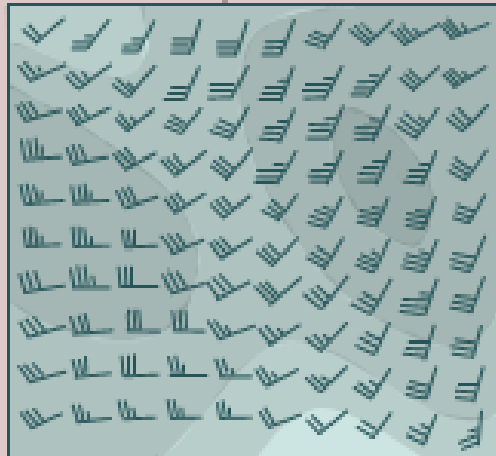


4. Analysis



Cycling

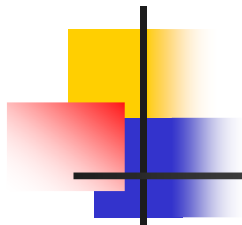
1A. Short-range forecast



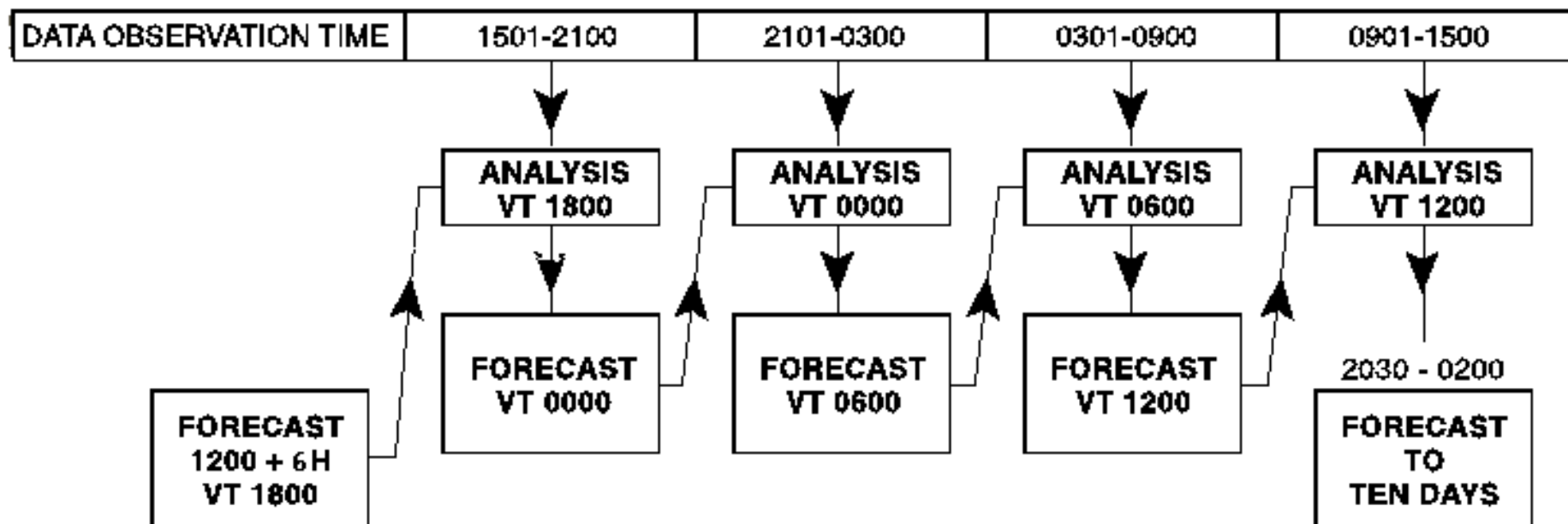
Next short-range
"guess"

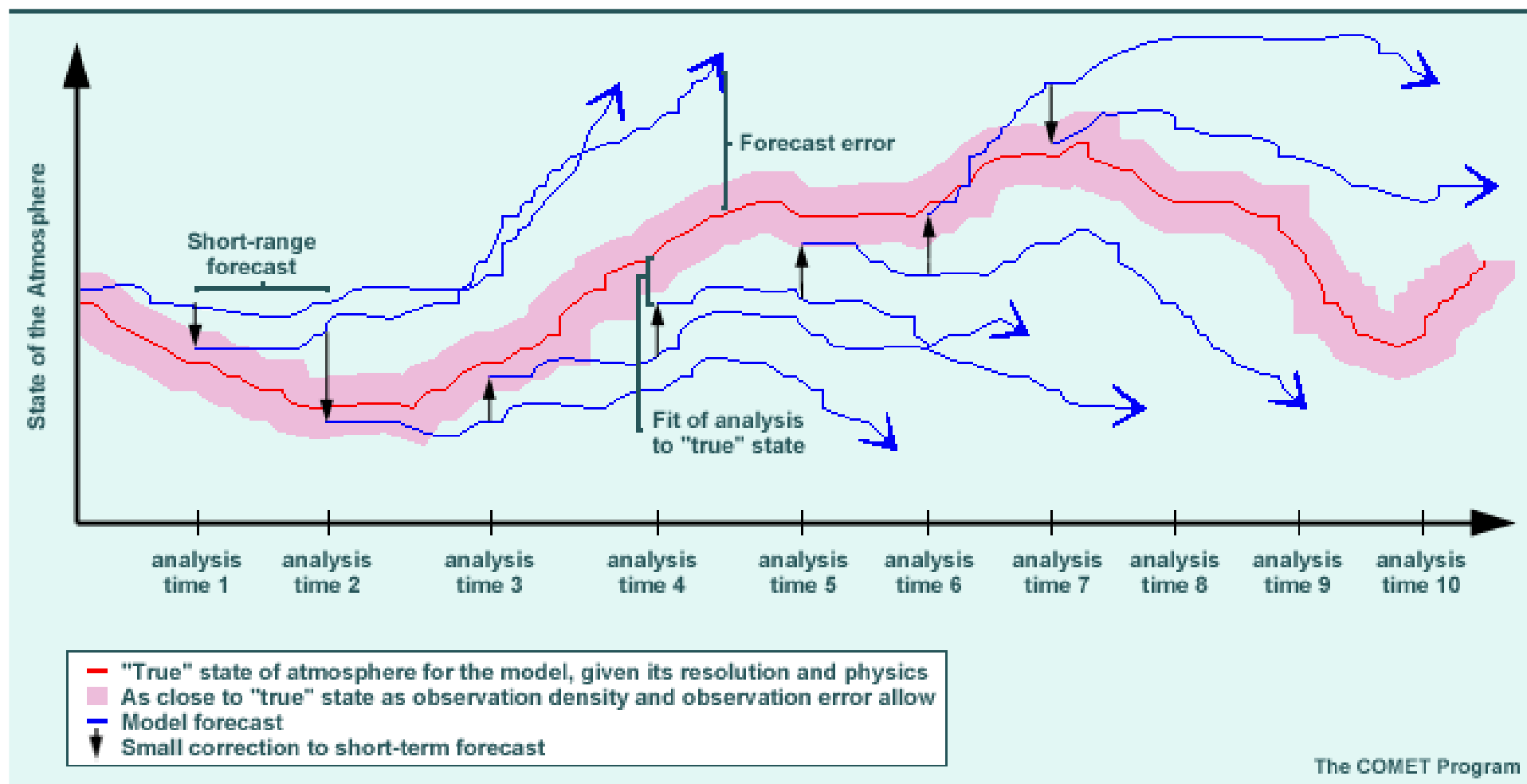
Forecast model

Remainder of full-length forecast (Eta to
60 or 84 hours, AVN to 126 hours, etc.)



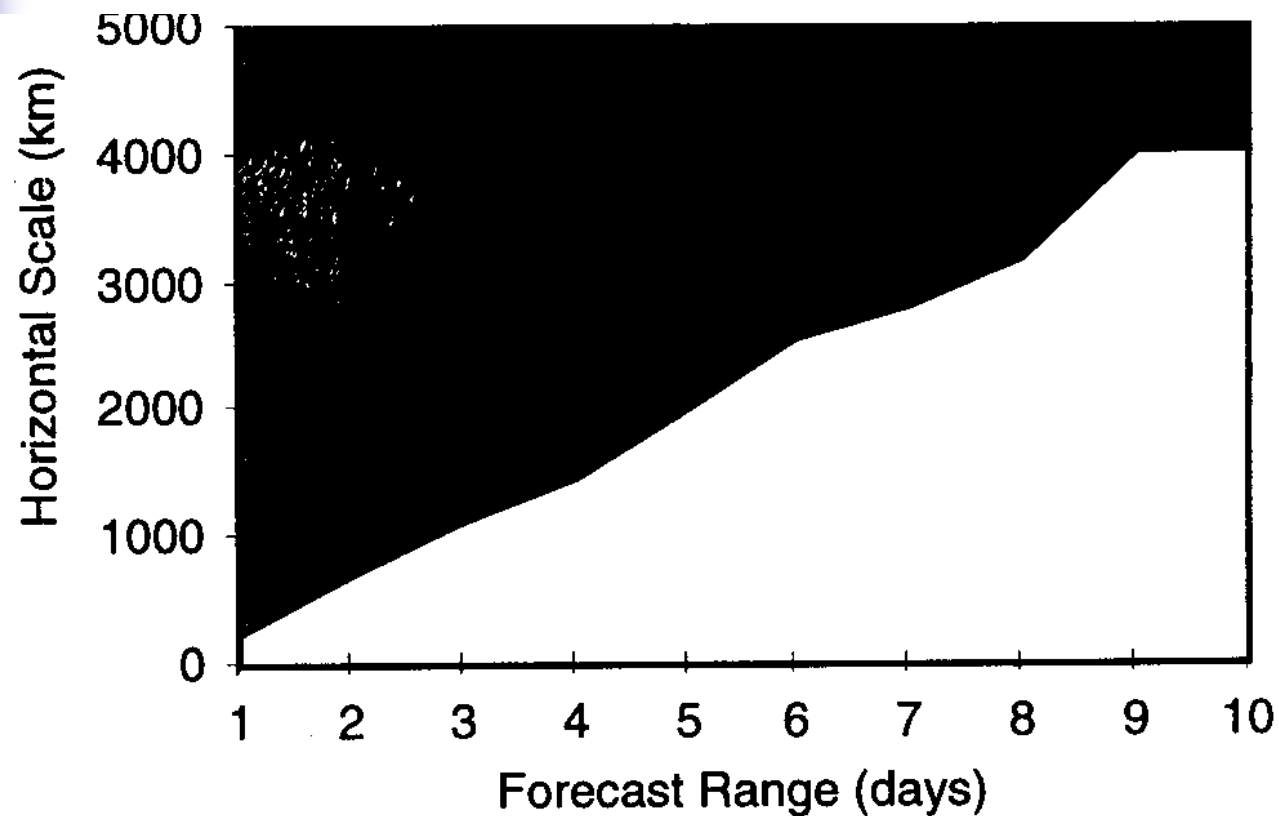
Operational Data Assimilation - Forecast Cycle



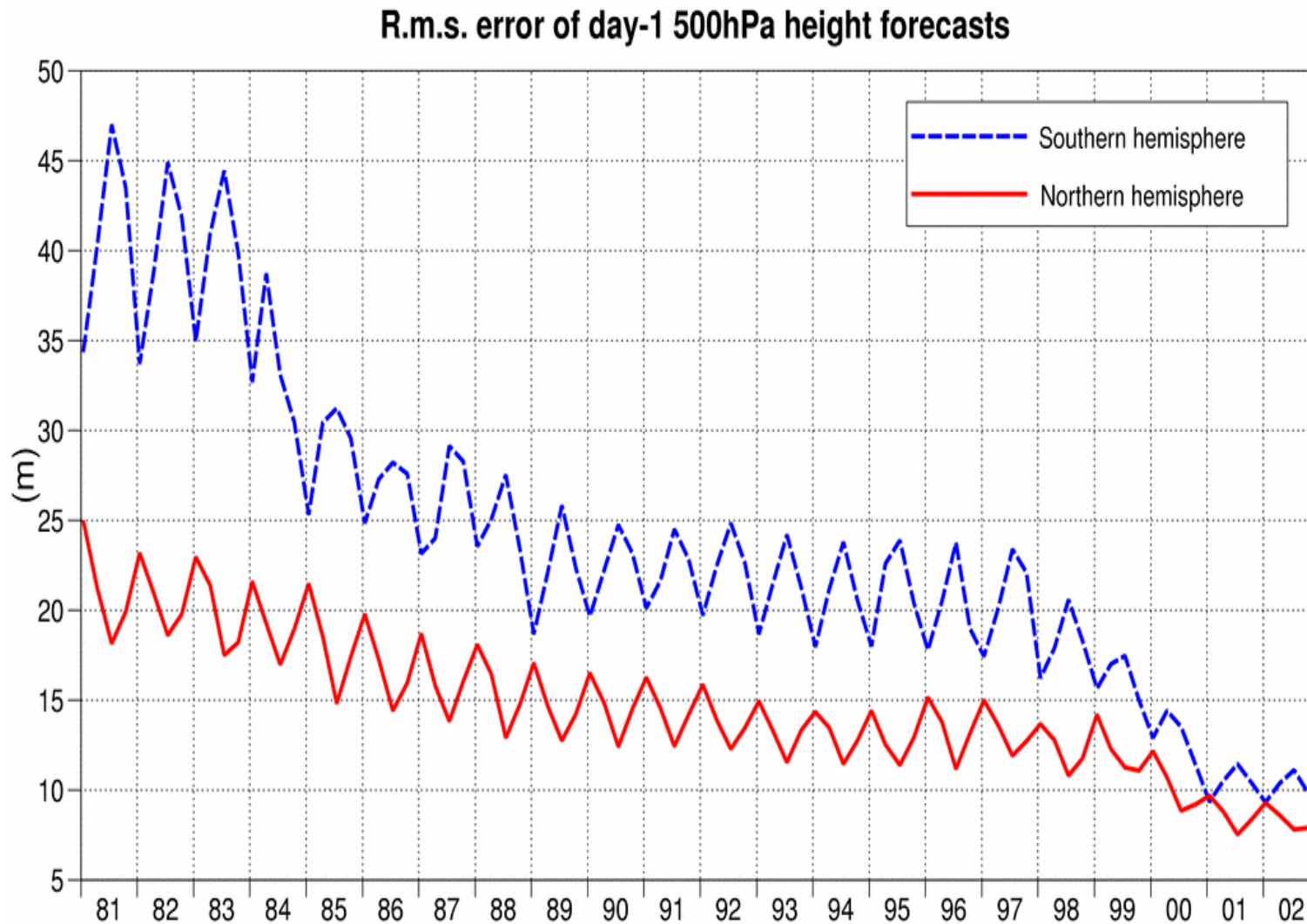


Η ανάλυση μπορεί να είναι τόσο ακριβής όσο το επιτρέπουν οι παρατηρήσεις και οι παρακάτω περιορισμοί:

(α) πυκνότητα των παρατηρήσεων (οριζόντια και κατακόρυφη), (β) συχνότητα των παρατηρήσεων, (γ) οριζόντια και κατακόρυφη ανάλυση των οργάνων, (δ) σφάλματα οργάνων, (ε) παρατηρούμενες παράμετροι όπως ακτινοβολία, ακτινικοί άνεμοι που μετατρέπονται σε παραμέτρους αντίστοιχα θερμοκρασίας και ανέμου (ζ) εκτιμώμενες παράμετροι που βασίζονται σε αλγορίθμους (σφάλματα επίσης).



Γκάμα οριζοντίων κλιμάκων οι οποίες έχουν ικανή προγνωσιμότητα (μαύρη σχεδίαση) για διάφορες διάρκειες πρόγνωσης.



N.Hem & S.Hem D+1 Forecast error

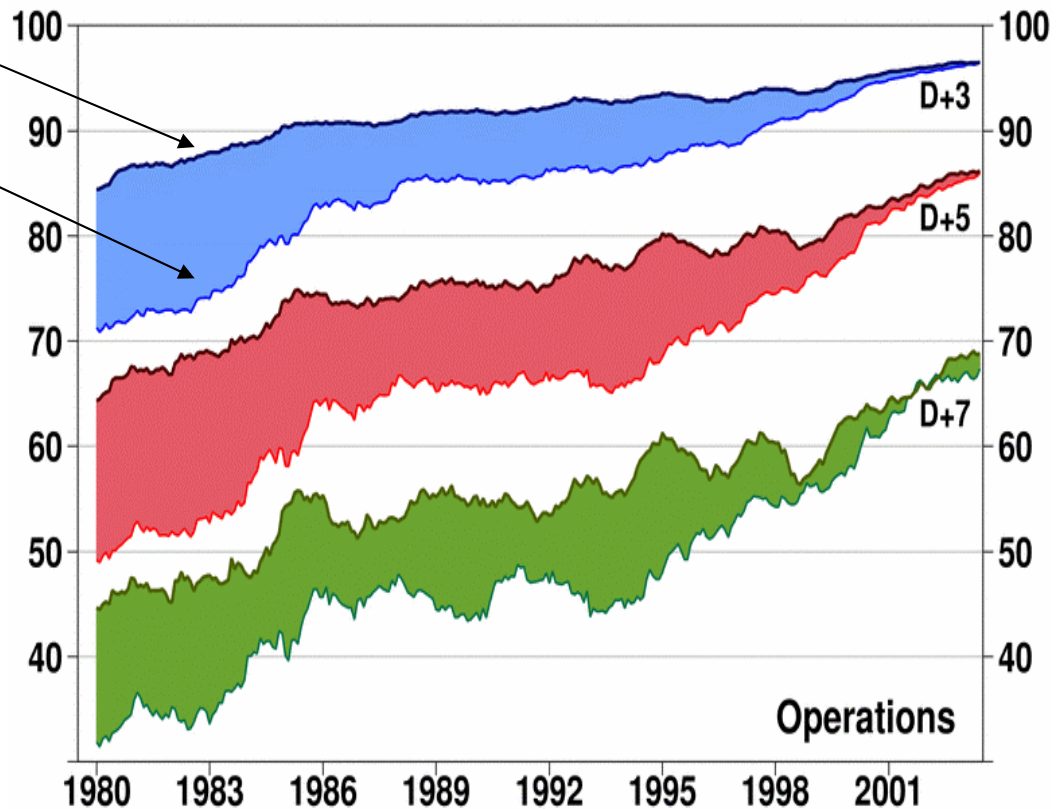
ECMWF 500 hPa error evolution 1981-2002

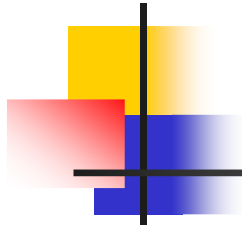


ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ

12-month running
mean of anomaly
correlation (%) of
500hPa height
forecasts

B. Ημισφ.
N. Ημισφ.

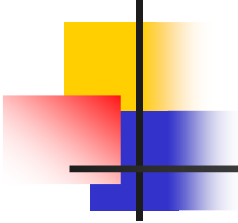




ΧΑΟΣ και ΠΡΟΓΝΩΣΙΜΟΤΗΤΑ

Lorenz (1963): «ακόμα και με τέλεια μοντέλα και τέλειες παρατηρήσεις η χαοτική φύση της ατμόσφαιρας θα επέβαλε ένα άνω χρονικό όριο περίπου δύο εβδομάδων στην προγνωσιμότητα του καιρού»

Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκε η τεχνική του ensemble forecasting - πολλαπλών δειγμάτων κατά την οποία πραγματοποιούνται πολλές προγνώσεις είτε διαταράσσοντας τις αρχικές συνθήκες ενός μοντέλου είτε χρησιμοποιώντας διαφορετικά μοντέλα.



ΠΙΘΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΓΝΩΣΗ

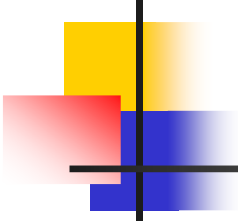
Μέθοδος Ensemble

**Πλεονεκτήματα Ensemble (E) έναντι Ντετερμινιστικής (N)
Πρόγνωσης:**

(1) Αβεβαιότητα Αρχικών Συνθηκών

(N) Τα συστήματα αφομοίωσης παρατηρήσεων είναι σχεδιασμένα ώστε να ελαχιστοποιούν τα σφάλματα των αρχικών συνθηκών. Η αβεβαιότητα λαμβάνεται υπόψη μέσω των «συντελεστών βαρών» μεταξύ παρατηρήσεων και "first guess". Μπορεί να αποτιμηθεί το σφάλμα των αρχικών συνθηκών αλλά όχι ο ρόλος τους στην πρόγνωση.

(E) Η αβεβαιότητα των αρχικών συνθηκών λαμβάνεται υπόψη προσδιορίζοντας τα πιο σημαντικά πιθανά σφάλματα για την επακόλουθη πρόγνωση και περιορίζοντας τα κλιμακωτά στις διαταραχές των αρχικών συνθηκών.



ΠΙΘΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΓΝΩΣΗ

Μέθοδος Ensemble

(2) Ατμοσφαιρική Προγνωσιμότητα

(N) Δεν μπορεί να αποτιμηθεί από μία ντετερμινιστική πρόγνωση. Μπορεί μερικώς να αποτιμηθεί από το βαθμό συνέπειας διαδοχικών προγνώσεων.

(E) Μπορεί να αποτιμηθεί από το βαθμό αύξησης της απόκλισης μεταξύ των προγνώσεων των μελών του ensemble. Ο αριθμός μελών του ensemble και η καταλληλότητα των διαταραχών των αρχικών συνθηκών είναι σημαντικά για να επιτευχθεί το κατάλληλο «φάσμα» προγνώσεων και για να υπολογιστεί το μέτρο της προγνωσιμότητας.

(3) Αβεβαιότητα Μοντέλων: Δυναμική / Φυσική

(N) Μόνο μία αριθμητική μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί καθώς και συγκεκριμένος συνδυασμός φυσικών παραμετροποιήσεων.

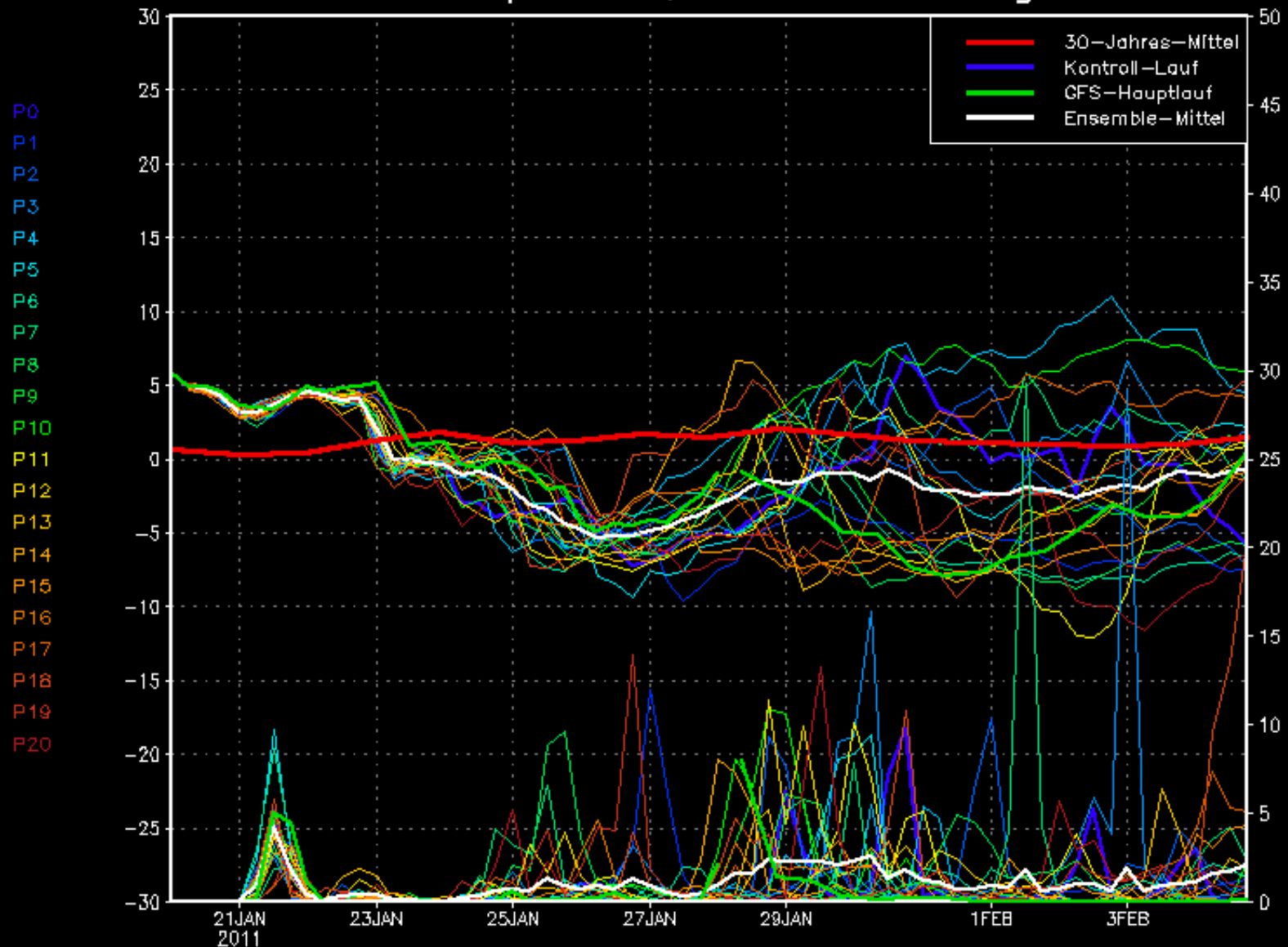
(E) Πολλαπλές αριθμητικές μέθοδοι, και πολλαπλοί συνδυασμοί φυσικών παραμετροποιήσεων..

ENSEMBLE PREDICTION

Athen Lat: 38 Lon: 24

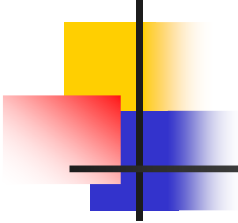
Thu, 20 JAN 2011 00Z

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



Daten: Ensembles des GFS von NCEP

Wetterzentrale



ΠΙΘΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΓΝΩΣΗ

Προιόντα

- εκτίμηση της προγνωστικής ικανότητας της ατμόσφαιρας, με βάση τη σχετική απόκλιση των προγνωστικών μελών του ensemble,
- εκτίμηση της πιθανότητας σφάλματος της «επίσημης» ή αλλιώς ντετερμινιστικής (deterministic) πρόγνωσης,
- εκτίμηση πιθανότητας επικίνδυνων καιρικών φαινομένων, ανάλογα με τον αριθμό των μελών του ensemble που συμφωνούν στη συγκεκριμένη πρόγνωση
- εκτίμηση του εύρους τιμών μετεωρολογικών παραμέτρων που είναι δυνατόν να συμβούν. Για παράδειγμα όταν κανένα μέλος του ensemble δεν δίνει πρόγνωση αρνητικών θερμοκρασιών, μπορεί κανείς να δώσει με ασφάλεια πρόγνωση ότι δεν θα συμβεί παγετός

ΕΠΟΧΙΚΕΣ ΠΡΟΓΝΩΣΕΙΣ

ECMWF Seasonal Forecast

Mean 2m temperature anomaly

Forecast start reference is 01/01/11

Ensemble size = 41, climate size = 275

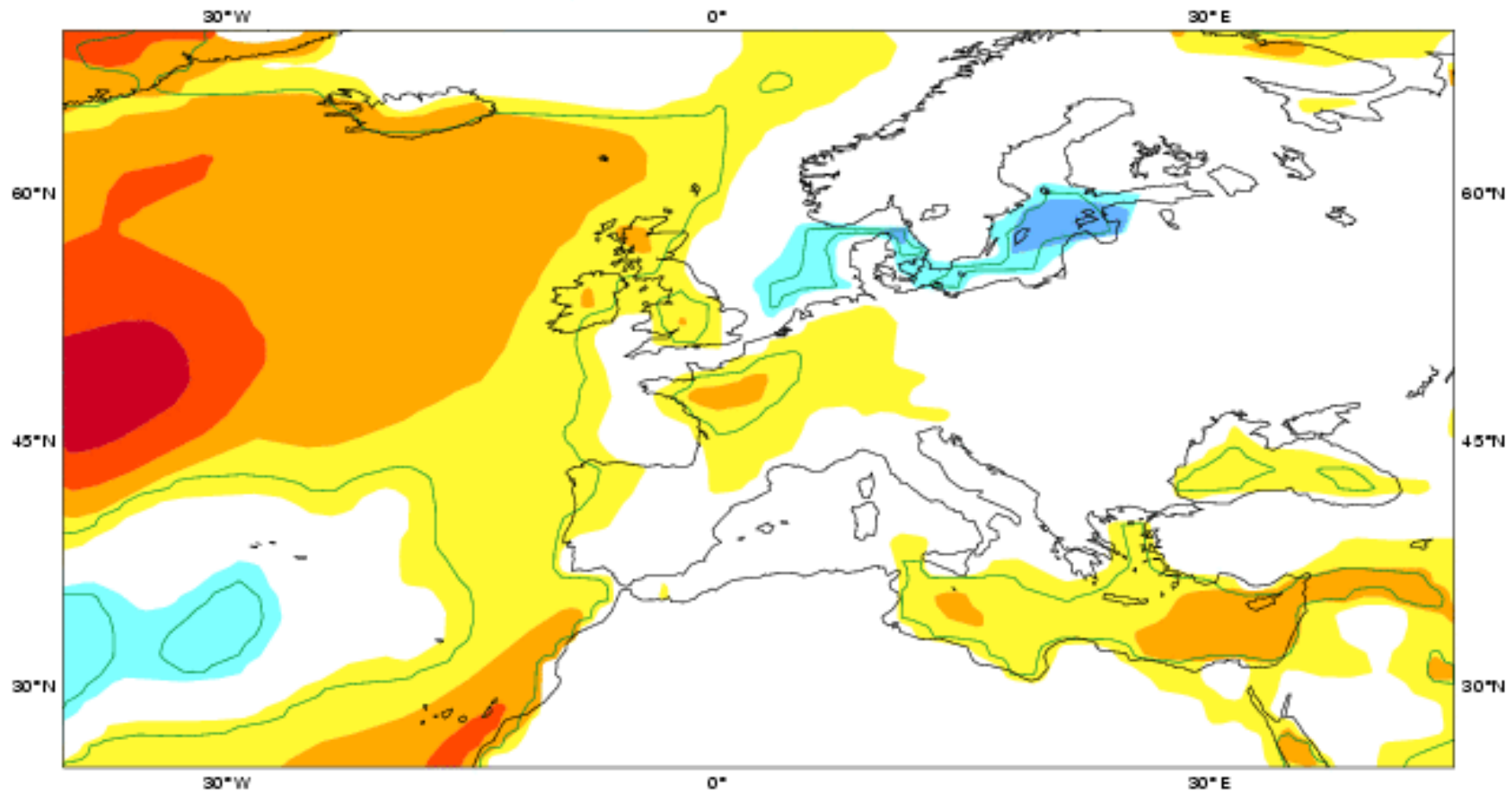
System 3

FMA 2011

Shaded areas significant at 10% level

Solid contour at 1% level

<-2.0°C **-2.0..-1.0** **-1.0..-0.5** **-0.5..0** **No Signal** **0..0.5** **0.5..1.0** **1.0..2.0** **> 2.0°C**



Forecast issue date: 15/01/2011

ΕΠΟΧΙΚΕΣ ΠΡΟΓΝΩΣΕΙΣ

ECMWF Seasonal Forecast

Mean precipitation anomaly

Forecast start reference is 01/01/11

Ensemble size = 41, climate size = 275

System 3

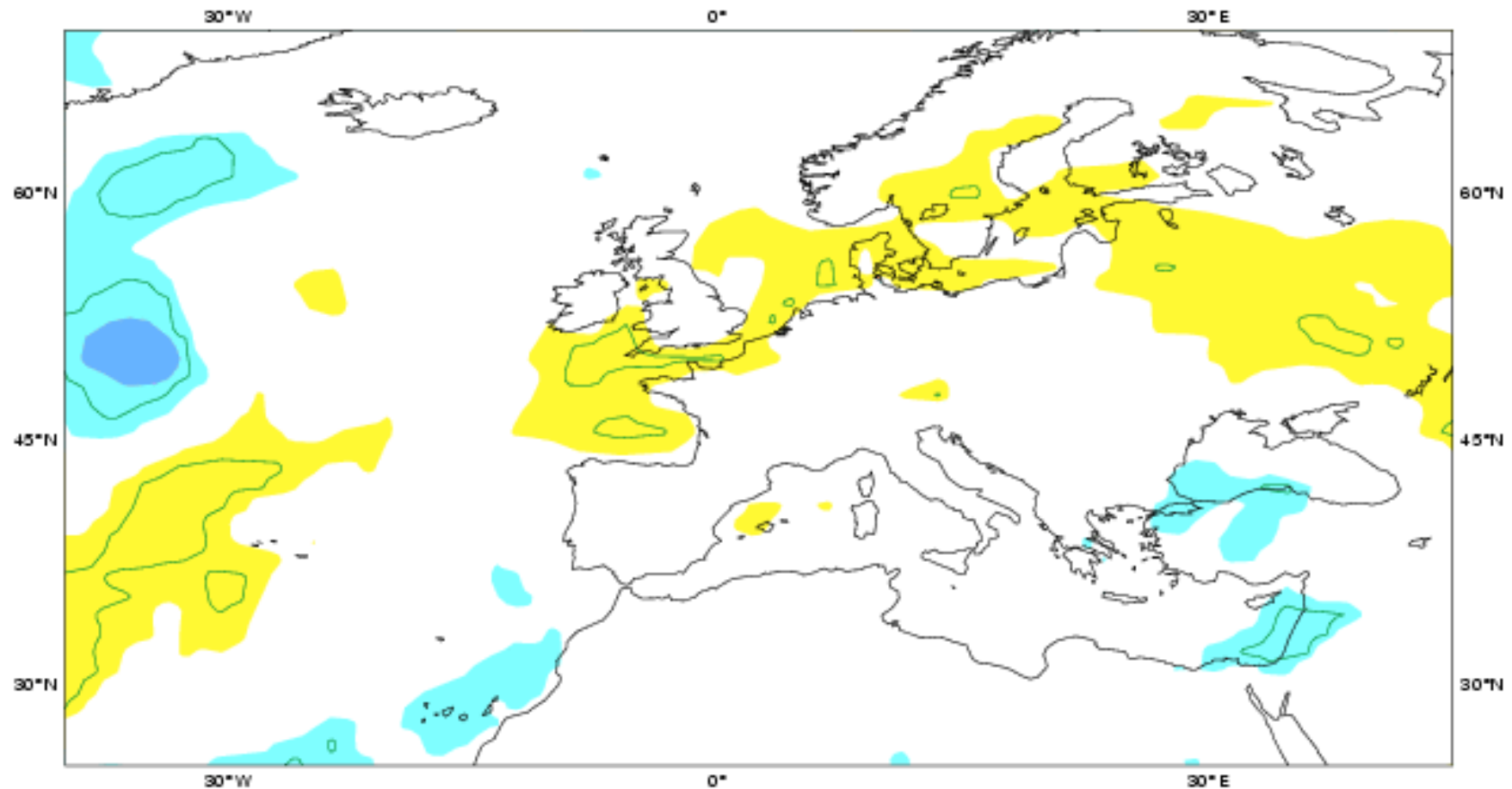
FMA 2011

Shaded areas significant at 10% level

Solid contour at 1% level

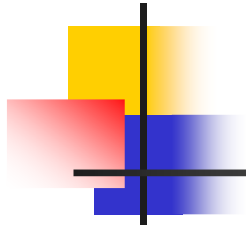
Legend for Mean precipitation anomaly (mm):

<-200 mm	-200..-100	-100..-50	-50..0	No Signal	0..50	50..100	100..200	> 200 mm
----------	------------	-----------	--------	-----------	-------	---------	----------	----------



Forecast issue date: 15/01/2011

ECM



Προγνώσεις καιρού

Μπορείτε να βρείτε προγνώσεις καιρού για τον Ελλαδικό χώρο, στις παρακάτω ιστοσελίδες:

Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

<http://www.noa.gr/forecast>

<http://www.meteo.gr>