

Ensemble előrejelzések: elméleti és gyakorlati háttér

HÁGEL Edit

Országos Meteorológiai Szolgálat
Numerikus Modellező és Éghajlat-dinamikai Osztály



Az előadás vázlata

- Az ensemble előrejelzések elméleti háttere
- Gyakorlati megvalósítás / alkalmazások
- Az SRNWP-PEPS rendszer
- Az OMSZ kvázi-operatív LAMEPS rendszere

Elméleti háttér

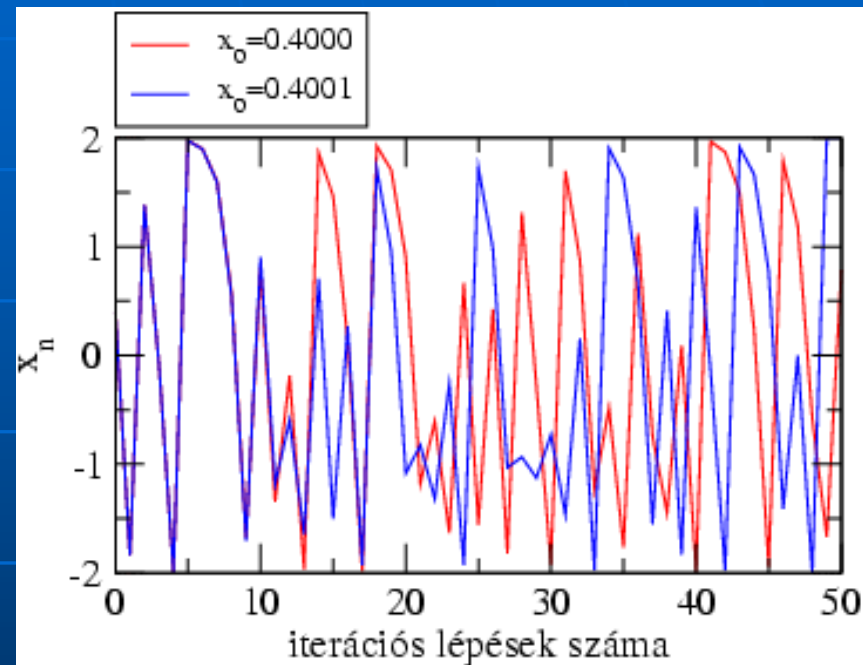
- Egyszerű példa nemlineáris rendszerre:
 - Válasszunk egy számot a $[-2, +2]$ intervallumról, legyen ez a kiindulási állapot x_0
 - Alkalmazzuk a következő algoritmust:

$$x_{n+1} = x_n^2 - 2$$

- A rendszer determinisztikus (azonos kezdeti feltételre mindig azonos végeredményt ad), ugyanakkor x_n^2 miatt az egyenlet **nemlineáris**

Elméleti háttér (folyt.)

- 1. esetben $x_0=0.4000$
- 2. esetben $x_0=0.4001$
- Eltérés csupán 0.0001, mégis a két görbe rövid idő után teljesen eltérően viselkedik



A légkör állapotát leíró rendszer ennél sokkal bonyolultabb!

Elméleti háttér (folyt.)

- Az időjárás előrejelzése során megoldandó egyenletrendszer egy **nemlineáris** parciális differenciál egyenletrendszer, amely nagy érzékenységet mutat a kezdeti feltételre:
 - a kis bizonytalanságok nagy hibákat eredményezhetnek
- Probléma:
 - a kezdeti feltételek minden esetben hibával terheltek
 - mérések reprezentativitásának hiánya
 - mérésekben fellépő pontatlanság ...

Elméleti háttér (folyt.)

- Megoldási lehetőség:
 - Ensemble (**együttes**) előrejelzések készítése
 - **Nem egyetlen** előrejelzést készítünk a „legjobbnak ítélt” kezdeti feltételből kiindulva, hanem **előrejelzések együttesét**, melyek (általában) a kezdeti feltételükben különböznek csekély mértékben (a bizonytalansági határon belül)
 - ⇒ valószínűségi megközelítés lehetségessé válik
 - ⇒ következtetni lehet az előrejelzés bizonytalanságára

Gyakorlati megvalósítás

- Ensemble előrejelzések készítésére több módszer is alkalmazható, pl.:

- multi-analízis ensemble
- *kezdeti perturbációk származtatása*
- megfigyelések perturbálása

Különbség a kezdeti feltételekben

- *multi-modell ensemble*
- multi-paraméter, multi-parametrizáció

Gyakorlati megvalósítás (folyt.)

- *Multi-analízis ensemble rendszerek:*
 - Különböző technikákkal és/vagy modellekkel készített analíziseket használnak kezdeti feltételként
 - gyakran ötvözik a multi-modell módszerrel
 - ⇒ **multi-modell/multi-analízis** ensemble (pl. a Spanyol Meteorológiai Szolgálatnál futó SREPS rendszer)

Gyakorlati megvalósítás (folyt.)

- *Kezdeti perturbációk származtatása*, pl.:
 - Szinguláris vektorok módszere (ECMWF EPS, PEARP)
 - Breeding módszer
- A globális ensemble előrejelzések operatív beindításakor (mintegy 15 évvel ezelőtt) ezt a két módszert alkalmazták

Gyakorlati megvalósítás (folyt.)

Szinguláris vektorok módszere

- a szinguláris vektorok módszere igen **komoly matematikai háttérrel** rendelkezik
- lényegében egy sajátérték feladat megoldását jelenti
- egy adott norma szerint **leggyorsabban növekvő perturbációk** meghatározása a cél
- a módszer alkalmazása igen komoly számítógép-kapacitást igényel

Breeding módszer

- kezdetben véletlenszerű perturbáció
- adott hosszúságú előrejelzés (breeding ciklus)
- perturbáció visszaskálázása
- aktuális analízis módosítása ezzel a perturbációval
- ⇒ 4-5 nap múlva kiválasztódnak a fázistér leginkább instabilis irányai
- véletlenszerű perturbációkból kiindulva a rendszer „kitenyészti” a leghatékonyabb perturbációkat

Gyakorlati megvalósítás (folyt.)

- *Megfigyelések perturbálása:*
 - nem a kezdeti feltételt perturbálják, hanem az adatasszimiláció során felhasználásra kerülő megfigyeléseket (pl. Kanadai Meteorológiai Szolgálat ensemble rendszere)

Gyakorlati megvalósítás (folyt.)

- *Multi-modell ensemble rendszerek:*
 - Ez az egyik legegyszerűbb módszer ensemble előrejelzés készítésére
 - A rendszer tagjait **különböző modellek** használatával készített előrejelzések képezik
 - A módszert '**poor man's ensemble prediction system**'-nek, azaz 'szegény ember ensemble előrejelző rendszerének' is szokás nevezni; nem igényli több ensemble tag futtatását a résztvevőktől

Gyakorlati megvalósítás (folyt.)

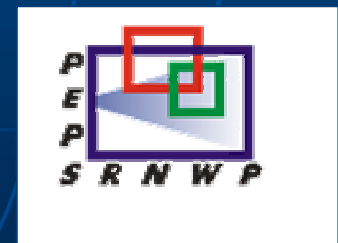
- *Multi-modell ensemble rendszerek:*

- Ez az egyik legegyszerűbb módszer ensemble előrejelzés készítésére
- A rendszer tagjait **különböző modellek** készített előrejelzések képezik
- A módszert '**poor man's ensemble** pro-nek, azaz 'szegény ember ensemble rendszerének' is szokás nevezni; nem ensemble tag futtatását a résztvevők



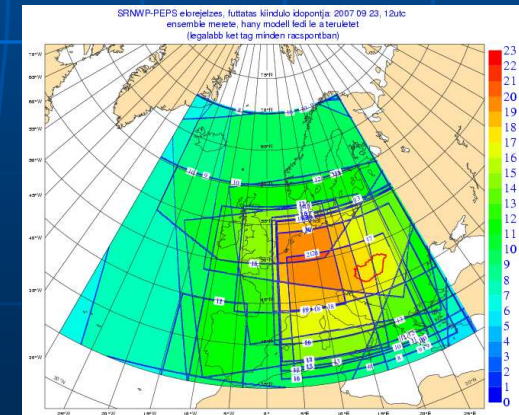
Az SRNWP-PEPS rendszer

- A **SRNWP-PEPS** rendszer egy európai rövidtávú multi-modell ensemble rendszer
- Összesen 21 ország (köztük Magyarország) vesz benne részt 24 modellel/modellverzióval (ALADIN, COSMO, HIRLAM, UKMO)
- Résztvevő országok „hagyományos” (determinisztikus) futtatásaiból alkotott ensemble rendszer



Az SRNWP-PEPS rendszer (folyt.)

- A rendszer **előnyei**:
 - nem igényli több ensemble tag futtatását a résztvevő előrejelző központoktól
- A rendszer **hátrányai**:
 - különböző tartományok
 - ⇒ térben változó elemszám
 - különböző felbontás
 - különböző előrejelzési időtartamok
 - ⇒ időben változó elemszám



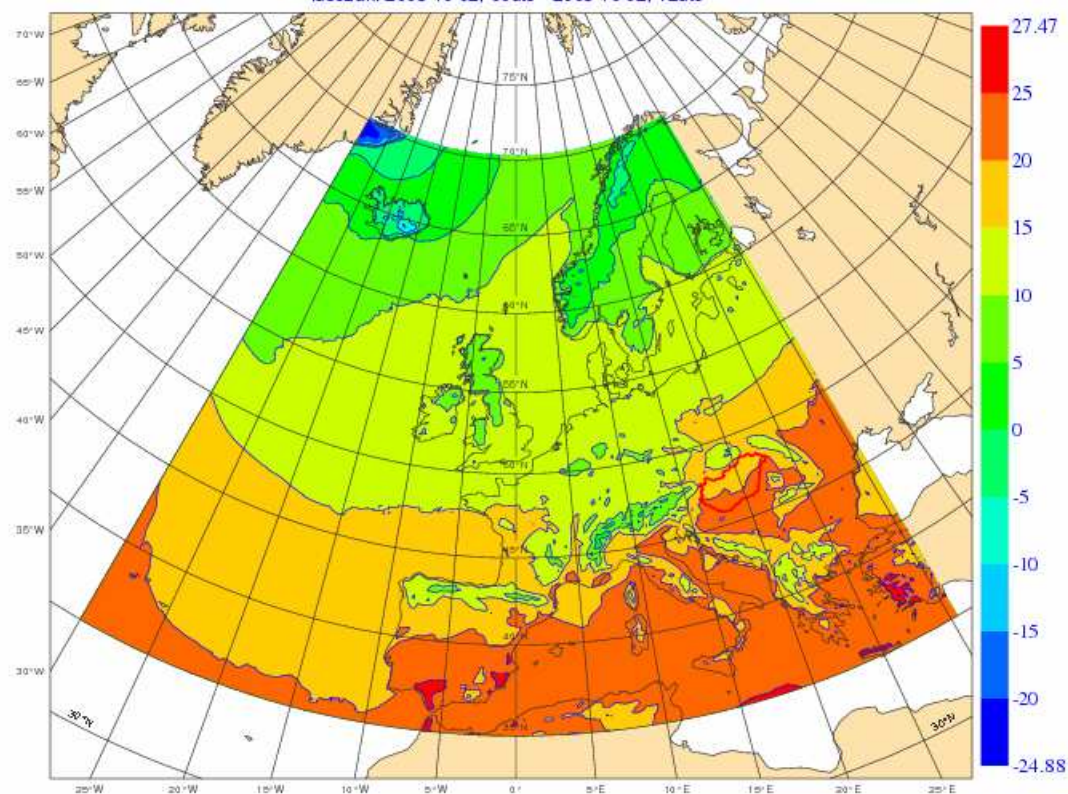
Gyakorlati megvalósítás (folyt.)

- Az ensemble előrejelzések **megjelenítése** eltér a „hagyományos” (determinisztikus) előrejelzések megjelenítésétől:
- Lehetséges megjelenítési módok:
 - Ensemble átlag / medián
 - Bélyeg diagram
 - Fáklya / meteogram
 - Valószínűségi térképek
 - Spagetti diagram
 - Clusterek...

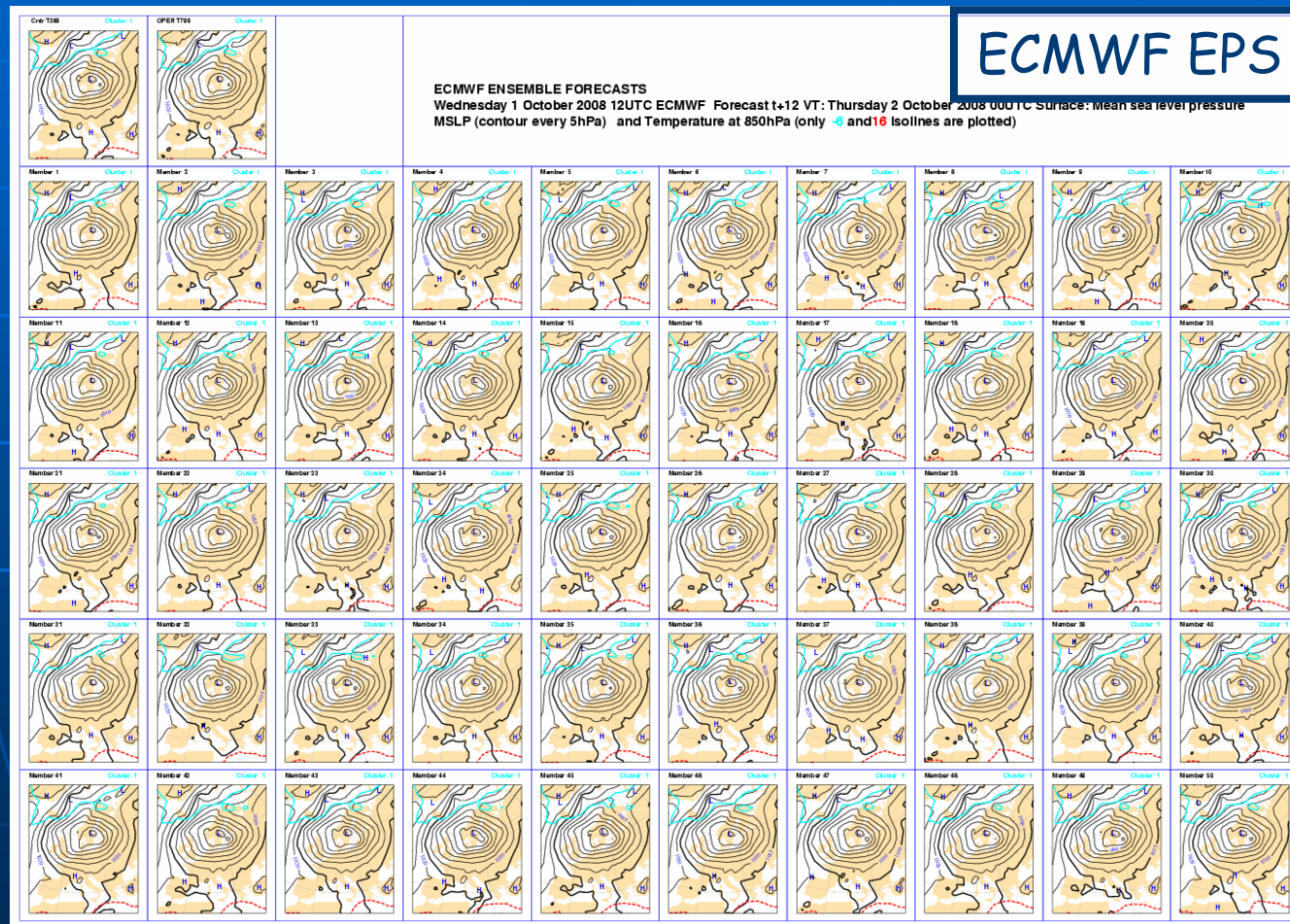
Ensemble átlag / medián

SRNWP-PEPS előrejelzés, futtatás kiinduló időpontja: 2008 10 01, 18utc
12 óras maximumhőmérséklet (C), ensemble átlag
időszak: 2008 10 02, 00utc - 2008 10 02, 12utc

SRNWP-PEPS

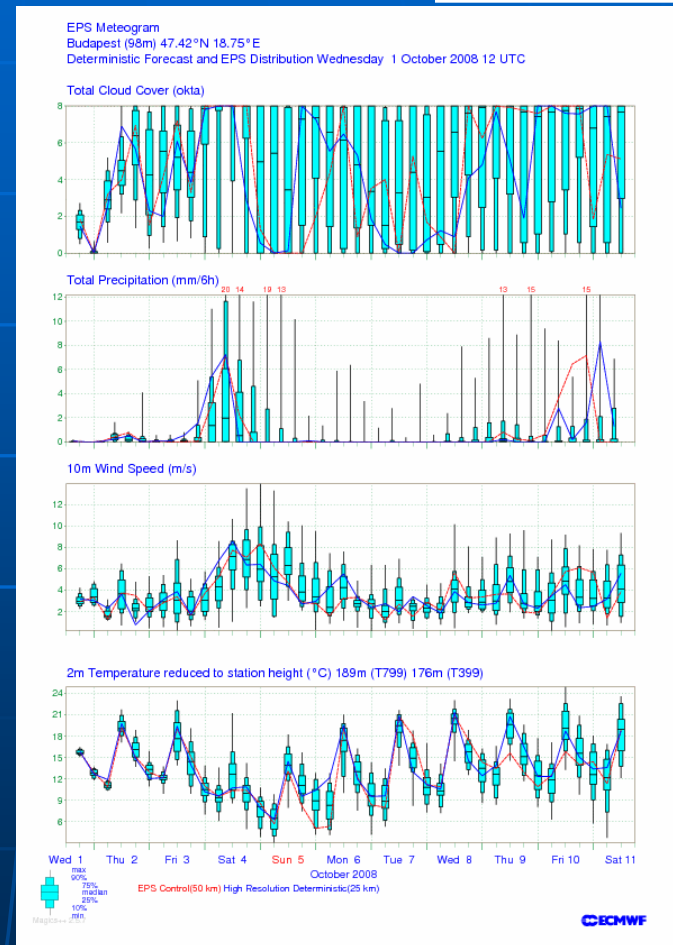
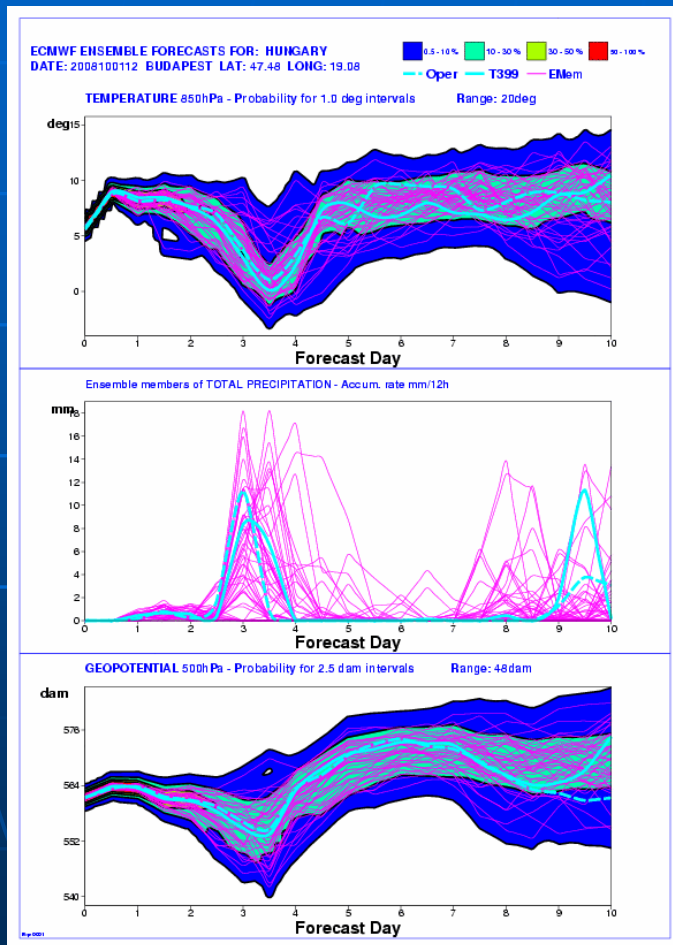


Bélyeg diagram



Fáklya / Meteogram

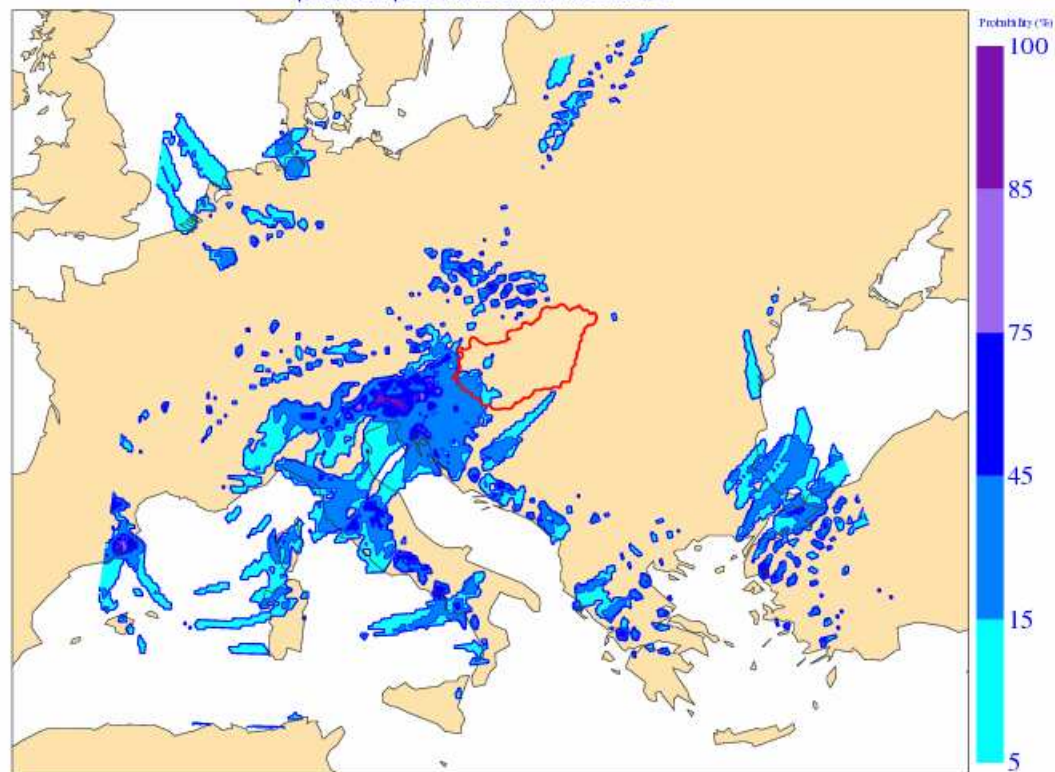
ECMWF EPS



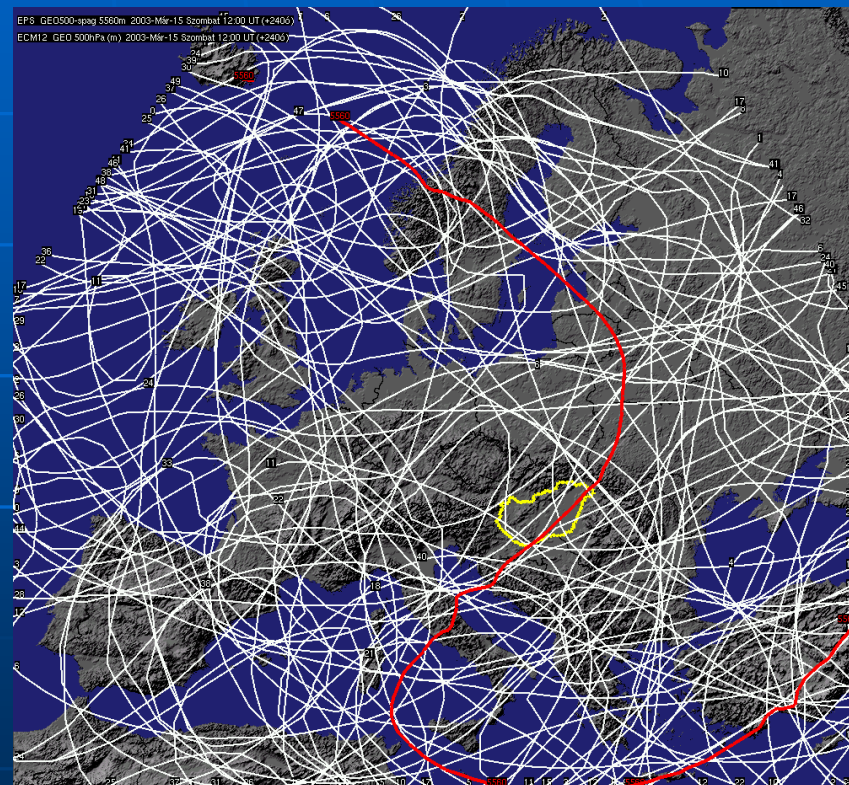
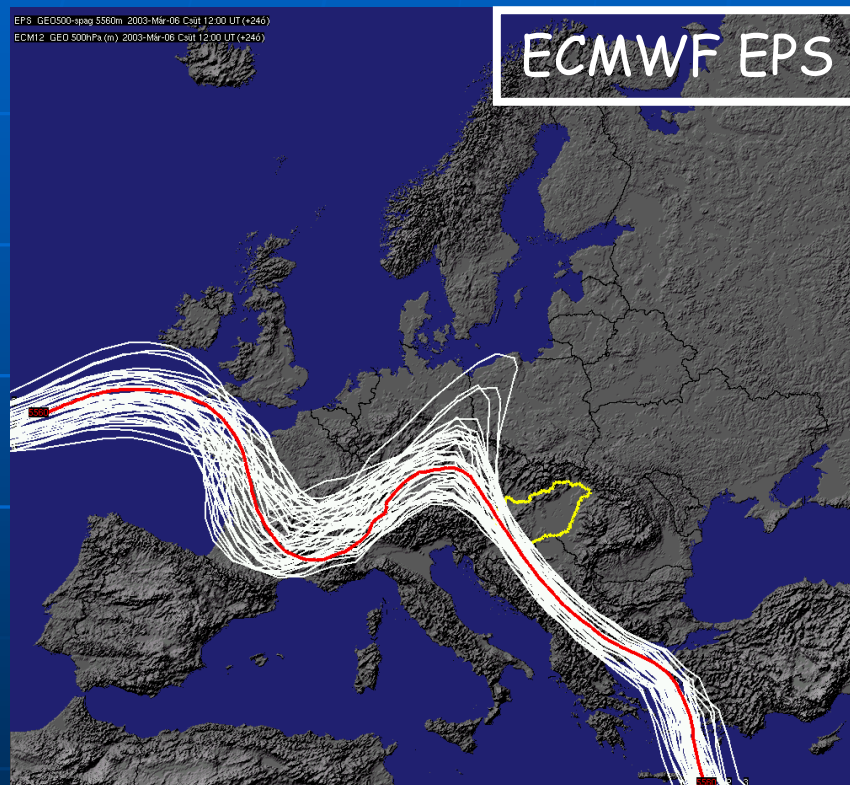
Valószínűségi térkép

SRNWP-PEPS

Probability map
01/10/2008 18UTC - VT: 04/10/2008 06UTC
parameter: prec/24h, level: sfc, Threshold: 20

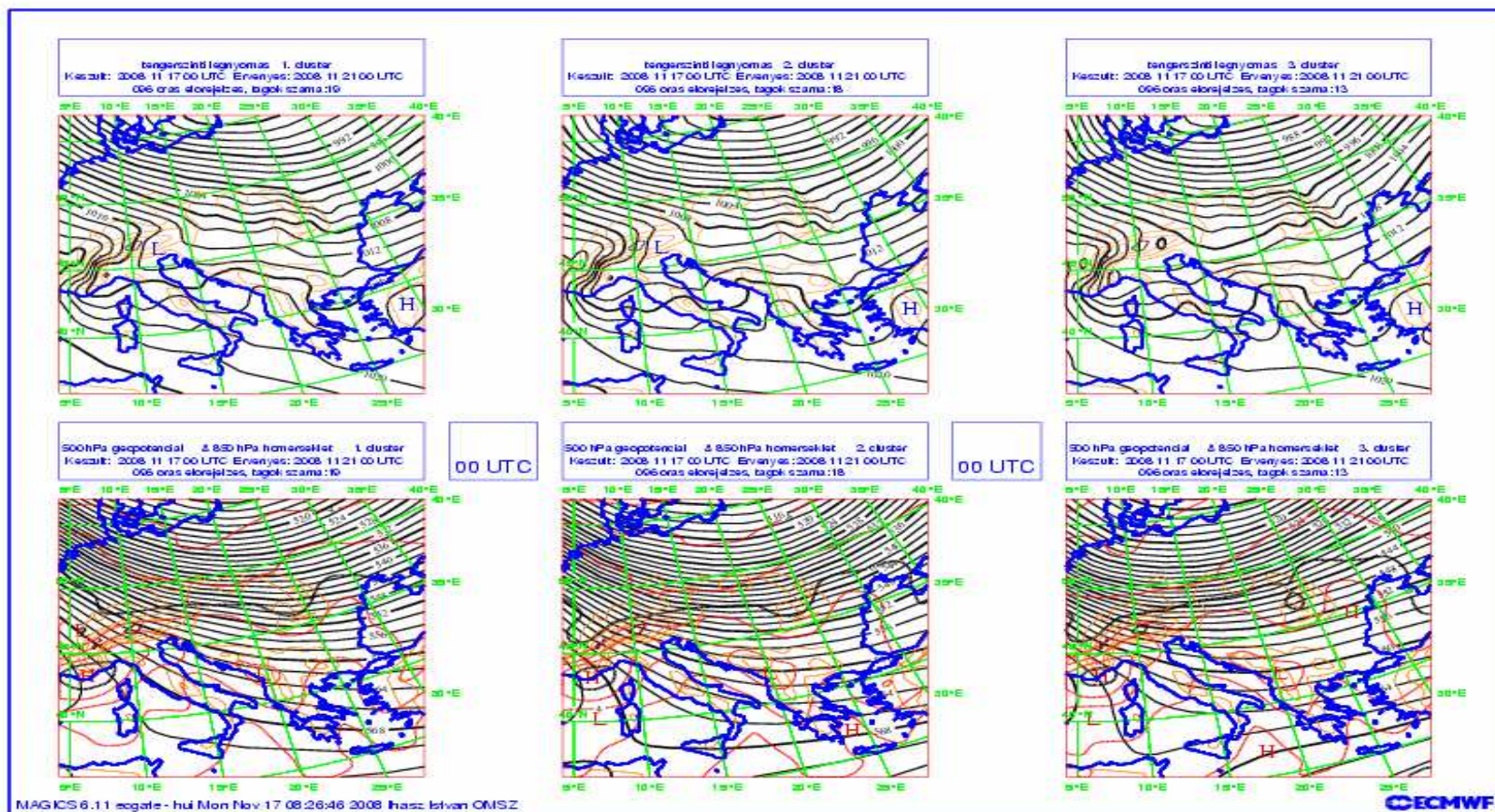


Spagetti diagram



Clusterek

ECMWF EPS



Az OMSZ LAMEPS rendszere

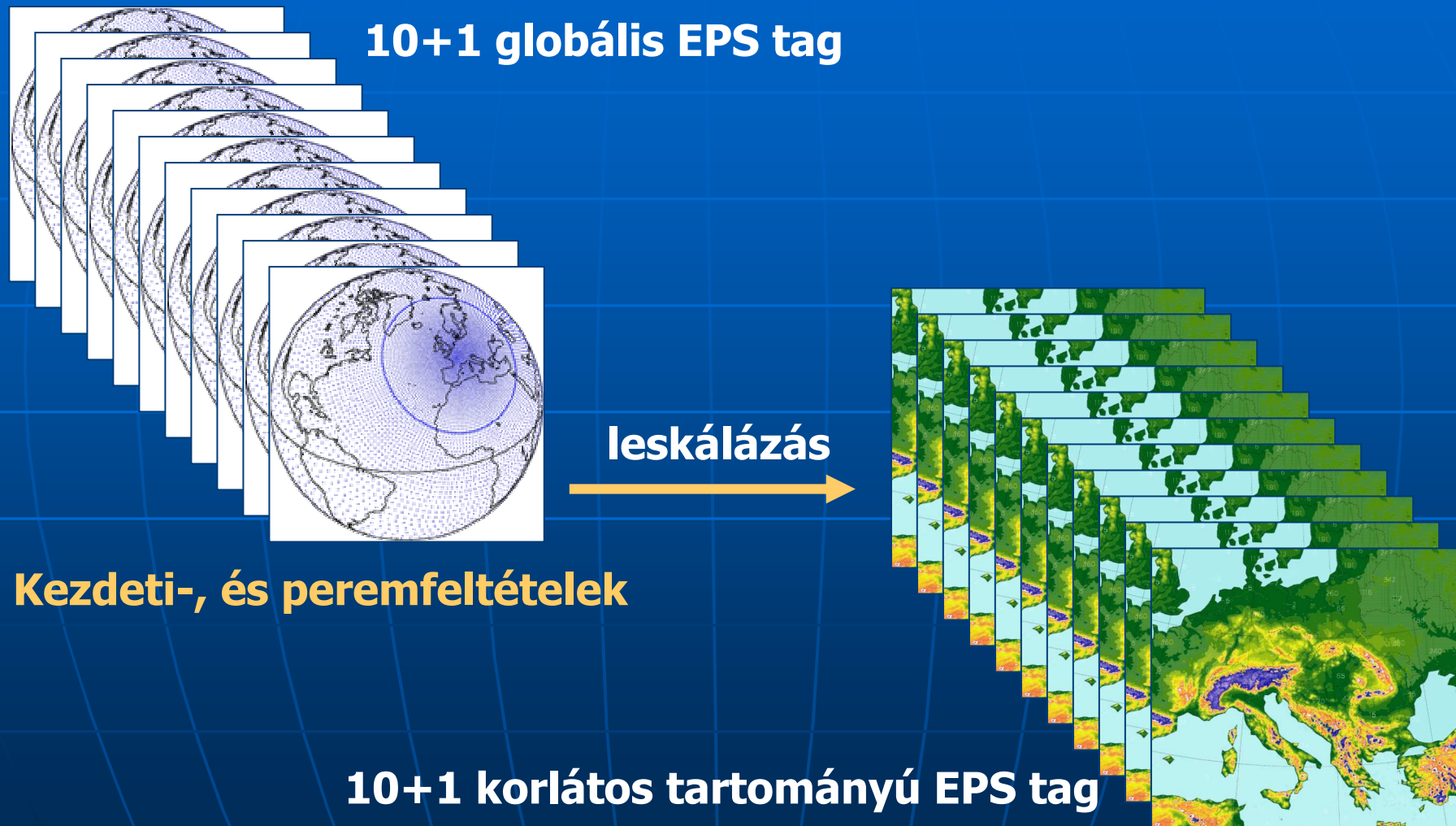
- Futtatás naponta, kvázi-operatív módon 2008 februárjától
- A rendszer az **ALADIN** modellre épül és **10+1** ensemble tagból áll
- Kezdeti-, és peremfeltételek a **PEARP** globális ensemble rendszerből (6 óránkénti csatolás)
- A PEARP rendszer **leskálázása**, jelenleg még nincs helyi perturbáció

Az OMSZ LAMEPS rendszere (folyt.)

A **PEARP** globális ensemble rendszer jellemzői:

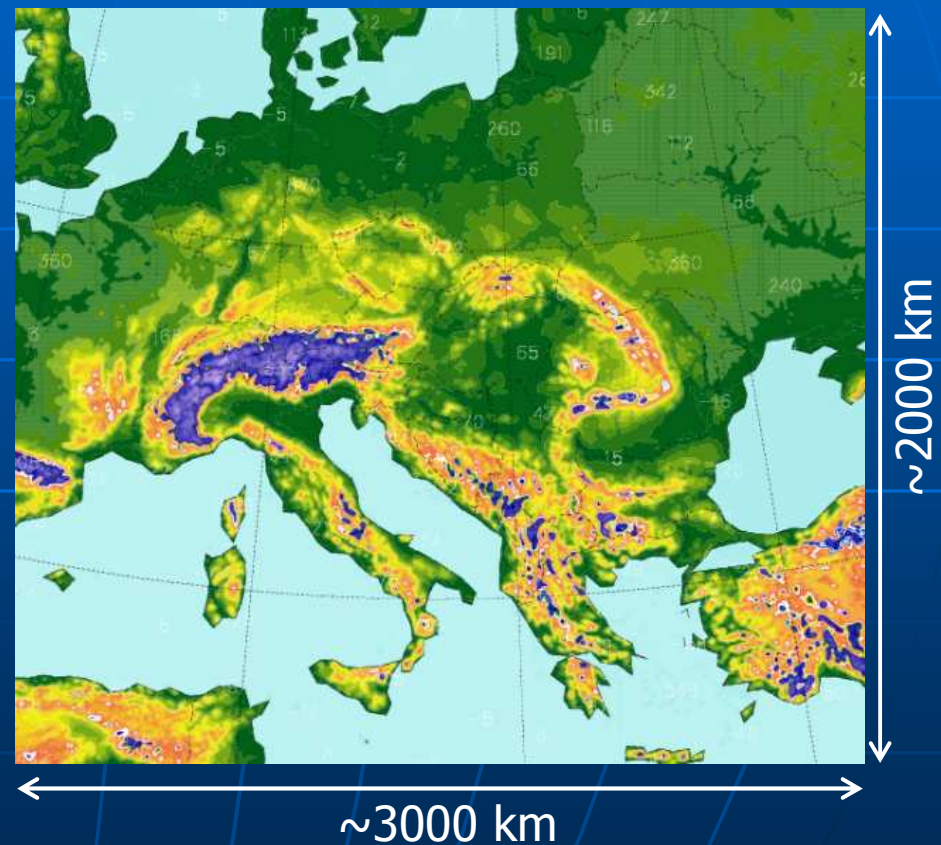
- Az **ARPEGE** modellre épül, **10+1 ensemble tag**
- T358c2.4 → **~ 25 km**-es felbontás, 55 vert. szint
- Kezdeti **perturbációk**: célzott **szinguláris vektorok** kombinációjából (Európa és az Atlanti óceán északi medencéje + Északi félgömb + Déli félgömb + Trópusi területek)

Az OMSZ LAMEPS rendszere (folyt.)



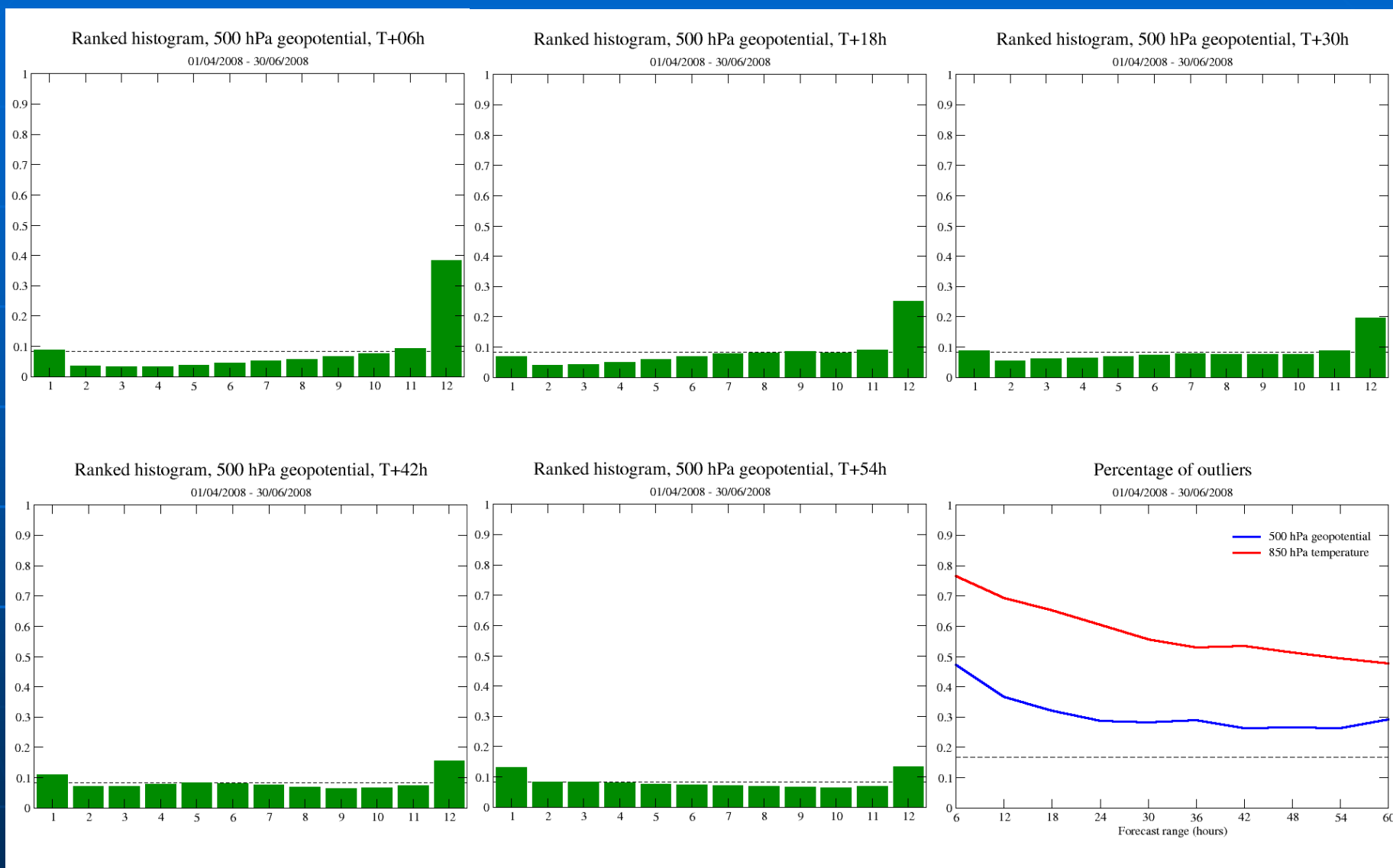
Az OMSZ LAMEPS rendszere (folyt.)

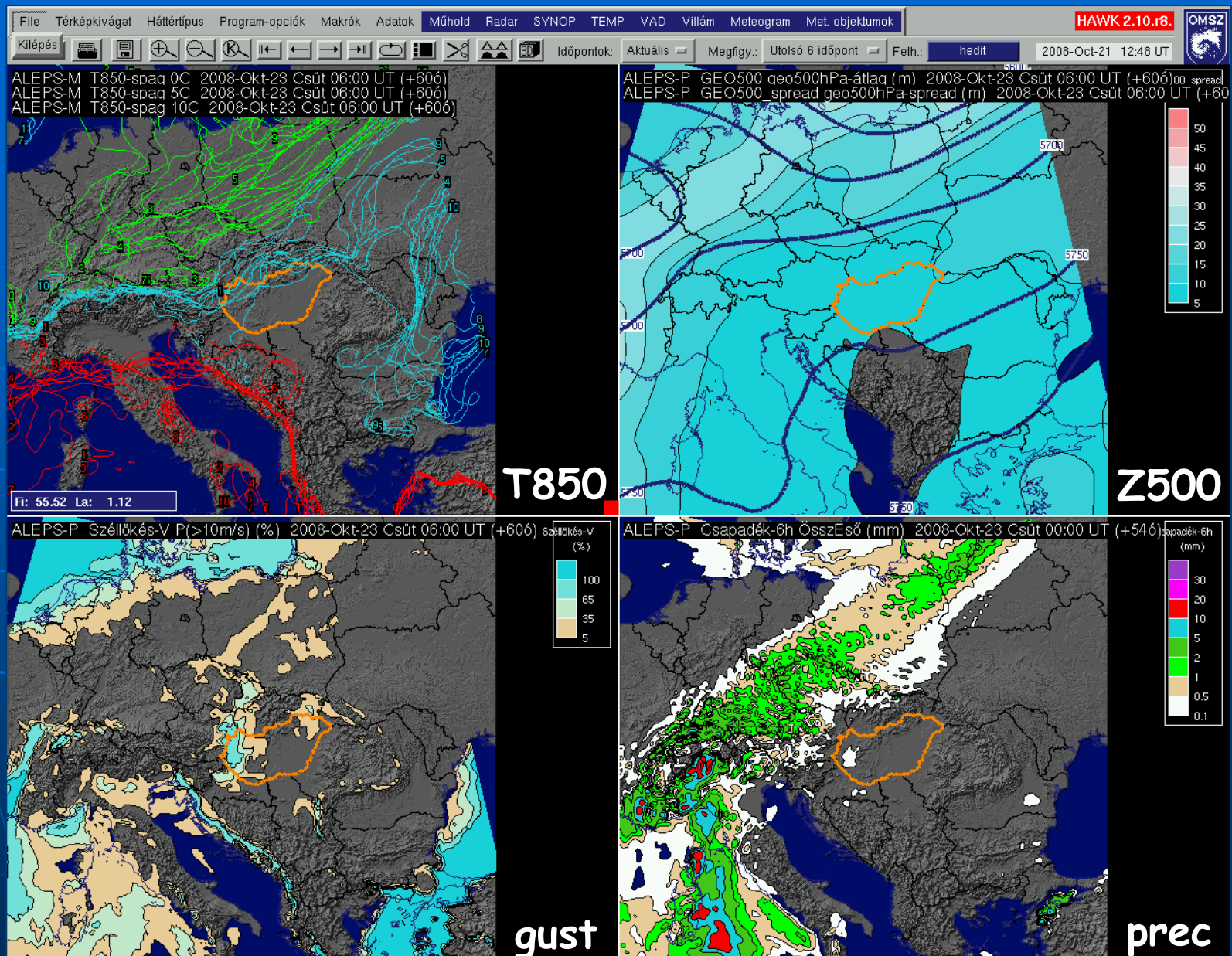
- Naponta egyszeri futtatás
(18 UTC)
- 60 órás előrejelzések
- 12 km-es horizontális felbontás
- 46 vertikális szint



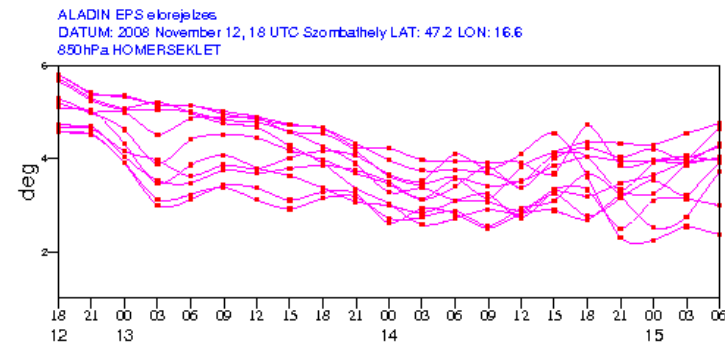
Az OMSZ LAMEPS rendszere (folyt.)

- Az ALADIN EPS rendszer **verifikációja** jelenleg folyamatban van
- Előzetes eredmények: **Ranked hisztogramok** a 2008 április 1 – 2008 június 30 közötti időszakra, Z500 és T850 (teljes előrejelzési tartományra vonatkozó verifikáció)

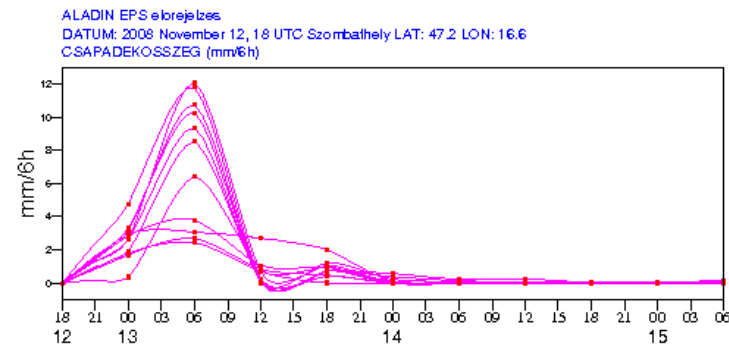




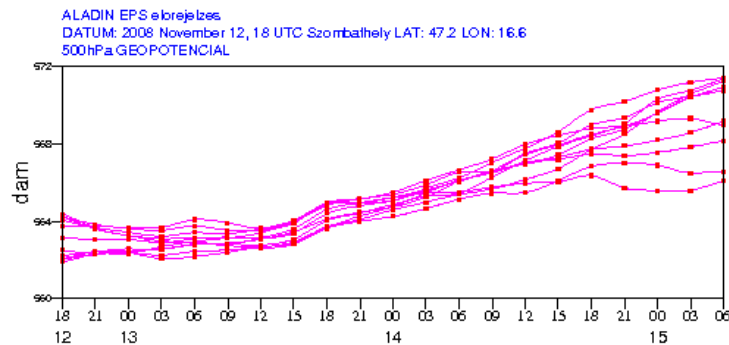
T850



prec



Z500



Köszönöm a figyelmet!

