

## Az energiaszektor kihívásai meteorológus szemmel

Előadó: Szúcs Mihály ([szucs.m@met.hu](mailto:szucs.m@met.hu))

Hozzájárultak: Előrejelzési és Éghajlati Főosztály (EÉFO)



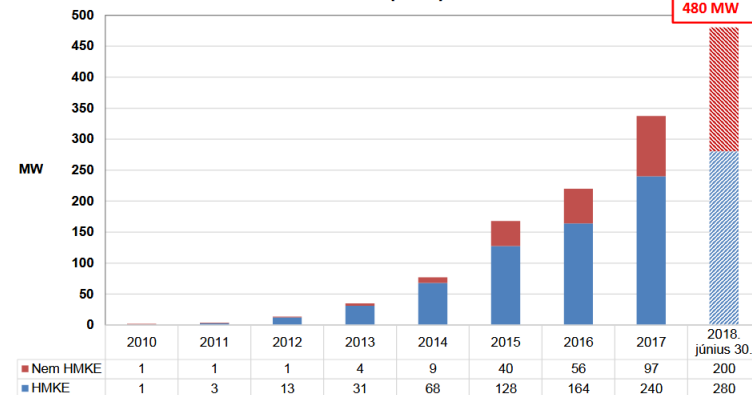
*Alapítva: 1870*



# Energia szektor igényei

- Az Országos Meteorológiai Szolgálat számára fontos terület
  - Számos partner, nagy bevételi hányad
  - Tényadat szolgáltatás
  - Általános előrejelzési információ – hőmérséklet, légnyomás, szél
  - Veszélyes időjárási elemekre vonatkozó figyelmeztetés és riasztás
    - Szélsébség speciális küszöbértékekkel
    - Tapadó hó, ónos eső, zúzmaraképződés
  - Adatok az infrastruktúrában keletkezett káresemények vizsgálatához
- Időjárásfüggő energiatermelők megjelenése
  - Robbanásszerű kereslet növekedés a menetrendezéshez szükséges előrejelzések iránt:
    - Szélsébség előrejelzés megfelelő magasságra
    - Globálsugárzás előrejelzés

Napelemek beépített teljesítőképességének alakulása (MW)



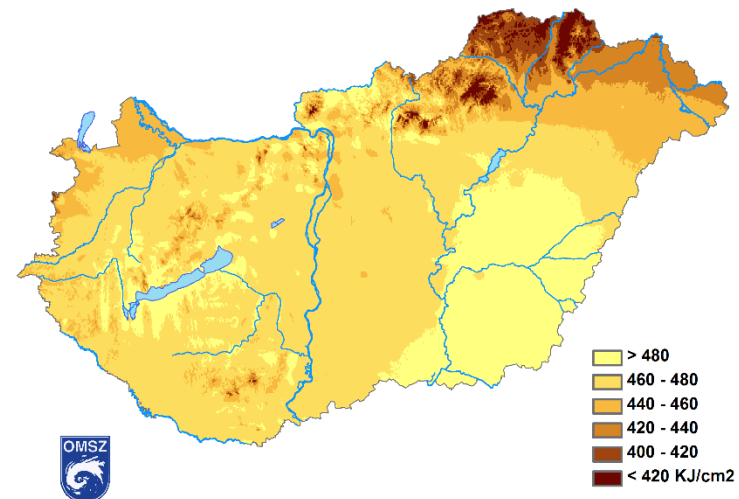


# Energia szektor igényei

	Előrejelzési időtáv	Tervezési/Klimatológiai időtáv
Időjárásfüggő energiatermelés	Menetrendezéshez szükséges előrejelzések fejlesztése	Klimatikus viszonyok (és megváltozásuk) vizsgálata tervezéshez
Időjárásnak kitett infrastruktúra	Veszélyes időjárási jelenségek előrejelzésének fejlesztése	Szélsőségek klimatológiájának (és megváltozásának) vizsgálata tervezéshez

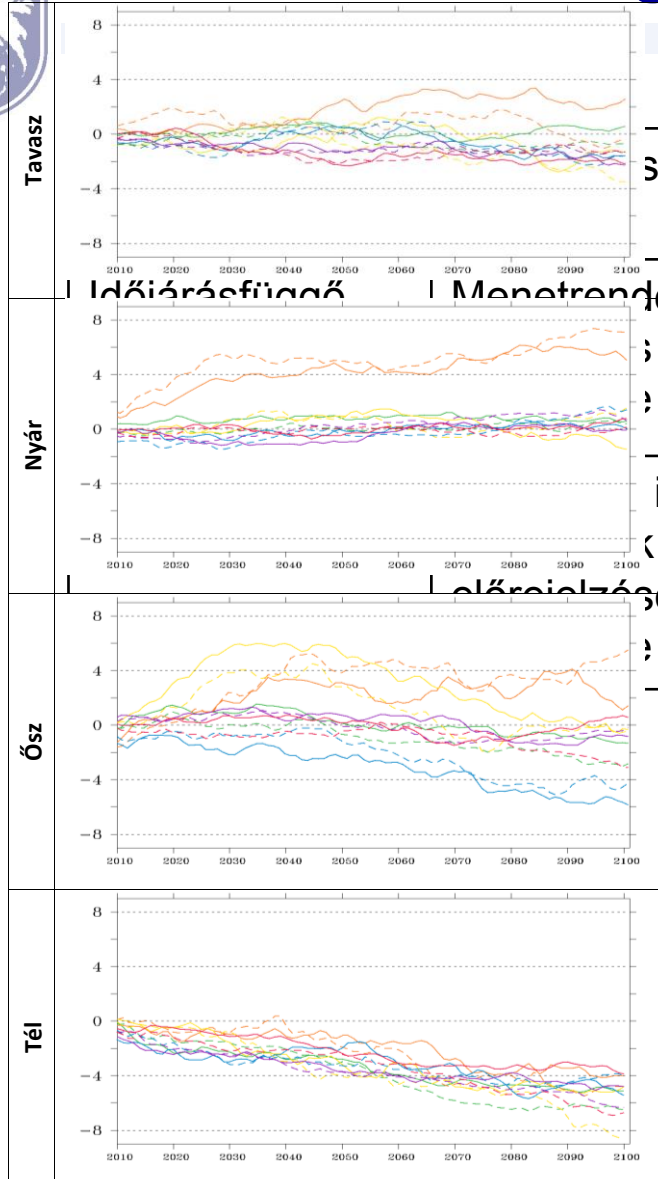
# Energia szektor igényei

	Előrejelzési időtáv	Tervezési/Klimatológiai időtáv
Időjárásfüggő energiatermelés	Menetrendezéshez szükséges előrejelzések fejlesztése	<b>Klimatikus viszonyok (és megváltozásuk) vizsgálata tervezéshez</b>
Időjárásnak kitett infrastruktúra	Veszélyes időjárási jelenségek előrejelzésének fejlesztése	Szélsőségek klimatológiájának (és megváltozásának) vizsgálata tervezéshez

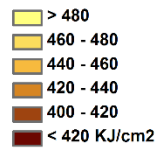
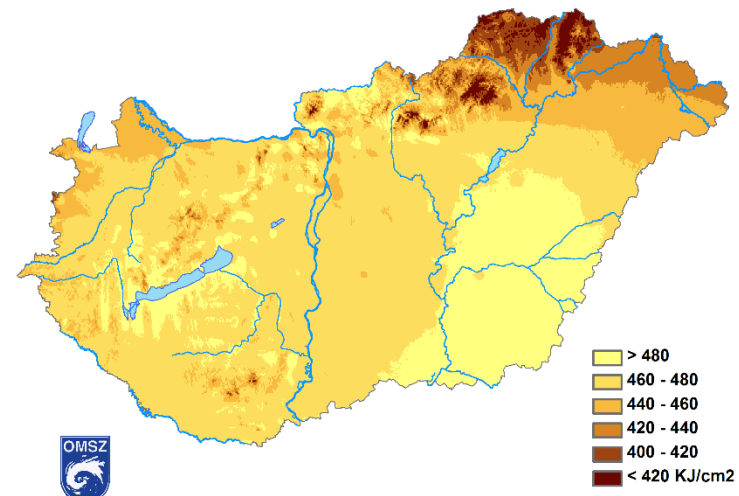




# Energia szektor igényei



Időjárás	időtáv	Tervezési/Klimatológiai időtáv
Időjárás	előrejelzések	Klimatikus viszonyok (és megváltozásuk) vizsgálata tervezéshez
Időjárás	időjárási	Szélsőségek klimatológiájának (és megváltozásának) vizsgálata tervezéshez

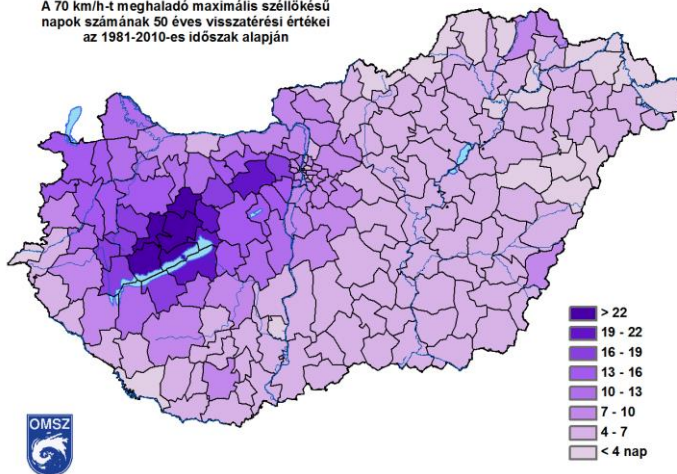


HIRHAM-ECEARTH RCP4.5 RACMO-ECEARTH RCP4.5 RCA-ECEARTH RCP4.5  
 HIRHAM-NORESM RCP8.5 RACMO-ECEARTH RCP8.5 RCA-ECEARTH RCP8.5  
 HIRHAM-NORESM RCP4.5 RCA-CNRMCM5 RCP4.5 RCA-IPSLCM5 RCP4.5  
 HIRHAM-NORESM RCP8.5 RACMO-ECEARTH RCP8.5 RCA-IPSLCM5 RCP8.5

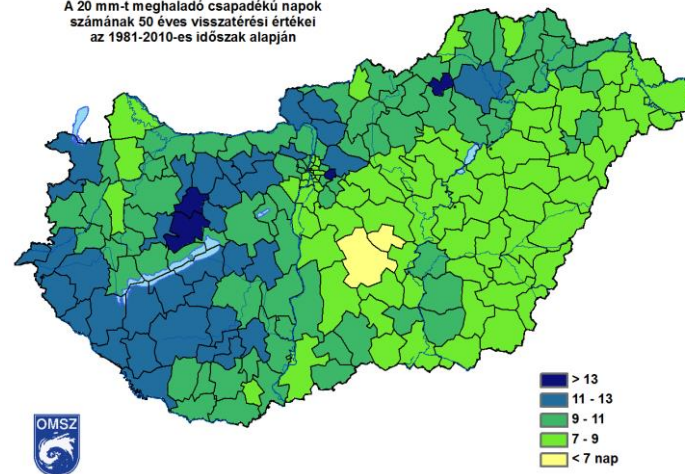
# Energia szektor igényei

	Előrejelzési időtáv	Tervezési/Klimatológiai időtáv
Időjárásfüggő energiatermelés	Menetrendezéshez szükséges előrejelzések fejlesztése	Klimatikus viszonyok (és megváltozásuk) vizsgálata tervezéshez
Időjárásnak kitett infrastruktúra	Veszélyes időjárási jelenségek előrejelzésének fejlesztése	<b>Szélsőségek klimatológiájának (és megváltozásának) vizsgálata tervezéshez</b>

A 70 km/h-t meghaladó maximális szélhőkésű napok számának 50 éves visszatérési értékei az 1981-2010-es időszak alapján



A 20 mm-t meghaladó csapadéku napok számának 50 éves visszatérési értékei az 1981-2010-es időszak alapján





# Energia szektor igényei

	Előrejelzési időtáv	Tervezési/Klimatológiai időtáv
Időjárásfüggő energiatermelés	Menetrendezéshez szükséges előrejelzések fejlesztése	Klimatikus viszonyok (és megváltozásuk) vizsgálata tervezéshez
Időjárásnak kitett infrastruktúra	<b>Veszélyes időjárási jelenségek előrejelzésének fejlesztése</b>	Szélsőségek klimatológiájának (és megváltozásának) vizsgálata tervezéshez



# Energia szektor igényei

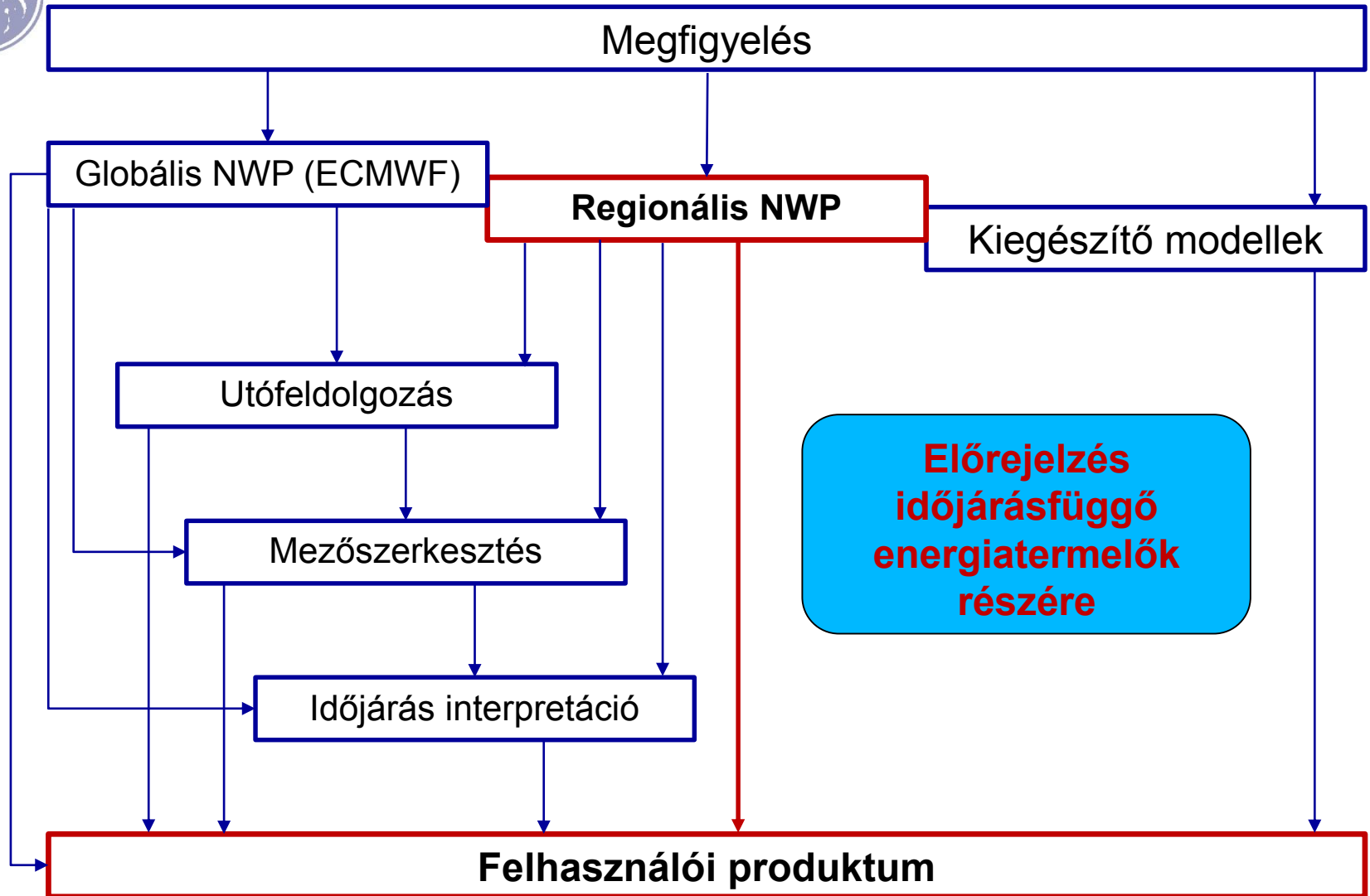
	Előrejelzési időtáv	Tervezési/Klimatológiai időtáv
Időjárásfüggő energiatermelés	<b>Menetrendezéshez szükséges előrejelzések fejlesztése</b>	Klimatikus viszonyok (és megváltozásuk) vizsgálata tervezéshez
Időjárásnak kitett infrastruktúra	Veszélyes időjárási jelenségek előrejelzésének fejlesztése	Szélsőségek klimatológiájának (és megváltozásának) vizsgálata tervezéshez

- Menetrendezéshez szükséges előrejelzések
  - Ez a legdinamikusabban fejlődő terület jelenleg
  - Jellemzően automatizált módon szolgáljuk ki az igényeket modell előrejelzéseinkből





# Munkafolyamat



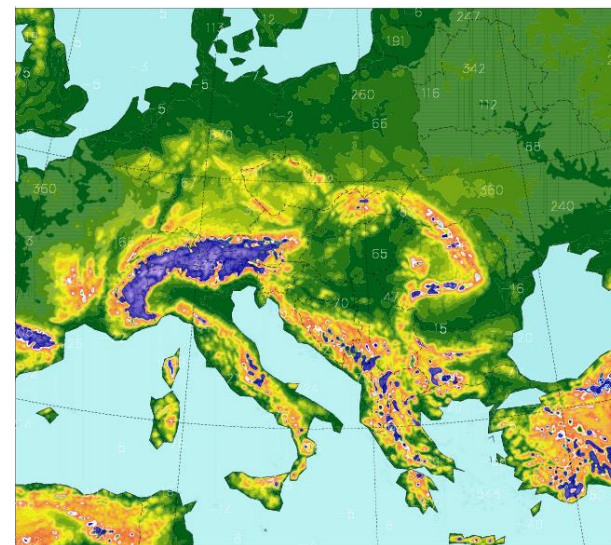
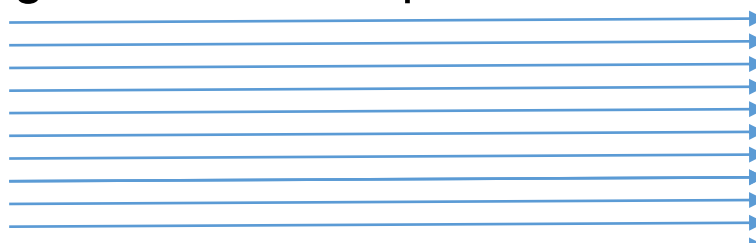


# Modell háttér

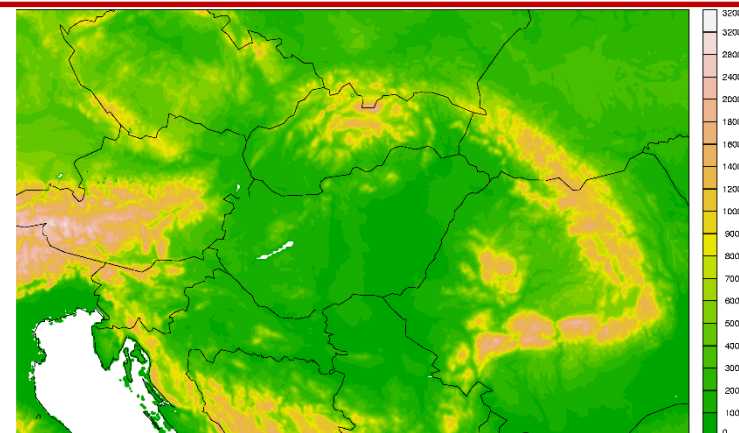
- **ALADIN** modell (4-szer naponta, 8km felbontás)

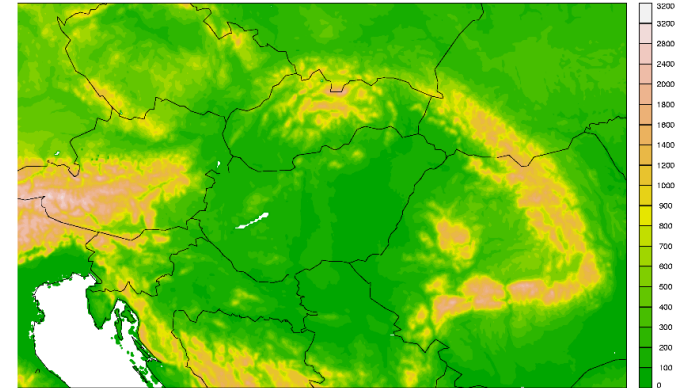
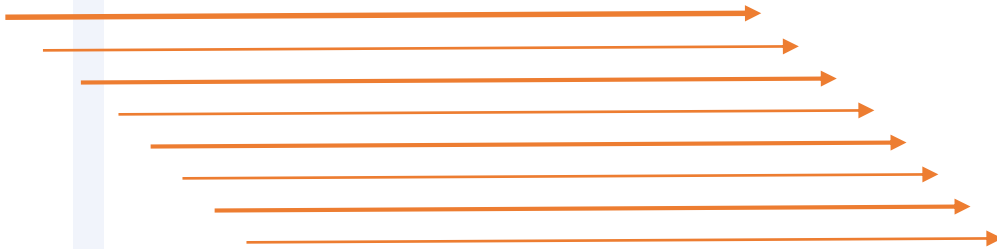


- **ALADIN-EPS** (18UTC-kor, 11 tag) – valószínűségi információ és produktumok



- **AROME** (8-szor naponta, 2.5km felbontás) – nem-hidrosztatikus, konvekciót leíró modell





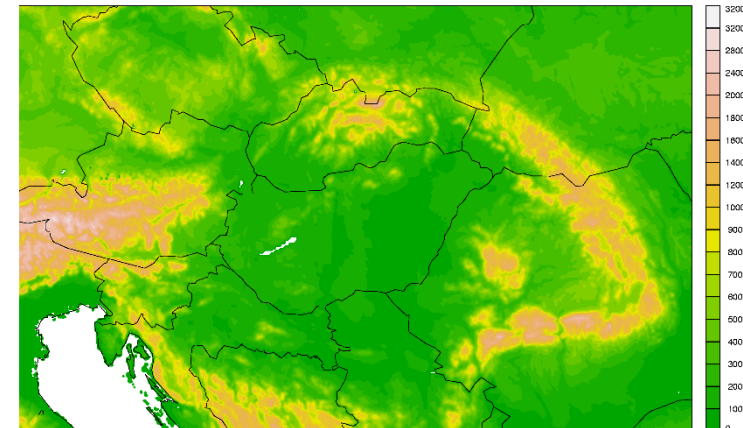
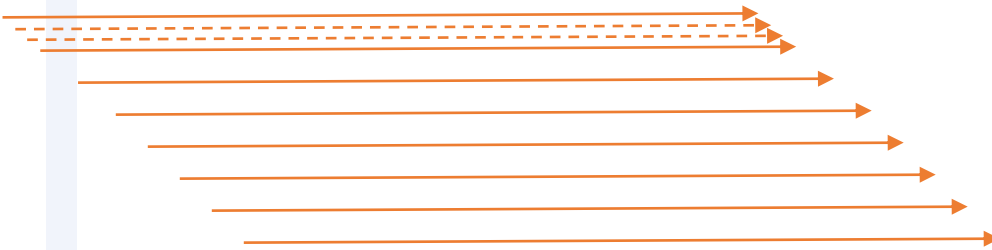
- **Jelenleg is számos partner kap előrejelzést AROME modellből:**
  - 00UTC-s futás a legnépszerűbb napi 8 futás: jelenleg 4-ből tudunk szolgáltatni, 2020-tól mindből
  - Pontszerű előrejelzések (2.5km felbontású rácsról interpolálható)
  - 15 perces bontás (igazodva a szabályozásokhoz)
  - Szélesség (tetszőleges szintre számítható)
  - Globálsugárzás (vízszintes felületre)
  - Felhőzet (összfelhőzet mellett különböző szintek felhőzete is elérhető)
  - „Determinisztikus szemlélet” (Valószínűségi produktumokat is előnyösnek tartjuk a nagy tér- és időbeli bizonytalanságok kezelése céljából)



# Modell háttér - fejlesztések

## • AROME-NWC

- Még gyakoribb modellfutások (óránként), még jobb felbontáson (~1km horizontális)
- Intra-day tervezés során lehet hasznos
- Fejlesztések megindultak
  - 1-órás adatasszimilációs ciklus (I. korábbi előadás)
  - Még több megfigyelés típus bevonása (I. korábbi előadás)
  - Tervezzük a 60-ról 90 vertikális szintre történő átállást
- Operatívvá tétel csak újabb informatikai fejlesztést követően lehetséges

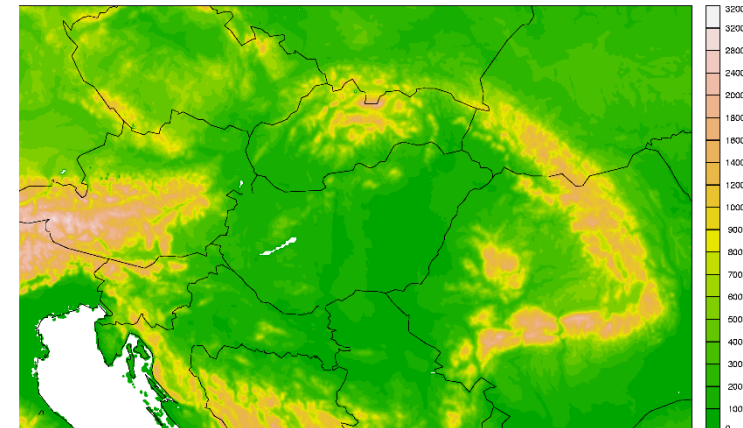
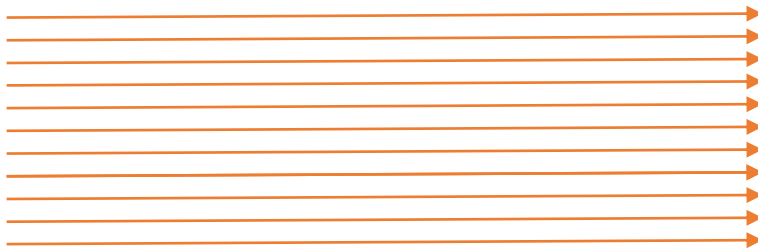




# Modell háttér - fejlesztések

## • AROME-EPS

- Nem-hidrosztatikus, „convection-permitting” ensemble rendszer
- Day-ahead tervezés
- Már pre-operatíván fut az első változata
  - Napi 1 futás 00UTC-kor, 11 taggal
  - ECMWF ENS első 11 tagjához csatolva
  - Operatív AROME-mal megegyező beállítások az integrálás során
  - Egyelőre nincs adatasszimiláció
  - Egyelőre nincsenek lokális perturbációk
- Operatívvá tételt 2020 elejére tervezzük







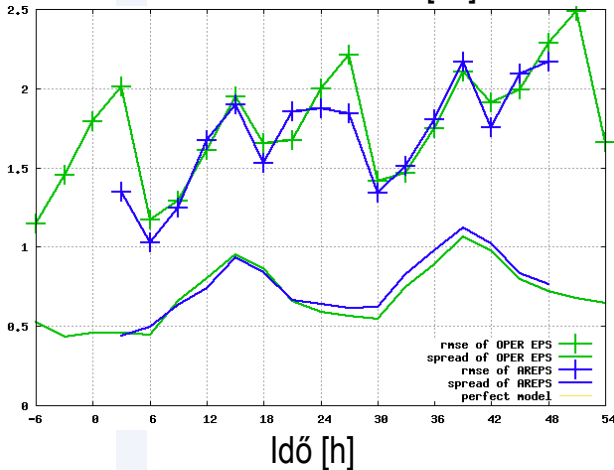
# AROME-EPS

- 2019. május óta pre-operatív
- Valószínűségi produktumok: térképes valószínűség, meteogram
- Általában jobb, mint az operatív ALADIN-EPS
- Lokális adatasszimiláció és perturbációk hiánya

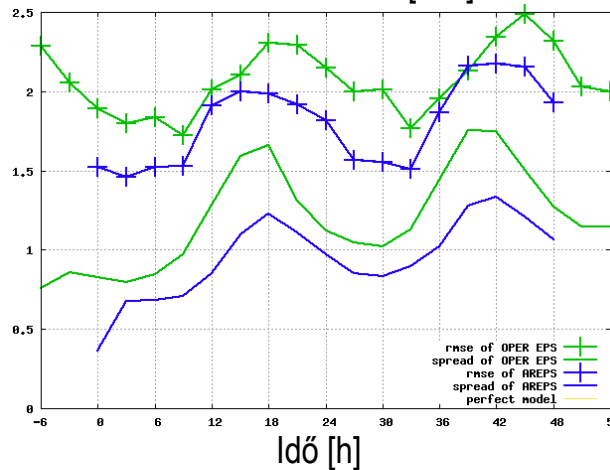
3-órás csapadékösszeg [mm];  
2019. október 2. 18 UTC

ALARO-EPS és AROME EPS RMSE (++) és ensemble szórás (—)  
Időszak: 2019. május 28. – június 19.

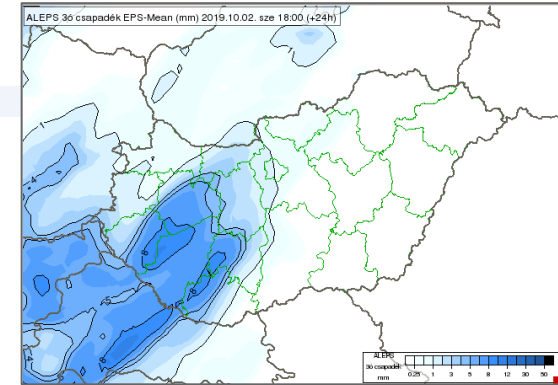
2 m-es hőmérséklet [°C]



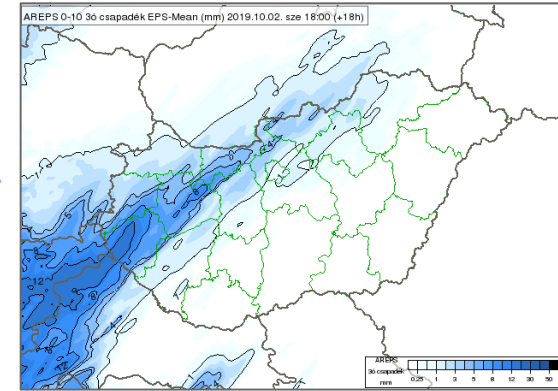
10 m-es széllökés [m/s]



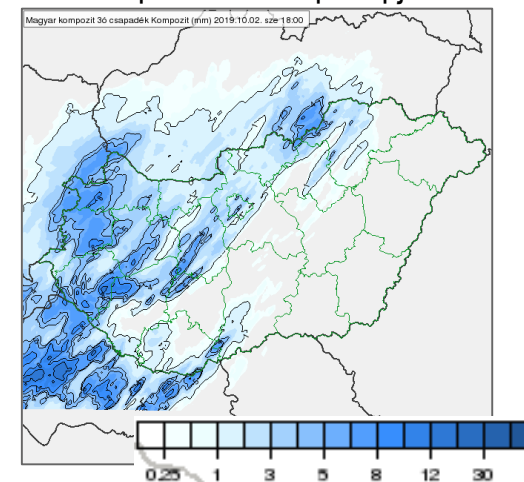
ALARO-EPS, ensemble átlag



AROME-EPS, ensemble átlag

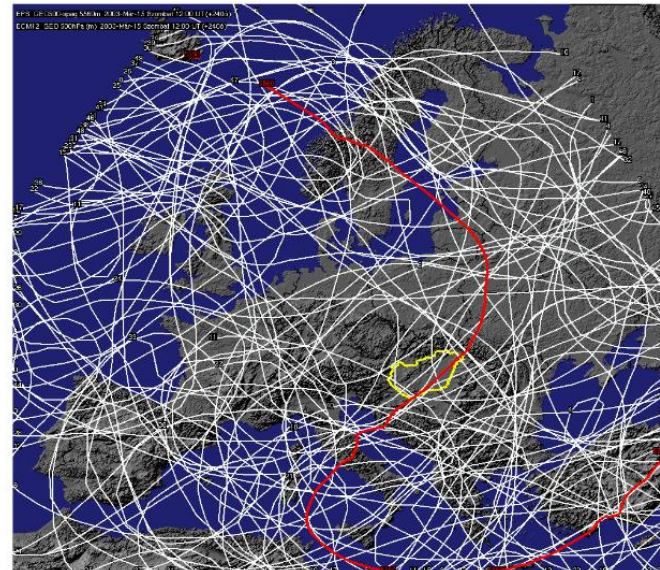
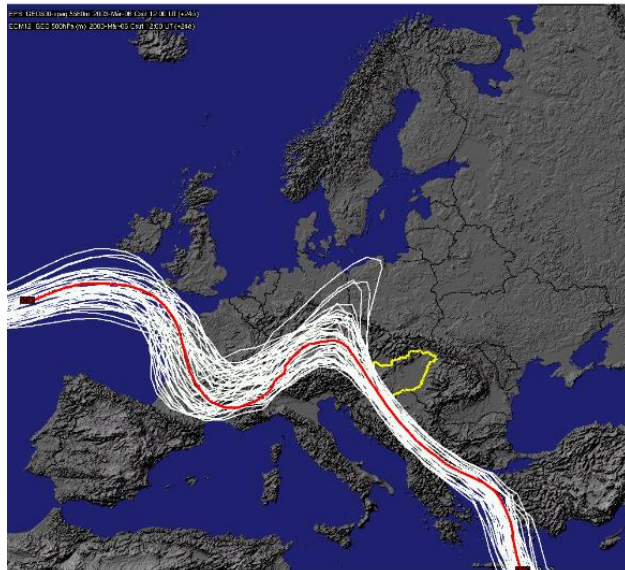
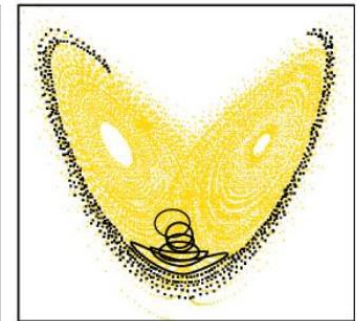
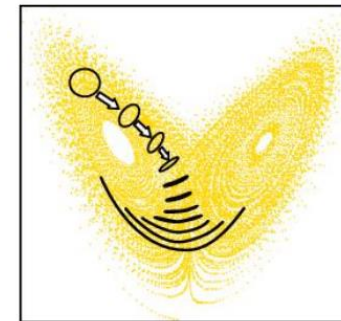
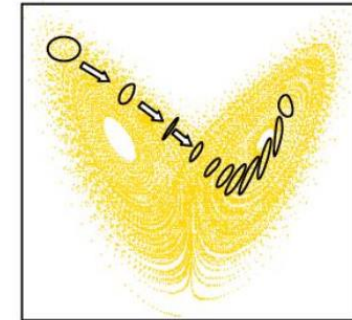


Kompozit radarkép alapján



- **Ensemble előrejelzések**

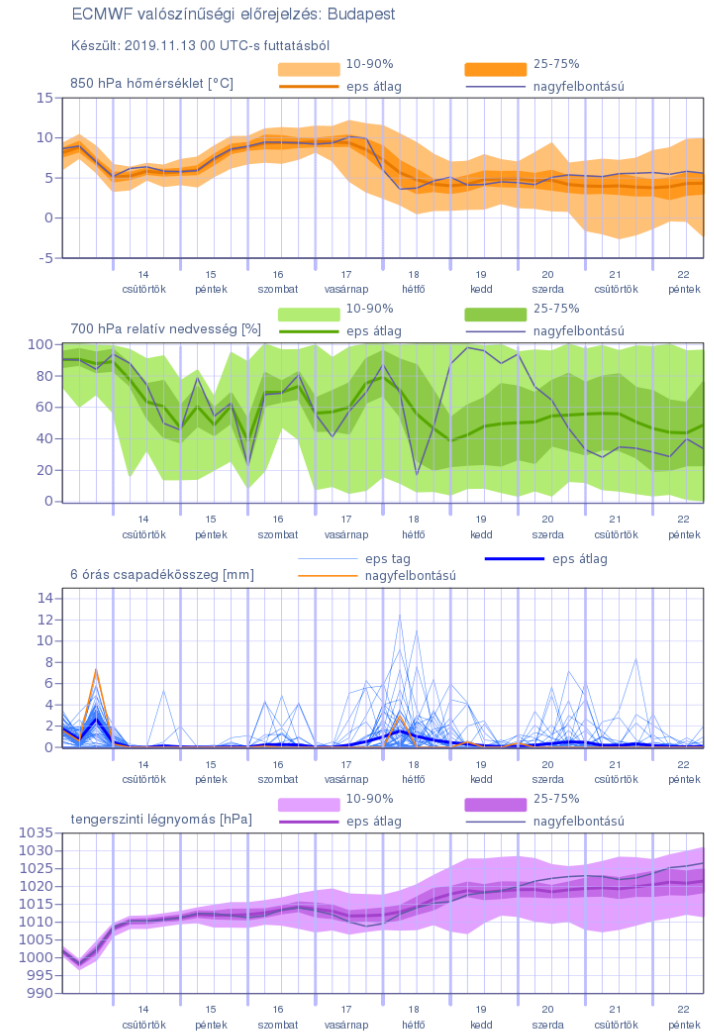
- Az időjárás előrejelzése során nem-lineáris parciális differenciál egyenlet rendszert oldunk meg
- Kaotikus rendszer, ami rendkívül érzékeny a kezdeti feltételeire
- Mivel nincs tökéletes analízis és modell, ezért érdemes a kezdeti feltételekben és a modell alkotás során keletkező bizonytalanságokat sokasági előrejelzéssel reprezentálni





# EPS – perturbációs módszerek

- A sokaság tagjait azok perturbációi különböztetik meg egymástól
  - Cél, hogy a bizonytalanságokat korrekt módon leírjuk, és a sokaság szórásának növekedése arányban legyen a hiba növekedésével
- A kezdeti feltétel perturbációk származtatása
  - Szinguláris vektorok módszere
  - Breeding módszer
  - Ensemble adatasszimilációs módszer
- A modellhiba reprezentációja
  - Multi-fizika módszer
  - Sztochasztikus fizika módszerek

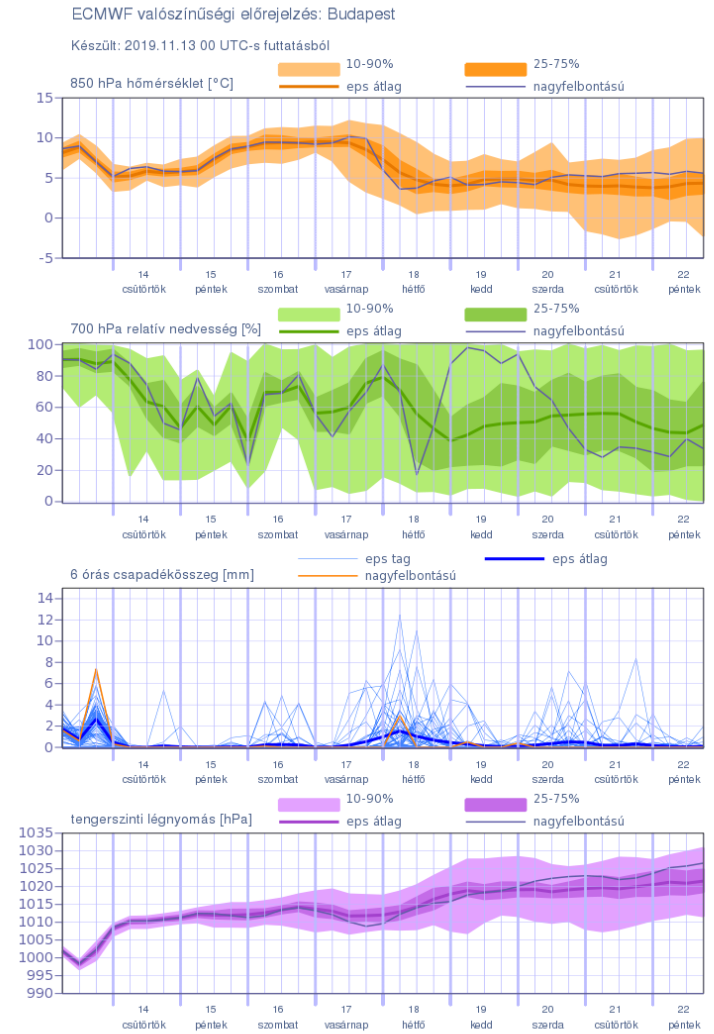




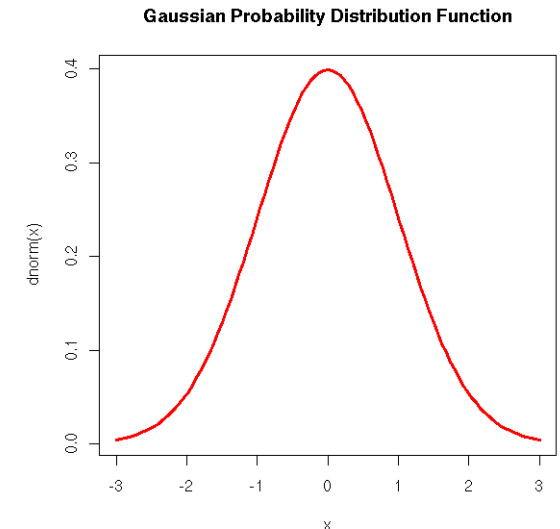
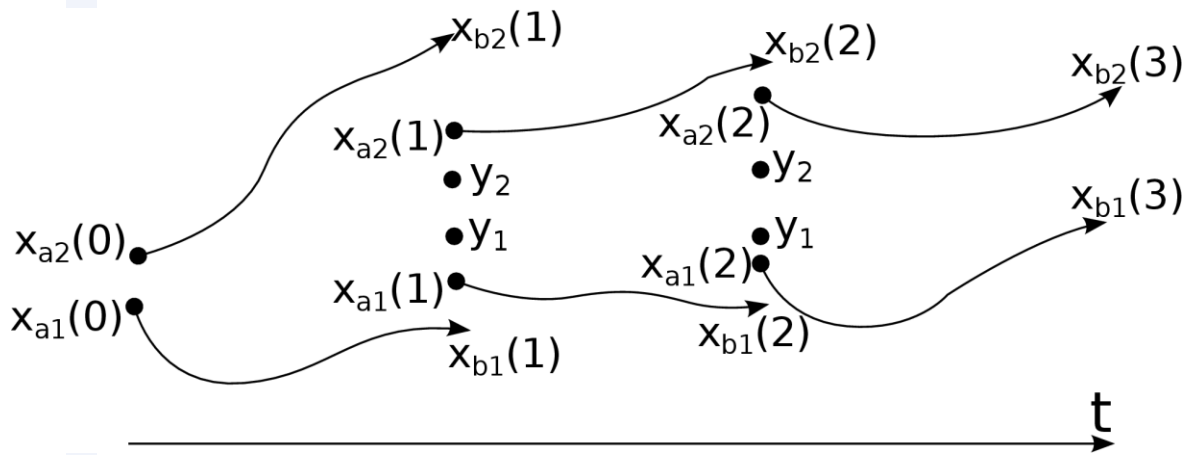


# EPS – perturbációs módszerek

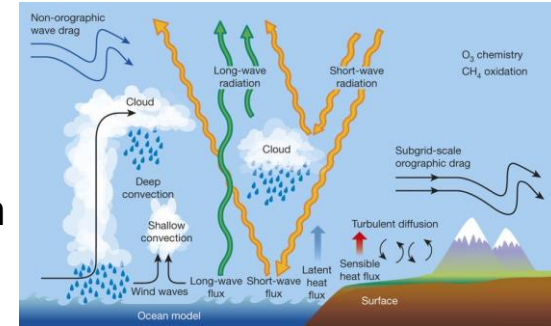
- A sokaság tagjait azok perturbációi különböztetik meg egymástól
  - Cél, hogy a bizonytalanságokat korrekt módon leírjuk, és a sokaság szórásának növekedése arányban legyen a hiba növekedésével
- A kezdeti feltétel perturbációk származtatása
  - Szinguláris vektorok módszere
  - Breeding módszer
  - **Ensemble adatasszimilációs módszer**
- A modellhiba reprezentációja
  - Multi-fizika módszer
  - **Sztochasztikus fizika módszerek**



- **EDA** - Kezdeti feltétel perturbációs módszer
  - **Ensemble adatasszimiláció**
  - Nem egy adatasszimilációs ciklus fut – asszimilációs ciklusok sokasága
  - A ciklusokban egymástól függetlenül perturbáljuk a megfigyeléseket
  - A perturbációk a first-guesseken keresztül fejlődnek tovább
- Különbségek B-mátrix számításhoz is használhatók (I. korábbi előadás)



- **SPPT** – modellhiba reprezentációs módszer
  - **Stochastically Perturbed Parameterized Tendencies**
  - A fizikai parametrizációkból jövő tendenciákat minden időlépcsőben perturbáljuk egy véletlen számmal
    - Össztendencia
    - Egyes sémákból jövő rész-tencenciák
  - Fontos az  $r$  szám meghatározásának módja

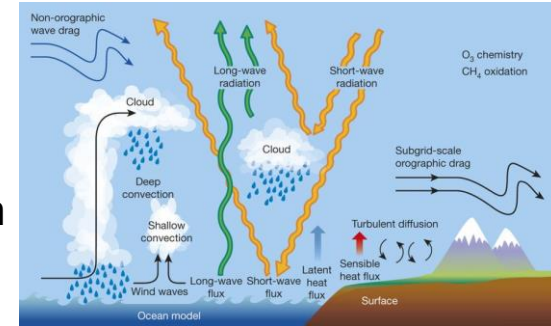


$$e_j(T) = \int \{A(e_j; t) + P(e_j; t)\} dt$$

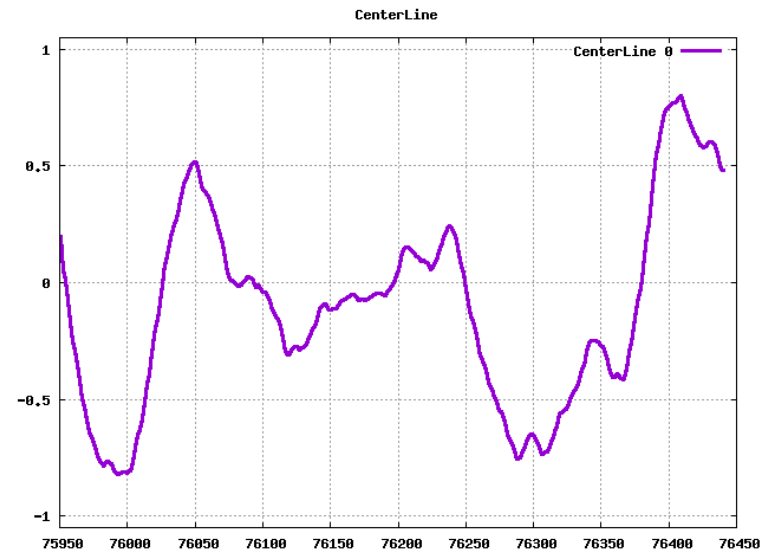
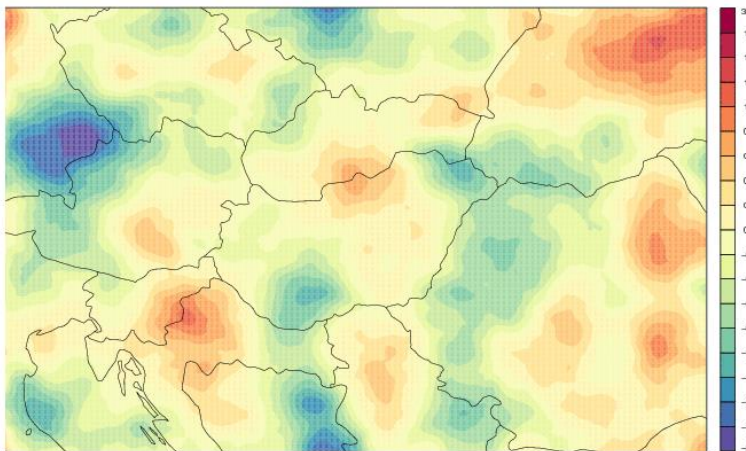
$$P'(e_j; t) = (1 + \alpha r_j) P_j(e_j; t)$$

- $j$  – ensemble tagszám
- $e$  – állapotvektor
- $t$  – idő
- $A$  – nem-parametrizált tendenciák
- $P$  – parametrizált tendenciák
- $r$  - véletlenszám

- **SPPT** – modellhiba reprezentációs módszer
  - **Stochastically Perturbed Parameterized Tendencies**
  - A fizikai parametrizációkból jövő tendenciákat minden időlépcsőben perturbáljuk egy véletlen számmal
    - Össztendencia
    - Egyes sémákból jövő rész-tencenciák
  - Fontos az **r** szám meghatározásának módja



CLSTEMPERATURE  
2016/07/30 z18:00 Initialized

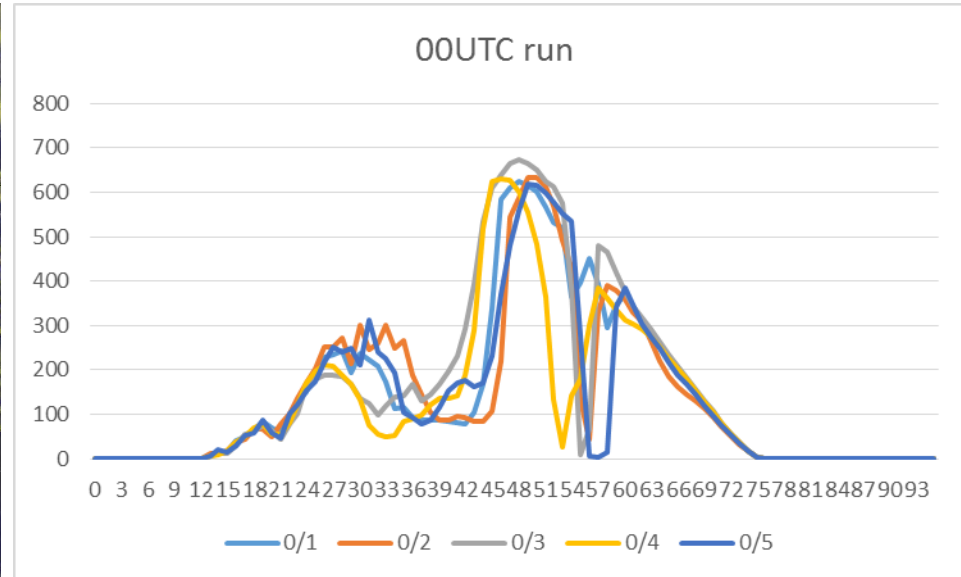
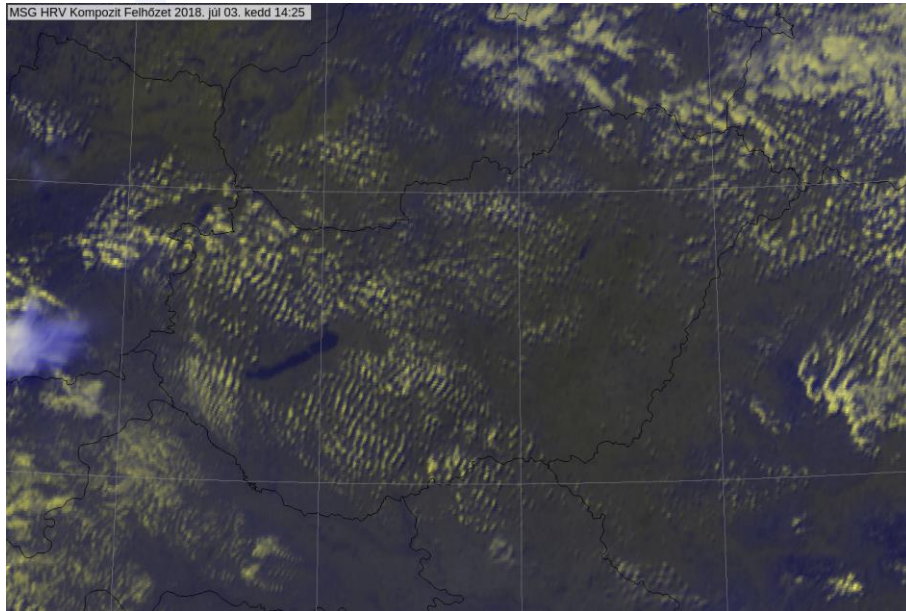




# Modell háttér - fejlesztések

- **AROME-EPS**

- Nem-hidrosztatikus, „convection-permitting” ensemble rendszer
- **Day-ahead tervezés**
- Minél finomabb skálákat jelzünk előre, annál fontosabb lehet a bizonytalanságok számszerűsítése
  - Demonstráló ábra a térben és időben gyorsan változó felhőzetről





Köszönöm a figyelmet!



*Alapítva: 1870*