



# Szél- és napenergia előrejelzés az Országos Meteorológiai Szolgálatnál

**Tóth Helga, Brajnovits Brigitta, Szintai  
Balázs és Tóth Zoltán**

Országos Meteorológiai Szolgálat

Email: [toth.h@met.hu](mailto:toth.h@met.hu)



*Alapítva: 1870*





# Tartalom

- **Szél- és szélenergia előrejelzés szélerőműveknek és a MAVIR-nak**

- Motiváció, kezdetek
- Szélerőművek hazánkban
- Szélenergia teljesítmény szolgáltatás az AROME modell alapján
- Eredmények kiértékelése
- Szélenergia teljesítmény javítása (BIAS korrekciók, EPS)

- **Napenergia előrejelzés**

- AROME modell globálsugárzás előrejelzésének verifikációja
- Borult és felhős esetek szétválasztása
- Sugárzás-átviteli blokk tesztje



## Miért kell a MAVIR-nak szélenergia előrejelzés?

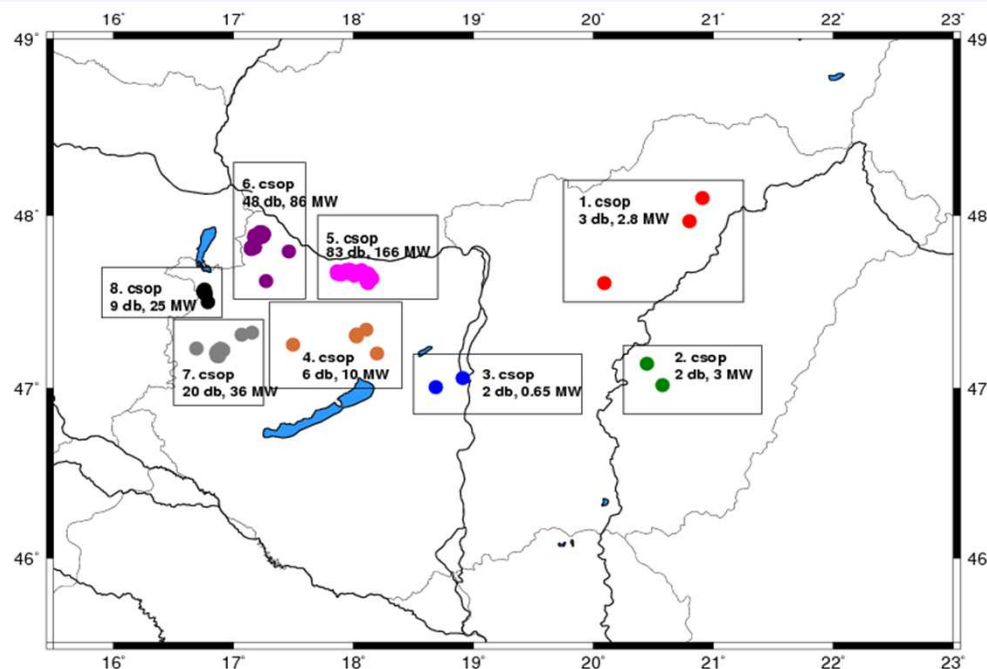
- A MAVIR-nak **kötelező** átvenni a szélerőművek által termelt elektromos áramot
- Minden egyes időpillanatban annyi energiát kell előállítani, amennyi szükséges
- Napi terv készítése negyed órás felbontásban, az egyes energia fajták rendelkezésre állásáról (atom-, hő-, biomassza erőművek, szél- és nap erőművek)
- Ezek alapján döntenek az import-export arányáról

Előzmény: 2011. MAVIR pályázat szélenergia becslésre (nem az OMSZ nyer)  
2011. év vége: kell előrejelzés az OMSZ-tól is  
2012. augusztus 1-től operatív szolgáltatás



# Szélerőművek Magyarországon

- 173 db erőmű (8 csoport)
- Beépített teljesítmény: 330 MW



- Toronymagasság: 30-113 m (jellemzően 100 m körül)
- Rotorátmérő: 27-90 m (főként 90 m)
- Teljesítmény: 0.2-3 MW (főleg 2 MW, 139 db)
- Gyártók: Gamesa, Vestas

Szépár: Vestas V90,  
2MW, 85 m magas,  
90 m átmérő

2015. nov. 19-20.



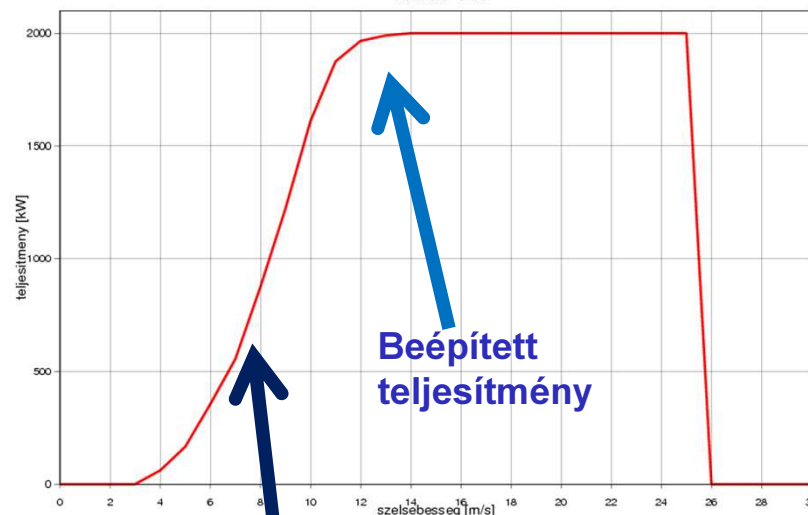
# Előrejelzés készítés menete

- Napi 4x (00, 06, 12 és 18 UTC) + 39 órára előre, 15 perces felbontással
- 2012. 08 - 2013. 08 ALADIN DADA-ból, majd ezt követően AROME modellből planetáris határrétegbeli szélesebség felhasználásával
- Teljesítmény számítás minden egyes szélerőműre szélesebségből p-v görbe alapján
- Ezek összegét kapja a MAVIR xml file formátumban

## AROME modell:

- Nem-hidrosztatikus mezoskálájú numerikus előrejelző modell
- Saját adatasszimilációs ciklus
- 60 réteg a felszín és a 2,7 hPa nyomási szint között
- horizontális térbeli felbontás: 2,5 km

Szélesebség-teljesítmény függvény  
Vestas V90

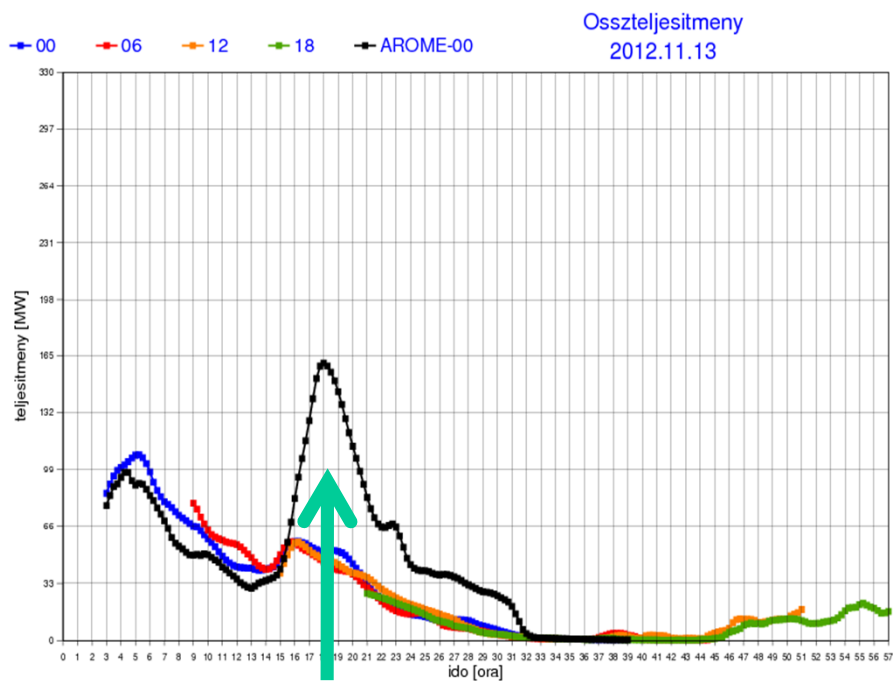


$$E = \frac{1}{2}mv^2$$
$$m = \rho Avt$$
$$P = \frac{dE}{dt} = \frac{1}{2}\rho Av^3$$

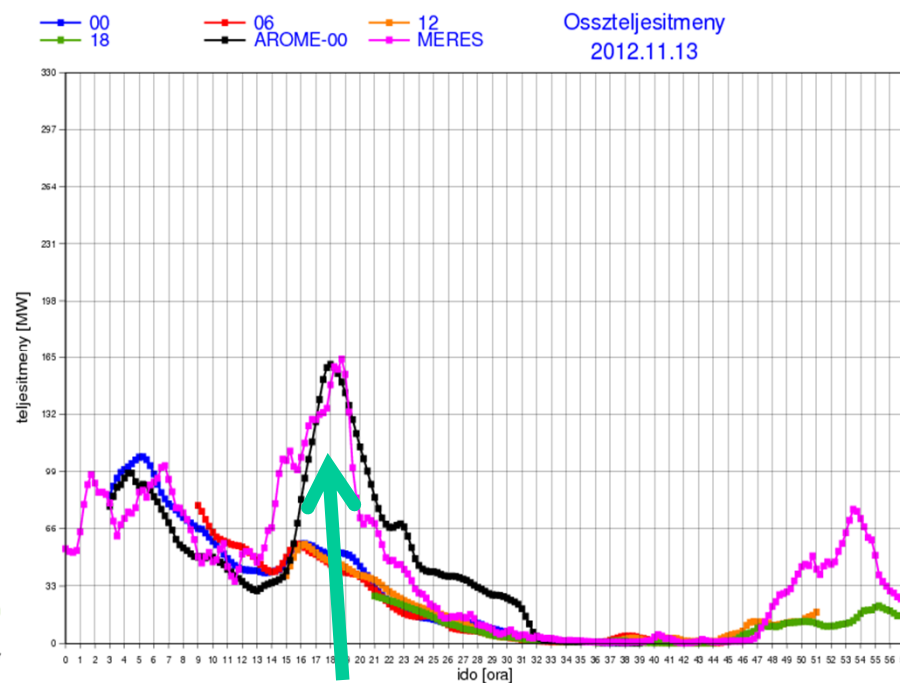


Naponta előállítjuk a teljesítmény előrejelzési görbéket

Amint van mérés (kb 1-2 hónap), frissítjük a görbéket



DADA-k együtt futnak,  
AROME kilóg



AROME előrejelzése  
volt jó



## Eredmények kiértékelése (teljesítmény verifikáció)

RMSE, BIAS, MAPE, MAPE5, ElteresBT évszakonkénti értékei

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \cdot \sum_1^n \left| \frac{\text{Tény} - \text{Terv}}{\text{Tény}} \right| \cdot 100\%$$

$$\text{ElteresBT} = \frac{1}{n} \cdot \sum_1^n \left| \frac{\text{Tény} - \text{Terv}}{\text{BT}} \right| \cdot 100\%$$

$$\text{MAPE5} = \text{darab}(\text{MAPE} \leq 5\%) / n \cdot 100\%$$

**ELVÁRÁS: 5%-on  
belüli MAPE  
(IRREÁLIS)**

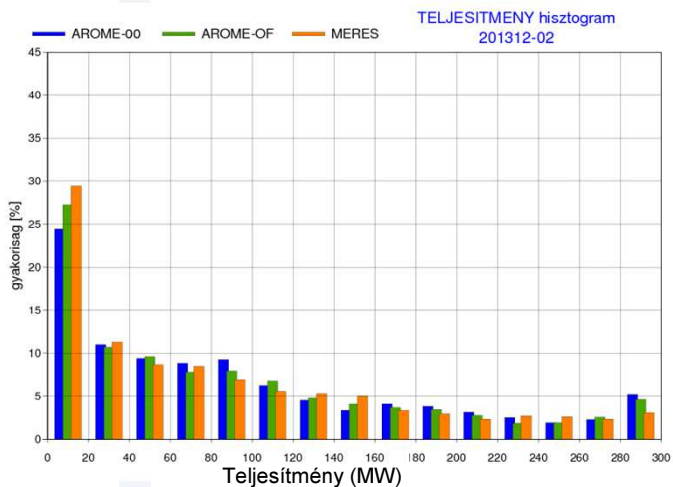
Példa: 2014. nyár

	AROME-00	AROME-ÖF
BIAS (MW)	4.91	3.76
RMSE (MW)	34.2	29.7
MAPE	52%	49%
ElteresBT	6.8%	5.9%
MAPE5	7.1%	8.8%

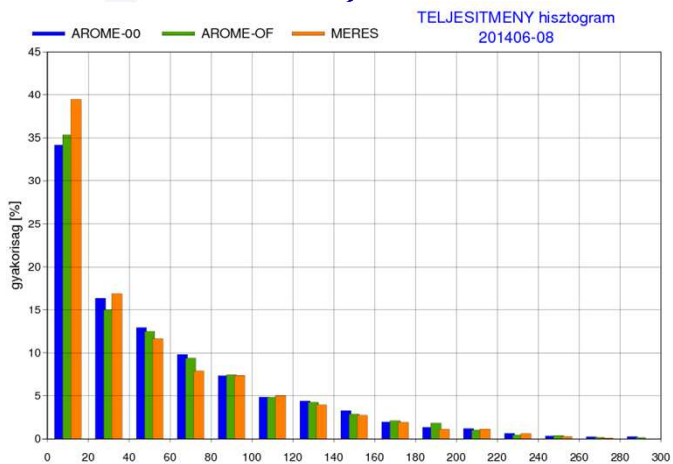


# Teljesítmény hisztogram

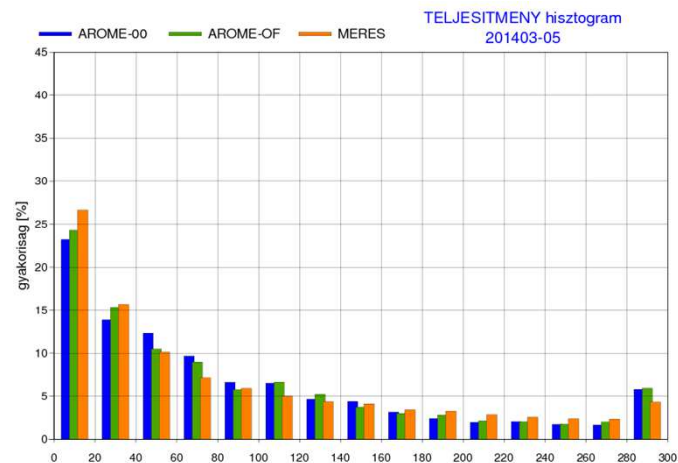
2013-2014 tél



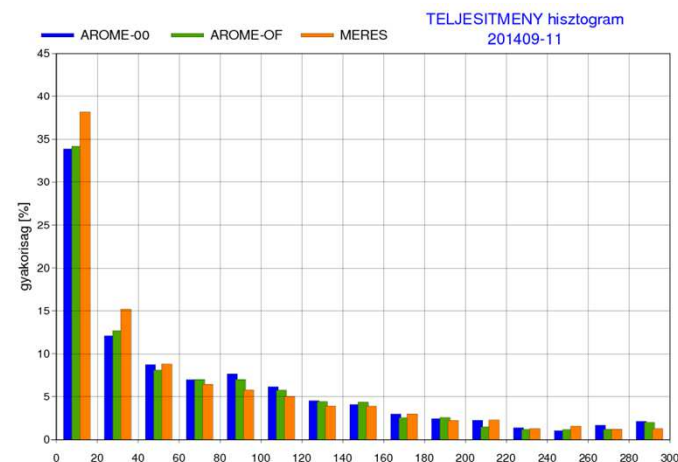
2014 nyár



2014 tavasz



2014 ősz

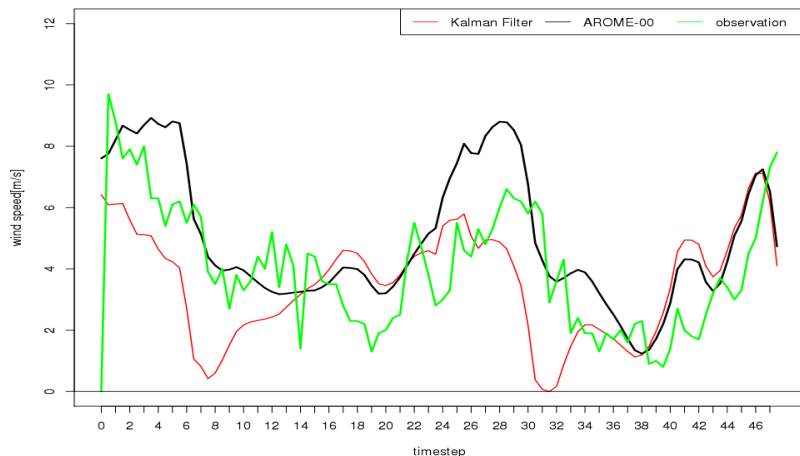


Alapvetően az alacsony teljesítmények dominánsak, a kihasználtság max. kb. 20%-os a beépített teljesítményhez viszonyítva.



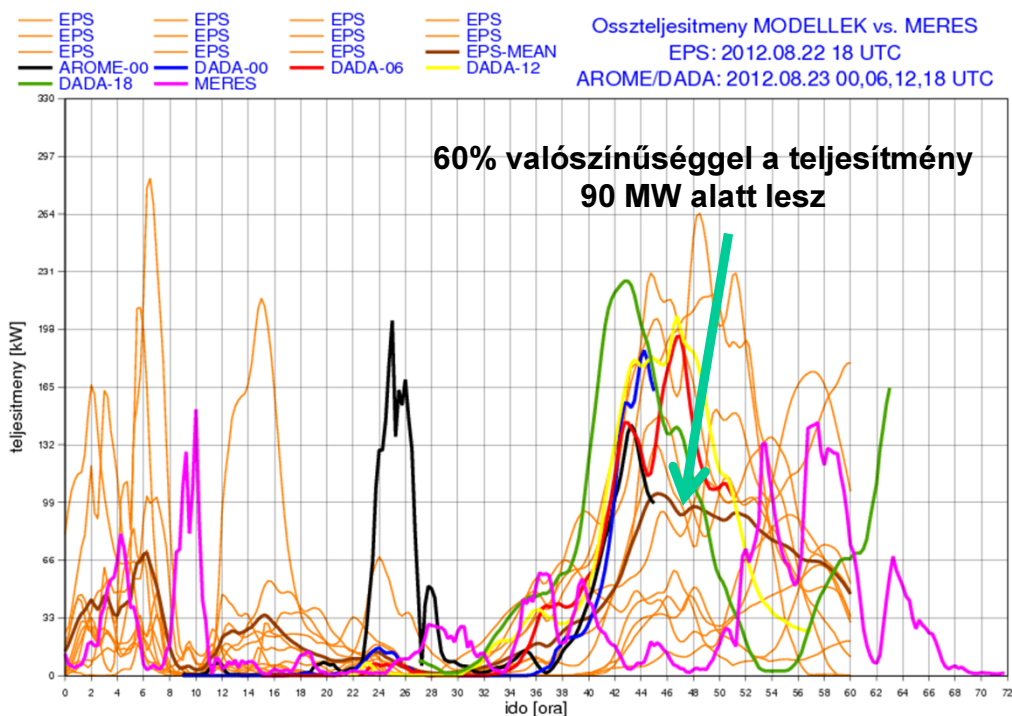


Observation, Kalman Filter and the raw model data



Szélsébség korrekciója  
Kalman Filterrel: adott időpontban hibák kiejtik egymást, de nincs javulás az abszolút és négyzetes hibák esetében

EPS bevezetése  
 egyelőre nincs rá igény





# Napenergia előrejelzés az OMSZ-ban



## Rövidhullámú sugárzásátvitel AROME modellben:

RRTM (Rapid Radiation Transfer Model)

- Spektrális modell, „ügyesen” egyszerűsítve, más-más módon a látható és az infravörös tartományban

Globálsugárzás: széles spektrumtartomány (közeli UV, látható, közeli infravörös: 300 – 3000 nm)

AROME napsugárzási outputok:

Default: globálsugárzás, sug. egyenleg (globális-visszavert)

## Verifikáció:

- 2013. április, június, augusztus

- több évszak, legváltozékonyabb hónap
- elegendő számú derült nap

(i) napi összegek

(ii) első félnapi (DE) összeg\*

(iii) második félnapi (DU) összeg\*

\* időegyenlítés figyelembe véve

- Relatív hiba



AROME előrejelzett glob. sug: 12 UT-s futtatásokból

- Mért referencia értékek: OMSZ mérései  
OMSZ mérőhálózatában: 40 globálsugárzásmérő állomás
- verifikáció a legmegbízhatóbb 21 kiválasztott állomásra  
(kiválasztás Nagy Z. módszerével)

Egy adott állomásra vonatkozó előrejelzett érték előállítására: vettük azt a rácspontot, amelybe az adott állomás esik, és a körülötte lévő szomszédos

- (i) 4 rácspontra érvényes előrejelzett értékek átlagát képeztük
- (ii) 8 rácspontra érvényes előrejelzett értékek átlagát (nem hozott javulást)

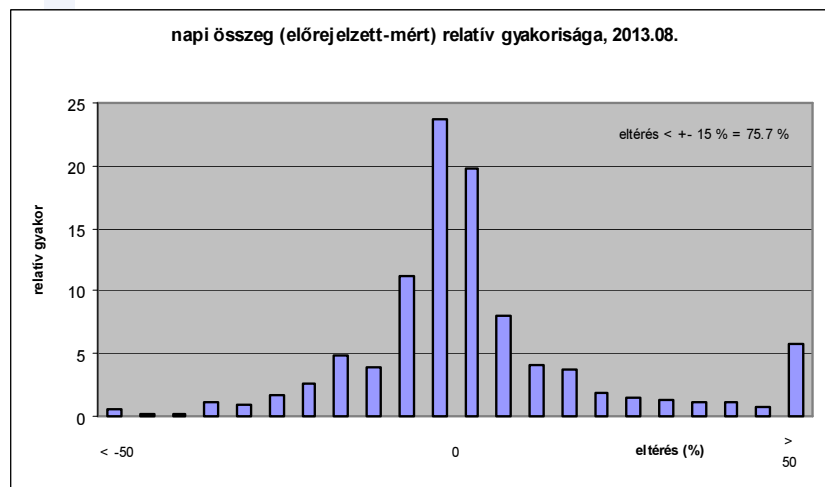
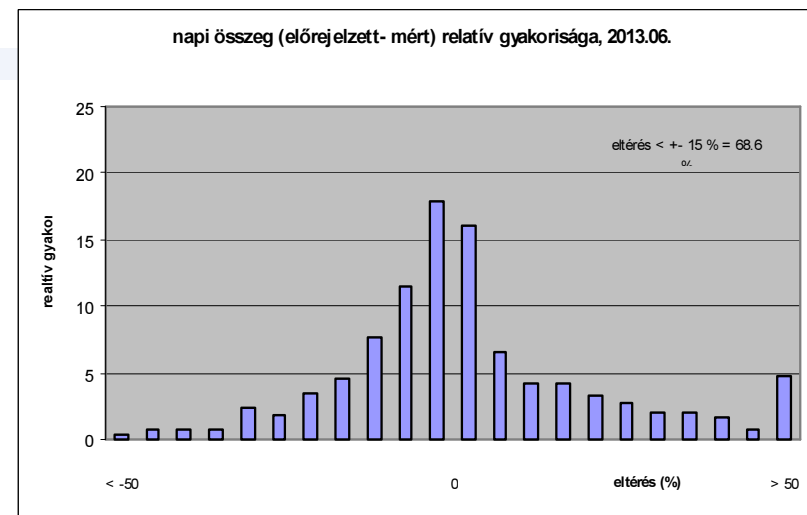
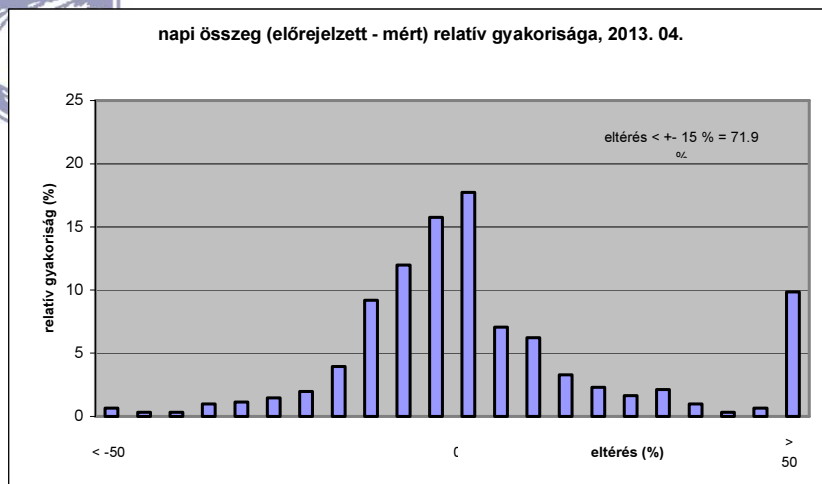
Az előrejelzett érték relatív hibája

$$RE = \frac{X - X_m}{X_m} \cdot 100$$

Ahol:  $RE$ : relatív hiba

$X$ : modell által előrejelzett érték ( $J/cm^2$ )

$X_m$ : mért érték ( $J/cm^2$ )



## NAPI ÖSSZEGEK

Hónap            15 %-on belüli RE

---

Április            71,9 %

Június            68,6 %

Augusztus        75,7 %

Aszimmetria : ápr – alábecslés, jún,  
aug – kis fölébecslés

Extrém hibák: (i) legtöbb áprilisban (ii)  
mindig felülbecslések



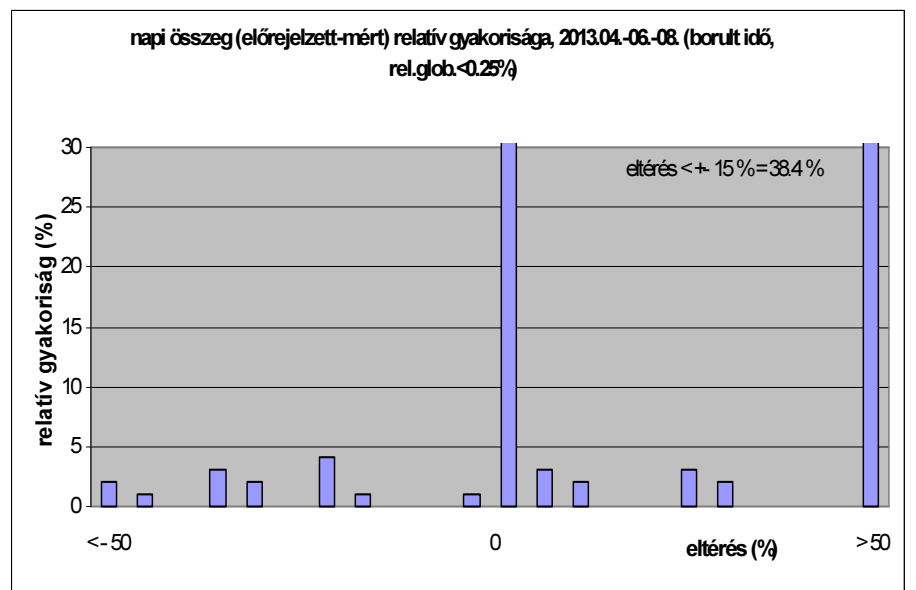
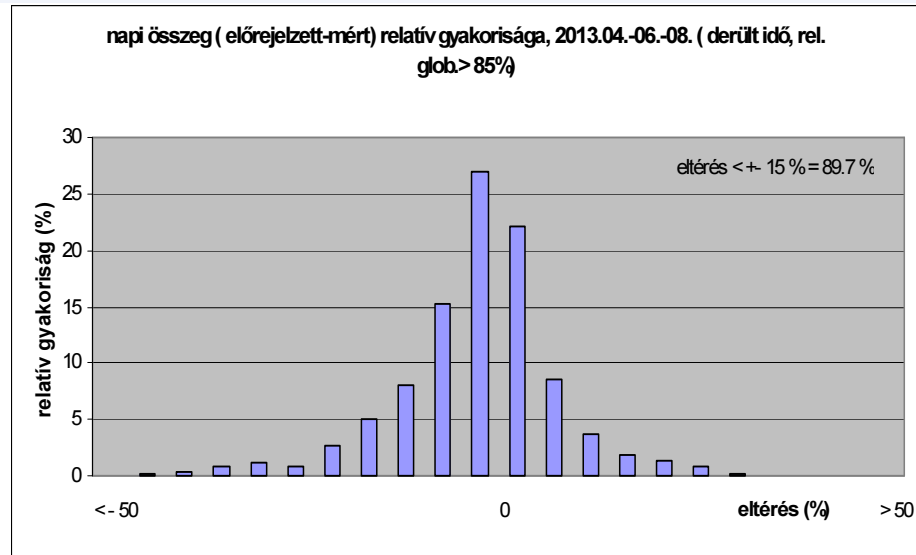
## BORULT ÉS DERÜLT ESETEK

Kiválasztáshoz: relatív globálsug.  
(RELG):

30 éves mérési adatsor alapján a globálsugárzás értékek normalizálása (Nagy Z.). A normalizáló adatsor pentádonként órás bontásban tartalmazza az időszak (1967-1997) alatt előforduló maximális értékeket.

$$\text{RELG} = G_{\text{MÉRT}} / G_{\text{MAX}}$$

- Derült:  $\text{RELG} > 0,85$
- Borult:  $\text{RELG} < 0,25$





## SUGÁRZÁSÁTVITELI BLOKK TESZTJE (derült idő esetén)

Hogyan függ a RE a légkör sugárzás-  
átbocsátó képességétől  
(átlátszóságától)?

- AEROSZOL OPTIKAI MÉLYSÉG  
(AOD)

(LI-1800 spektrofotométer: 368, 380,  
412, 450, 500, 610, 675, 778, 825,  
1024 nm, SP02 napfotométer: 412,  
500, 675, 862 nm)

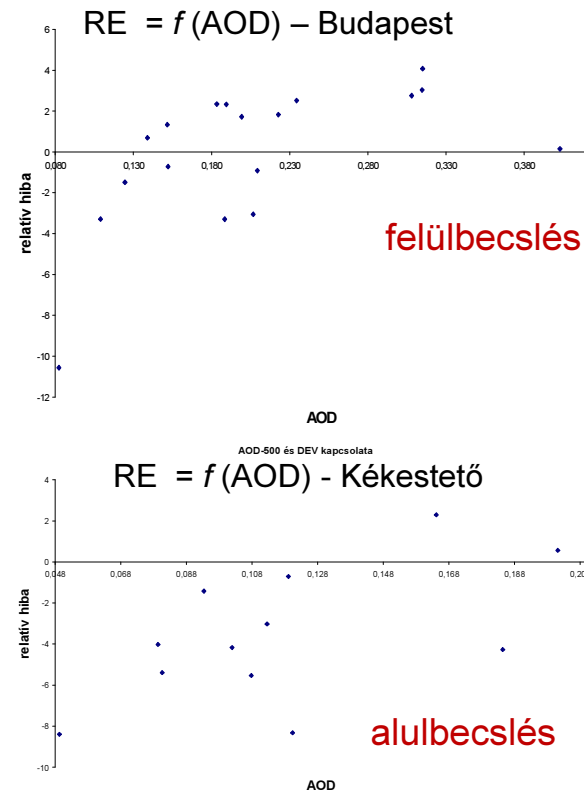
Vizsgálatokhoz: 500 nm (standard)

**AOD mérések: Budapest, Kékestető**

- Többi állomás (21 db): nincs AOD,  
ezért ezeken a helyeken  $f$  (RELG)

- **AROME** modellben AOD havonként  
változó konstans érték

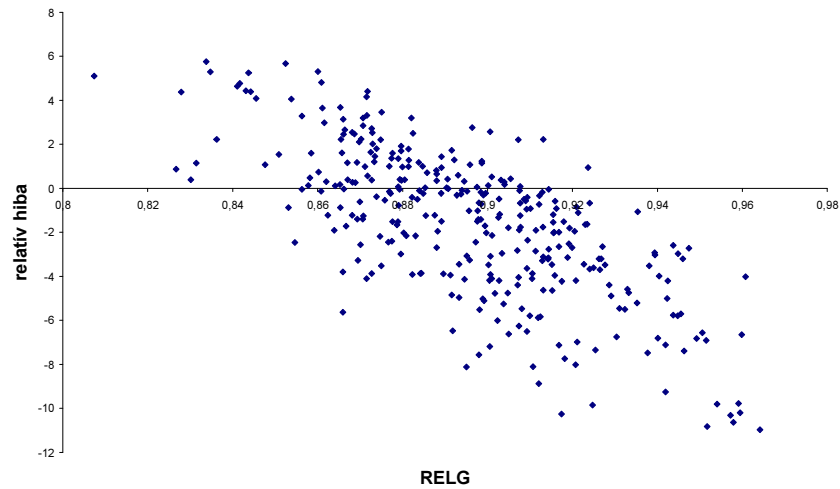
A három vizsgálati hónap alatt  
igen kevés teljesen derült nap  
(átlagosan kicsivel több, mint 20  
nap; min: 12, max: 28)



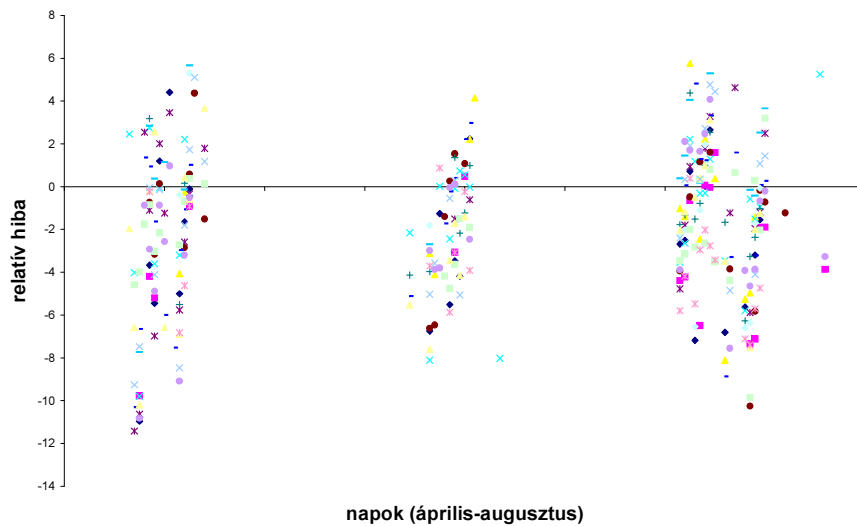




## RE = f(RELG) – Összes többi mérőállomás



## RE időbeli menete



!015. nov. 19-20.



## KONLÚZIÓK:

1. A modell **derült** és nem túl nagy borultságú esetekben **jól teljesít**, a gondot a komolyabb **felhőzet megjelenése** okozza  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  a felhőmikrofizika és a foton-felhőrészecske kölcsönhatás modellezése nem elég megbízható
2. A modell **legpontosabb augusztusban, legpontatlanabb júniusban** – ok: aug. stabilabb helyzetek, **jún: változékonyság** (derült-borult), zivatarok, felhőzet, **ápr: változékony**, de kevésbé zivataros, nagyon nagy borultságok kevésbé gyakoriak – a modell a stabilabb helyzeteket könnyebben jelzi előre
3. **Jún, aug: inkább felülbecslés, ápr: alulbecslés** a jellemző
4. **Extrém felülbecslések** toronymagasan **áprilisban** a leggyakoribbak
5. **Borult esetekben** igen **gyengén** teljesít a modell: RE < 15 % az esetek 38,4 százalékában (**felülbecslések** – ok: felhőfizikai folyamatok nem megfelelő modellezése  $\Rightarrow$  az AROME felhők sokkal jobb sug. átbocsátók a realisztikus felhőknél)



6. A glob.sug. előrejelzés megbízhatósága függ a légkör sugárzás átbocsató képességétől:

a **modell átlagol**: az extrémén **nagy átlátszóságú**, alig szennyezett esetekben **alábecsüli** a beérkező sugárzást, az **erősen szennyezett**, kis átlátszóságú esetekben pedig **fölébecsli**, azaz „tisztább” légkört jelez előre.

Ok:

- (i) a modell általában kevésbé tudja megfogni az extrém helyzeteket
- (ii) a modell nem jelzi előre az optikai mélységet, hanem egy havi bontású klimatikus éves menetet használ

### TERVEK:

1. Verifikáció legalább 1 évre, de inkább többre
2. Szennyezés ( $\Rightarrow$  aeroszol optikai mélység) előrejelzés beépítése a modellbe (hosszabb távú terv)



**Köszönjük szépen a figyelmet!**



*Alapítva. 1870*

