

AZ ELŐREJELZÉSEK BEVÁLÁSA, SZINOPTIKUS-KLIMATOLÓGIAI VIZSGÁLATOK

Hirsch Tamás

Előrejelzési és Éghajlati Főosztály, Időjárás Előrejelző Osztály

Országos Meteorológiai Szolgálat



Az előadás vázlatja

- **Előrejelzések beválása – Szinoptikus-klimatológia**
- **Verifikáció haszna, jelentősége**
- **Verifikáció fajtái, eszközei**
- **IEO operatív verifikációs rendszere**
- **Egyéb verifikációs tevékenység az OMSZ-ban**
- **Szinoptikus-klimatológia: múlt és jelen**
- **Összefoglalás**

Előrejelzések beválása – Szinoptikus klimatológia

Előrejelzések beválásának meghatározása

- **Időjárás előrejelzés** (*nyers numerikus modell output, utófeldolgozott modell output ill. szinoptikus előrejelzése*) **minőségének ellenőrzése** ⇒ **verifikáció**
- **Verifikáció:** Előrejelzett ↔ Tényleges (???) *megfigyelések, mérések pontossága, reprezentativitás ...*

Szinoptikus-klimatológia

- Szinoptikus skálájú folyamatok **hosszabb időszakra** vonatkozó, jelentős számú esetet feldolgozó elemzése
- A szerzett **ismereteket a közvetlen modell outputokkal kombinálva** jelentős mértékben javítható a modellek által nehezebben prognosztizált időjárási helyzetek előrejelzése (*extrém helyzetek, parametrizációs hibák, stb.*)



**Rövid és középtávú időjárás
előrejelzések beválásának növelése**

Verifikáció haszna, jelentősége

- **Előrejelzések gyakorlati felhasználhatóságának meghatározása**
átlagos beválás mértéke, jó-rossz beválások gyakorisága, előrejelezhetőség jelenlegi határai, stb.

⇒ Milyen célra milyen előrejelzések készíthetők különböző időtávokra ?

- **Előrejelzési módszerek fejlesztési irányának kijelölése**
alacsony beválású időjárási helyzetek, problémás meteorológiai folyamatok felderítésével



Verifikáció haszna, jelentősége

- **Korábbi fejlesztések hatásának kimutatása**
 - ⇒ **alacsony beválású helyzetek előrejelzése javult-e**
 - ⇒ **trendek meghatározása és követése**
 - ⇒ **esetleges újabb problémák felderítése**

- **A verifikációs eredmények rendszeres, azonnali felhasználása**
 - ⇒ **Azonnali visszacsatolás az operatív előrejelzők számára**
 - ⇒ **Aktuális teljesítmény és esetleges modell problémák (elmúlt napokra jellemző)**

 - ⇒ **Hozzájárul az operatív előrejelzői munka állandó javításához**

Verifikáció fajtái, módszerei

- **Előrejelzés típusa**

**közvetlen/utófeldolgozott numerikus modell output \Leftrightarrow szinoptikus előrejelzése
magaslégköri mezők (pl. AT500, T500) \Leftrightarrow felszíni paraméterek (pl. T2m, szél10m)**

- **Tényleges érték („a légkör valósnak tekintett állapota”)**

**synop mérések, megfigyelések, sűrű állomáshálózat (pl. csapadékmérő)
radar- és műholdas mérések, modell analízis**

- **Előrejelzési időtáv**

ultrarövidtáv, rövidtáv, középtáv, havi és szezonális előrejelzések

- **Térskála**

pontbeli \Leftrightarrow területi (rácsdoboz, országrész, vízgyűjtő stb.)

modellek: mérések felskálázása rácsdoboz szintre \Rightarrow reprezentativitás

Verifikáció fajtái, módszerei

- **Verifikálandó adatbázis felbontása (jellegzetes eltérések felderítésére)**

Időben: évek, évszakok, hónapok, hetek, stb.

Térben: területek, országrészek, vízgyűjtők

Időlépcső szerinti felbontás

- **Referenciához hasonlítás (előrejelzés mennyivel jobb ennél)**

**klíma (modell klíma), perzisztencia (előző időszak), véletlen előrejelzés
gazdasági haszon meghatározása**

- **Objektív \Leftrightarrow Szubjektív verifikáció**

Objektív: pontos matematikai módszerekkel meghatározott mérőszámok

Szubjektív: „szemmel” történik, jelentősen pontatlanabb, de:

**sokkal összetettebb lehet (több szempont együttes figyelembe vételével)
bizonyos esetekben kiszűrheti az objektív verifikáció hibáit is!**

Objektív verifikáció

- Folytonos változók (pl. T, szélesség, csap.összeg)

ME – átlagos hiba

MAE – átlagos abszolút hiba

MSE – átlagos négyzetes hiba

RMSE – átlagos négyzetes hiba négyzetgyöke

+ referencia = skill score

SS_{ME}

SS_{MAE}

SS_{MSE}

SS_{RMSE}

- Kategórikus események

(pl. fagy / köd / viharos szél lesz \Leftrightarrow nem lesz, csapadékkategóriák, stb.)

2 kategória: 2 x 2-es kontingencia táblázat

több kategória: n x n-es kontingencia táblázat

előrejelzett – megfigyelt párok
kategóriánként (II,IN,NI,NN)

FBI – Frequency Bias Index

PC – Proportion correct

POD – Prob. of Detection

FAR – False Alarm Ratio

TS – Threat Score

ETS – Equitable Threat Score

TSS – True Skill Statistics

ORSS – Odds Ratio Skill Score

+ ...

Objektív verifikáció

- Valószínűségi előrejelzések
(szubjektív vagy statisztikai utófeldolgozáson alapuló vagy dinamikus (EPS))

Reliability diagram
(megbízhatósági diagram)



megfigyelt relatív gyakoriság
⇔ *előrejelzett valószínűség*

BS – Brier Score (~MSE)

BSS – Brier Skill Score

RPS – Ranked Prob. Score

ROC – Relative Operating Characteristics

ROC_A – ROC görbe alatti területi

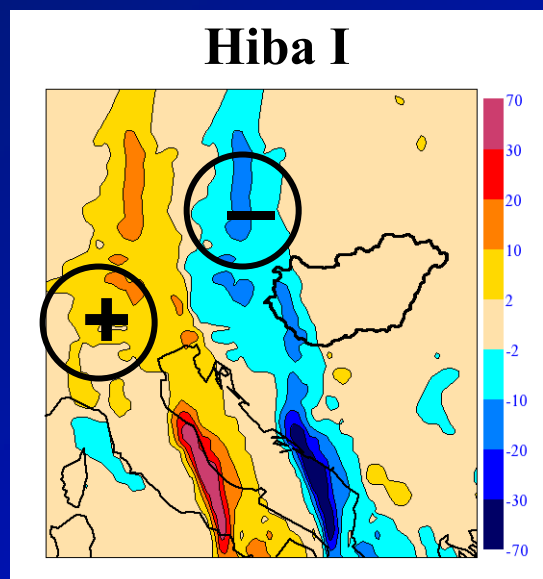
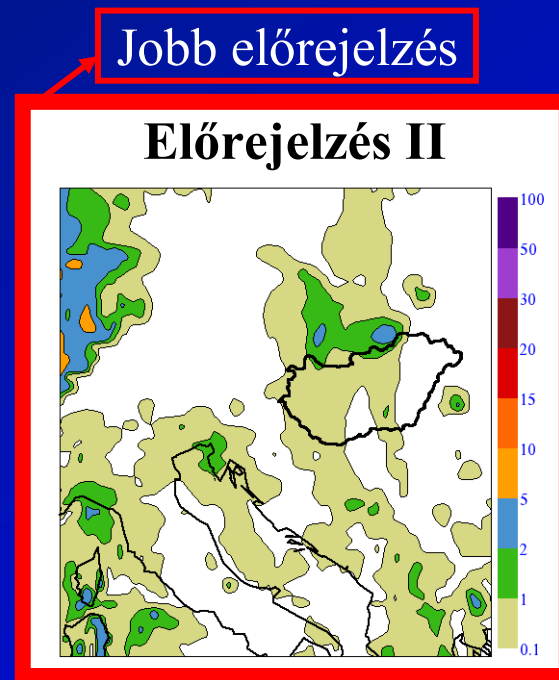
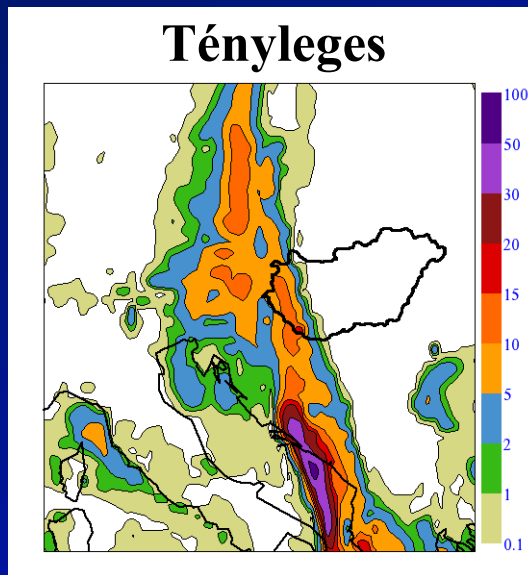
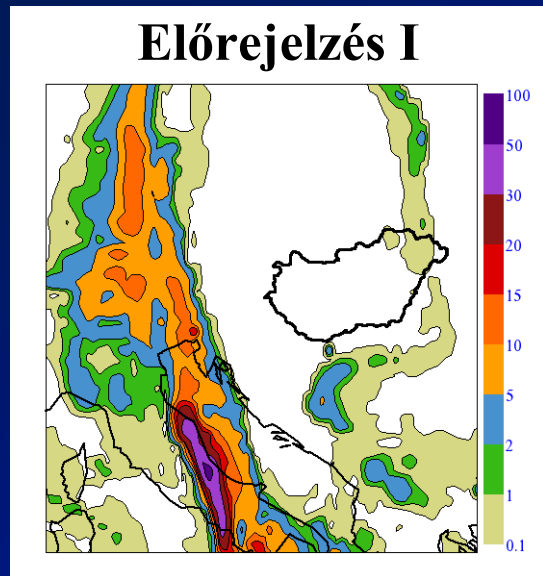
ROC_{SS} – ROC skill score

FONTOS!!!

Az egyes verifikációs mérőszámok az előrejelzés bevalását csak egy adott szemszögből jellemzik, így önmagában egyik sem elegendő.

Pontos következtetések levonásához minél több objektív mutató kiszámítására és együttes kiértékelésére van szükség.

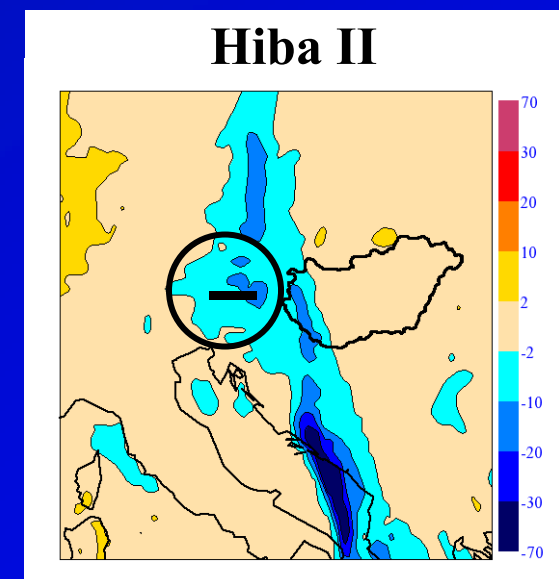
Objektív \Leftrightarrow Szubjektív verifikáció



MAE
3,5 mm > 2,1 mm

RMSE
7,2 mm > 5,2 mm

„Dupla büntetés”



IEO operatív verifikációs rendszere

- Kódszerű előrejelzések 6 körzetre

- 8 időszakra:

1.éjszaka, 1.nappal, 2 – 7. nap

- 3 forrásból:

Szinoptikus (manuális)

ALADIN (automatikus)

ECMWF (automatikus)



Összehasonlítható
prognózisok



Objektív verifikációs rendszer



IEO operatív verifikációs rendszere

Példa kódolt előrejelzésre (2005.02.07.)

| OOKI | HHNN | BBJJ | CCVW | SSSS | AALL | YYXX |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 1210 | 0207 | 0/// | //// | 09// | 0206 | 62// |
| 1220 | 0207 | 0//1 | //// | 05// | 0207 | 65// |
| 1230 | 0207 | 0//3 | //// | 09// | 0208 | 67// |
| 1240 | 0207 | 03/3 | //// | 09// | 0207 | 65// |
| 1250 | 0207 | 3//3 | 3/1/ | 09// | 0206 | 63// |
| 1260 | 0207 | 3//1 | //// | 14// | 0208 | 62// |
| 1211 | 0207 | 0//1 | //// | 09// | 0206 | //00 |
| 1221 | 0207 | 3/11 | //// | 99// | 0105 | //51 |
| 1231 | 0207 | 3/32 | //// | 99// | 0105 | //53 |
| 1241 | 0207 | 3/32 | 3/1/ | 09// | 0206 | //55 |
| 1251 | 0207 | 3/32 | //// | 14// | 0308 | //53 |
| 1261 | 0207 | 0//1 | //// | 14// | 0409 | //51 |
| 1212 | 0207 | 2//3 | //// | 99// | 0106 | 6151 |
| 1222 | 0207 | 2//3 | //// | 99// | 0106 | 6351 |
| 1232 | 0207 | 3/13 | //// | 99// | 0106 | 6654 |
| 1242 | 0207 | 3/13 | //// | 99// | 0106 | 6554 |
| 1252 | 0207 | 3/13 | //// | 99// | 0106 | 6453 |
| 1262 | 0207 | 2//3 | //// | 99// | 0106 | 6352 |

1.éjszaka

1.nappal

2.nap

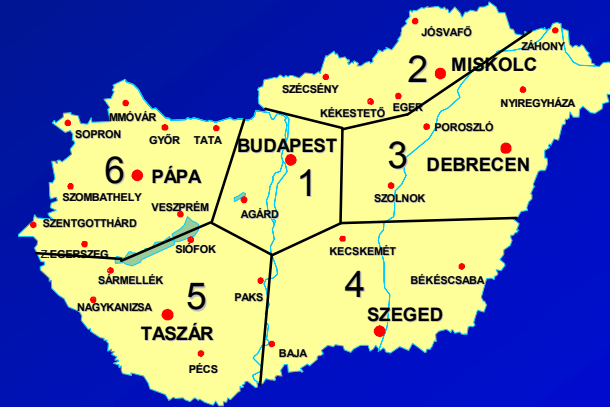
Előrejelzett elemek

- Borultság (kategóriák)
- Jelenidő (csapadékon kívüli időkép)
- Csapadékfajta
- Csapadékmennyiség (kategóriák)
- Csapadékvalószínűség (5/20 mm)
- Szélirány
- Átlagszél
- Szellökés
- Minimum hőmérséklet
- Maximum hőmérséklet

IEO operatív verifikációs rendszere

Objektív verifikáció

- Tényleges adatok előállítása 6 körzetre (körzetátlagok a verifikált időszakokra)
- Szinop állomások
- Előrejelzett – mért/megfigyelt értékpárok összehasonlítása, statisztikai mérőszámok



Verifikált elemek

Minimum / maximum hőmérséklet

Csapadékmennyiség / egzisztencia / valószínűség

Felhőzetmennyiség

Átlagszél / szellőkés

Statisztikai mérőszámok

ME – átlagos hiba

MAE – átlagos abszolút hiba

RMSE – átlagos négyzetes hiba négyzetgyöke

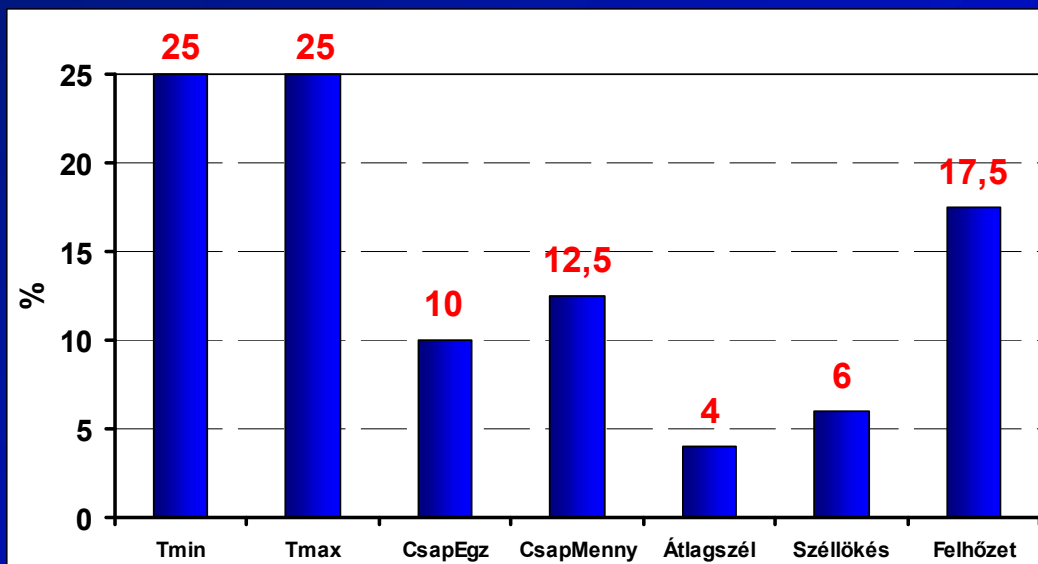
PC – pontos előrejelzések aránya

BIAS, POD, FAR, TS, BS, BSS,
hibaeloszlások, ...

IEO operatív verifikációs rendszere

Komplex mérőszám – prognózisok összteljesítménye

| | Mérőszám | 100% | 0% |
|-----------------------|----------|----------|------------|
| Min/Max hőmérséklet | RMSE | 0 °C | 8 °C |
| Csapadék egzisztencia | PC | 100% | 0% |
| Csapadék mennyiség | MAE | 0 kateg. | 1.6 kateg. |
| Átlagszél | RMSE | 0 m/s | 6 m/s |
| Szélökés | RMSE | 0 m/s | 10 m/s |
| Felhőzet | RMSE | 0 okta | 6 okta |
| Komplex mérőszám | - | 100 % | 0 % |



Súlyozás

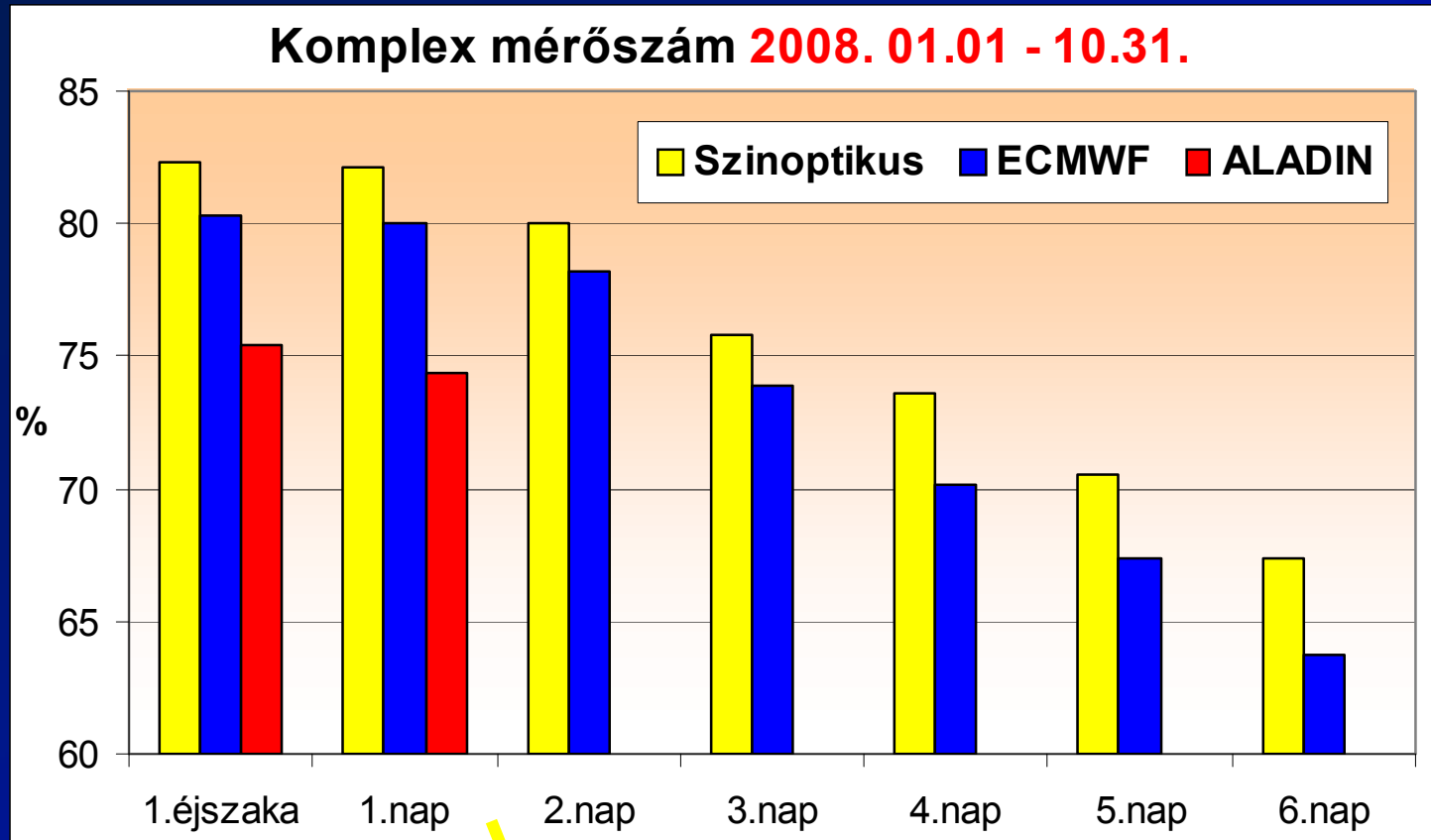
Hőmérséklet 25+25%

Csapadék 22,5%

Szél 10%

Felhőzet 17,5%

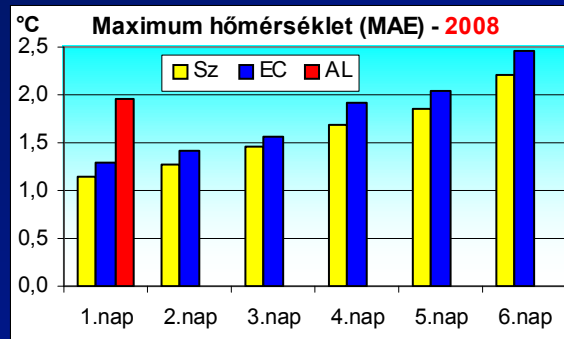
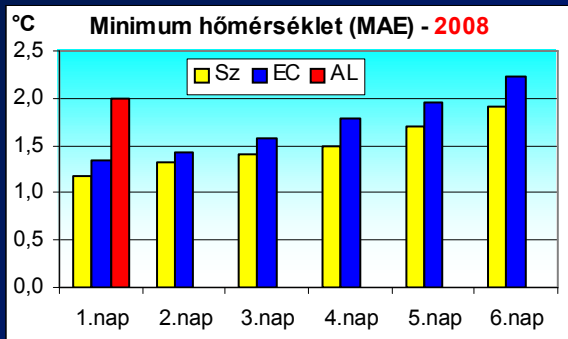
IEO operatív verifikációs rendszere - eredmények



Szinoptikus javított minden időlépcsőben

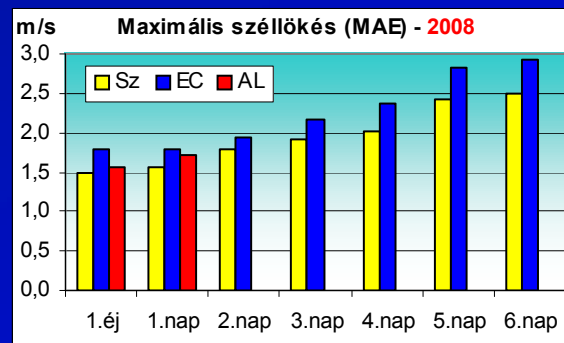
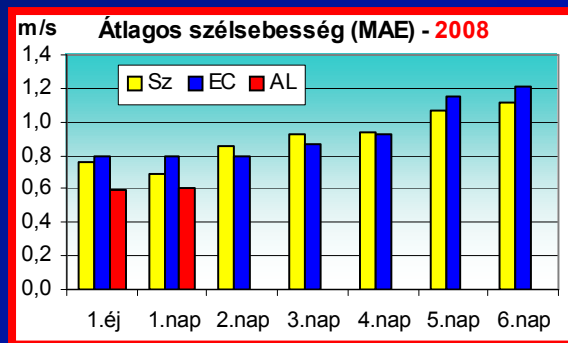
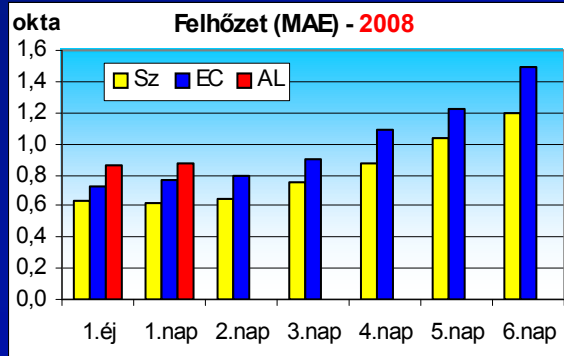
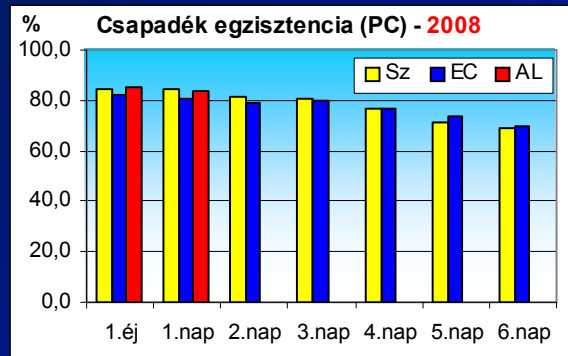
(egyéb modellek, ECMWF ensemble és szinoptikus-klimatológiai ismeretek)

IEO operatív verifikációs rendszere - eredmények



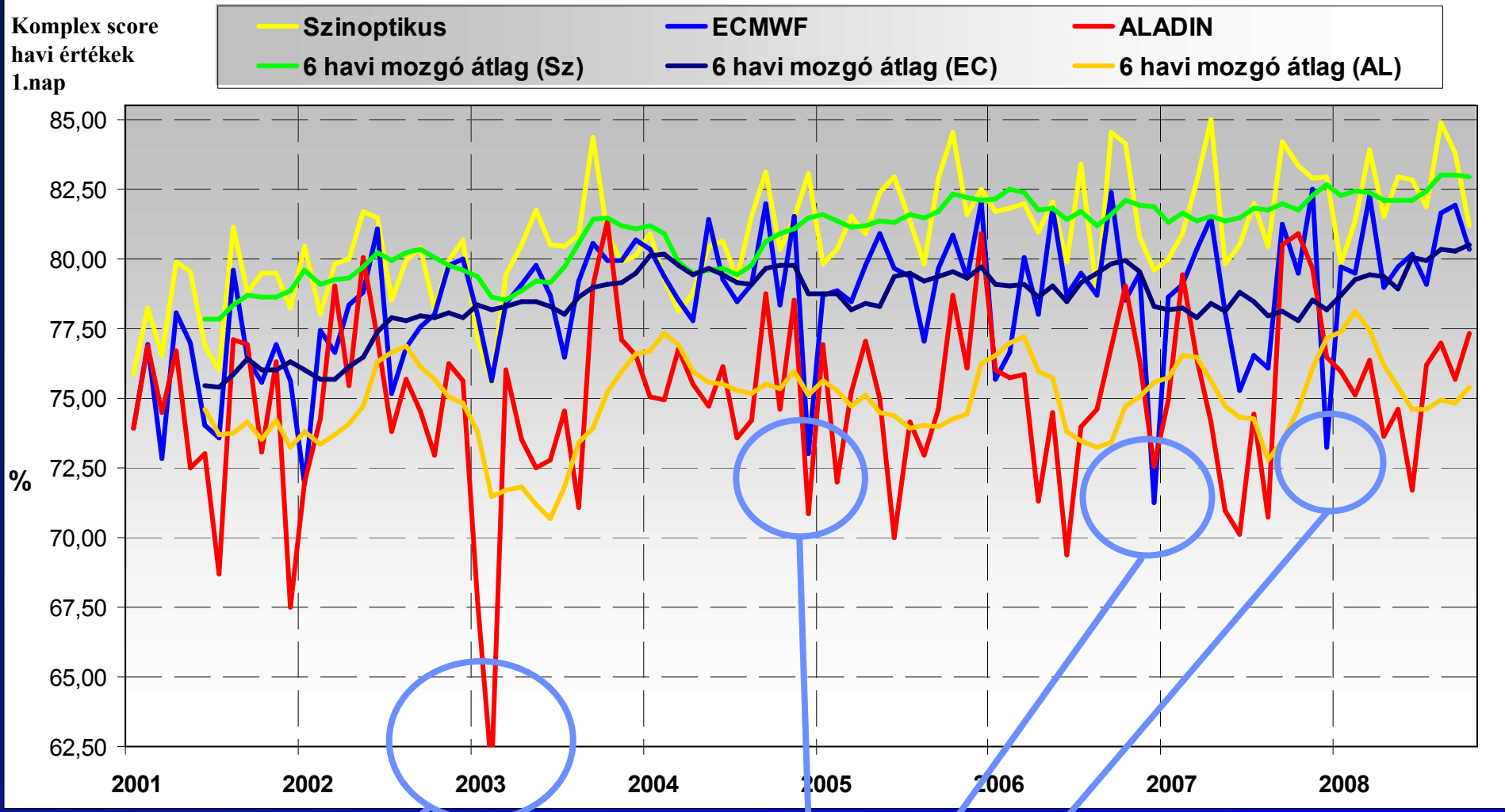
Szinoptikus:

**Tmin, Tmax, összfelhőzet,
maximális szélökés**



ALADIN: átlagos szélesség

IEO operatív verifikációs rendszere - trendek



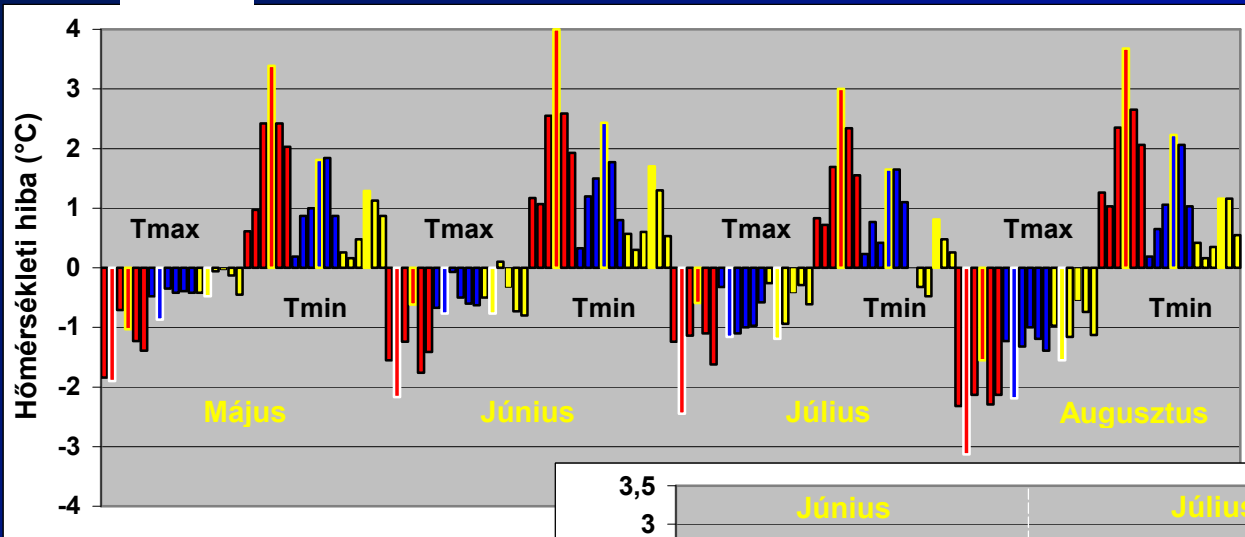
Tartós hófelszín

Hidegpárna

IEO operatív verifikációs rendszere – szisztematikus hiba

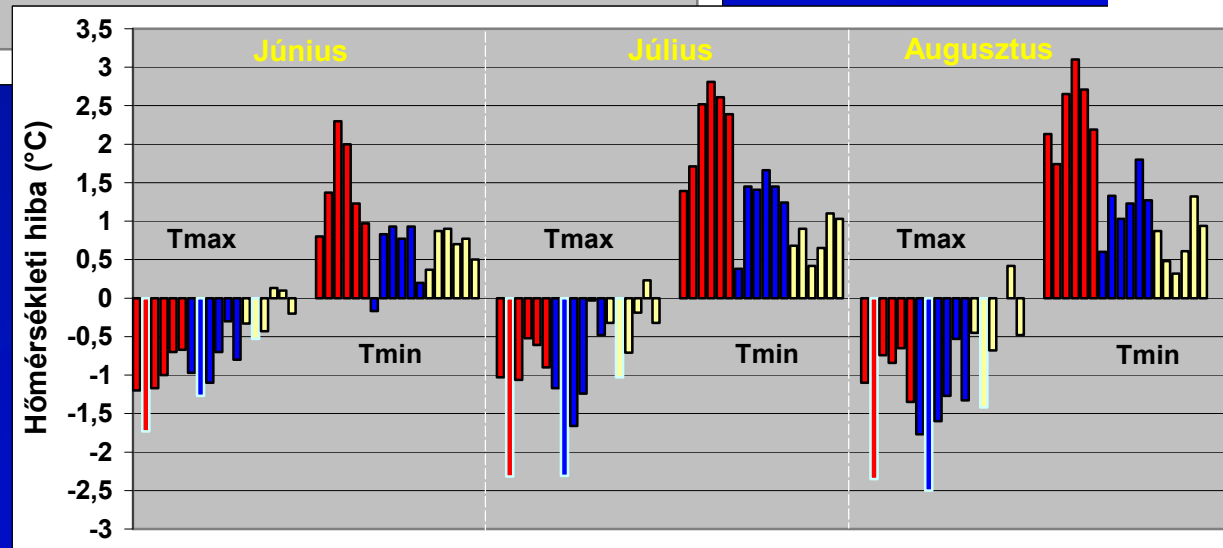
Az 1.napra szóló minimum hőmérséklet előrejelzések átlagos hibája körzetenként az **ALADIN**, **ECMWF** és a **Szinoptikus** esetén (havi átlagok)

2003



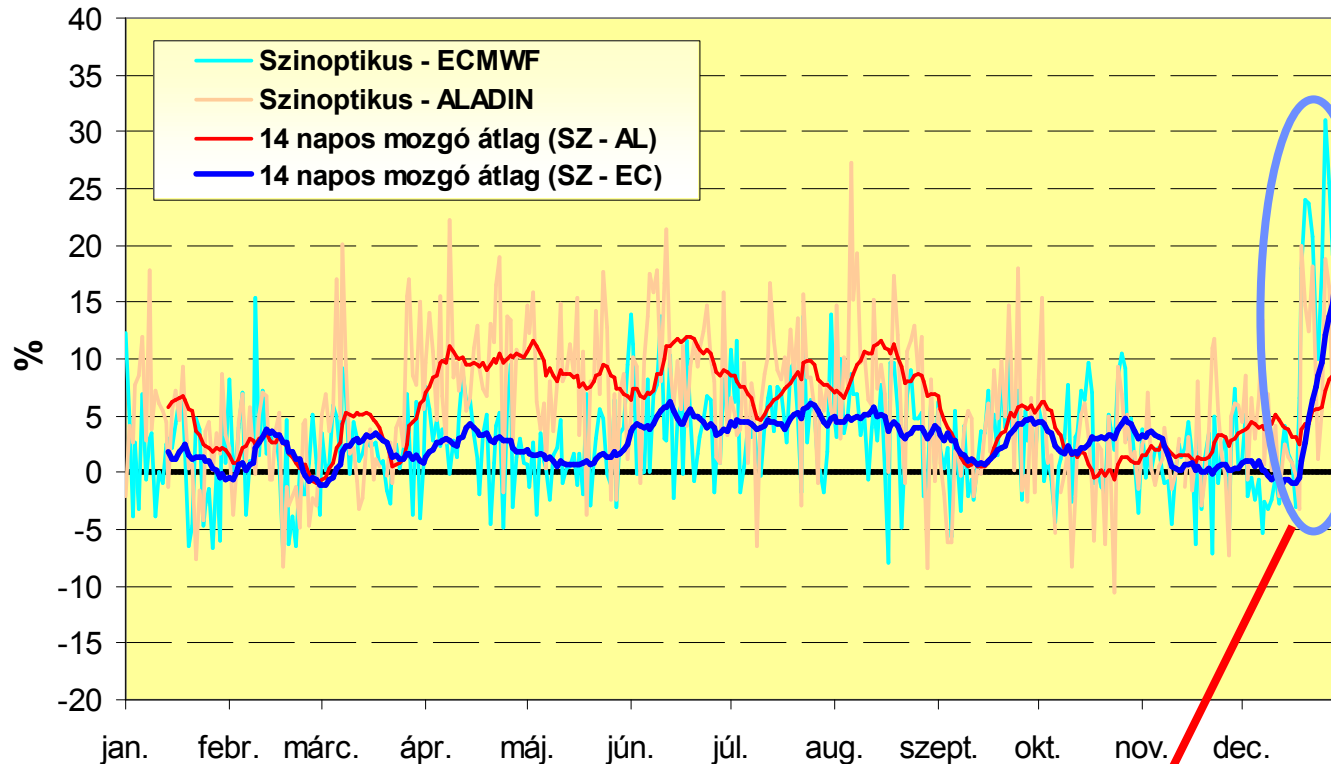
Napi hőingás
alábecslése

2004



IEO operatív verifikációs rendszere - eredmények

Különbség a szinoptikus és a modellek között az 1. napra vonatkozó komplex mutató értékében 2007-ben



Hidegpárna

nagy hasonlóság a
2004 decemberéhez

(modell parametr.
jelentős javítása
ellenére)

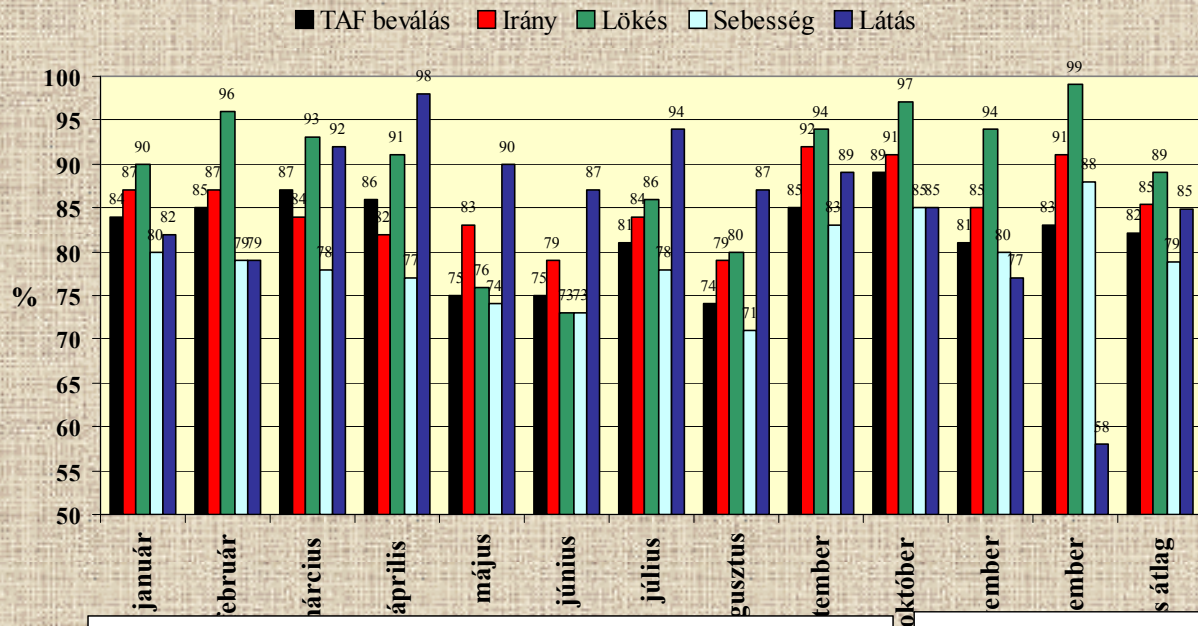
ALADIN: szignifikánsan jobban
teljesített az ECMWF-nél!!!

2008/2009 ?

Egyéb verifikációs tevékenység az OMSZ-ban

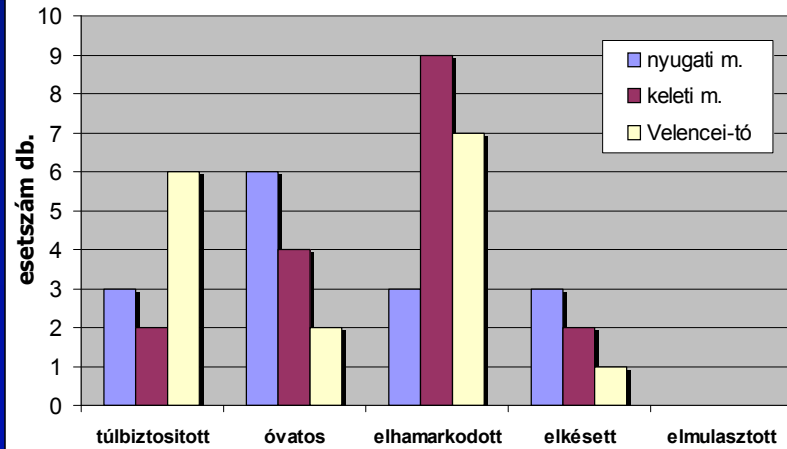
Repülésmeteorológia

TAF táviratok összesített, illetve elemenkénti beválása - 2007

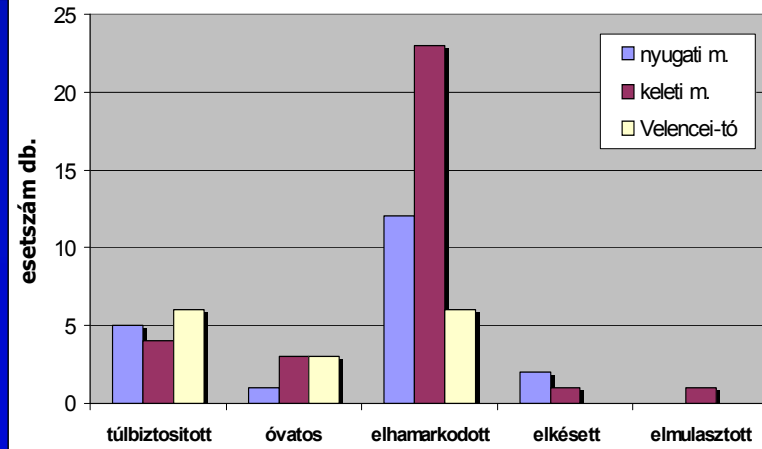


Balatoni viharjelzés

A kiadott elsőfokú viharjelzések hibáinak értékelése 2007

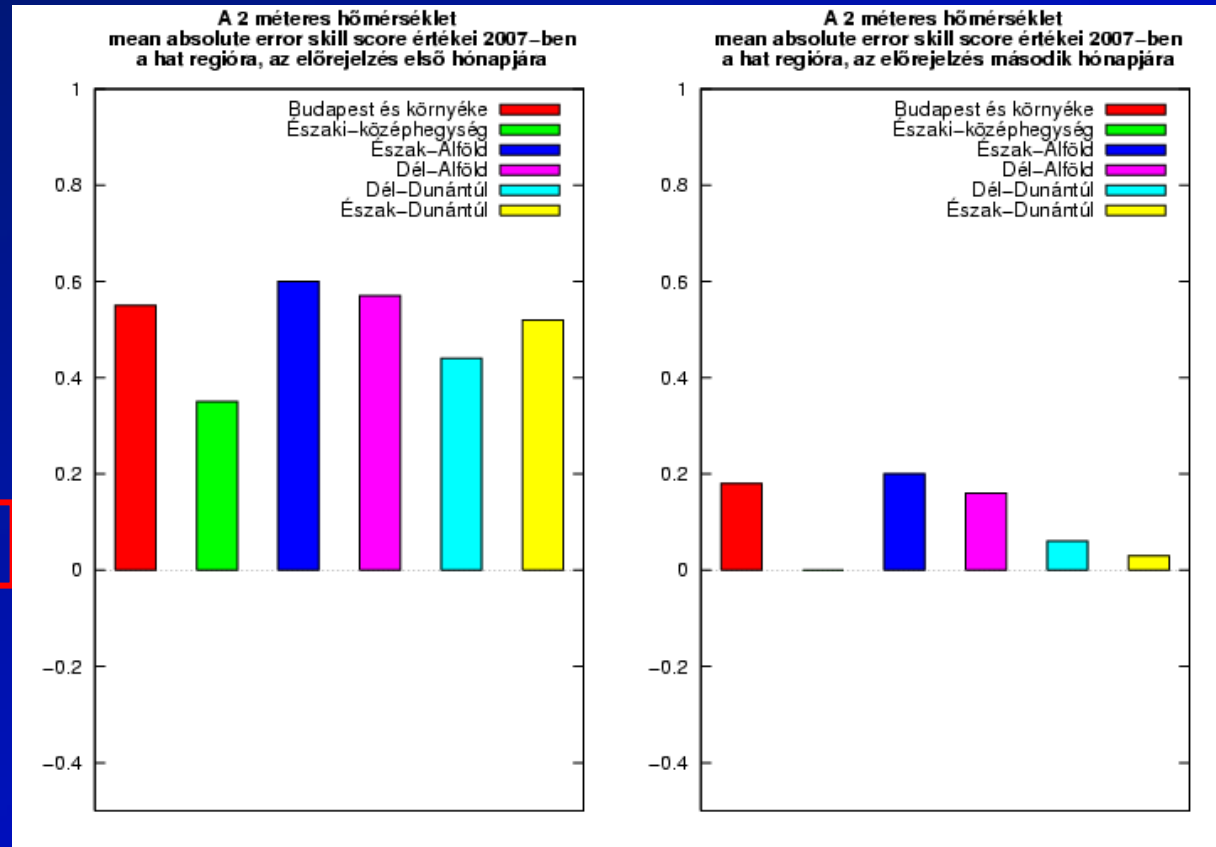


A kiadott másodfokú viharjelzések hibáinak értékelése 2007

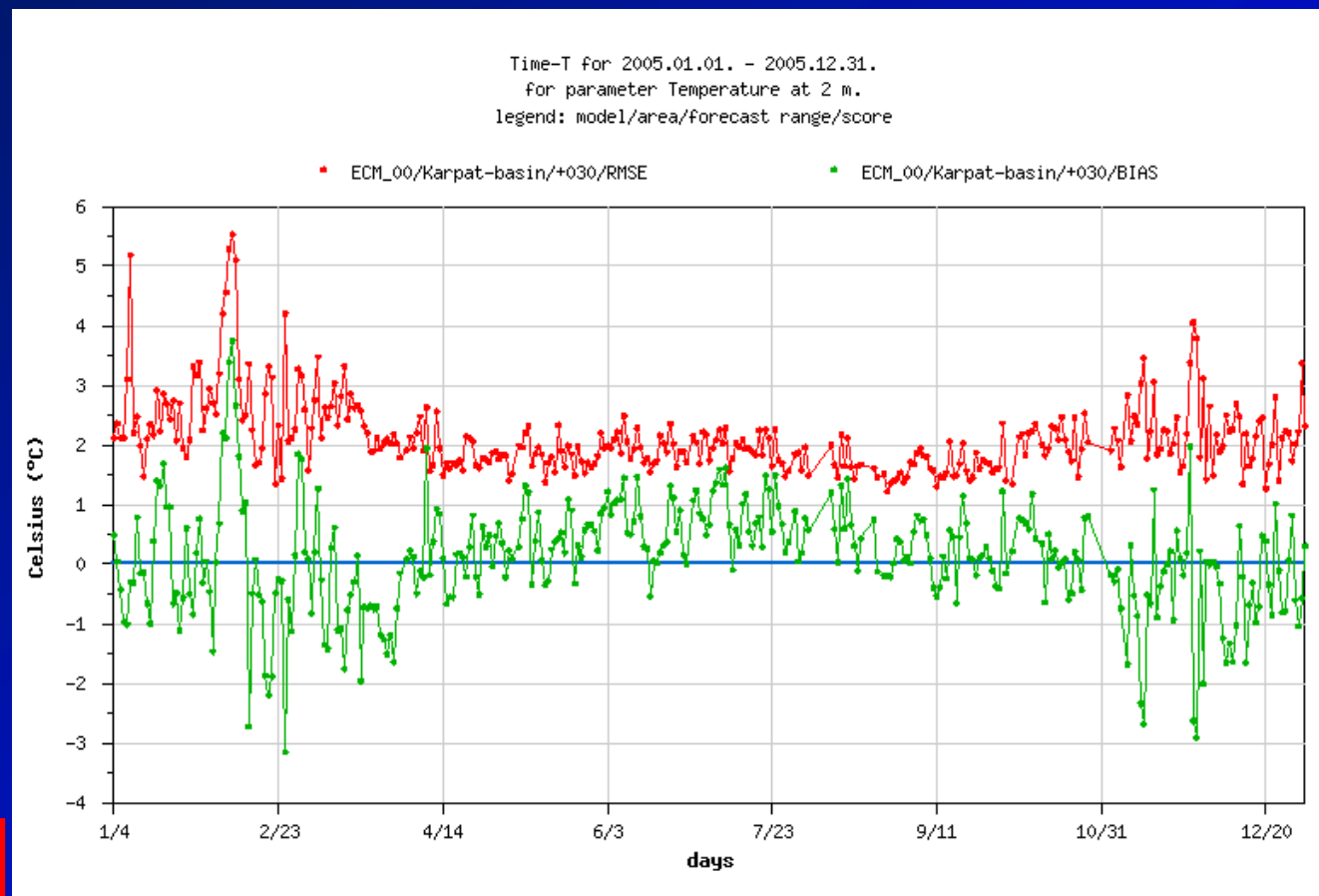


Egyéb verifikációs tevékenység az OMSZ-ban

Évszakos előrejelzések



Egyéb verifikációs tevékenység az OMSZ-ban



OVISYS

**Numerikus Modellező
és Éghajlat-dinamikai
osztály**

Szinoptikus-klimatológia: **múlt** és jelen

- **Kárpát-medence** („hegyekkel körülzárt” terület)

Kiemelkedő jelentőségű a szinoptikus-klimatológiai vizsgálatok szerepe

Péczeli György

A Kárpát-medencére vonatkozó makroszinoptikus helyzetek

Bodolainé Jakus Emma

A Duna és a Tisza vízgyűjtő területén árhullámot okozó időjárási helyzetek

→ Számos vizsgálat kiinduló pontját jelentik

- **Jelen**

Több rendelkezésre álló adat (hosszabb idősorok, reanalízis mezők)

Jobb technikai feltételek (könnyebb adatfeldolgozás)

Numerikus előrejelző modellek szinoptikus skálán igen jó beválást mutatnak



Lehetőség újabb, részletesebb vizsgálatokra, melyek eredményeinek felhasználásával jelentősen növelhető az előrejelzések beválása

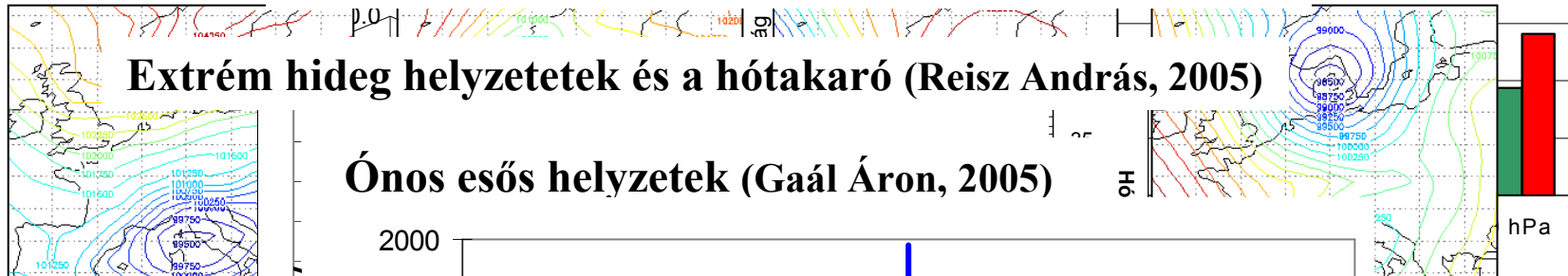
Szinoptikus-klimatológia: múlt és jelen

Hidegpárnás helyzetek (Polgár Attila, 2003)

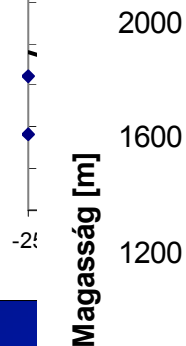
Felszíni szélirány hidegpárnás esetekben

Lokális hőmérsékleti advekción felozsláskor

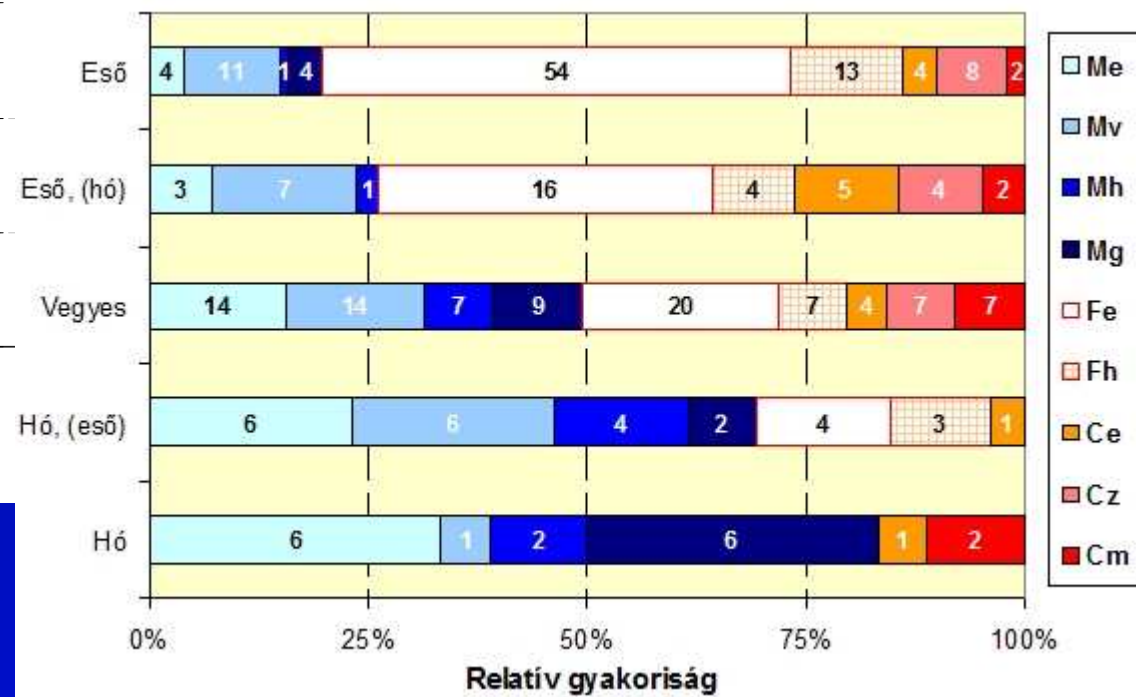
Budapesti nagy havazások (Babolcsai György, 2004)



Ónos esős helyzetek (Gaál Áron, 2005)



Téli, nagy csapadékos helyzetek (Hirsch Tamás, 2006)



Összefoglalás

- A verifikáció nélkülözhetetlen az **előrejelzések fejlesztése** szempontjából
- Minél több verifikációs mérőszám **együttes** kiértékelése szükséges
- **Objektív** verifikáció mellett szükség van **szubjektív** verifikációra is
- OMSZ *Időjárás Előrejelzési Osztály* **operatív verifikációs rendszerének** bemutatása és bepillantás az OMSZ egyéb verifikálási tevékenységébe
- **Szinoptikus-klimatológiai vizsgálatok** nem csak a múlt, hanem a **jelen** és a **jövő** eszköze is (eredmények beépítése az operatív előrejelzői munkába)

A panoramic view of a snow-covered mountain range. The foreground shows a steep, rocky slope covered in snow. In the middle ground, a prominent, dark, jagged peak rises above a thick layer of white clouds. The background features a vast expanse of snow-covered mountains under a clear sky. The text "Köszönöm a figyelmet!" is overlaid in the center of the image.

Köszönöm a figyelmet!