

Meteorológiai alkalmazások a rövidtávú előrejelzésben

Simon André



Alapítva: 1870



Meteorológiai alkalmazások

- Speciális NWP-, műhold- vagy radarmeteorológiai kimenetek, **interdiszciplináris használat** (hidrológiai vagy útmeteorológiai modellek, ónos bevonat- és hóterhek számítása a vezetéseken, stb.)
- Felhasználó igényeinek szabott **vizualizáció** (pl. katasztrófavédelem, webportálok)
- Az előrejelzés/analízis további **pontosítása** (szisztematikus hibák javítása, statisztikai postprocessing)
- **Döntési algoritmusok** (pl. hidrológiában, szélenergetikában)



Példa: téli csapadék, ónos eső, tapadó hó

Ónos bevonat és tapadó hó terhek számítása

Tömegnövekedési modellek (ISO12494, 2001)

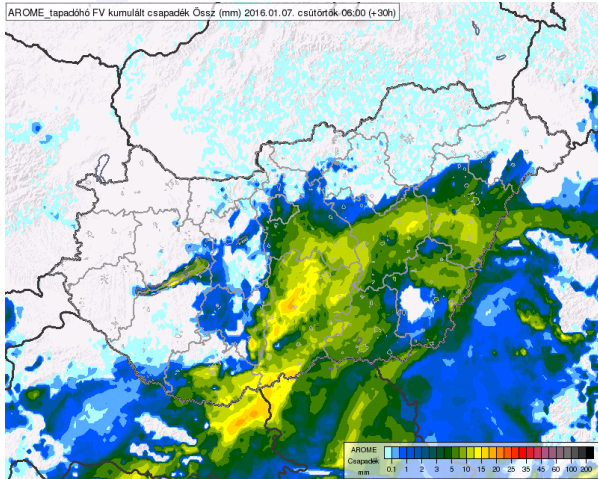
Leülledett tömeg Tapadási, ütközési effektivitás, stb. Folyékony víztömeg

felület

$$\frac{dM}{dt} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \cdot w \cdot A \cdot V$$

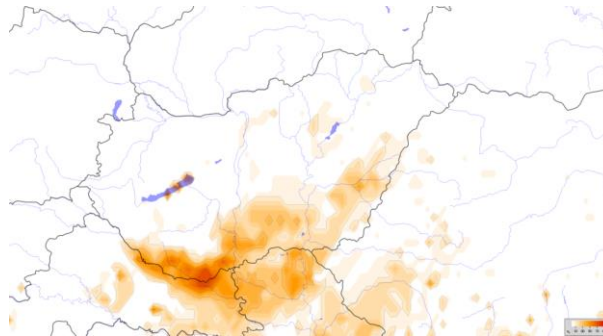
szélesség

Tapadó hó csapadék, 2016.01.07.

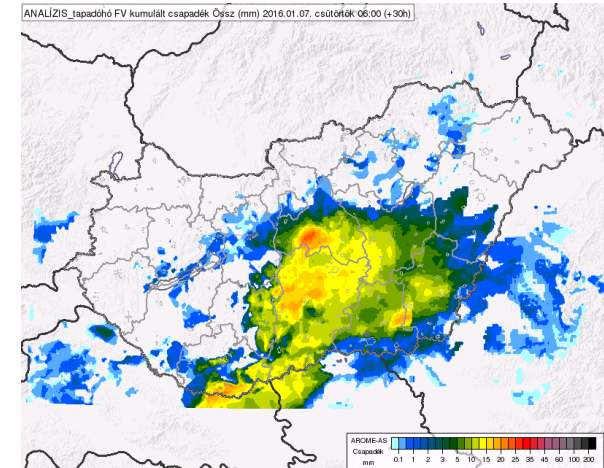


AROME 30ó tapadó hó csapadékelőrejelzés

Szűcs et al., 2016



ALADIN-EPS P > 5mm valószínűsége



Analízis (NWP+radar)



Hidrológiai alkalmazások (INCA-CE)

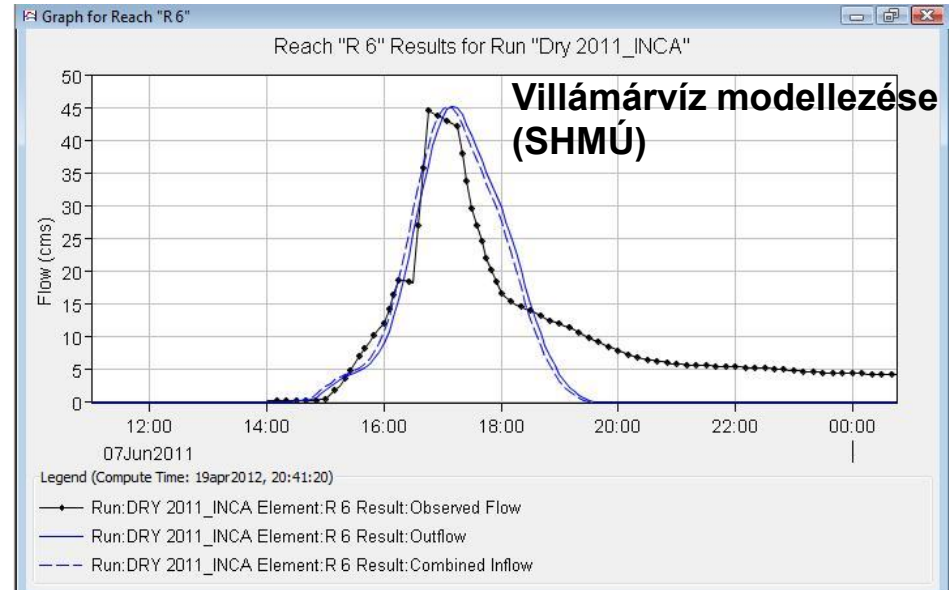
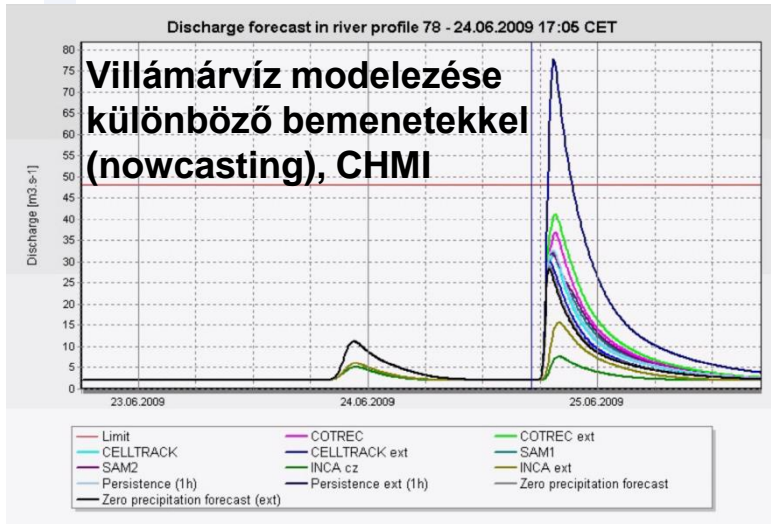
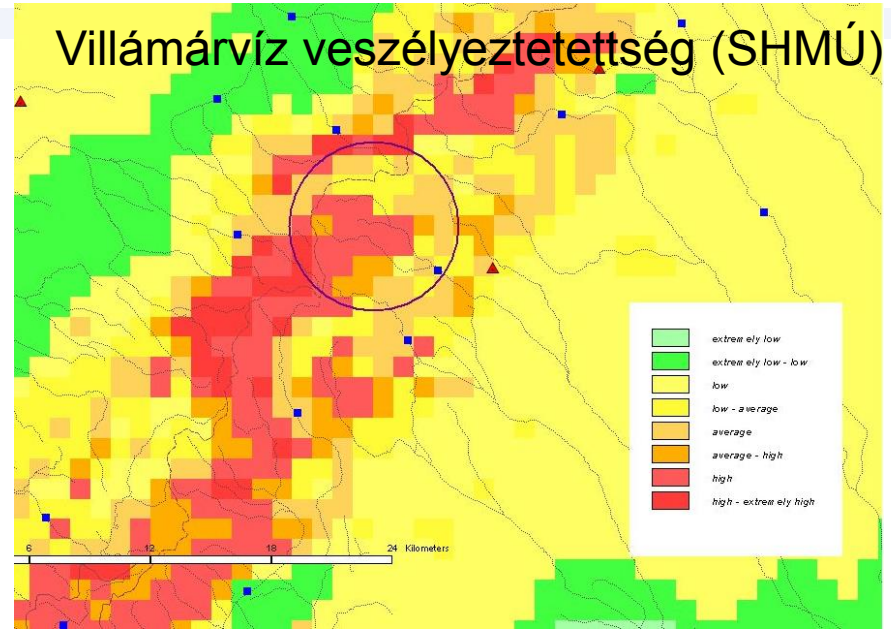
ZAMG, CHMI, IMWM-NRI, SHMÚ

Csapadék-lefolyás (Rainfall-runoff) modellek (MIKE 11, HEC-HMS, HYDROG)

Vízhozam, vízgyűjtő terület telítettsége

Villámárvíz, sárözön (ELDEWAS, IOSB)

veszélyeztetettség+csapadékelőrejelzés, nowcasting



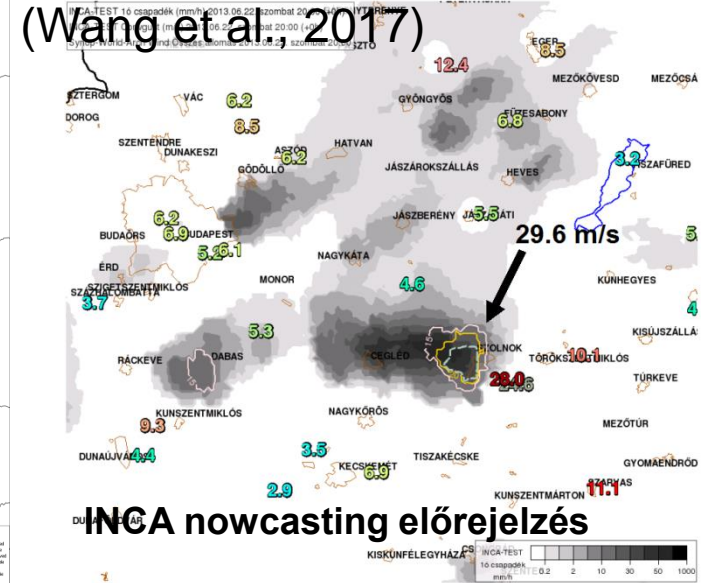
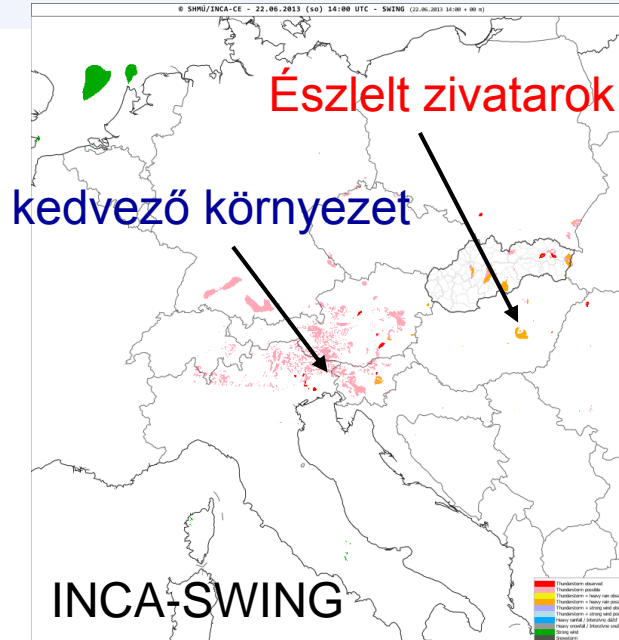


Alkalmazások a katasztrófavédelemben

Tömegrendezvények védelme

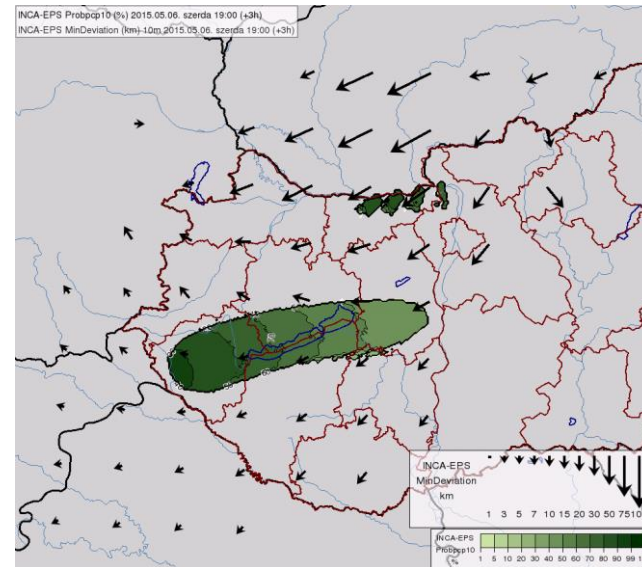
Veszélyes időjárás meghatározása

Konvektív szellőkések, nowcasting jellegű előrejelzése Yeung (2008) alapján



INCA-EPS (OMSZ)
P>10mm csapadék valószínűsége
2015.05.06. zivatarok →

Eltérés-vektorok: analízis vs korábbi előrejelzések (Simon 2013, Suklitsch 2015)



Útmeteorológiai modellek

- A téli időszakban az útfelszín hőmérséklet a kulcsfontosságú tényező, ennek előrejelzésére a hő vezetési egyenletet használják fel (pl. Crevier, Delage, 2001):

$$C(z) \frac{\partial T(z,t)}{\partial t} = - \frac{\partial G(z,t)}{\partial z}$$

Hőkapacitás \longrightarrow

Hőmérséklet profil időbeli változása \nearrow

Hő fluxus profilja az úttesben \longleftarrow

$$G(z,t) = -k(z) \frac{\partial T(z,t)}{\partial z}$$

Hő vezetése \nwarrow

$$G_0^{talaj} = R \longleftarrow$$

Bemenő fluxus a talajnál (peremfeltétel, hő vezetés meghajtója)

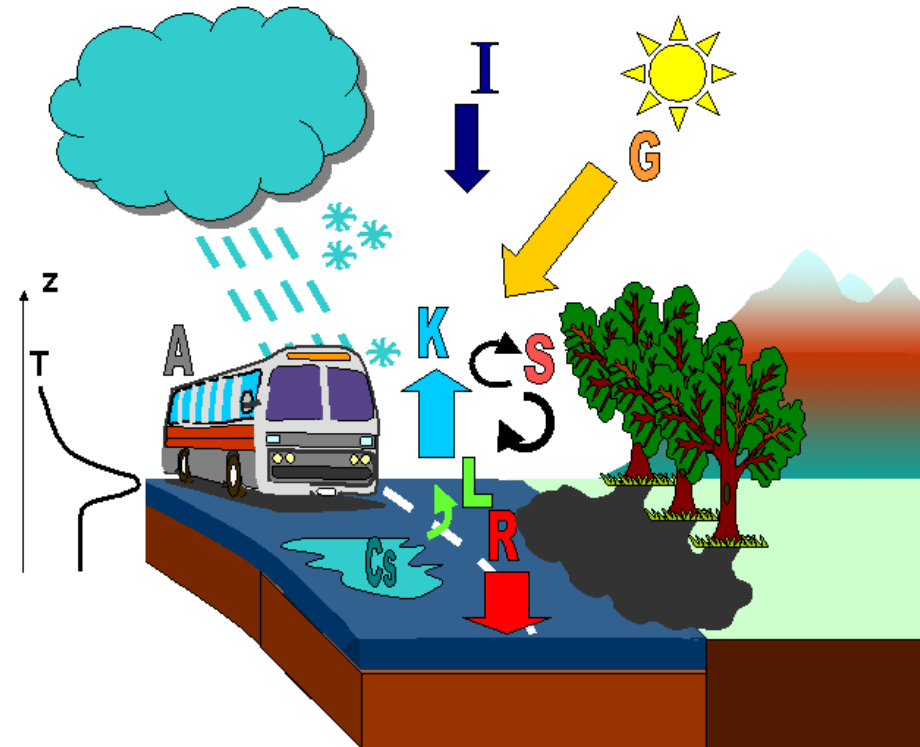
A hő vezetése az úttest strukturájától, anyagától, vastagságától függ.

Időjárási és egyéb környezeti tényezők

- Az energia-egyensúly egyenletben mind azok a tényezők szerepelnek, melyeket a modellnek is tartalmaznia kell

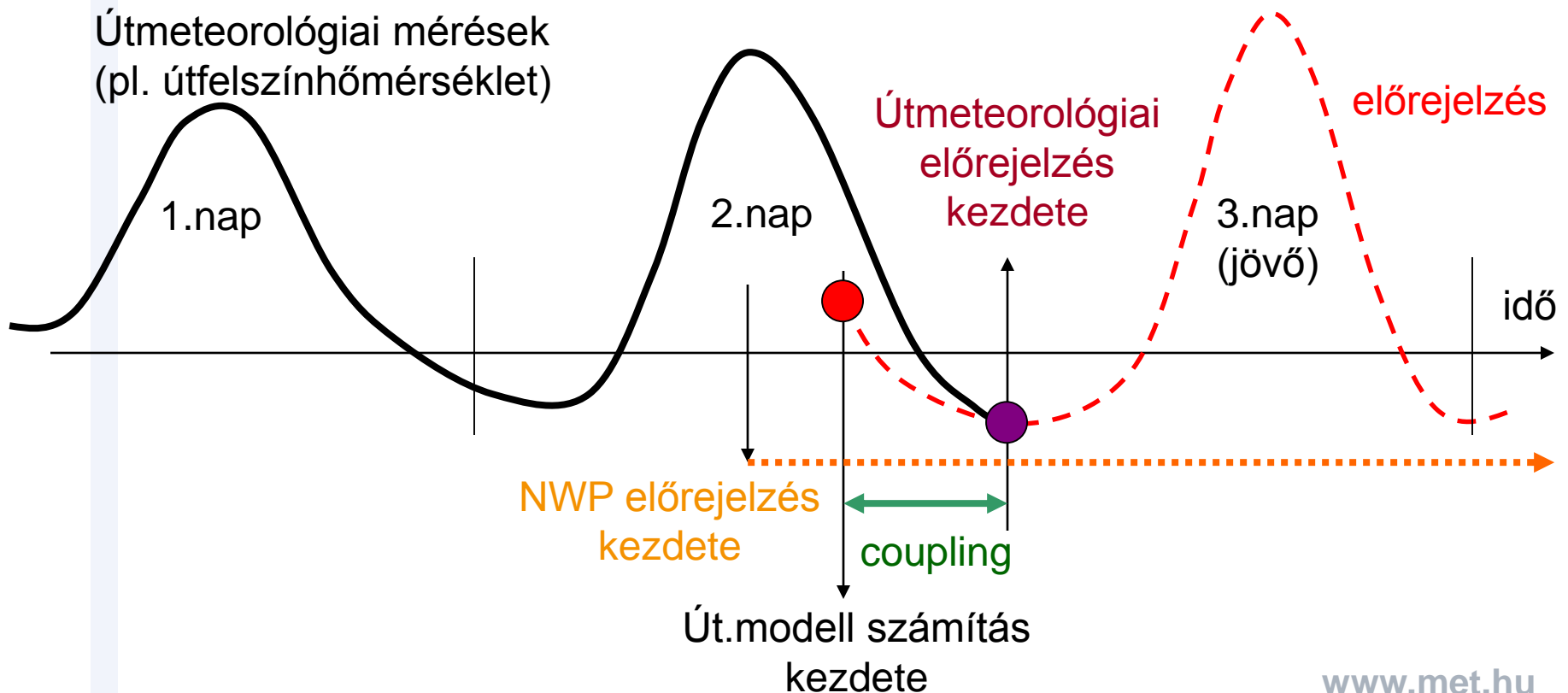
$$R = (1 - \alpha)S + \varepsilon I - \varepsilon \sigma T_s^4 - H - L_a E \pm L_f P + A$$

- **Globális sugárzás (nappali)**
- **Infravörös (éjjeli) sugárzás**
- **Kisugárzás**
- **Senzibilis (turbulens) hő fluxus**
- **Látens hő fluxus**
- **Csapadékfázis változásai**
- **Antropogén fluxus (forgalom)**
- **R – ami a talajba érkezik**



A modellfutás optimalizációja (coupling)

- A modell figyelembe veszi az előrejelzés kezdete előtt észlelt hőmérséklet menetét (akár több napra visszamenőleg is)
- A hőmérséklet számítását úgy állítja be, hogy az utolsó észlelt adat megegyezzen az első előrejelzett értékkel
- Ennek célja, hogy a modell futás már a kezdetén kiegyensúlyozott legyen és lehetőleg ne távolodjon el gyorsan az észlelt értékektől



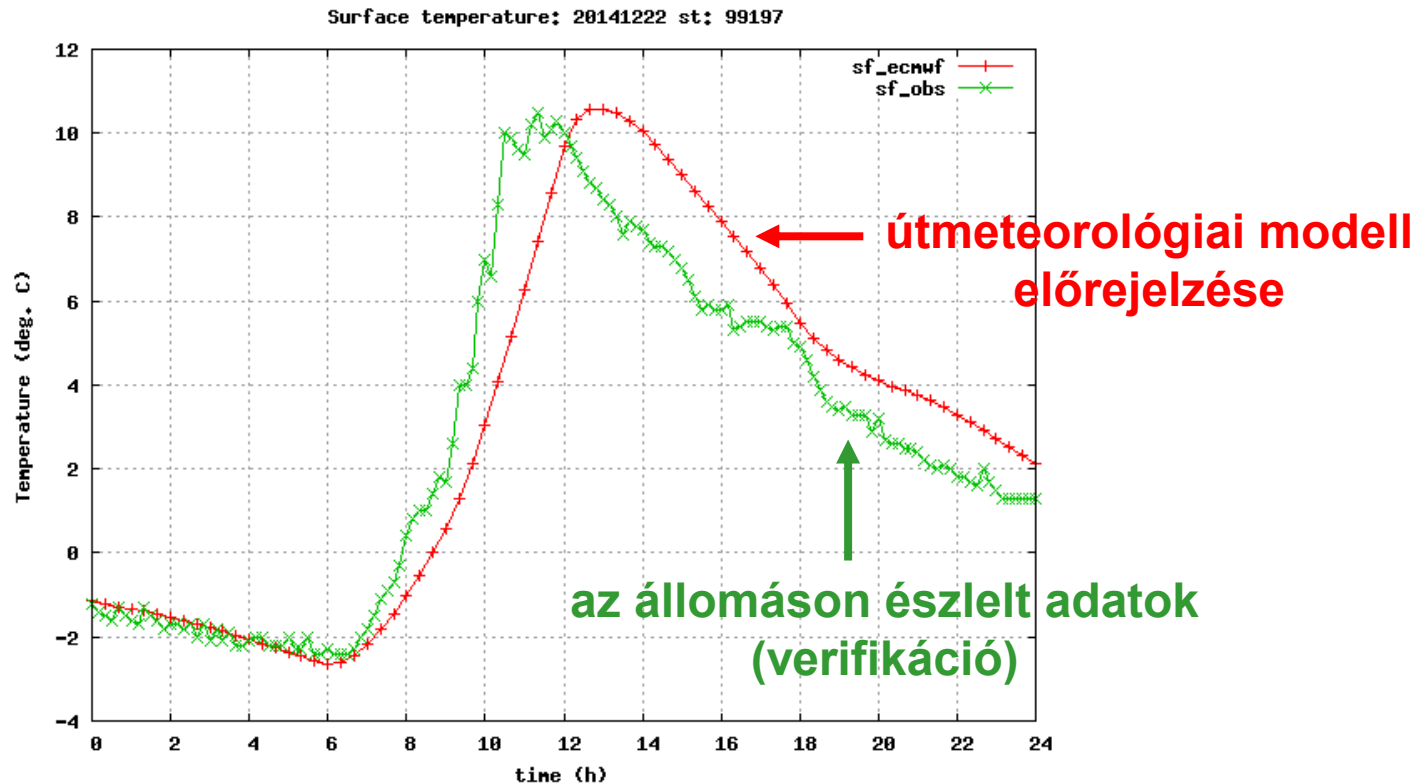


Útmeteorológiai modell előrejelzések

A modell kimenet a hőmérsékleti vertikális profil és származtatott paraméterek: pl. az út állapota. Jelenleg az **útfelszín hőmérsékletet** vizsgáljuk, ami a legfontosabb paraméter.

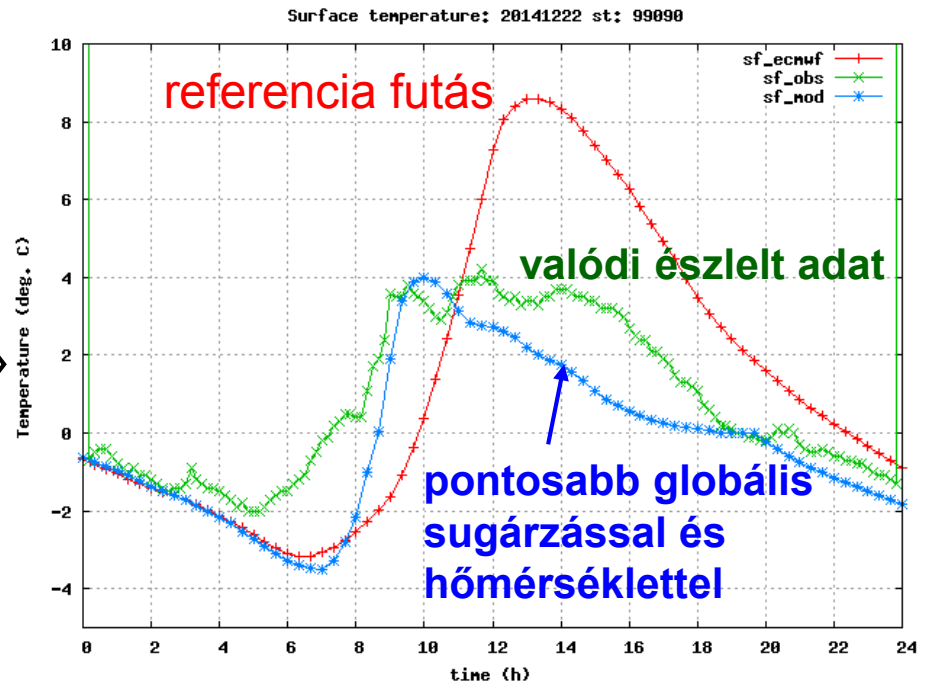
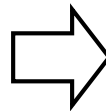
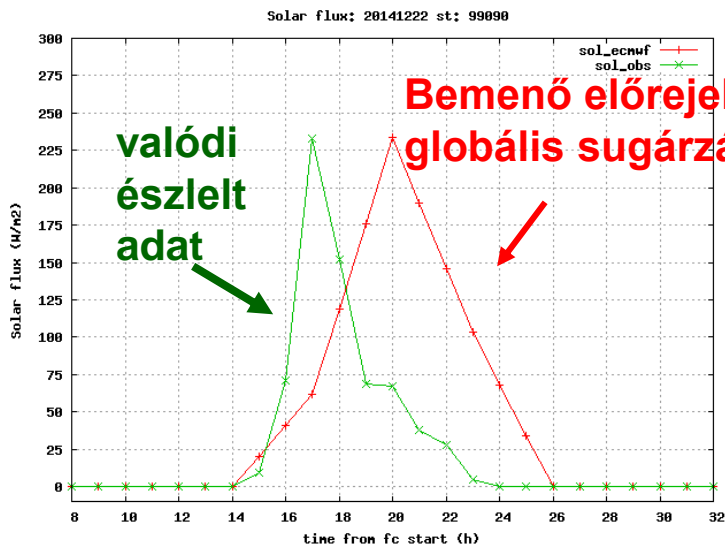
2014.12.02.-2014.12.30 kísérleti futás, bemenő adatok: Magyar Közút útmeteorológiai mérései

Sármellék állomás útfelszín hőmérsékletének napi menete 2014.12.22.-én



Az érzékenységi vizsgálatok mutatják, hogy a jó előrejelzés kulcsa a bemenő **NWP modellek pontossága** (hőmérsékletben, sugárzásban, szélben, csapadékban)

Példa: a bemenő sugárzás, hőmérséklet, stb. paraméterek javításával sokkal pontosabb útfelszín hőmérséklet előrejelzést kaphatunk:



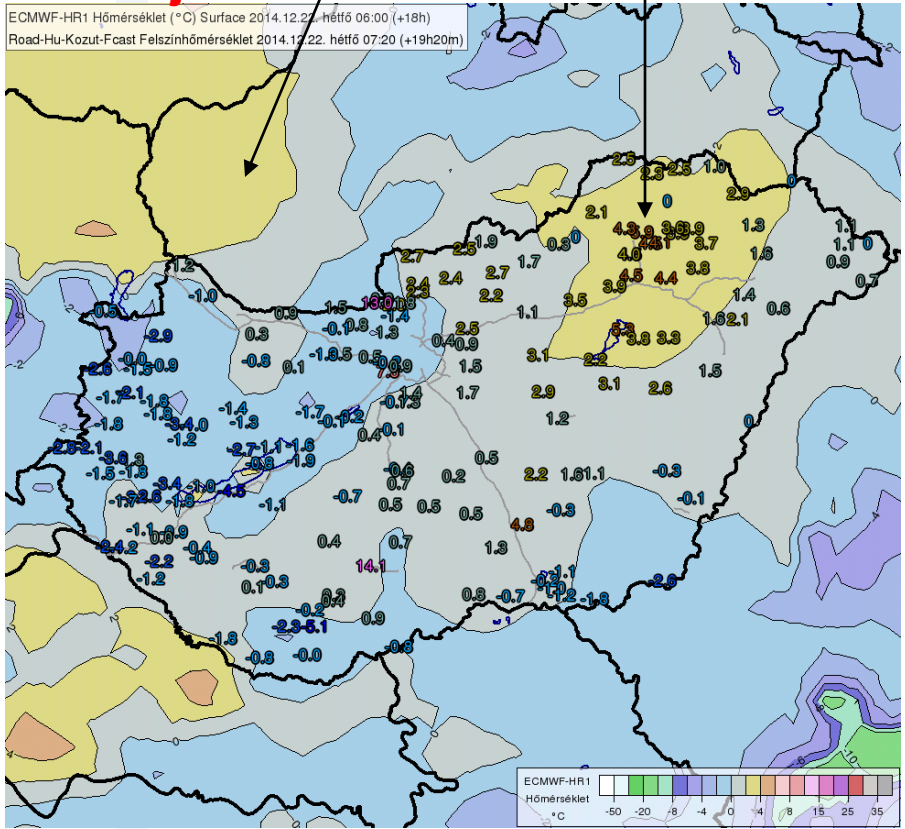


Esettanulmányok: 2014.12.22. reggel

Éjfélkor kezdődő 24ó előrejelzések, naponta 1 futás, 20 percenként kimenet, ECMWF meghajtó NWP modell

Előrejelzett

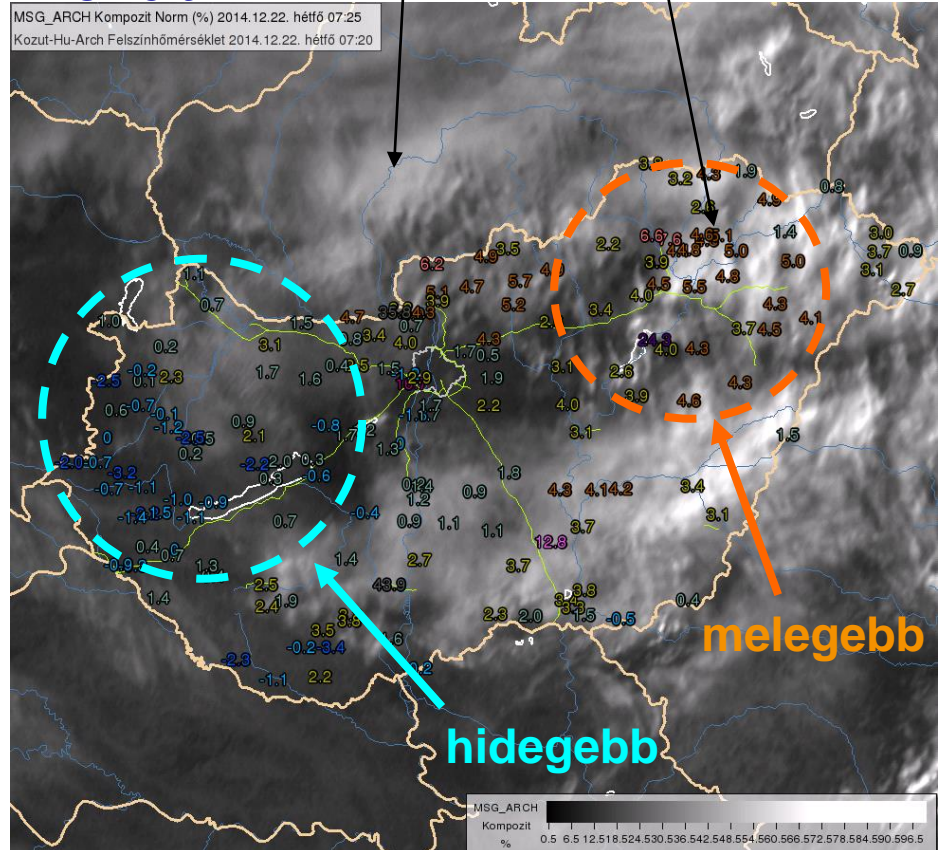
ECMWF felszínhőmérséklet
Útmet.modell adatok
útfelszínhőmérséklet



Műholdkép

Útmet.mérések
útfelszínhőmérséklet

Észlelt





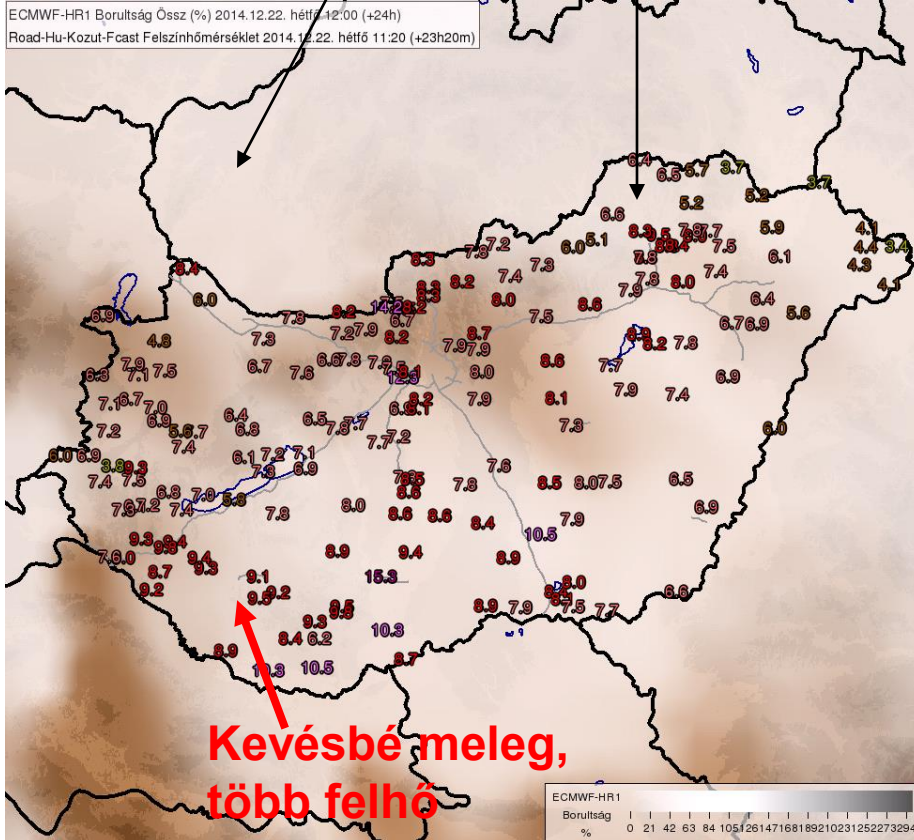
Felhőzet hatása: 2014.12.22. délben

A felhőzet (sugárzás) jelentős hatással van a felszínhőmérsékletre. Emiatt a nappali időpontokban gyakori az alulbecslés.

ECMWF előrejelzett felhőzet

Útmet.modell adatok

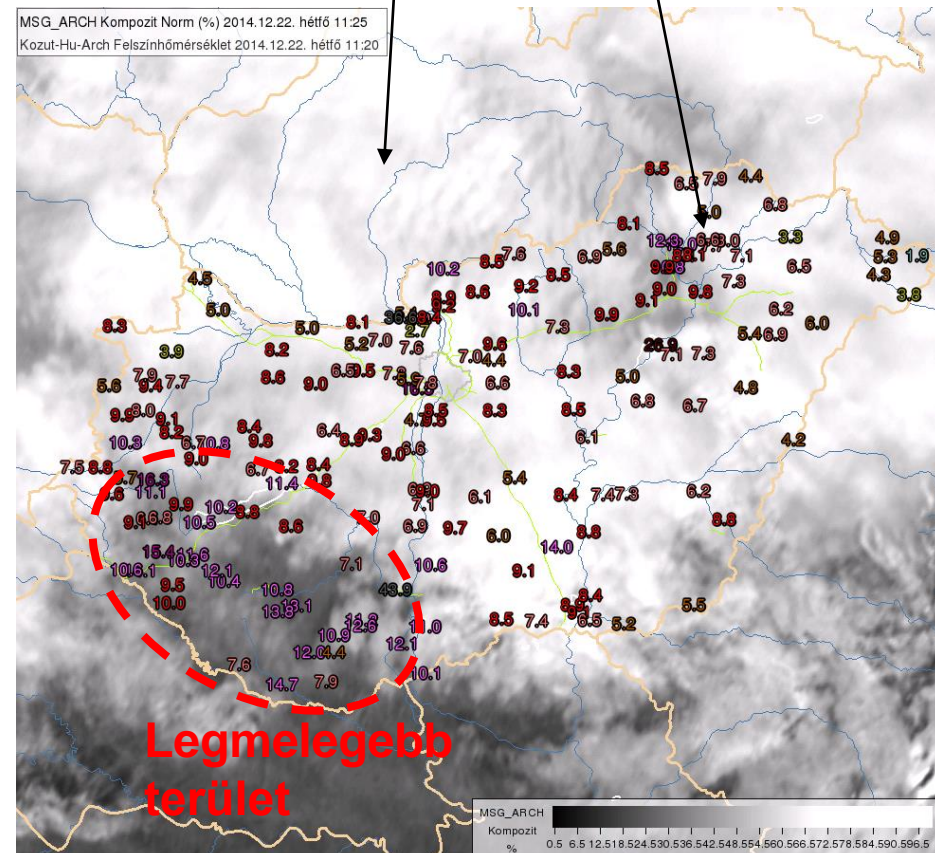
Előrejelzett



Műholdkép

Észlelt

Útmet.mérések



**Kevésbé meleg,
több felhő**

**Legmelegebb
terület**



Felhőzet hatása: 2014.12.22. este

Az alacsony- vagy középszintű felhőzet fékezheti a lehűlés gyorsaságát

Előrejelzett

ECMWF előrejelzett felhőzet

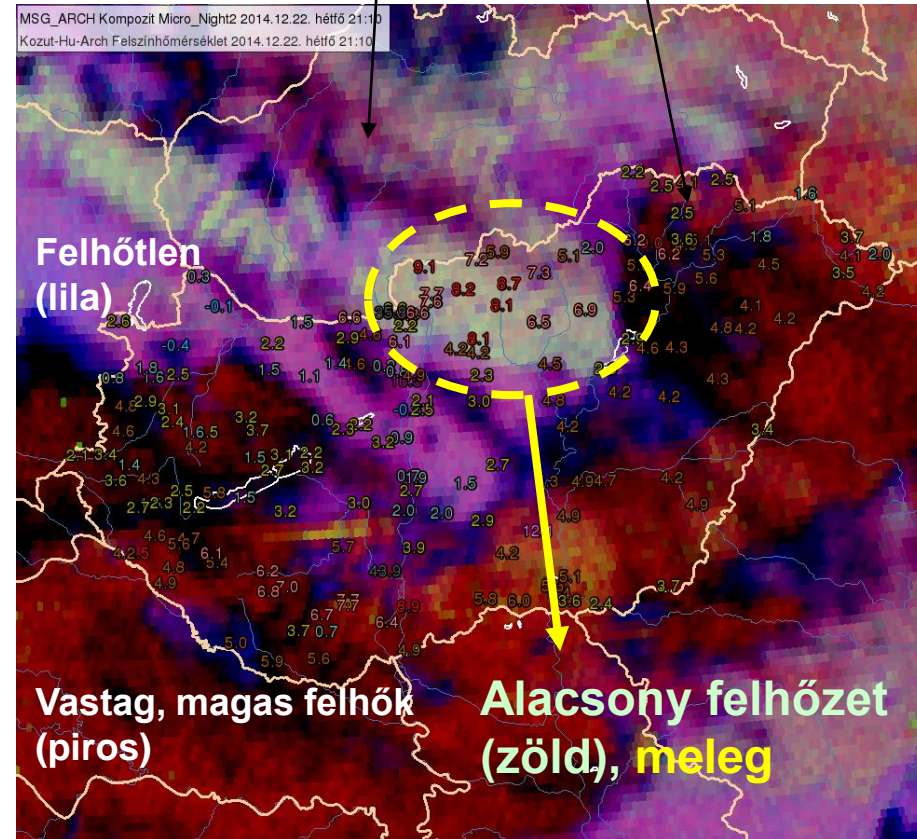
Útmet.modell adatok



Észlelt

Éjszakai kompozit műholdkép

Útmet.mérések

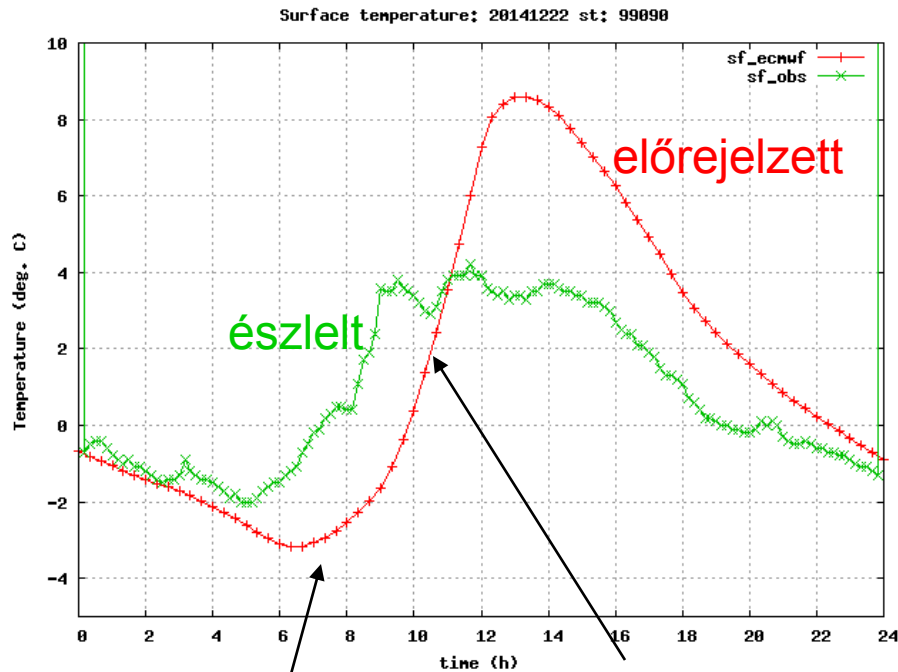




Felszínhőmérséklet napi menete: 2014.12.22.

A felhőzet lényegesen befolyásolja a felszínhőmérséklet napi menetét. Ez leginkább a nappali időszakban mutatkozik meg és erősen helyzetfüggő. Emellett szisztematikus hibák is vannak (pl. erősebb kisugárzás a bemenő modellben stb.).

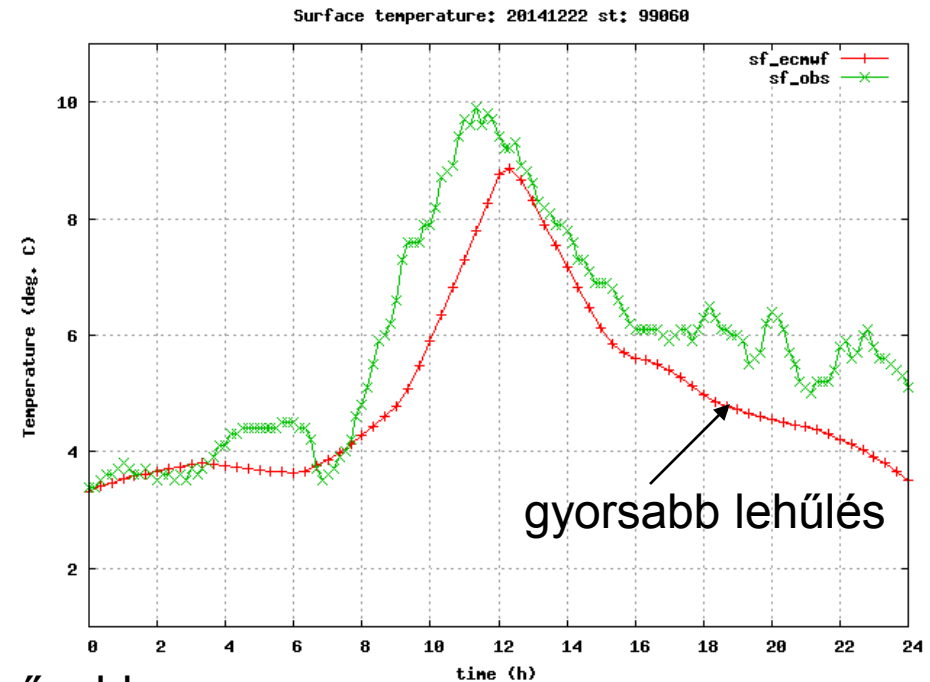
Kapuvár



erősebb lehűlés hajnalban

Későbbi és erősebb melegedés

Miskolc



gyorsabb lehűlés

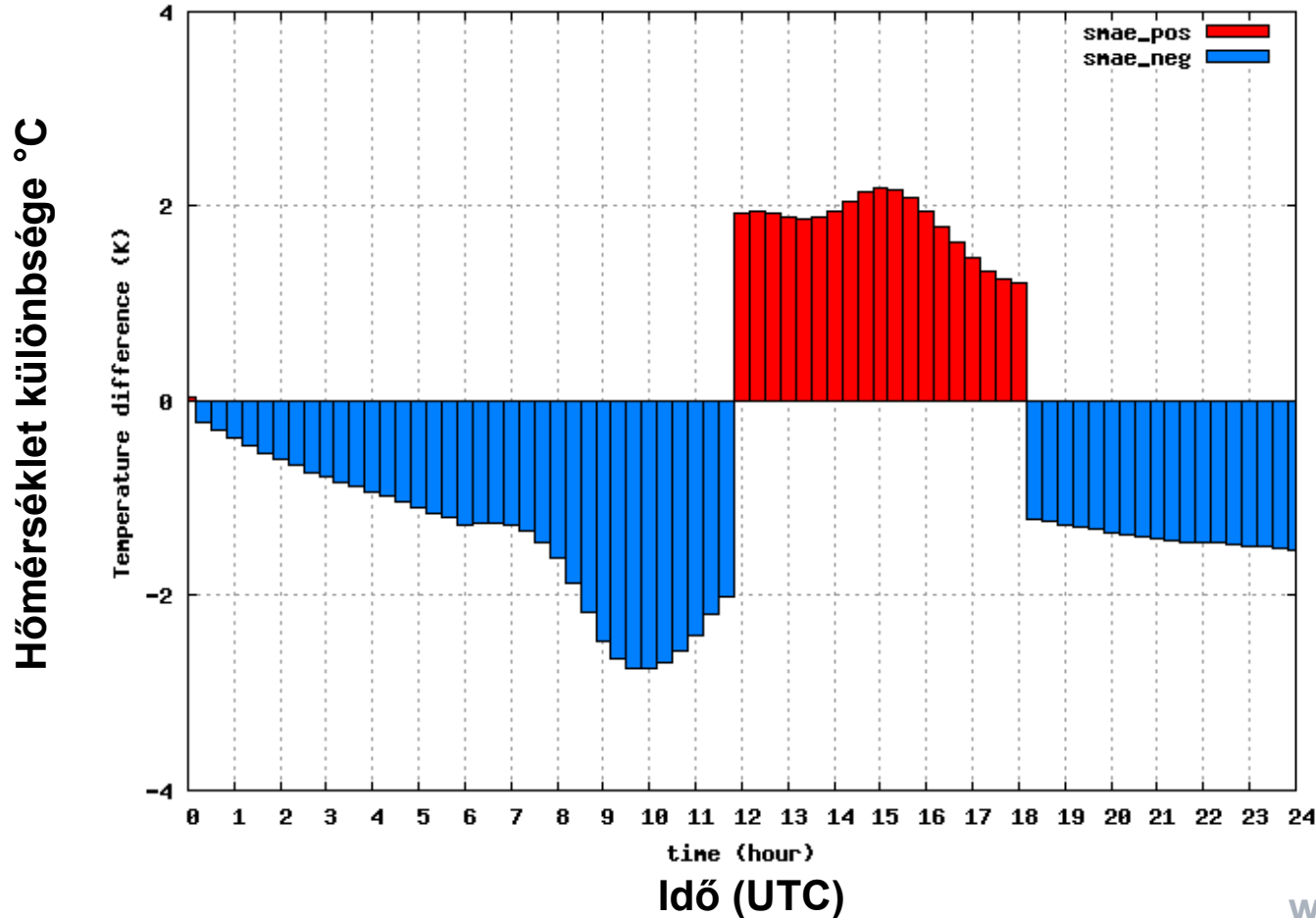


Verifikáció: BIAS és MAE napi változásai

A hajnali/reggeli hőmérsékletet a modell alulbecsli, nappal felülbecslés látható. Ezek a hibák szisztematikusak és időbeli csúszásokból is adódhatnak (pl. a bemenő sugárzás miatt, stb.).

165 állomás, 25 nap

Surface temperature difference SMRE all stations





MAE/RMSE – az összes adatból

94 állomásnál az átlagos abszolút hiba (MAE) < 1,5°C

86 állomásnál az RMSE < 2°C

Forrás, háttérmodell:	OMSZ/közút adatból ECMWF háttér modell	OMSZ/M5 adatból WRF háttér modell, 2012. január-február, 2 hét	Irodalom Különböző külföldi rendszerek előrejelzései	OMSZ/operatív verifikáció ECMWF
Előrejelzett paraméter	Útfelszín hőmérséklet	Útfelszín hőmérséklet	Útfelszín hőmérséklet	NWP 2m hőmérséklet
MAE	1.48	1.12	1.0-4	1.0-2.5
RMSE	2.12	1.55	1.3-6	1.1-2.7



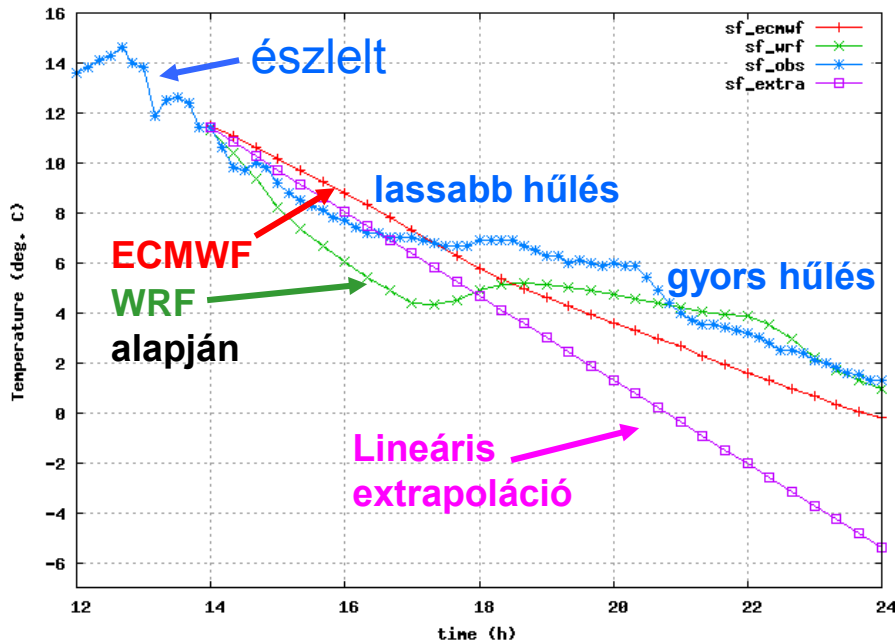
Nagyon rövid-távú előrejelzések tesztelése

Korrigált előrejelzések legfrisebb észlelések alapján, néhány (pl. 0-12 ó) órára előre – további pontosítás (átlagban 1° hiba elérhető)

Matematikai módszerek (extrapoláció): legfeljebb 2-3 ó előre használhatók és óráról órára nagyon változhatnak

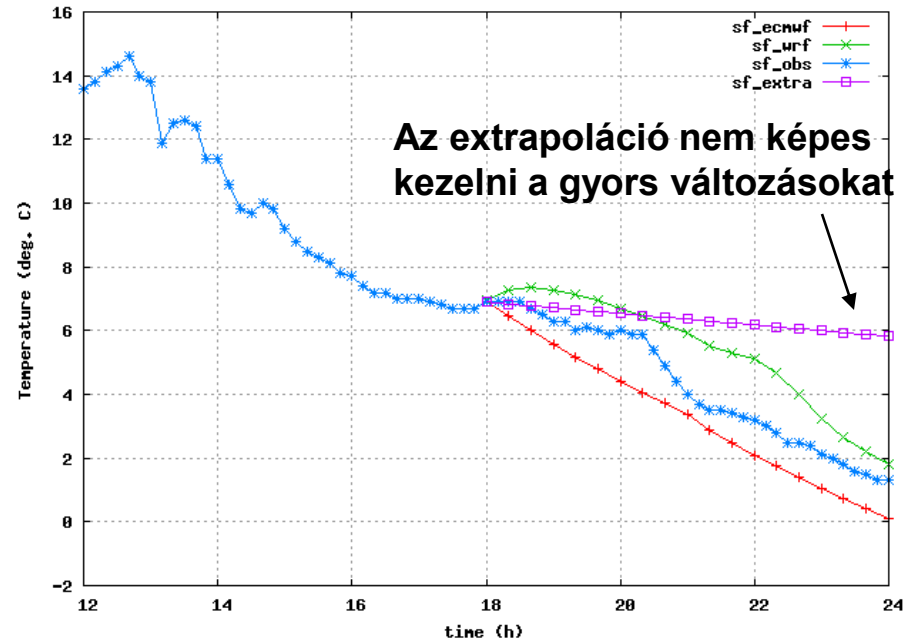
A modell előrejelzések kiegyensúlyozottabbak, főleg a lokális modellek képesek a hirtelenebb változások előrejelzésére is.

Surface temperature: 20160111 st: 99126



1400 UTC futás

Surface temperature: 20160111 st: 99126



1800 UTC futás



Összefoglaló

A meteorológiai alkalmazások eredményei érzékenyek a bemenő, NWP előrejelzések pontosságára. Emiatt egyre inkább terjed az EPS futások (vagy multimodell) használata.

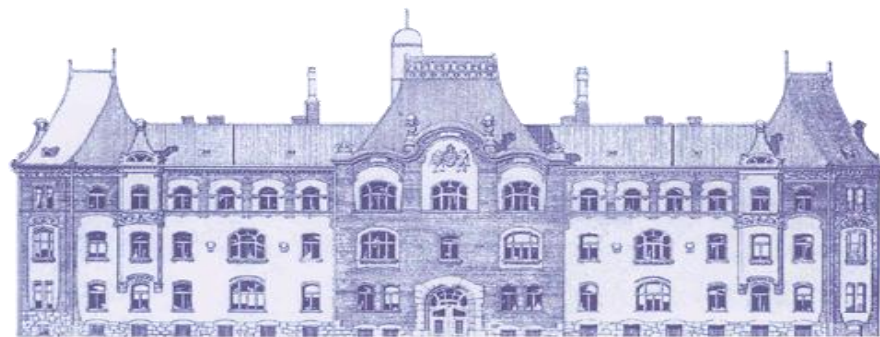
Interdiszciplináris használat esetén szükség van szoros együttműködésre a felhasználóval. Egyes alkalmazások működésére speciális bemenő adatok kellenek (pl. úttest hőmérséklet, vízgyűjtő telítettség, stb.)

Az egyes kimenetek verifikációja problémás (tapadó hó, jégeső), főleg szélsőséges időjárási helyzetekben.

EUMETNET ASIST nemzetközi együttműködés: a jelenlegi nowcasting és nagyon rövidtávú alkalmazások használata az európai meteorológiai szolgálatoknál – előnyök és problémák felmérése, fejlesztések lehetőségei



Köszönöm a figyelmet!



Alapítva: 1870

