



# A vízgazdálkodás meteorológiai paramétereinek operatív előrejelzése, igények és lehetőségek

*1. rész:*

*Ihász István, Szintai Balázs, Bonta Imre, Mátrai Amarilla*



*2. rész:*

*Horváth Ákos, Nagy Attila*



*Meteorológiai Tudományos Napok  
Magyar Tudományos Akadémia  
2016. november 25. 09:30*

## *1. rész:*

*Ihász István, Szintai Balázs, Bonta Imre, Mátrai Amarilla*

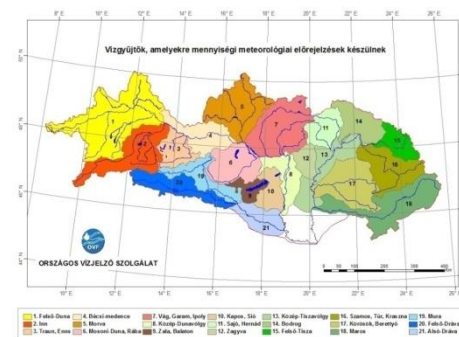
- 1.1. Rövid történeti áttekintés 1978-tól napjainkig
- 1.2. Európai Árvízi Figyelmeztető Rendszer  
European Flood Awareness System (EFAS)
- 1.3. Ensemble reforecast alapú hazai kalibrációs fejlesztések
- 1.4. Hazai rövidtávú ensemble operatív előrejelzések
- 1.5. Néhány további előrejelzési produktum

# 1.1. Rövid történeti áttekintés 1978-tól napjainkig

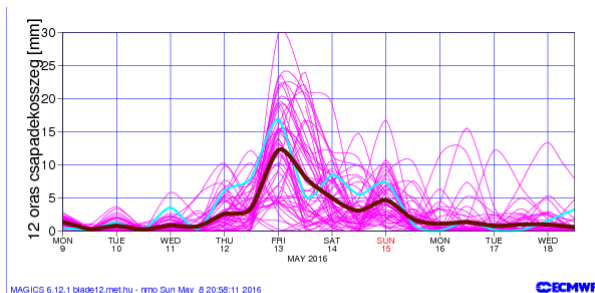
- 1978 - OMSZ: Csapadékszinoptikai Osztály vezető: Bodolainé Jakus Emma



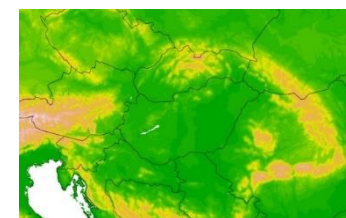
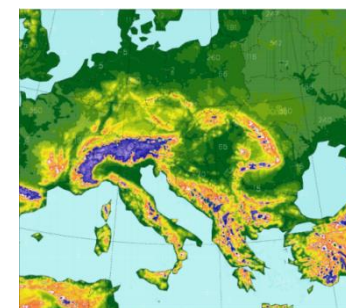
„találkozási modell” rádiószondás mérések alapján, csapadék modell előrejelzések még nem állnak rendelkezésre, mennyiségi csapadék előrejelzés 21 dunai-tiszai vízgyűjtőre



- 1994 - Magyarország ECMWF társult tag  
OMSZ: **determinisztikus és ensemble globális előrejelzések 10 napra**



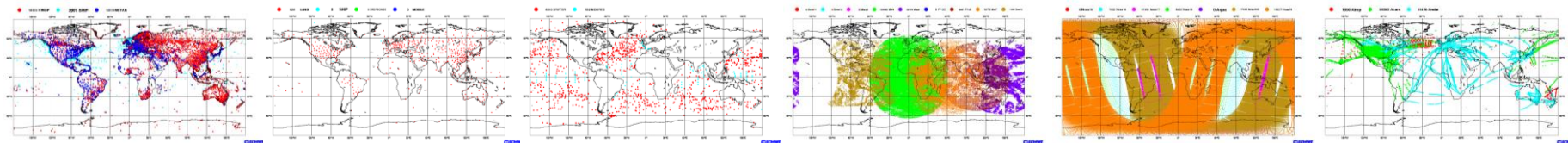
- 1998 - OMSZ: nagyfelbontású korlátos tartományú modell ALADIN/HU (0-48 óra, napjainkban 0-60 óra)
- 2010 - OMSZ: nagyfelbontású **nemhidrosztatikus** modell AROME (0-48 óra)



# A menyiségi csapadék előrejelzés

az egyik legösszetettebb és legnehezebb előrejelzési feladat

- A mérések forrásai (felszíni, magaslégköri, műholdas, repülőgépes, radar):



- Az előrejelzés bizonytalanságának forrásai:

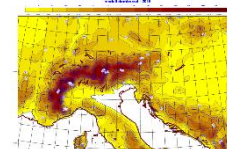
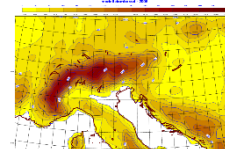
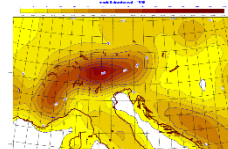
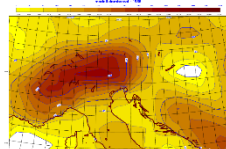
- a légkör kaotikus viselkedése
- megfigyelési hibák
- interpolációs hibák (megfigyelés -> modell rács)
- a légköri folyamatok leírásának közelítései
- közelítő módszerek az egyenletek megoldásakor

- Az ECMWF globális modell felbontásának változása (1979-től operatív):

1986 (200 km)      1996 (80 km)      2006 (25 km)      2016 (9 km)

Példa:

Alpok térsége:

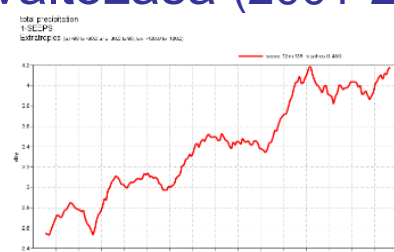


- A modell csapadék előrejelzések bevalásának időbeli változása (2001-2016):

Európa



trópuson kívüli térség



- Jövőbeli kihívások: (2025: ~5 km-es felbontású globális ensemble modell)

# 1.2. Európai Árvízi Figyelmeztető Rendszer European Flood Awareness System (EFAS)



<https://www.efas.eu/>

- 2003: Európai Bizottság Közös Kutató Központjában

(JRC) társfinanszírozás keretén belül,

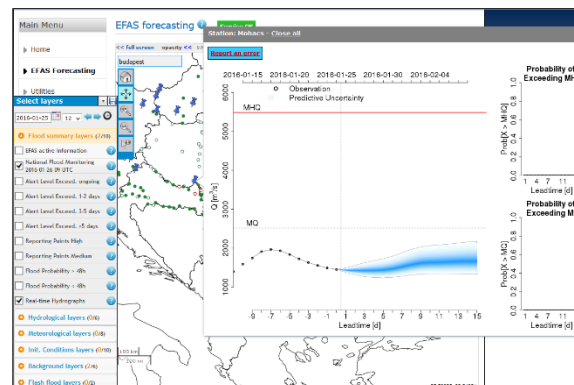
- számos ország meteorológiai és hidrológiai szolgálata,
- ECMWF,
- Megfigyelési és Információs Központ (MIC)



- Célja: növelje Európa védekezési képességét a természeti katasztrófákkal és az árvizekkel szemben

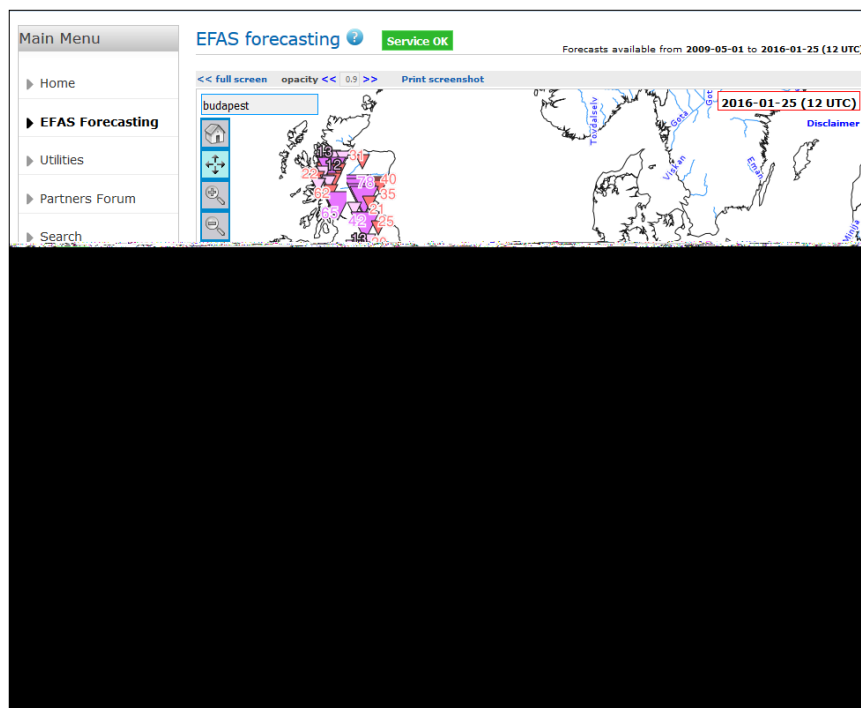
- Korszerű árvízi előrejelző rendszer  
(**valószínűségi előrejelzések**)

- 2012: Operatív működés



# 1.2. Európai Árvízi Figyelmeztető Rendszer European Flood Awareness System (EFAS)

- Naponta kétszer
- Időintervallum: rövidtávtól a középtávig
- Meteorológiai modellek: ECMWF ensemble  
COSMO ensemble



Példa: flash flood előrejelzés

TECHNICAL MEMORANDUM

778

On the operational implementation  
of the European Flood Awareness  
System (EFAS)

Paul Smith, Florian Pappenberger, Fredrik  
Wetterhall, Jutta Thielen<sup>1</sup>, Blazej  
Krzeminski, Peter Salamon<sup>1</sup>, Davide  
Muraro<sup>1</sup>, Milan Kalas<sup>1</sup> and Calum Baugh


Forecast Department

<sup>1</sup>European Commission Joint Research Centre, Institute for  
Environment and Sustainability, Ispra, Italy

Submitted to "Flood Forecasting: A Global Perspective" (Eds. Thomas E  
Adams & Thomas C. Pagano)

April 2016

*This paper has not been published and should be regarded as an Internal Report from ECMWF.  
Permission to quote from it should be obtained from the ECMWF.*



European Centre for Medium-Range Weather Forecasts  
Europäisches Zentrum für mittelfristige Wettervorhersage  
Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme

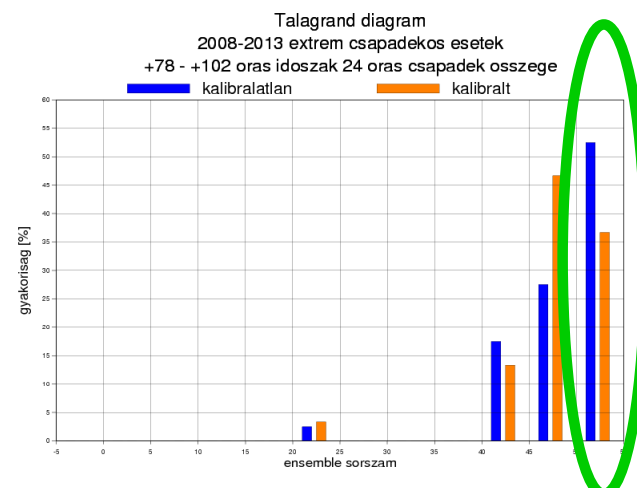
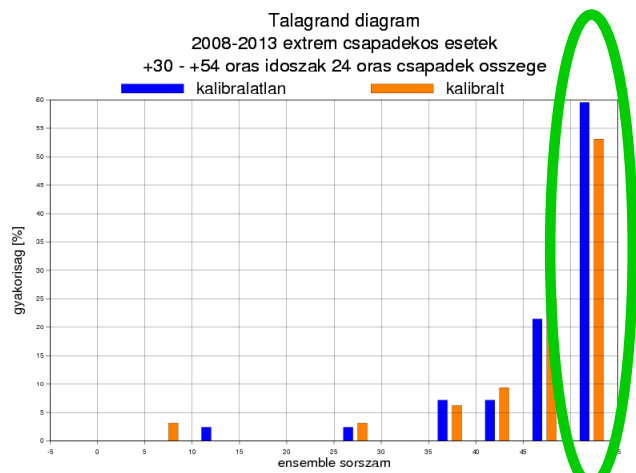
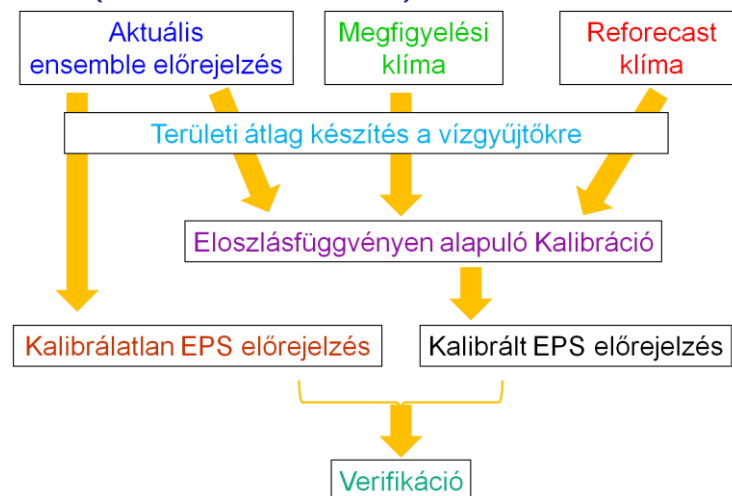
# 1.3. Ensemble reforecast alapú hazai kalibrációs fejlesztések

- Statisztikai utófeldolgozási módszerek széles köre
- Motiváció: az előrejelzési hibák csökkentése (Mátrai, 2015)

- Legmodernebb technika:  
ECMWF: 11 tagú ensemble reforecast előrejelzések az elmúlt 20 évre az aktuális modell verzióval (hetente kétszer)

- Eloszlás függvény alapú kalibráció

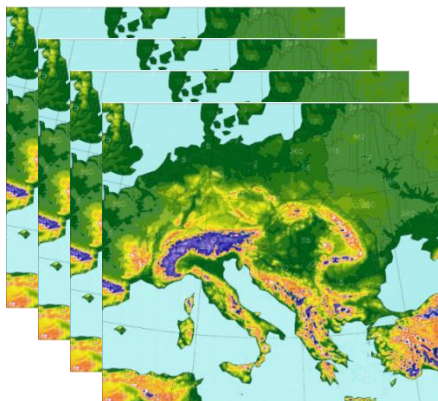
- Verifikáció (100 extrém eset: 2008-2013):



## A helyben készülő rövidtávú regionális előrejelzések szükségszerűsége:

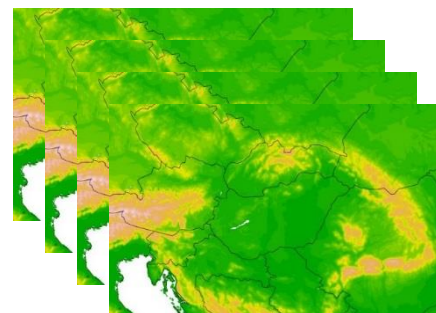
1. Finomabb tér és időbeli előrejelzés
2. Több megfigyelési információ használata (pl. radaradatok)
3. A helyi éghajlati sajátosságokra jobban koncentráló fejlesztések
4. Helyi modellező szakember gárda hozzájárulása az előrejelzői igények megvalósításához

### ALADIN-EPS



- Hidrosztatikus modell
- 8 km-es horizontális felbontás
- 49 vertikális szint
- 11 ensemble tag
- Operatív az OMSZ-ban 2008 óta

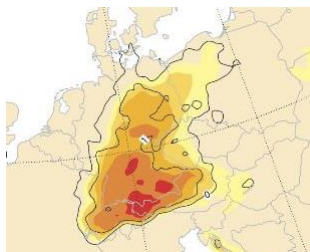
### AROME-EPS



- Nemhidrosztatikus modell
- 2,5 km-es horizontális felbontás
- 60 vertikális szint
- 10-15 ensemble tag
- Kísérleti fázisban, várható bevezetés 2-3 éven belül

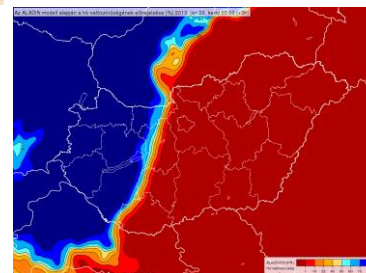


- Extrém Előrejelzési Index (EFI)

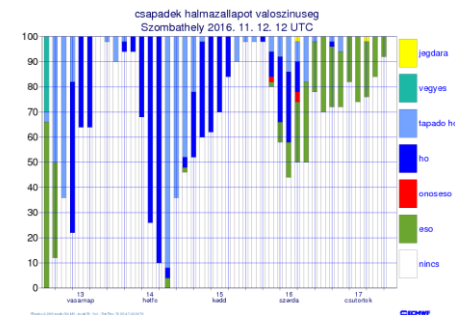


2013. május 29.

- Csapadéktípus valószínűség

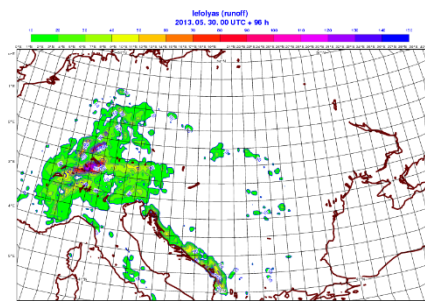


2013. január 23.



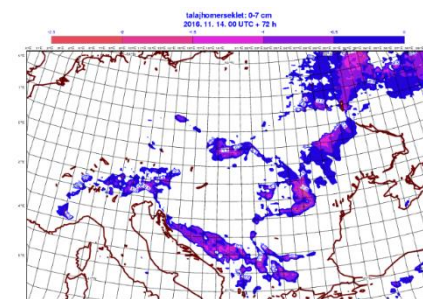
2016. november 11.

- Felszíni lefolyás



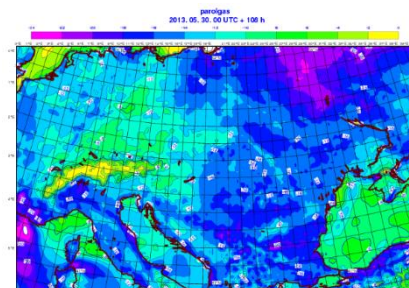
2013. május 30.

- Talajhőmérséklet és nedvesség



2016. november 14.

- Párolgás



2013. május 30.

# Vége az 1. résznek Köszönjük a figyelmet!

*1. rész:*

*Ihász István, Szintai Balázs, Bonta Imre, Mátrai Amarilla*

- 1.1. Rövid történeti áttekintés 1978-tól napjainkig
- 1.2. Európai Árvízi Figyelmeztető Rendszer  
European Flood Awareness System (EFAS)
- 1.3. Ensemble reforecast alapú hazai kalibrációs fejlesztések
- 1.4. Hazai rövidtávú ensemble operatív előrejelzések
- 1.5. Néhány további előrejelzési produktum



## 2. rész: Az OMSZ nowcasting rendszere a vízgazdálkodás szolgálatában

Nagy Attila, Horváth Ákos

OMSZ

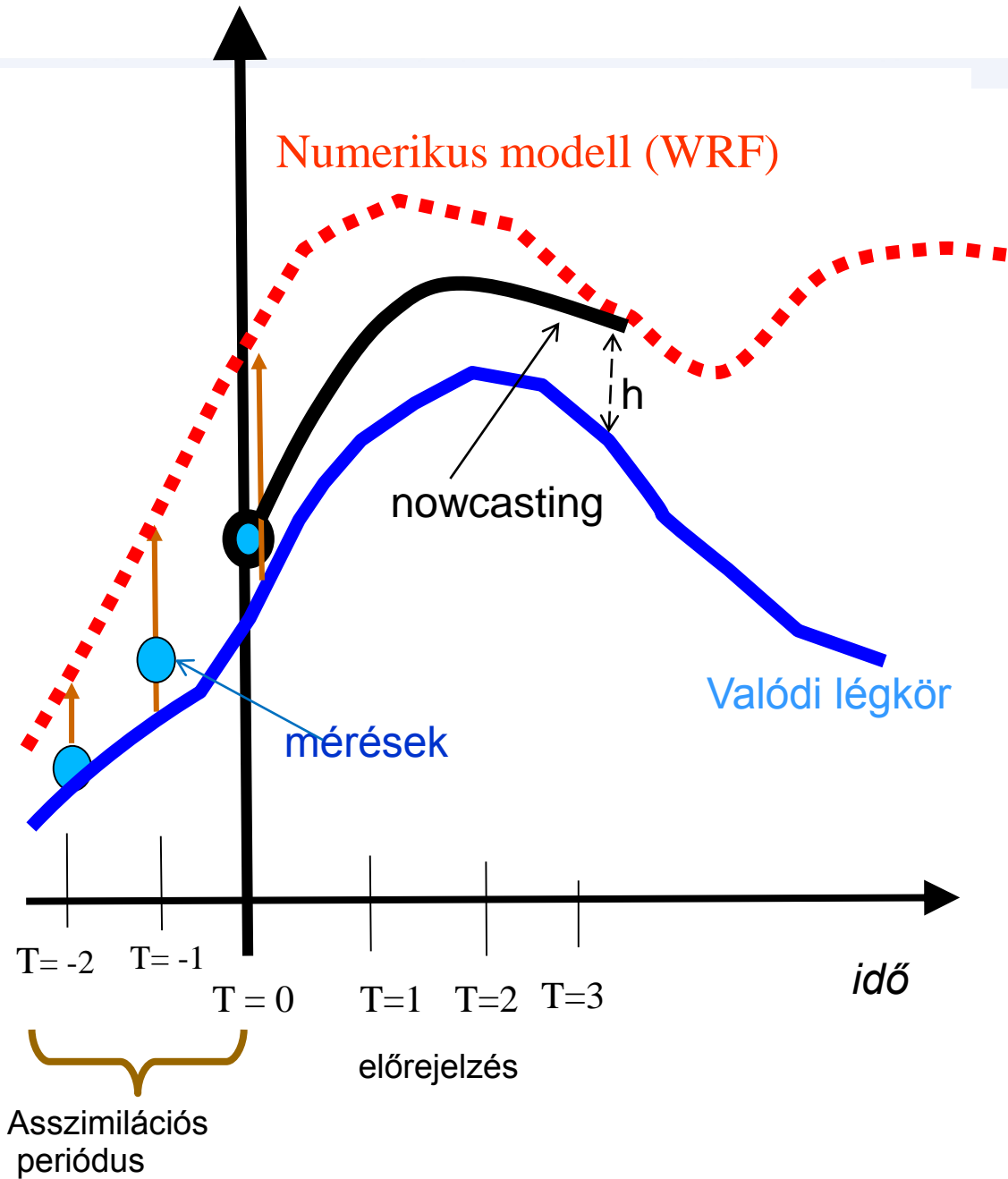
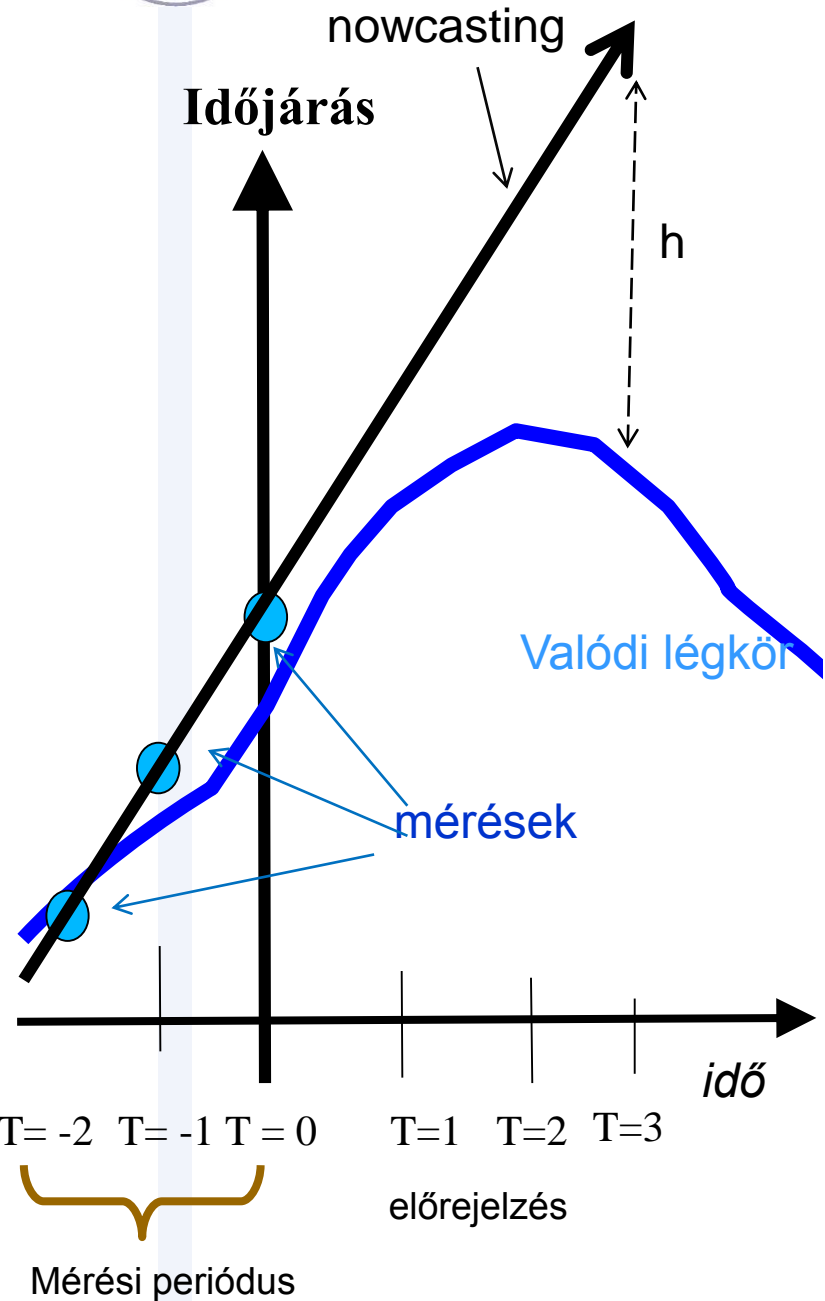


***Meteorológiai Tudományos  
Napok  
2016. november 25.***



# NOWCASTING

## Időjárási paraméterek tere





# Csapadék nowcasting: analízis



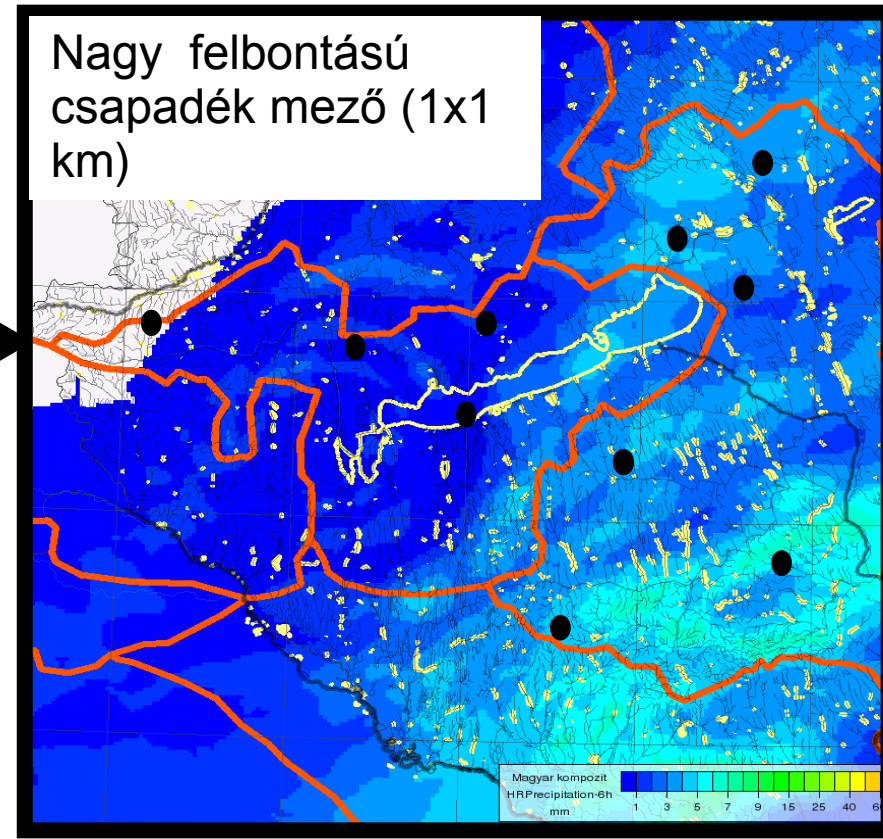
Felszíni csapadék mérő hálózat



időjárési radar

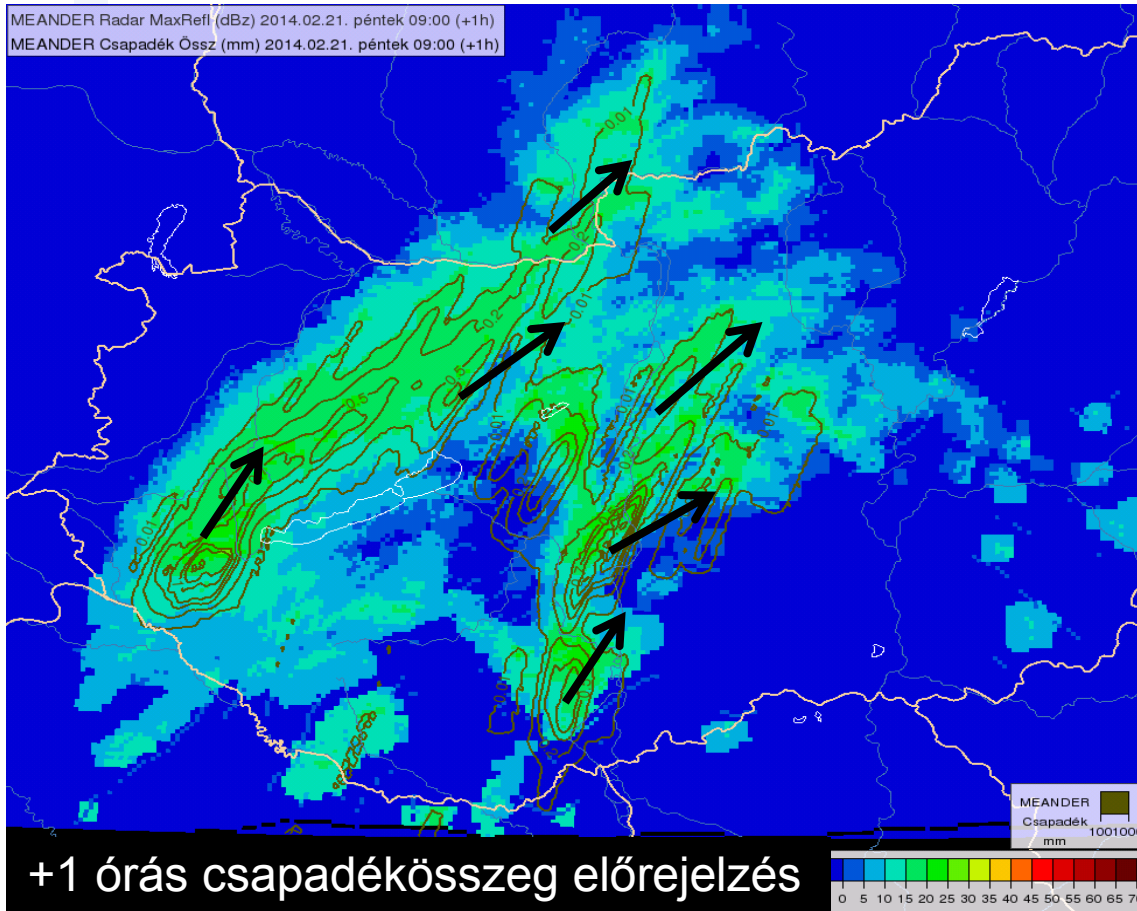
Adat asszimiláció

10 perces gyakorisággal  
1 óras csapadék összeg



## Csapadék nowcasting: előrejelzés

A számítógépes előrejelzések és folyamatosan frissülő mérések felhasználásával áthelyeződési vektorok kiszámításával a csapadérendszer lineáris advekciója



↗ Áthelyeződési vektorok  
NWP + analízisek sorozatából

Villám árvizekre történő riasztás

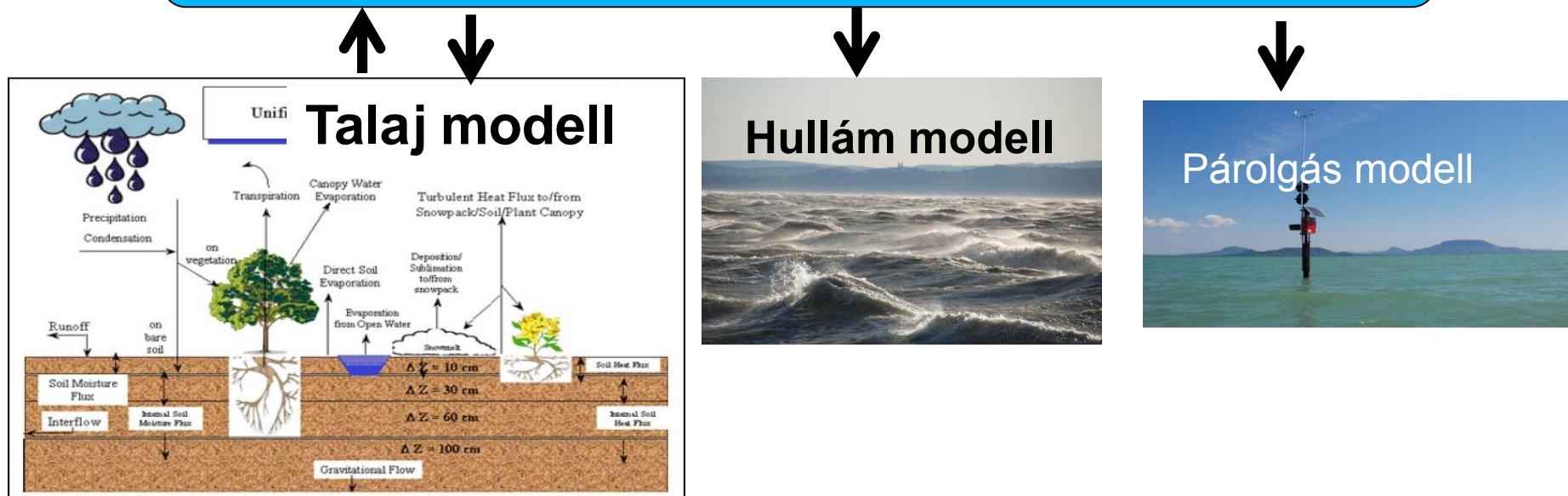


# Légkör és környezetének kölcsönhatása

**Nowcasting rendszer** folyamatosan frissülő meteorológiai adataival **meghajtott talajmodell, tó-párolgás modell, víz-hullám modell:**

10 perces gyakorisággal kap meteorológiai input adatokat a talajmodell, amely a diffúziós egyenletek segítségével kiszámolja a talajnedvesség és talajhőmérséklet értékeket.

## Légkör (nowcasting analízis)



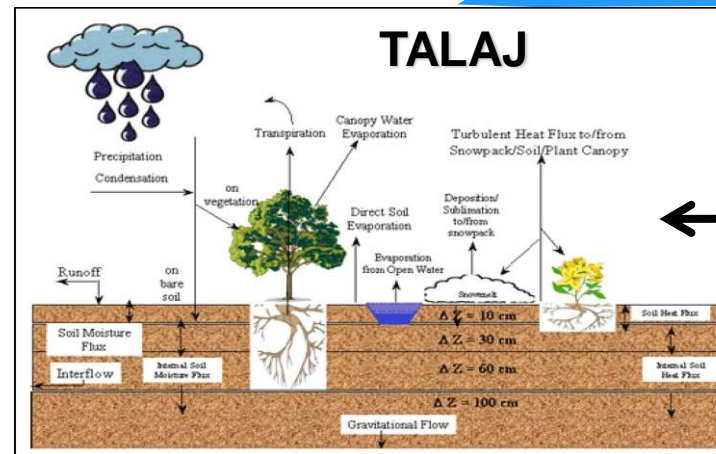
# A talaj és a légkör kapcsolatrendszere

## A talaj visszahatása a légkörre:

- Szenzibilis hőáram
- Latens hőáram
- Hosszúhullámú kisugárzás (felszínhőmérséklet)
- Rövidhullámú kisugárzás (felszíni albedó)

## A felszínre érő külső hatások:

- Besugárzás (rövid- és hosszú hullámhosszon)
- Csapadék
- Hőmérséklet
- Szél
- Nedvesség
- Légnyomás



## Talajállapot:

- Növényborítottság
- Talaj fizikai félesége
- Földhasználat
- Albedó
- Hóborítottság
- Stb.

## A talaj adaptációja a külső hatásokhoz:

- Talajhőmérséklet
- Talajnedvesség
- Felszíni víz
- Hóvastagság, hósűrűség



# A felszín- és talajmodellek szerepe =

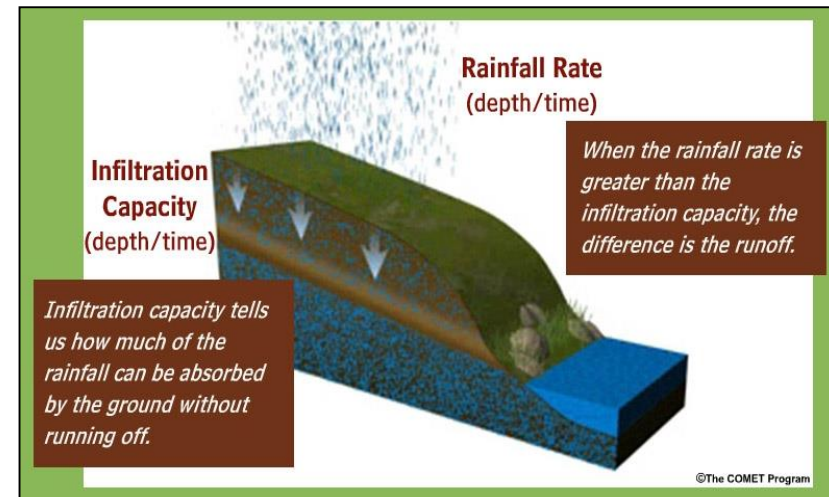
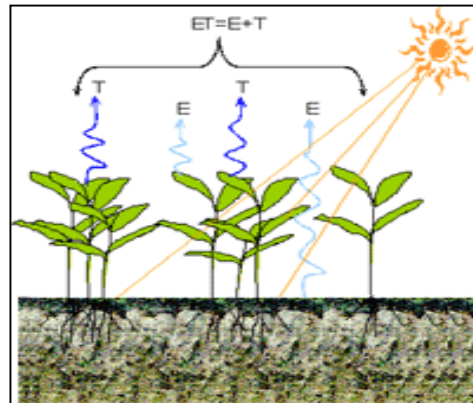
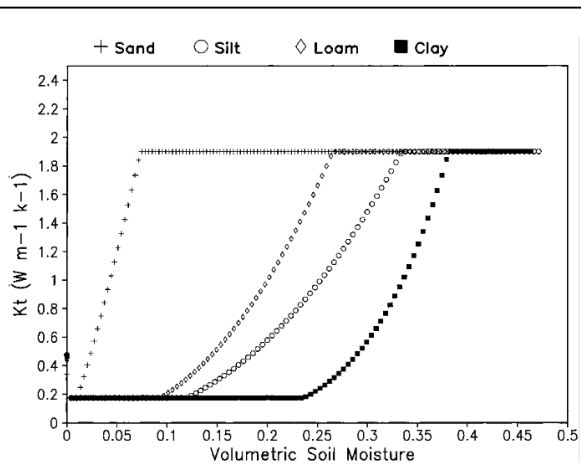
A légköri előrejelzési modellek alsó peremfeltétel biztosítása a felszín- és talaj állapotának leírásán keresztül.

## Felszín- és talajállapot leírása =

1. Hőenergia- és vízárámok leírása  
(parciális differenciálegyenletek megoldásai az állapotváltozók)
2. Diagnosztikai mennyiségek számítása empirikus vagy félempirikus összefüggésekből  
(parametrizációk)

$$C(\Theta) \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[ K_t(\Theta) \frac{\partial T}{\partial z} \right]$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left( D \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) + \frac{\partial K(\theta)}{\partial z} + S(\theta)$$



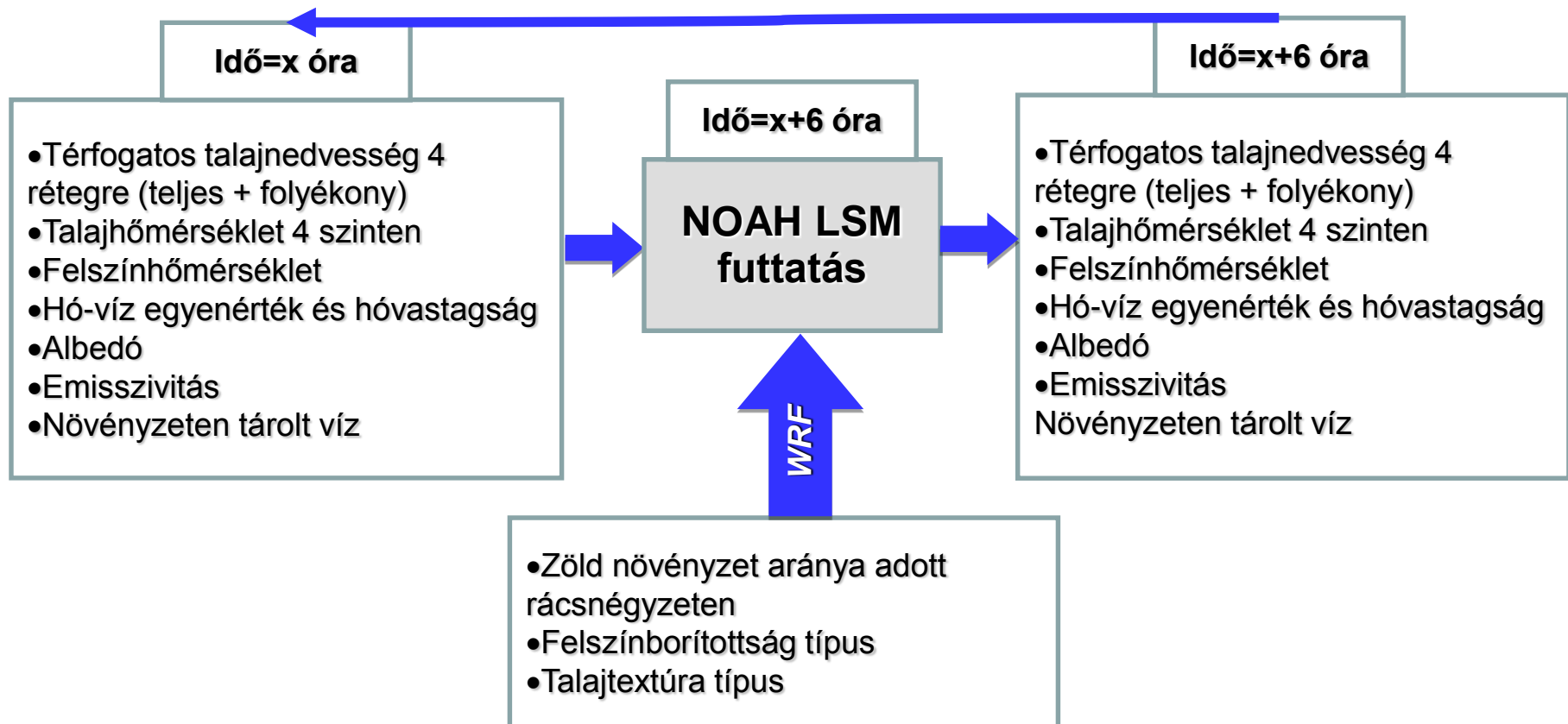
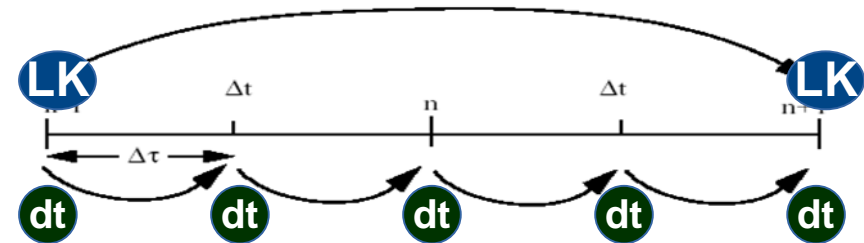
# Felszínmodell operatív gyakorlatban

I. Léggöri kényszerfeltételek **LK**

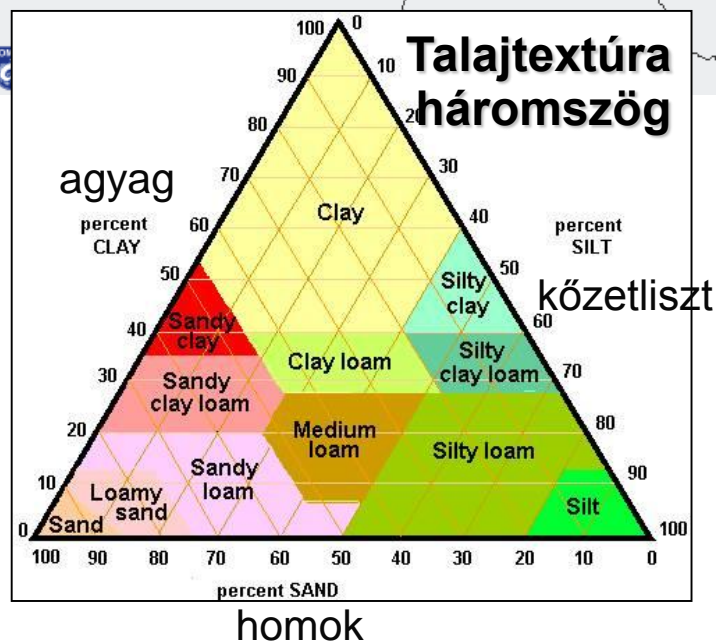
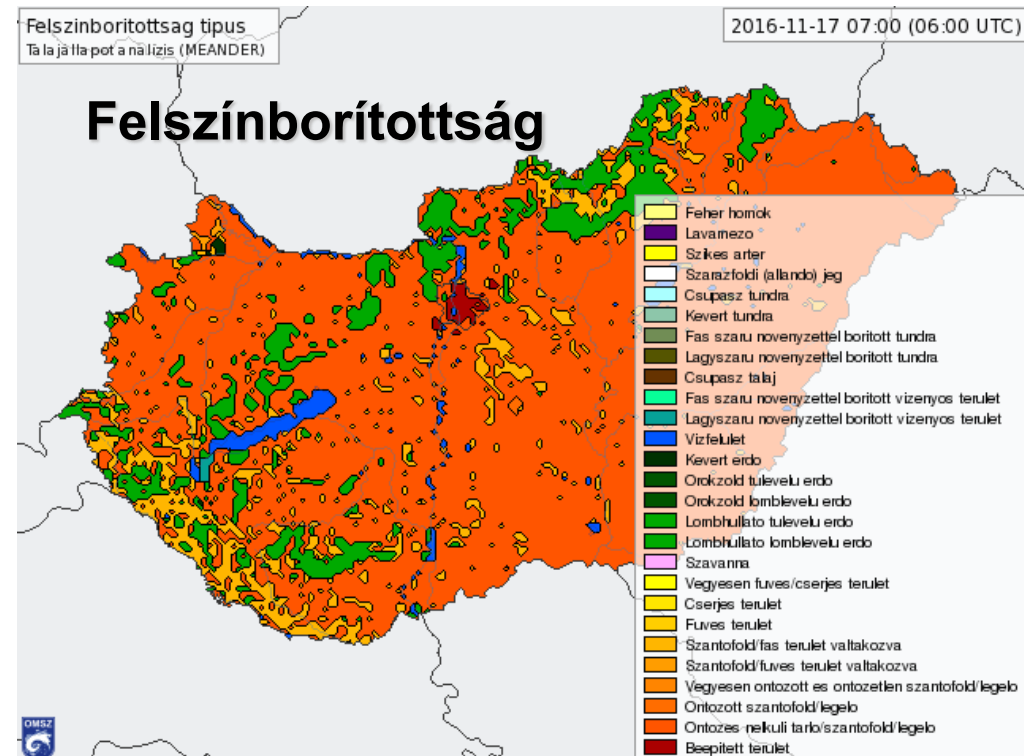
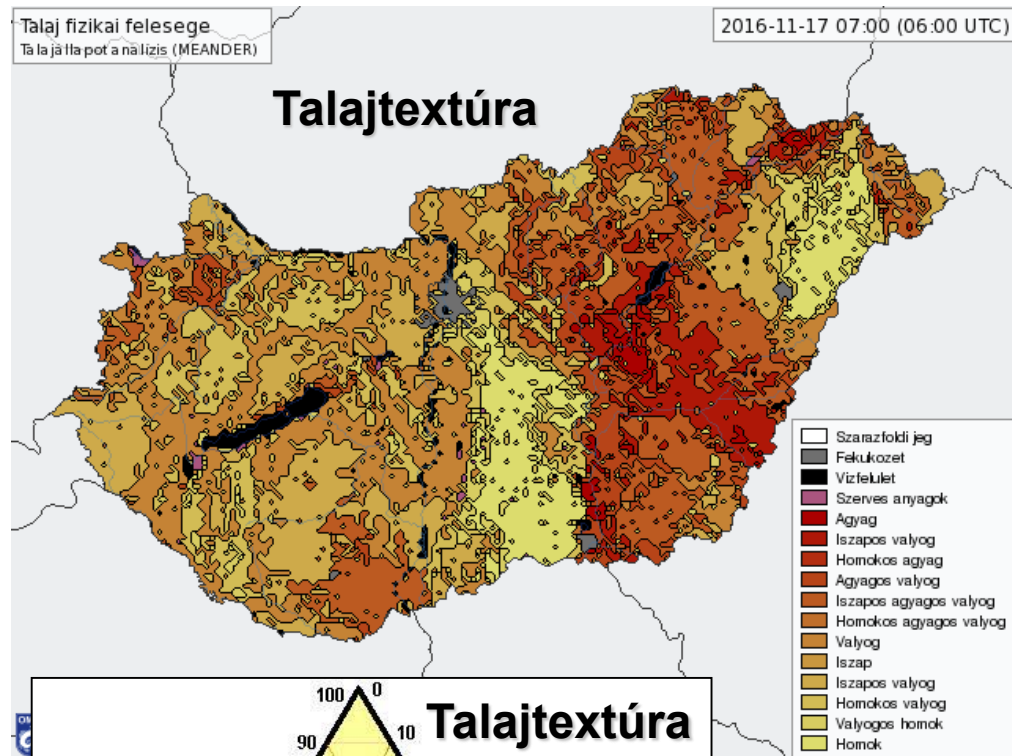
II. Kezdeti feltételek a felszín- és a talajállapotra vonatkozóan

III. Metaadatok

MEANDER analízis



# Felszínmodell operatív gyakorlatban



Városi felszín



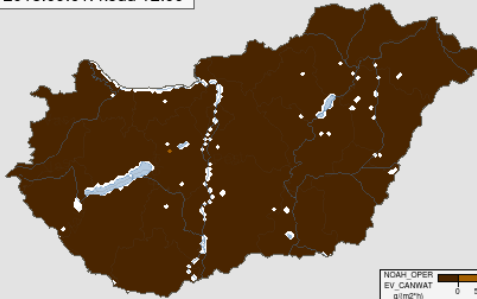
# Eredmények

*Meleg nyári nap*

## Párolgási tagok

NOAH\_OPER EV\_CANWAT (g/(m<sup>2</sup>h)) 2015.09.01. kedd 12:00

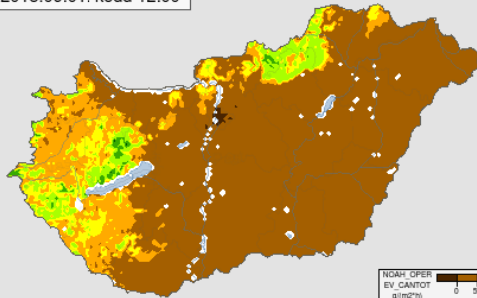
**Növény  
felszínén  
tárolt víz**



F<sub>l</sub>=47.45 L<sub>a</sub>=24.36  
NOAH\_EV\_CANWAT (Nincs adat)

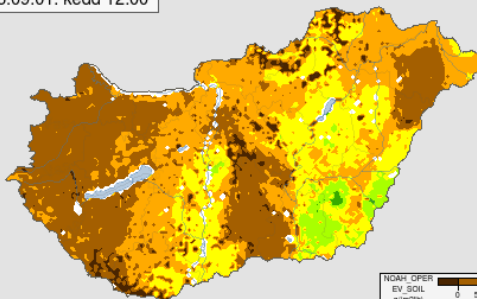
NOAH\_OPER EV\_CANTOT (g/(m<sup>2</sup>h)) 2015.09.01. kedd 12:00

**Növényzet  
párolgása**



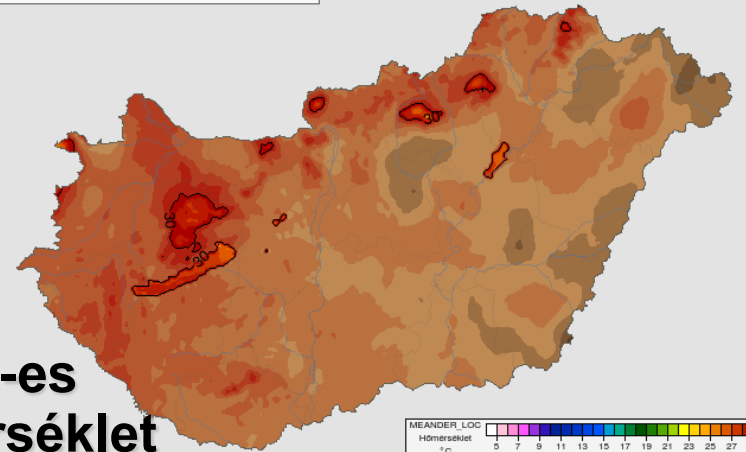
NOAH\_OPER EV\_SOIL (g/(m<sup>2</sup>h)) 2015.09.01. kedd 12:00

**Csupasz  
talaj  
párolgása**



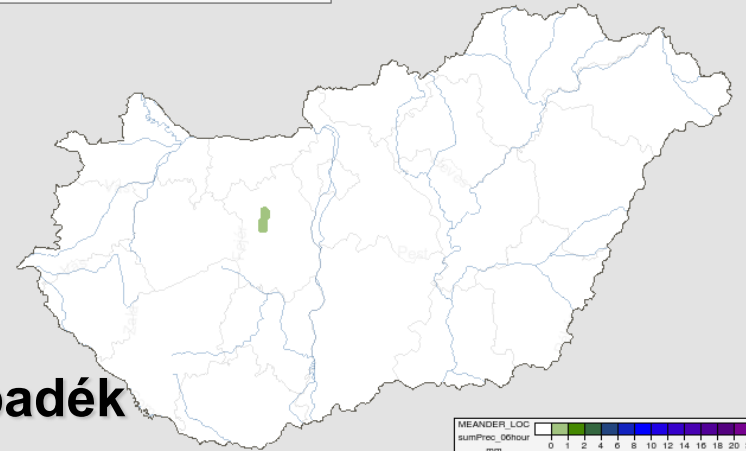
MEANDER\_LOC Hőmérséklet (°C) 2m 2015.09.01. kedd 12:00

**2m-es  
hőmérséklet**



MEANDER\_LOC sumPrec\_06hour (mm) 2015.09.01. kedd 12:00

**Csapadék**



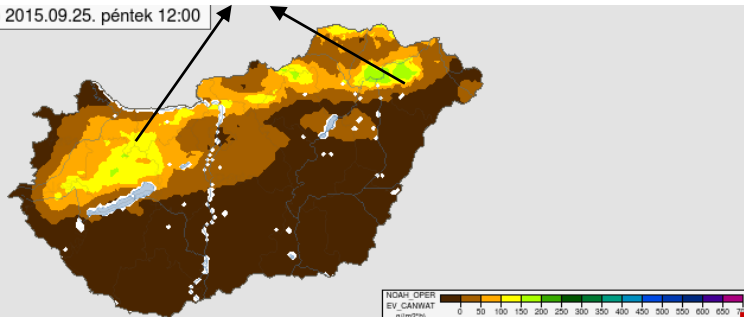
- Az evaporáció és a transpiráció aránya főként a növényborítottság függvénye

# Eredmények

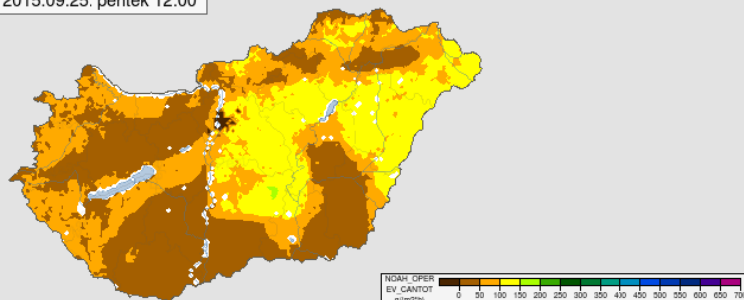
*Hűvös, csapadékos helyzet*

## *Erős párolgás* Párolgási tagok

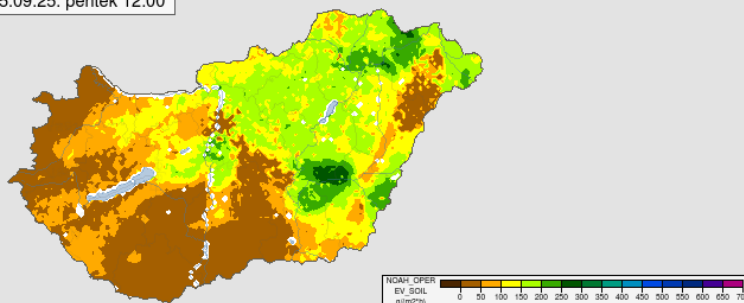
NOAH\_OPER EV\_CANWAT (g/(m<sup>2</sup>h)) 2015.09.25. péntek 12:00



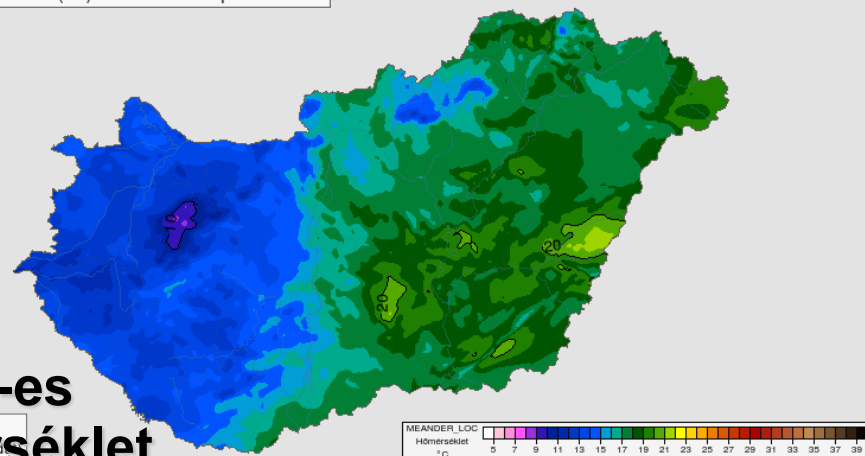
NOAH\_OPER EV\_CANTOT (g/(m<sup>2</sup>h)) 2015.09.25. péntek 12:00



NOAH\_OPER EV\_SOIL (g/(m<sup>2</sup>h)) 2015.09.25. péntek 12:00

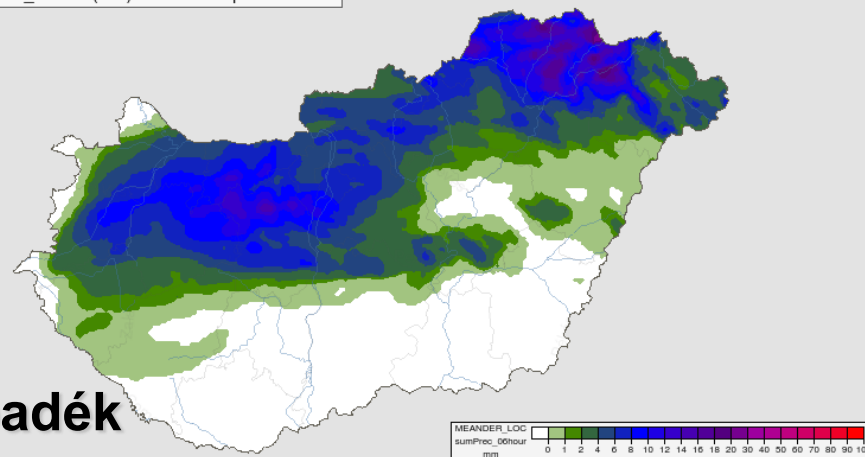


MEANDER\_LOC Hőmérséklet (°C) 2m 2015.09.25. péntek 12:00



2m-es hőmérséklet

MEANDER\_LOC sumPrec\_06hour (mm) 2015.09.25. péntek 12:00



Csapadék

- Erős csapadék esetén az intercepiált víz párolgása a meghatározó
- Alacsonyabb hőmérséklet esetén az evaporáció felülmúlja a növényzet párolgását

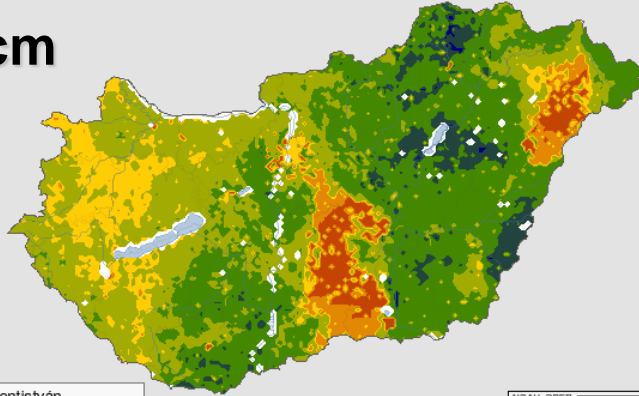
# Eredmények

*Meleg nyári nap*

## Talajnedvesség

NOAH\_OPER Soil\_moisture (m3m-3) 0-10cm 2015.09.01. kedd 12:00

**0-10 cm**



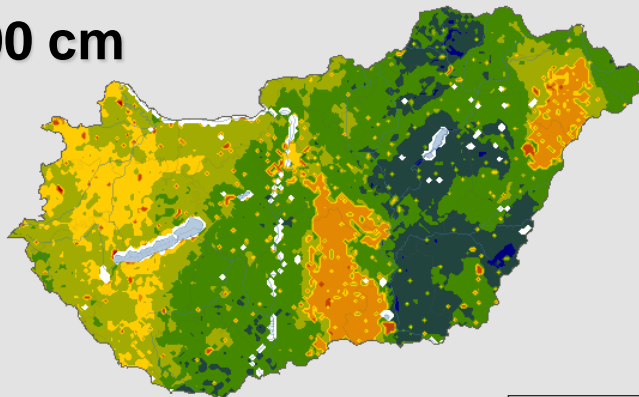
Fi=47.78 La=20.70 Szentistván  
NOAH Soil\_moisture 0-10c 0.302 m3m-3

NOAH\_OPER  
Soil\_moisture  
m3m-3

0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5
---	------	-----	------	-----	------	-----	------	-----	------	-----

NOAH\_OPER Soil\_moisture (m3m-3) 40-100cm 2015.09.01. kedd 12:00

**40-100 cm**



NOAH\_OPER  
Soil\_moisture  
m3m-3

0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5
---	------	-----	------	-----	------	-----	------	-----	------	-----

MEANDER\_LOC sumPrec\_06hour (mm) 2015.09.01. kedd 12:00

**Csapadék**



MEANDER\_LOC  
sumPrec\_06hour  
mm

0	2	6	10	14	18	30	50	70	90
---	---	---	----	----	----	----	----	----	----

- A mélységgel egyre csökkennek a horizontális gradiensek, hangsúlyosabbá válik a talaytextórától való függés.

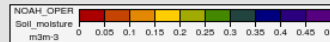
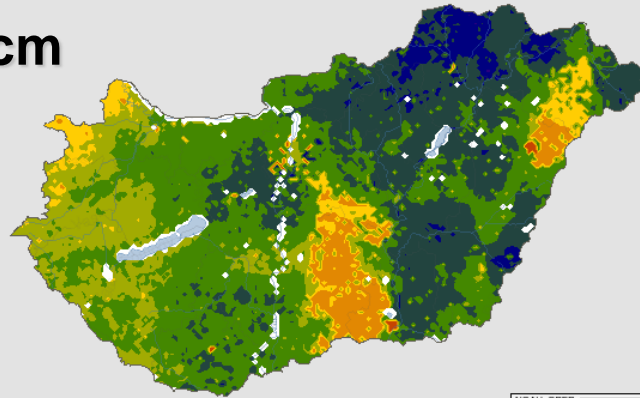
# Eredmények

*Hűvös, csapadékos helyzet*

## Talajnedvesség

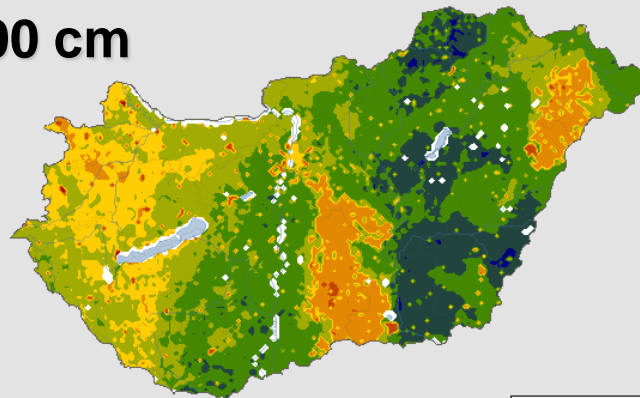
NOAH\_OPER Soil\_moisture (m3m-3) 0-10cm 2015.09.25. péntek 12:00

0-10 cm



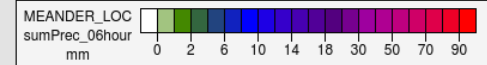
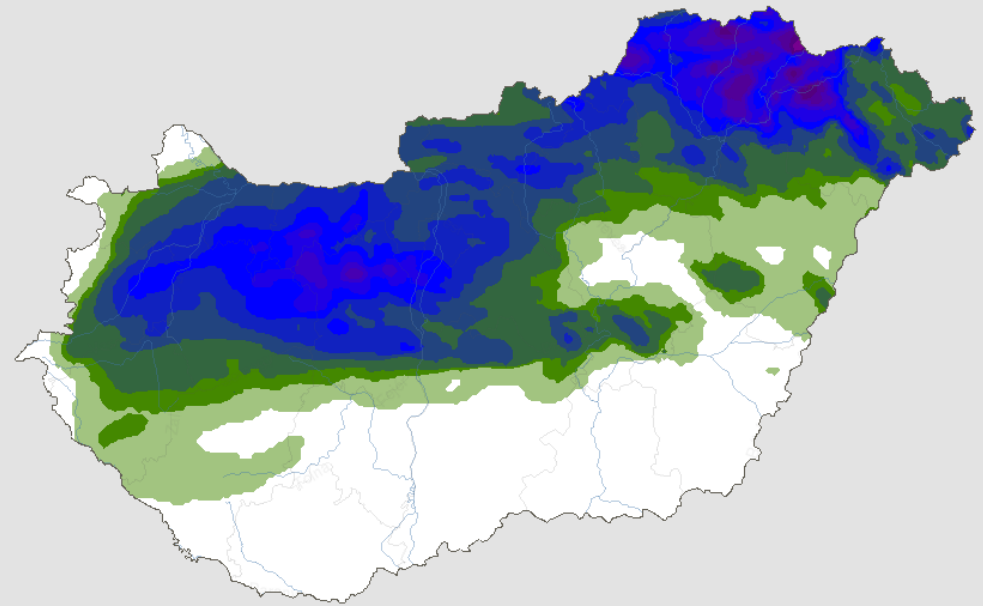
NOAH\_OPER Soil\_moisture (m3m-3) 40-100cm 2015.09.25. péntek 12:00

40-100 cm



MEANDER\_LOC sumPrec\_06hour (mm) 2015.09.25. péntek 12:00

Csapadék



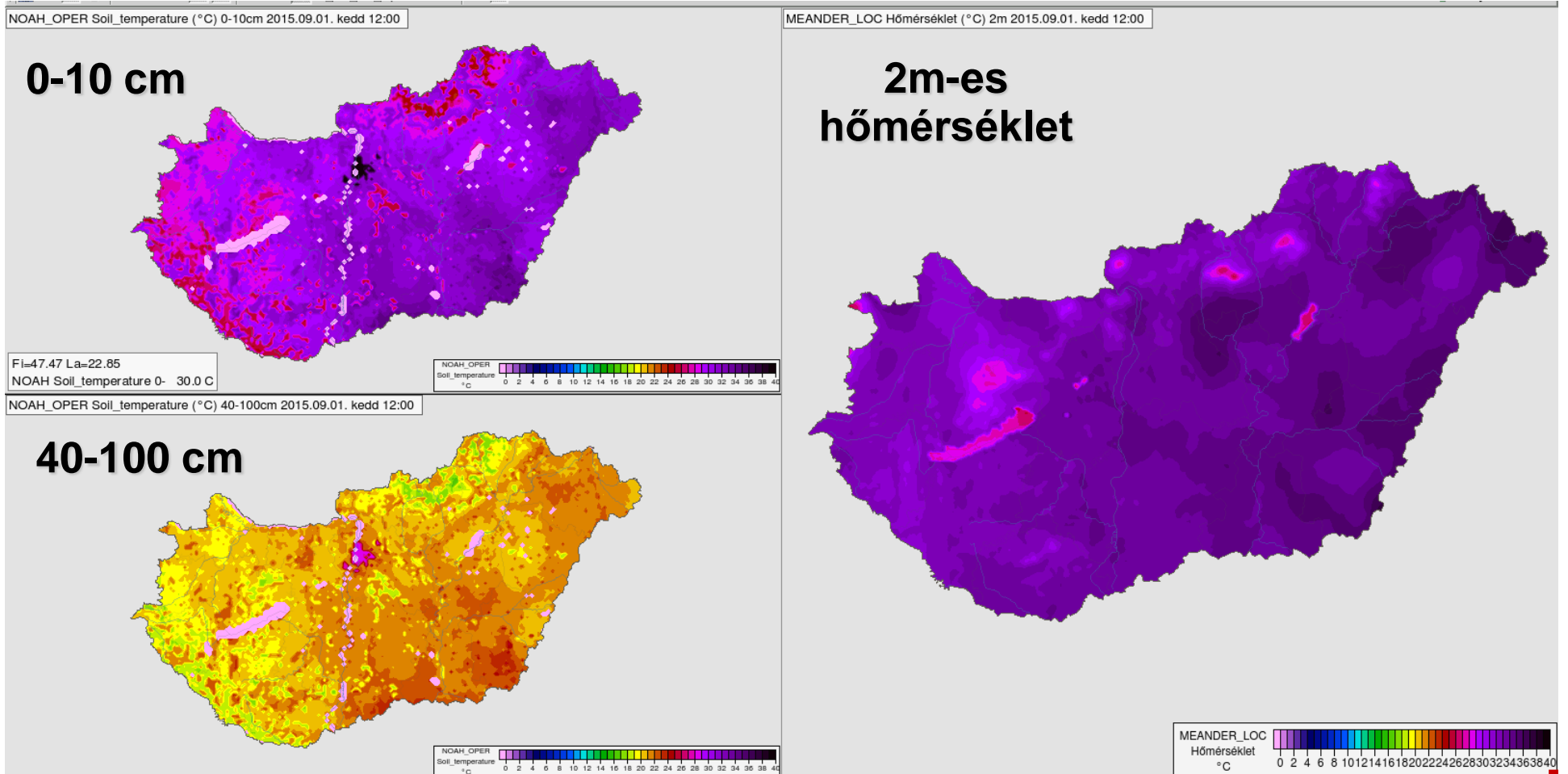
FI=49.21 La=21.67  
MEA sumPrec\_06hour (Nincs adat)

- Lefelé haladva egyre függetlenebb a talajállapot az aktuális időjárási helyzettől

# Eredmények

*Meleg nyári nap*

## Talajhőmérséklet

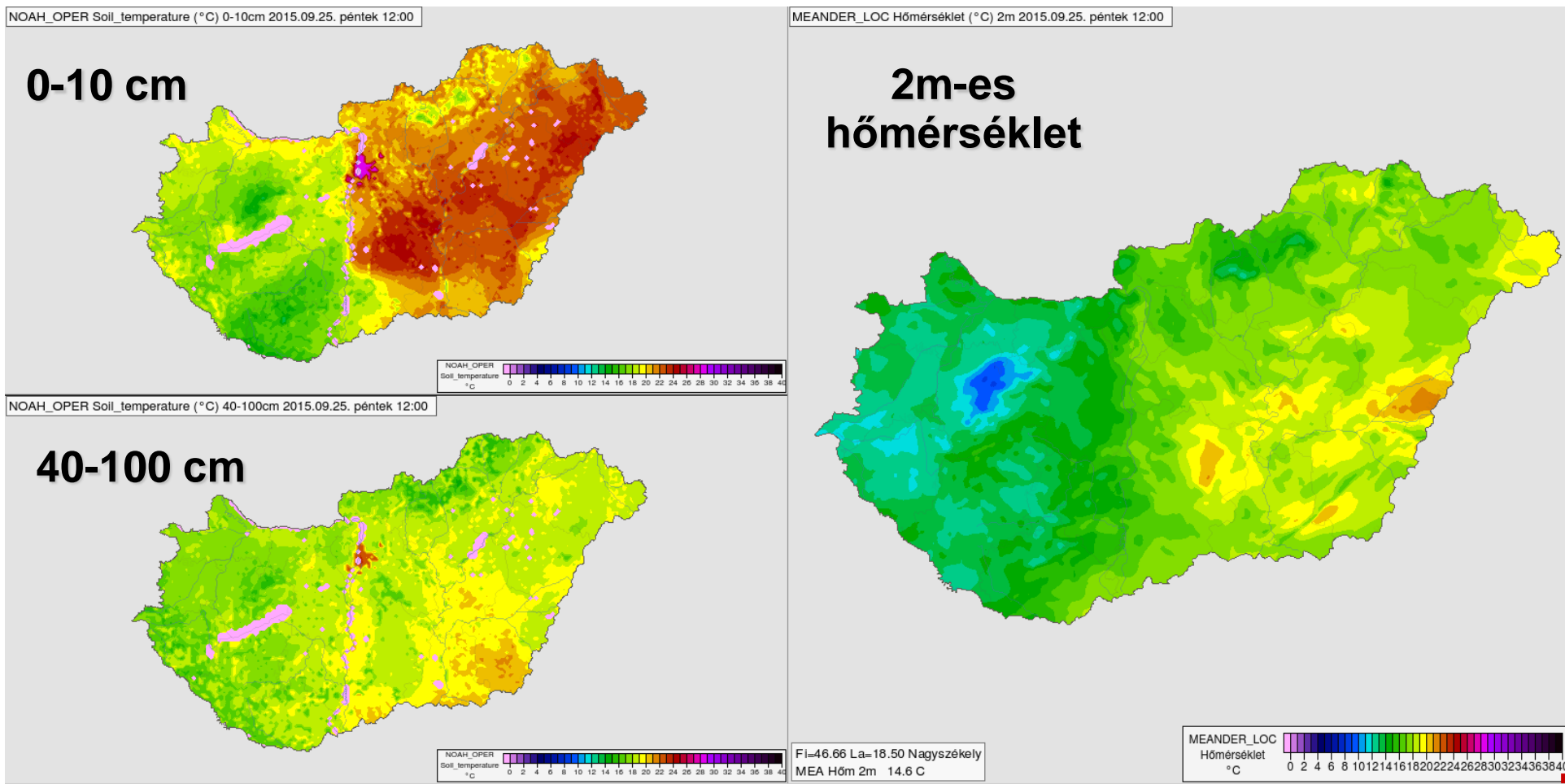




# Eredmények

*Hűvös, csapadékos helyzet*

## Talajhőmérséklet



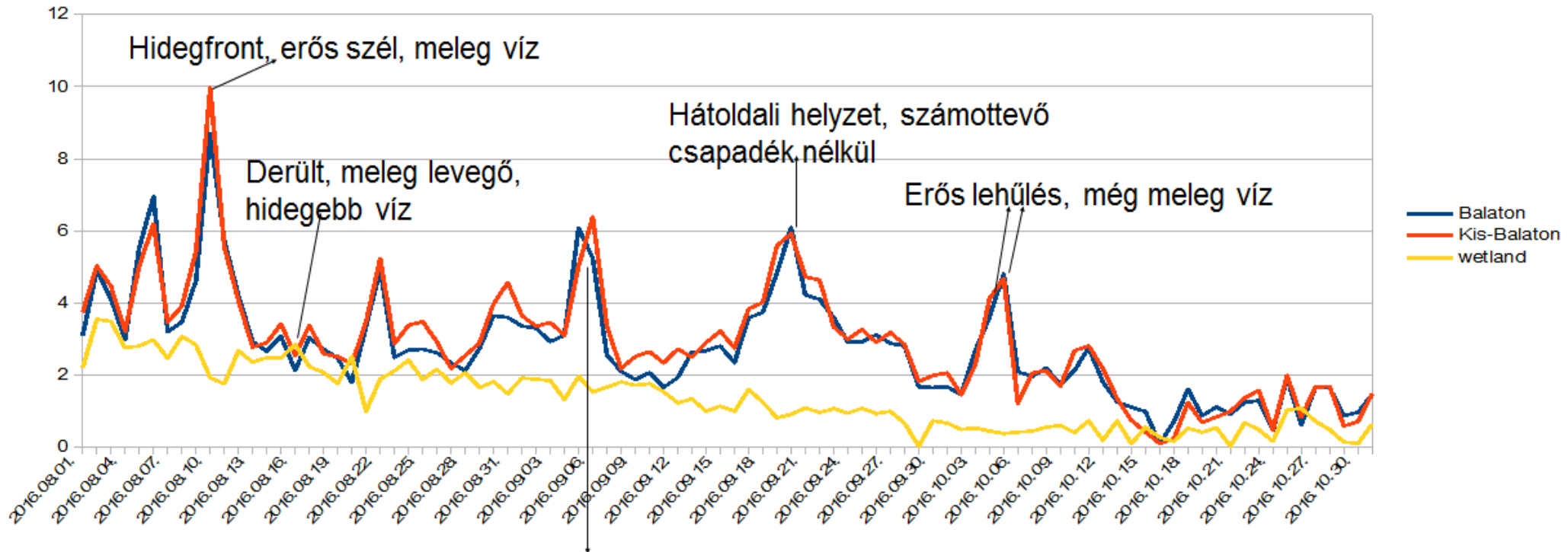
- A talajhőmérséklet a felszínhez közelebb függ erősebben a talajtextúrától
  - Nagyfokú érzékenység a sugárzási egyenlegről

# Talajmodell jelentősége, alkalmazása

- A talaj markánsan visszahat az időjárásra (a talaj a légkör “memóriája”).
- Az alkalmazott talajmodell a légköri hatások függvényében fizikai alapon meghatározza a talaj és a felszín állapotát.
- A talajmodellt a numerikus modelltől függetlenül a valódi időjárási paraméterekkel futtatjuk.
- A nagy térbeli felbontás révén valós idejű képet kapunk az ország talajállapotáról:
  - a víz- és energiamérleg nem mért vagy nem megfigyelt tagjairól, pl. talajhőmérsékletről, talajnedvességről több rétegben
- Alkalmazások:
  - Mezőgazdaság*
  - Vízgazdálkodás, árvízvédelem*
  - Numerikus modellek*

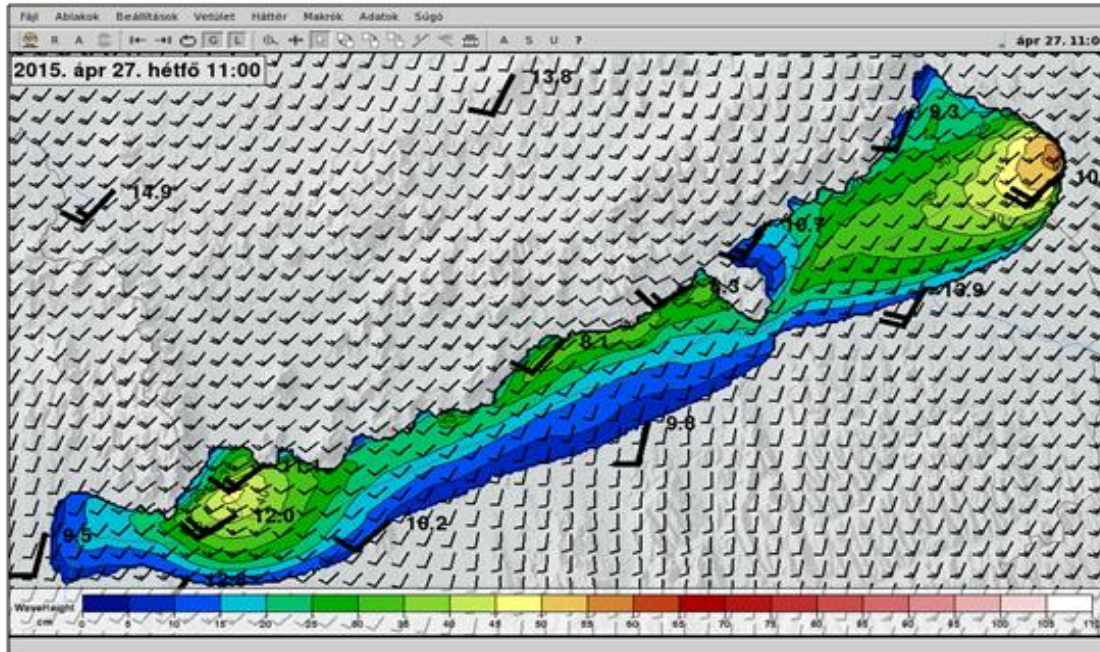
# Balaton, Kis-Balaton és nádas párolgás operatív számítás

Párolgás tömm-ben 2016. augusztus 1. és 2016. október 31. között



Ciklon északi oldalán erős melegadvekción K-felől

# Hullám magasság számítás (diagnosztika)



**Eljárás verifikációja**



$$\frac{gH_s}{u_A^2} = 0,283 \cdot \tanh \left( 0,530 \left( \frac{gh}{u_A^2} \right)^{0,75} \right) \tanh \left[ \frac{0,00565 \left( \frac{gF}{u_A^2} \right)^{0,5}}{\tanh \left( 0,530 \left( \frac{gh}{u_A^2} \right)^{0,75} \right)} \right],$$

**H<sub>s</sub> szignifikáns hullámmagasság**

**Vízmélység: h**      **F meghajtási úthossz**  
**u<sub>A</sub> szélsébségből származtatott mennyiség**  
**(=0,71\*u<sup>1,23</sup>)**

***Részletes leírás: Shore Protection Manual, 1984. Vol. III.***

## Összefoglalás

A nowcasting rendszer nagy felbontású analízise új lehetőséget jelent a vízgazdálkodásban:

- Komplex, nagy felbontású csapadék számítás
- Országos valós idejű talaj állapot számítás (belvíz, aszály)
- Speciális alkalmazások a környezeti monitoring rendszerek kiszolgálására

