

Agrometeorológiai szolgáltatások: időjárás modellek, műholdak szerepe

Szintai Balázs, Tóth Helga, Kullmann László, Putsay Mária, Szenyán Ildikó,
Ihász István, Szűcs Mihály, Nagy Attila

szintai.b@met.hu



Alapítva: 1870



Tartalom

- OMSZ-nál alkalmazott numerikus modellek
- ECMWF közép- és hosszútávú előrejelzések
- Korlátos tartományú modellek (ALADIN/AROME)
- Napi léptékű aszályindexek
- Műholdas produktumok
- ImagineS projekt



Numerikus modellezés az OMSZ-ban

Előrejelzési időtáv




Ultrarövidtáv
(~néhány óra → 1 nap)

Korlátos tartományú időjárás-előrejelző modellek

WRF
MEANDER
INCA



Rövid táv
(1-2 nap)

ALADIN/AROME
LAMEPS


Éghajlati időskála
(50-100 év)

Regionális klímamodellek

ALADIN-Climate
REMO



Közép táv <i>(15 nap)</i>	Havi <i>(30 nap)</i>	Évszakos <i>(3-6 hónap)</i>
Globális modellek		
ECMWF/IFS	ECMWF/IFS	ECMWF System 4

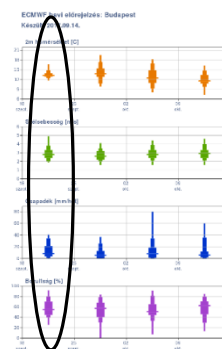
Egy héten túli meteorológiai előrejelzések

- Az előrejelezhetőség elméleti és gyakorlati határai
Ihász István: Az időjárás előrejelezhetősége egy héten túl. *Természet Világa*, 2016, 1, 21-24.



- 15 napos valószínűségi előrejelzések
(naponta kétszer)

2017. 09. 14-i
előrejelzés

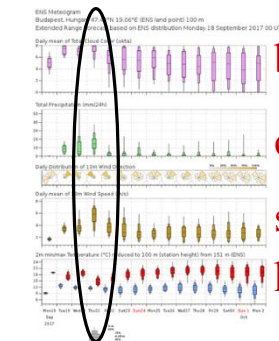


- Havi valószínűségi előrejelzések
(hetente kétszer)

hűvös hét (09.18-24.)

- Évszakos valószínűségi előrejelzések
(havonta egyszer)

2017. 09. 17-i előrejelzés



borultság

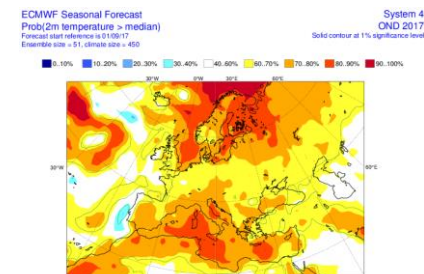
csapadék

szélsebesség

hőmérséklet

csütörtök

esős, szeles nap



Havi valószínűségi előrejelzések

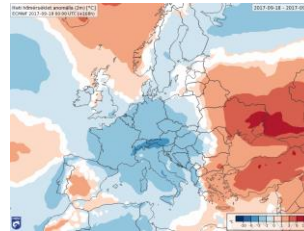
2017. 09. 18-i
előrejelzés

Háttér: globális kapcsolt légkör-óceán modell
Európai Középtávú Előrejelző Központ (ECMWF)

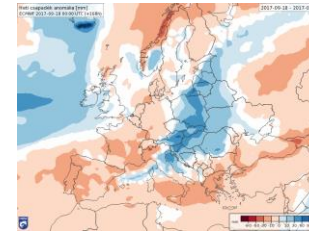
1-4. hét

Heti bontású anomália térképek és valószínűségi információ használata célszerű (www.met.hu)

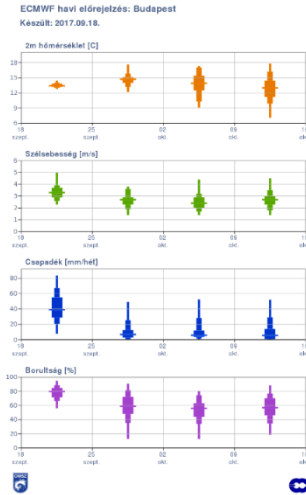
Hőmérséklet, csapadék előrejelzése mellett,
pl. párolgás (evapotranspiráció), talajhőmérséklet
talajnedvesség és napfénytartam előrejelzés is.



hőmérséklet



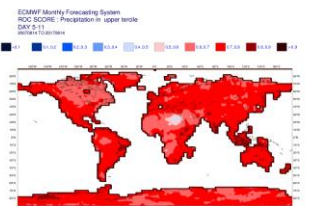
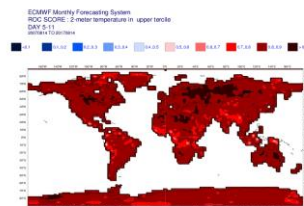
csapadék



09. 18-24.
esős, szeles hét
Budapest

Az előrejelzés beválása:

Európa térségében:
hőmérséklet kb. 3 hét, csapadék kb. 2 hét



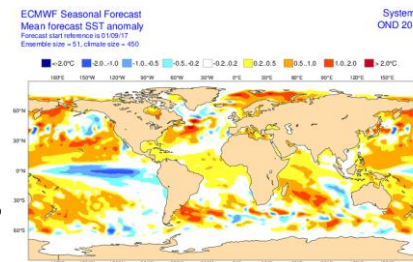
Évszakos valószínűségi előrejelzések

Az előrejelezhetőség forrása:

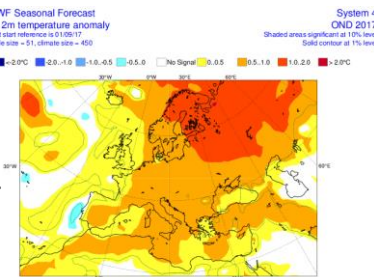
az óceánok és a jégfelszín nagy hőkapacitása

Az előrejelzés beválása: Európa térségében alacsony,
alig jobb mint a klíma átlag,
a trópusi térségben nagyon jó.

tengerfelszín hőmérséklet



2017.
október
november
december

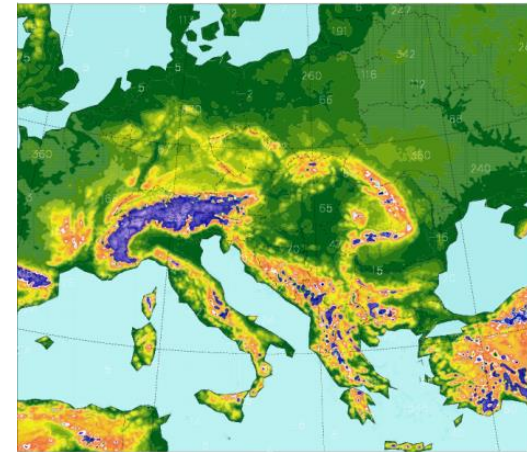
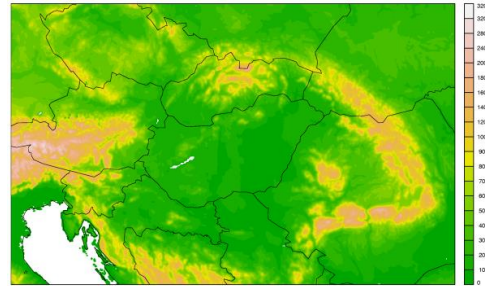


2m hőmérséklet
Európa

Fejlesztés: 2017. novemberől System-5 modell,
mérsékelt javulás várható



Korlátos tartományú modellezés



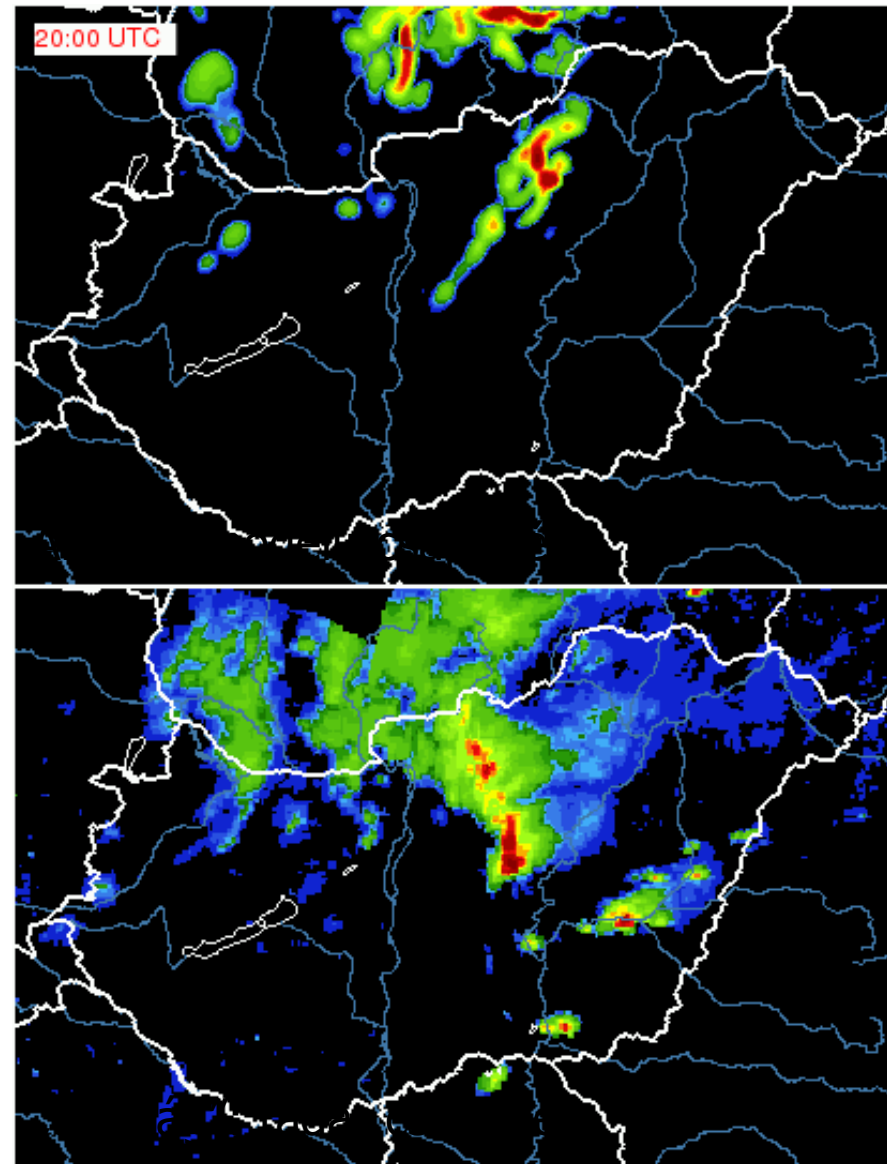
	AROME	ALADIN	ALADIN-EPS
Horizontális felbontás	2.5 km	8 km	8 km
Vertikális szintek	60	49	49
Rácspontok	500x320	360x320	360x320
Határfeltételek	ECMWF HRES	ECMWF HRES	ECMWF ENS
Futtatások naponta	00 (+48h), 03 (+36h), 06 (+39h), 09 (+36h), 12 (+48h), 15 (+36h), 18 (+39h), 21 (+36h)	00 (+54h), 06 (+48h), 12 (+48h), 18 (+36h)	18 (+60h)
Adatasszimiláció	3 hourly (SYNOP, TEMP, AMDAR)	6 hourly (SYNOP, TEMP, AMDAR, SEVIRI, AMV, ATOVS)	-
Ensemble tagok	-	-	11

Példa: 2006. augusztus 20.

**(sikeres szimuláció az AROME
modellel)**

Gyors mozgású intenzív
hidegfront → „Szupercella”
(120 km / h feletti szélökések)

→ Lokális modellezéssel
(számítógépes előrejelzéssel)
lehetséges a hasonló súlyú
veszélyes időjárási események
előrejelzése!



NCEP-NCAR Noah felszínmodell

4 talajréteg (10, 30, 60, 100 cm vastagság)
(változtatható)

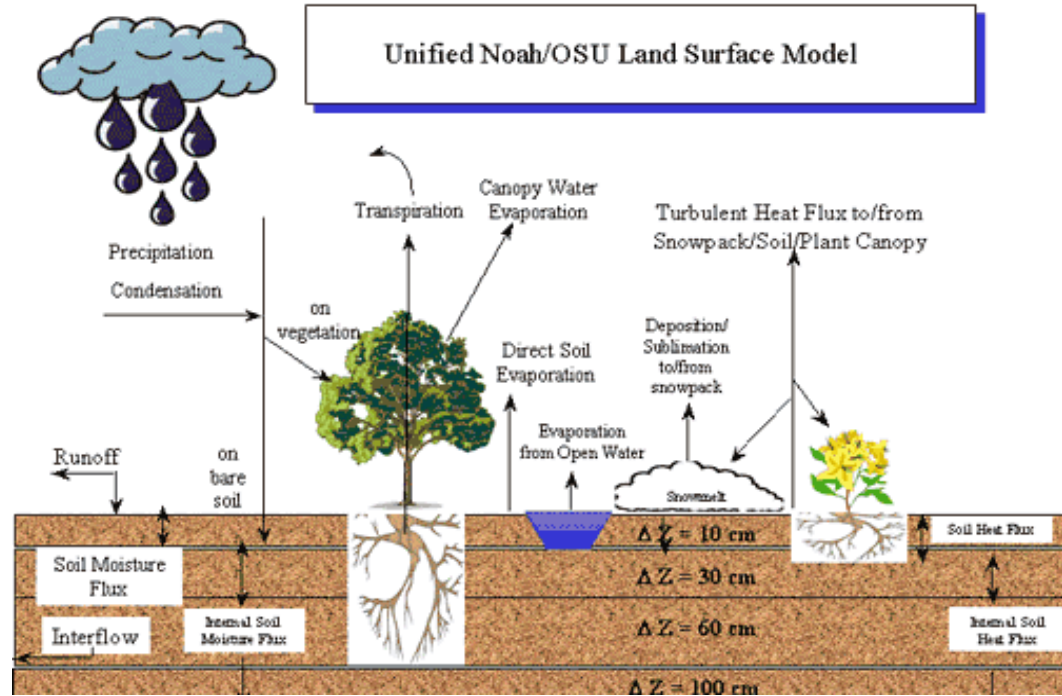
Linearizált (nem iteratív) víz- és
energiamérleg --> hatékony numerikus séma

Direkt talajpárolgás, intercepció

Növényzetfüggő talaj-hővezetési
együttható

Hófolt, hólepel kezelése,
hóvastagságtól függő felszíni
fluxusok, hófelszín rétegekre bontva,
Hősűrűség számítása

Fagyott talaj kezelése



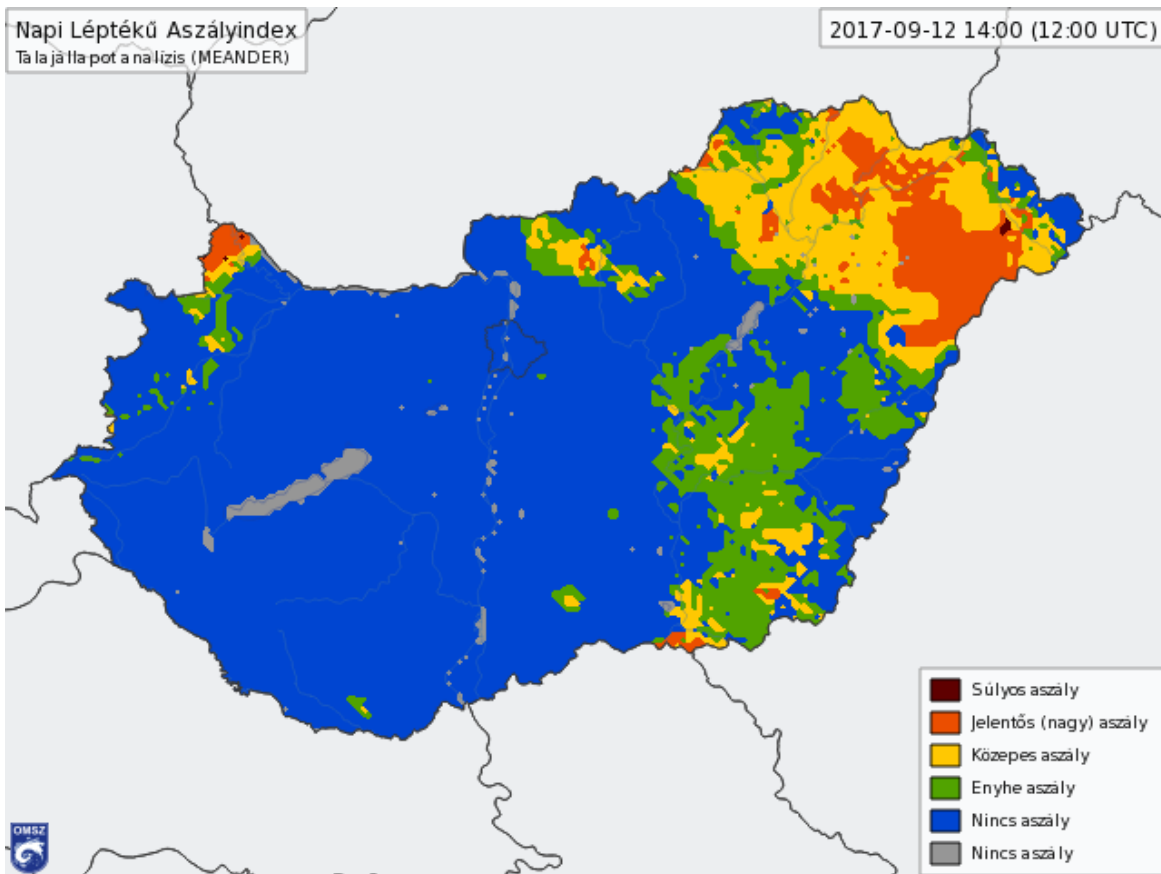
Forcing tagok: Hőmérséklet, relatív nedvesség, szélsébség, légnyomás a felszín közelében
Lehullott csapadékösszeg, a felszínre érkező rövid- és hosszuhullámú sugárzásmennyiség
Forrás: MEANDER valósídejű analízisrendszer

Prognosztikai változók: Felszínhőmérséklet, talajhőmérséklet, talajnedvesség,
fagyott víz, növényzet által tárolt víz, hóvastagság, hősűrűség

Származtatott változók: A sugárzási-, hő- és vízháztartás fennmaradó elemei

Aszályindexek

Napi léptékű aszályindex (MTA Agrártudományi Kutatóközpont)



2x2 km-es rácson naponként

Figyelembe veszi:
Talajtípus
Talajból felvehető víz
mennyisége
Növényzet típusa

Gyökérszónák függnek a
növény fejlettségétől
Ugyancsak időfüggő LAI

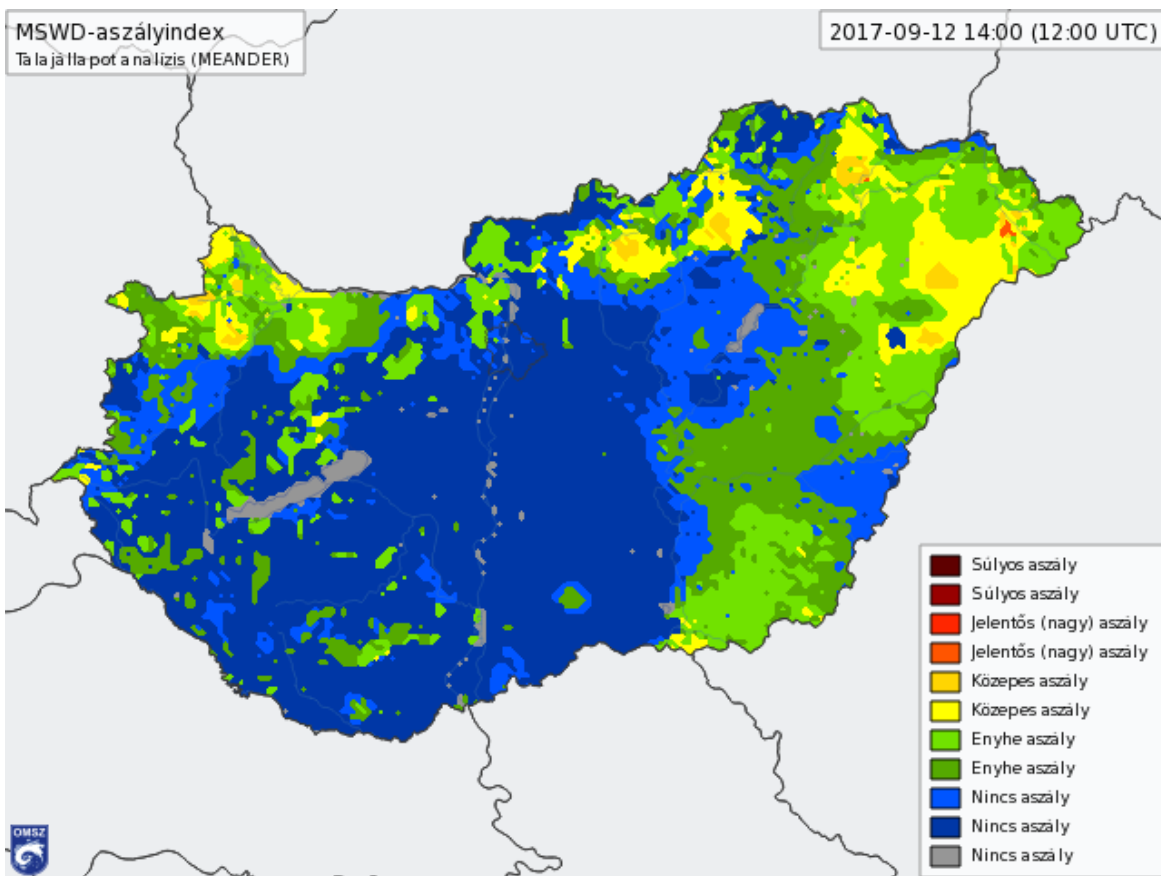
Bemenő adat:
Potenciális párolgás a
talajmodellből

Aszályindexek

MSWD-index

(Ministry of Agriculture of British Columbia)

/öntözési kényszer-mutató/



2x2 km-es rácson naponként

Az aszályosság mértékét jellemzi aszerint, hogy mennyi vizet kellene a talajba juttatni ahhoz, hogy az a növénynek optimális feltételeket teremtsen

Bemenő adat:

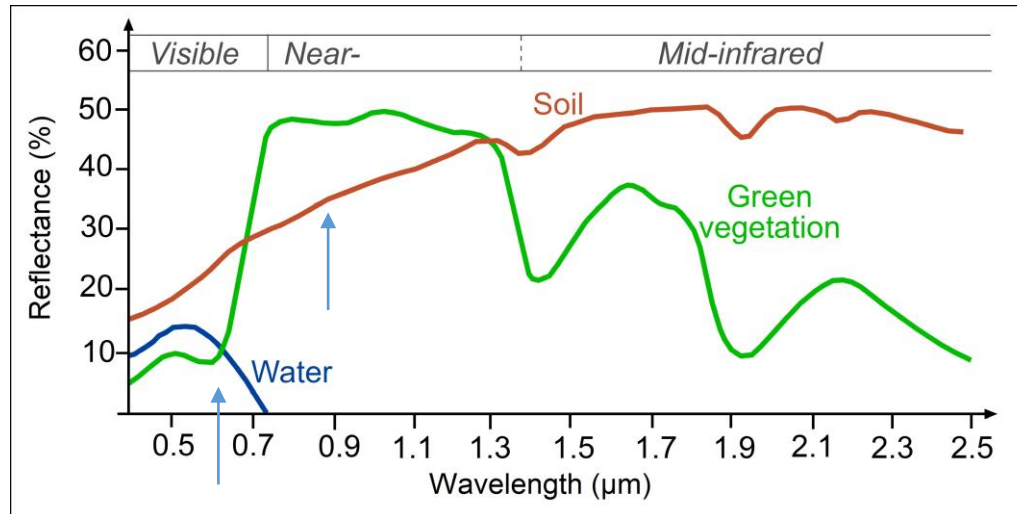
Vízkészlet

Talajtextúra

Növényzet fajtája

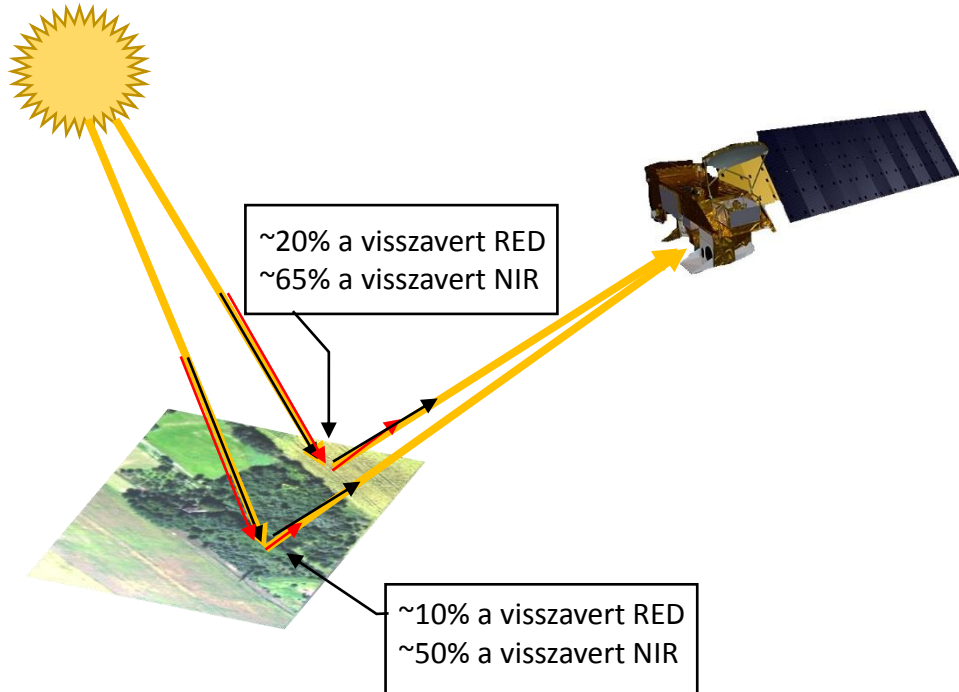
Növényzet megfigyelése műholdakról

A műholdak sugárzást mérnek. Lehet-e következtetni sugárzási mérésekből a növények jelenlétére, fejlettségére?



Zöld növényzet, csupasz talaj es víz sugárzás visszaverő képessége a hullámhossz függvényében.

A klorofilt tartalmazó zöld növények sugárzás visszaverő képessége a 0.7-1.1 μm közötti közeli infravörös spektrumtartományban jóval erősebb, mint a 0.6-0.7 μm közötti spektrumtartományban. A csupasz talaj, víz, hó, felhő sugárzás visszaverő képességének aránya más ebben a két spektrumtartományban. Ilyen mértékű 'ugrás' a csak a klorofil-tartalmú zöld növényekre jellemző.



Több műhold is mér ebben a 2 tartományban.

Műholdas mérésből számolják a
,normált vegetációs indexet' (NDVI)

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

NIR : visszavert napsugárzás a 0.7-1.1 μm közeli-infravörös tartományban

RED: visszavert napsugárzás a 0.6-0.7 μm vörös tartományban

Az Aqua és a Terra műholdak MODIS műszerének adataiból a NASA rendszeresen állít elő NDVI produktumot.

Napi NDVI adatokat számolnak a derült területekre, majd 16 napos produktumba ötvözik a napi NDVI adatokat, (hogy minél kevesebb legyen a felhős terület és simítsak a mezőt)

8 napos eltolással készülnek a 16 napos (kompozit) NDVI képek

Ha a pixel derült és teljesen zöld növényvel borított, akkor az NDVI a növény klorofil tartalmát jellemzi, ami a növény fajtájától, sűrűségétől, fejlettségétől, állapotától (esetleg beteg, elszáradt, learatták) függ.

Ha a felszín nem teljesen borított zöld növényvel, akkor a számolt NDVI érték a növényvel való borítottság hányadától is függ, továbbá a talaj fajtájától, vízállásától.

Műholdas mérésnél figyelembe kell venni, hogy - nagyobb terület átlagára jellemző a mérés. A pixelek sokszor ,keverték' – növényt, vizet, csupasz talajt, felhőt, stb. is tartalmazhatnak.

TERRA és AQUA műholdak MODIS érzékelőjével készült műholdképekből számított NDVI térképek

(MOD13Q1, NASA EOSDIS Land Processes DAAC)

A térképek 16 nap adataiból készülnek, csak derült, felhő mentes területeken

8 naponta frissülnek

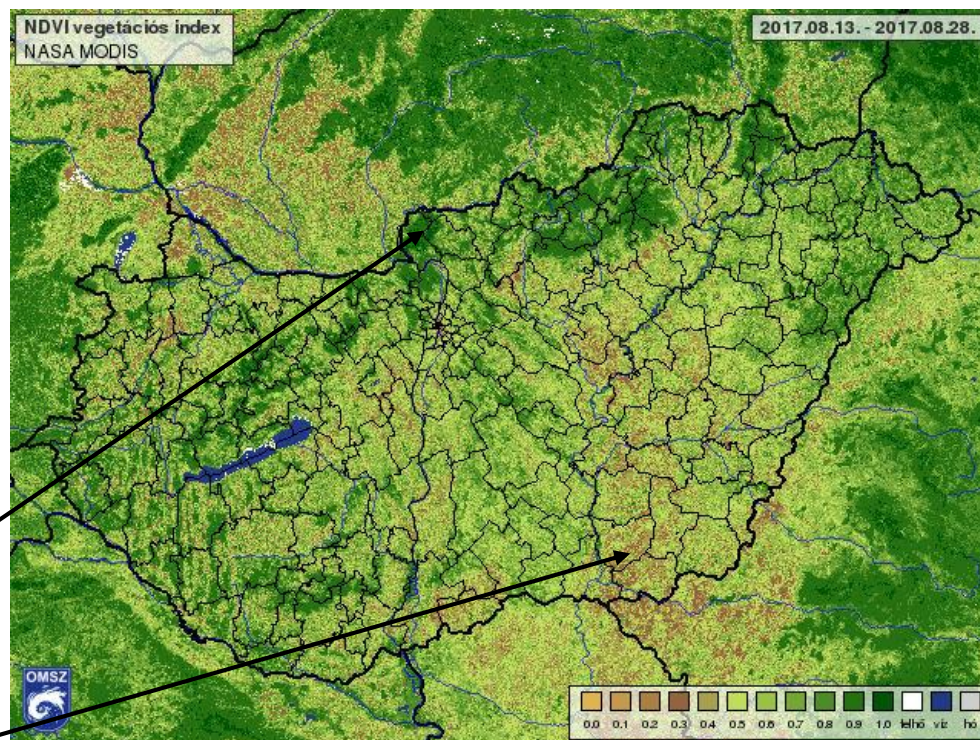
Területi felbontásuk: 250 m

Az NDVI a terület klorofil ,tartalmát' jellemzi. Függ a zöld növényvel való fedettségtől, a növény fajtájától, fejlettségétől és állapotától.

Sötét zöld: erős, fejlett növényzet

Világos zöld: gyengébb növényzet

Barnás : gyér, nagyon gyenge növényzet



Megtalálhatók az OMSZ honlapján: <http://www.met.hu/idojaras/agrometeorologia>

TERRA és AQUA műholdak MODIS érzékelőjével készült műholdképekből számított NDVI térképek

(MOD13Q1, NASA EOSDIS Land Processes DAAC)

A térképek 16 nap adataiból készülnek, csak derült, felhő mentes területeken

8 naponkénti NDVI térképekből film készült
(03.06-03.21 --- 07.20-08.04)

8 naponta frissülnek

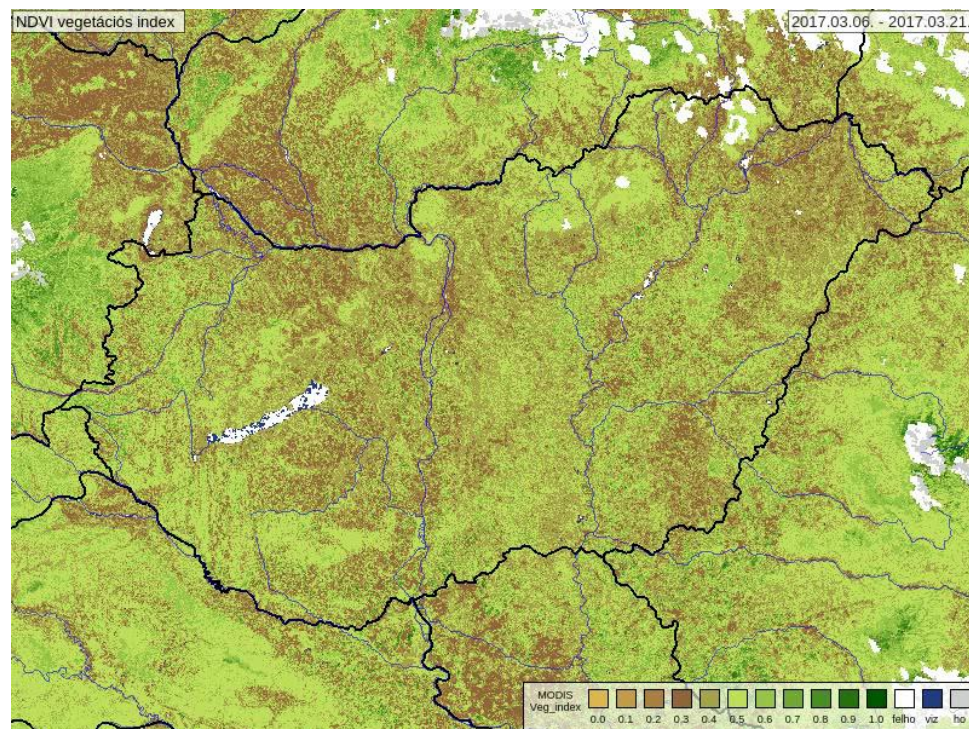
Területi felbontásuk: 250 m

Az NDVI a terület klorofil ,tartalmát' jellemzi. Függ a zöld növényvel való fedettségtől, a növény fajtájától, fejlettségétől és állapotától.

Sötét zöld: erős, fejlett növényzet

Világos zöld: gyengébb növényzet

Barnás : gyér, nagyon gyenge növényzet

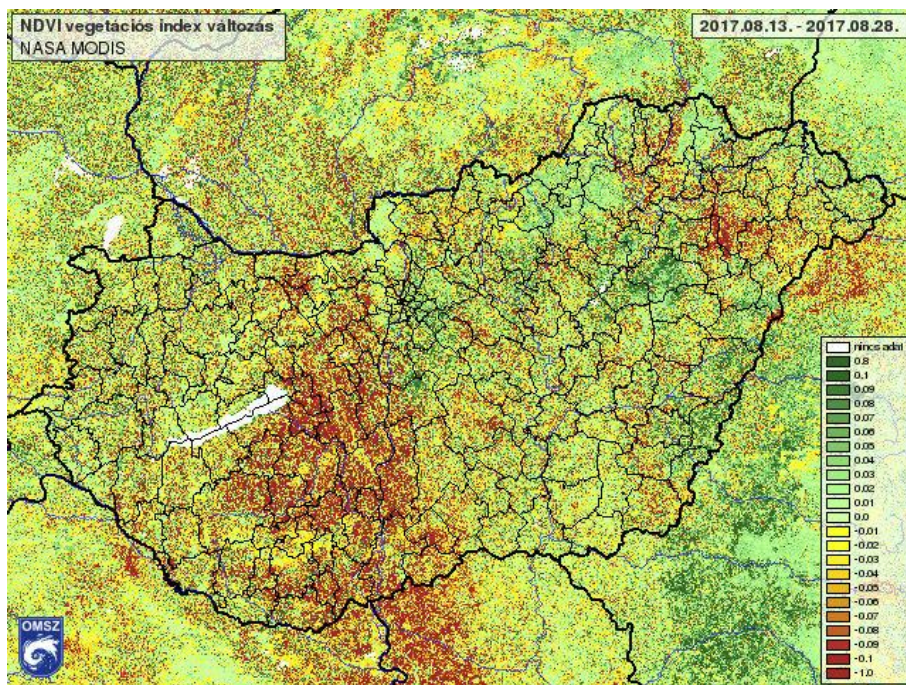


Megtalálhatók az OMSZ honlapján: <http://www.met.hu/idojaras/agrometeorologia>

NDVI Változás

Az aktuális és a 8 nappal korábbi kép különbsége.

Nyomon követhető a növényzet időbeli változása.

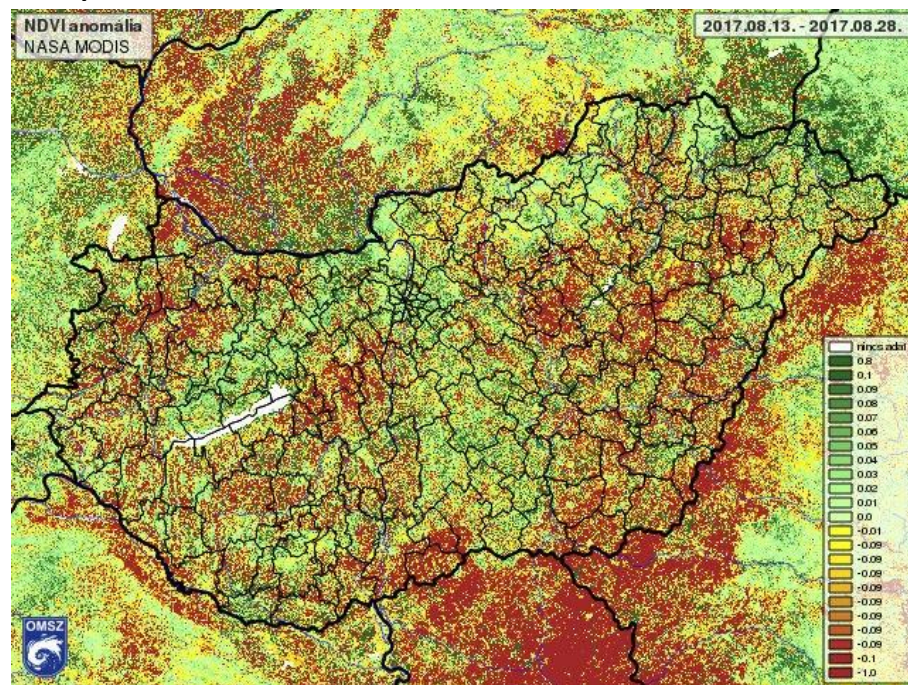


A zöld az előző képhez képest fejlettebb, míg a piros a gyengébb növényzetet mutatja

NDVI Anomália

Az aktuális 16 napra számolt vegetációs index-eltérése ugyanennek az időszaknak a sokéves (2003-1012) átlagától.

Jól mutatja az állandó ültetvények, legelők, erdők, nem művelt területek fejlettségi állapotát.



A zöld az átlagosnál fejlettebb, míg a piros a gyengébb növénytakarót jelzi

Megtalálhatók az OMSZ honlapján: <http://www.met.hu/idojaras/agrometeorologia>



ImagineS projekt - Előzmények

- Az OMSZ-nak hosszú tapasztalata van a talajállapot és a vegetáció modellezésében
- 2008-2012: Geoland2 (EU-FP6) projekt → felszínmodellezés Magyarország területére
 - SURFEX talajmodell
 - Adatasszimiláció a SPOT/VGT és Metop (ASCAT szenzor) műholdakból
 - Produktumok: LAI, Talajnedvesség, CO₂ áramok



ImagineS projekt



- Implementation of Multi-scale Agricultural Indicators Exploiting Sentinels
- EU-FP7 projekt: <http://fp7-imagines.eu>
- Időtartam: 44 hónap (2012. november – 2016. június)
- 8 intézmény (Fr, Sp, Be, UK, Hu), ebből 2 KKV
- OMSZ alvállalkozója: ELTE Meteorológiai Tanszék (hegyhátsáli adatok)
- Célok:
 - **Több szenzoron** alapuló (Proba-V, Landsat) és **több skálát** lefedő (300 m, 30 m) **biofizikai változókra** (LAI, FAPAR) vonatkozó műholdas produktumok fejlesztése a Copernicus Global Land Service számára (résztevők: VITO, UCL, INRA, EOLAB, HYGEOS)
 - Ezen műholdas produktumok **asszimilációja felszínmodellekbe** globális és regionális skálán → a talajállapot és a vegetáció időbeli fejlődésének monitorizálása (résztevők: ECMWF, Meteo-France, OMSZ)
 - A produktumok hozzáadott értékének demonstrálása potenciális **felhasználók** felé



ID	Name	EO sensor	Temporal resolution	Spatial resolution	Spatial coverage
1	LAI, FAPAR, FCover	PROBA-V	10 days	333 m	Global
2	Albedo	PROBA-V	10 days	333 m	Global
3	Above-ground biomass	N/A	10 days	16 km (8 km)	Global (Fr, Hu)
4	Drought indicators	N/A	10 days	16 km (8 km)	Global (Fr, Hu)
5	Carbon fluxes (GPP, RE, NEE) and evapotranspiration	N/A	10 days	16 km (8 km)	Global (Fr, Hu)
6	FAPAR per class	PROBA-V	10 days	333 m	Demo sites
8	FAPAR	Landsat-8 + PROBA-V	10 days	30 m	Demo sites
9	Above-ground biomass	N/A	10 days	local simulations	Demo sites
10	Crop map	S1 + Landsat-8 + PROBA-V	Continuous update ¹	30 m	Demo sites

A produktumok a nyilvános honlapon egyelőre nem érhetőek el, azonban kérésre hozzáférhetőek: szintai.b@met.hu www.met.hu

Surfex modell

• SURFEX (SURface EXternalisée) 7.3: externalizált felszíni séma

Surfex részei:

- TALAJ-VEGETÁCIÓ (ISBA)
- VÁROS
- TAVAK, TENGER, tengeri jég
- FELSZÍNI HATÁRRÉTEG

- Csak „természet” tile-on történik futtatás
- Természeti tile 12 patch-re van felosztva (fűfelszín, C3, C4 növények, lombhullató fák stb)
- Talajban lejátszódó folyamatok ún. ISBA sémával + fotoszintézis model - > ISBA-A-gs (3 rétegű Force-Restore séma)
- ISBA 3 rétegű talajmodell T, w (talajnedvesség) leírása prognosztikai egyenletekkel
- Növényzet fejlődését explicit módon írja le (fotoszintézis ↔ növényzet elhalása)

ECOCLIMAP II

Légköri kényszer (u,v,T,q,P, rad)

légkör

talaj

város

tavak

tenger

Természet
(szárazföld)

ISBA Force (kényszer) –Restore (egyensúlyba visszaállítás) séma:

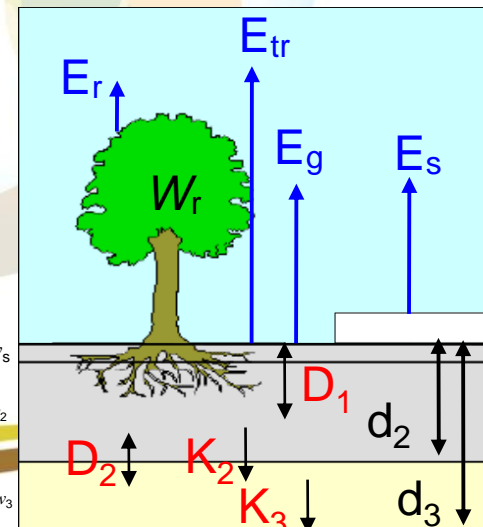
Hőmérséklet változás=felszíni nettó sugárzás-látens és szenzibilis hő – rétegek közötti hőmérséklet kül.

Talajnedvesség változás=csapadék-párolgás-rétegek közötti diffúzió-elfolyás

felszín: T_s, w_s

gyökérszóna: T_2, w_2

mély talaj zóna: w_3



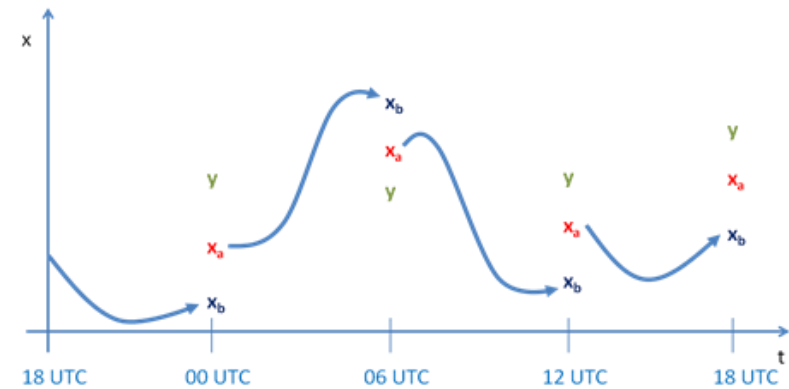
Műhold adatok asszimilációja a SURFEX-ben

- **Cél a modell kezdeti feltételeinek pontosítása: LAI és Felszíni talajnedvesség műholdas adatok asszimilációja**
 - LAI: SPOT-VEG (2014 májusáig) and PROBA-V (2014 májusától) 1km felb. 10 napos átlag. Jelenleg letölthető adatok V1:
 - Neurális hálót futtatnak Top-Of-Canopy (TOC) input adatokra a vörös, közeli-infravörös, és rövid hullámú infravörös tartományokban, normalizálják 30 napos időtartamra
 - A normalizáció során súlyfüggvényt alkalmaznak a legfrissebb napi megfigyelések felhasználásával
 - SWI (Soil Water Index) [0,1]: MetOp. ASCAT (Advanced SCATterometer) 10 km felb. 1 napos átlag. Jelenleg letölthető adatok V3, mi még a V2-t töltöttük le:
 - SWI számítás a MetOp/ASCAT szenzorok által mért (radar visszavert, hosszú hullámú, C-band) felszíni talajnedvességből a 2-rétegű water-balance modell felhasználásával
 - Talajtexturával nem számolnak
 - 8 SWI értéket számolnak ki különböző talajmélységek alapján
 - Rekurzív összefüggést alkalmaznak a számítások során.
 - Felszíni állapot Flaget használnak (SSF) (fagyott, nem fagyott, olvadt)
 - SSF alapján történik SSM kiszámítása nem-fagyott talaj esetén



EKF asszimiláció

- Cél: kezdeti értékek minél pontosabb előállítása => Adatasszimiláció
- Modell számára rácsponti kezdeti mező előállítása a cél, az adatasszimiláció során figyelembe vesszük a méréseket (LAI, SSM) + háttér (korábbi előrejelzés) + légkör dinamikájának ismerete
- Analizált mezők (LAI, WG1, WG2) megadása a kezdeti időpillanatban, úgy, hogy az minél közelebb legyen a valósághoz

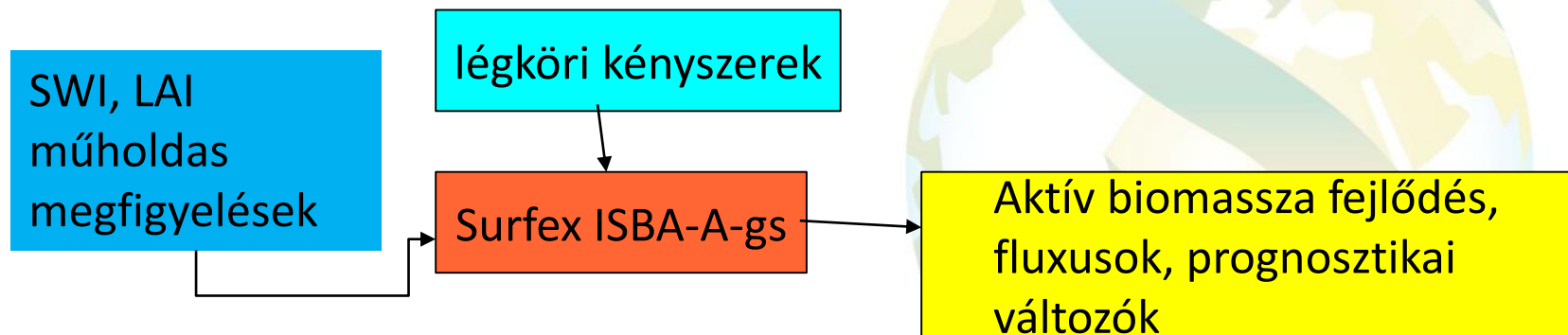


Asszimilációs technika: **Extended Kalman Filter (EKF)**



Modell futtatások

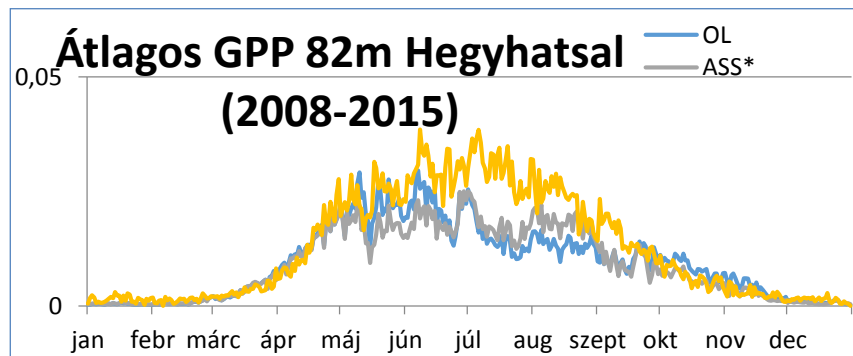
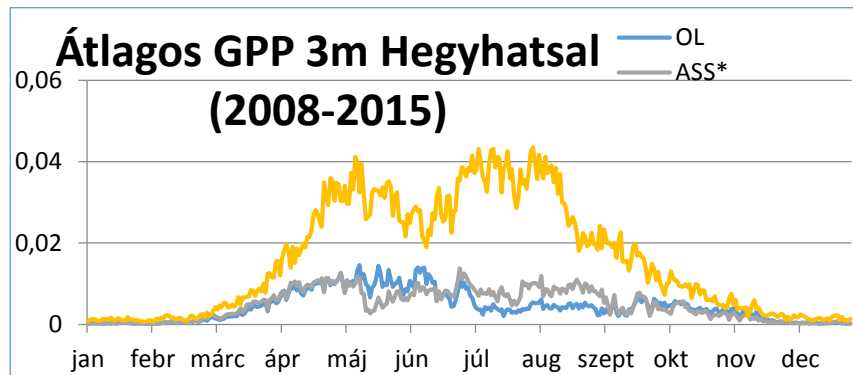
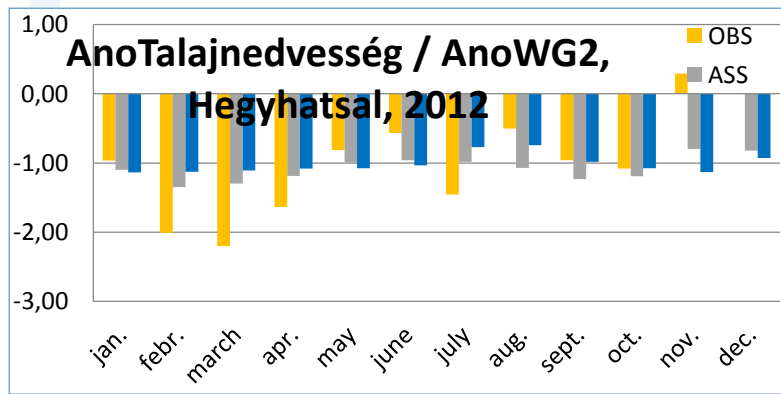
- **Adatasszimilációs Surfex futtatás: 2008-2015 között**



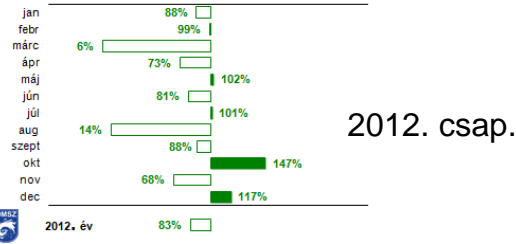
1D validáció

Hegyhátsáli mérések: az adatok 2 magasságból származnak:

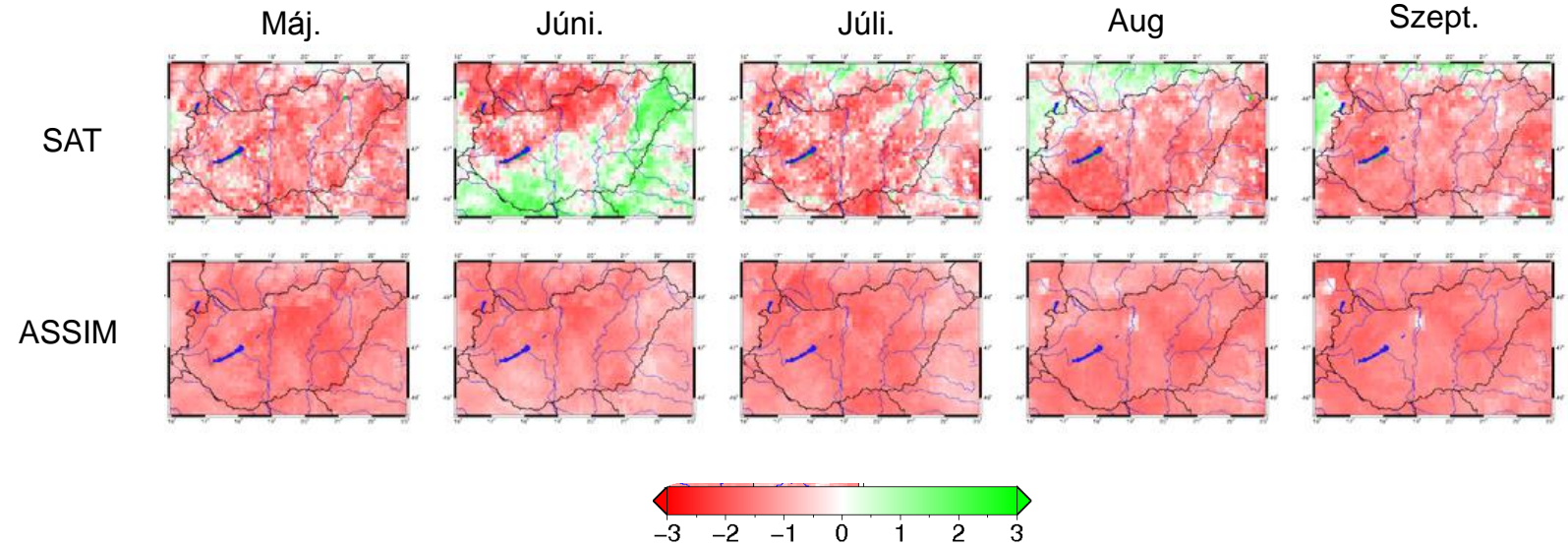
- LAI (heti), fűfelszín fölött (tenyészidőszakban)
- Talajnedvesség (napi) (10-30 cm mélységből)
- 3 m-ről füves terület fölött (a modellből csak a fűfelszínre vonatkozó eredményekkel hasonlítjuk össze):
 - Szén-fluxusok: GPP, Reco and NEE (napi)
 - Víz-flux: Latens hő (LE) (napi)
- 82 m-es magasságból (teljes rácspantra vonatkoztatjuk):
 - Szén-fluxusok: GPP and NEE (napi)
 - Víz-fluxus: LE (napi)



Eredmények: 2012 aszály monitorozása, anomália térképek (AnoLAI)



$$AnoX = \frac{X - \langle X \rangle}{stdev(X)}$$



Gyökér-zóna talajnedvesség évszakos változékonysága 2012-ben (AnoWG2 (modellekből) és AnoSWI10 (műhold))

Máj.

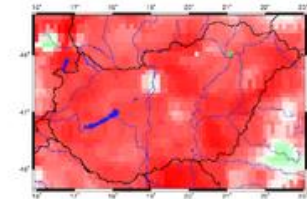
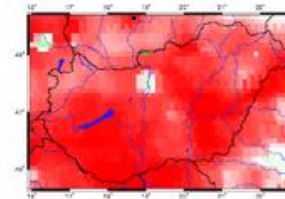
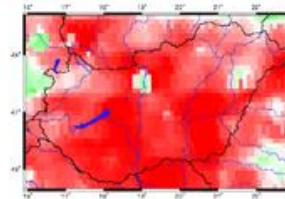
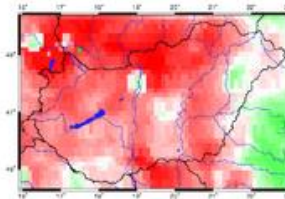
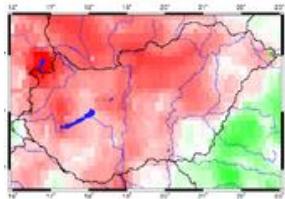
Júni.

Júli.

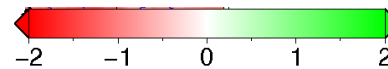
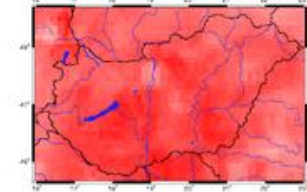
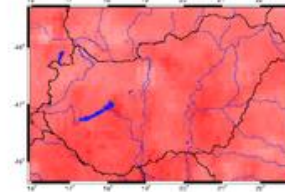
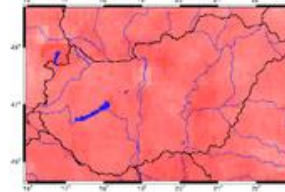
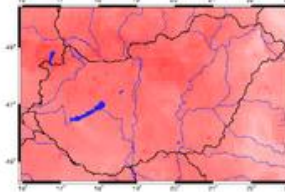
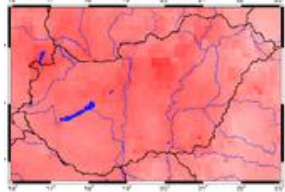
Aug

Szept.

SAT



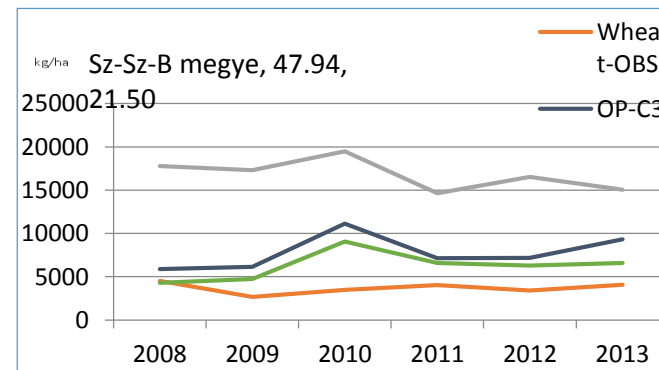
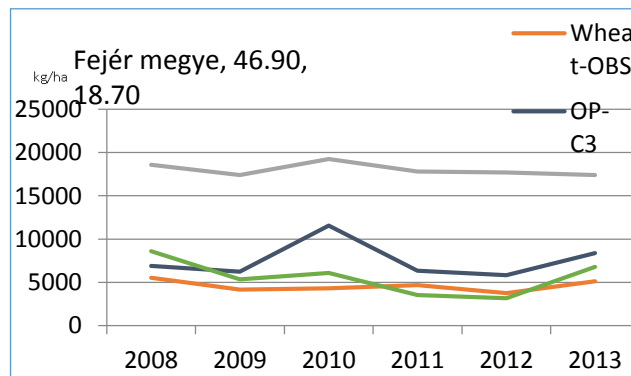
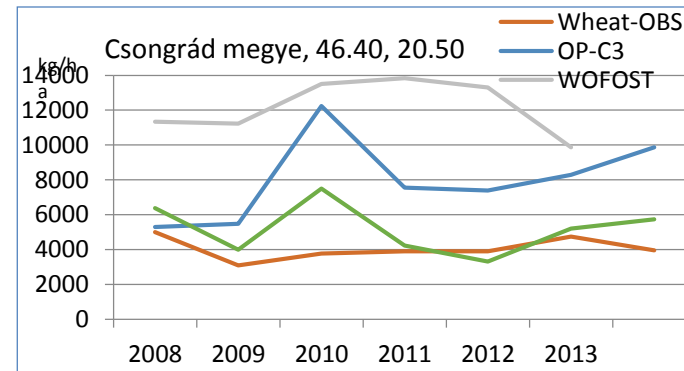
ASSIM



Termésbecslés

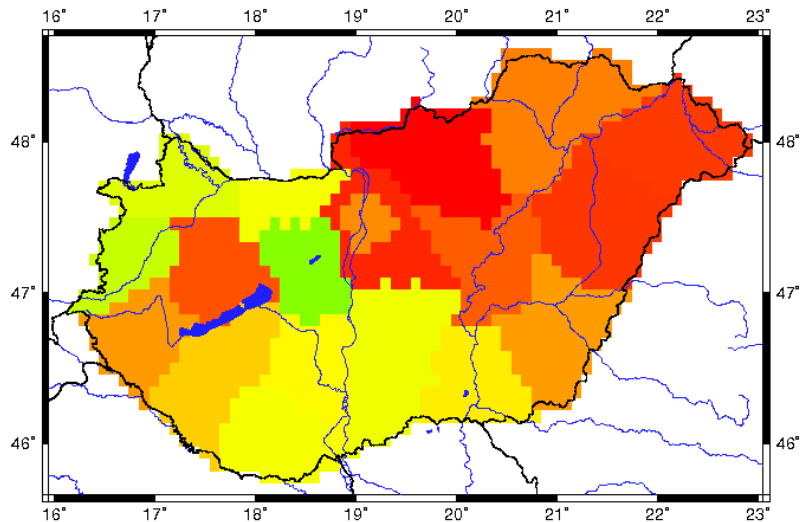
Modellezett C3 BIOMASS ZA vs. Mért hozam és vs. WOFOST eredményekkel 2008-2013-as időszakra

Nagyon jó egyezés a SURFEX által adott BIOMASSZA és a mért hozam között, kivéve 2010-re (extrém nedves év)

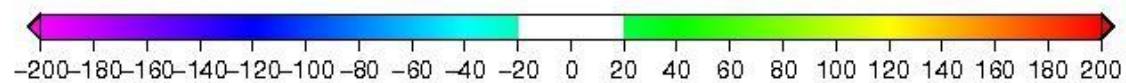
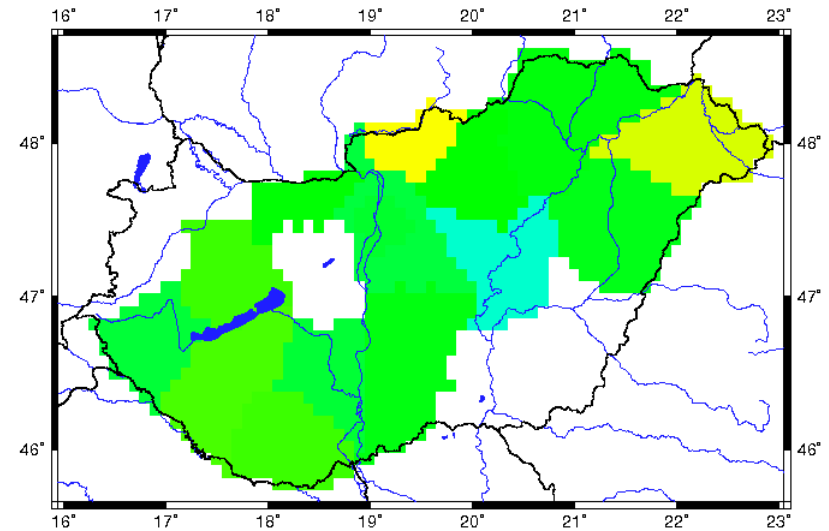


Termésátlag relatív anomália térképek ((sim-obs)/obs)

2010 (csapadékos)



2012 (aszály)





Tervek – Imagines rendszer



- Aszály előrejelzés lehetősége havi és szezonális ECMWF előrejelzések felhasználásával
- Frissebb Surfex verziók installálása
- Új műhold adatok asszimilációja (pl. Sentinel)