

Zivatarok megfigyelése műholdadatok segítségével

WV képek elemzése potenciális örvényességi mezőkkel

Simon André és Putsay Mária

OMSZ

Műholdképek és zivatarok elemzése

- Gyorsan fejlődő zivatarok korai felismerése:
erős feláramlások, kifutó szél, veszélyes jelenségek (downburst, szupercella) lehetősége
- Zivatar rendszerek (MCS, MCC) követése:
Hosszú életű instabilitási vonalak, derecho-k,
károk nagy területen (szél, jégeső)
- A zivatar környezetének elemzése:
instabilitás, vízgőztartalom (modellek segítségével)

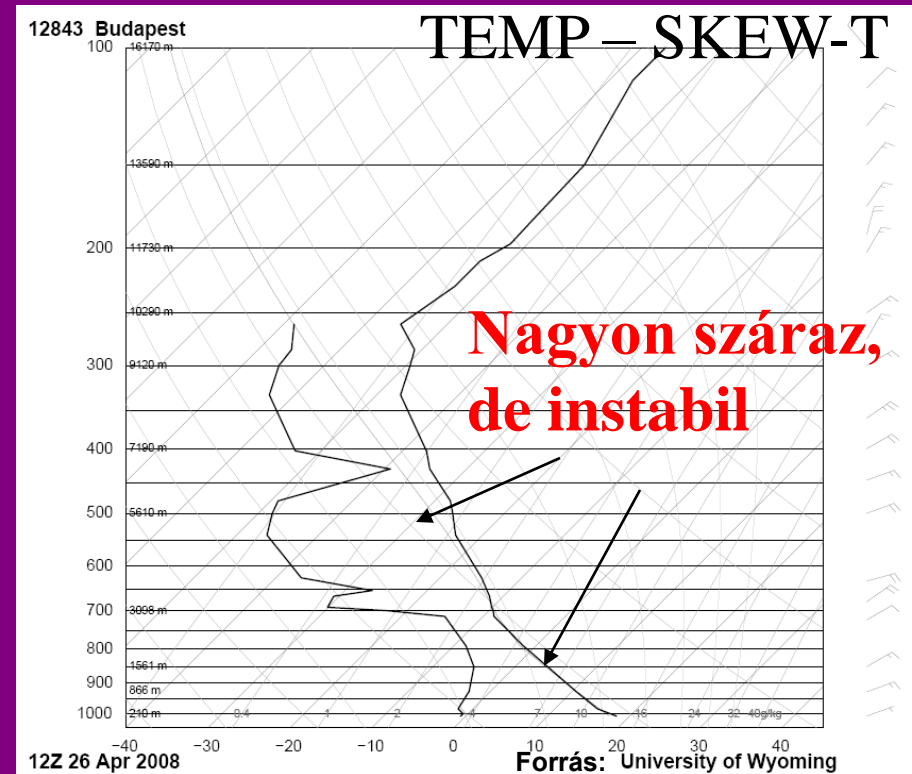
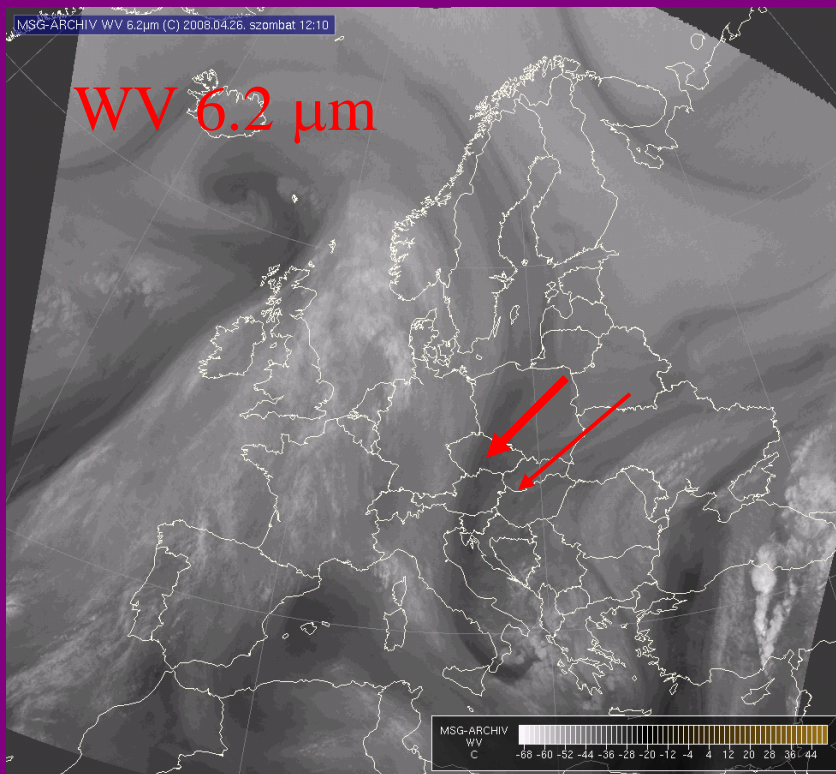
Eszközök

- MSG, 12 csatorna, VIS, IR, WV; 15, vagy 5 perces frekvencia; Magyarország: kb. 6×4 km felbontás (HRV 2×1.3 km)
- RGB kompozit képek – különböző csatornák együttes megjelenítése az alapszínekben, a fényességi hőmérséklet különbségek és a reflektivitás függ a felhő mikrofizikai jellemzőitől
- MSG Rapid Developing Thunderstorm (RDT) – zivatar felhőket követő rendszer
- Globális Instabilitási Indexek (GII) – konvektív paraméterek meghatározása (K-index, vízgőztartalom, stb.)

Gyorsan fejlődő zivatarok – 2008.04.26.

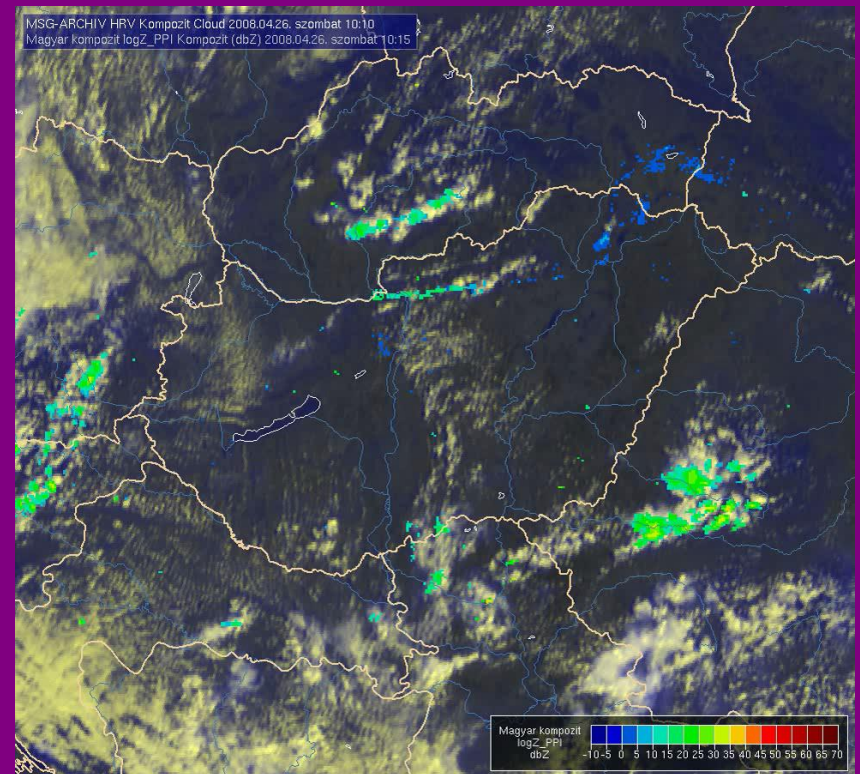
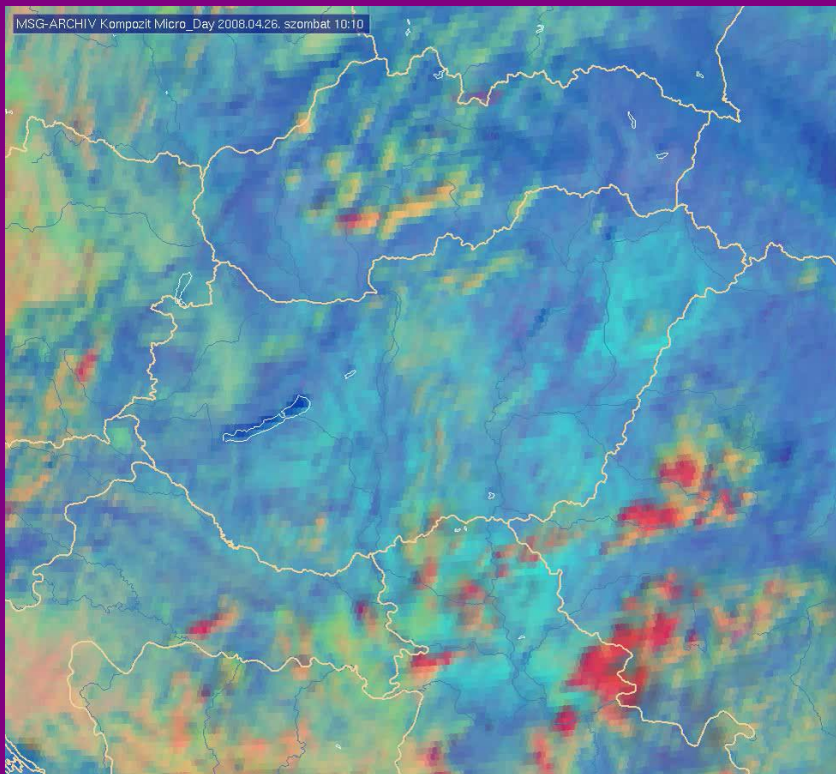
- Veszélyes időjárási jelenségek (pl. erős leáramlások, downburstok) nagyon rövid idő alatt keletkezhetnek
- A korai felismerés nagyon fontos – viharjelzés, rendezvények, repülésmeteorológia

Downburst – Balaton térsége



Gyorsan fejlődő zivatarok – 2008.04.26

- „Nappali mikrofizika” kompozit kép
- **R** = VIS 0.8 μm , **G** = IR 3.9 μm refl, **B** = IR 10.8 μm
- Esőfelhők, zivatarfelhők (piros és narancssárga színek)



**Film
indítása!!**

„Day microphysics”

HRV + radar reflektivitás

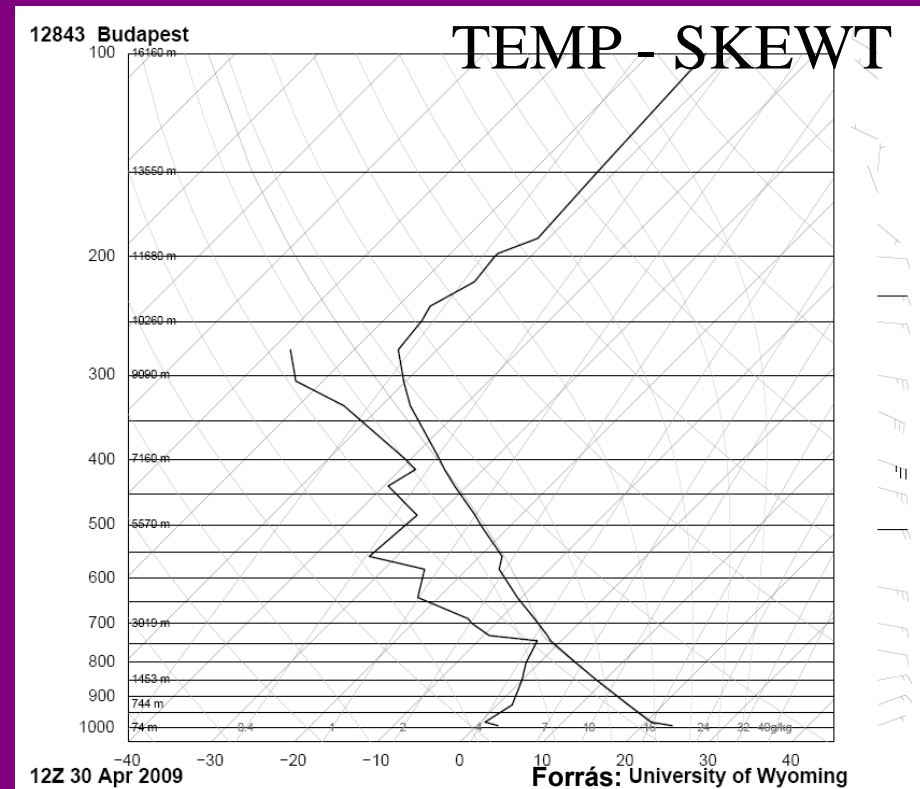
**Film
indítása!!**

RSS használata – 2009.04.30

- 5 perces Rapid Scan (RSS) képek : gomolyfelhők fejlődése már a korai (csapadékmentes) fázisban követhető
- 10.8 μm IR hőmérséklet változásai
- HRV VIS és IR kompozit kép (nagyobb felbontás)

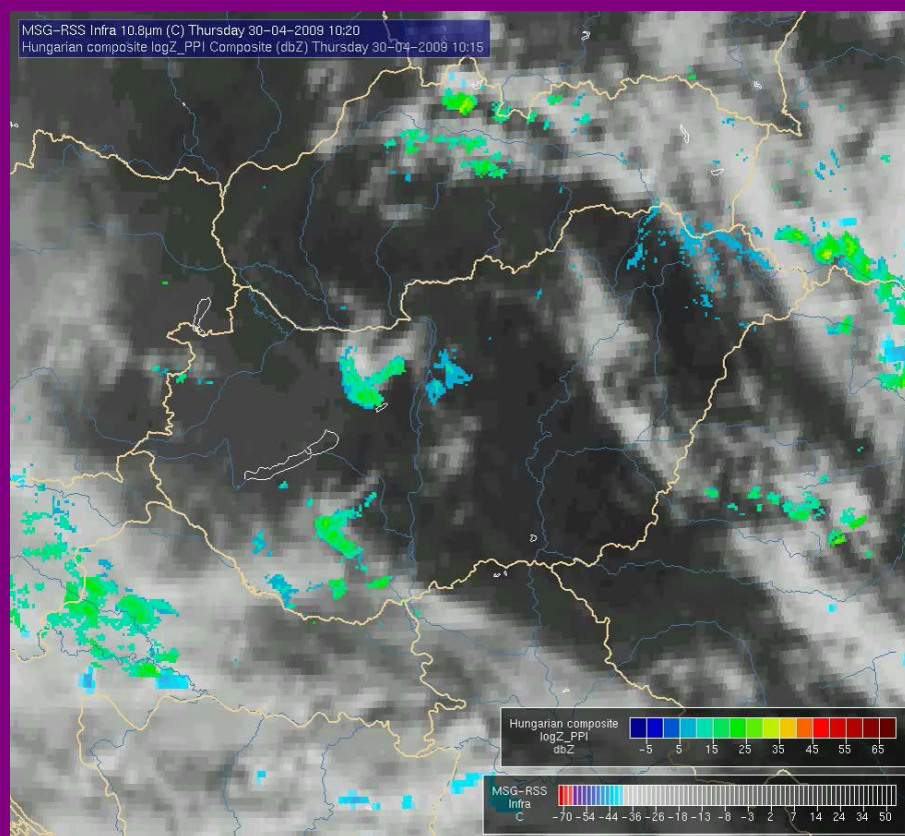
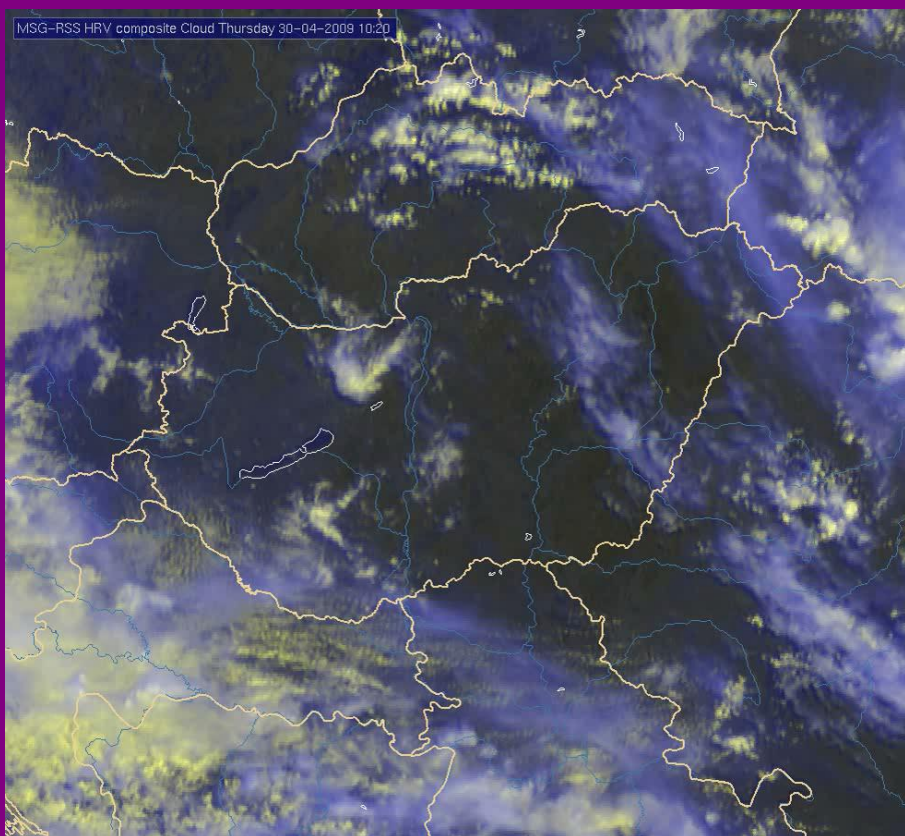


Vihar a Balatonnál



RSS használata – 2009.04.30

- Gomolyfelhők gyors fejlődése a Dunántúlon
- A zivatarok később vonalba rendeződnek, bow-echo kialakulása



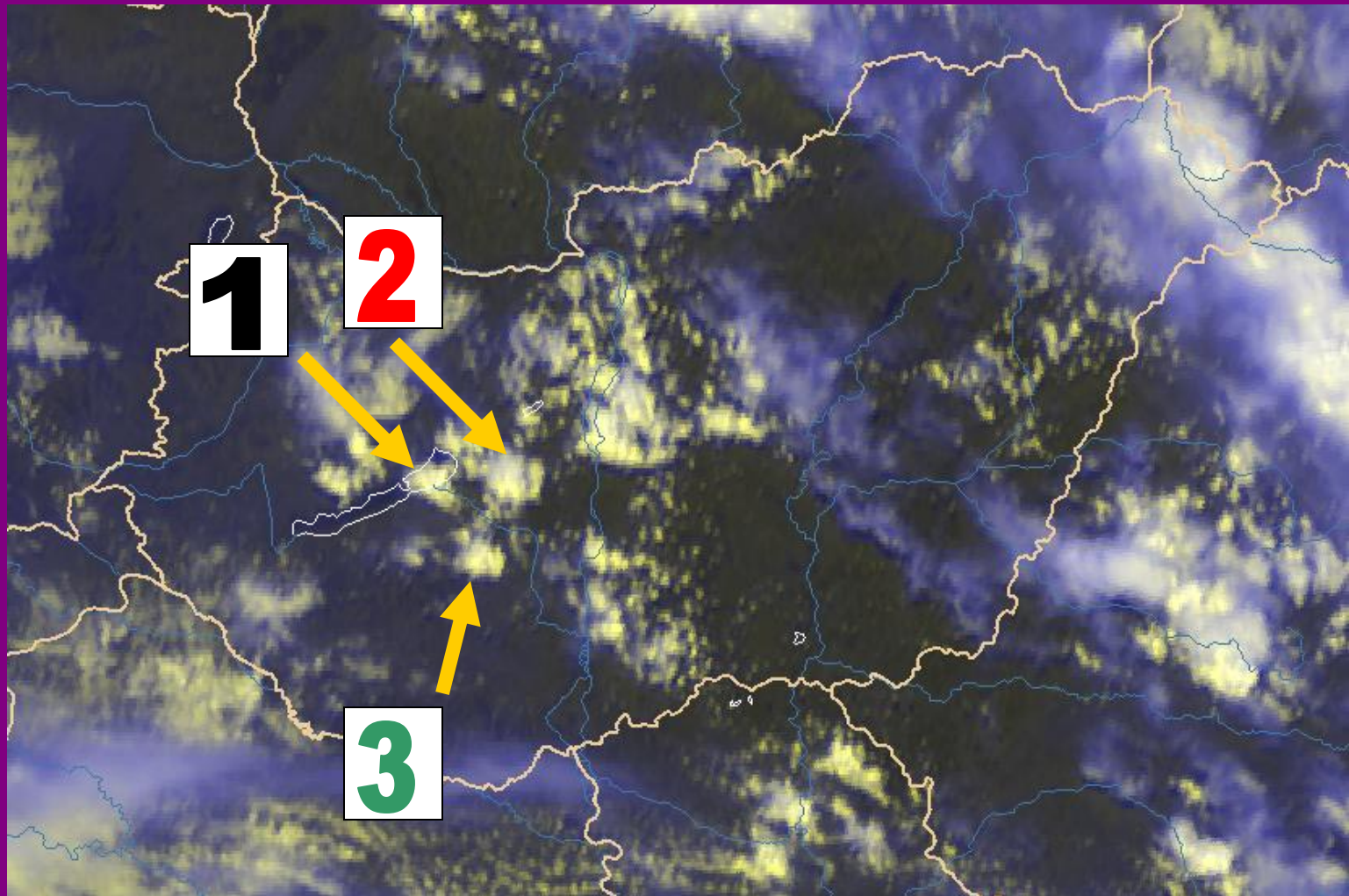
**Film
indítása!!**

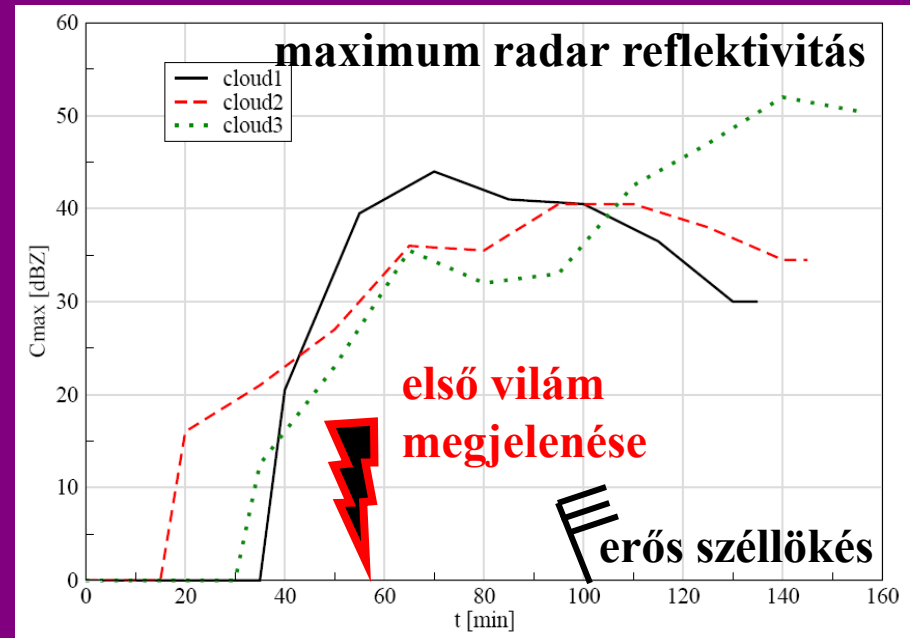
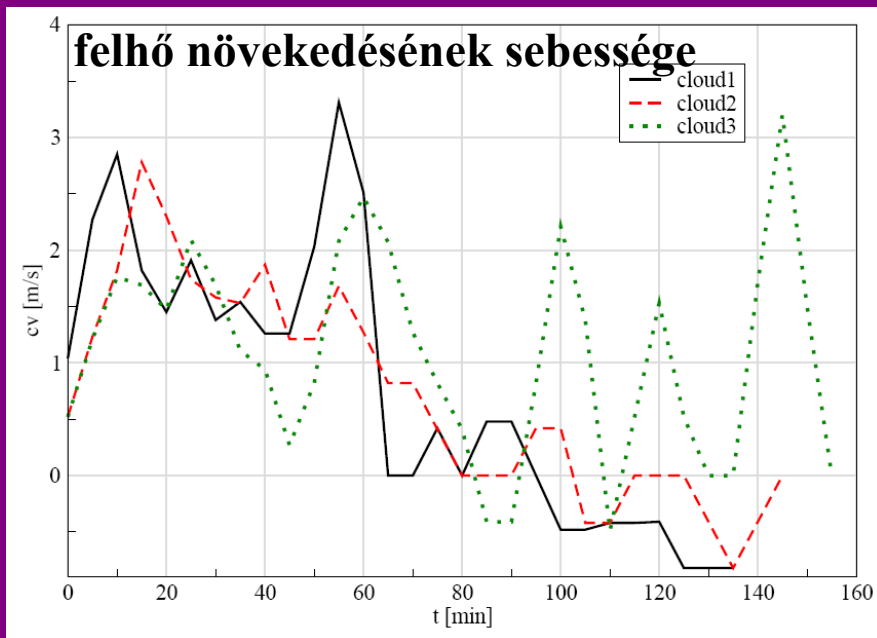
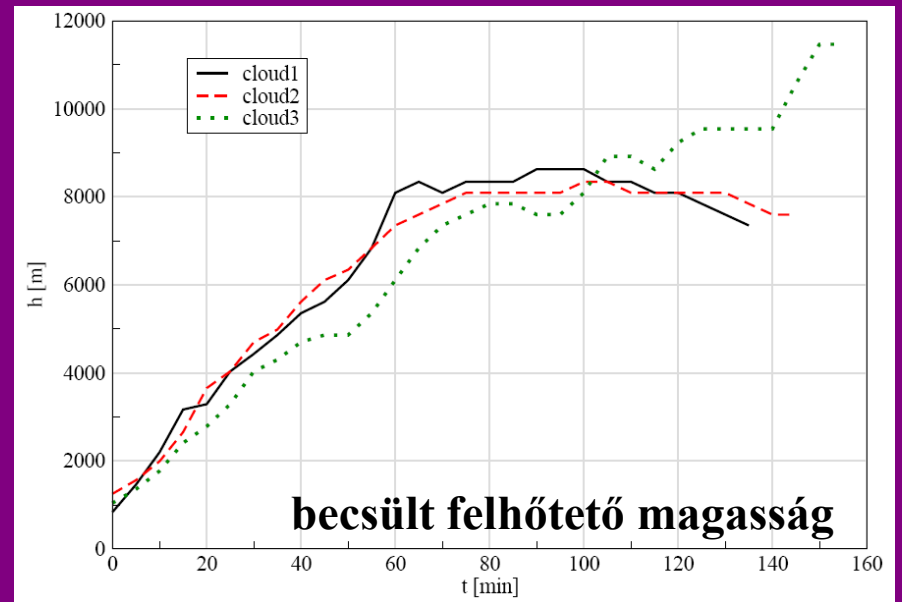
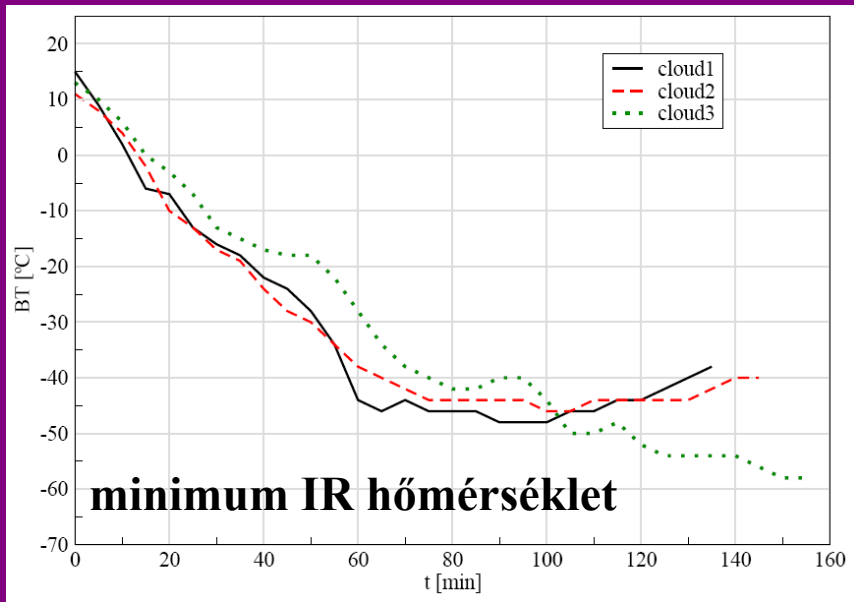
HRV+IR kompozit kép

IR 10.8 µm + radar reflektivitás

**Film
indítása!!**

RSS: felhők követése - 2009.04.30





Különlegesen veszélyes jelenségek

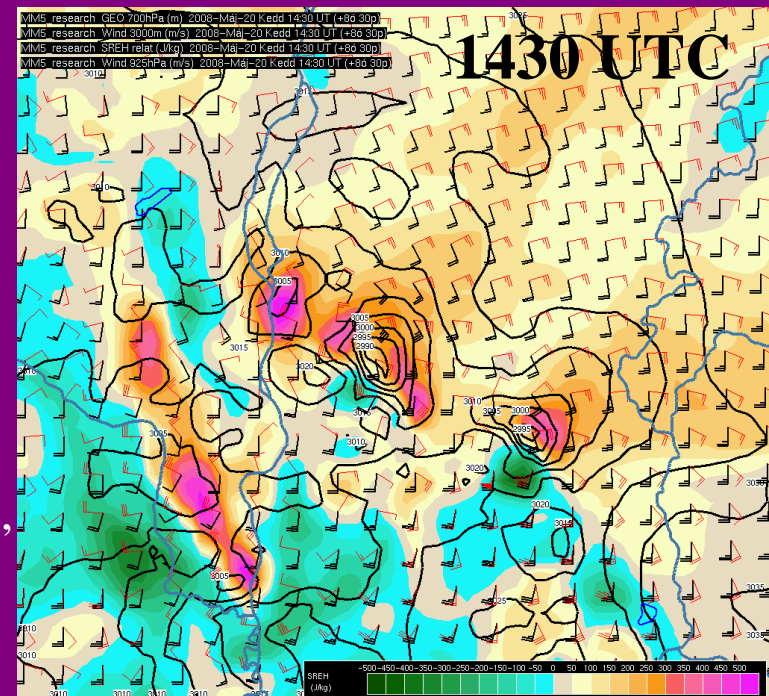
- „Convective storms” RGB kompozit kép
- **R** : WV6.2 – 7.3, **G** : IR 3.9 – 10.8, **B** : NIR 1.6 – VIS 0.6
- IR 3.9 μm – az apró jég részecskék reflektivitása nagy, és nagy IR 3.9 – 10.8 hőmérséklet különbség : **sárga** szín
- Lokális, de nagyon erős feláramlás következménye

2008.05.20.

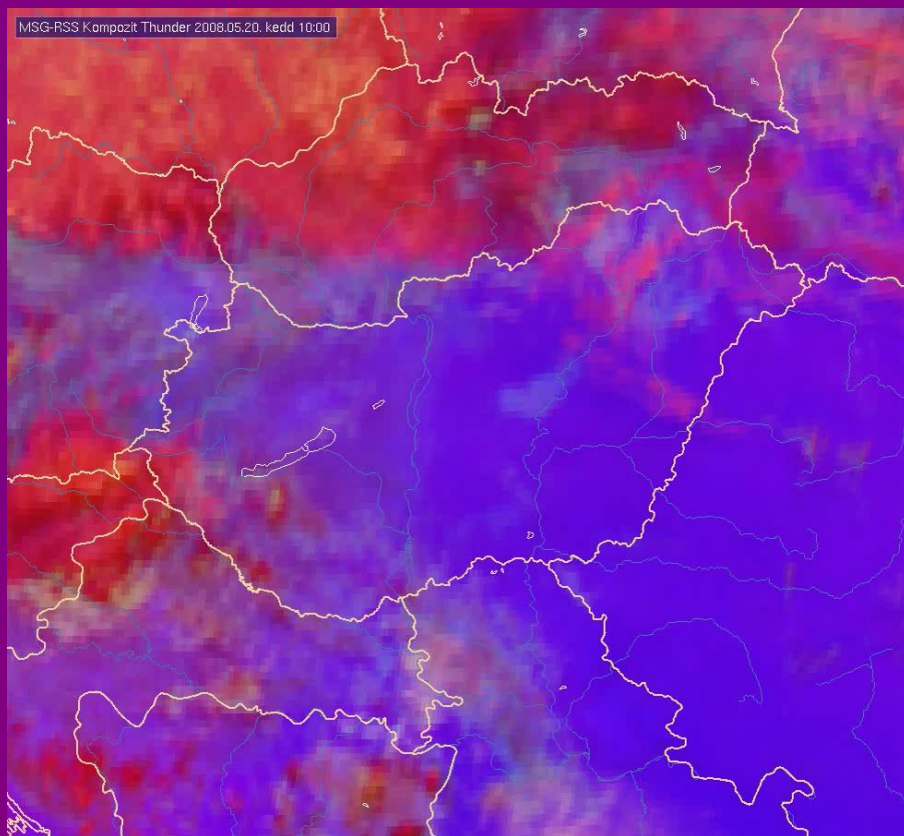
Heves (valószínűleg szupercella) zivatarok és tornádó Gátér térségében

MM5 előrejelzés: 

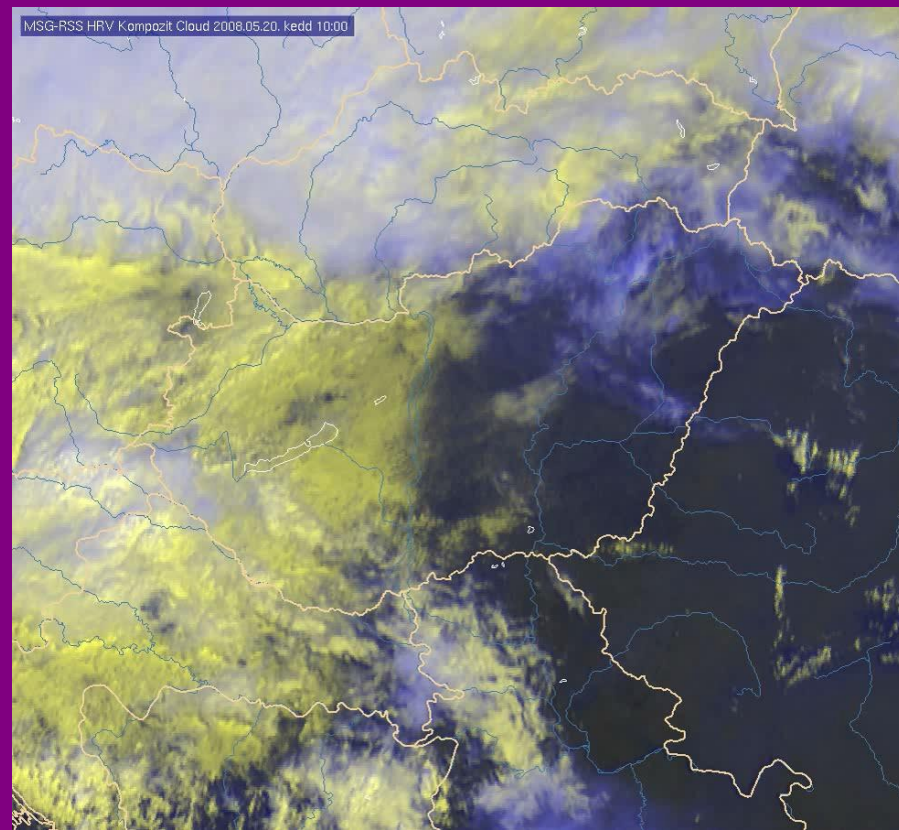
Jelentős szélnyírás az alsó 3 km rétegben és SREH (Storm to Relative Environmental Helicity), **mezociklonok** 700 hPa geopotenciális mezőben



Veszélyes zivatarok 2008.05.20.



Zivatar RGB kompozit kép



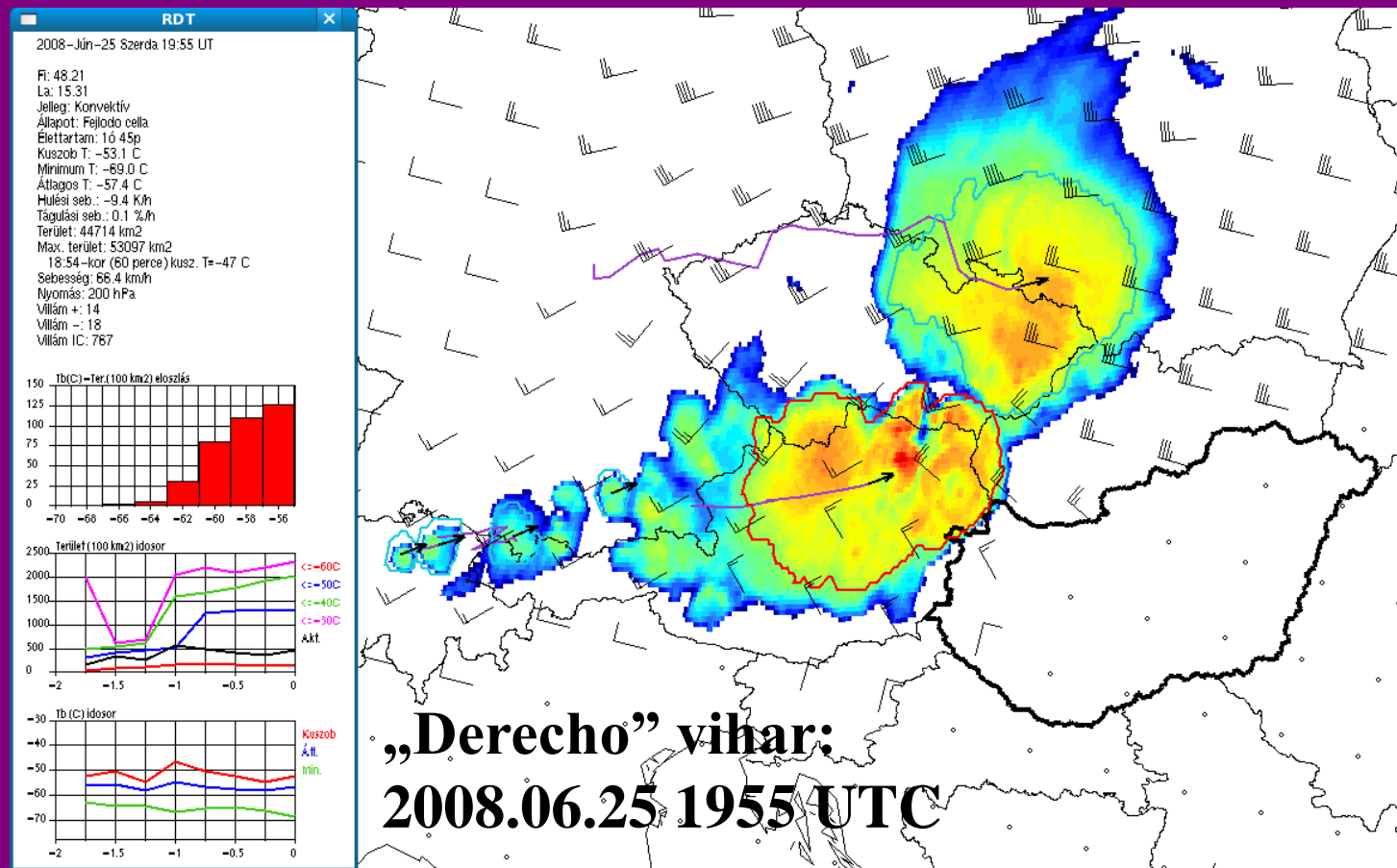
HRV kép: túlnyúló csúcsok
és gravitációs hullámok

Film
indítása!!

Film
indítása!!

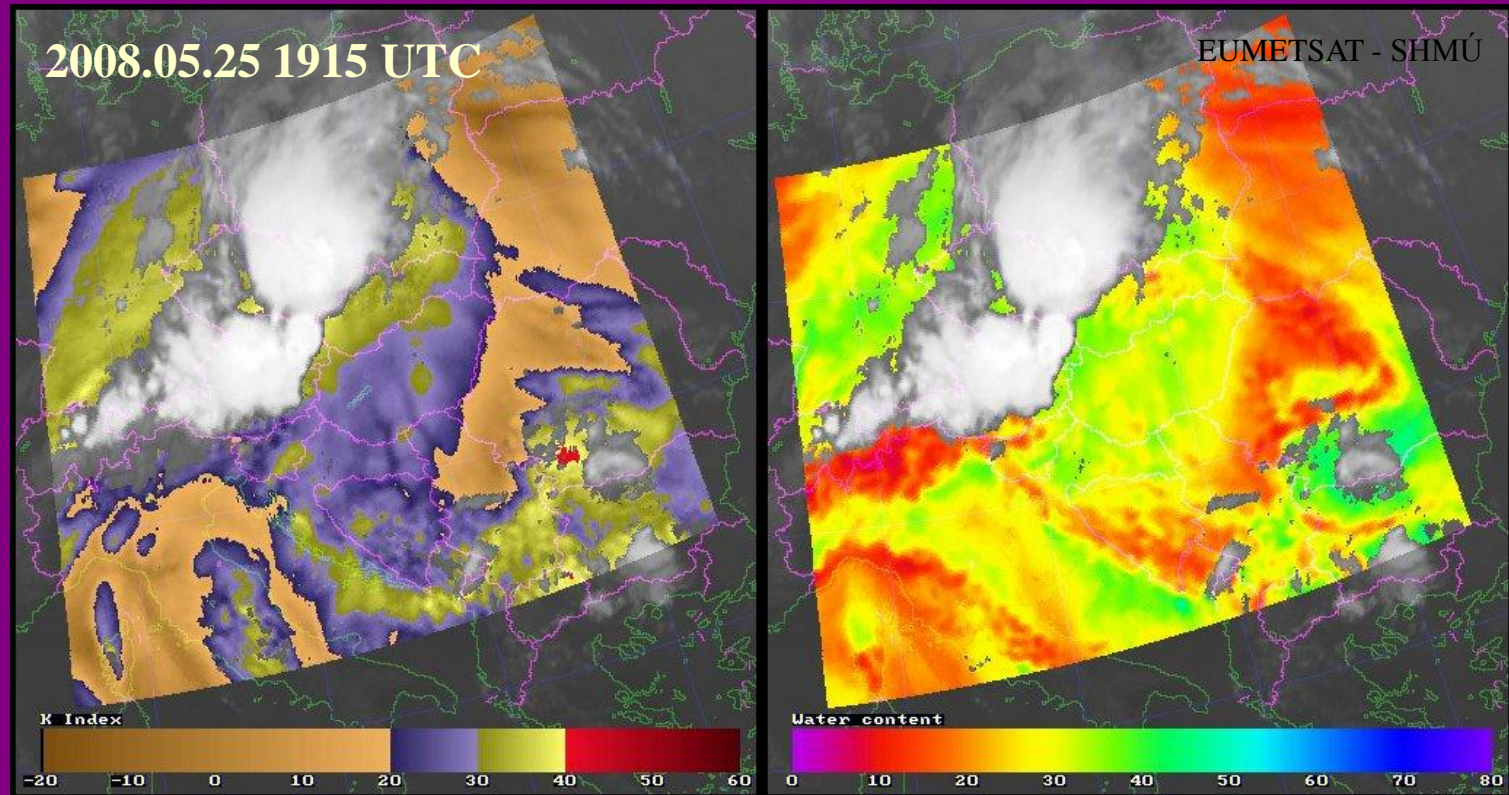
Zivatarrendszerek követése

- RDT követő rendszer
- Alacsony IR 10.8 μm hőmérséklet területe, változásai
- MCS, MCC fejlődése – nagyskálájú viharok előrejelzése



Zivatar környezetének légköri viszonyai

- GII indexek: numerikus modellből előrejelzett és a műhold által mért fényességi hőmérséklet összehasonlítása, 1D VAR optimalizáció, → csak felhő nélküli területeken



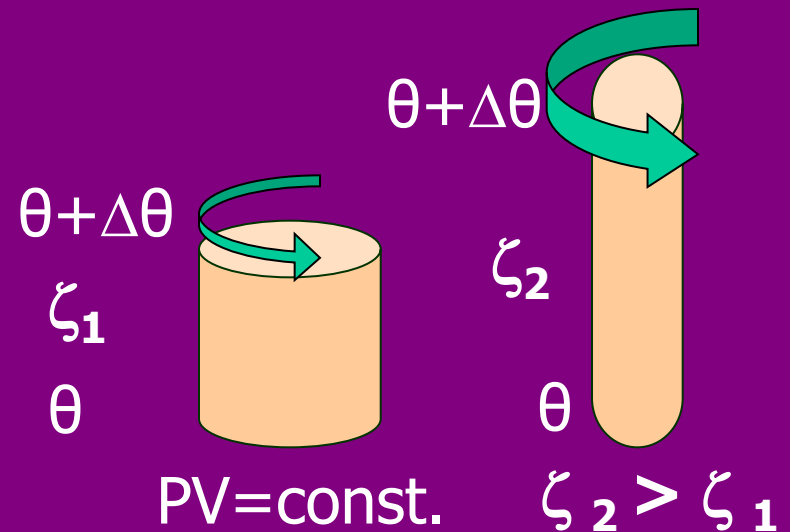
K -index

vízgőztartalom

Potenciális örvényesség és „IPV gondolkodás”

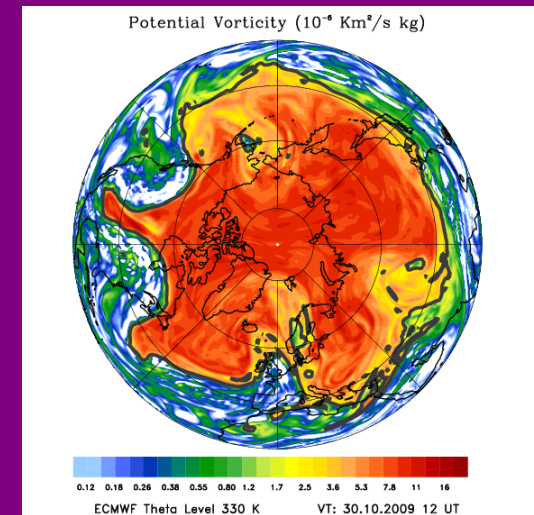
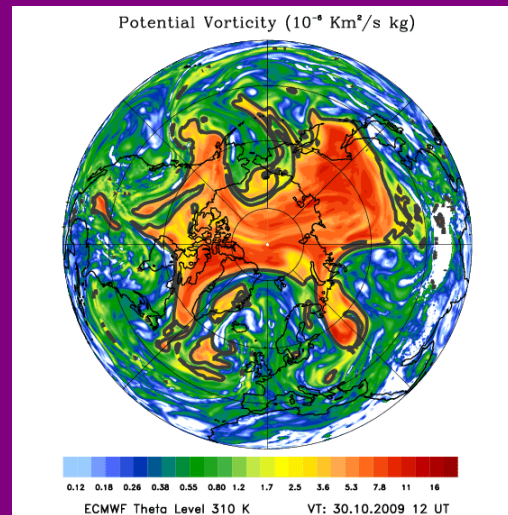
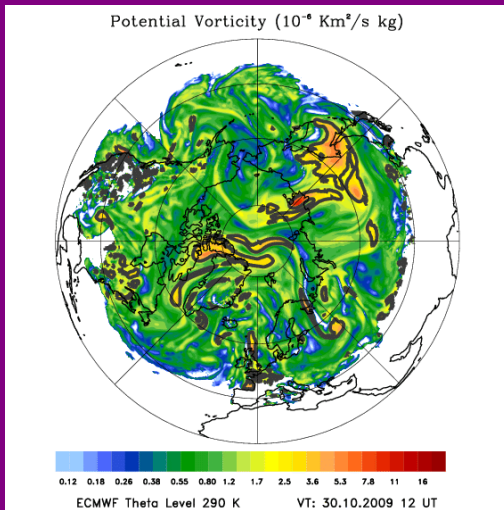
- Rossby, Ertel, 30-as, 40-es évek
- Statikus stabilitás és örvényesség összefüggése
- PV az adiabatikus folyamatoknál nem változik
- Magas PV értékek a sztratoszférában (statikus stabilitás), $PV > 1,5$ PVU
- IPV térképek (θ rendszer)
- 1,5 vagy 2 PVU magassági térképek – dinamikus tropopauza

$$PV = -g(\zeta_{\theta} + f) \frac{\partial \theta}{\partial p}$$



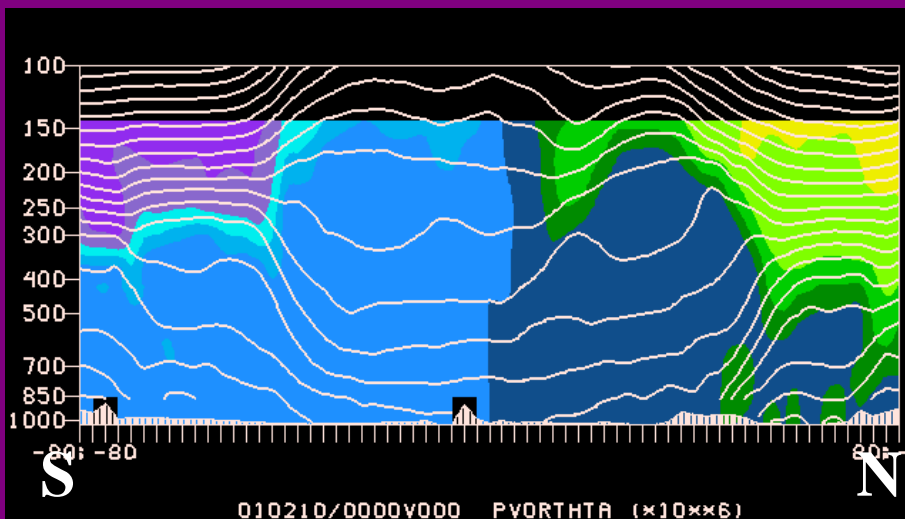
$$1 \text{ PVU} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1} \text{ K kg}^{-1}$$

PV globális és vertikális eloszlása



PV izentropikus felületeken: 290, 310, 330 K

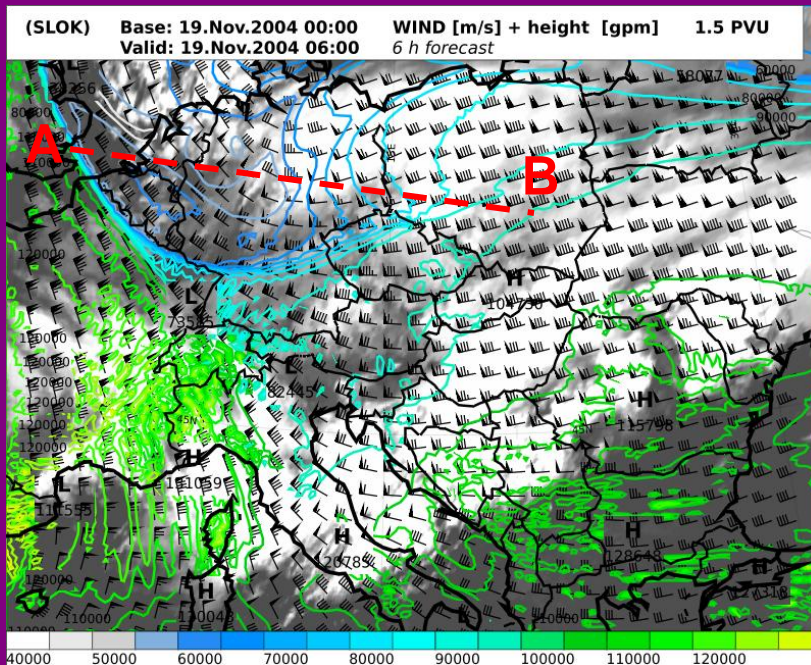
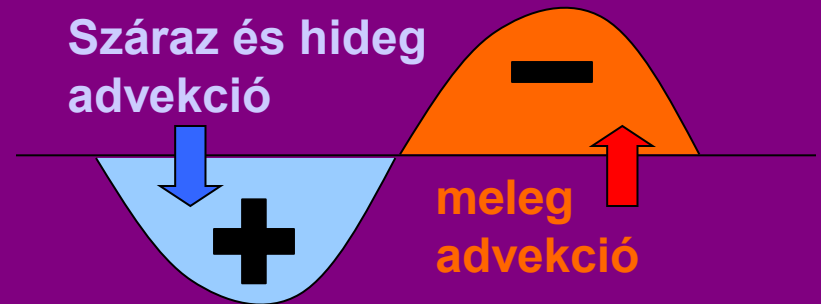
A. Dörnbrack, T. Birner
(<http://www.pa.op.dlr.de>)



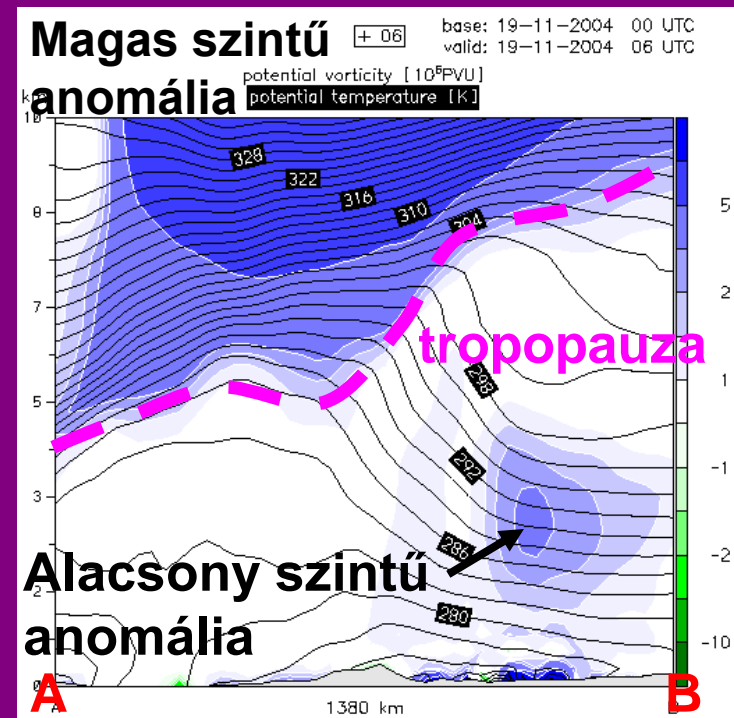
Meridionális vertikális
metszet PV+ θ , 80 W Lon.
(Nielsen-Gammon, 2002)

Potenciális örvényesség változásai

- Advekciónak az eredeti zonális eloszláshoz képest
- Magassági és alacsony szintű (nem adiabatikus) anomáliák



1,5 PVU magassága

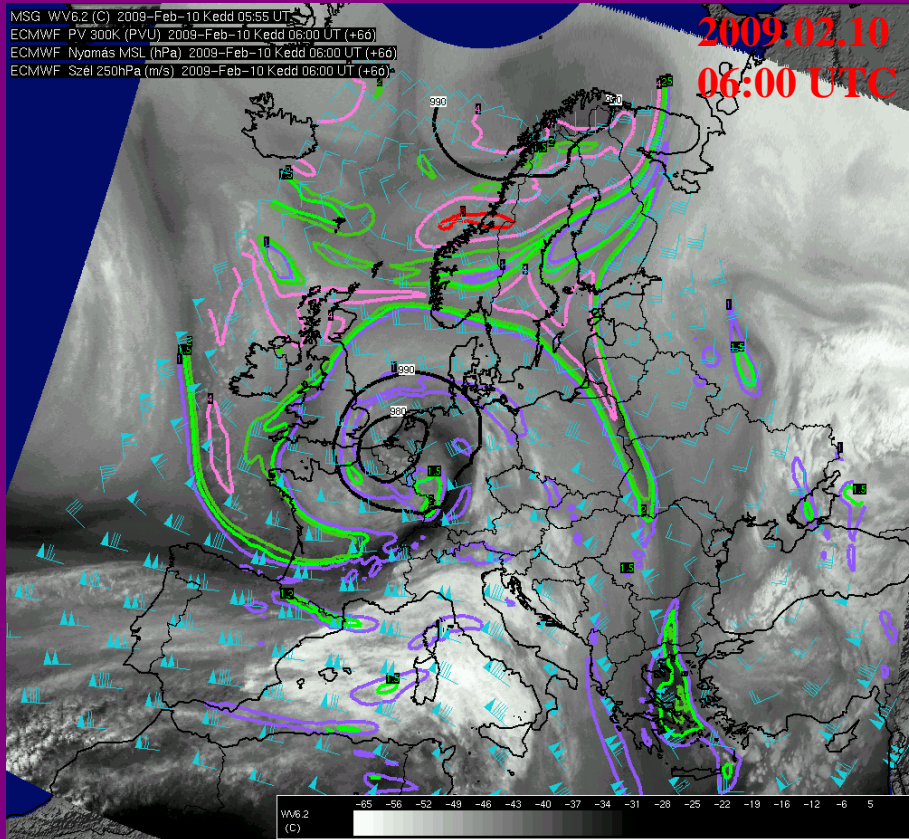


θ + PV vertikális metszete

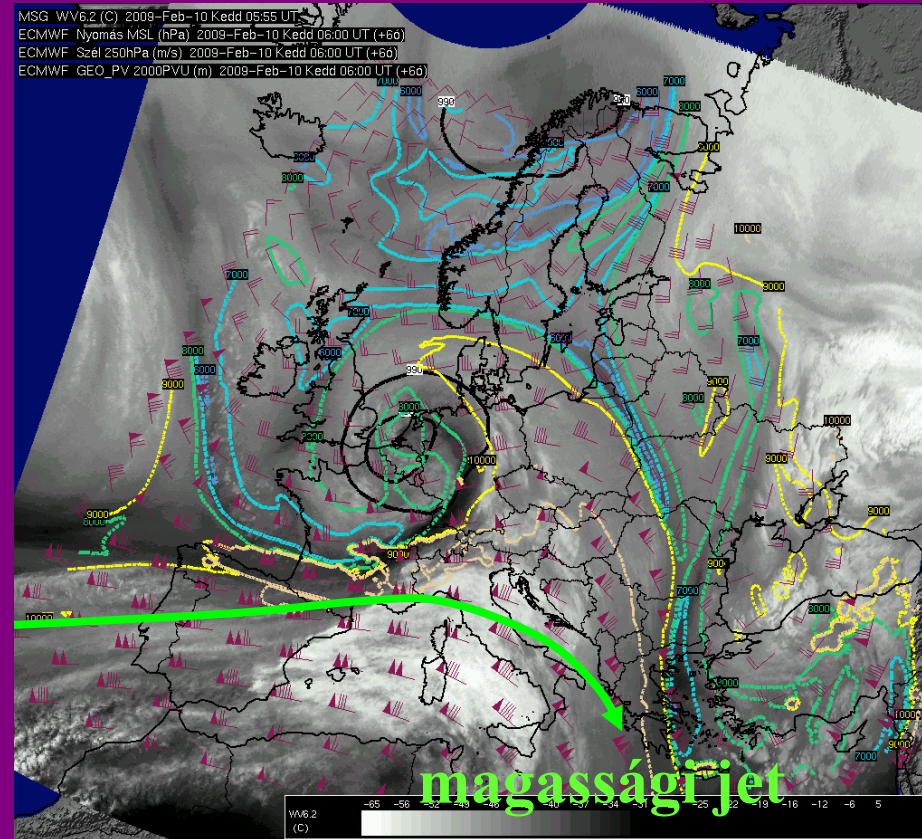
PV és műholdképek

- PV advekció: a száraz, sztratoszféra eredetű levegő áramlása jól követhető a 6.2 μm vízgőz képeken (WV6.2 érzékeny a magassági nedvesség tartalomra)

PV 300 K [PVU]



2 PVU magassága [m]

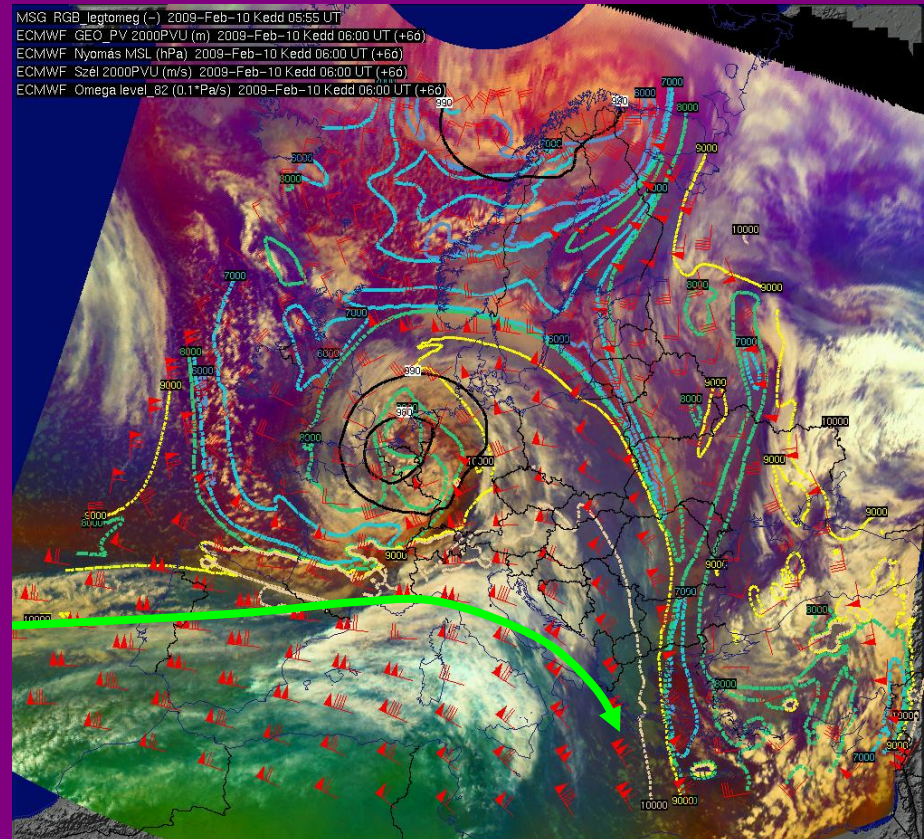
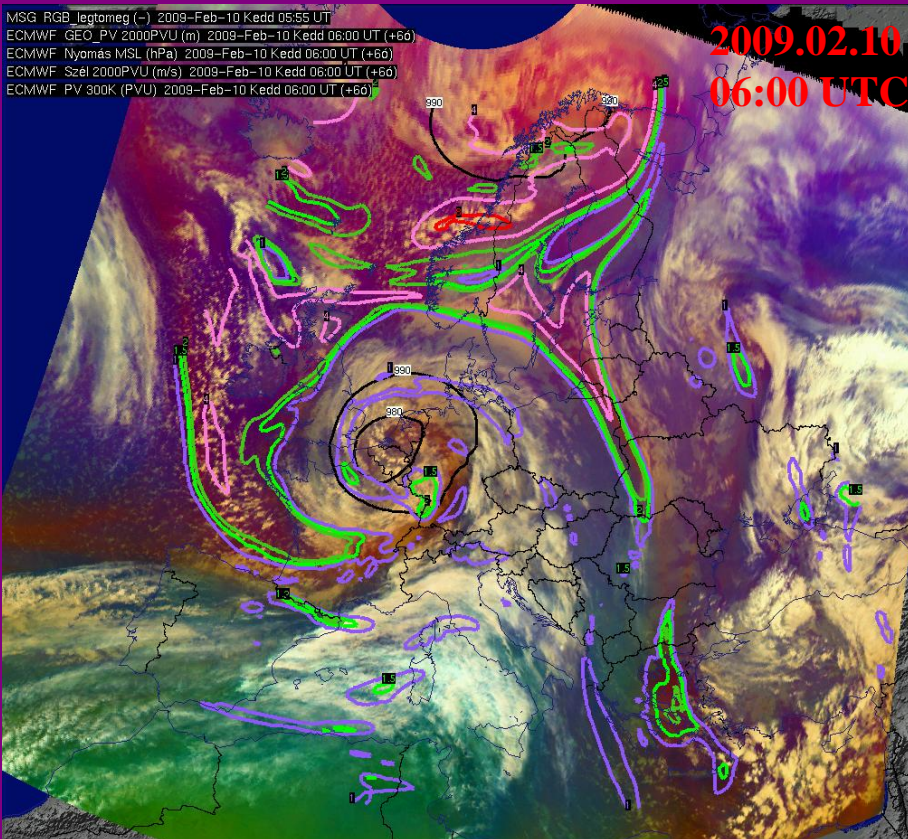


„Levegőtömeg” RGB kompozit kép

- **R** : WV6.2 – 7.3, **G** : IR9.7 – IR10.8, **B** : WV6.2
- Száraz, leáramló sztratoszférikus levegő **piros** színben

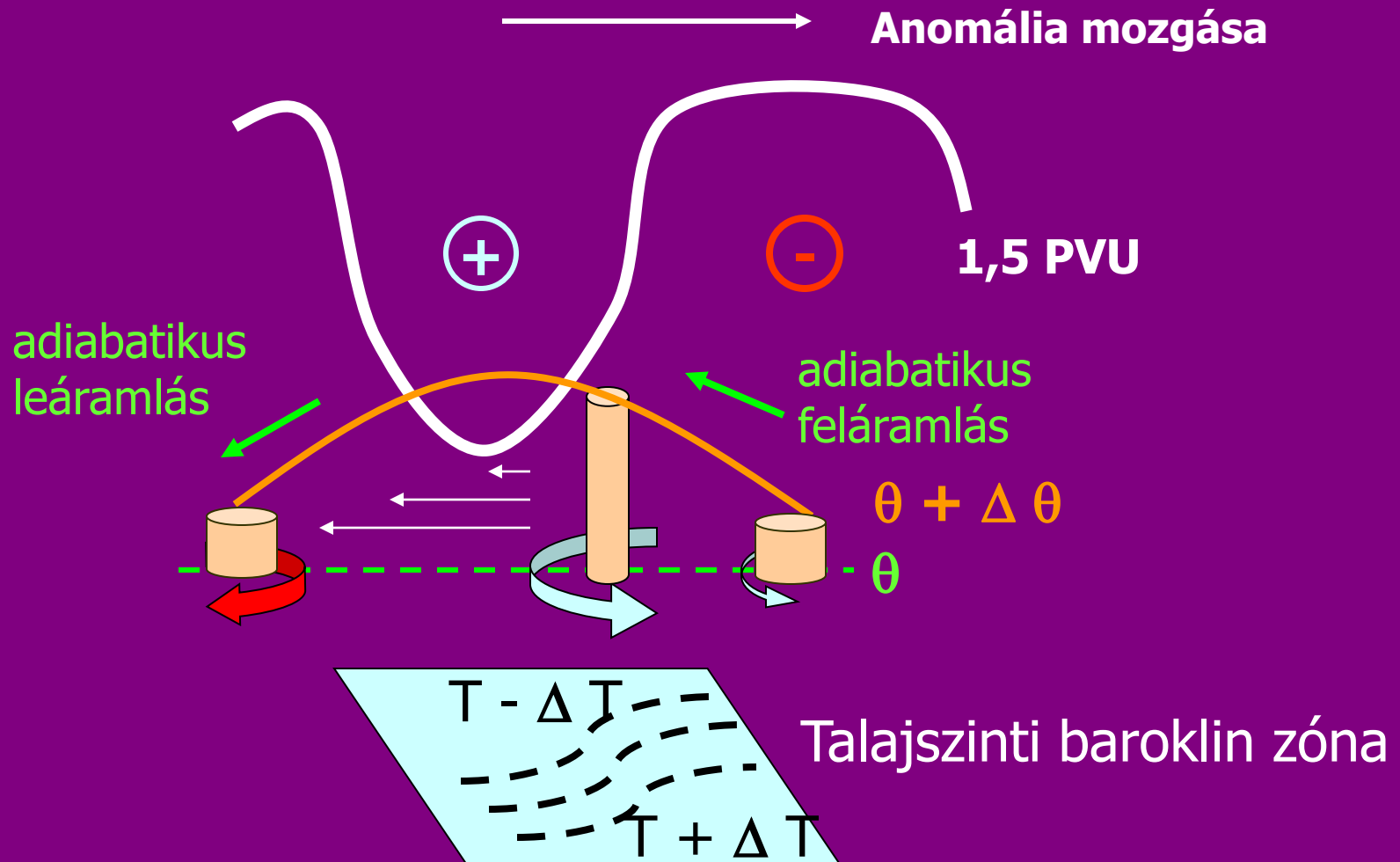
PV 300 K [PVU]

2 PVU magassága [m]

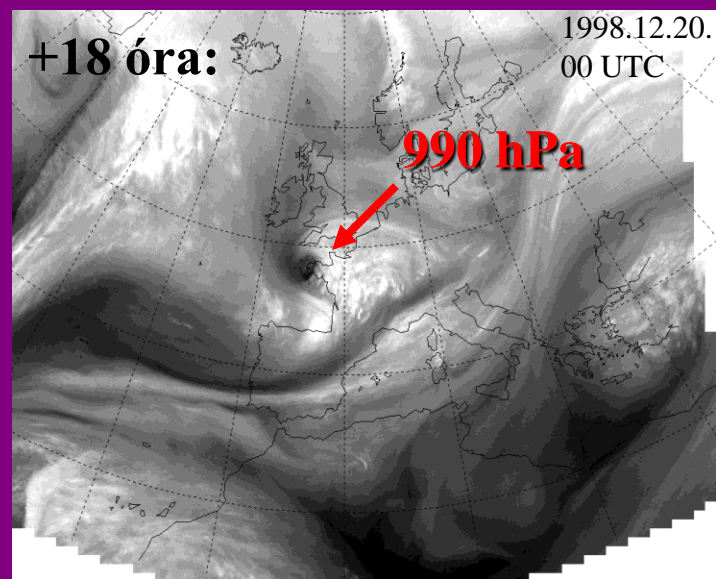
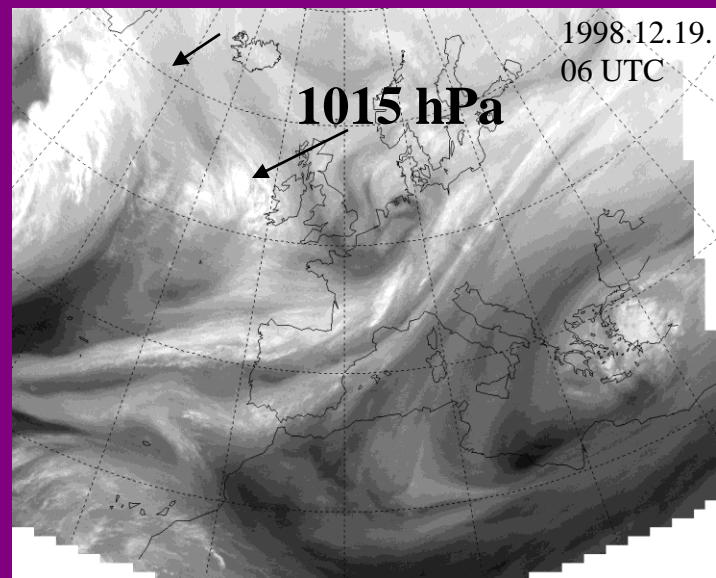
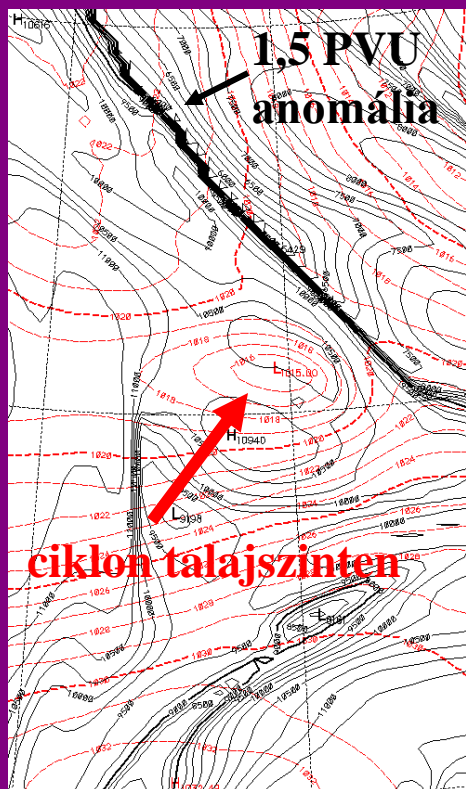


Baroklin instabilitás és ciklogenezis

- A magassági és az alacsony szintű anomália (frontális zóna) közeledése



Gyorsan fejlődő ciklon 1998.12.20.



Magassági PV anomália és a ciklon kölcsönhatása

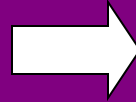
METEOSAT -7 WV :

PV és zivatarok

- A PV módszert általában **szinoptikus** folyamatoknál használják
- A WV és PV képeken látható pl. a száraz levegő benyomulása a zivatarba, ami támogatja a leáramlást és a kifutó szél fejlődését

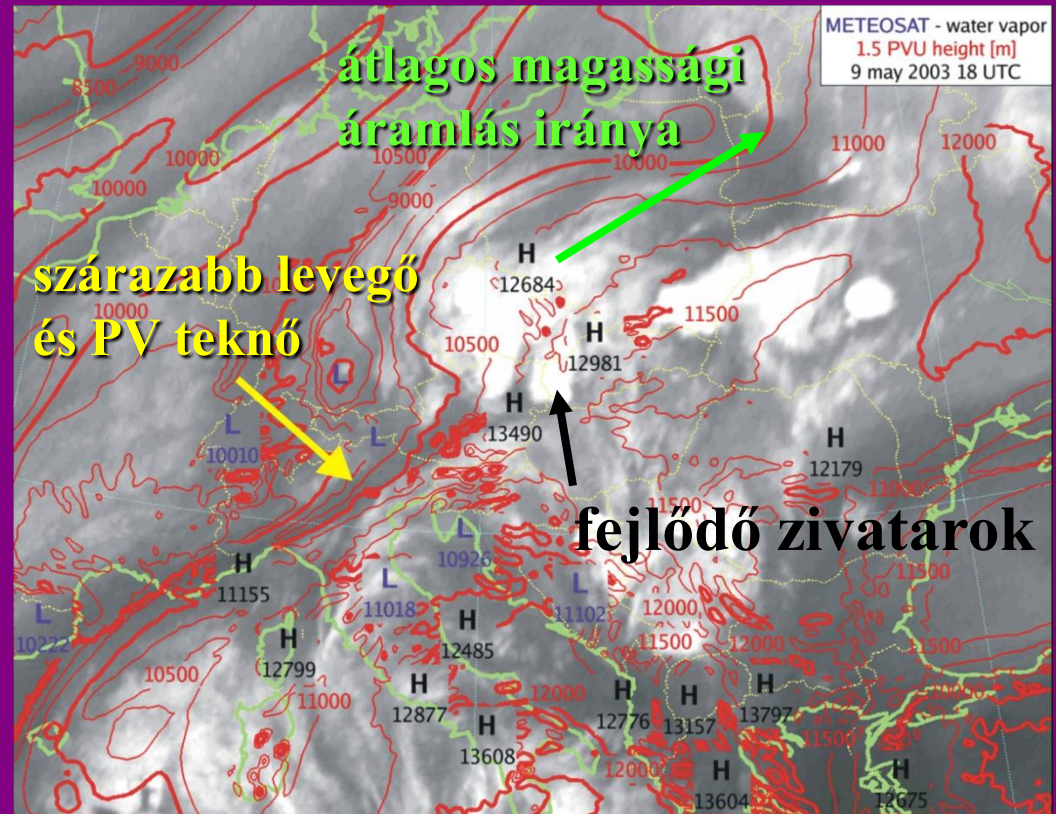
Példa:

2003.05.09 szupercella,
DNY Szlovákia
Becsült szél > 160 km/h



Más példa a PV használatra:

Téli zivatarok,
erős hideg advekciós helyzetek,
Magas- és alacsony szintű
PV anomáliák



További lehetőségek

- MTG: nagyobb térbeli és időbeli felbontás – zivatar felhők és rendszerek pontosabb követése (IR hőmérséklet változások, felhőtető struktúrája)
- Diagnosztikus eszközök fejlesztése: numerikus modell előrejelzések és műhold adatok kombinációja (pl. relatív szél meghatározása a konvektív rendszerekben)
- GII további fejlesztése – több paraméter (pl. downburst – típusú környezet diagnosztika)
- PV korrekció a numerikus modellben (SYMPOSIUM2 – Meteo-France)