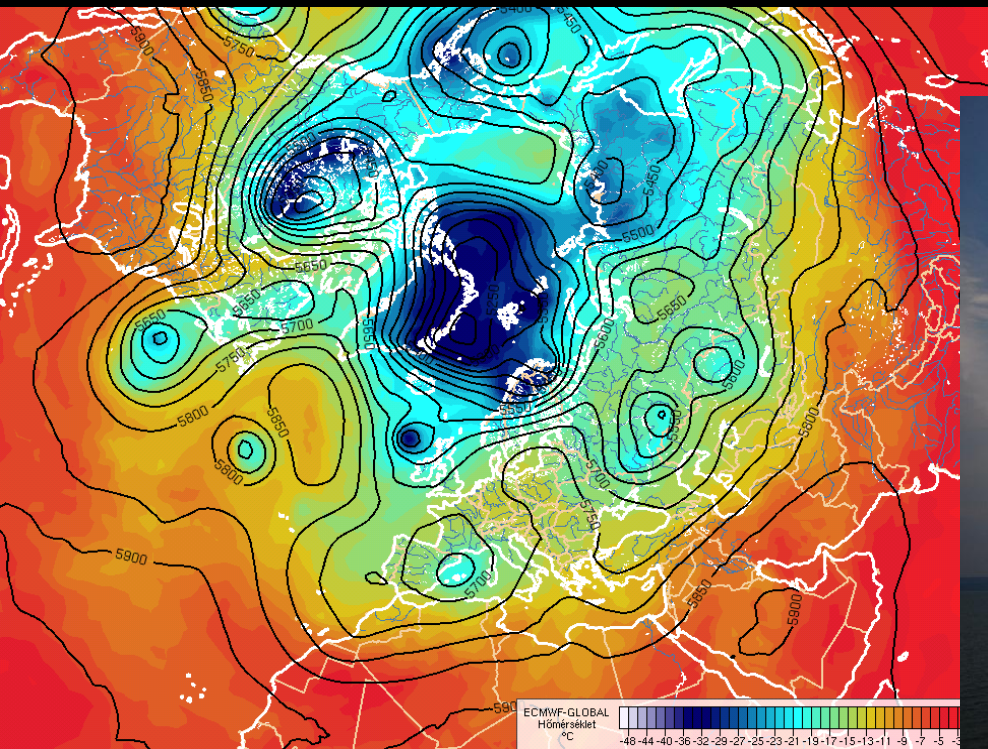
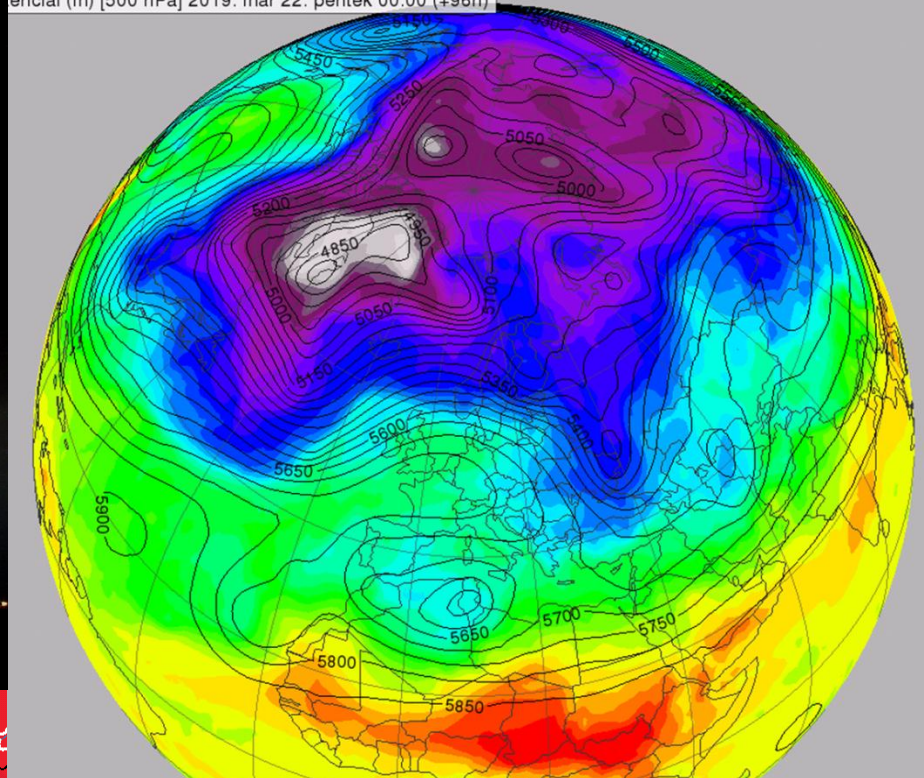


A Balaton időjárása a globális légköri cirkuláció tükrében

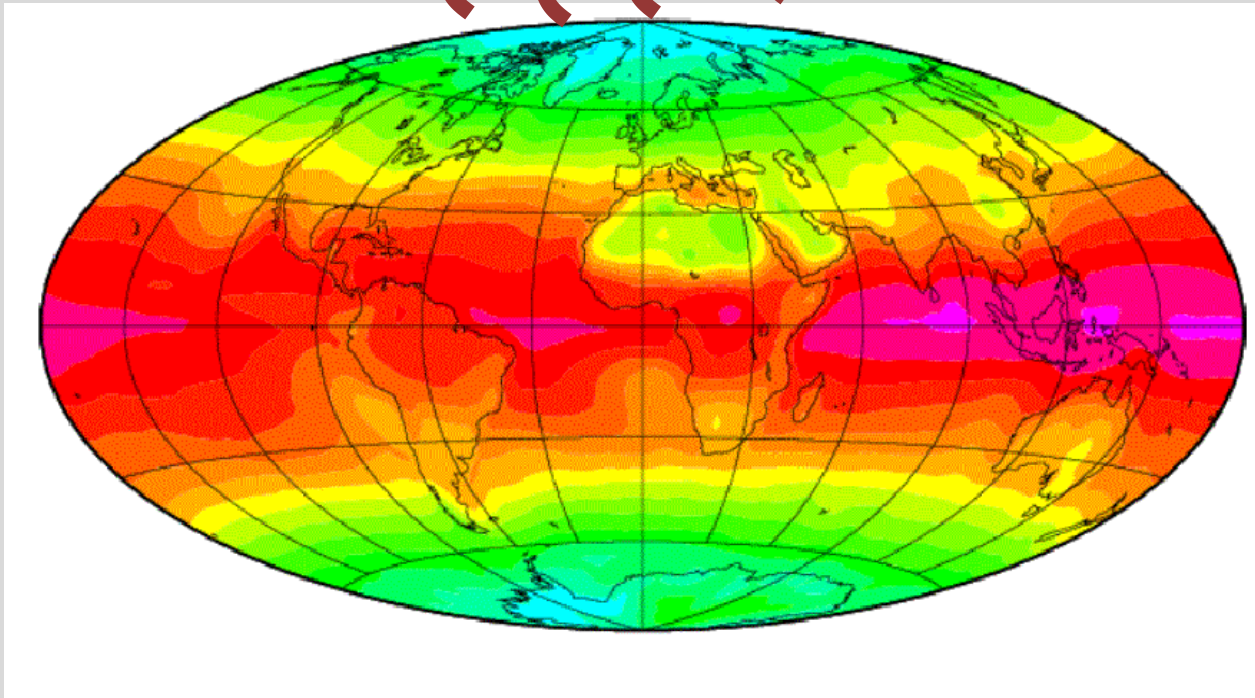
Horváth Ákos meteorológus



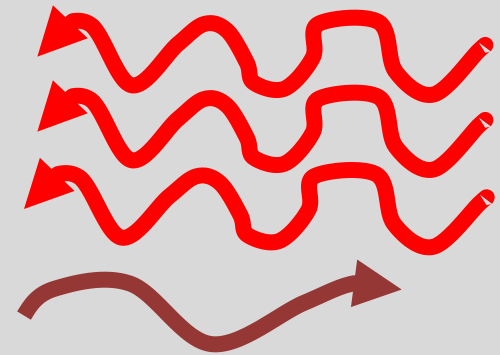
Sugárzási törvények

IR kisugárzás (fekete test, Wien törvény, stb)

CO₂

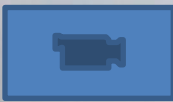
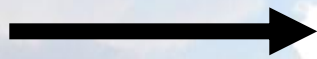
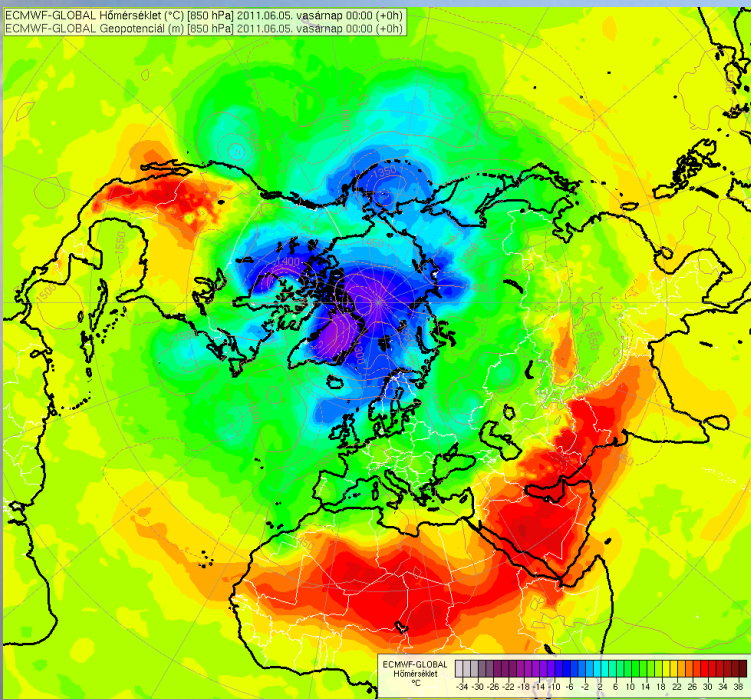


RH besugárzás

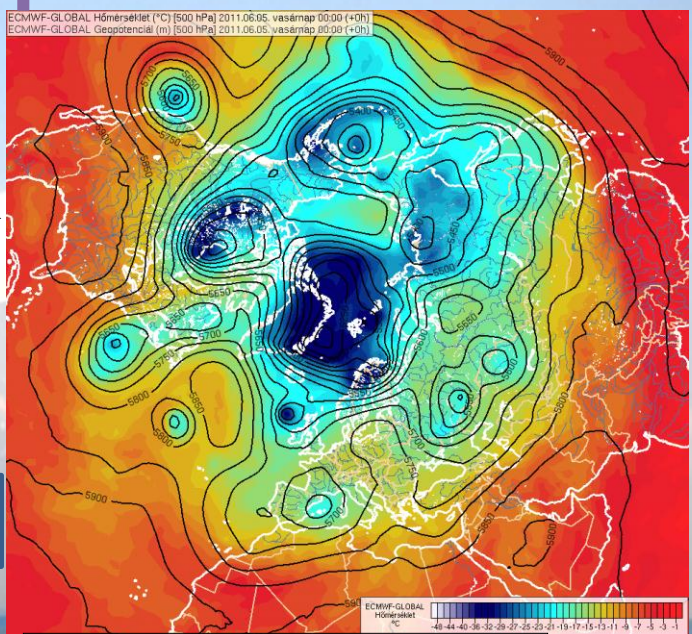
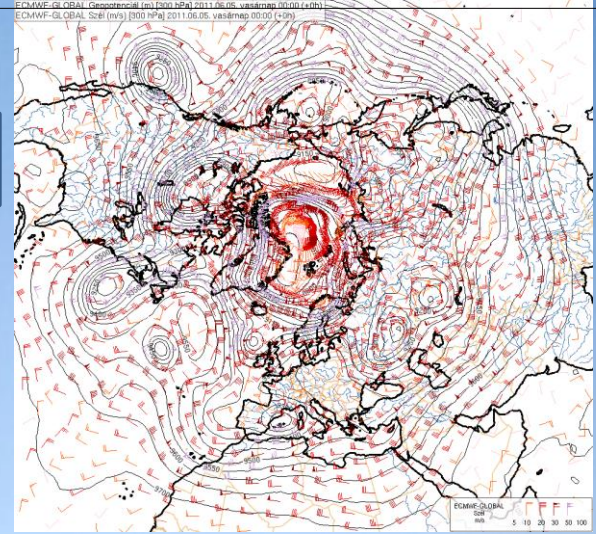


Termodinamika 1 főtétele: hőenergia mechanikai energiává alakul.

Hőmérséklet különbség



Mechanikai munka (szélrendszerek)

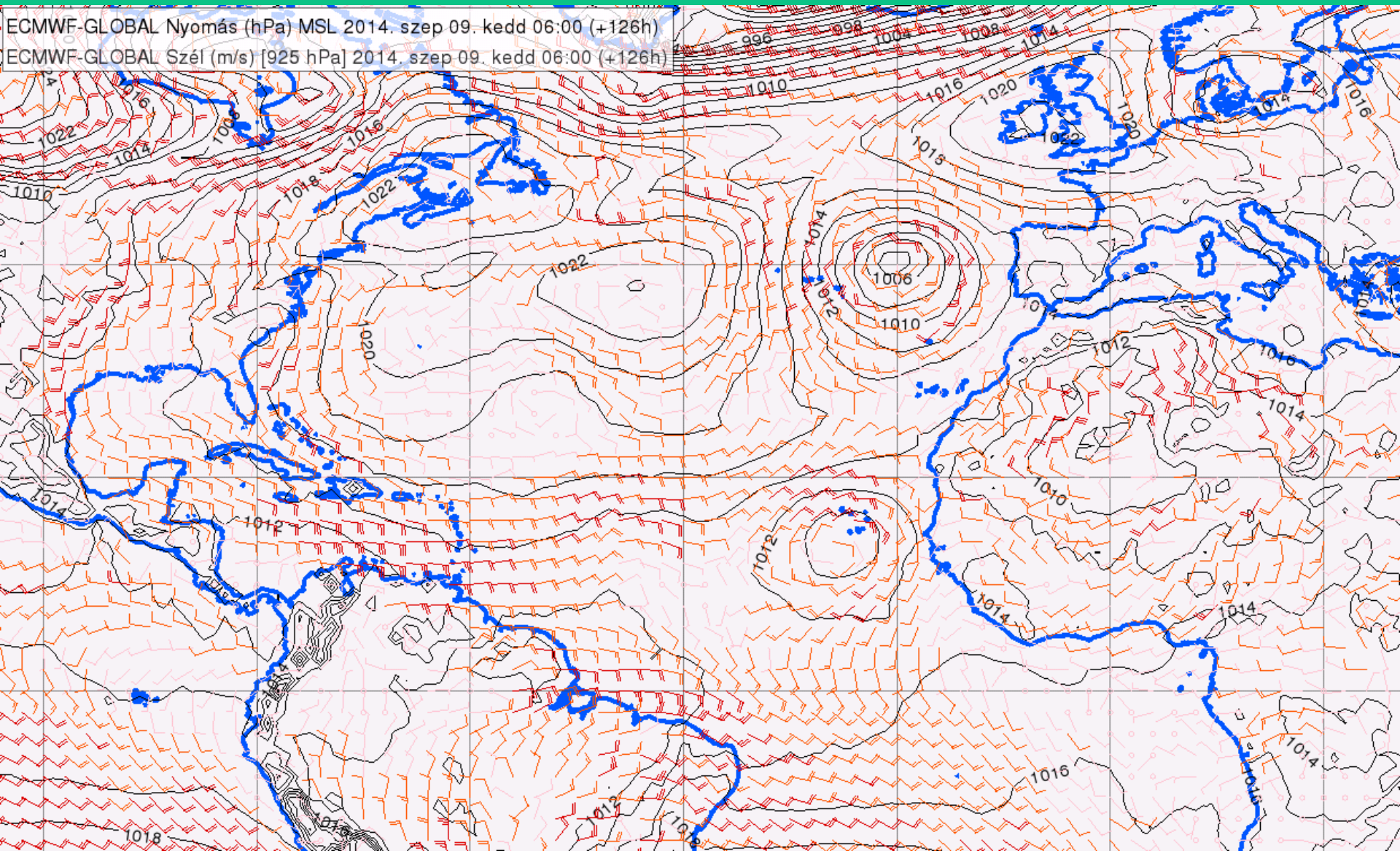


Légnyomás különbség

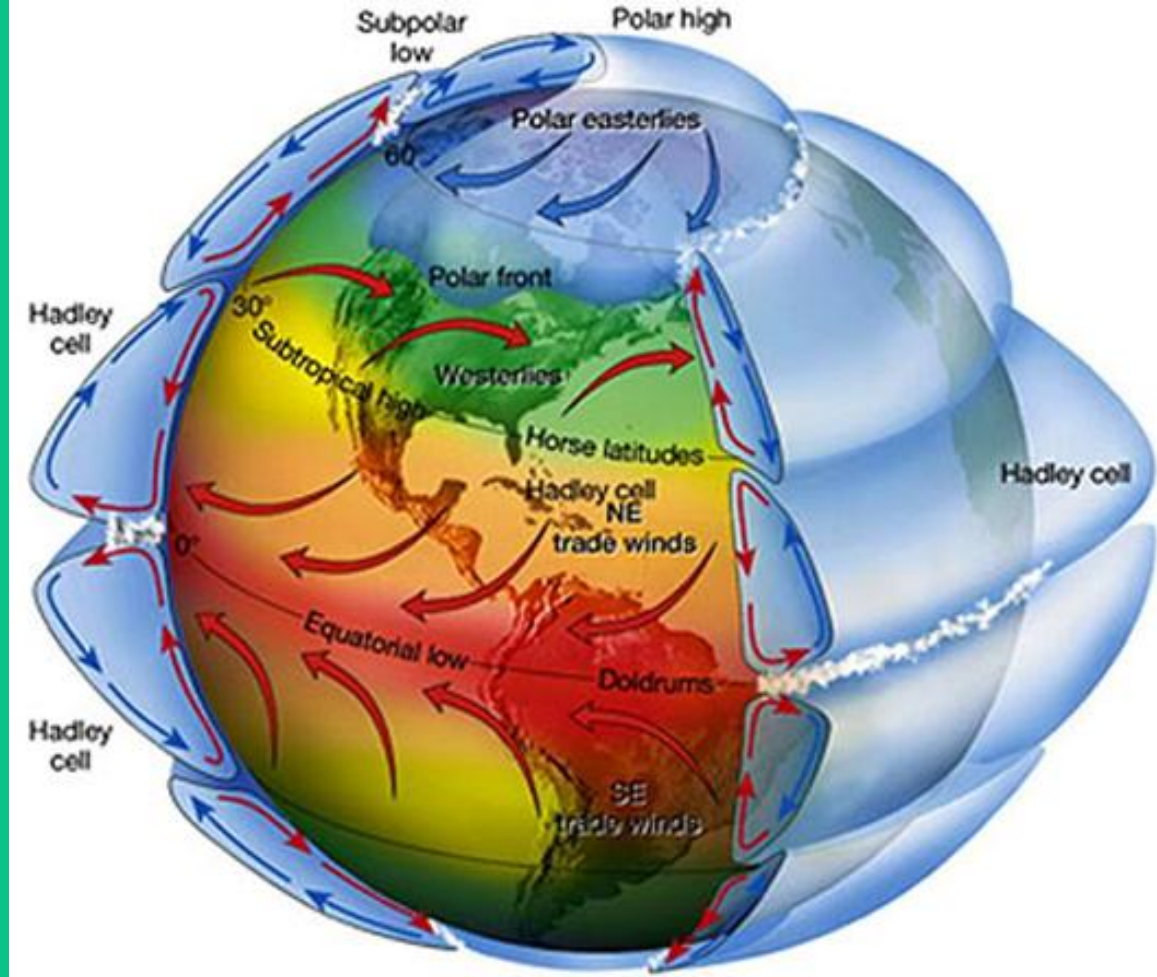
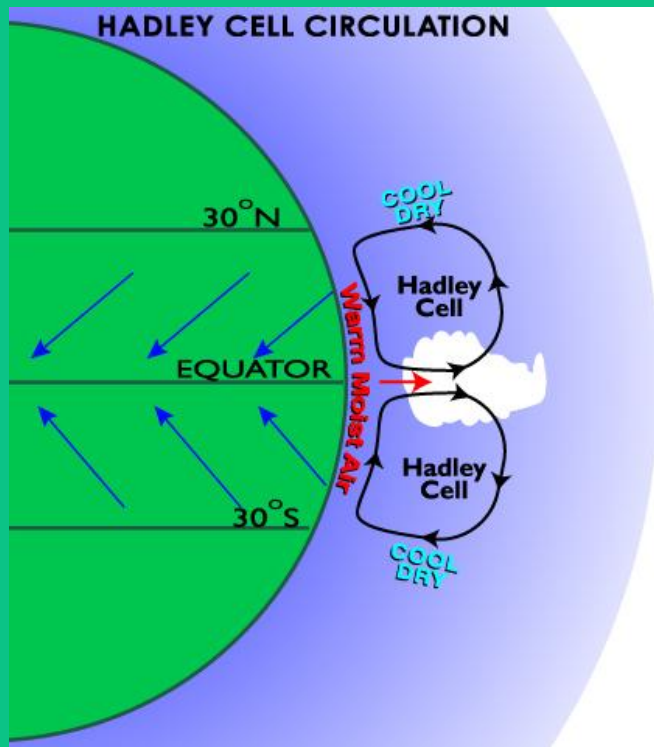
→ A légkör egy óriási hőerőgép

Coriolis erő: a mozgás (az északi féltekén) jobbra térül el:

ECMWF-GLOBAL Nyomás (hPa) MSL 2014. szept 09. kedd 06:00 (+126h)
ECMWF-GLOBAL Szél (m/s) [925 hPa] 2014. szept 09. kedd 06:00 (+126h)



Globális cirkuláció

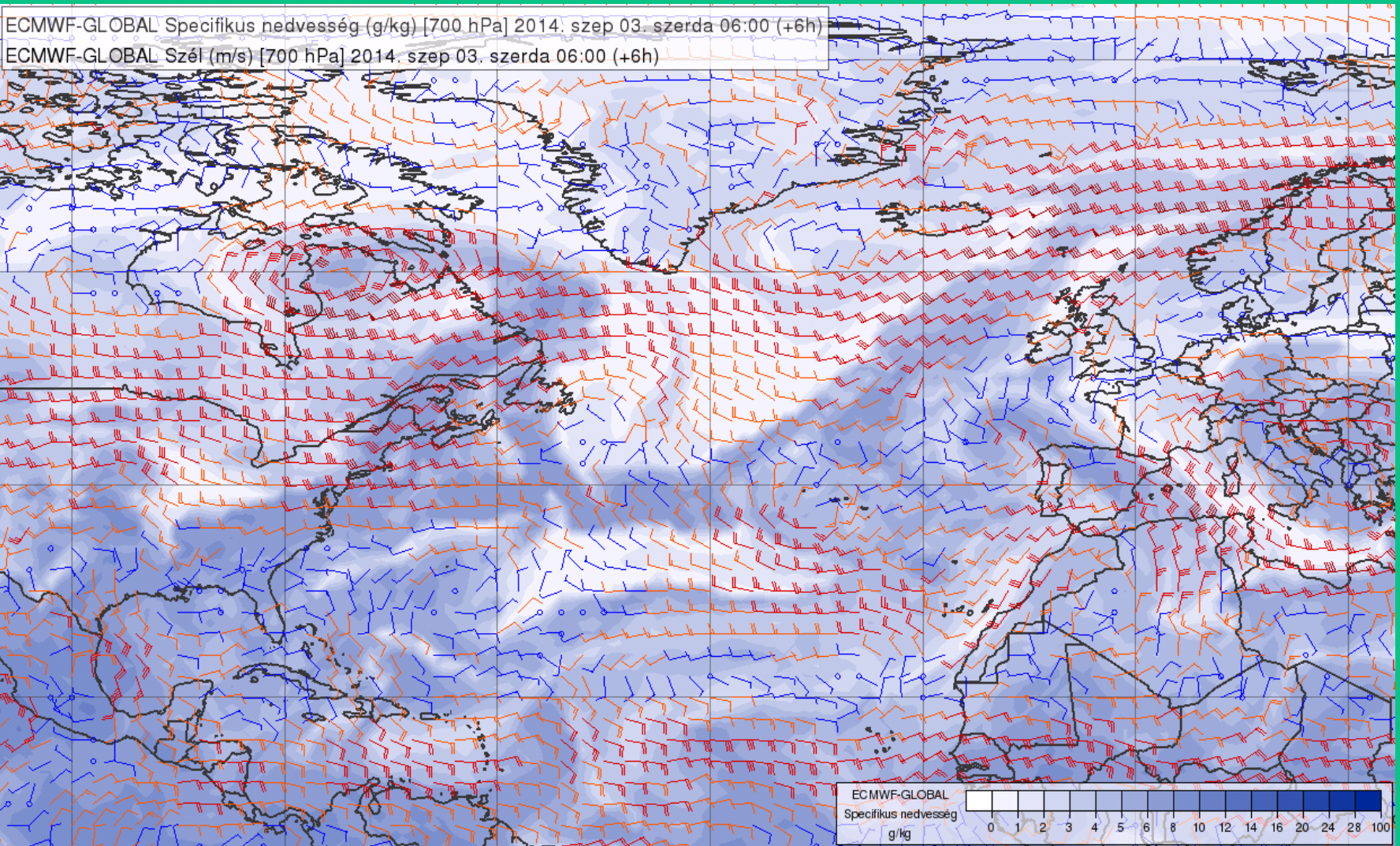


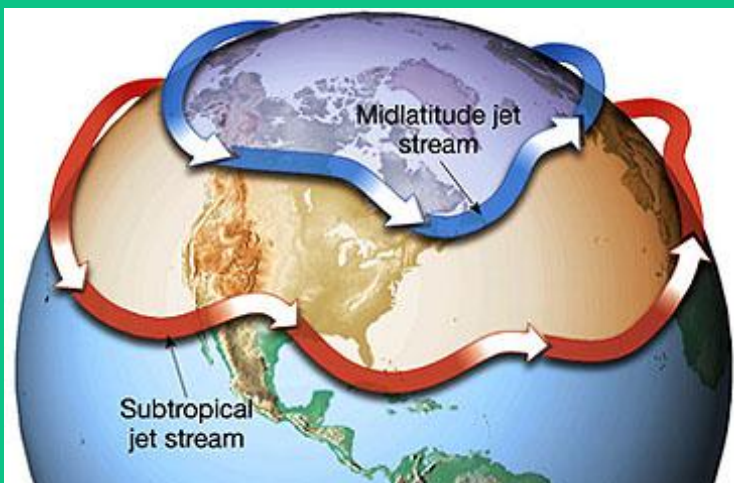
Passzát

- Nedvesség konvergencia
- Besugárzásbeli különbségek
- A dinamikus sivatagok

Fázisátalakulások (víz)

A vígőz hőenergiát szállít amely a fázisátalakulás során felszabadul és módosítja, átalakítja a cirkulációt

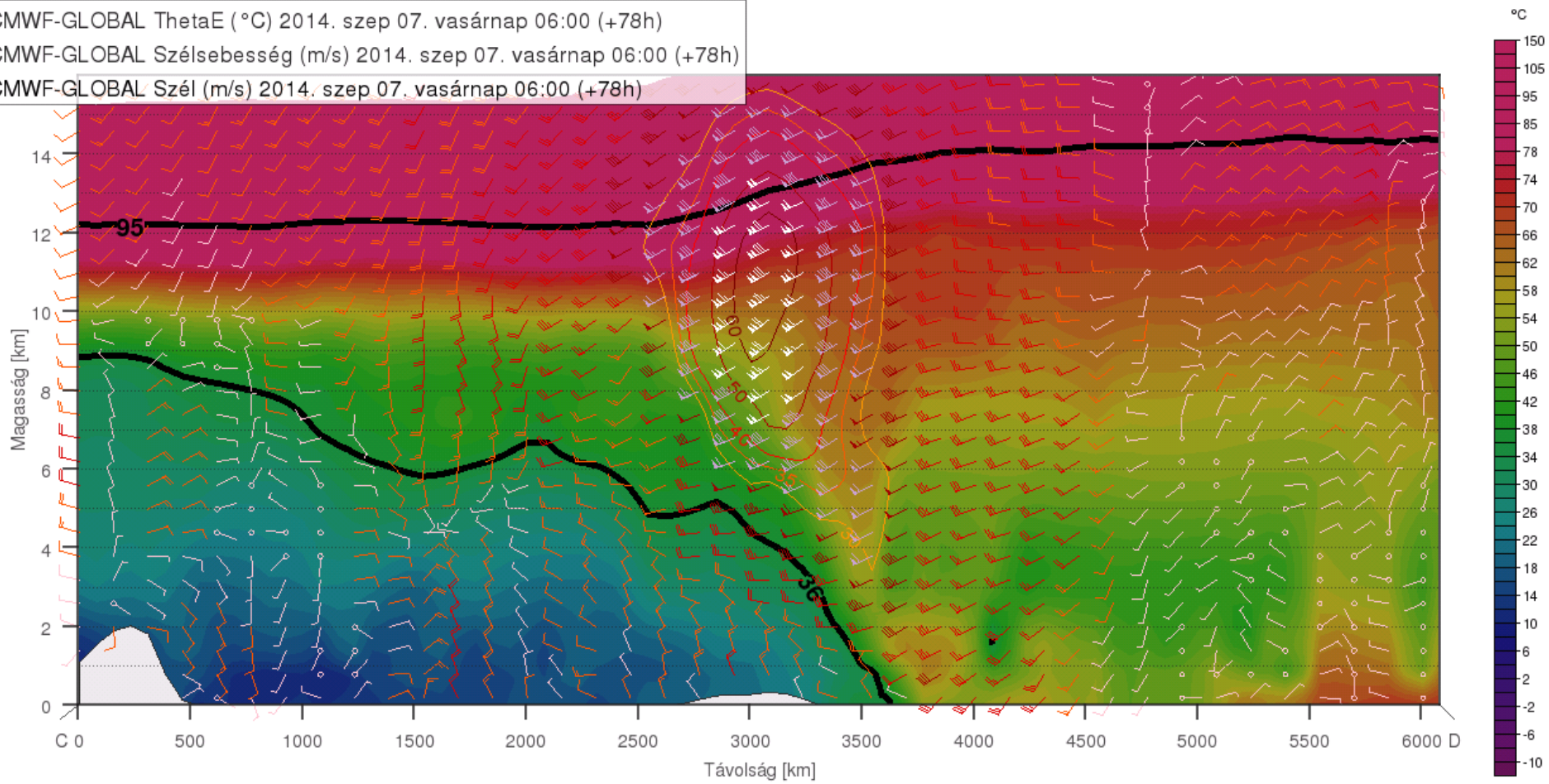




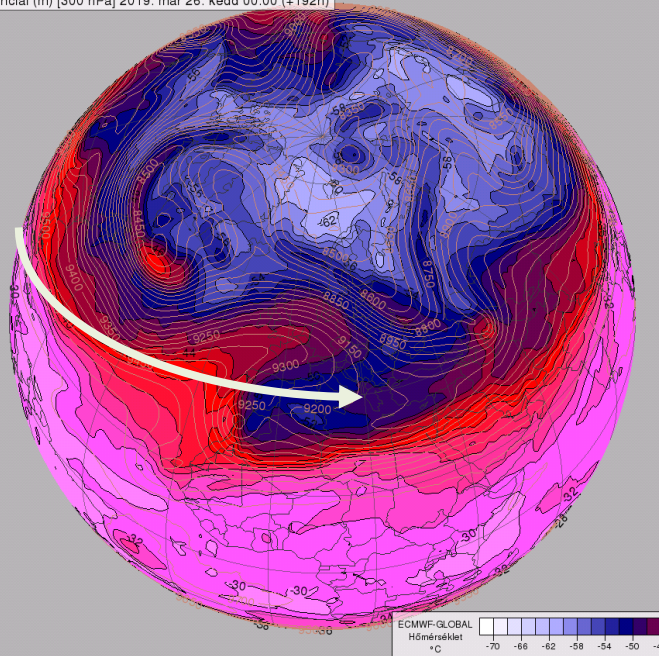
Nyugati szelek öve

A magassági futóáramlások (jet stream)

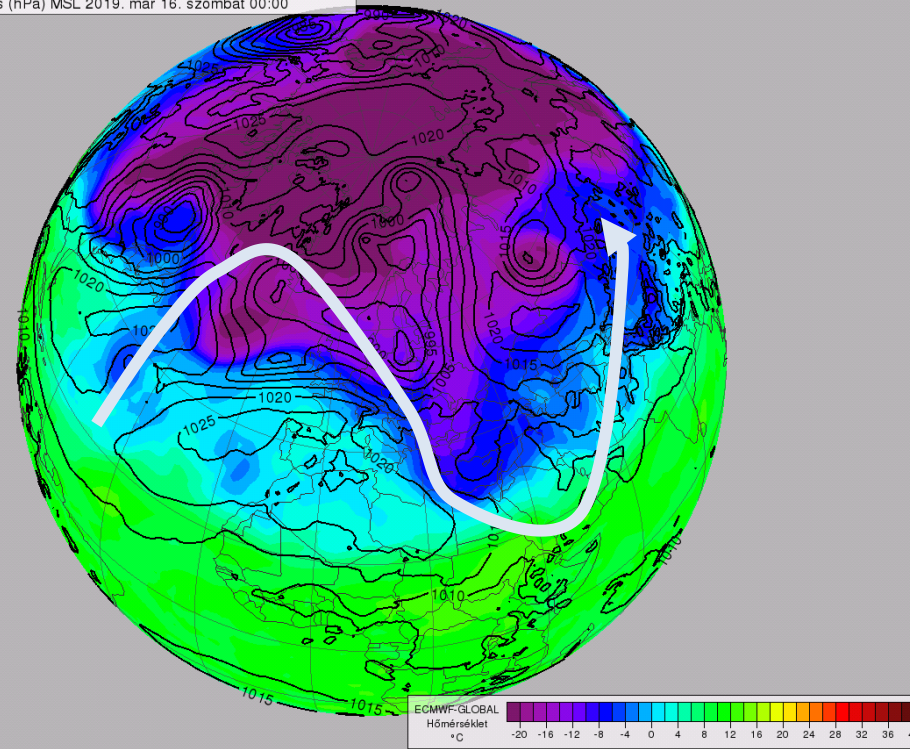
ECMWF-GLOBAL ThetaE (°C) 2014. szept 07. vasárnap 06:00 (+78h)
 ECMWF-GLOBAL Szélesség (m/s) 2014. szept 07. vasárnap 06:00 (+78h)
 ECMWF-GLOBAL Szél (m/s) 2014. szept 07. vasárnap 06:00 (+78h)



ECMWF-GLOBAL Hőmérséklet (°C) [300 hPa] 2019. máj 26. kedd 00:00 (+192h)
ECMWF-GLOBAL Geopotenciál (m) [300 hPa] 2019. máj 26. kedd 00:00 (+192h)



ECMWF-GLOBAL Hőmérséklet (°C) [700 hPa] 2019. máj 16. szombat 00:00
ECMWF-GLOBAL Nyomás (hPa) MSL 2019. máj 16. szombat 00:00

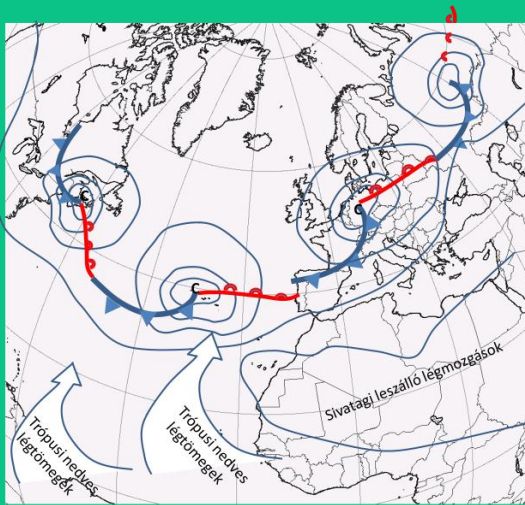


Meridionális vs. zonális cirkuláció

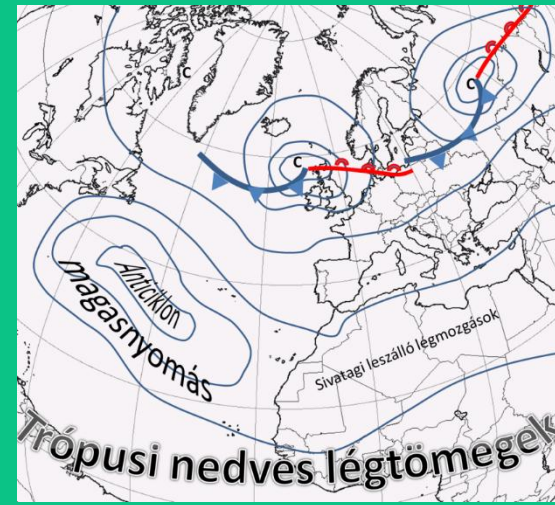
Kiegyenlítettebb vs. szélsőségesebb időjárás (7 napos periódusok).

Egyensúly változás → cirkuláció változás → klímaváltozás

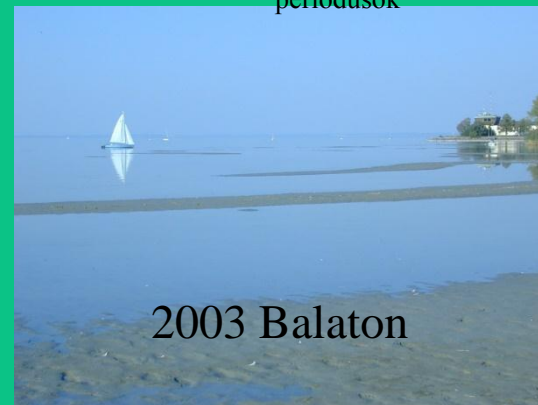
Nagy csapadék vs. záráság, forróság (silent killer)



Nyugati szelek öve nedvességet
Importál a trópusi területekről:
mélyebb ciklonok, több csapadék

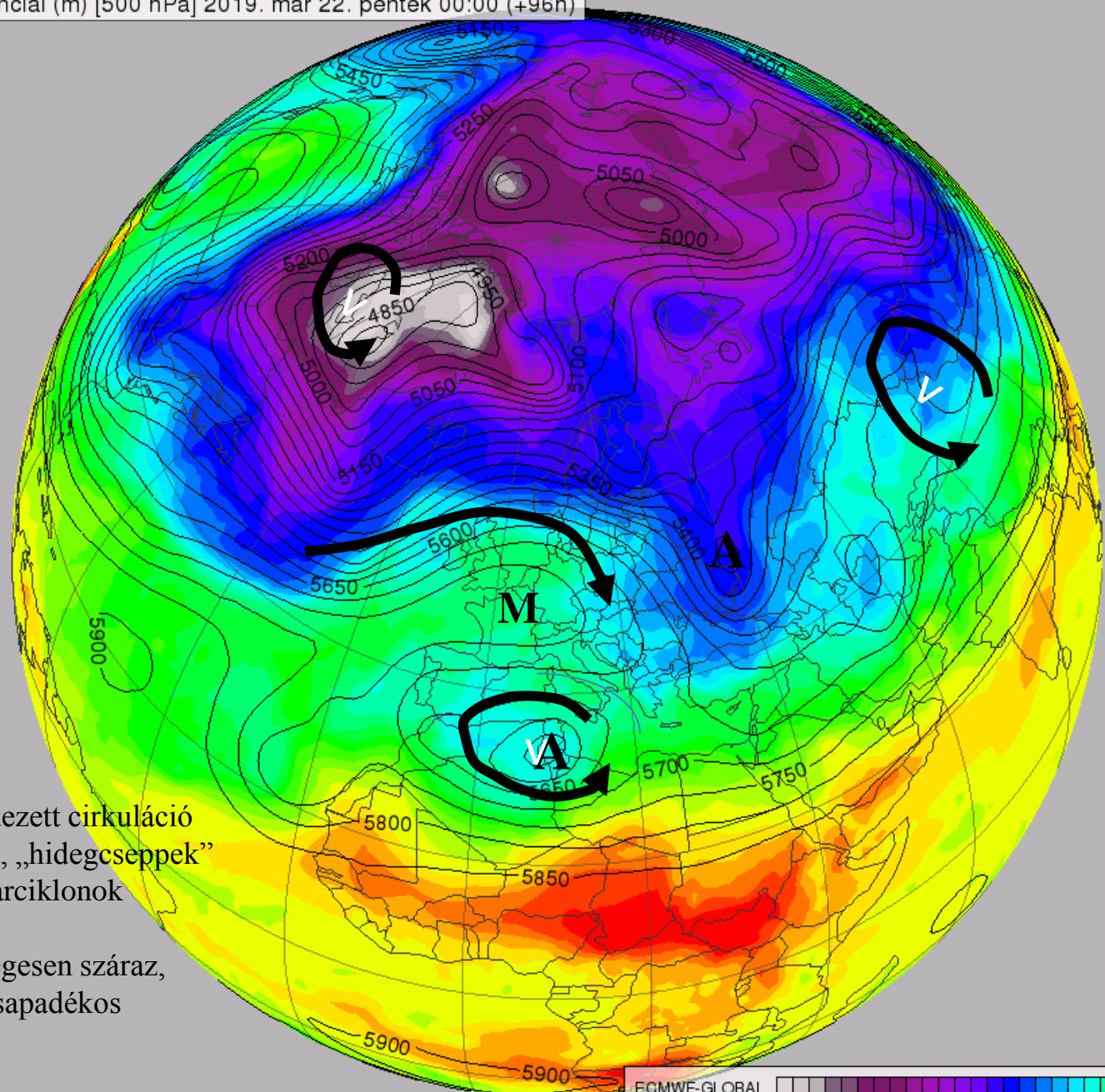


A trópusi sivatagok hatása
megerősödik, kevesebb nedvesség
jut a nyugati szelek övébe, kevés
felhő sok napsugárzás, hosszú forró
periódusok

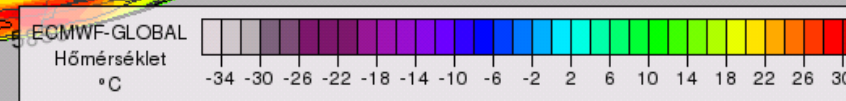


2003 Balaton

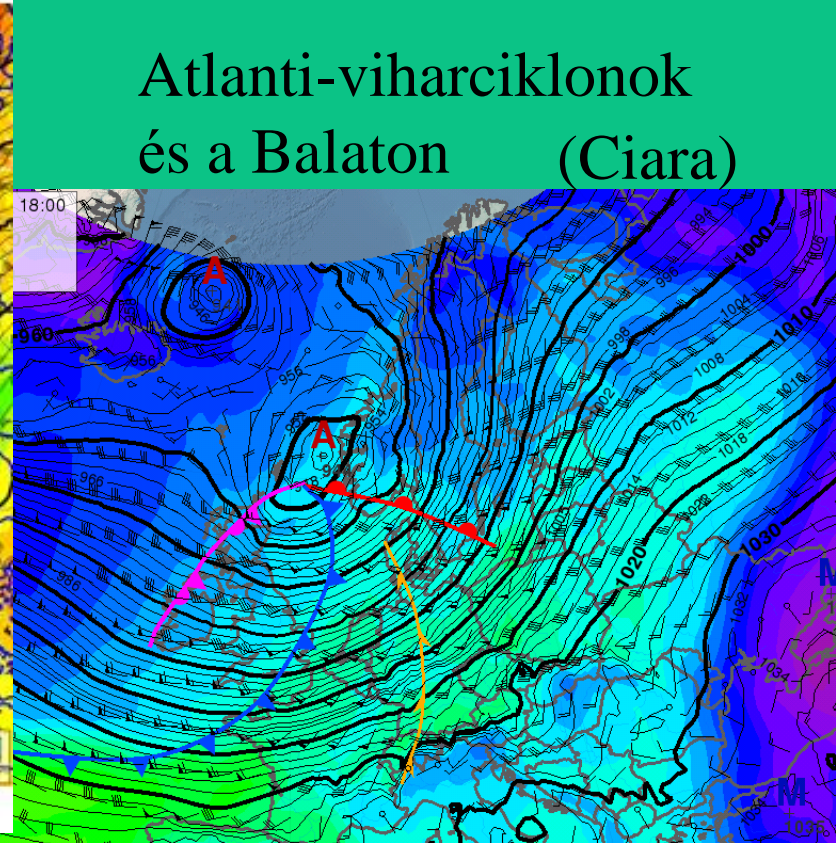
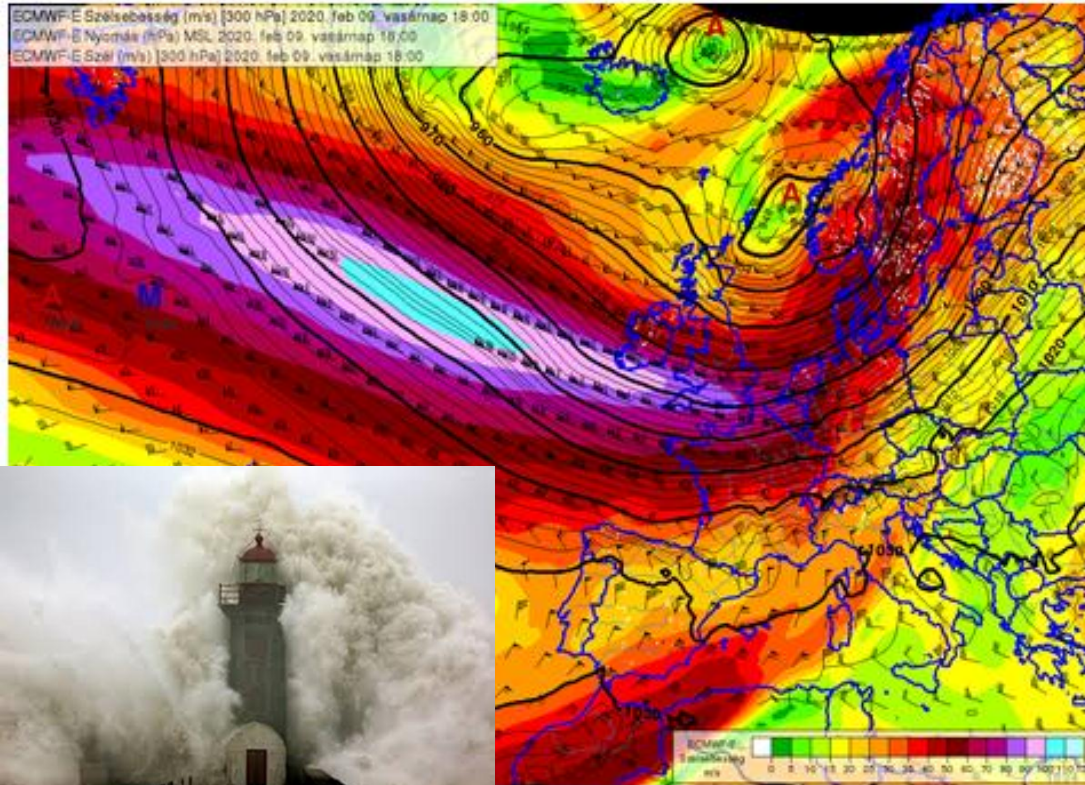
ECMWF-GLOBAL Hőmérséklet (°C) [850 hPa] 2019. márc 22. péntek 00:00 (+96h)
ECMWF-GLOBAL Geopotenciál (m) [500 hPa] 2019. márc 22. péntek 00:00 (+96h)



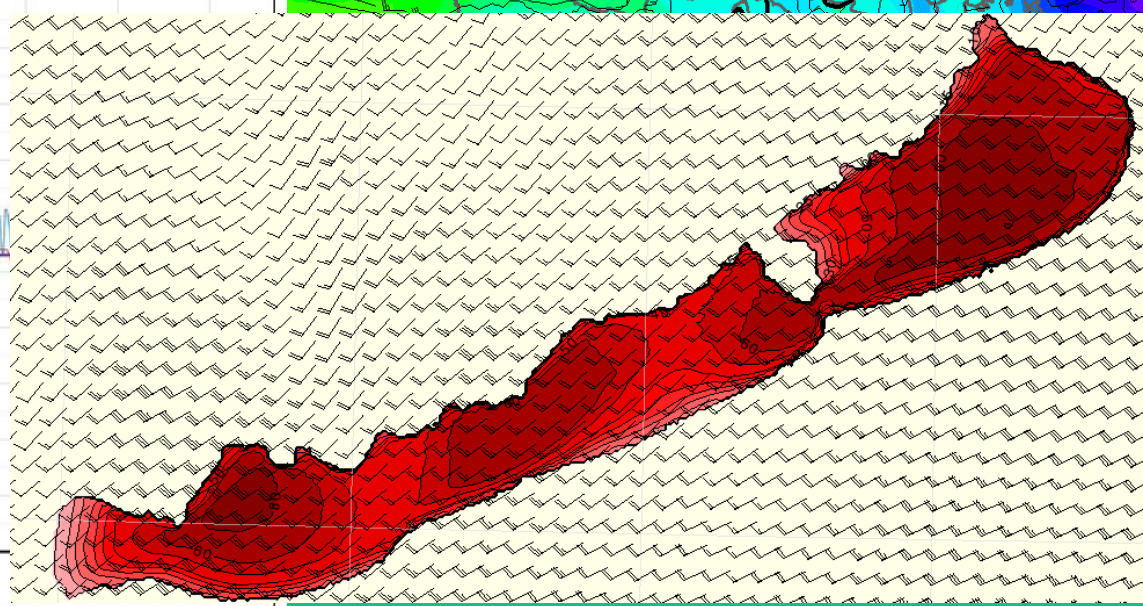
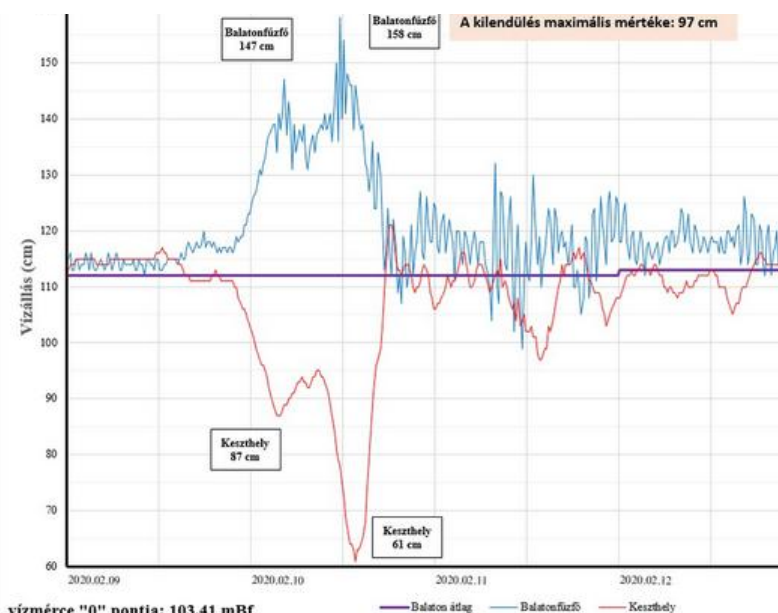
A pólusok körüli rendezett cirkuláció
gyakrabban felszakad, „hidegcseppek”
„polár vortex-ek, viharciklonok
alakulnak ki.
Nyáron vagy szélsőségesen száraz,
vagy szélsőségesen csapadékos
időjárás.
(2010-2011
2003



ECMWF-E Szélesség (m/s) [300 hPa] 2020. feb. 09. vasárnap 18:00
 ECMWF-E Nyomás (hPa) MSL 2020. feb. 09. vasárnap 18:00
 ECMWF-E Szél (m/s) [300 hPa] 2020. feb. 09. vasárnap 18:00



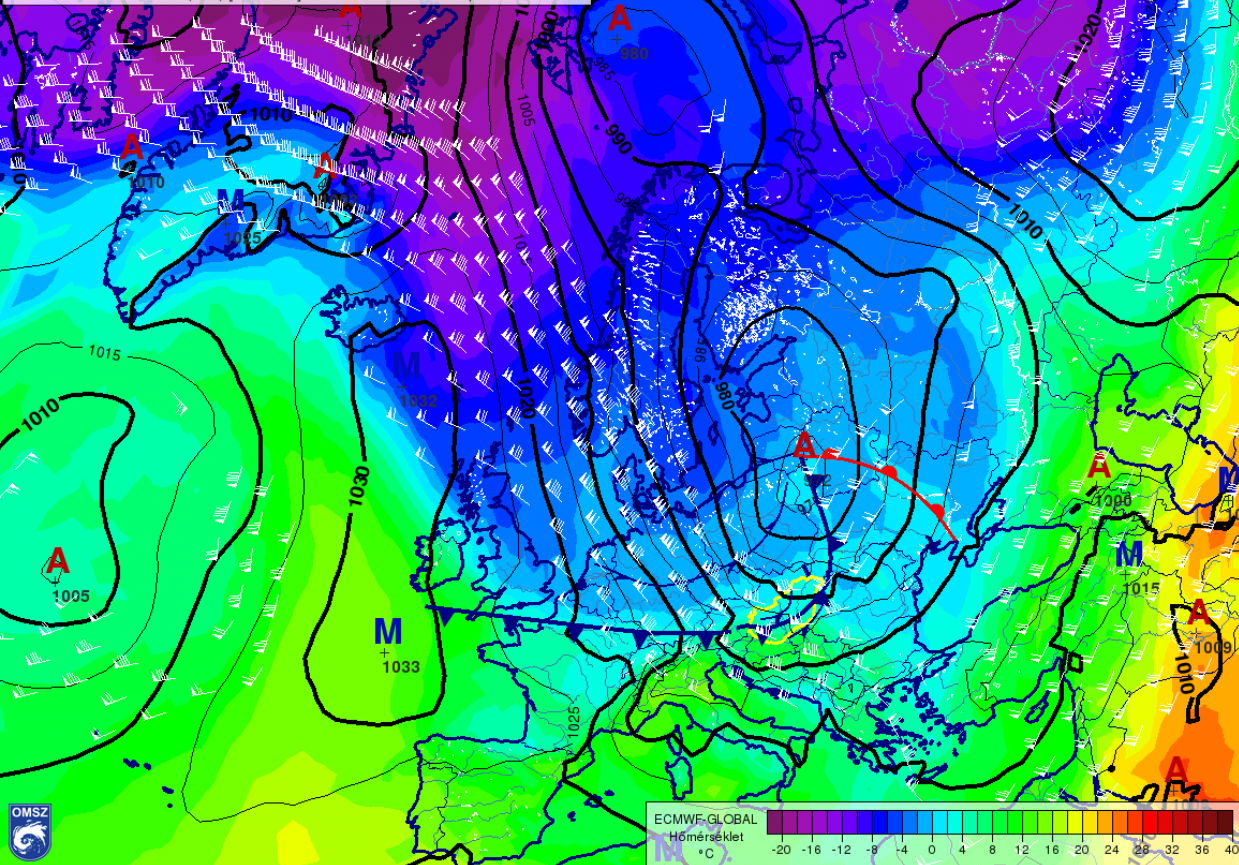
Atlanti-viharciklonok és a Balaton (Ciara)



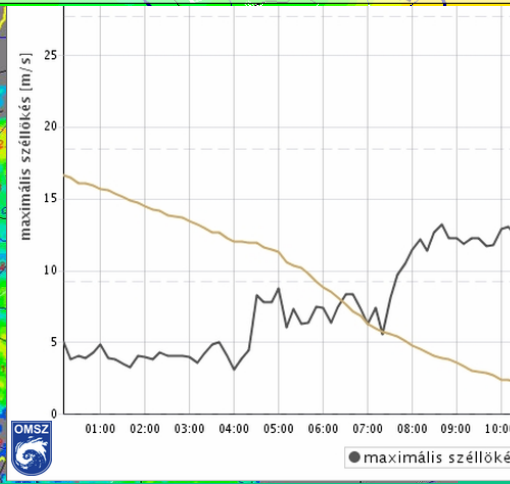
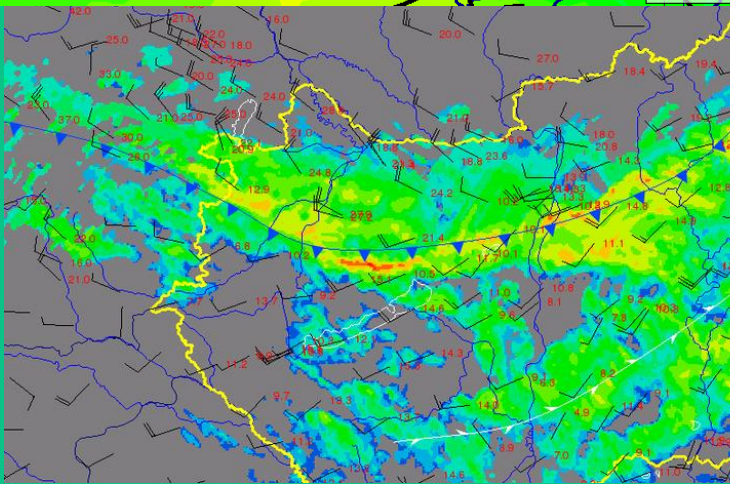
vízmerce "0" pontja: 103,41 mBf

— Balaton átlag — Balatonfűzfő — Keszthely

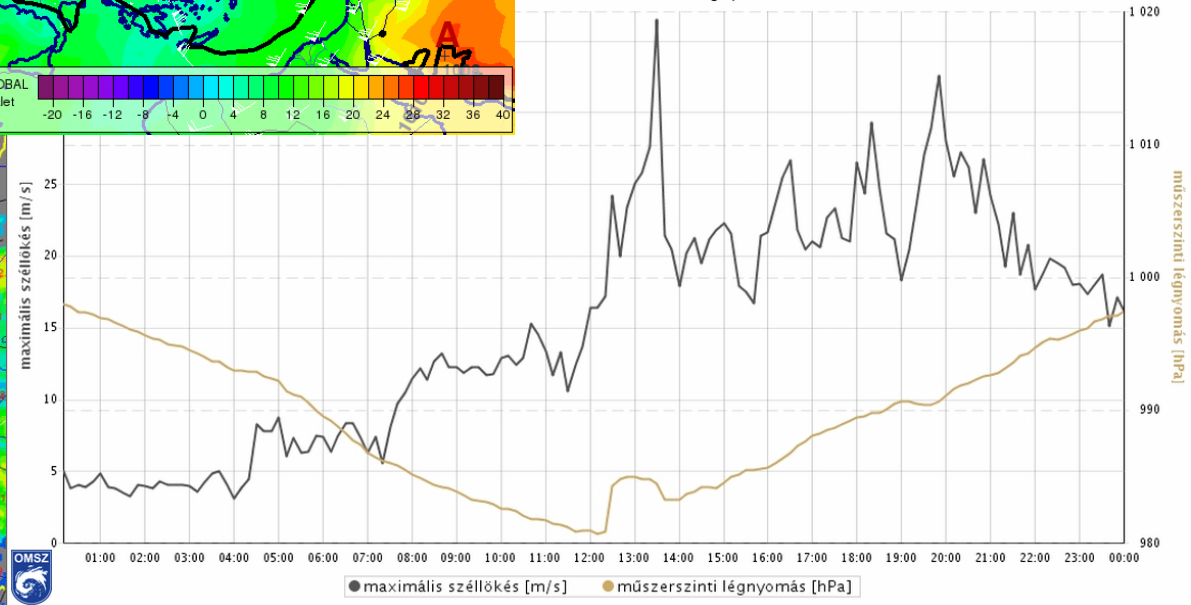
ECMWF-GLOBAL Hőmérséklet (°C) [850 hPa] 2017. okt 29. vasárnap 12:00
 ECMWF-GLOBAL Nyomás (hPa) MSL 2017. okt 29. vasárnap 12:00
 OMSZ-TMP Fronts 2017. okt 29. vasárnap 12:00
 ECMWF-GLOBAL Szél (m/s) [300 hPa] 2017. okt 29. vasárnap 12:00



Viharciklon északról

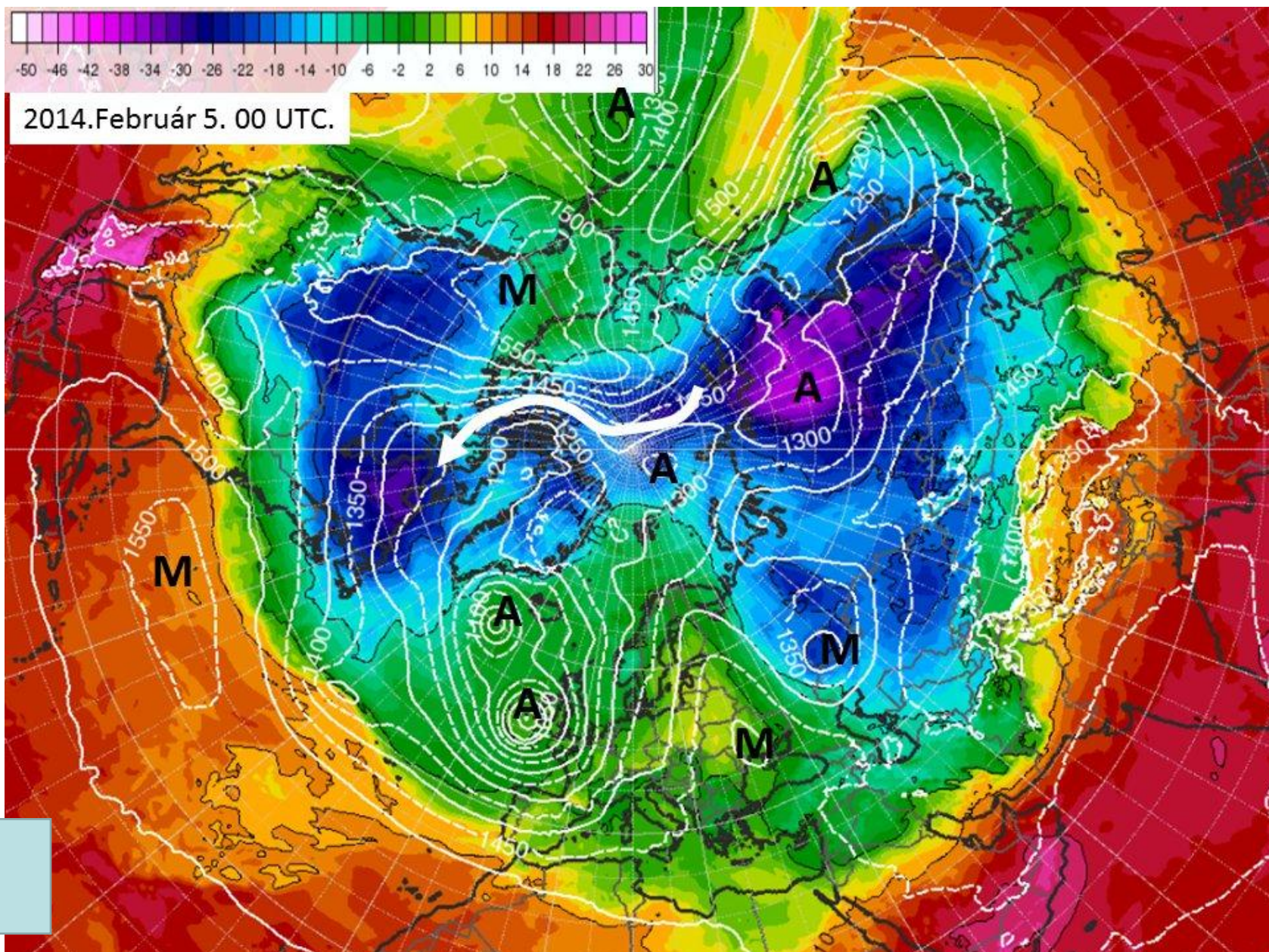


17.10.29 Siófok (36100)
 szél [m/s], műszerszínti légnyomás [hPa]

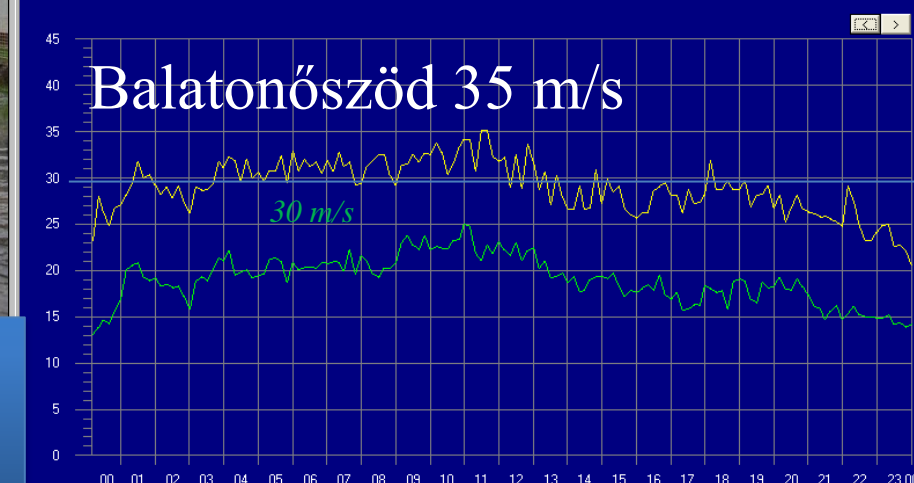
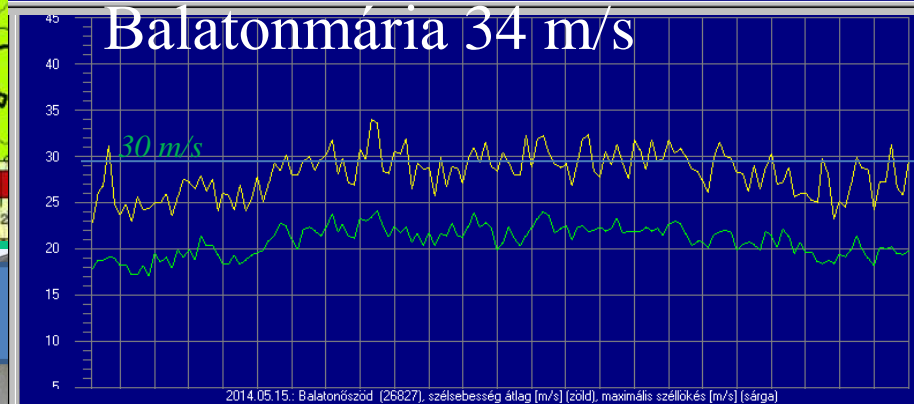
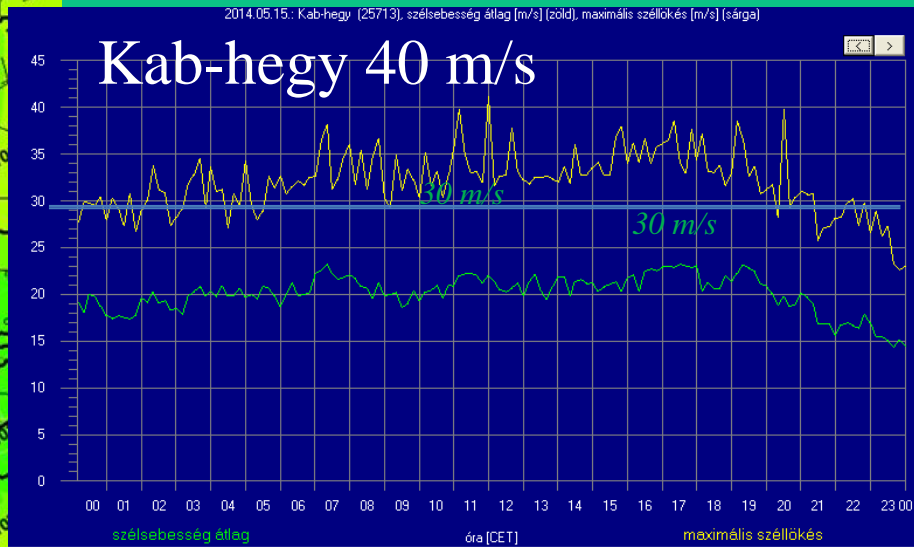
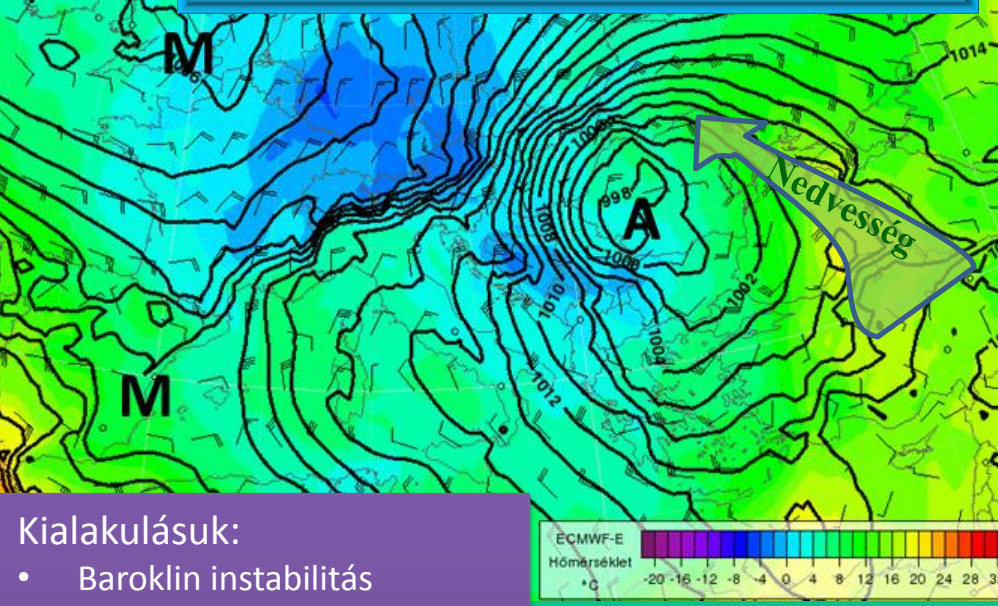


● maximális szélsebesség [m/s] ● műszerszínti légnyomás [hPa]

A 2014-év rendkívüli gyakori viharciklonjainak hemiszférikus háttere



Közép-európai Viharciklonok (zonális)

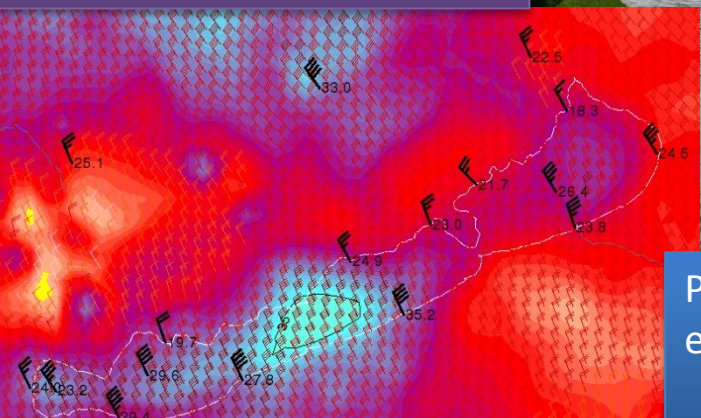


- Kialakulásuk:
- Baroklin instabilitás
 - Latens hő
 - Szinoptikus kölcsönhatások
- Növekvő gyakoriság
Hatalmas károk, környezeti katasztrófák

Víztükör kilendül,

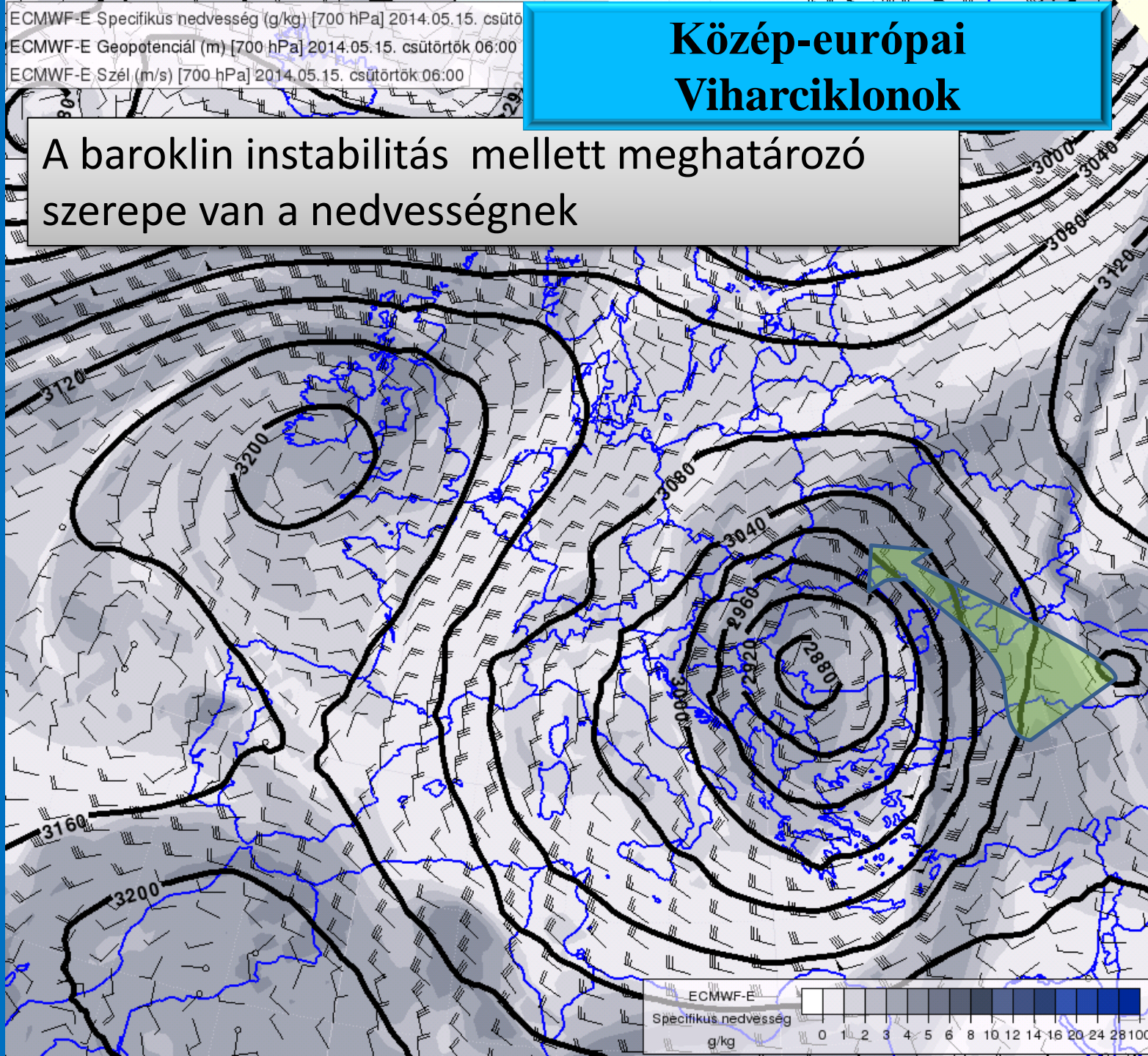


Part menti elárasztások



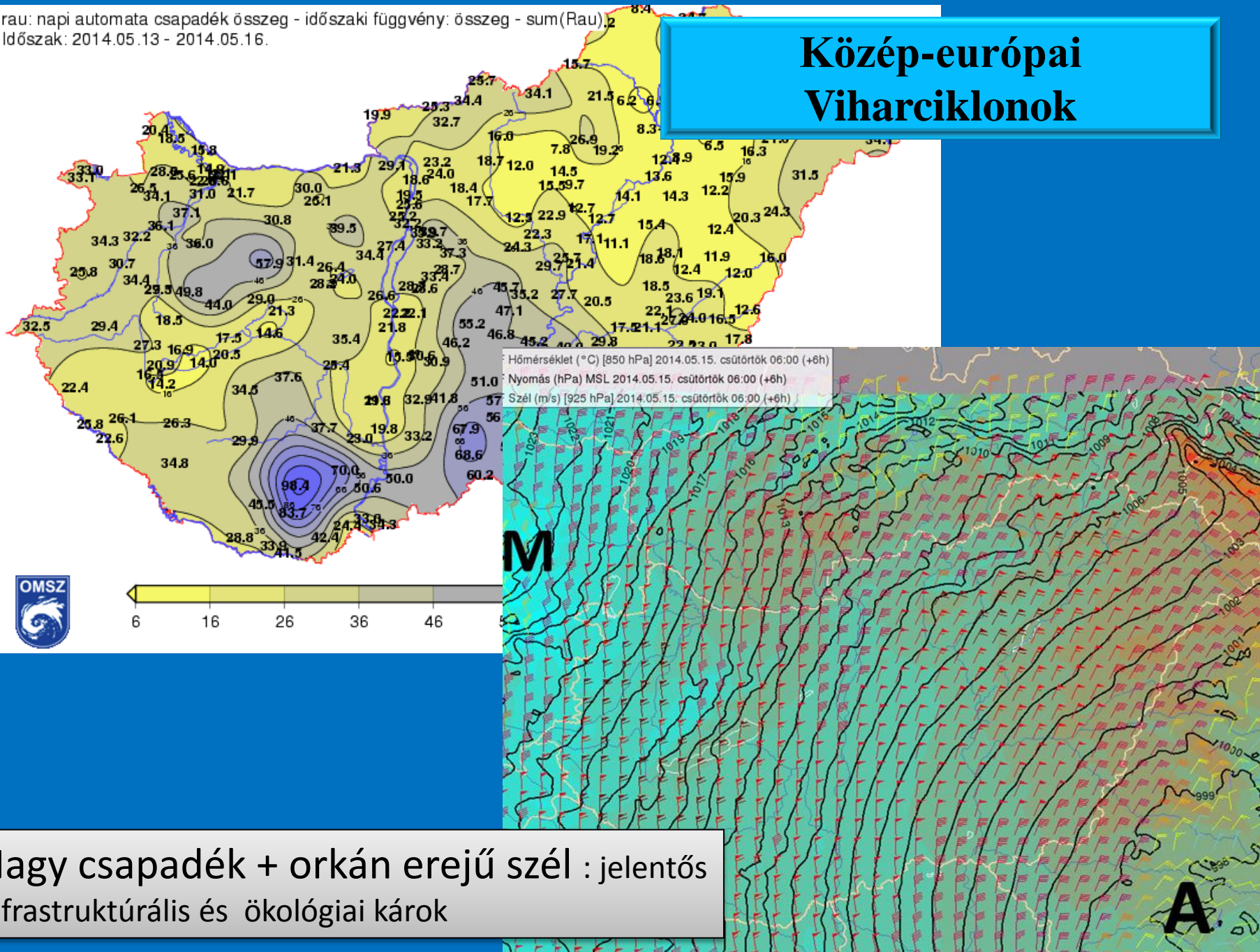
Közép-európai Viharciklonok

A baroklin instabilitás mellett meghatározó szerepe van a nedvességnek



rau: napi automata csapadék összeg - időszaki függvény: összeg - sum(Rau),
Időszak: 2014.05.13 - 2014.05.16.

Közép-európai Viharciklonok



Nagy csapadék + orkán erejű szél : jelentős
infrastrukturális és ökológiai károk

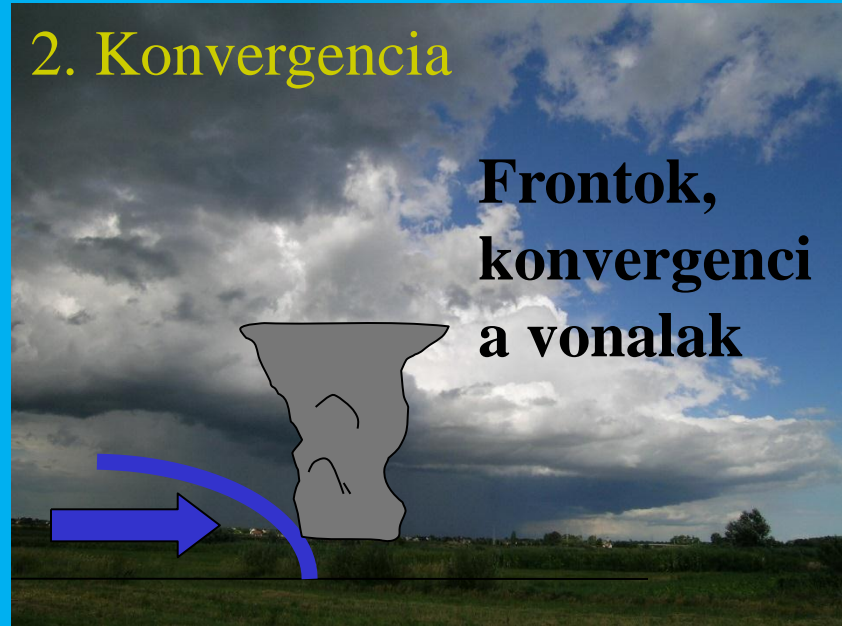
Zivatarok kiváltó hatásai

1. Felhajtóerő: alsó melegebb levegő + vízgőz



Hőlégballon hatás

2. Konvergencia



Frontok,
konvergenci
a vonalak

3. Szélnyírás

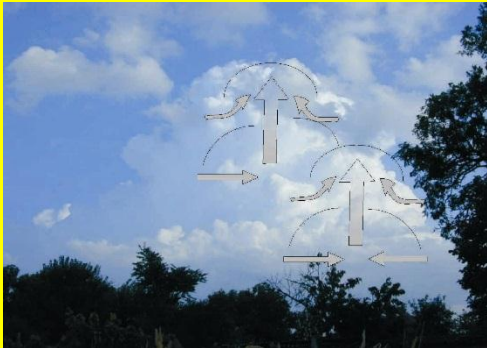
kéményhatás



Heves zivatarok

Zivatar örvények

Konvektív viharok fajtái



1. Helyi zivatarok



2. Multicellás zivatarok (gócok) felhőszakadás, jégeső, viharos szél.



3. Vonalba rendezett zivatarok (1-2-(3)) squall line-ok viharos szél, jégeső, intenzív csapadék

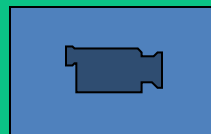
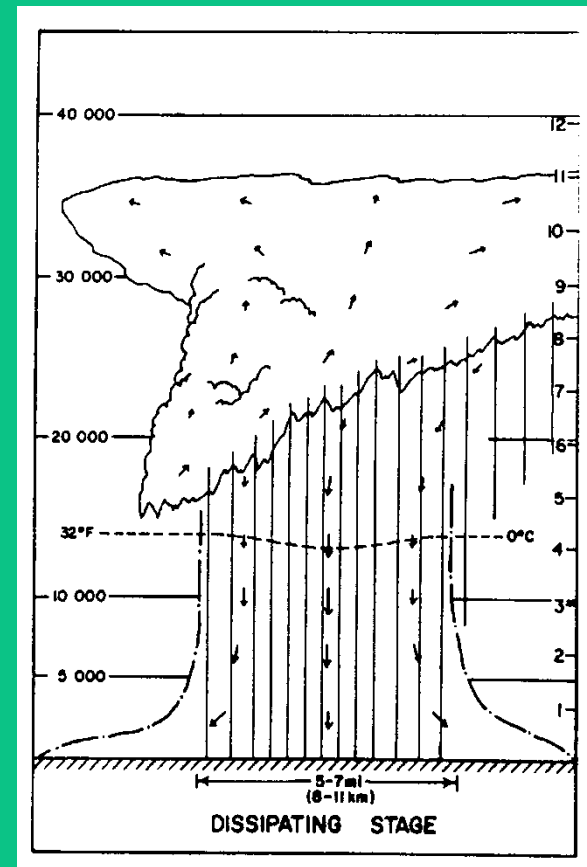
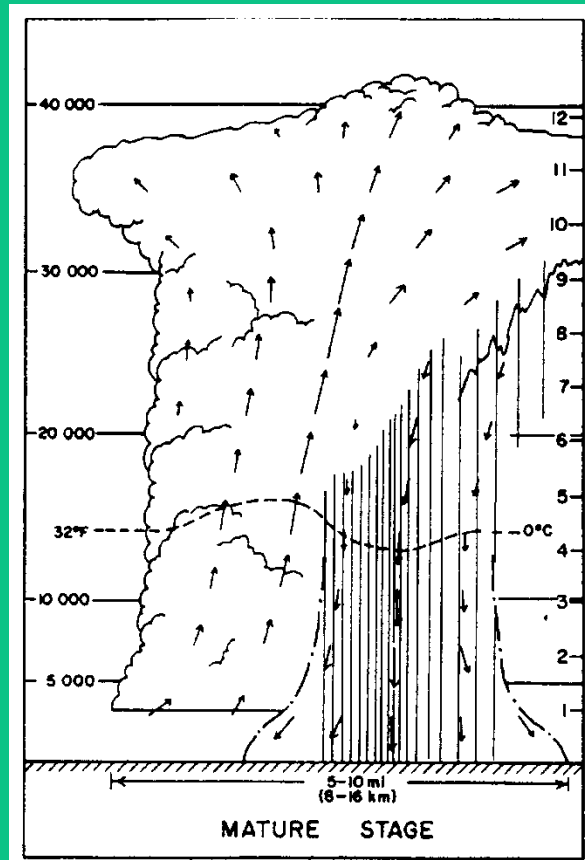
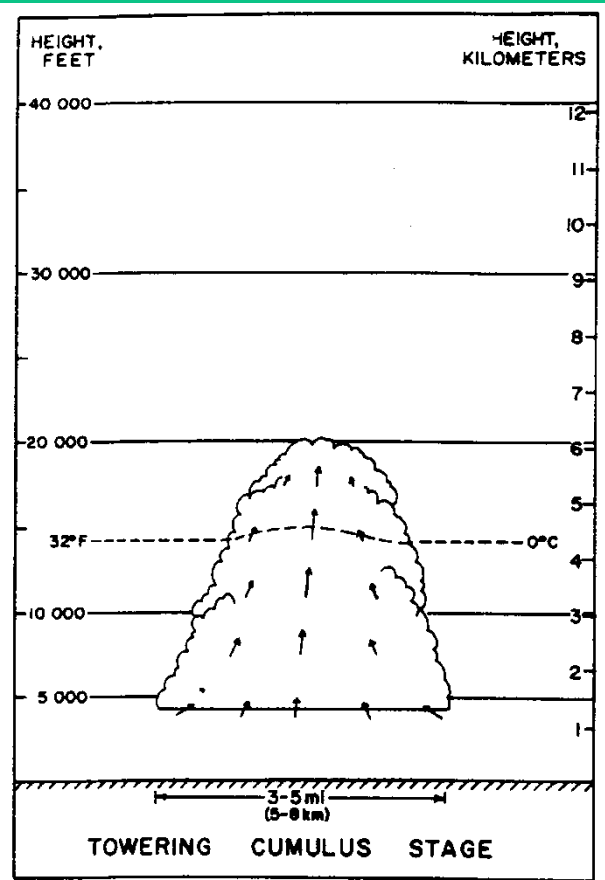


4. Szupercellák (1-2-3): orkán erejű szél, pusztító jégeső, felhőszakadás, tornádó.



5. Hurrikánok (3-500 km)

Az egycellás zivatarok fázisai





helyi konvekció . A Bakony felett



Leáramlás több cellából

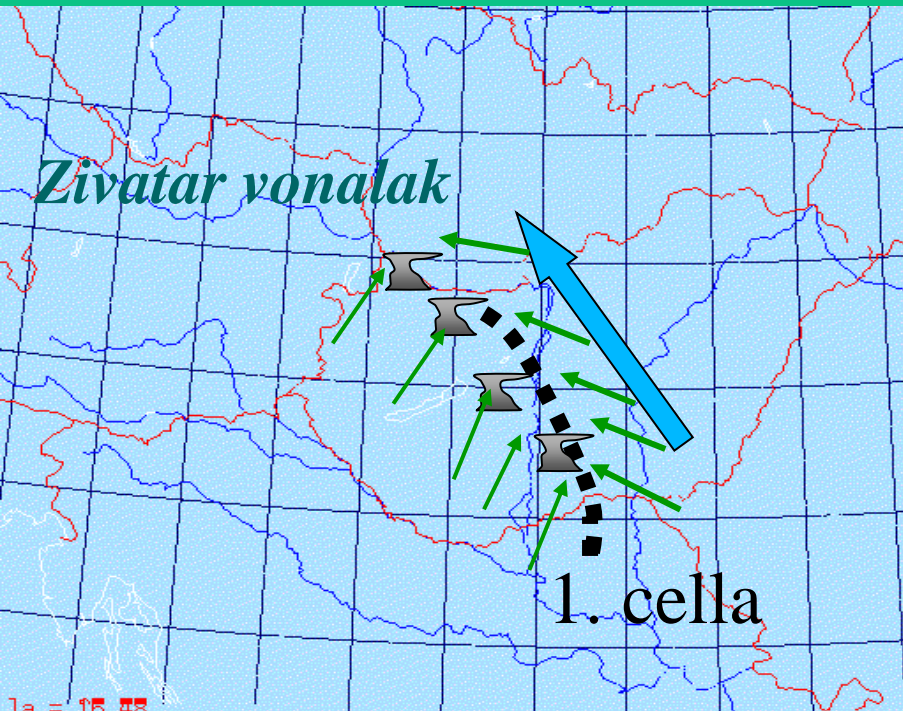


downburst

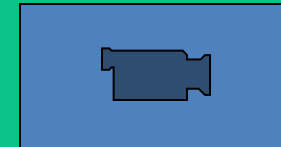


Lokális zivatarok a Balatonnál

Zivatar vonalak



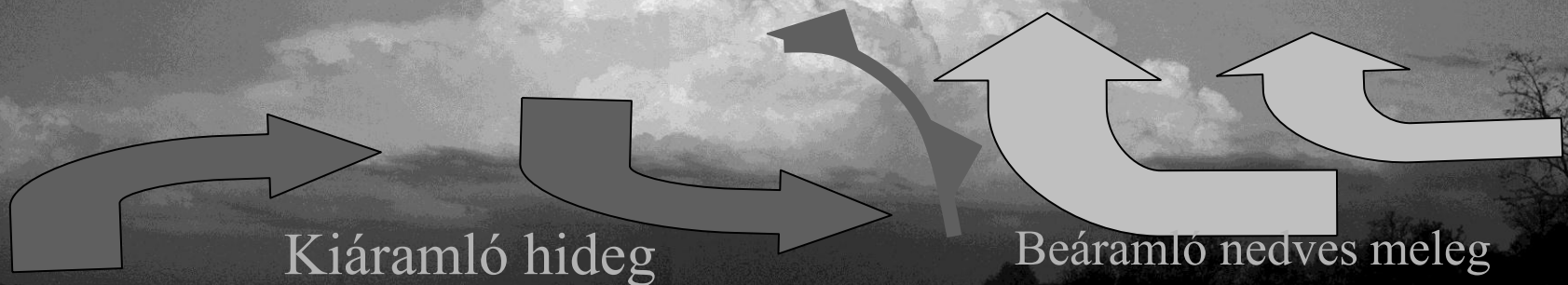
Multicellás zivatarok



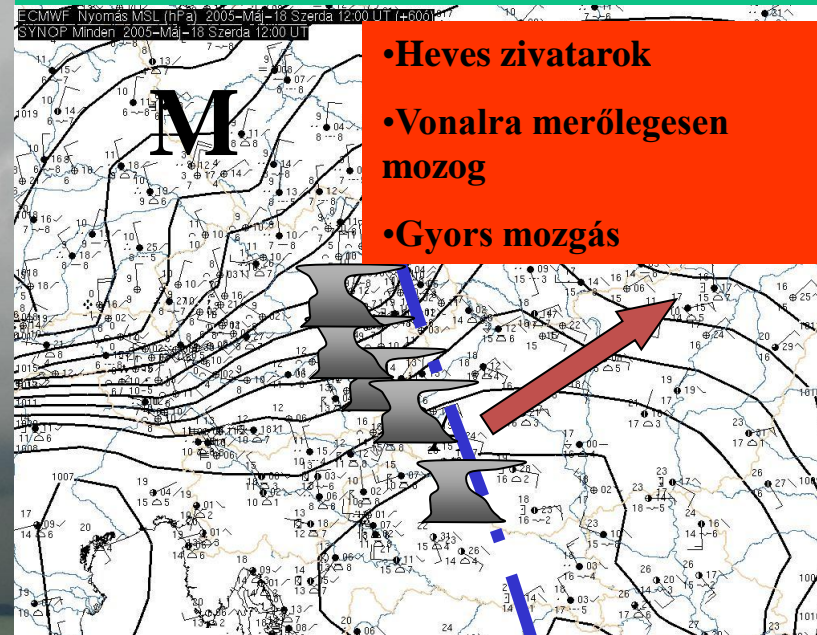
- Lassúbb mozgás
- Hatékonyabb nedvességhasználás
- Vonal mentén mozog

2. cella

3. cella



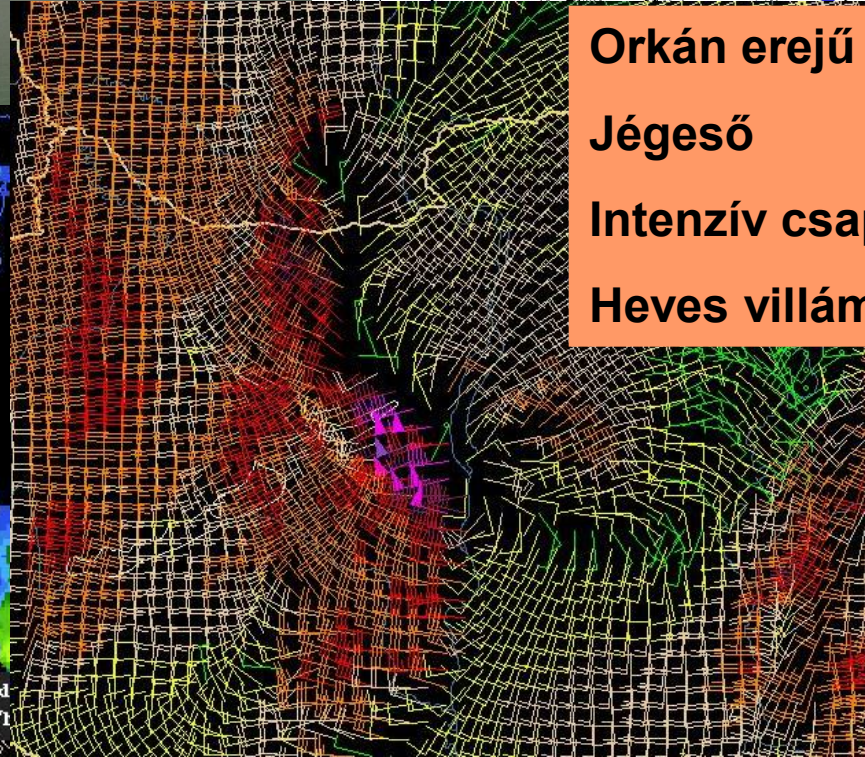
Zivatarláncok



- Heves zivatarok
- Vonalra merőlegesen mozog
- Gyors mozgás

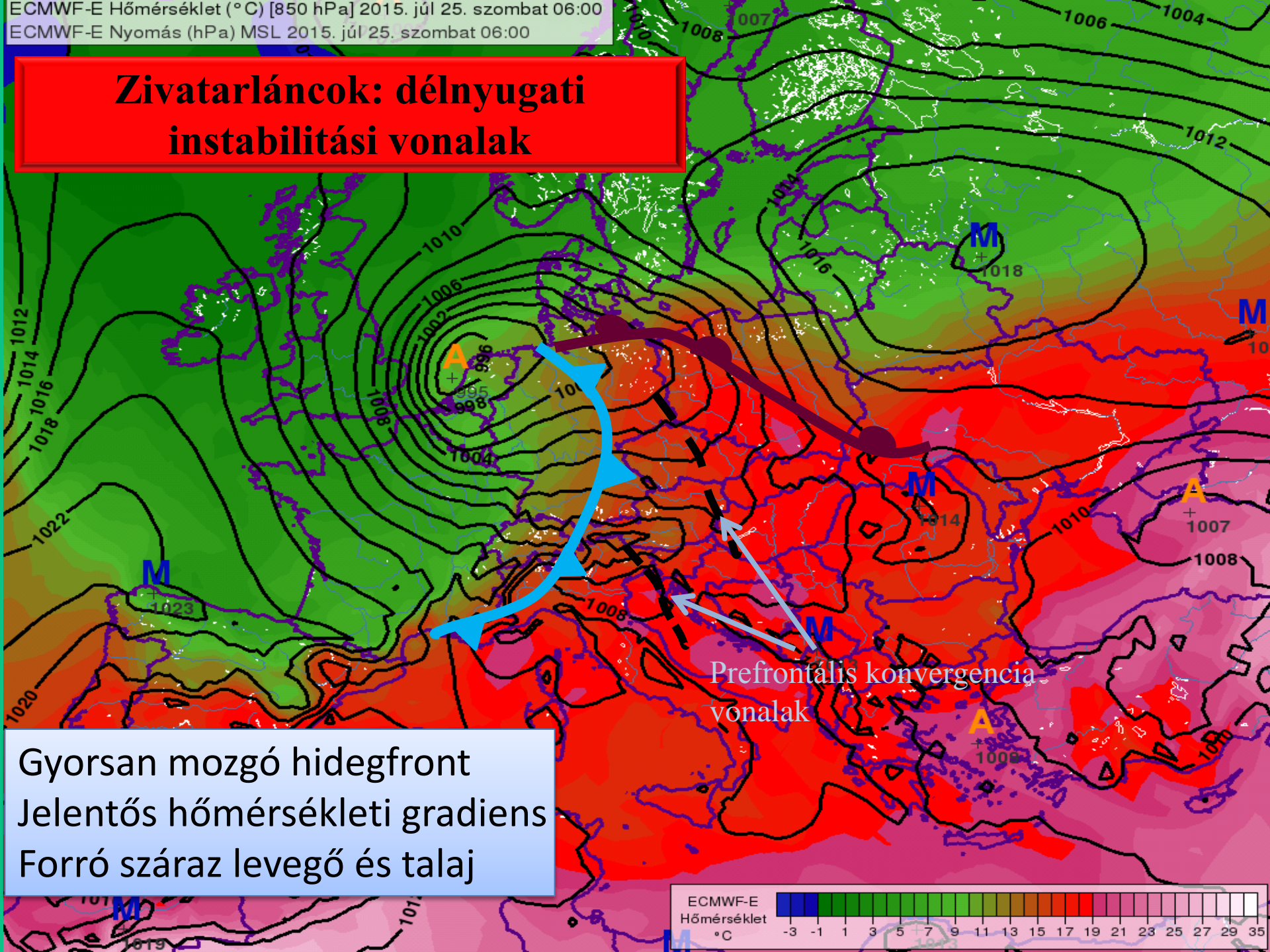


Csapad
mm/h



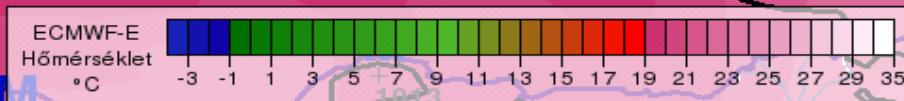
- Orkán erejű szél
- Jégeső
- Intenzív csapadék
- Heves villámlás

Zivatarlángok: délnyugati instabilitási vonalak

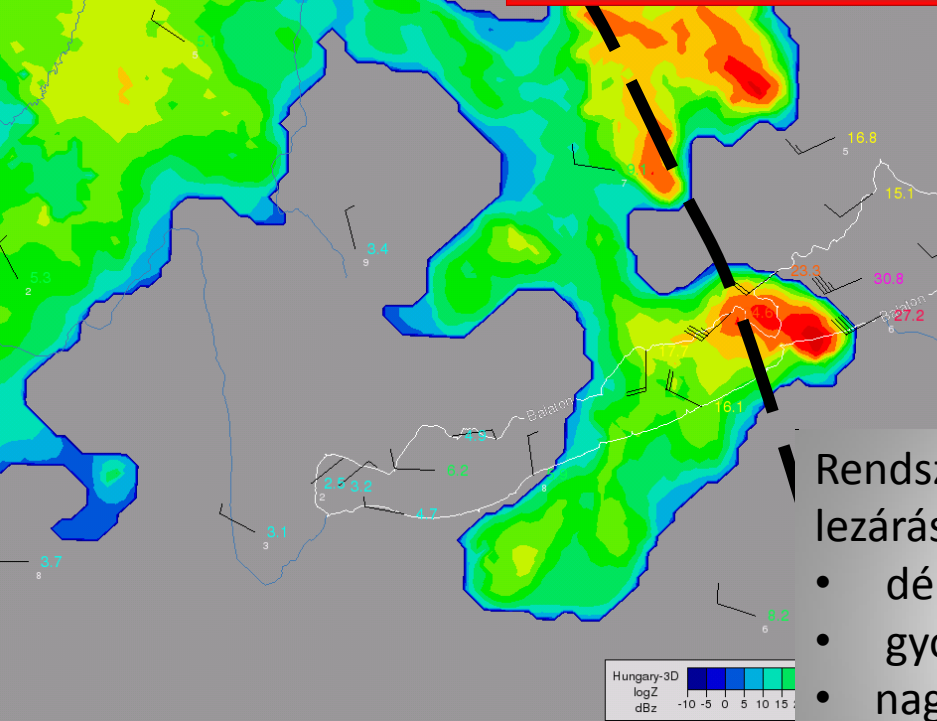


Gyorsan mozgó hidegfront
Jelentős hőmérsékleti gradiens
Forró száraz levegő és talaj

Prefrontális konvergencia vonalak

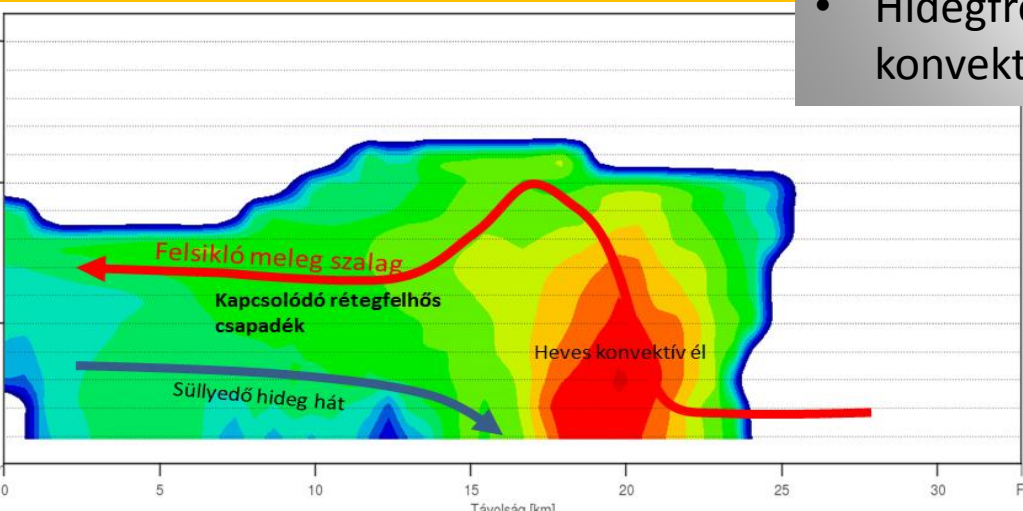


Zivatarláncok: délnyugati instabilitási vonalak



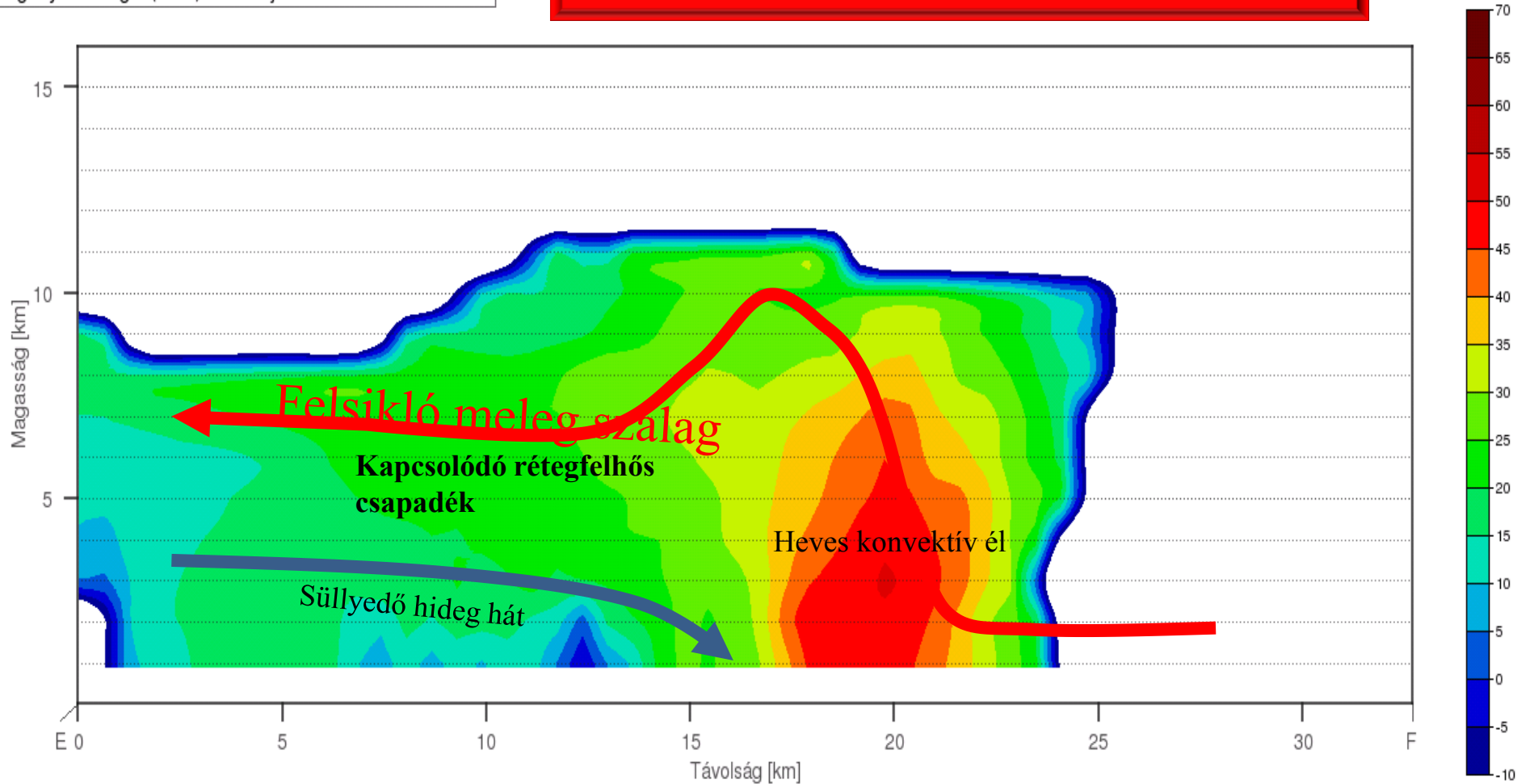
Rendszerint forró periódusok lezárása során

- délnyugatról jövő,
- gyorsan fejlődő,
- nagyon gyors mozgású
- Hidegfront torlasztó hatása és konvektív instabilitás együttesen



Zivatarláncok: délnyugati instabilitási vonalak

Hungary-3D logZ (dBz) 2015. júl 25. szombat 16:15



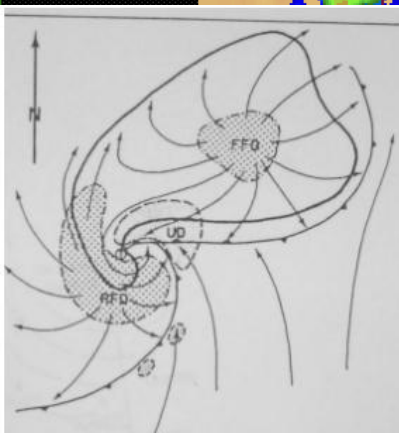
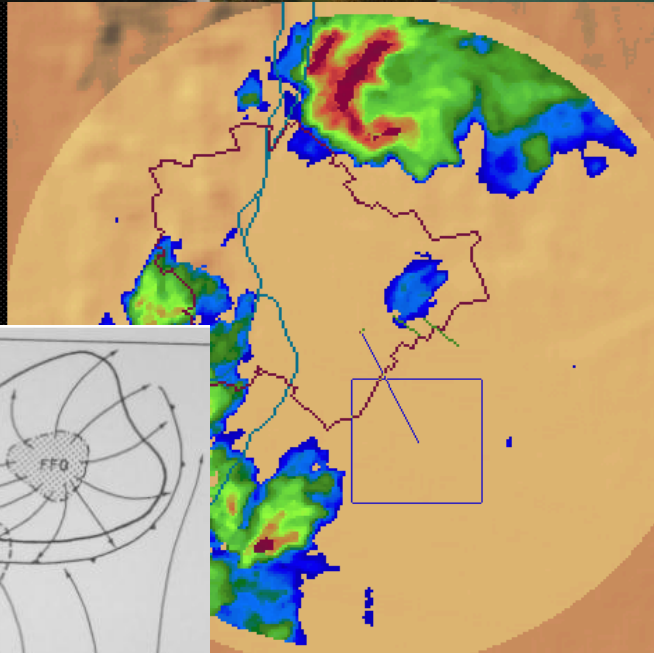
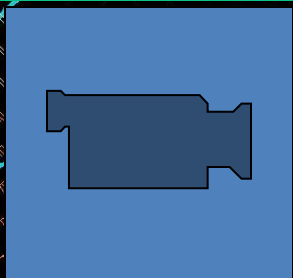
Squall line szerkezete: részben önfenntartó rendszer, messze előresiet a meleg szektorba: a nagy vihart NEM a hidegfront okozza közvetlenül

Szupercellák

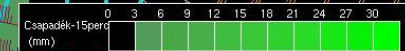
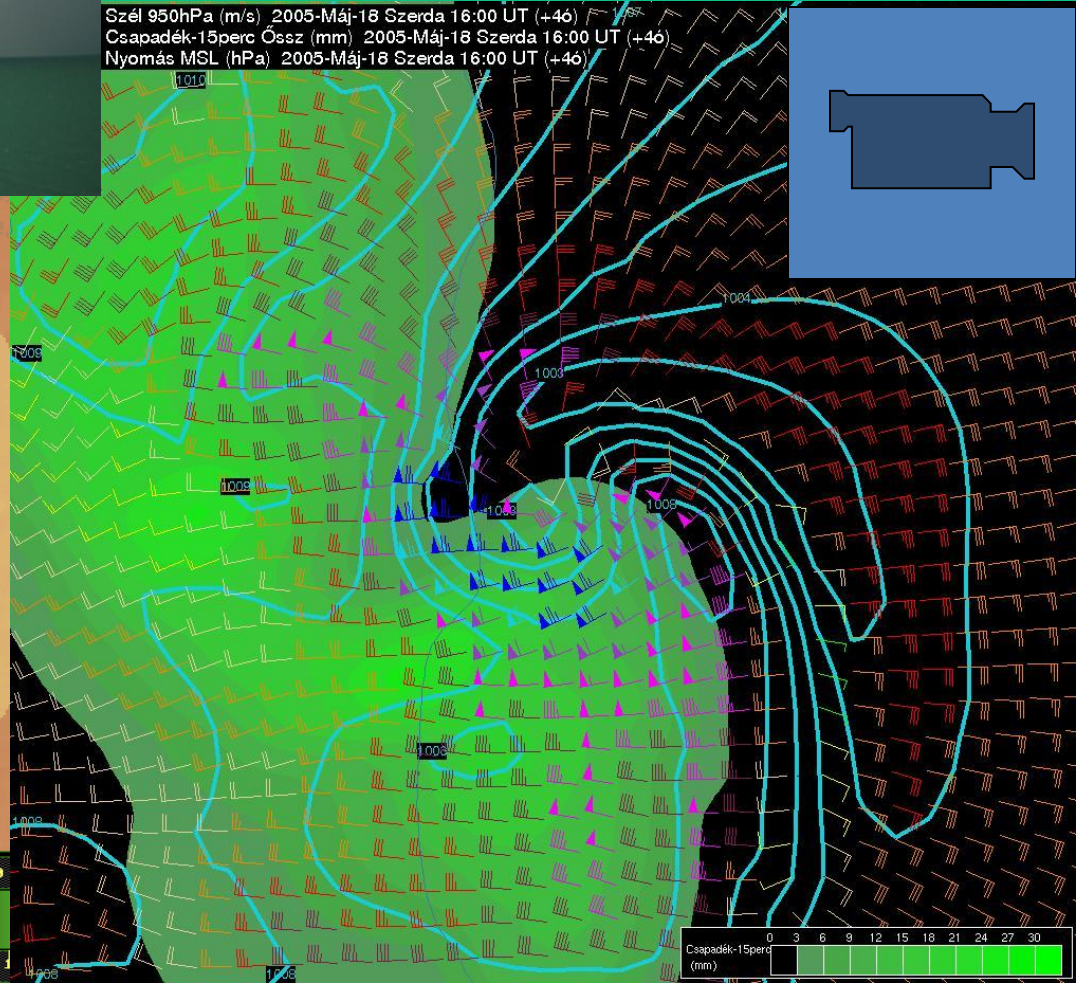
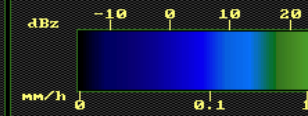


ANG: 153.98
KM : 11.68

Szél 950hPa (m/s) 2005-Máj-18 Szerda 16:00 UT (+46)
Csapadék-15perc Össz (mm) 2005-Máj-18 Szerda 16:00 UT (+46)
Nyomás MSL (hPa) 2005-Máj-18 Szerda 16:00 UT (+46)



06/09
38:10
Ran: 32

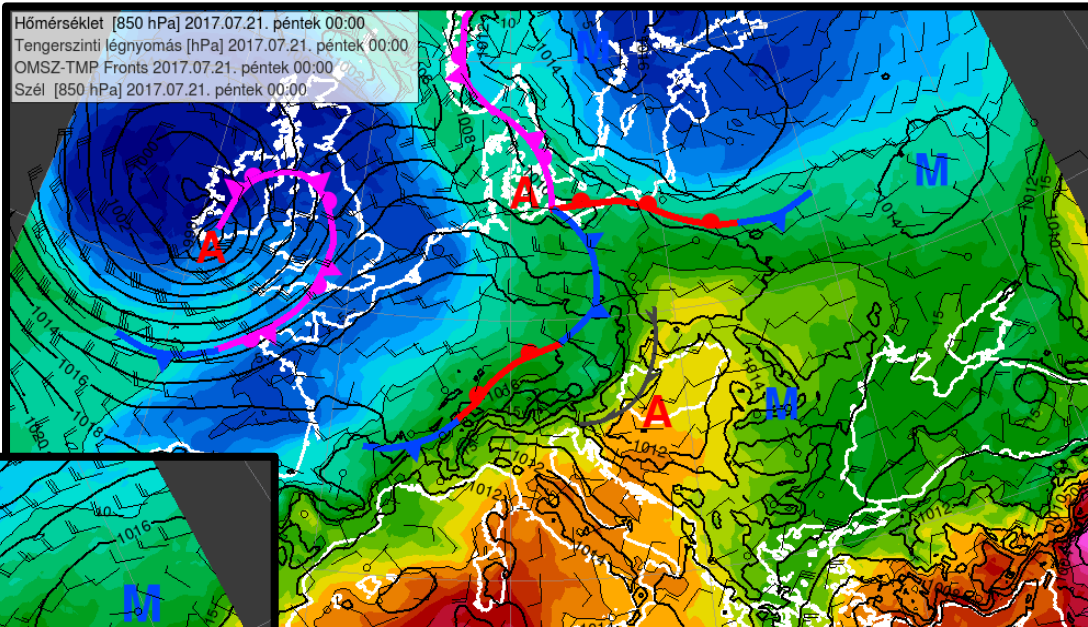


Gyors mozgású heves zivatarok

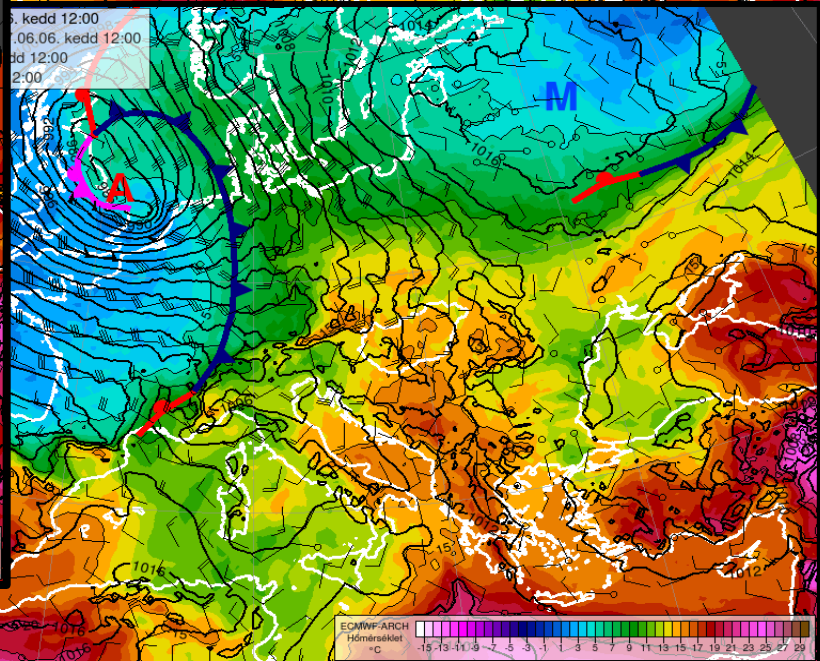
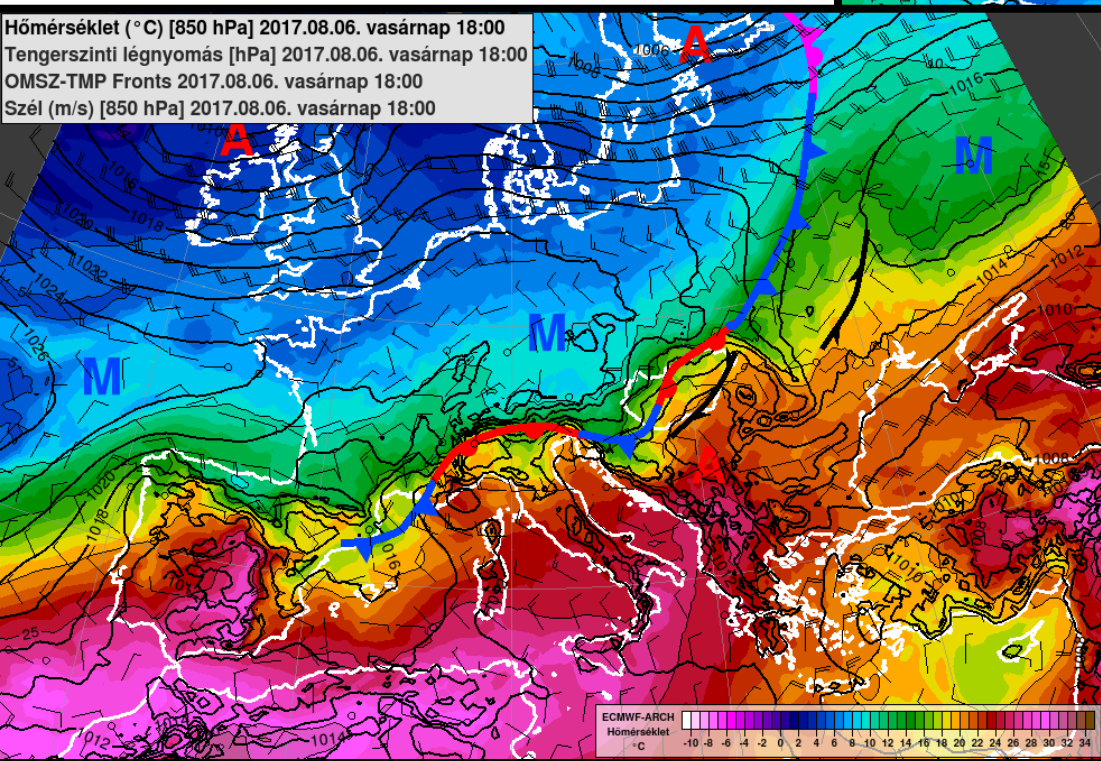
Zivatarlányok, szupercellák hasonló szinoptikus körülményei:

- nyitott melegszeaktor vagy hullámciklon éles hidegfronttal
- Magassági hideg advekció
- Erős magassági szél és/vagy szélnyírás

Hőmérséklet [850 hPa] 2017.07.21. péntek 00:00
Tengerszintű légnomás [hPa] 2017.07.21. péntek 00:00
OMSZ-TMP Fronts 2017.07.21. péntek 00:00
Szél [850 hPa] 2017.07.21. péntek 00:00



Hőmérséklet (°C) [850 hPa] 2017.08.06. vasárnap 18:00
Tengerszintű légnomás [hPa] 2017.08.06. vasárnap 18:00
OMSZ-TMP Fronts 2017.08.06. vasárnap 18:00
Szél (m/s) [850 hPa] 2017.08.06. vasárnap 18:00



ECMWF-ARCH
Hőmérséklet
°C
-10 -8 -6 -4 -2 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34

ECMWF-ARCH
Hőmérséklet
°C
-15 -13 -11 -9 -7 -5 -3 -1 1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29

Viharjelző rakéta indítása
a 34 kilövőhely egyikén



Balatoni Viharjelzés



Vitorlásversenyek



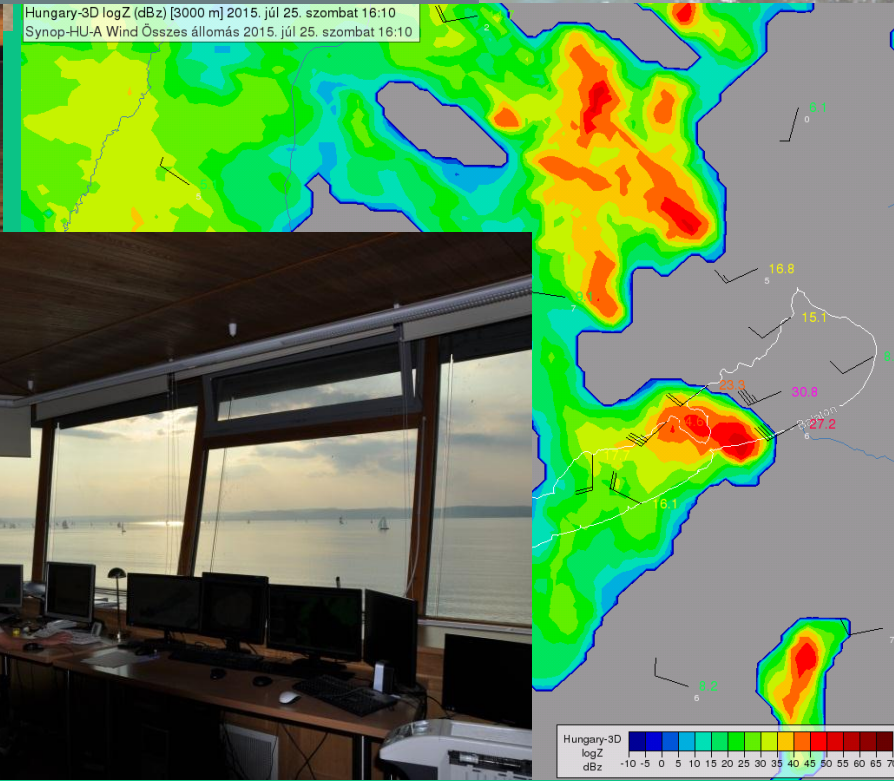
Vízi tömegrendezvények (Balaton átúszás, Öböl átúszás, Szoros átúszás)



Balaton Viharjelzés 86. éve az életvédelem szolgálatában



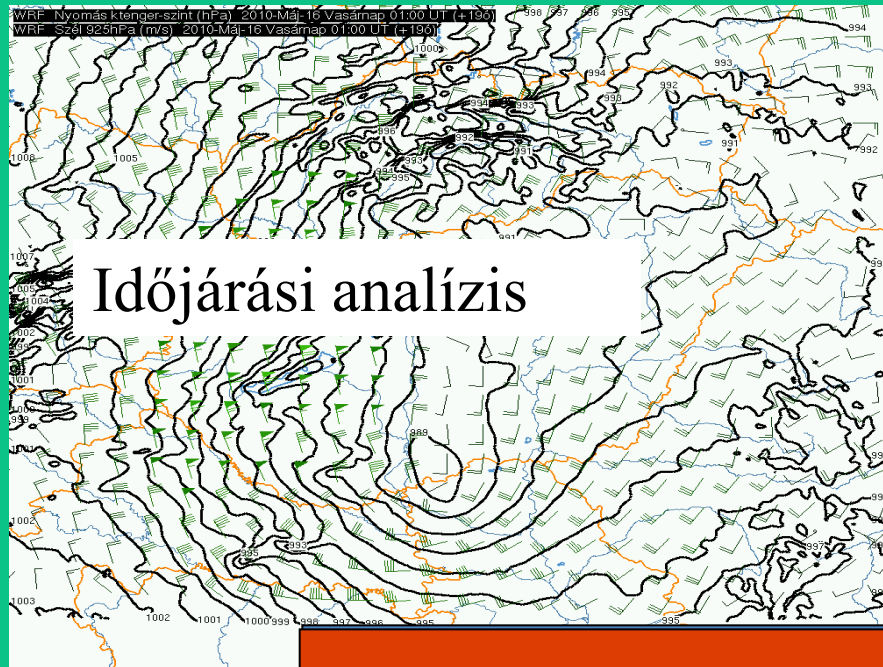
Üdülés, turizmus, kikapcsolódás



A Balaton hazánkban ez az egyik legnyilvánvalóbb terület, ahol az időjárás jelentés közvetlen életvédelmet szolgál.....



Ahogy az előrejelzés készül



Radar
Műhold
Rádiószonda
Felszíni mérések
távérzéklések

Mérések

Momentum (x-component)

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{m}{\rho} \left(\frac{\partial p'}{\partial x} - \frac{\sigma}{p^*} \frac{\partial p^* \partial p'}{\partial x \partial \sigma} \right) = -\mathbf{v} \cdot \nabla u + v \left(f + u \frac{\partial m}{\partial y} - v \frac{\partial m}{\partial x} \right) - e w \cos \alpha - \frac{u w}{r_{earth}} + D_u \quad (8.2)$$

Momentum (y-component)

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{m}{\rho} \left(\frac{\partial p'}{\partial y} - \frac{\sigma}{p^*} \frac{\partial p^* \partial p'}{\partial y \partial \sigma} \right) = -\mathbf{v} \cdot \nabla v - u \left(f + u \frac{\partial m}{\partial y} - v \frac{\partial m}{\partial x} \right) + e w \sin \alpha - \frac{v w}{r_{earth}} + D_v \quad (8.3)$$

Momentum (z-component)

$$\frac{\partial w}{\partial t} - \frac{\rho_0}{\rho} \frac{g}{p} \frac{\partial p'}{\partial \sigma} + \frac{g p'}{\gamma p} = -\mathbf{v} \cdot \nabla w + g \frac{\rho_0 T'}{p T_0} - \frac{g R_d \rho'}{c_p p} + e (u \cos \alpha - v \sin \alpha) + \frac{u^2 + v^2}{r_{earth}} + D_w \quad (8.4)$$


Thermodynamics

Dinamikai modellezés

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\mathbf{v} \cdot \nabla T + \frac{1}{\rho c_p} \left(\frac{\partial p'}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla p' - \rho_0 g w \right) + \frac{Q}{c_p} + \frac{T_0 D_\theta}{\theta_0} \quad (8.5)$$

Személyi döntése alapján
Előrejelzések és riasztások

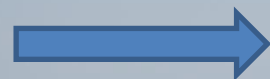
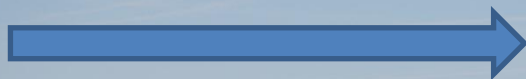
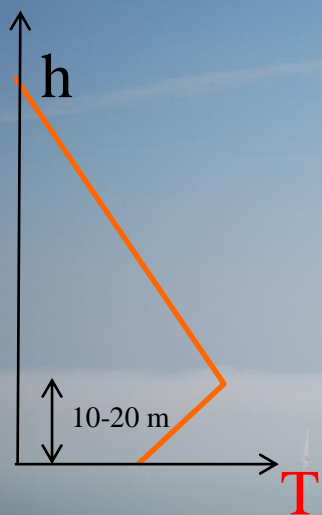




A viharok alkalmával az időjárás jelentés életbevágóan fontos lehet

Köszönöm a figyelmet

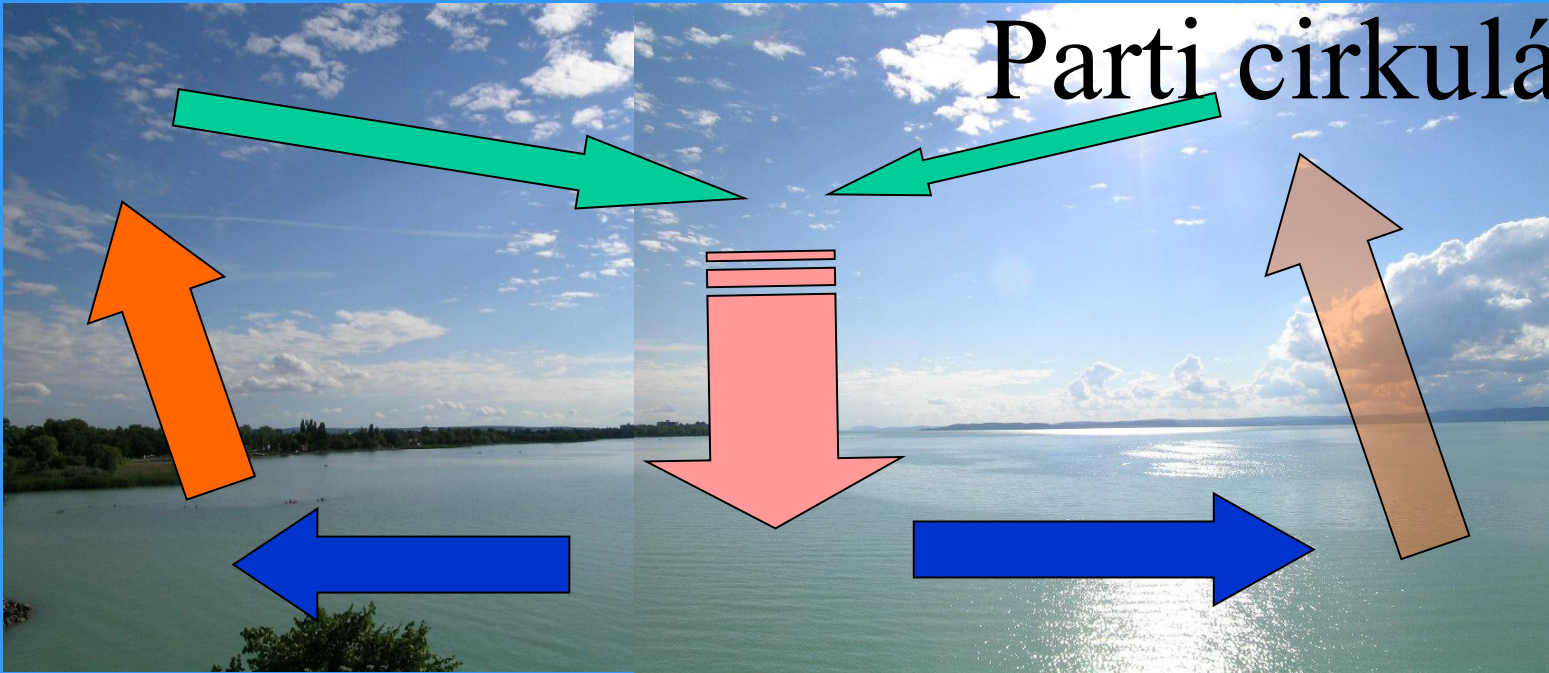
Felszíni réteg szerepe meghatározó
(Magasabb árbocú vitorlások „szélcsendben” is haladnak.)



Sűrű reggeli köd felszakadozása



Parti cirkuláció



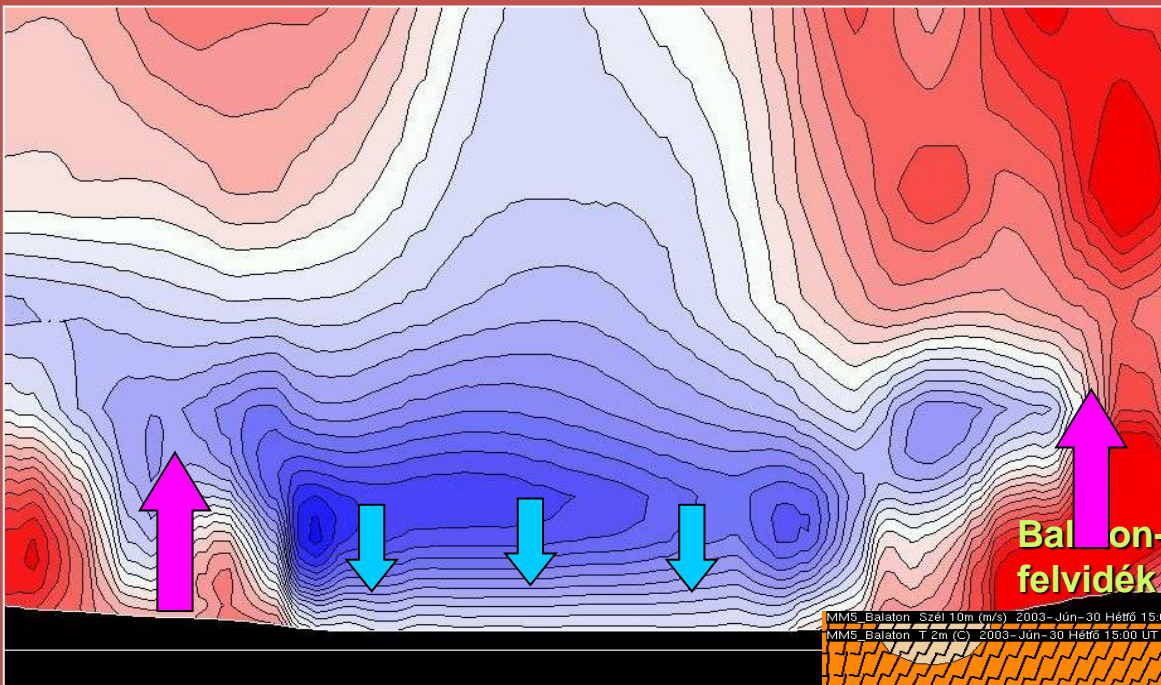
Balatonnál

- szél módosulás (évszak függő) 2-3 m/s saját szél
- Felhőzet
- csapadék
- Hideg dóm (hőmérsékleti anomália, felszakadási mechanizmus)
- Minimum hőmérséklet
- Konvekció kényszer

*Nézz az égre, meglátod a Balatont,
Nézz a Balatonra, meglátod az eget.*

Eötvös Károly: Utazás a Balaton körül

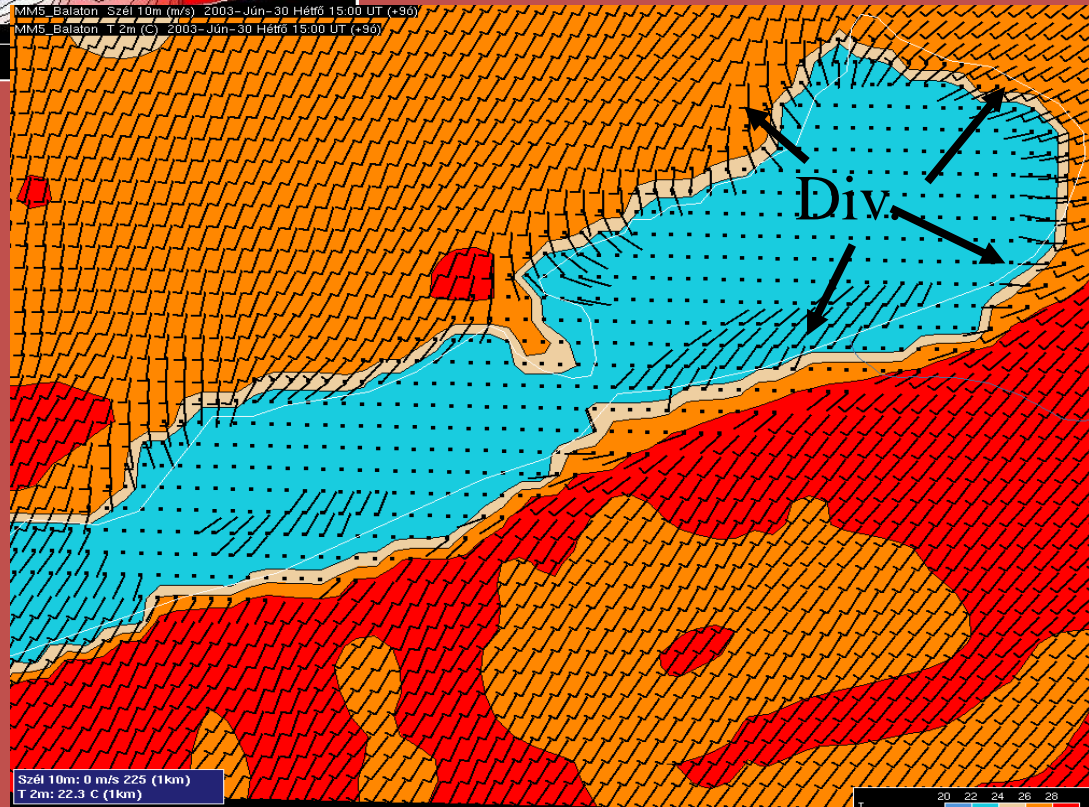
Vertikális sebesség
függőleges metszete az alsó
3 km-es légrétegben.



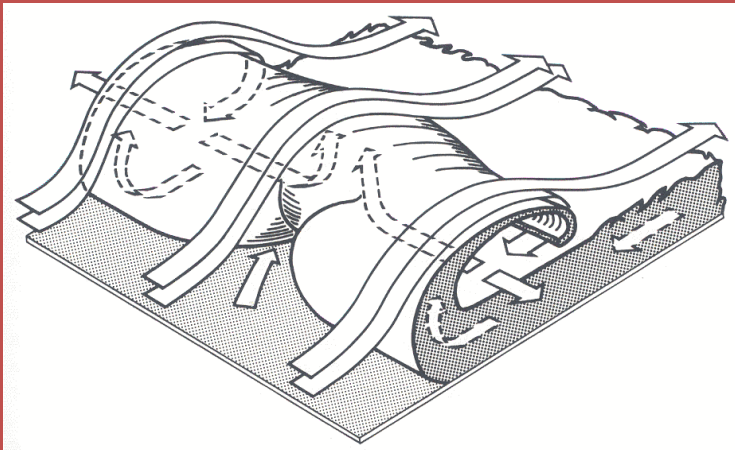
MM5_Balaton_Szél 10m (m/s) 2003-Jún-30 Hétfő 15:00 UT (+96)
MM5_Balaton_T 2m (C) 2003-Jún-30 Hétfő 15:00 UT (+96)

Somogyi-
dombság

Balaton

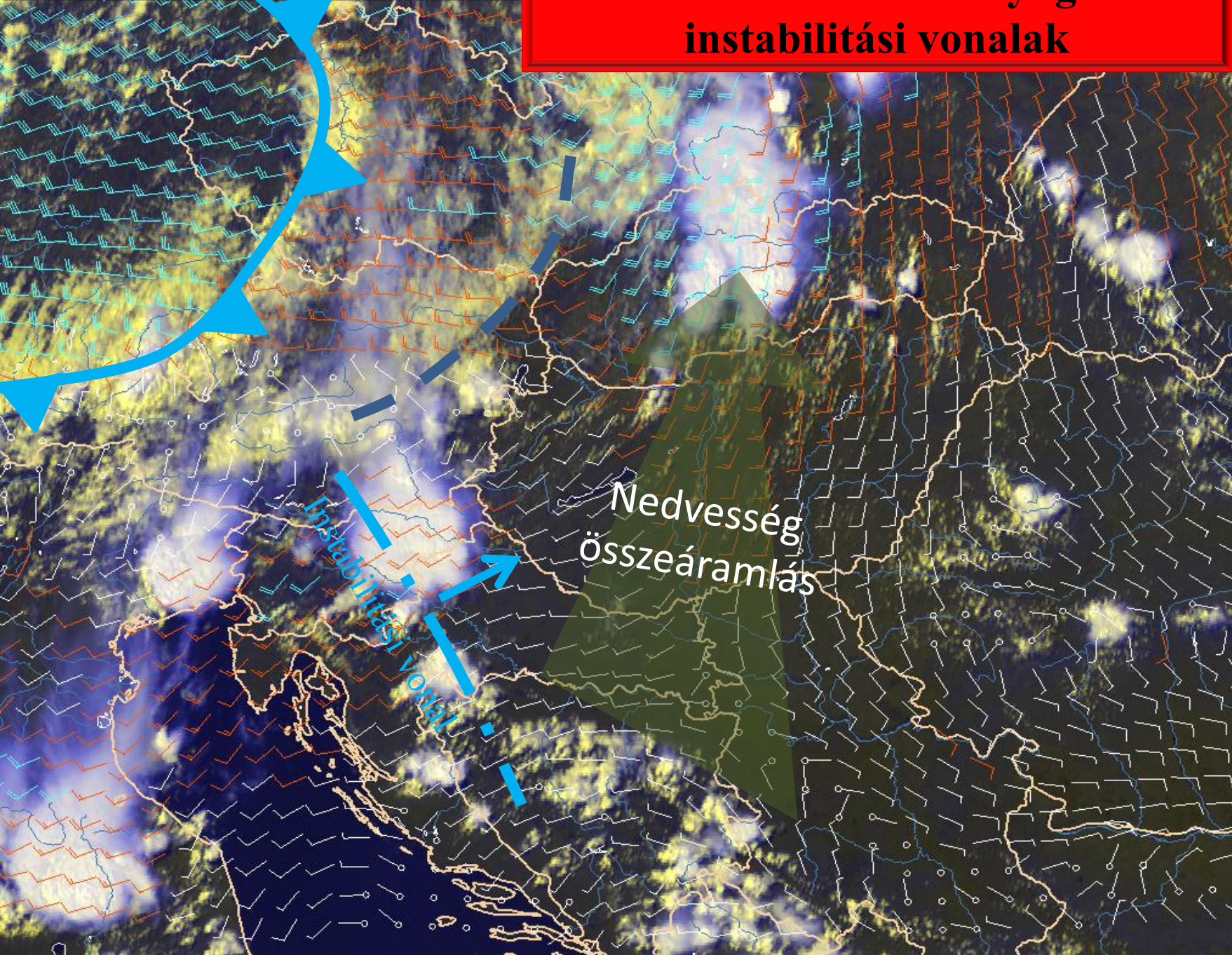


Szél 10m: 0 m/s 225 (1km)
T 2m: 22.3 C (1km)



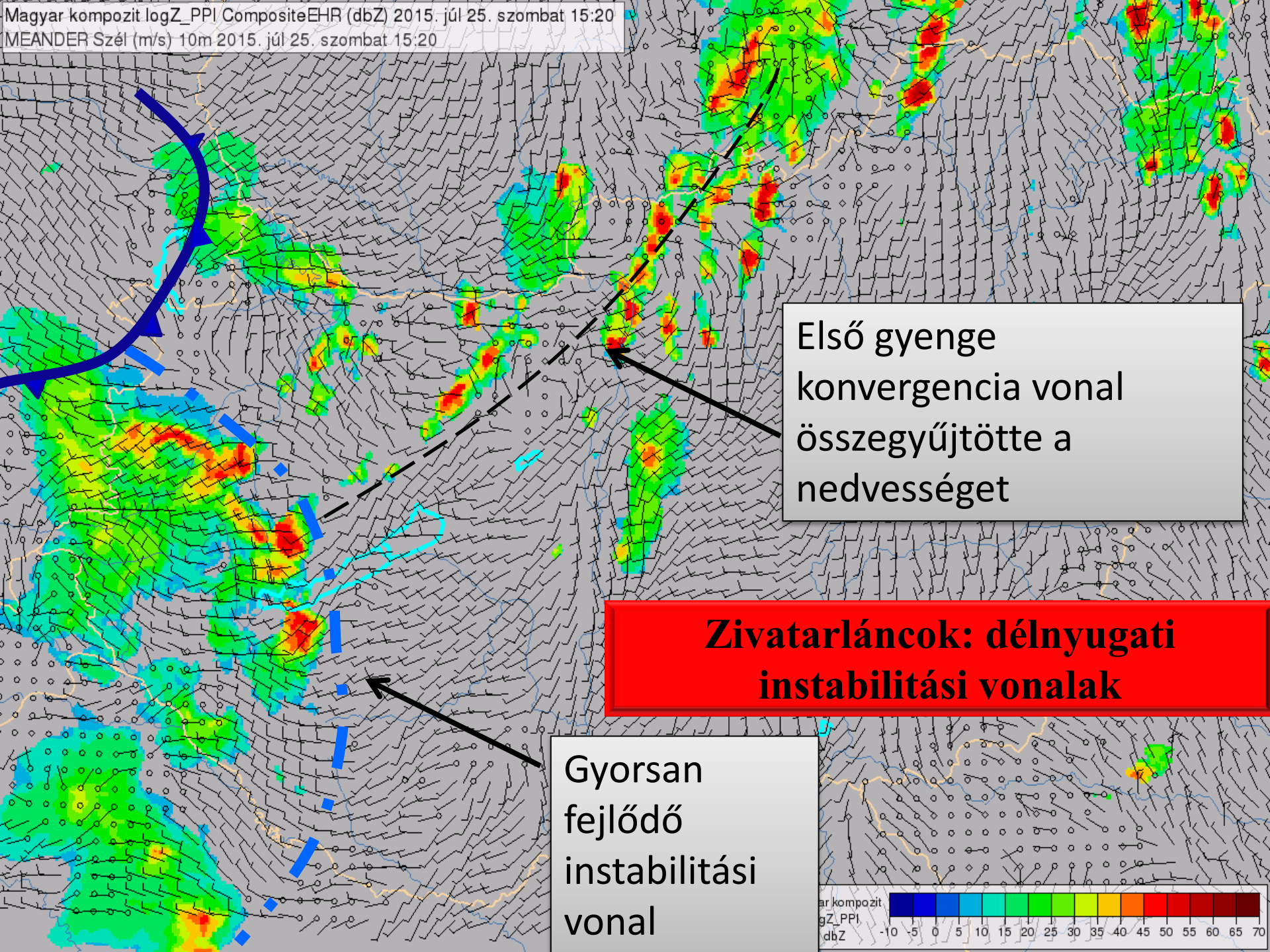
Vízparti front

Zivatarlancok: délnyugati instabilitási vonalak



Instabilitási vonal

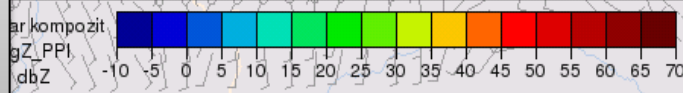
Nedvesség összeáramlás



Első gyenge konvergencia vonal összegyűjtötte a nedvességet

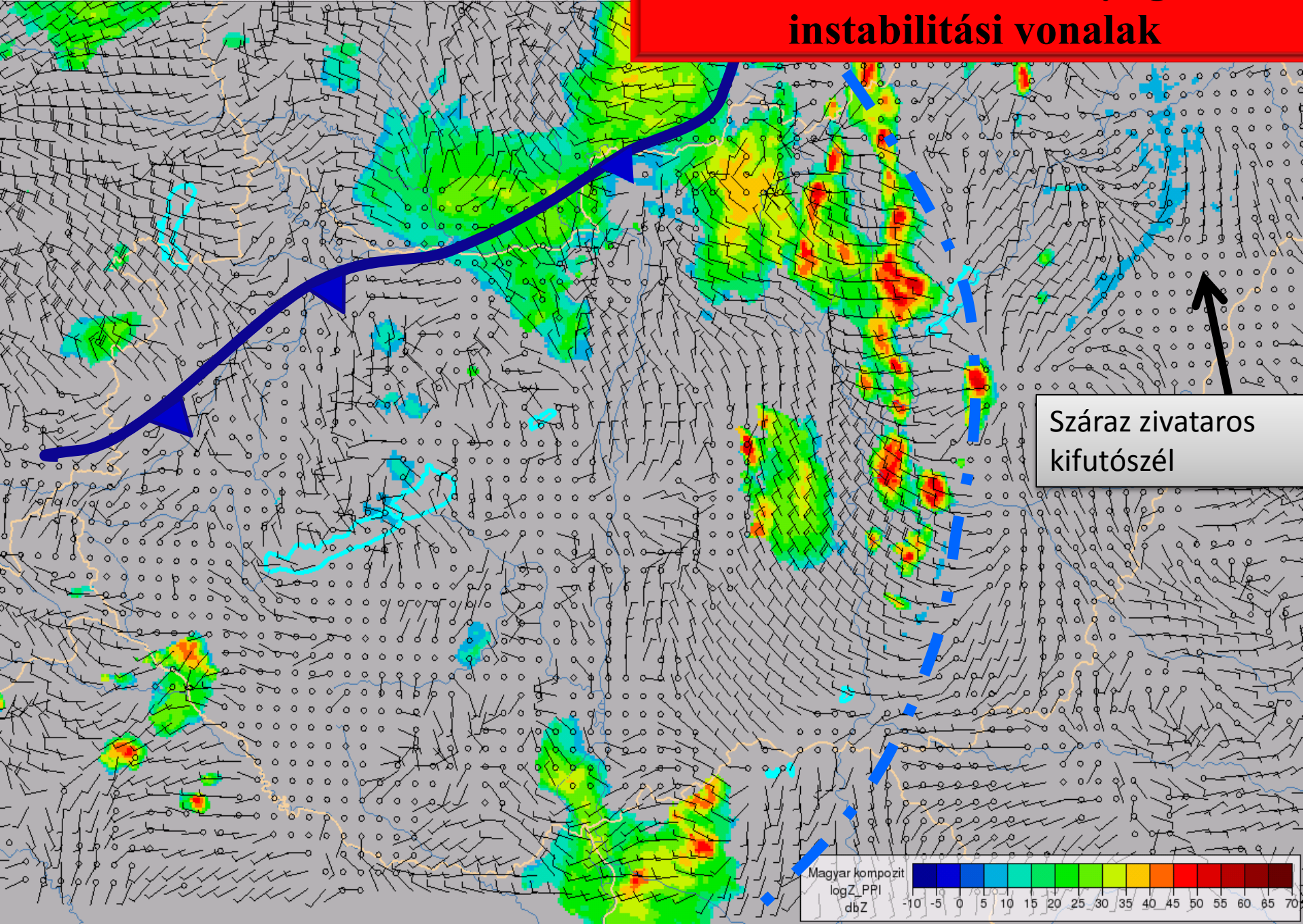
Zivatarláncok: délnyugati instabilitási vonalak

Gyorsan fejlődő instabilitási vonal

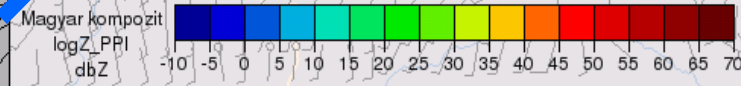


Magyar kompozit logZ_PPI CompositeEHR (dbZ) 2015. júl 25. szombat 19:35
MEANDER Szél (m/s) 10m 2015. júl 25. szombat 19:40

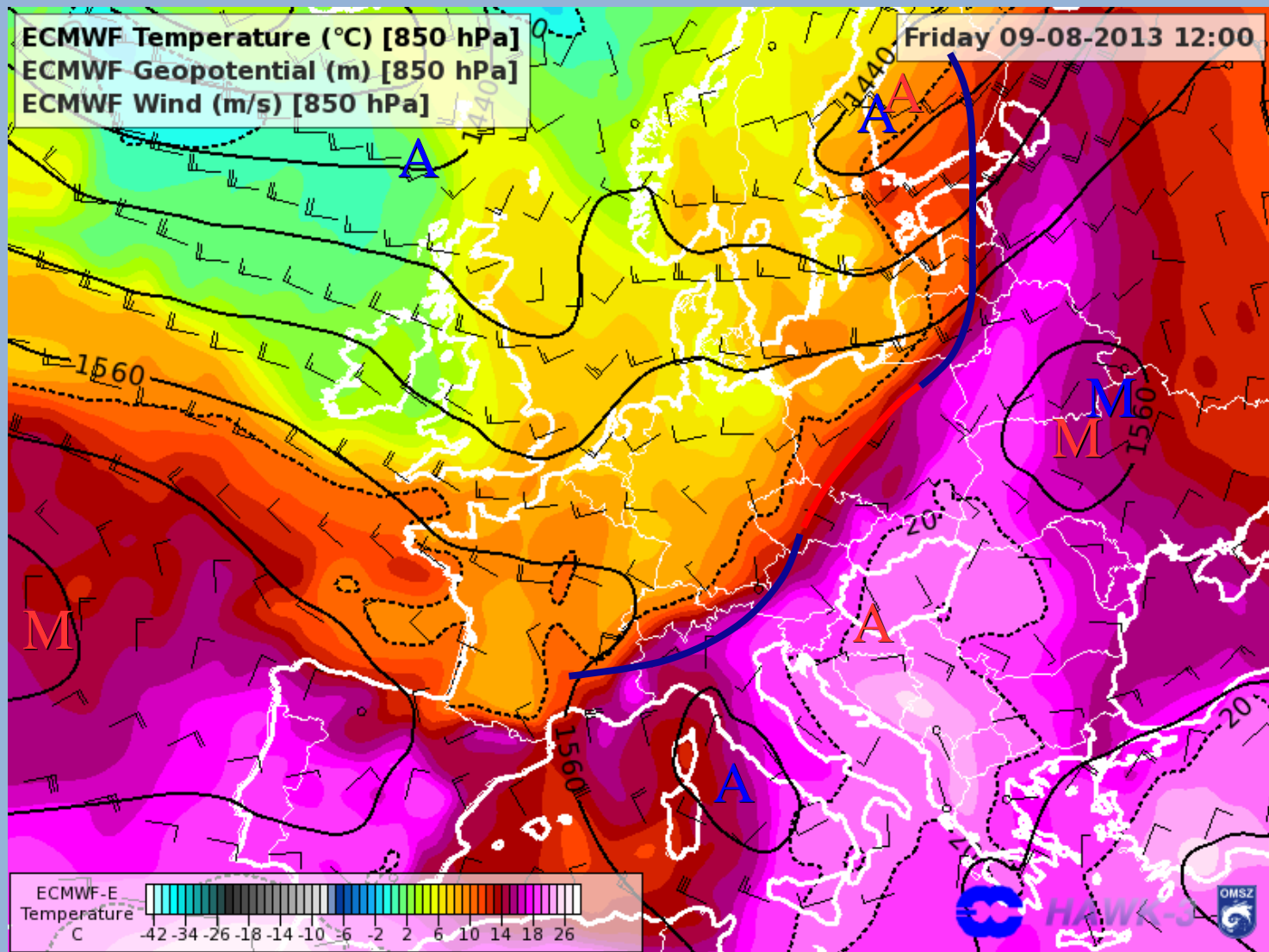
Zivatarláncok: délnyugati instabilitási vonalak



Szárász zivataros
kifutószél



Másodfajú hidegfront



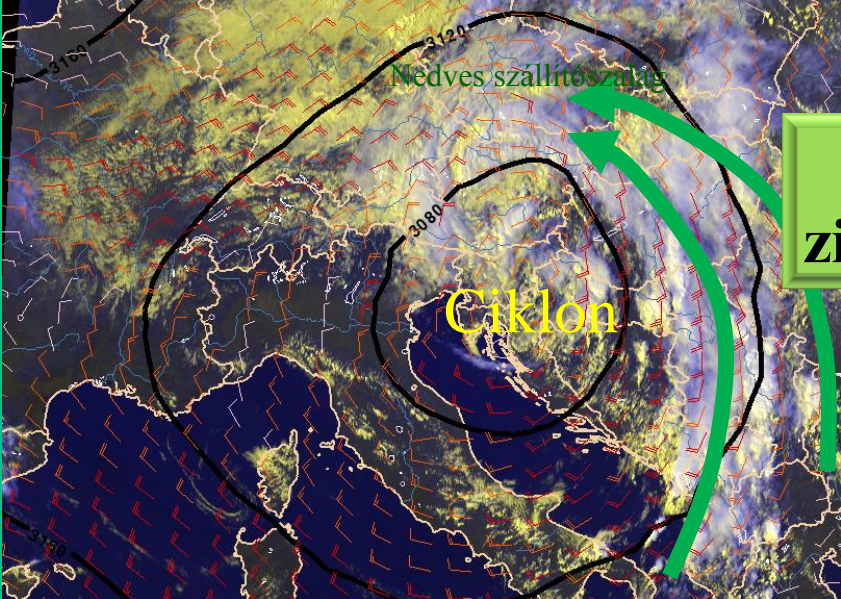
850 hPa, 2015. augusztus 09. 12:00 UTC



Zivataros hidegfront

Lassú mozgású ciklon

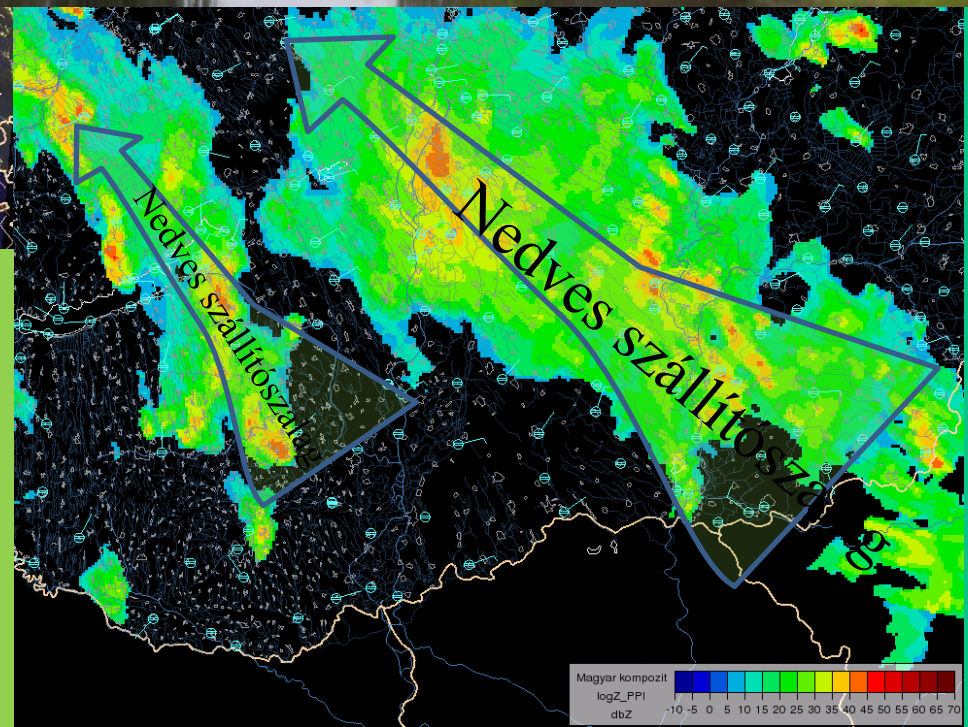
2014.09.13.



Villám árvizek (flash flood)

**Konvektív viharok:
zivatarvonalak, nagy csapadék**

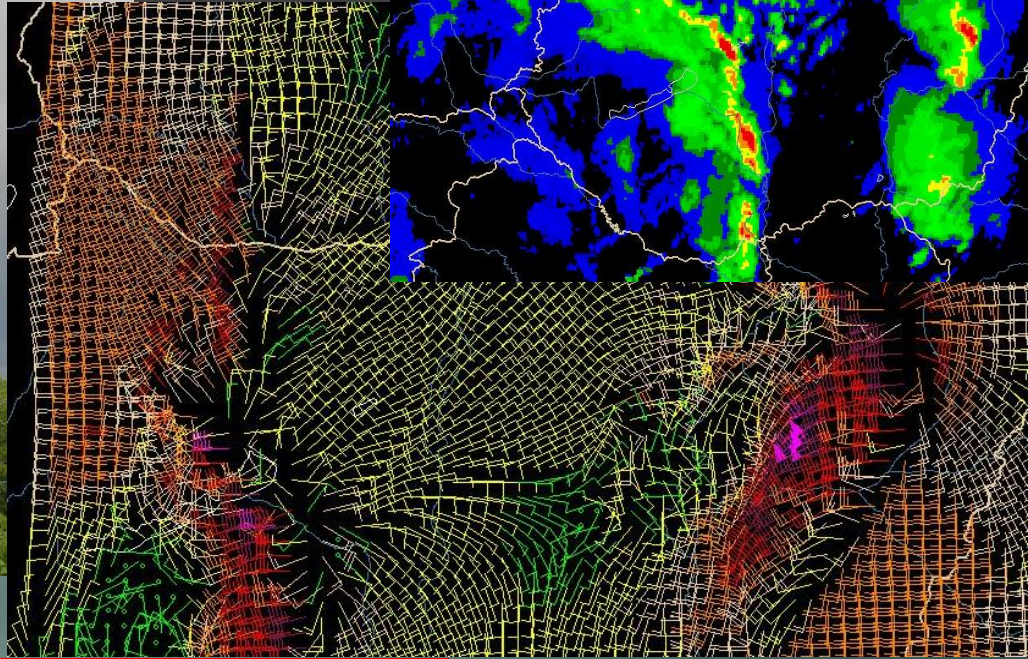
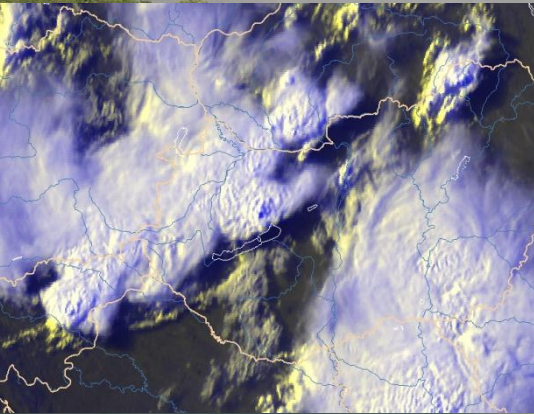
Hosszabb ideig egyhelyben álló ciklonoknál az egymás után vonuló zivatarok egy-egy vonalban nagy mennyiségű csapadékot adnak: helyenként napi 80-100 mm is lehullhat. Lokális árvizek jönnek létre: a „villám árvíz” környezeti károsodást is okozhat (erózió, fertőzések).



Prefrontális helyzet (DNY)

Labilitás

szélnyírás



Szupercellák a Balatonnál

