Viharciklonok az euro–atlanti térségben

(dinamikai elemzés a numerikus modellezés eszközeivel)

Horváth Ákos, Kiss Győző, Nagy Attila

Országos Meteorológiai Szolgálat

39. Meteorológiai Tudományos Napok, MTA

2013. november 21.

Vázlat

- Motiváció
- Viharciklonok a megfigyelések és a légkördinamikai elméletek oldaláról
- Jelen vizsgálat témája, módszerei
- Esettanulmányok
- Konklúzió

Motiváció

A légköri folyamatok veszélyessége különböző meteorológiai idő- és térskálákon nyilvánulhat meg.

Rövid ideig tartó, az átlagtól nagymértékben eltérő

Hosszú ideig tartó, az átlagtól eltérő

Hosszú ideig tartó, az átlagtól kis mértékben eltérő

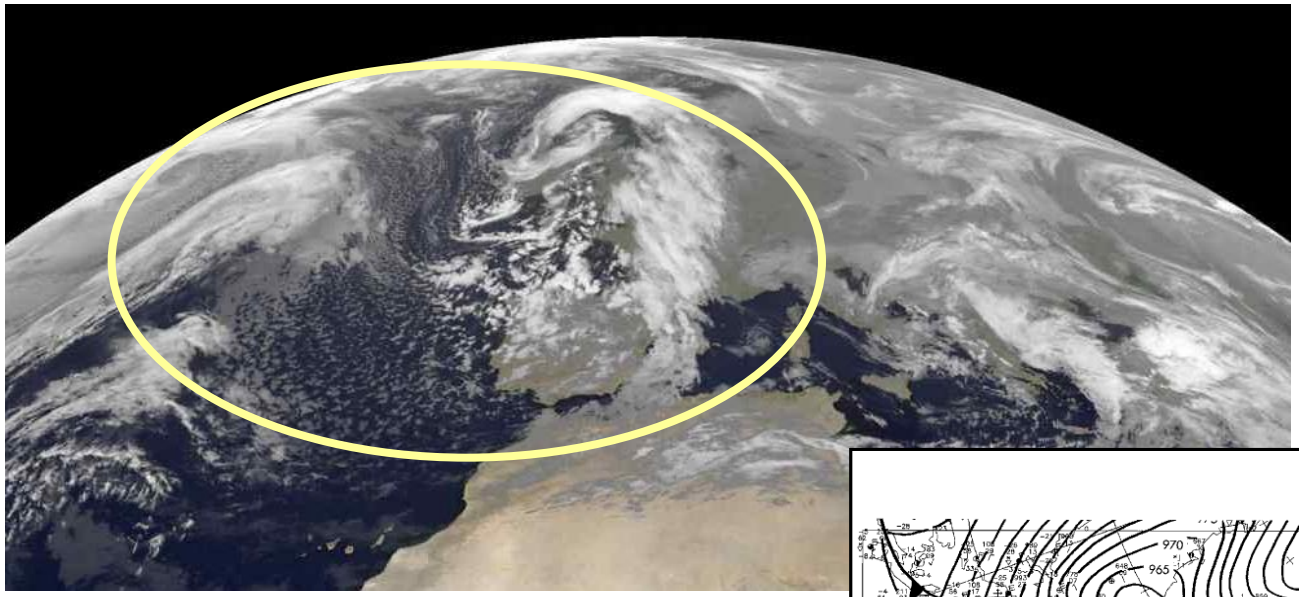
Klaus, 2009.
Pireneusok

Puerto de Envalira, 216 km/h

Cerezo de Arriba, 198 km/h

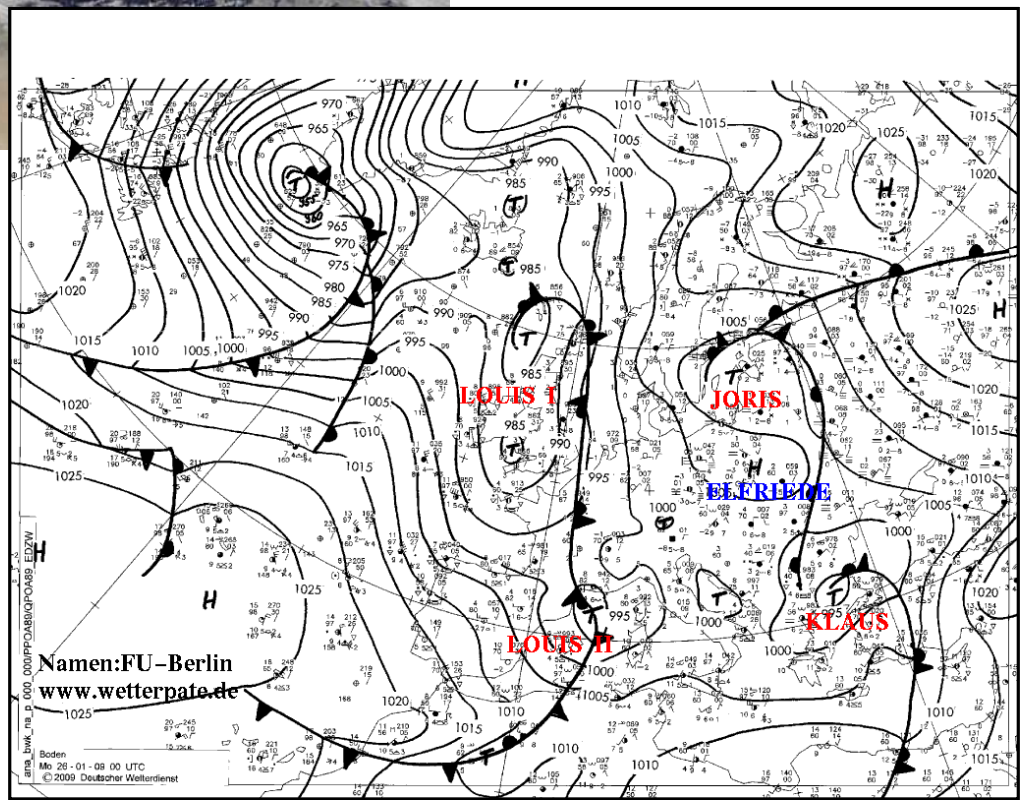
Ancares, 182 km/h

Viharciklonok a megfigyelések és mérések oldaláról



Klaus-ciklon

2009. január 22.-26.



- Hirtelen kialakulás (néhány óra)
- Kis horizontális kiterjedés
- Nagy horizontális nyomási gradiens (ciklonmag körül)

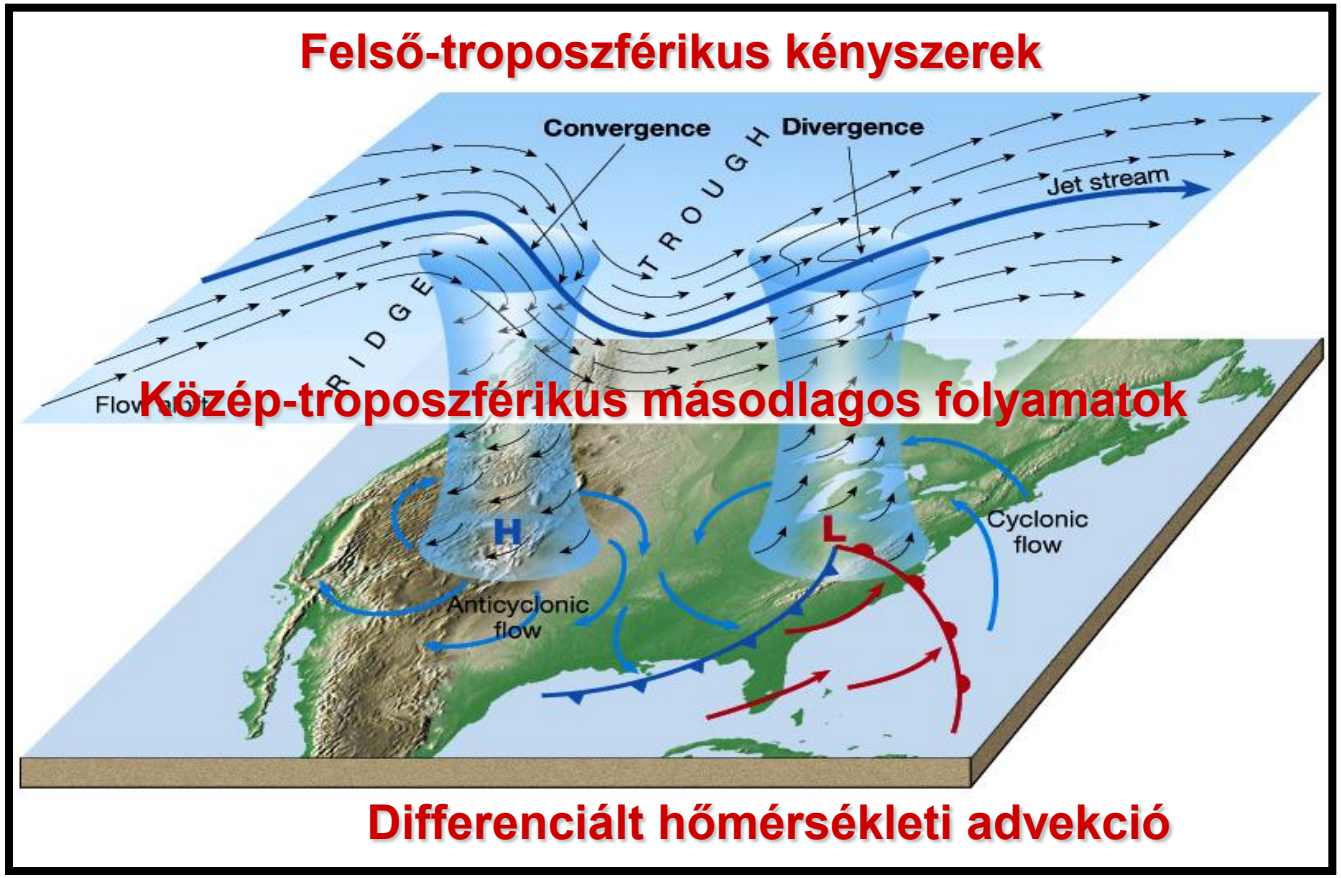
- ***A fejlődésük során szokatlanul gyors központi nyomássüllyedés***
- ***Leépülés a szárazföld felett***

Viharciklonok a légkördinamikai elméletek oldaláról

Elméleti eredmények a témában

Ciklonok dinamikája: 1910-es évektől
Viharciklonok dinamikája: 1970-es évek végétől

Klasszikus ciklonfejlődés



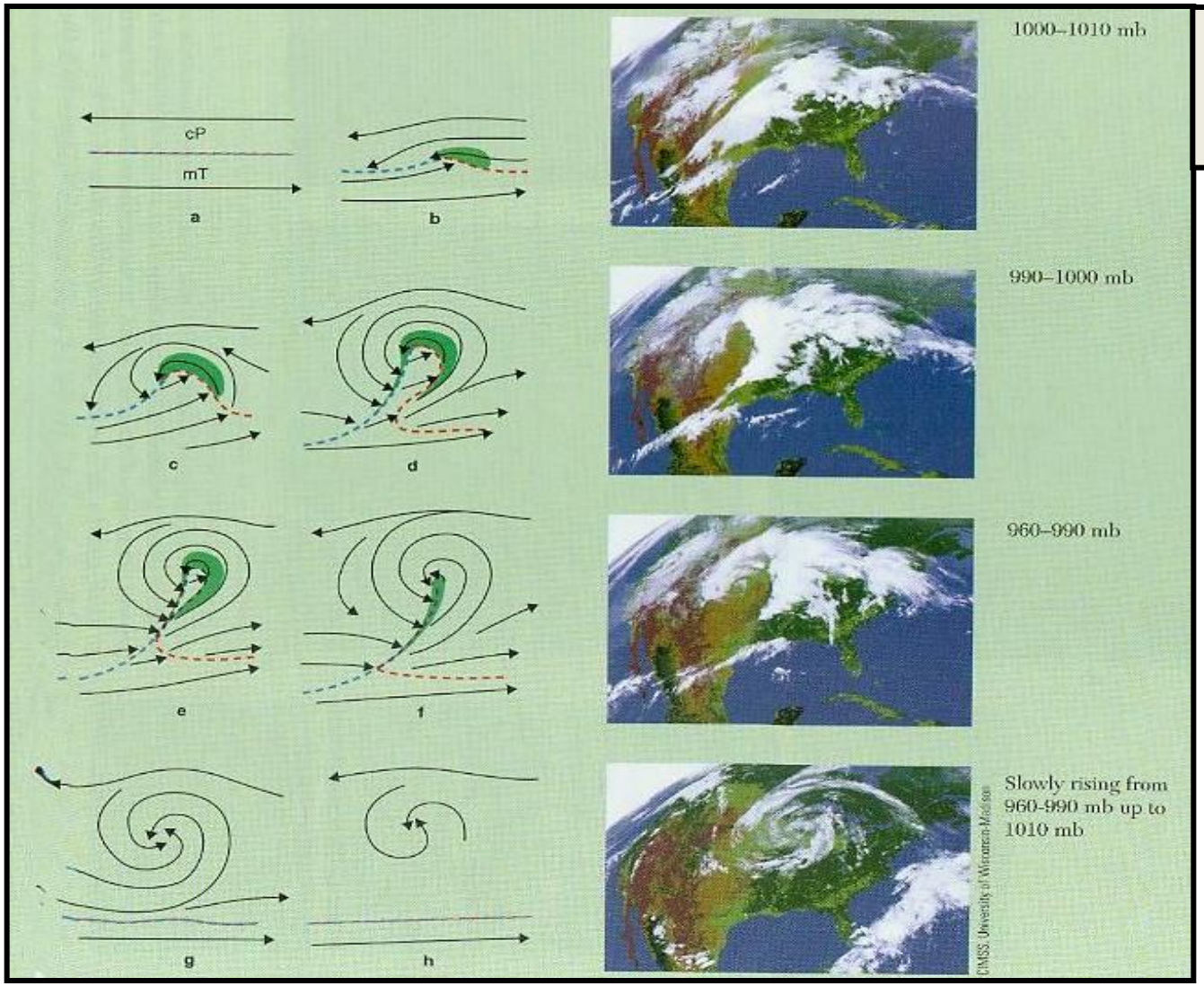
Bjerknes, 1919.
Bjerknes, Solberg, 1922.

Pettersen, Smebye, 1971.

Radinovich, 1986.
R. S. Plant, 2003.

Tipizálás a különböző dinamikai kényszerhatások alapján

Viharciklonok a légkördinamikai elméletek oldaláról



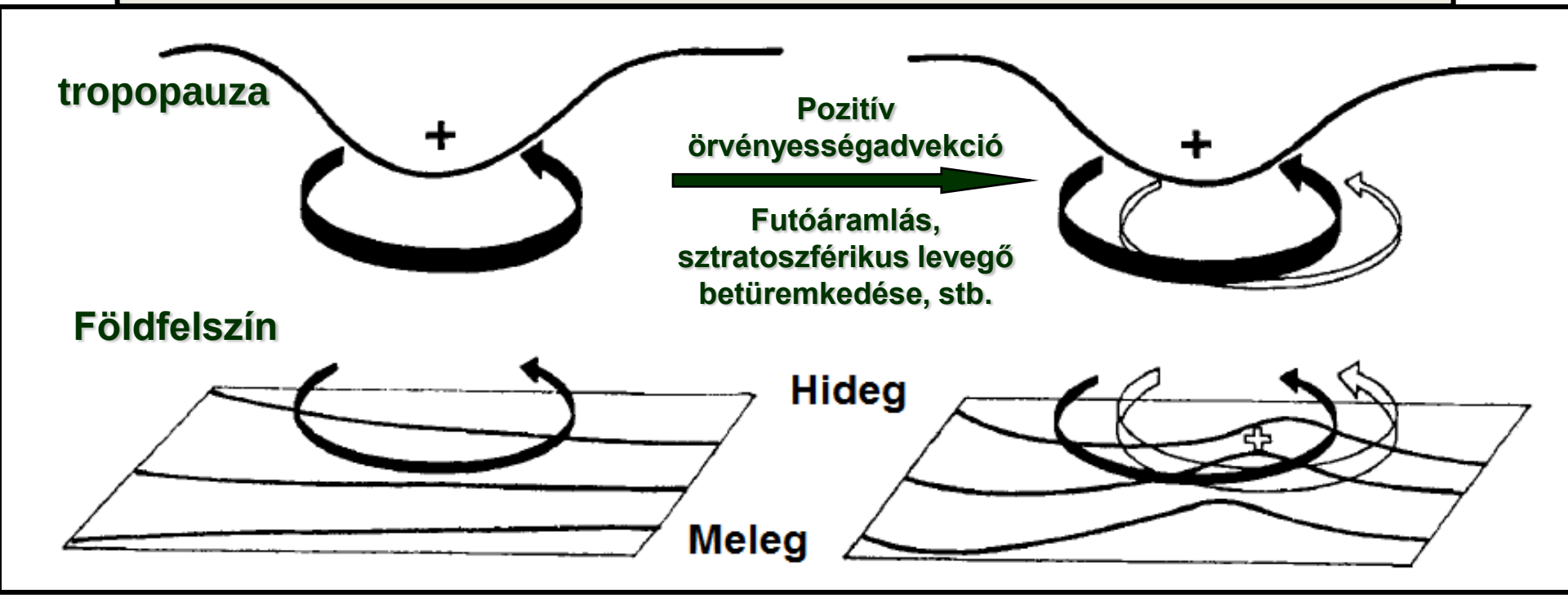
A-típusú ciklogenezis

Jelentős alsó-troposzférikus hőmérsékleti advekció

Baroklin rétegződésben hullámfejlődés

Viharciklonok a légkördinamikai elméletek oldaláról

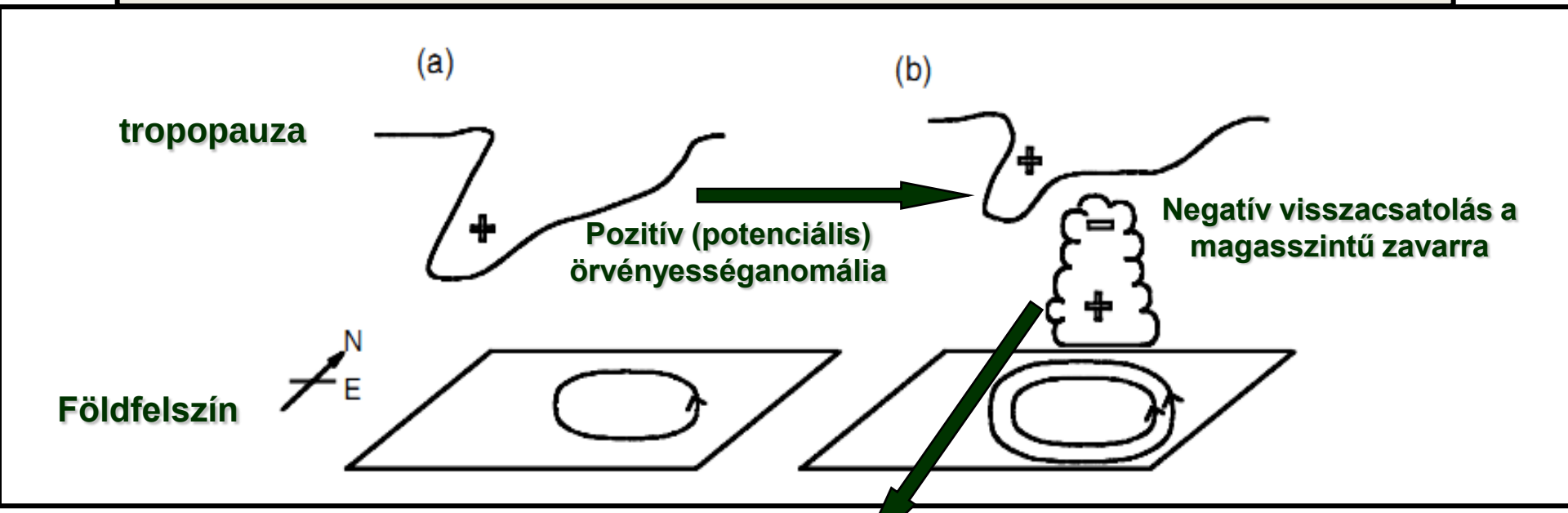
B-típusú ciklogenezis



Baroklin rétegzettségben létező, de nem fejlődő hullám fölé
felső-troposzférikus hullám érkezik
(fáziskésés a fejlődésben)

Viharciklonok a légkördinamikai elméletek oldaláról

„C-típusú” ciklogenezis



C típus = B-típus + <u>erős</u> középszintű látens hő melegítés

Az alsó-troposzférában a hőmérsékleti anomália gyengébb marad
DE! egyenesebb ciklontengely, nagyobb labilitás

Viharciklonok a légkördinamikai elméletek oldaláról

A megfigyelések alapján definiált (!) viharciklonok besorolása friss kutatási téma.

Legfőbb probléma: kevés a mérés és a megfigyelés

Az elméleti vizsgálatok egy lehetséges megközelítése: numerikus légkördinamikai modellezés

Elvárások:

A modell által leírt dinamikai folyamatok helyesek legyenek!

Korlátok:

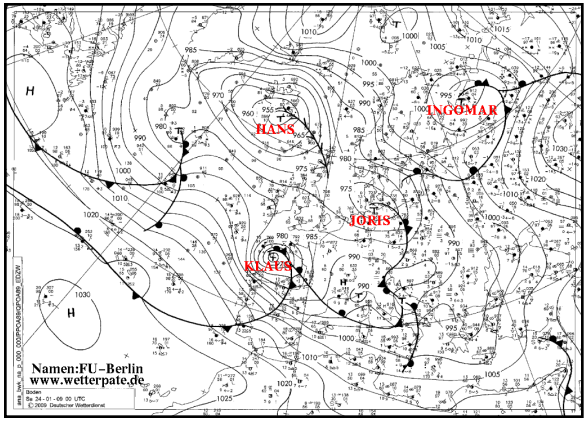
Erős az analízisek (peremfeltételek) hatása.

Térben és időben kielégítő pontosságú előrejelzés (!)

Az általunk használt modell: WRF (Weather Research and Forecasting)

- Expliciten leírható tér- és időskála: **mezo-gamma – makro-alfa skála**
- **Nemhidrosztatikus** modellezés 6-8 km-es horizontális felbontás mellett
- Hatékony **modellfizika** = különböző idő- és térskálákra különbözőeket!
- Hatékony **numerikus számítási környezet** és **számítógép**.

Jelen vizsgálat témája, módszerei



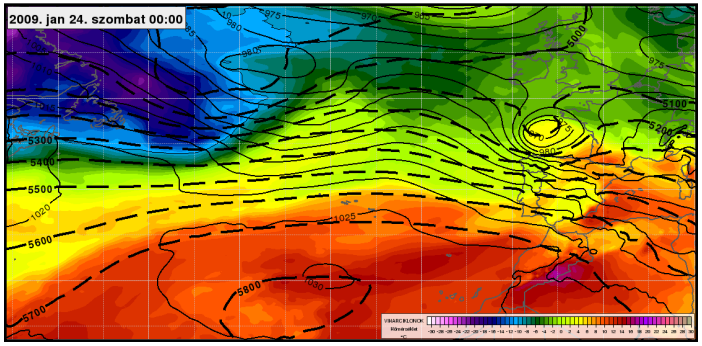
A megfigyelések alapján konkrét esetek

⬇

Dinamikai körülmények áttekintése

Eszköz: nagy időbeli felbontású (3 óra) modellanalízis (ECMWF)

⬇



KÉRDÉSFELVETÉS:

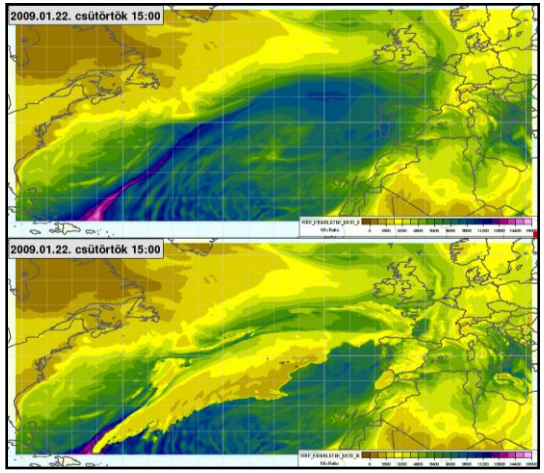
A Rossby-övön kívüli légtömegek szerepe az intenzív ciklonfejlődésben

(⇔ A C-típusú ciklogenezis elméletében szereplő látens hőáram-felszabadulásra való érzékenység)

⬇

ÉRZÉKENYSÉGVIZSGÁLAT:

A modellfuttatások analíziseiben csökkentjük a szubtrópusi légtömegek ekvipotenciális hőmérsékletét (a modellezendő ciklon környezetében).

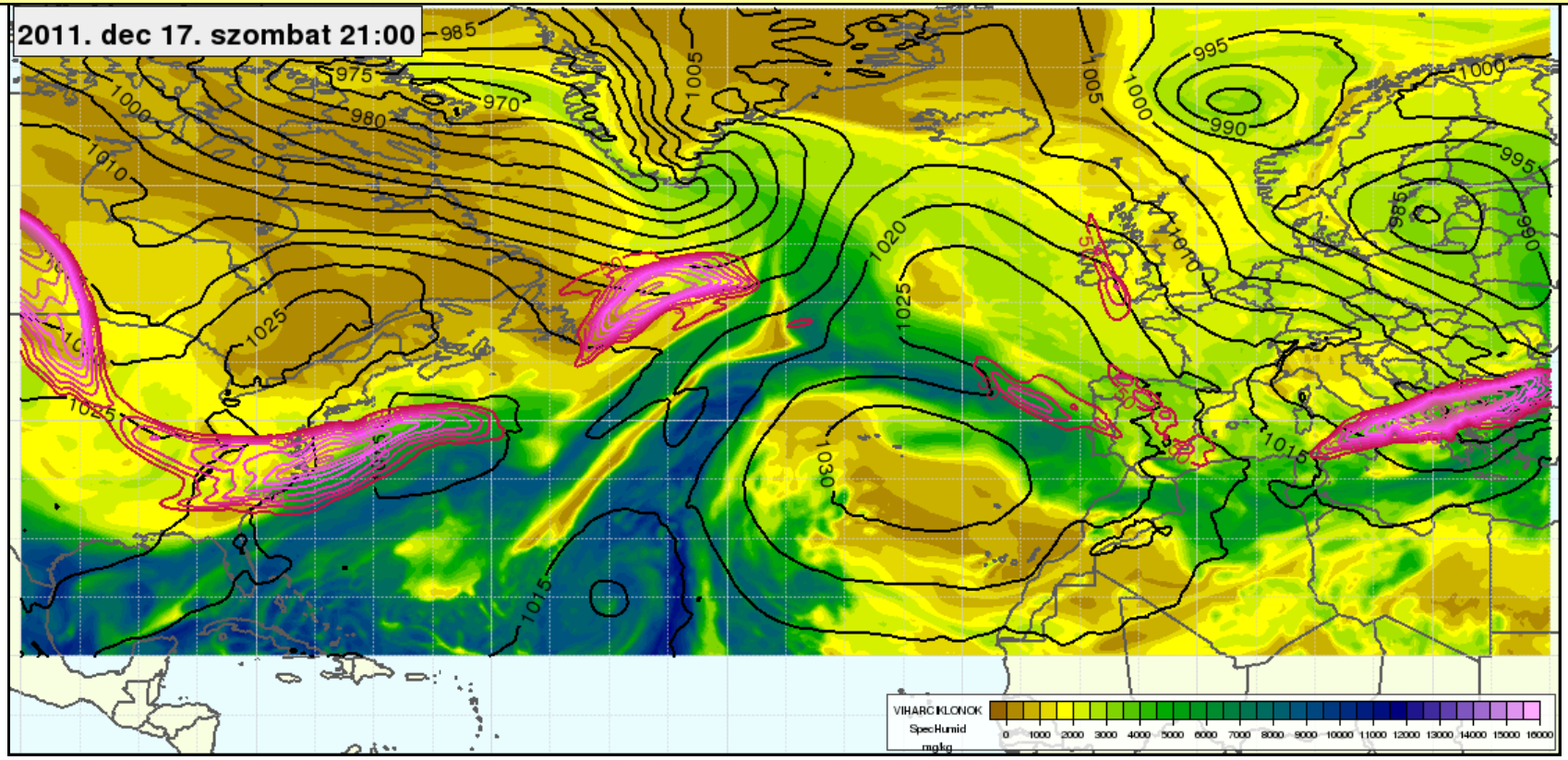


Joachim (2011. december)

Eredete egyértelműen egy trópusi depresszió.

A Joachim ennek peremén alakult ki.

850 hPa spec. nedvesség, 300 hPa szélsebesség (színezett vonal 50 m/s fölött), tengerszinti légnyomás

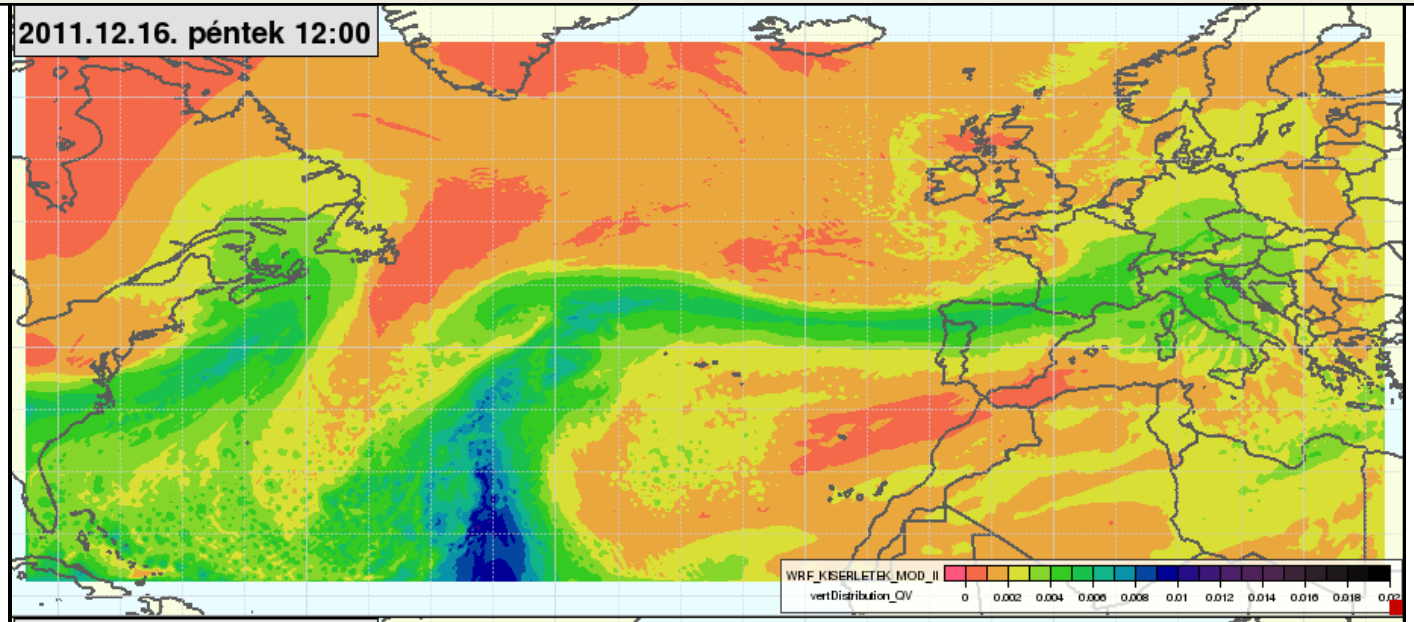


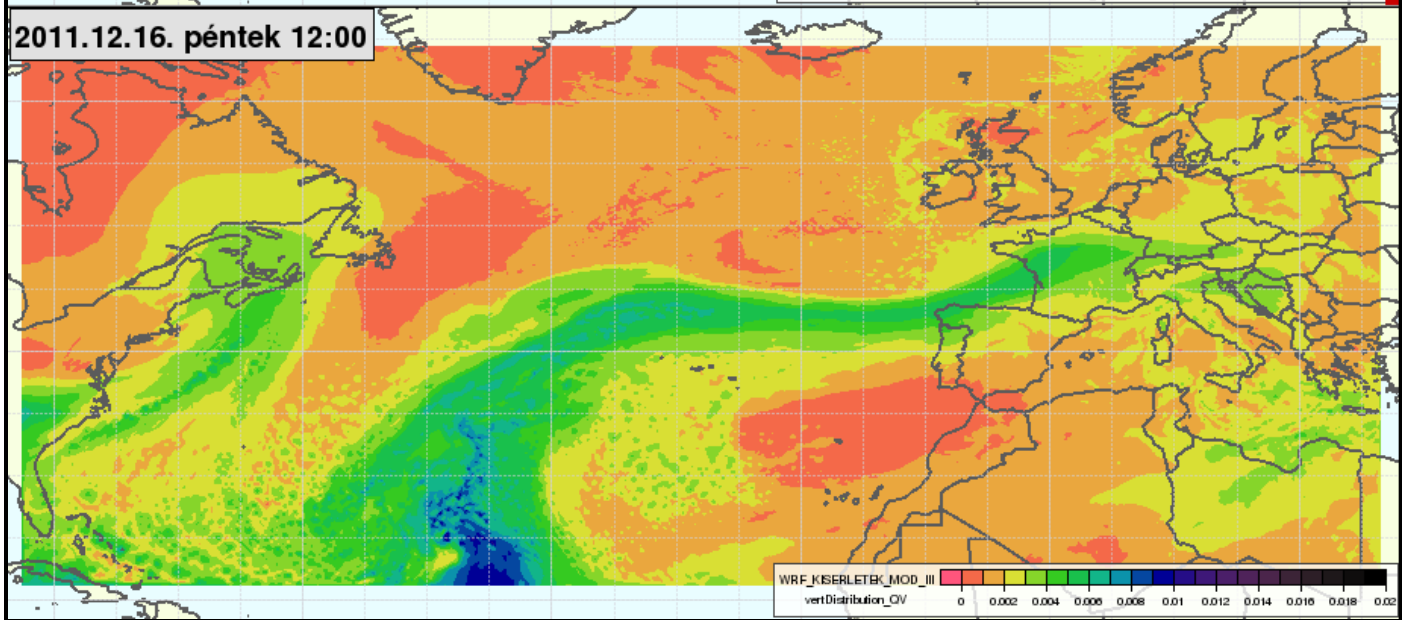
A szubtrópusi nedves szállítószalag időközben a 300 hPa-os jet divergens zónája alá kerül

A ciklon intenzív mélyülési szakaszában melyik játszik fontosabb szerepet?

Szubtrópusi szállítószalag viselkedése WRF (2011.12.14. 12 UTC + 48h)

MÓDOSÍTATLAN

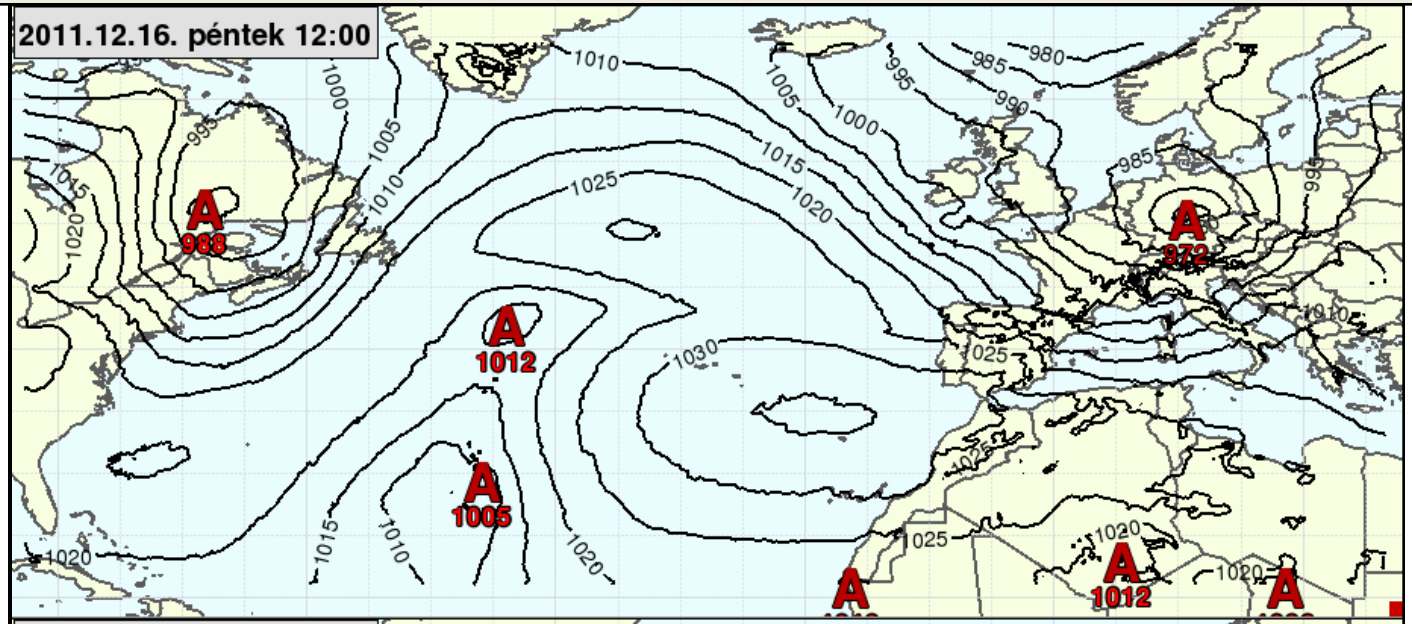


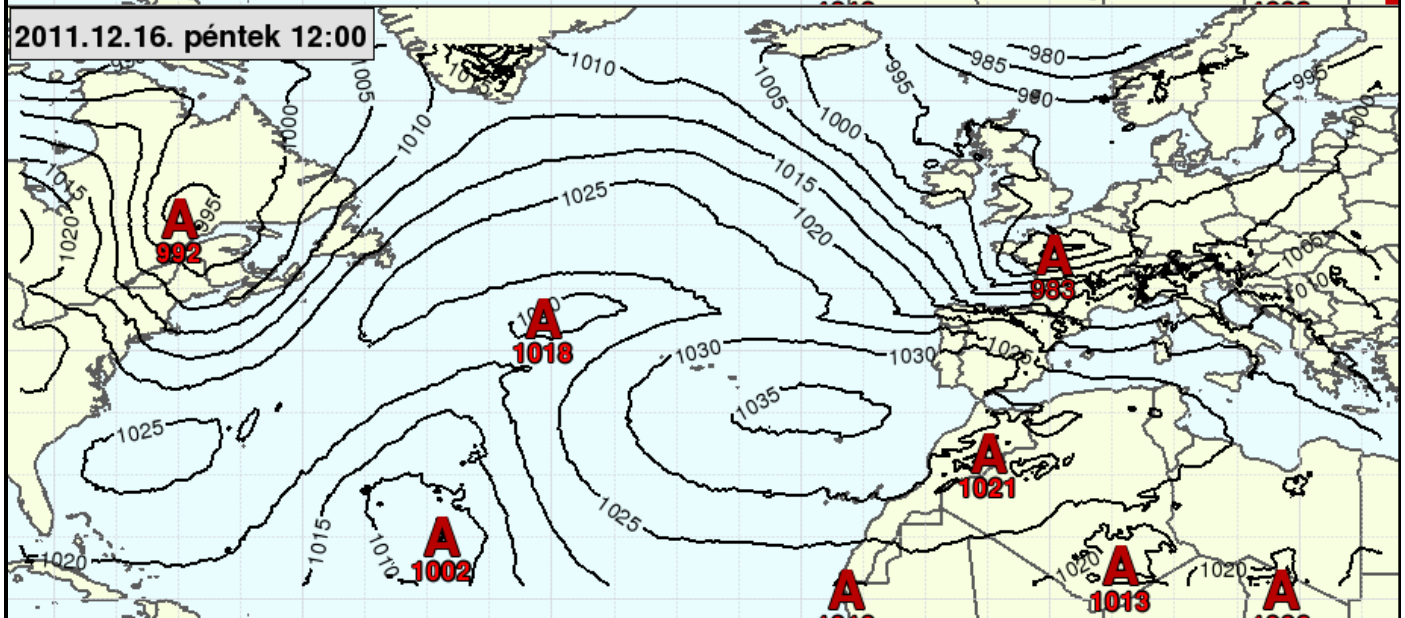


MÓDOSÍTOTT

Érzékenységvizsgálat – tengerszinti légnyomás WRF (2011.12.14. 12 UTC + 48h)

MÓDOSÍTATLAN

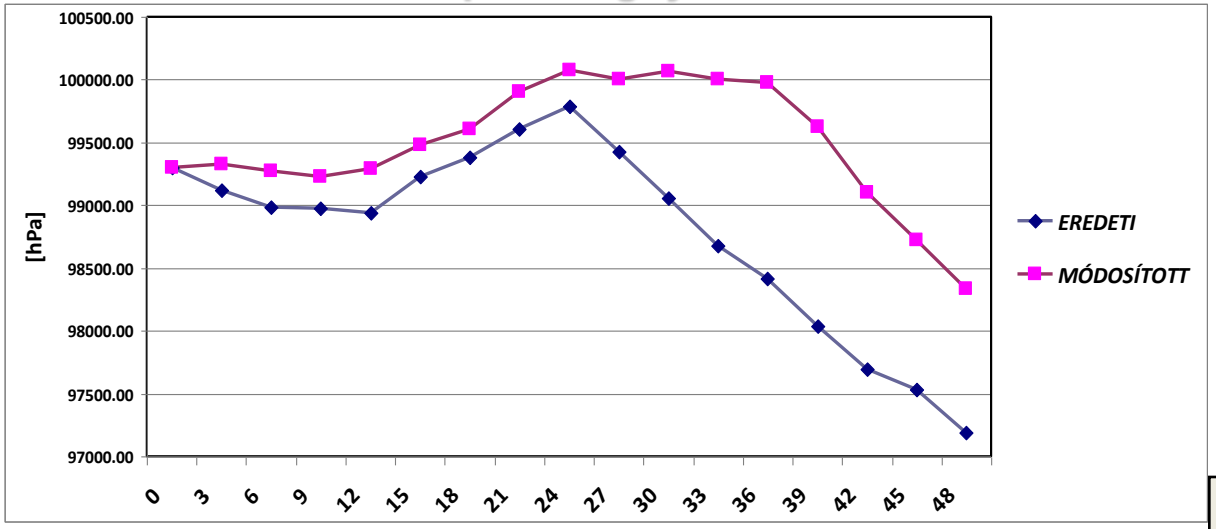




MÓDOSÍTOTT

Érzékenységvizsgálat
WRF (2011.12.14. 12 UTC + 48h)

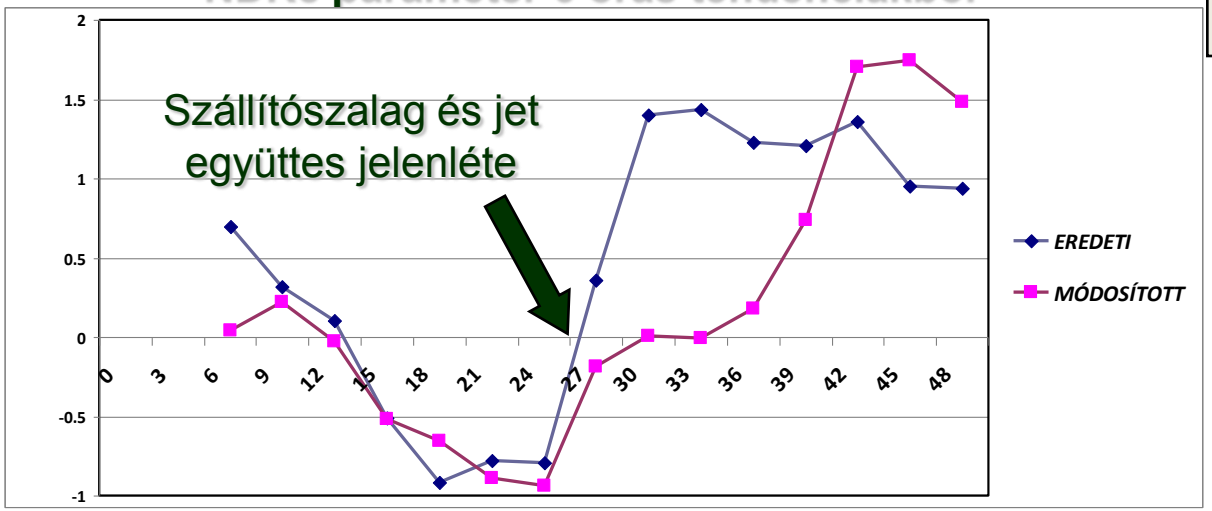
Központi légnyomás



$$\text{NDRc} = \frac{\Delta p}{6\text{hPa}} \cdot \frac{\sin(60°)}{\sin(\Phi)}$$

A ciklon intenzív mélyülési szakaszában melyik játszik fontosabb szerepet?

NDRc-paraméter 6 órás tendenciákból



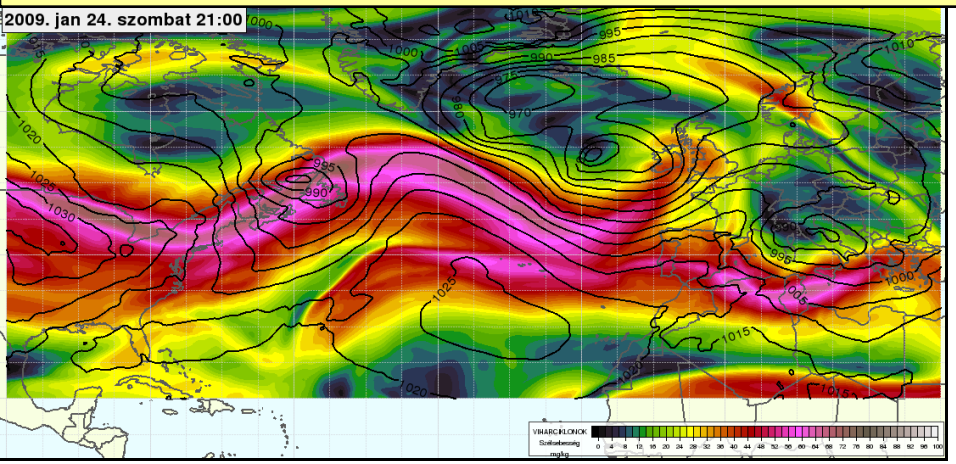
A szubtrópusi nedvesség hiánya az intenzív mélyülés <u>első felében</u> érezteti hatását!

Klaus
(2009. január)

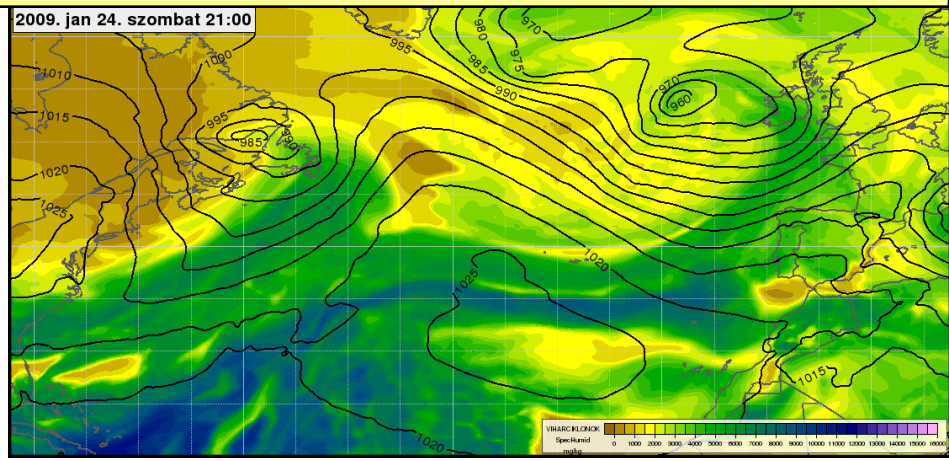
A klasszikus dinamikai feltételek nem adottak

De bőséges nedvesség érkezik dél felől

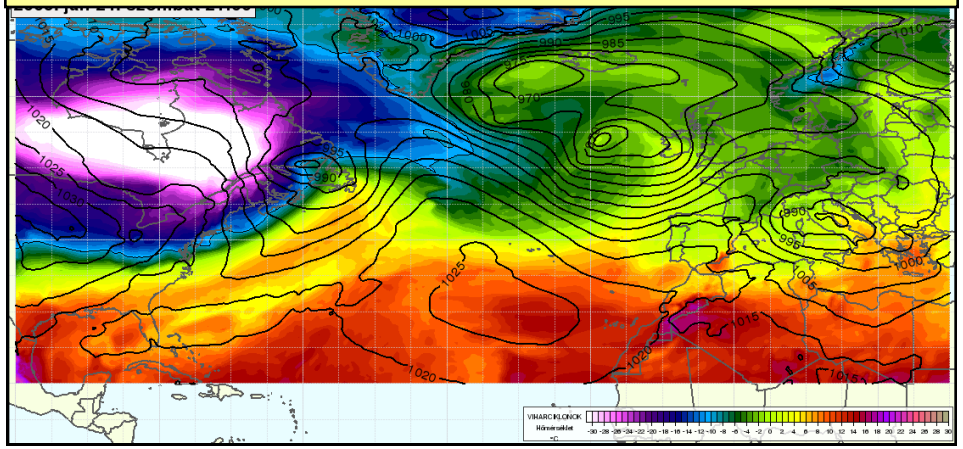
300 hPa szélsebesség, tengerszinti légnyomás



850 hPa spec. nedvesség, tengerszinti légnyomás



850 hPa hőmérséklet, tengerszinti légnyomás



Klaus (2009. január)

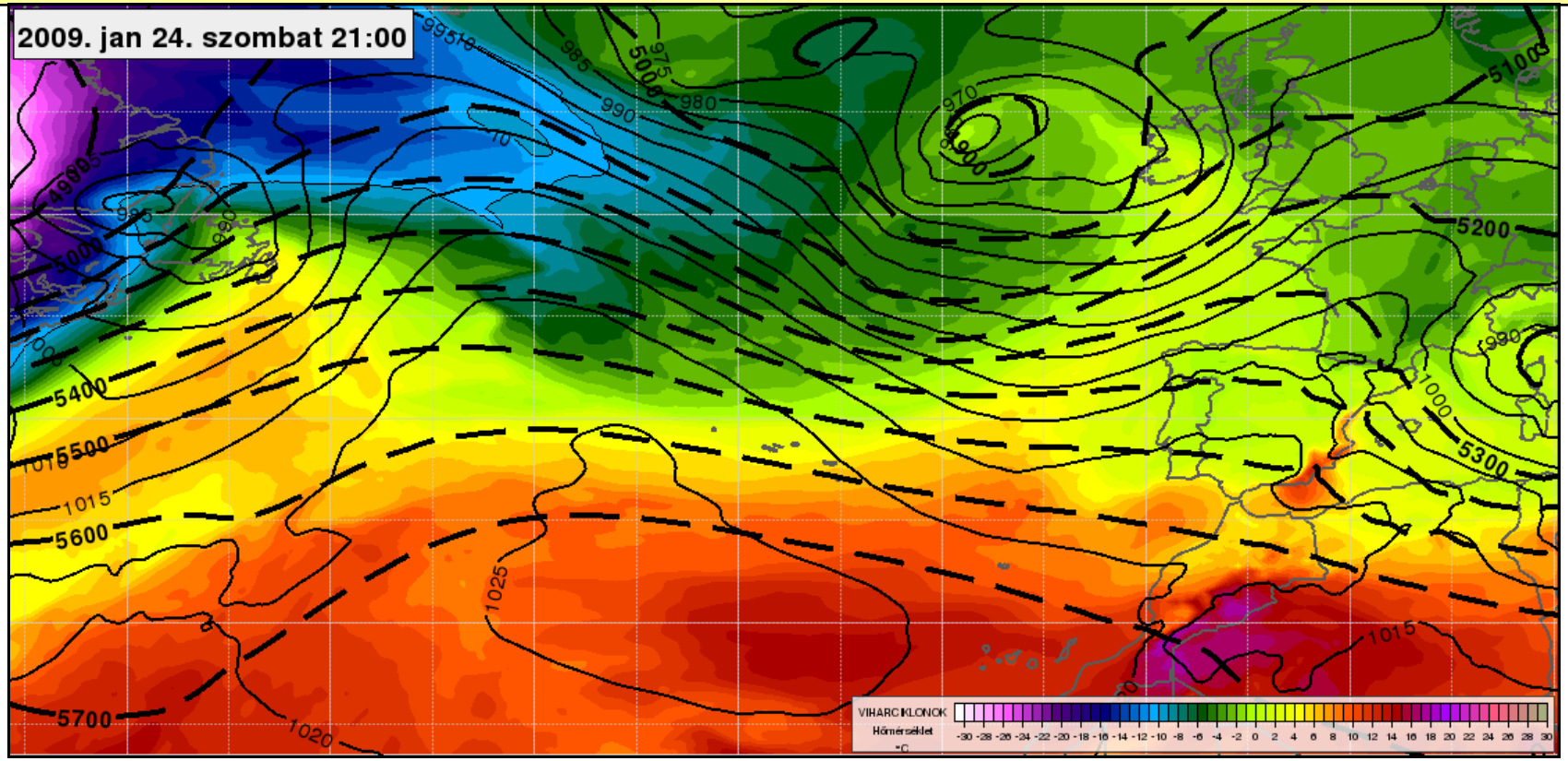
Tipikus viharciklon állapot

A legnagyobb nyomásgradiens a mag köré összpontosul

Egyenes vertikális tengely, nagy labilitás a hidegszektorban

Szárazföld fölött leépülés

500 hPa geopotenciál (szaggatott), 850 hPa hőmérséklet és tengerszinti légnyomás (folytonos)



A dinamikai körülmények nem adottak az intenzív ciklogenezishez

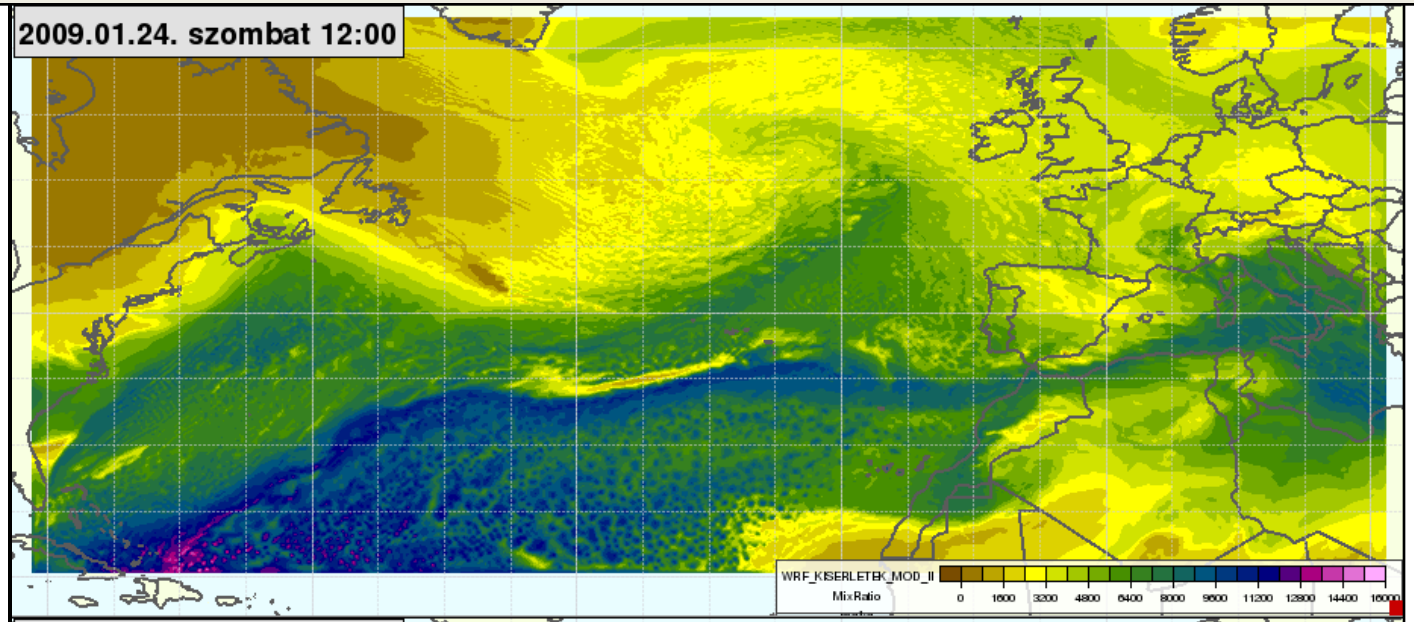
Tartós szubtrópusi nedvességutánpótlás viszont igen

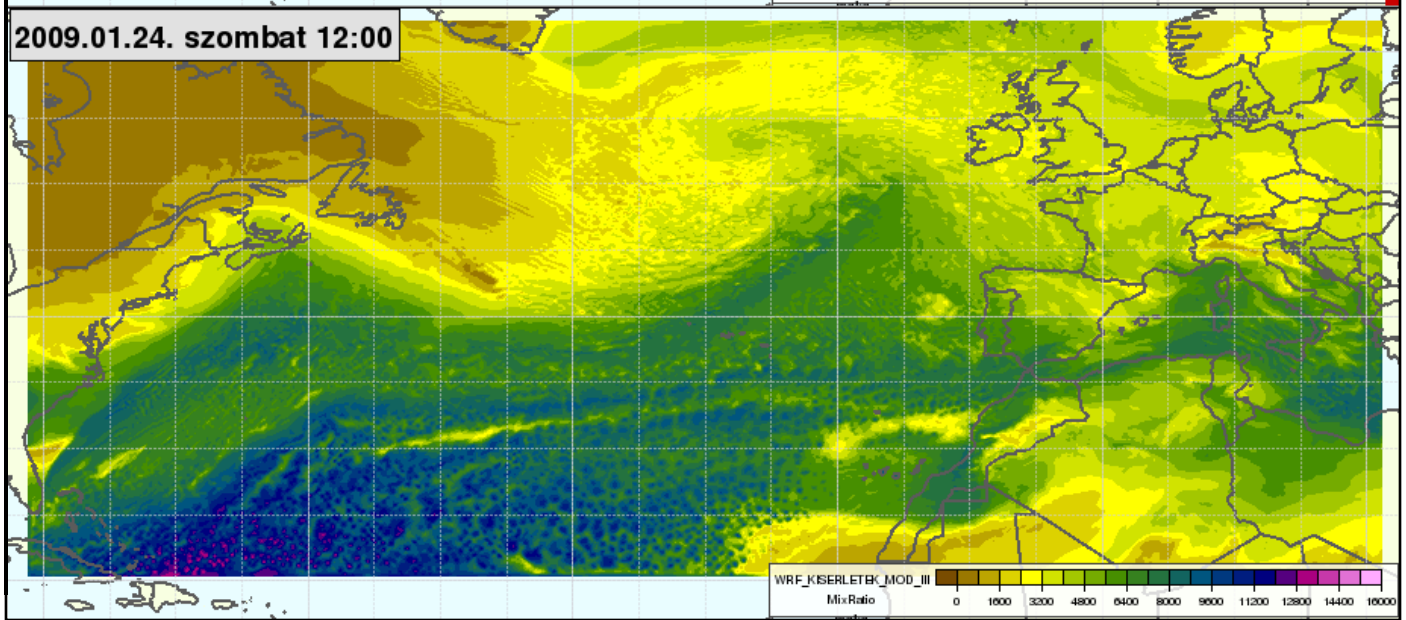
→

A szokásosnál több szubtrópusi nedvesség szokatlan ciklonállapotot eredményezhet?

Szubtrópusi szállítószalag viselkedése
WRF (2009.01.22. 12 UTC + 48h)

MÓDOSÍTATLAN

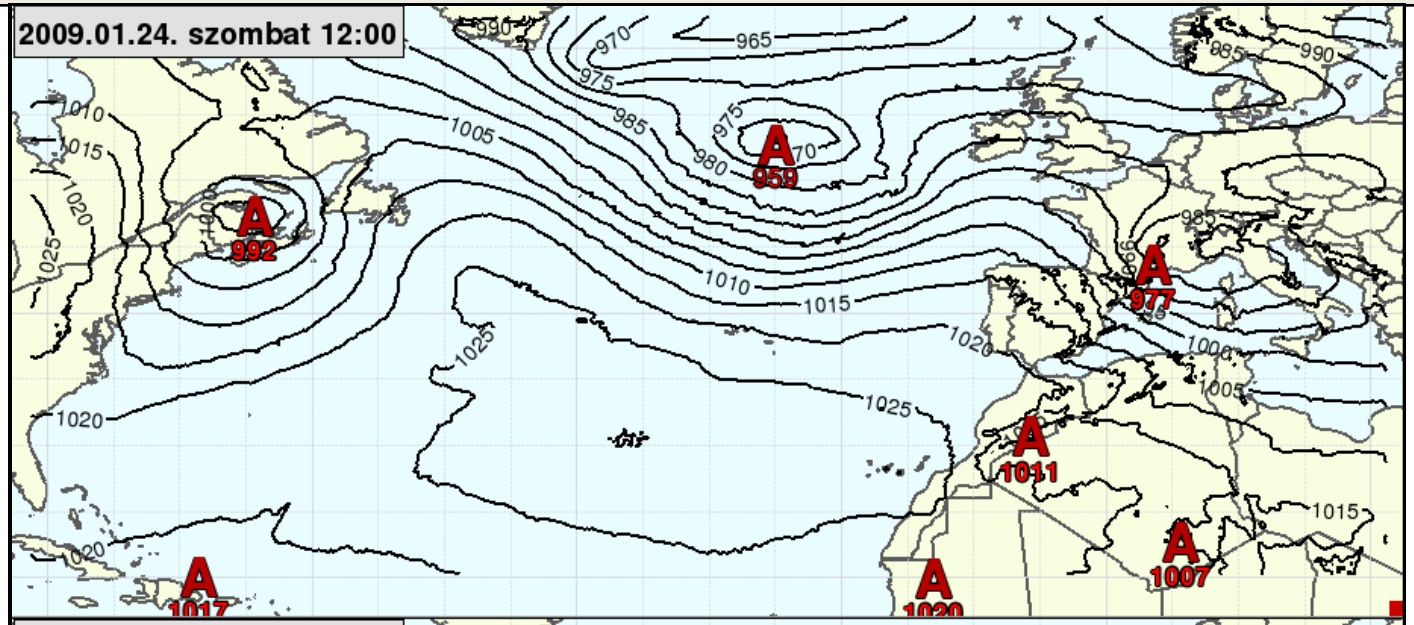


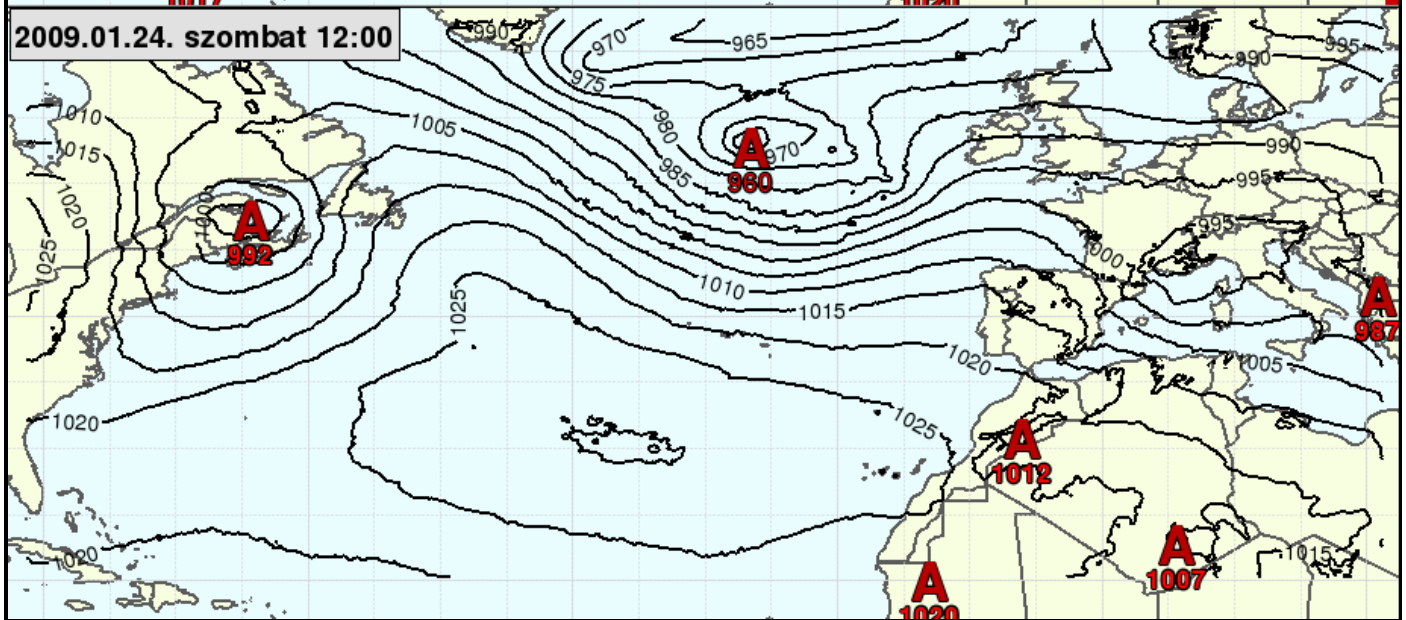


MÓDOSÍTOTT

Érzékenységvizsgálat – tengerszinti légnyomás WRF (2009.01.22. 12 UTC + 48h)

MÓDOSÍTATLAN

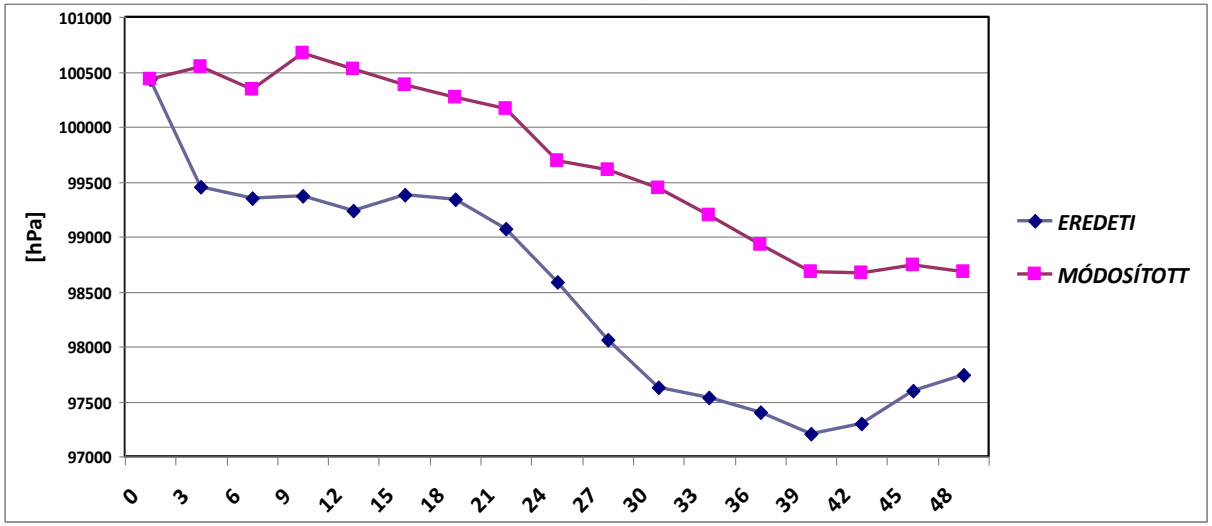




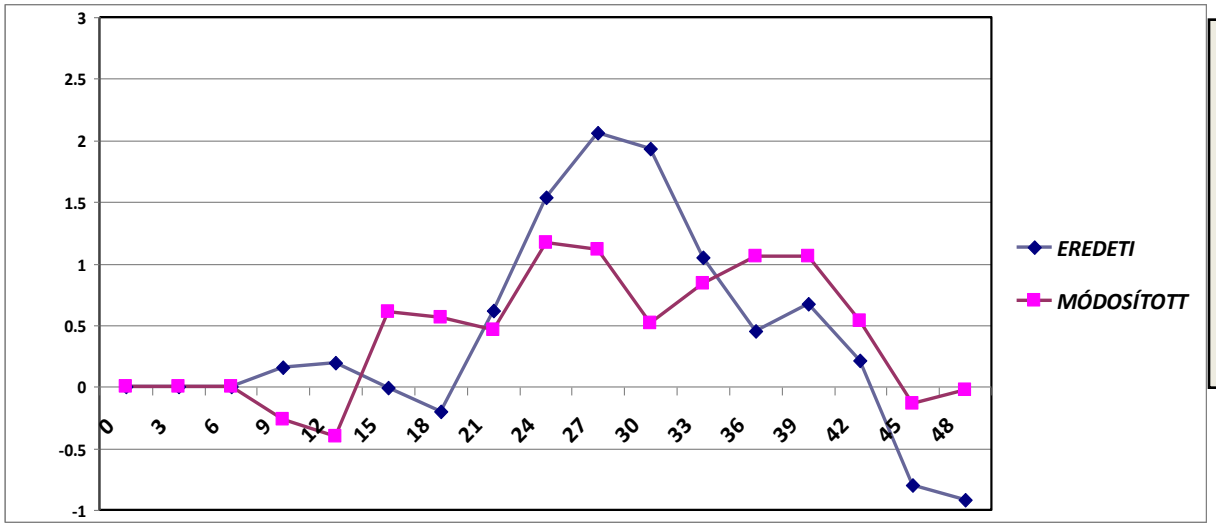
MÓDOSÍTOTT

Klaus
(2009. január)

Központi légnyomás



NDRc-paraméter 6 órás tendenciákból



A trópusi eredetű nedvesség lecsökkentése

↓

A ciklogenezis gyakorlatilag elmarad

↓

A kedvező makrocirkulációs helyzet tartós fennállása esetén

nagyobb eséllyel alakulhat ki ez a veszélyes helyzet!

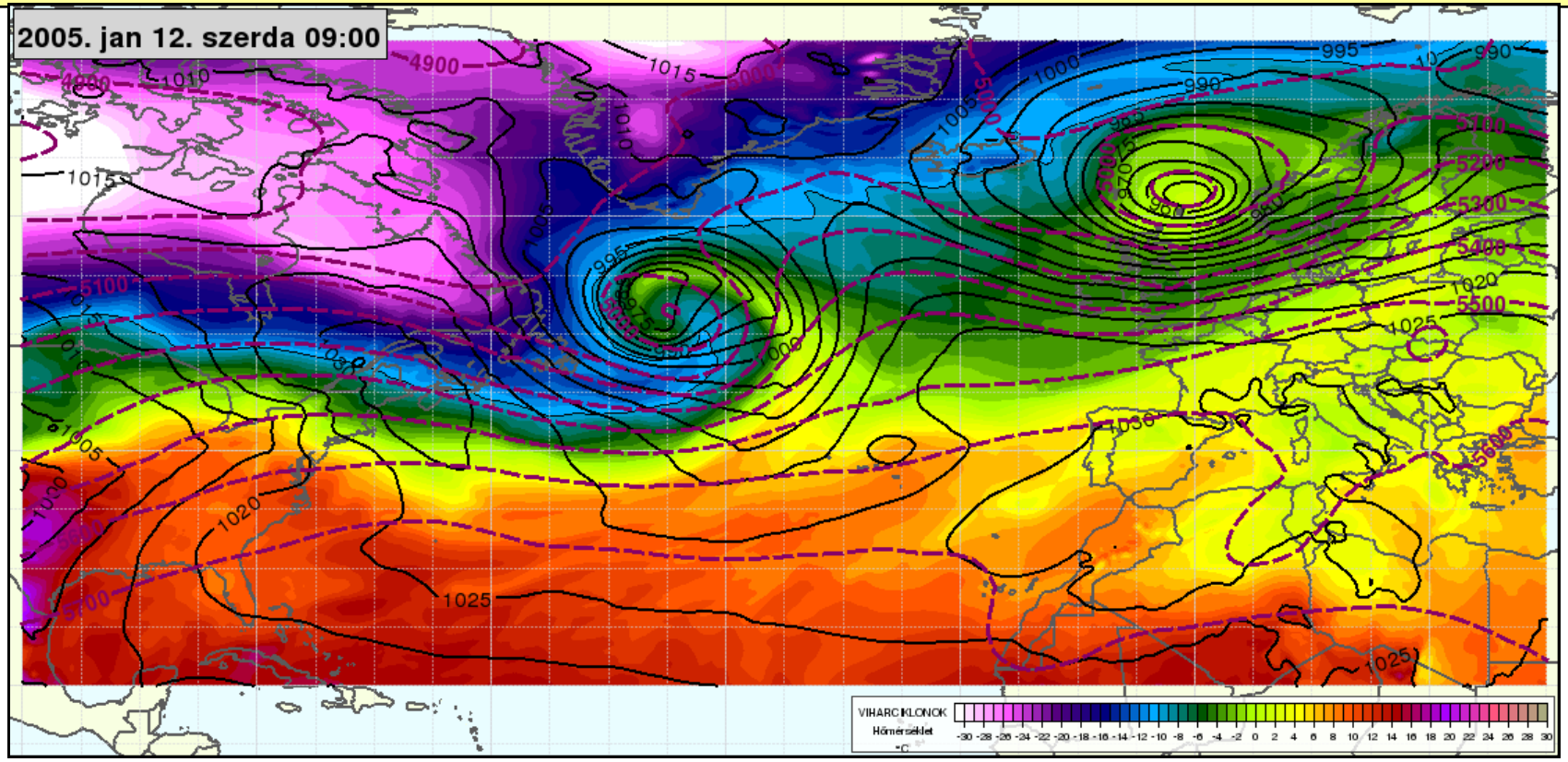
Gero (2005. január)

Északnyugat-Európát egymás után sújtó viharciklon-sorozat utolsó tagja

⬇

A ciklogenezis klasszikus dinamikai feltételei (már) gyengék

850 hPa hőmérséklet, 500 hPa geopotenciál (szaggatott) és tengerszinti légnyomás (folytonos)

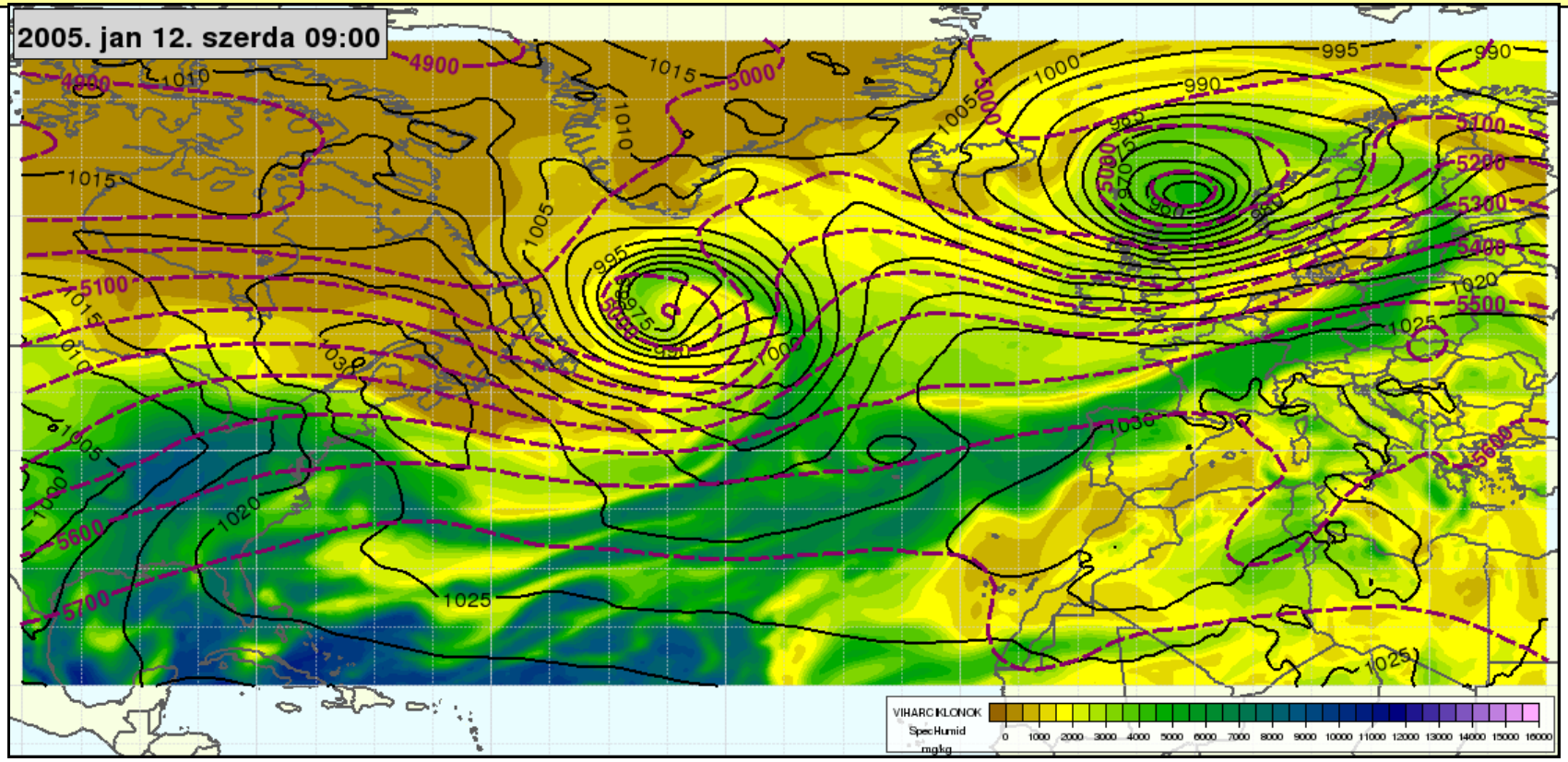


- Nincs magasszintű örvényességadvekció
- Nincs határozott jet
- A differenciált hőmérsékleti advekció sem jelentős

Gero (2005. január)

A nedvességfelvétel szűkebb keresztmetszeten (és rövidebb ideig) történik, mint a Klaus esetében

500 hPa geopotenciál (szaggatott), 850 hPa specifikus nedvesség és tengerszinti légnyomás (folytonos)

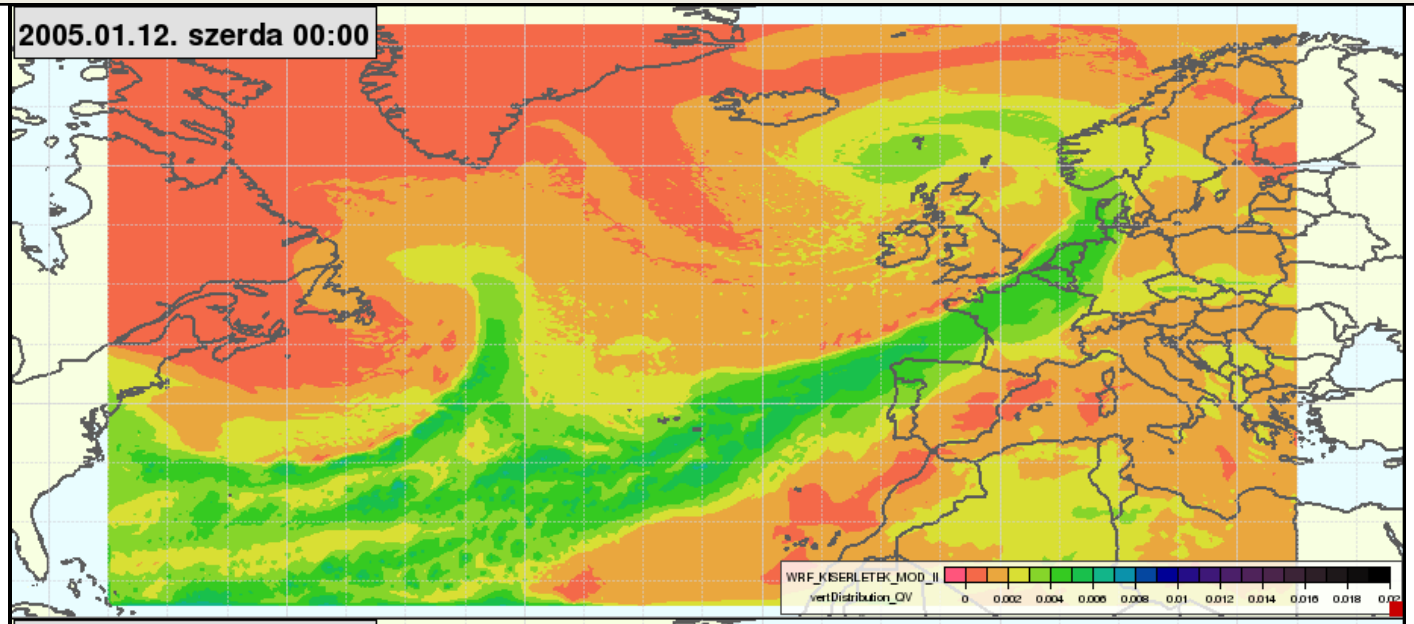


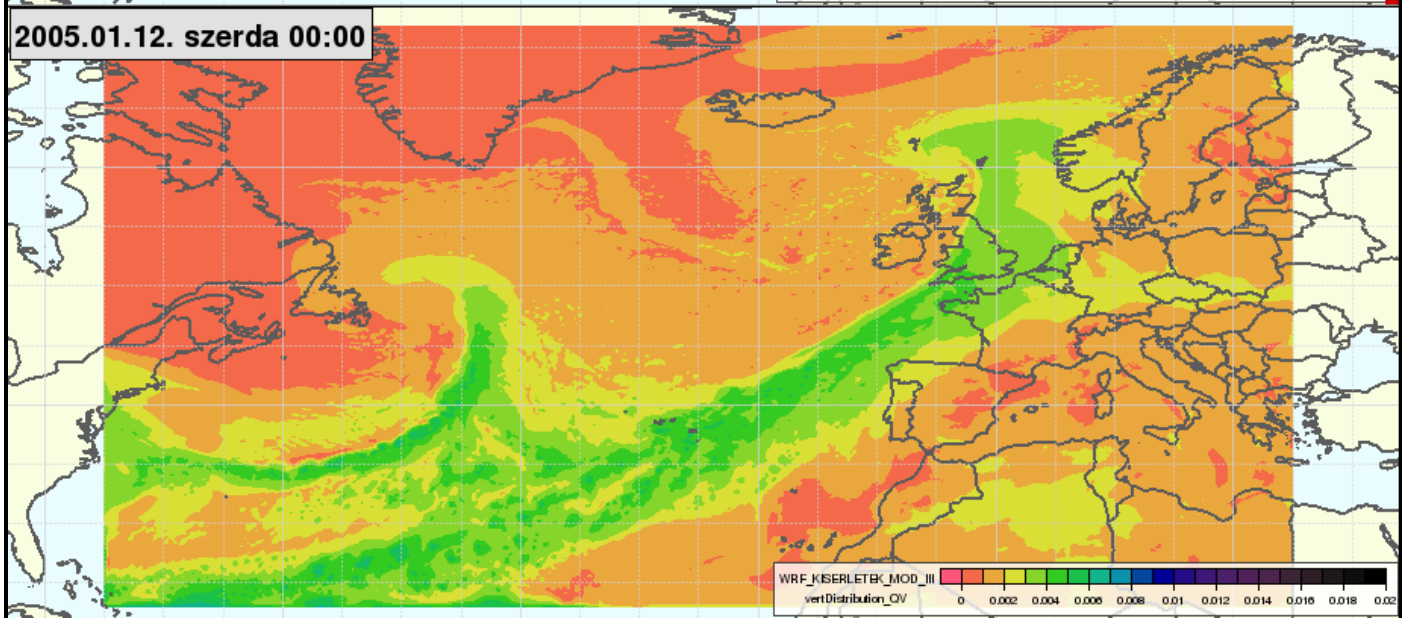
A tőle nyugatra fejlődő ciklon már nem lesz viharciklon

Mekkora szerepe van annak, hogy milyen légtömegekből keletkezik a ciklon?

Szubtrópusi szállítószalag viselkedése
WRF (2005.01.09. 12 UTC + 60h)

MÓDOSÍTATLAN

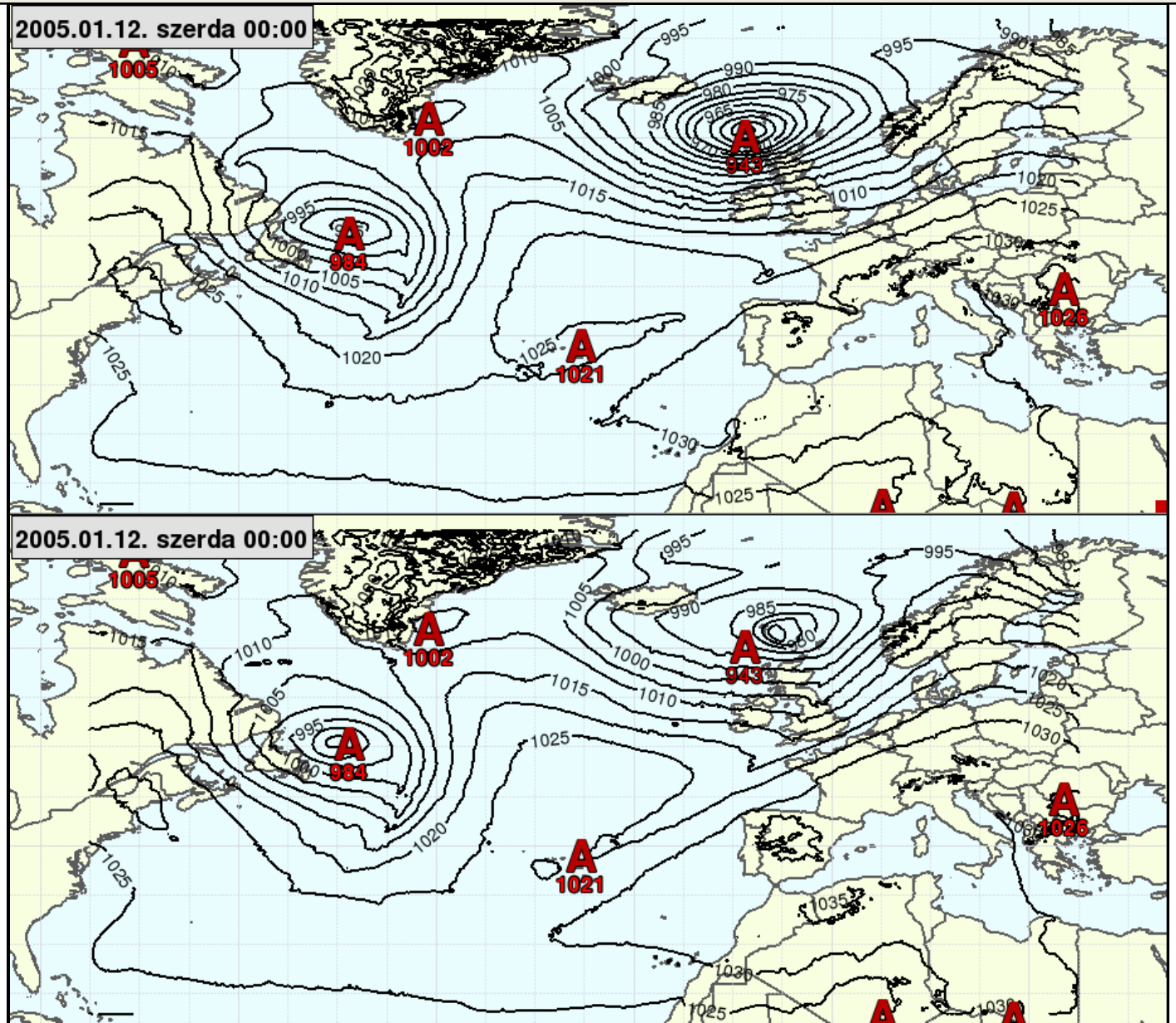




MÓDOSÍTOTT

Érzékenységvizsgálat – tengerszinti légnyomás WRF (2005.01.09. 12 UTC + 60h)

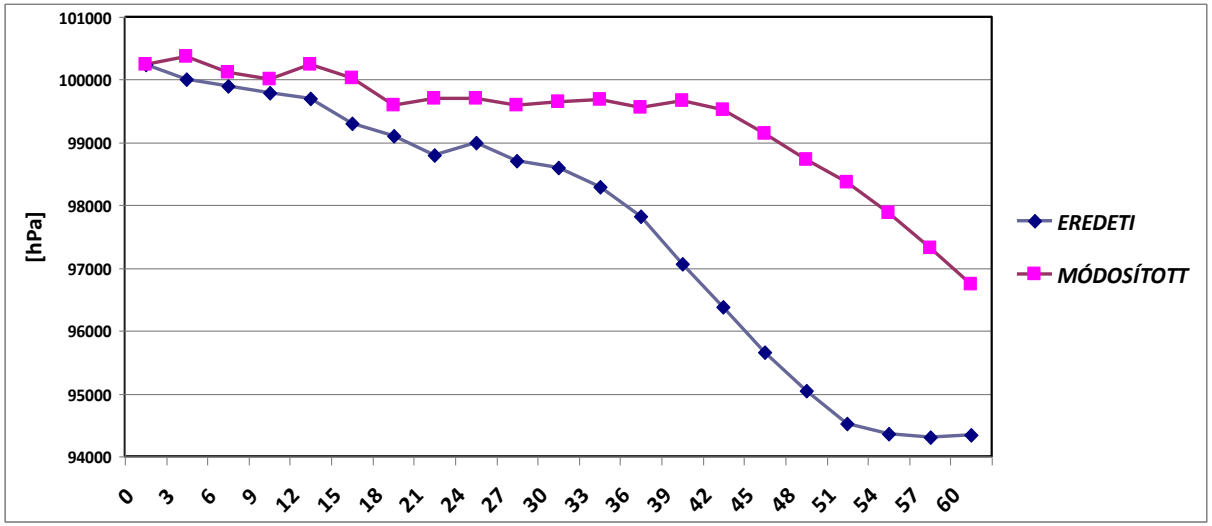
MÓDOSÍTATLAN



MÓDOSÍTOTT

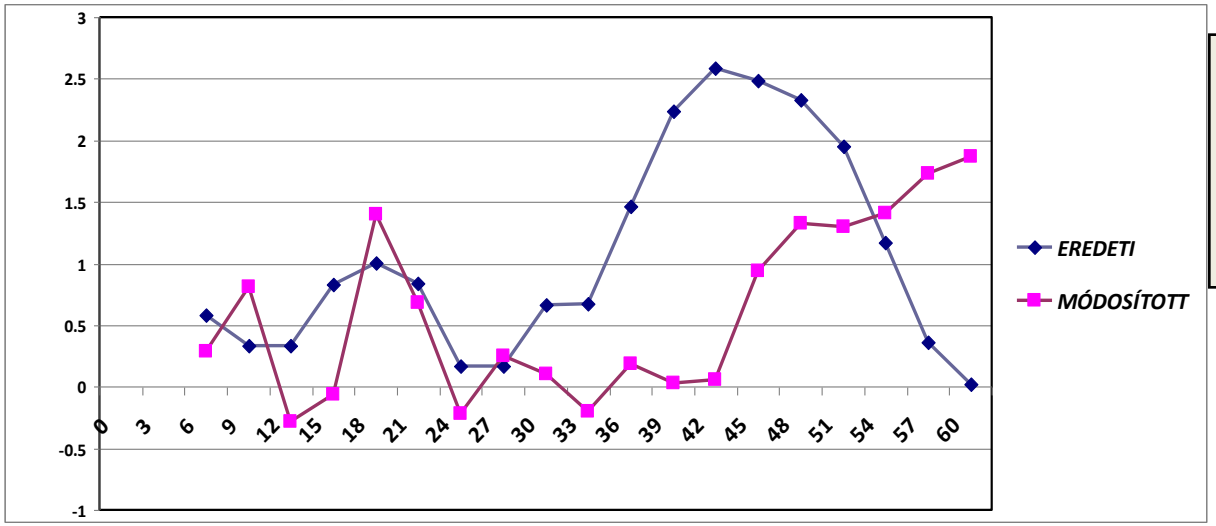
Érzékenységvizsgálat
WRF (2005.01.09. 12 UTC + 60h)

Központi légnyomás



A szubtrópusi nedvesség hiánya itt is az intenzív mélyülés első felében érezteti hatását!

NDRc-paraméter 6 órás tendenciákból



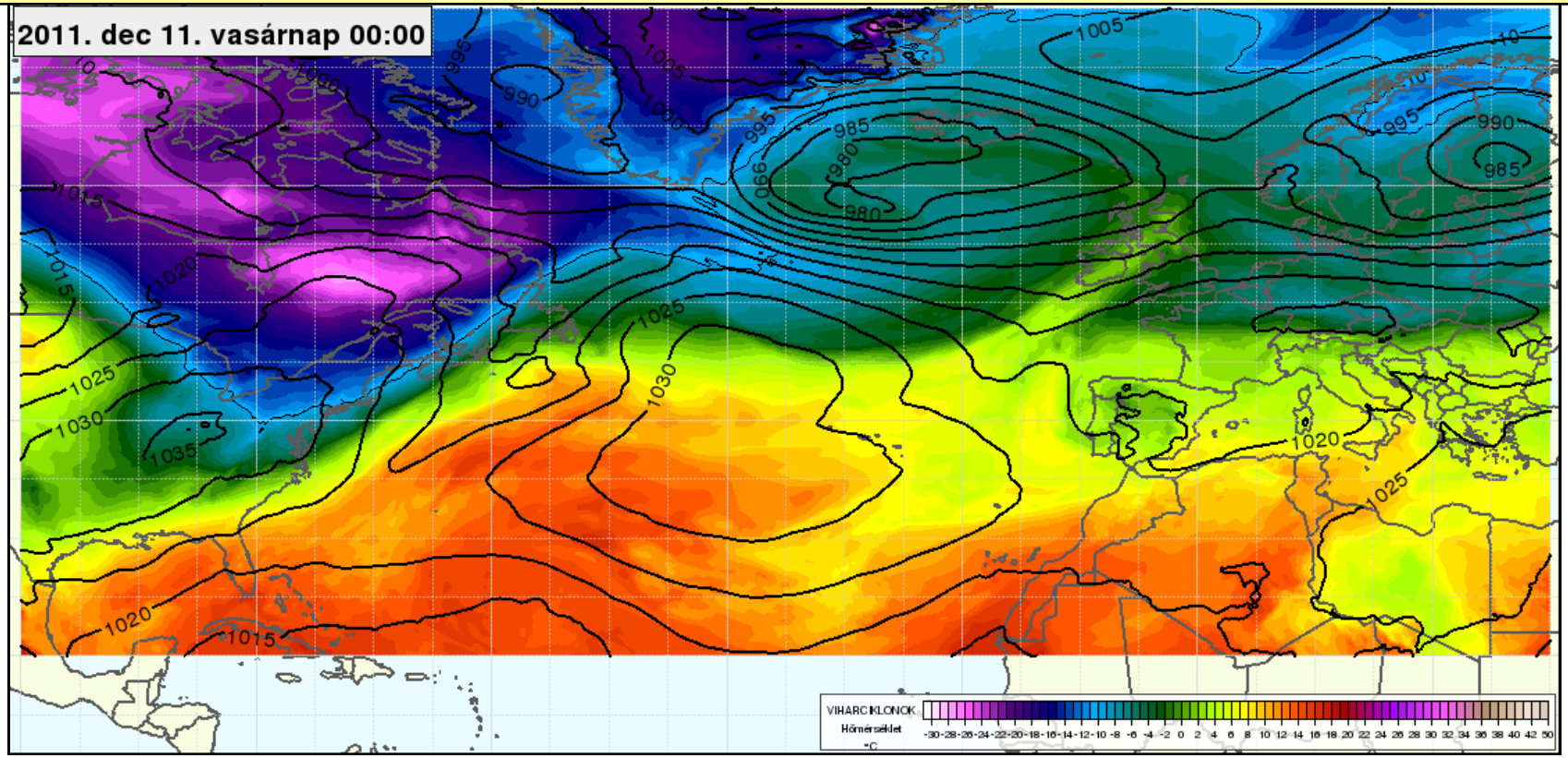
Komoly szerepet játszik, hogy milyen légtömegekből keletkezik a ciklon.

Hergen (2011. december)

Kialakulása: hosszan elnyúló frontrendszer okklúziós pontja

(ennek ellenére)
Tipikus A-típusú ciklogenezis

850 hPa hőmérséklet és tengerszinti légnyomás



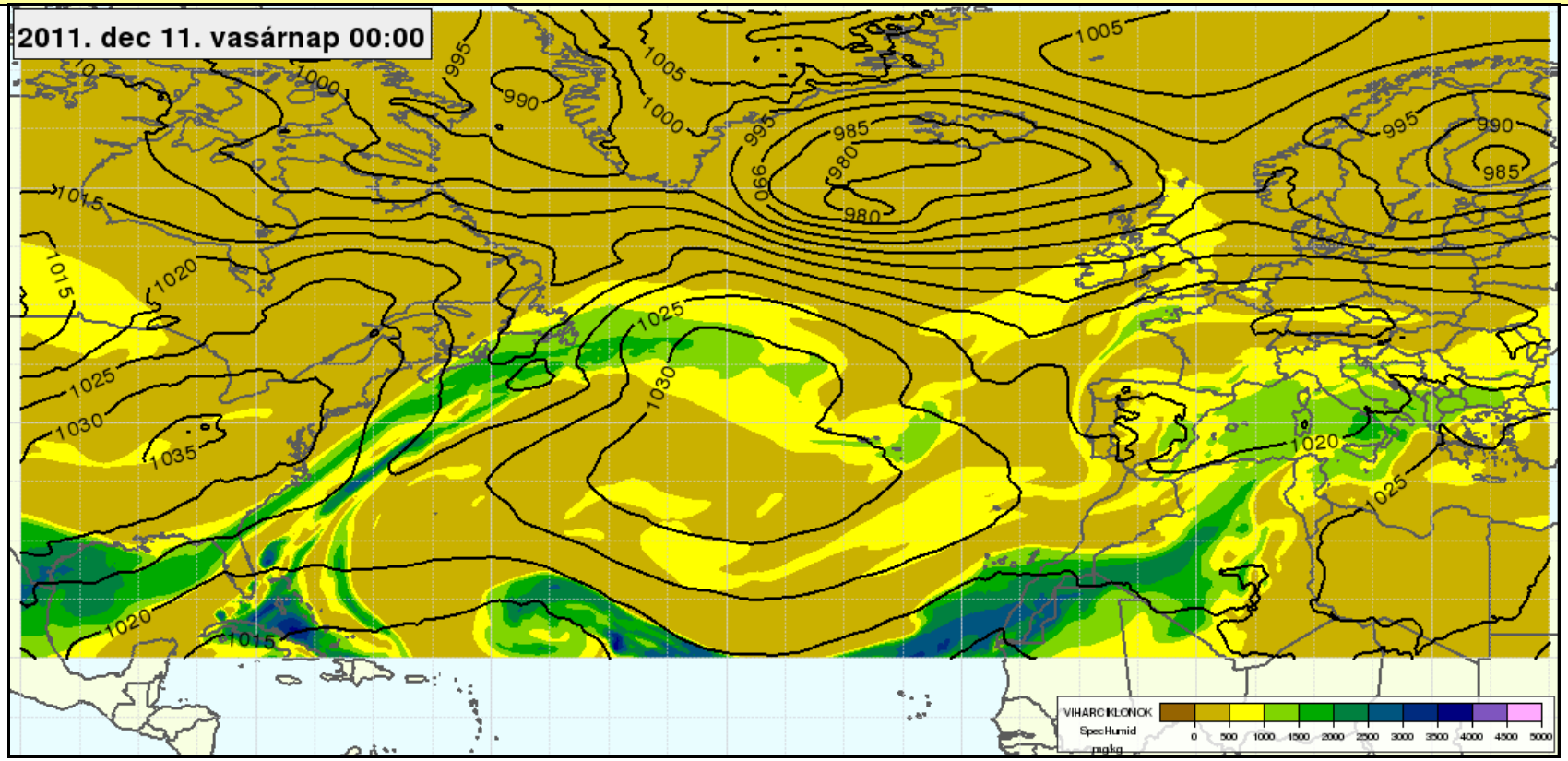
Az érett viharciklon-állapotban a maximális nyomásgradiensű területek az okklúzió mögött helyezkednek el.

Hergen (2011. december)

Kialakulása: hosszan elnyúló frontrendszer okklúziós pontja

(ennek ellenére)
Tipikus A-típusú ciklogenezis

500 hPa specifikus nedvesség és tengerszinti légnyomás

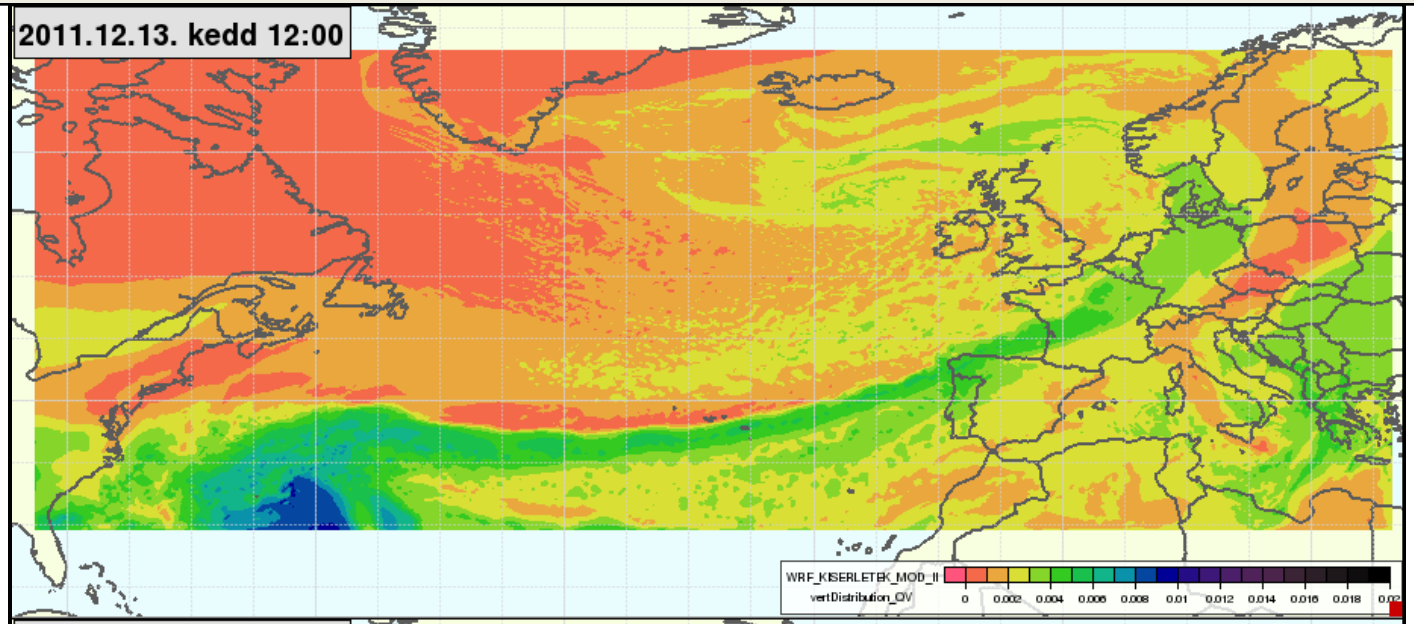


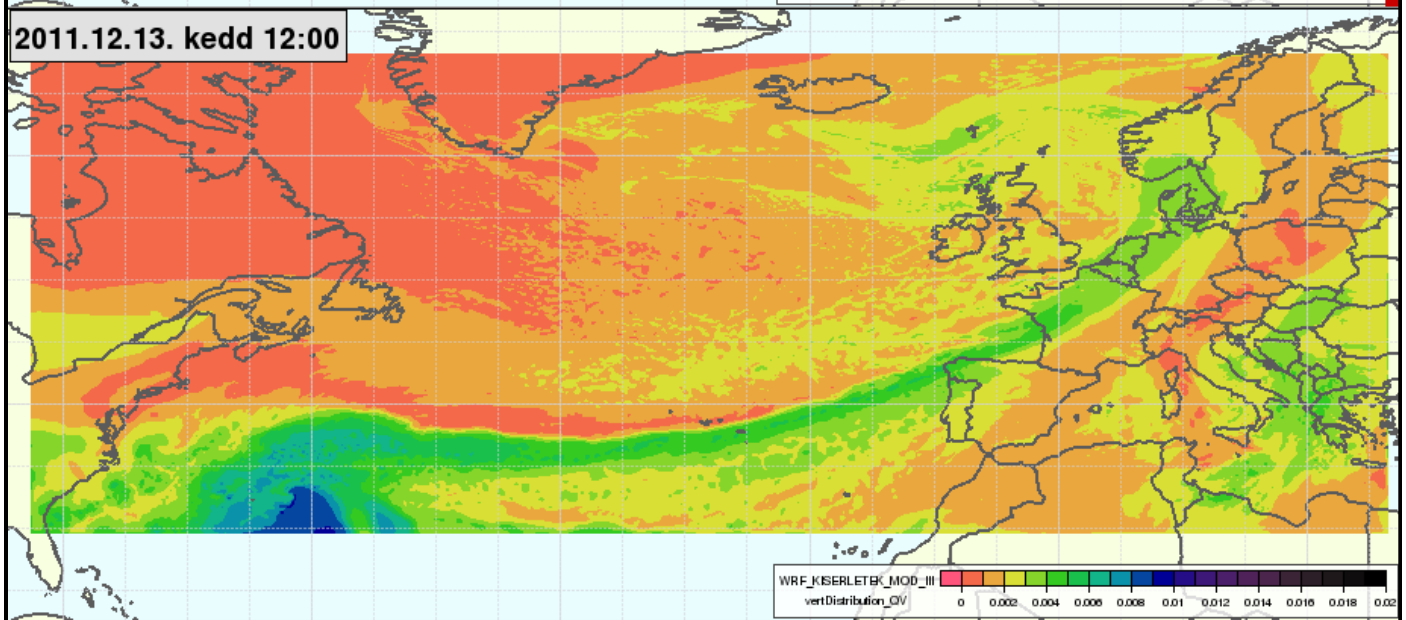
Kevés nedvesség, többszörös okkludáció, szállítószalag többszörösen felcsavarodott

Trópusi interakció szerepe kicsi, inkább a baroklin instabilitás szokatlanul erős?

Szubtrópusi szállítószalag viselkedése
WRF (2011.12.11. 00 UTC + 60h)

MÓDOSÍTATLAN

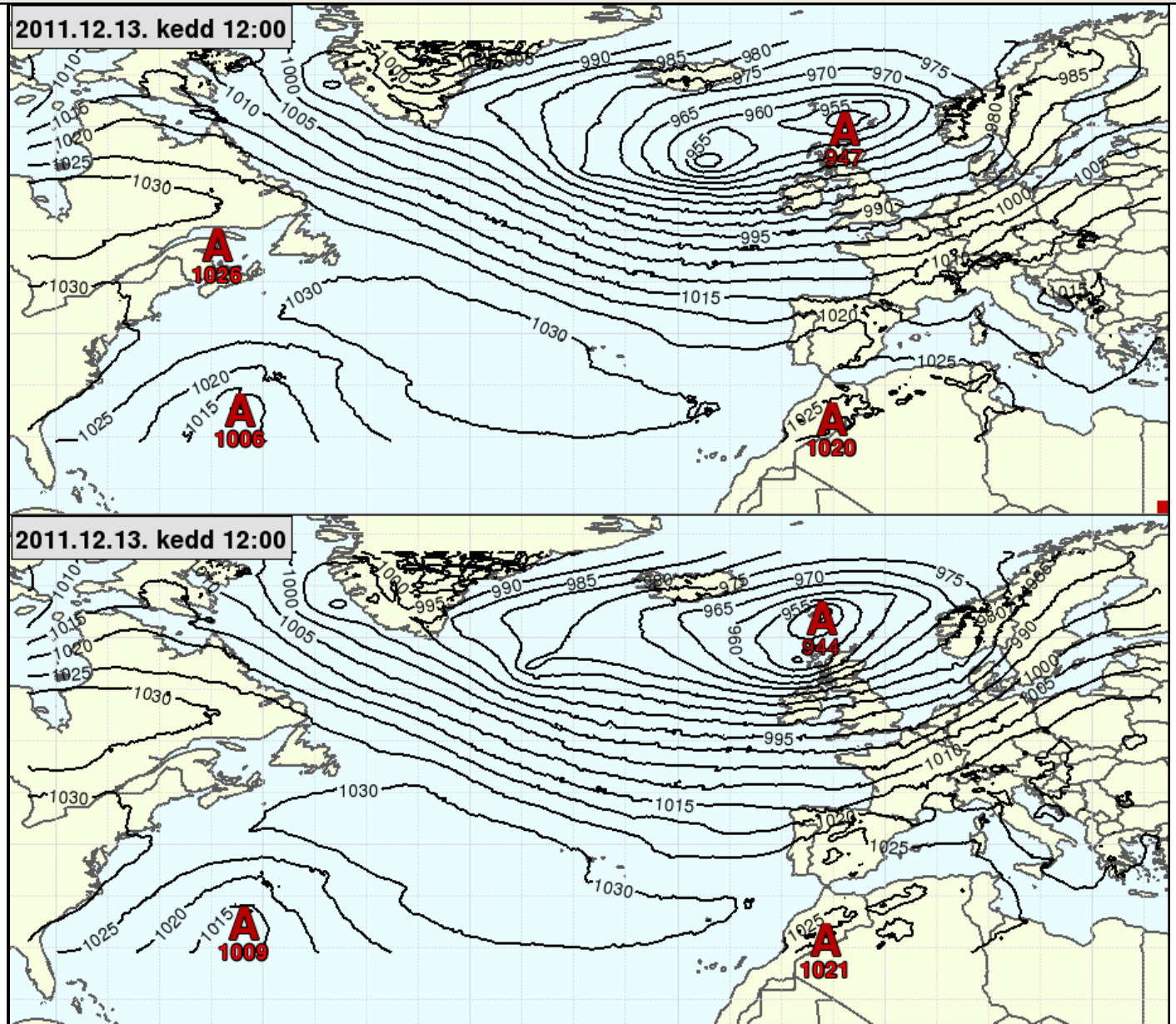




MÓDOSÍTOTT

Érzékenységvizsgálat – tengerszinti légnyomás WRF (2011.12.11. 00 UTC + 60h)

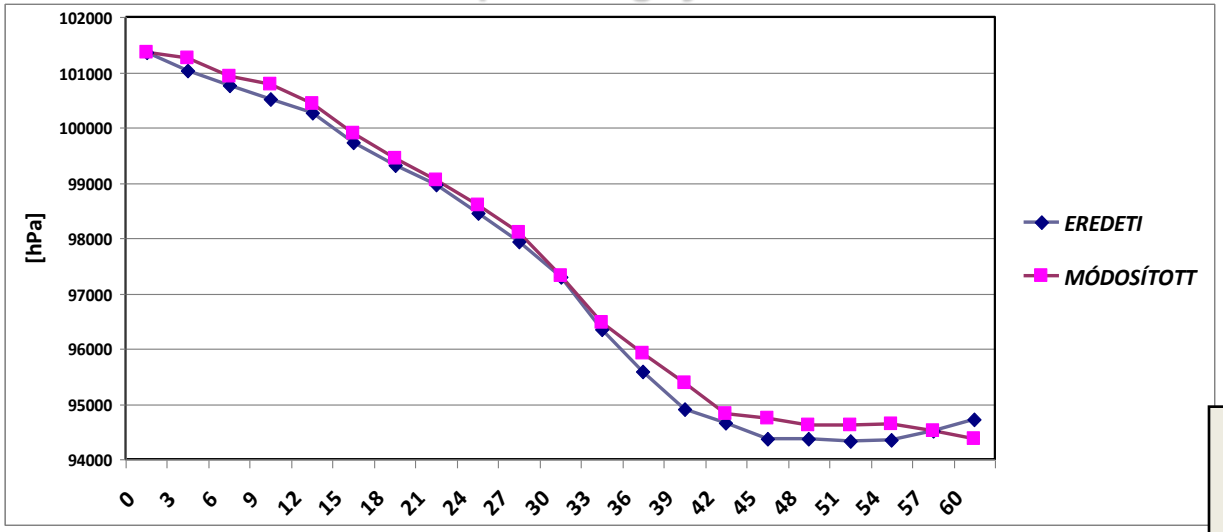
MÓDOSÍTATLAN



MÓDOSÍTOTT

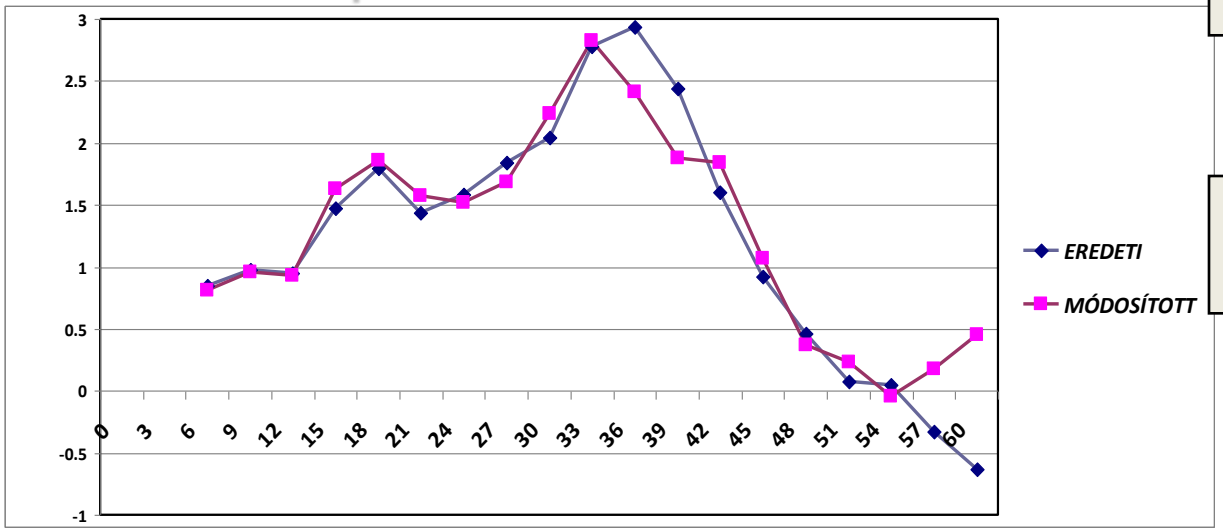
Érzékenységvizsgálat
WRF (2011.12.11. 00 UTC + 60h)

Központi légnyomás



A kevés szubtrópusi nedvesség későn jutott be a ciklonba.

NDRc-paraméter 6 órás tendenciákból



Északon lezajló, de erős dinamikai kényszerekkel hajtott ciklogenezis is eredményezhet viharciklont.

A ciklon struktúrája viszont más!

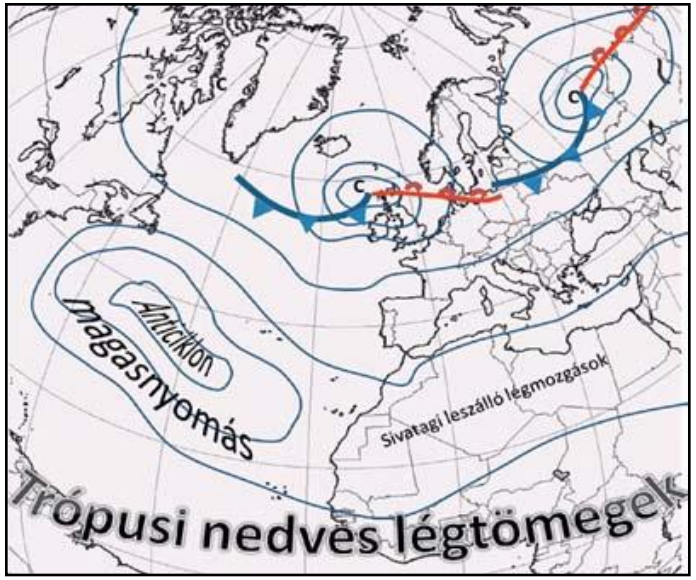
Konklúzió

Az esettanulmányok alapján:

- A szokásosnál intenzívebb ciklogenezishez az esetek nagyobb részében **nem elegendő a Rossby-öv nedvessége!**
  (Quimburga, Joachim, Klaus, Gero, Carmen, Xaver)

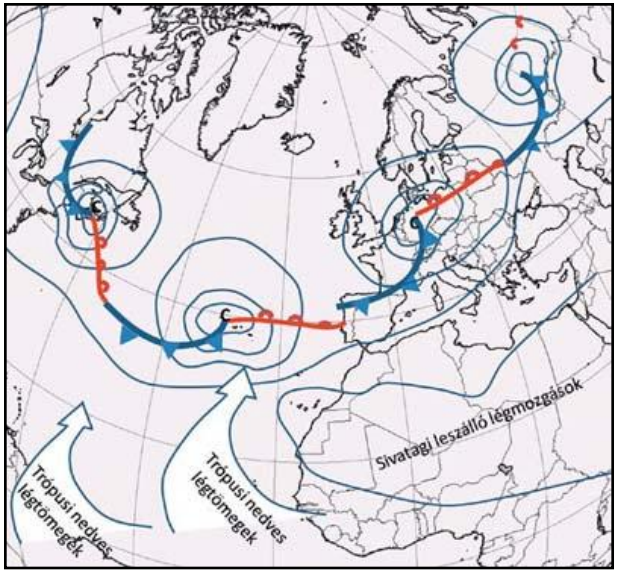
- A viharciklon állapot elérése függ attól, hogy **milyen légtömegből indult el a ciklonfejlődés.**

- Azok a viharciklonok, amelyek kizárólag a Rossby-övből nyerték energiájukat, **hosszabb élettartamúak, nagyobbak és könnyebben előrejelezhetőek.**
  (Hergen, Kyrill)



A viharciklonok előfordulási esélye a

globális léptékű cirkulációs állapottól függhet.



Köszönjük a figyelmet!