

A LÉGKÖRBEEN HATÓ ERŐK, EGYENSÚLYI MOZGÁSOK A LÉGKÖRBEEN

- Egy testre ható erő a más testekkel való kölcsönhatás mértékére jellemző fizikai mennyiség.

A légkörben ható erők

- Külső erők:
 - A Föld tömegéből következő **gravitációs erő**
 - A Föld forgásából származó **Coriolis erő**
- Belső erők:
 - Egyenlőtlen légnyomás-eloszlásból származó **nyomási gradiens erő**
 - Belső és külső súrlódásból származó **súrlódási erő**
 - Görbült mozgások miatt fellépő **centrifugális erő**

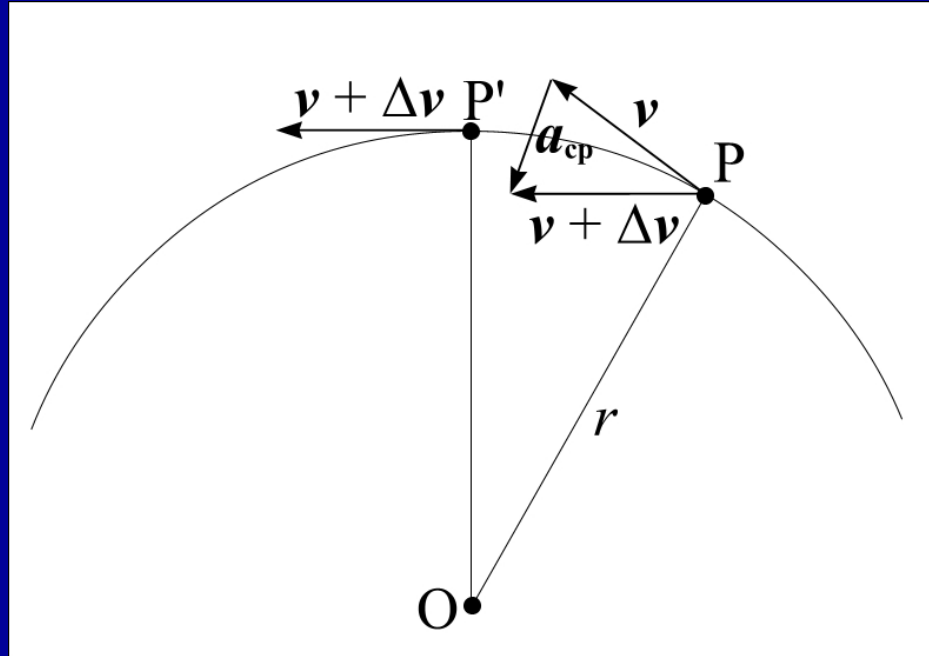
Gravitációs erő

- Bármely két test között vonzó erő hat,

$$F_g = \gamma \frac{m M}{R^2}$$

- γ : gravitációs állandó ($6,67 \cdot 10^{-11}$ N m²/kg²)
- M : a Föld tömege ($6 \cdot 10^{24}$ kg)
- Ha a Föld felszínéhez elég közel vagyunk:
- $F_g = m g$, ahol $g = \gamma \frac{M}{R_F^2}$

Centripetális erő

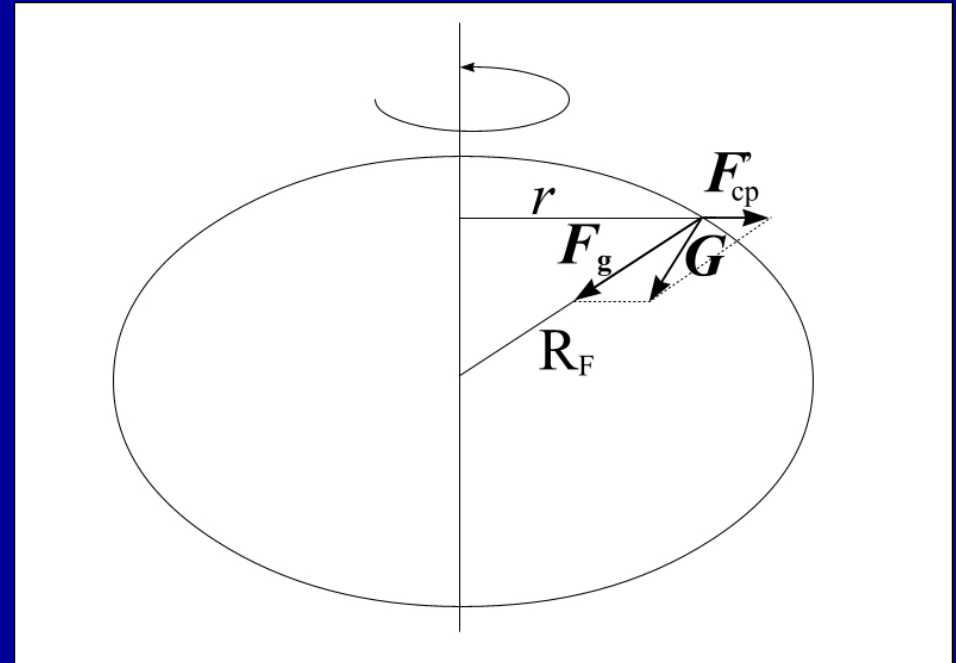


$$F_{cp} = m \omega^2 r$$

- Forgó testek esetén lép fel
- Ellenereje: centrifugális erő

Nehézségi erő

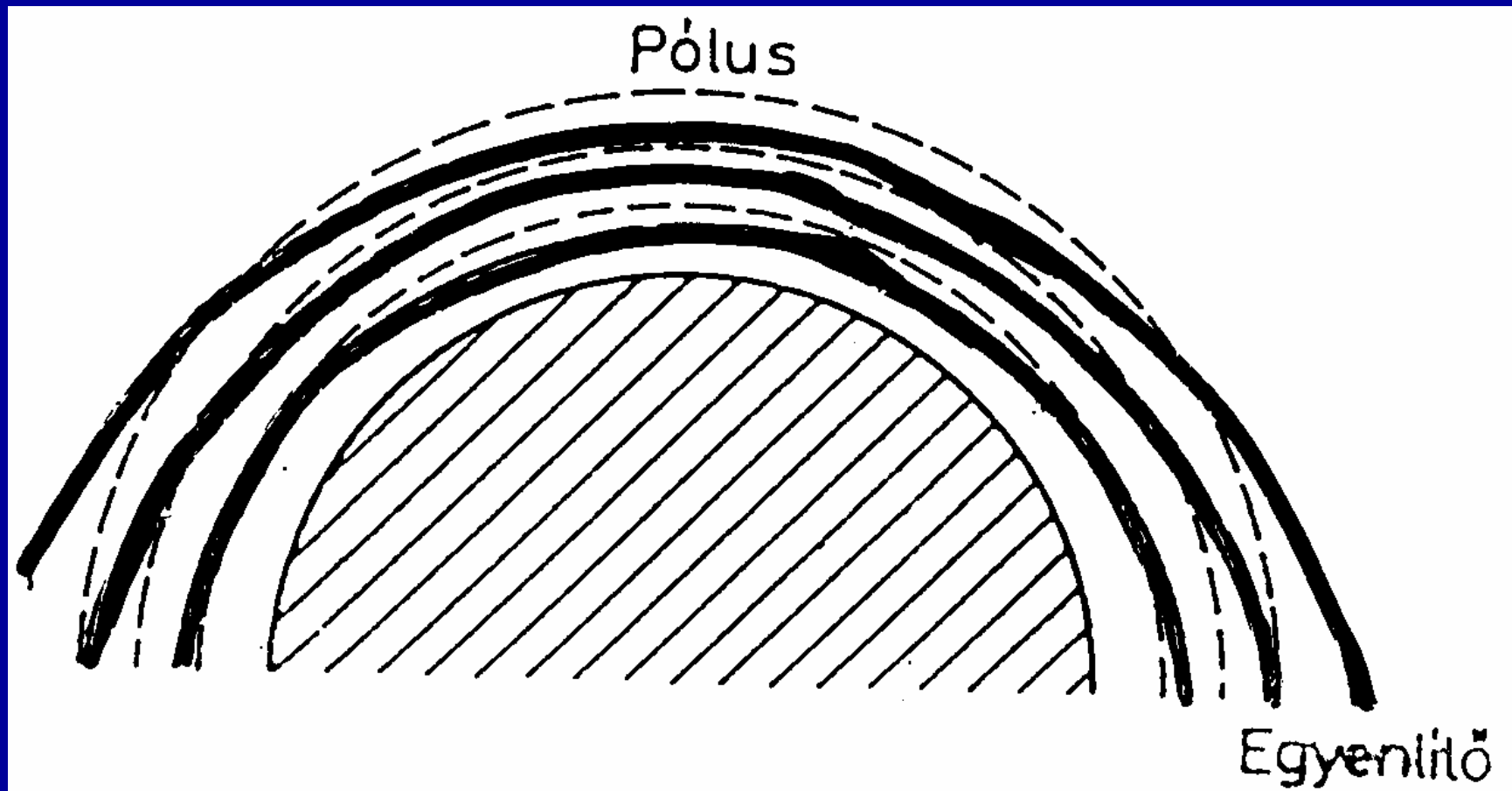
- A gravitációs és a centrifugális erő eredője
- Sarkokon a legnagyobb, Egyenlítőn a legkisebb
- A földfelszínre merőleges
- $g = 9.81 \text{ ms}^{-2}$ a 45° szélességen
- Köv.: a Föld geoid alakja



- Geopotenciál: a tömeg egység z magasságba való emelésekor a nehézségi erővel szemben végzett munka. (tengerszinten $\Phi=0$)

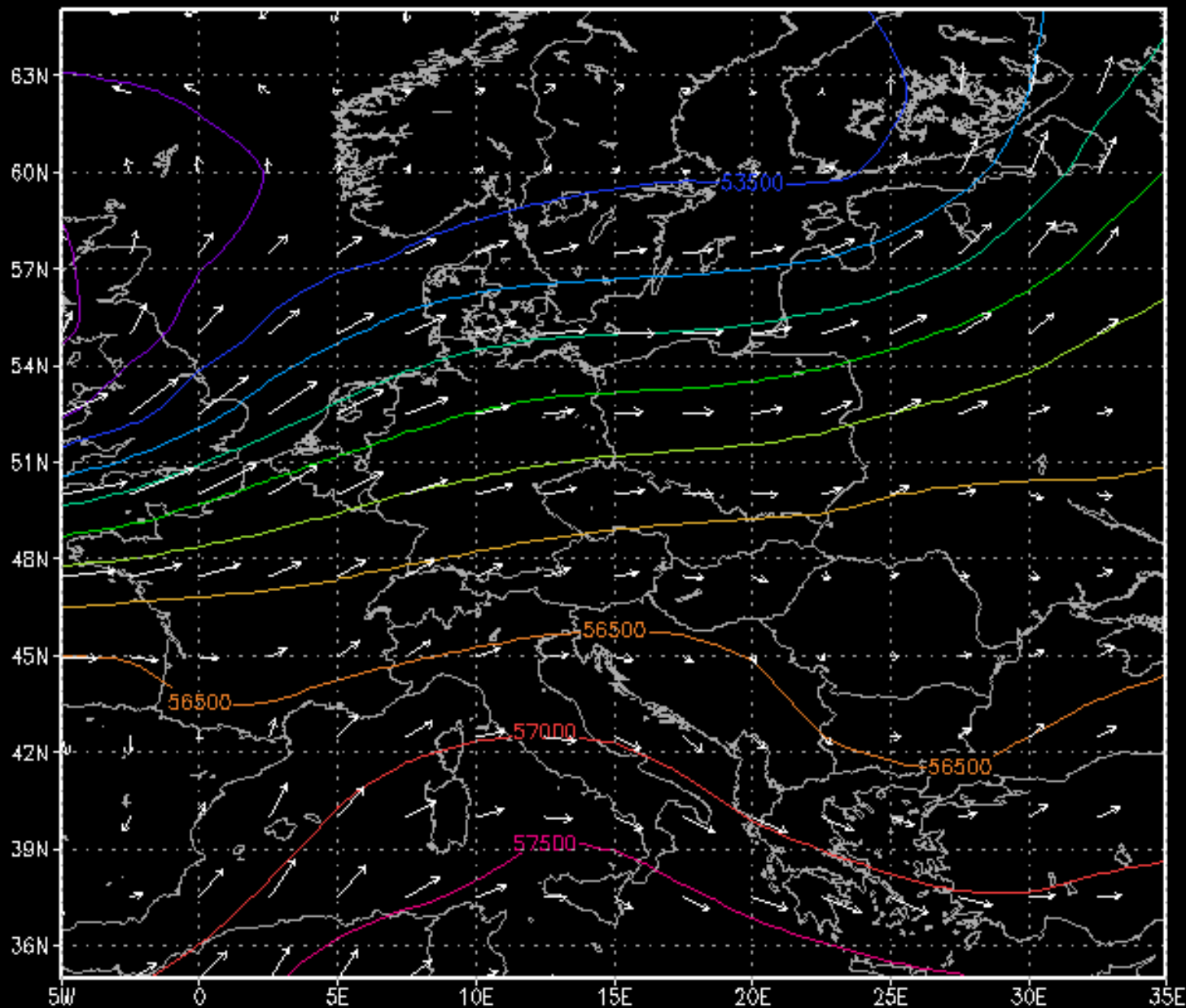
$$\Phi_z = \int_0^z g dz$$

- Mértékegysége: geopotenciális méter (gpm).
- Geopotenciális felület: azonos geopotenciálú pontok alkotta felület (ekvipotenciális felület)



Azonos magasságú felületek és ekvipotenciális felületek meridionális metszete

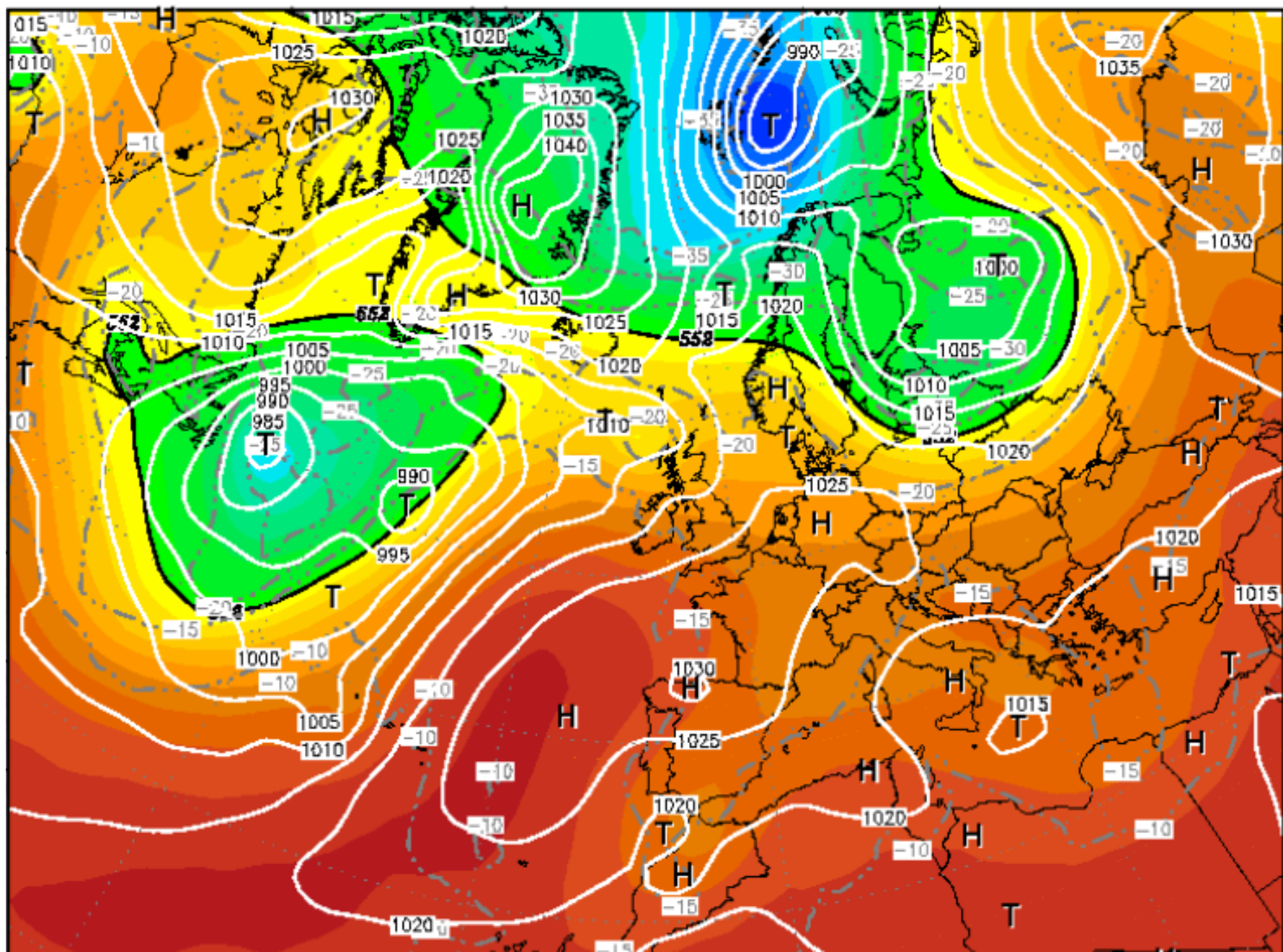
500 hPa geopotential, u, v



Init : Sat,06OCT2007 06Z

Valid: Tue,09OCT2007 06Z

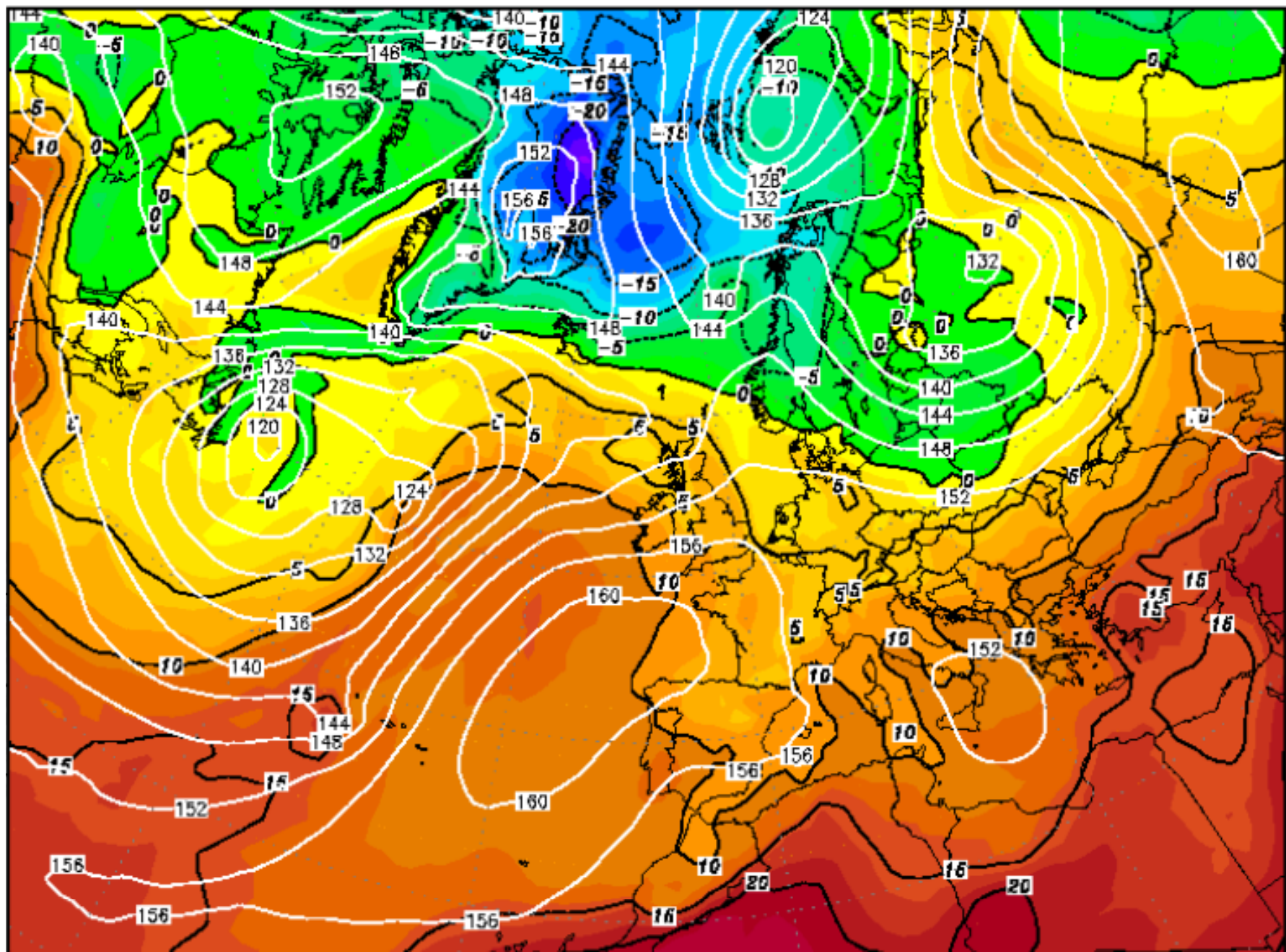
500 hPa Geopot.(gpm), T (C) und Bodendr. (hPa)



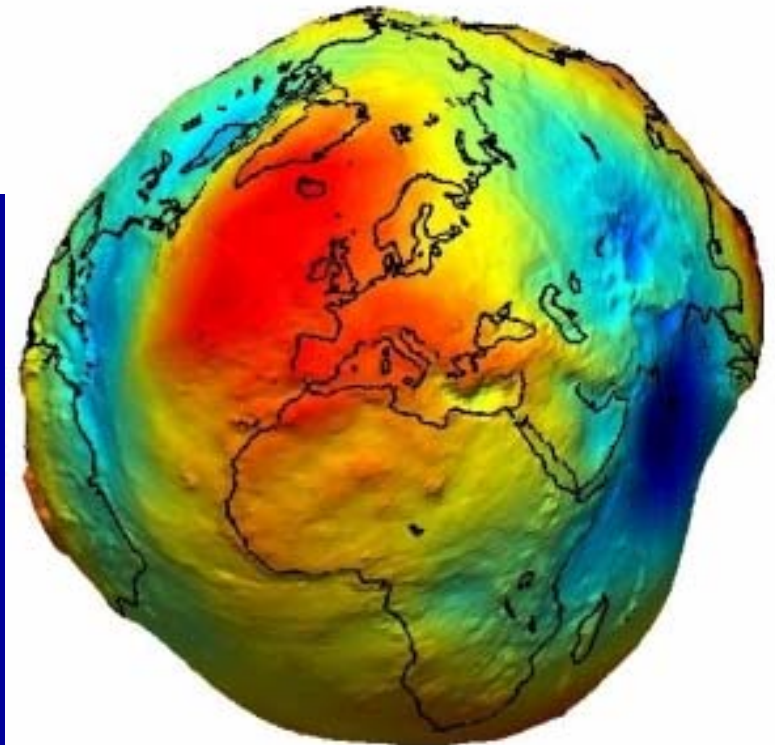
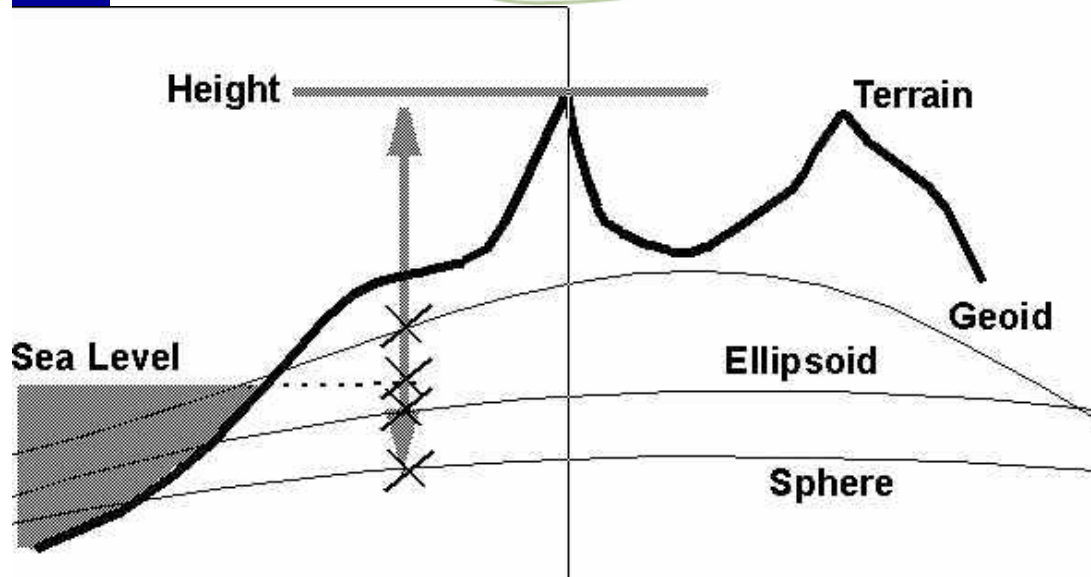
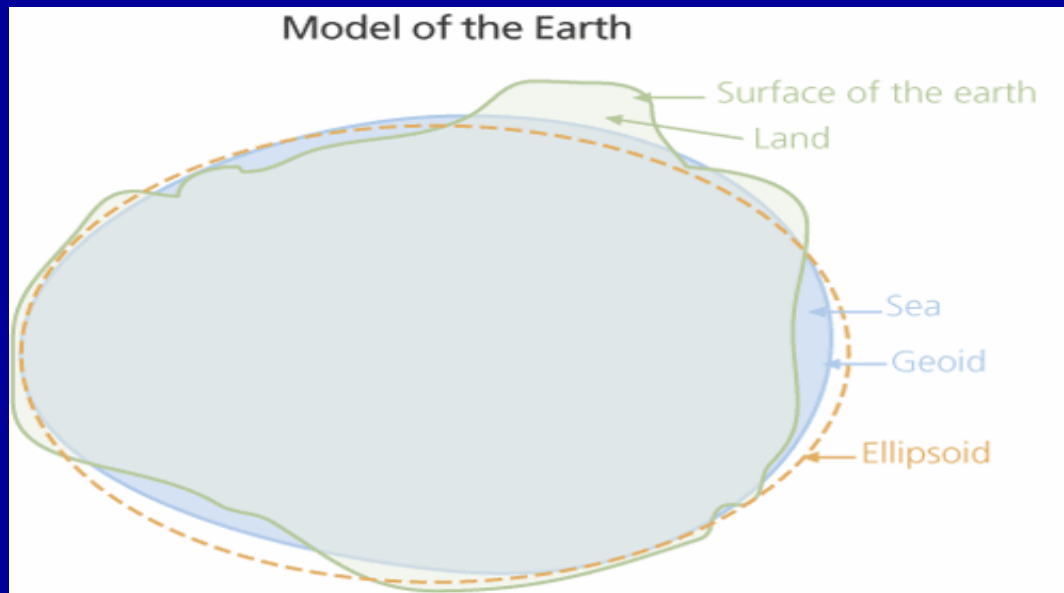
Init : Sat,06OCT2007 06Z

Valid: Tue,09OCT2007 06Z

850 hPa Geopot. (gpdm) und Temperatur (Grad C)



Geoid



Geostacionárius műholdak

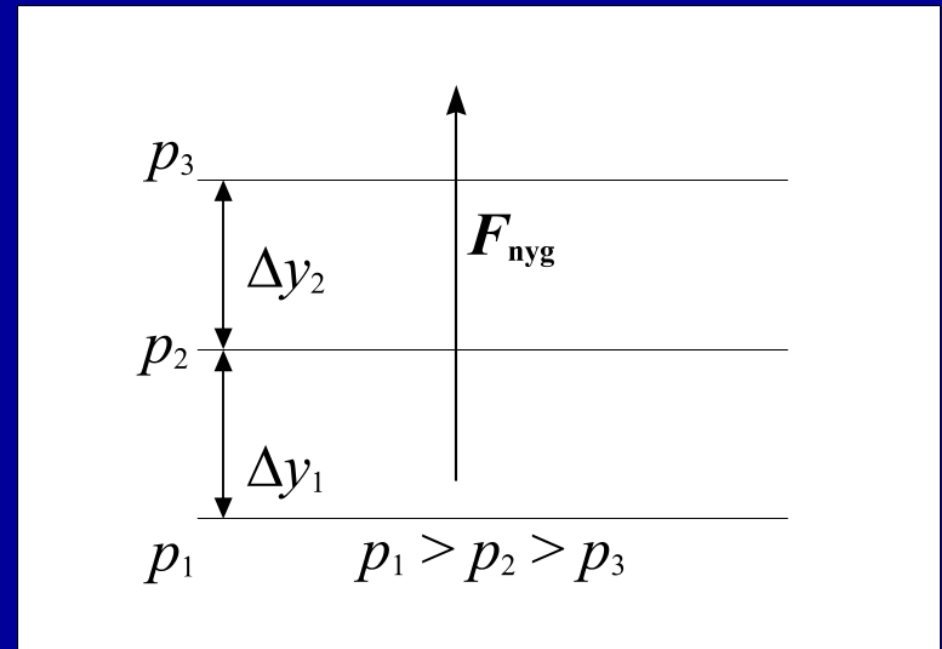
- Állandóan a Föld egy adott pontja felett tartózkodnak
 - Egyenlítő síkjában (itt esik egy egyenesbe a centripetális és a gravitációs erő)
 - Kérdés: milyen magas pályára kell juttatni egy műholdat, hogy együtt foroghasson a Földdel?
 - $m \Omega^2 R = \gamma \frac{m M}{R^2} \rightarrow R \approx 42229 \text{ km}$

Geostationary satellite



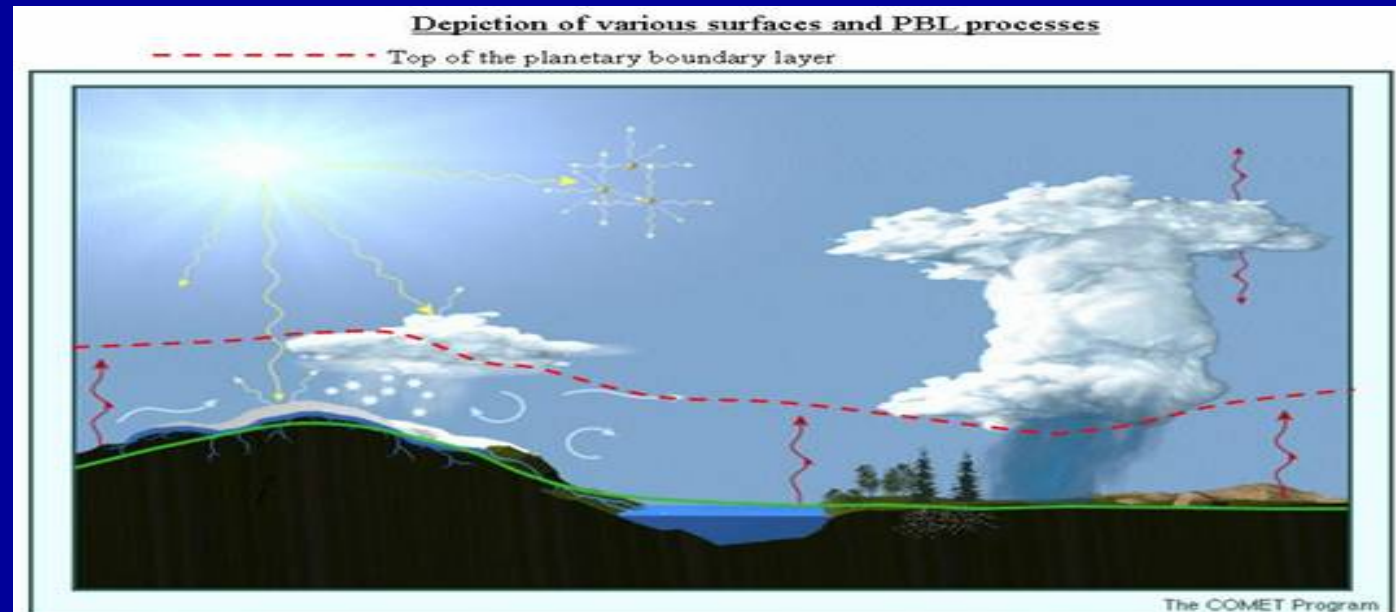
Nyomási gradiens erő

- A nyomáskülönbség hatására fellépő erő
- Merőleges az izobárokra
- A magasabb nyomású terület felől az alacsonyabb nyomású terület felé mutat
- $F_{\text{pgrad}} = -\frac{\Delta p}{\Delta y}$, ha az izobárok merőlegesek az y koordináta-tengelyre



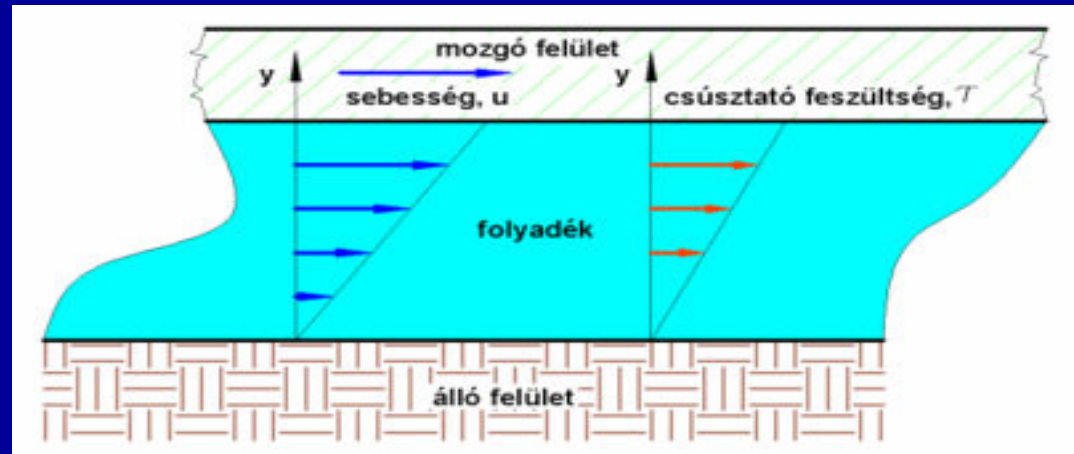
Súrlódási erő

- A súrlódás a mozgás irányával ellentétesen hat.
- Planetáris határréteg:
 - a talajhoz közeli légréteg, melyben a súrlódás hatása jelentős
 - vastagsága kb. 1-2 km

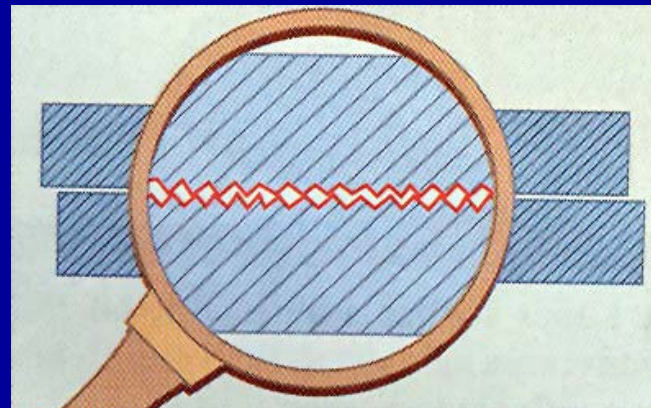


Súrlódási erő

- Belső súrlódás (viszkozitás):



- Külső súrlódás:



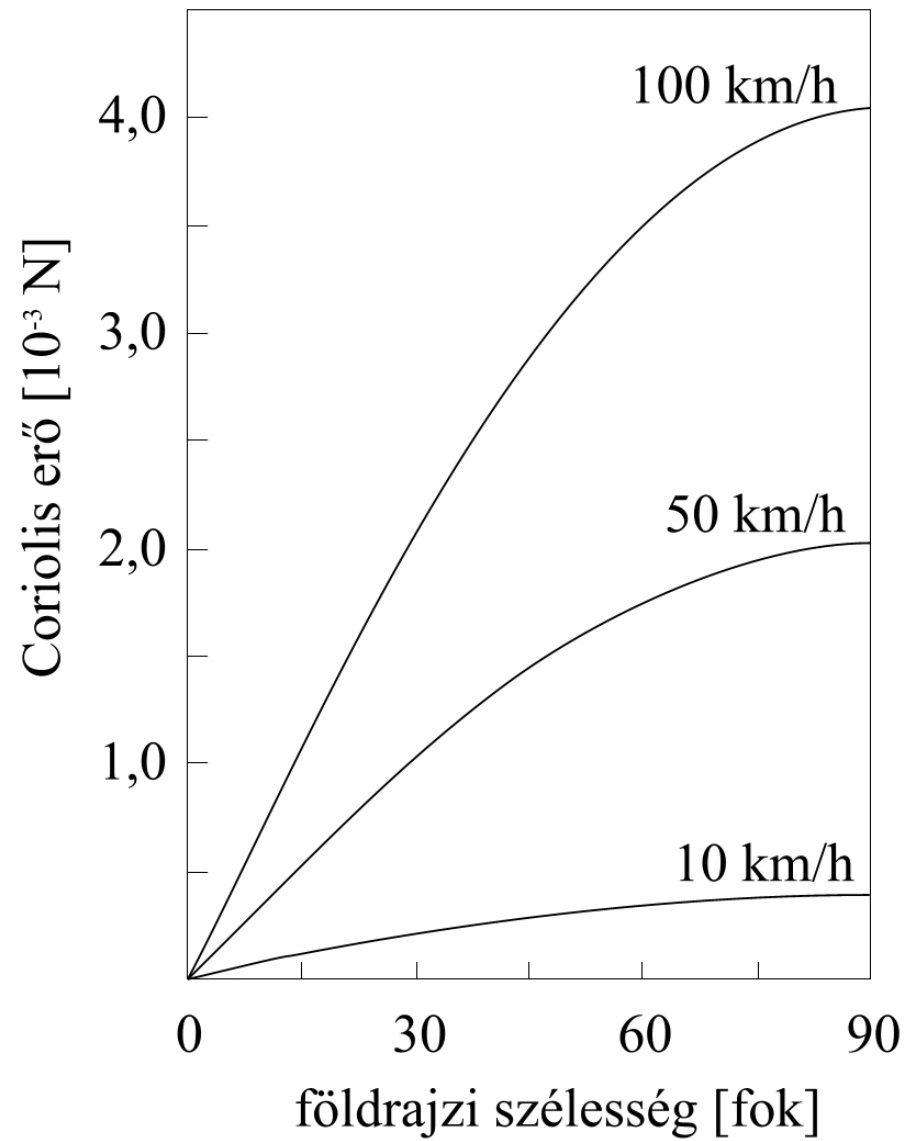
Coriolis erő

- A Coriolis-erő az egyenletes szögsebességgel forgó koordinátarendszerekben ható fiktív (tehetetlenségi) erő

- Csak mozgó testekre hat.

$$\vec{F}_{cor.} = -2m_{lev}(\omega \times v)$$

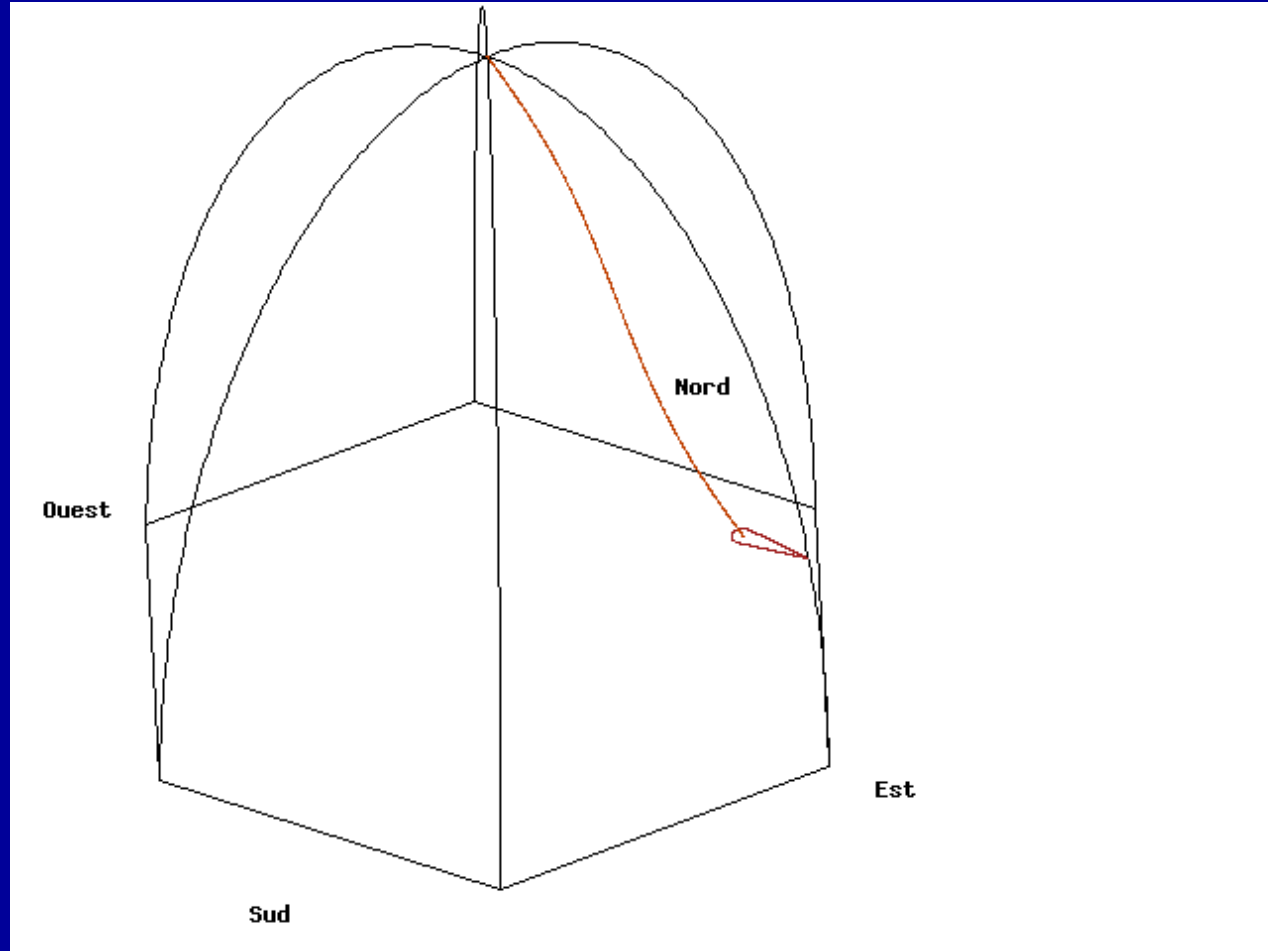
- Iránya a sebességre merőleges, ezért eltérítő erő.
- A földi mozgásokat az északi félgömbön mindig jobbra, a délin balra téríti el.

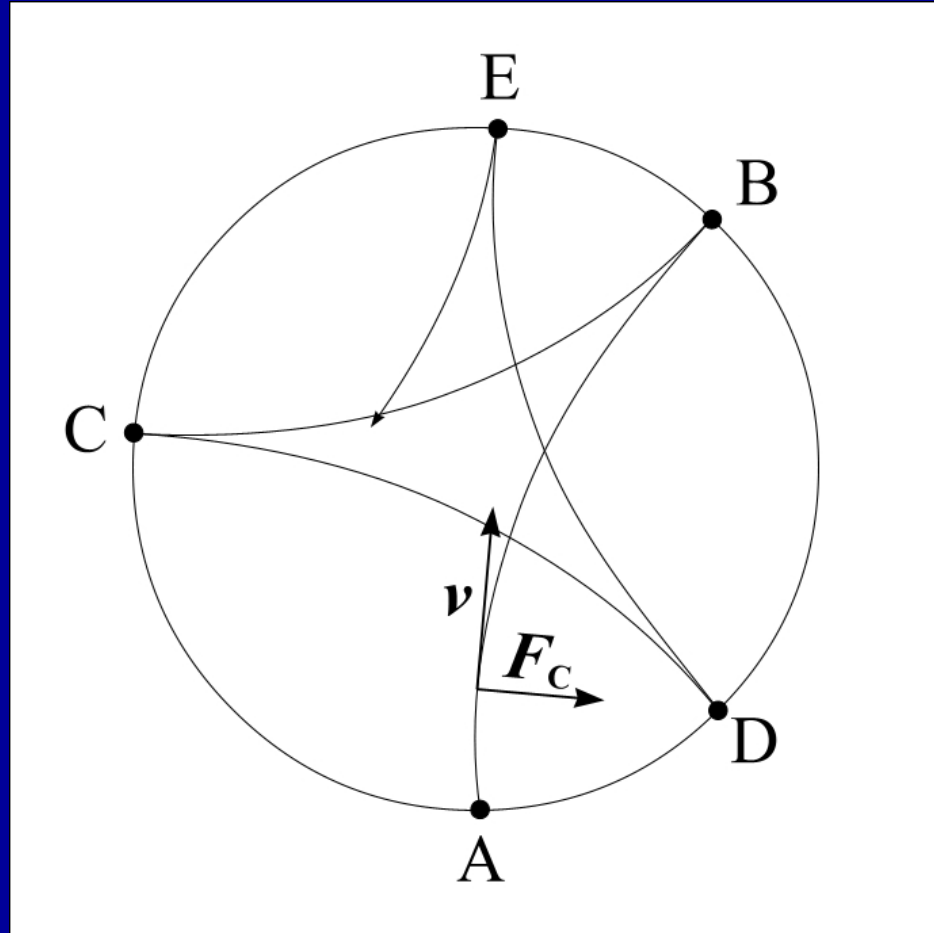


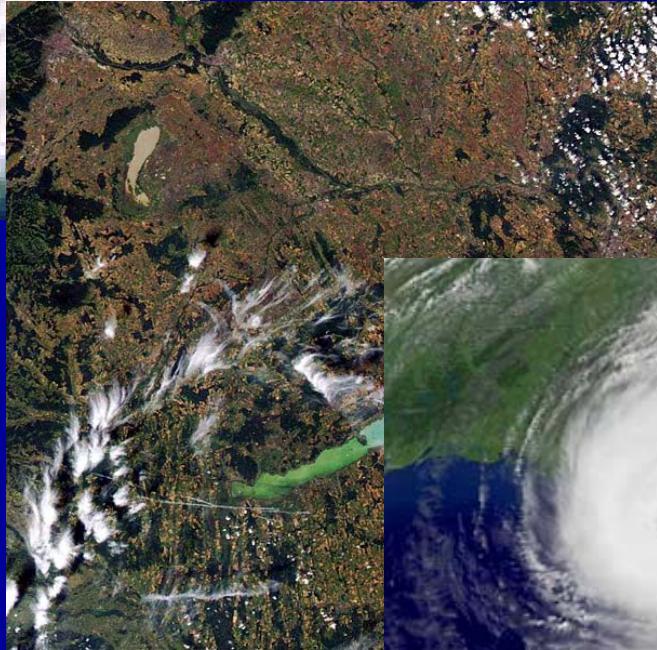
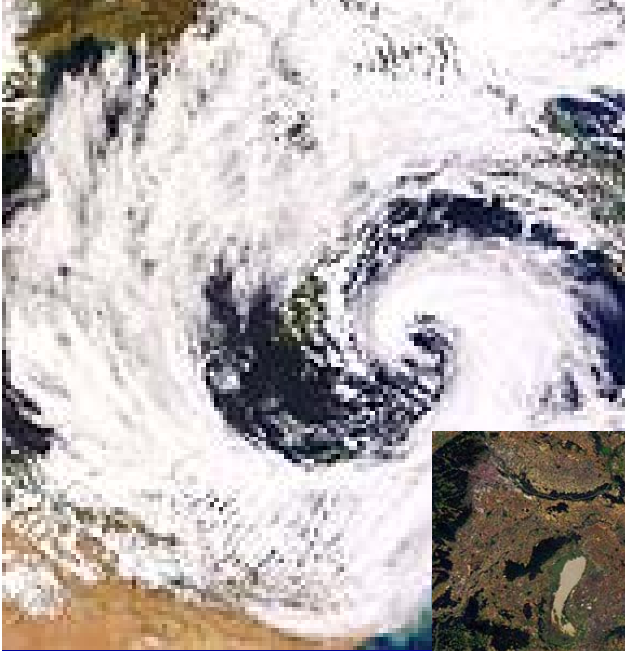
A Coriolis-hatás megfigyelése

- Foucault-inga
- Falklandi céltévesztés (1915)
- A nagy folyók aszimmetrikus partmosása
- Ciklonok, anticiklonok
- Trópusi ciklonok (hurrikánok)

Foucault-inga

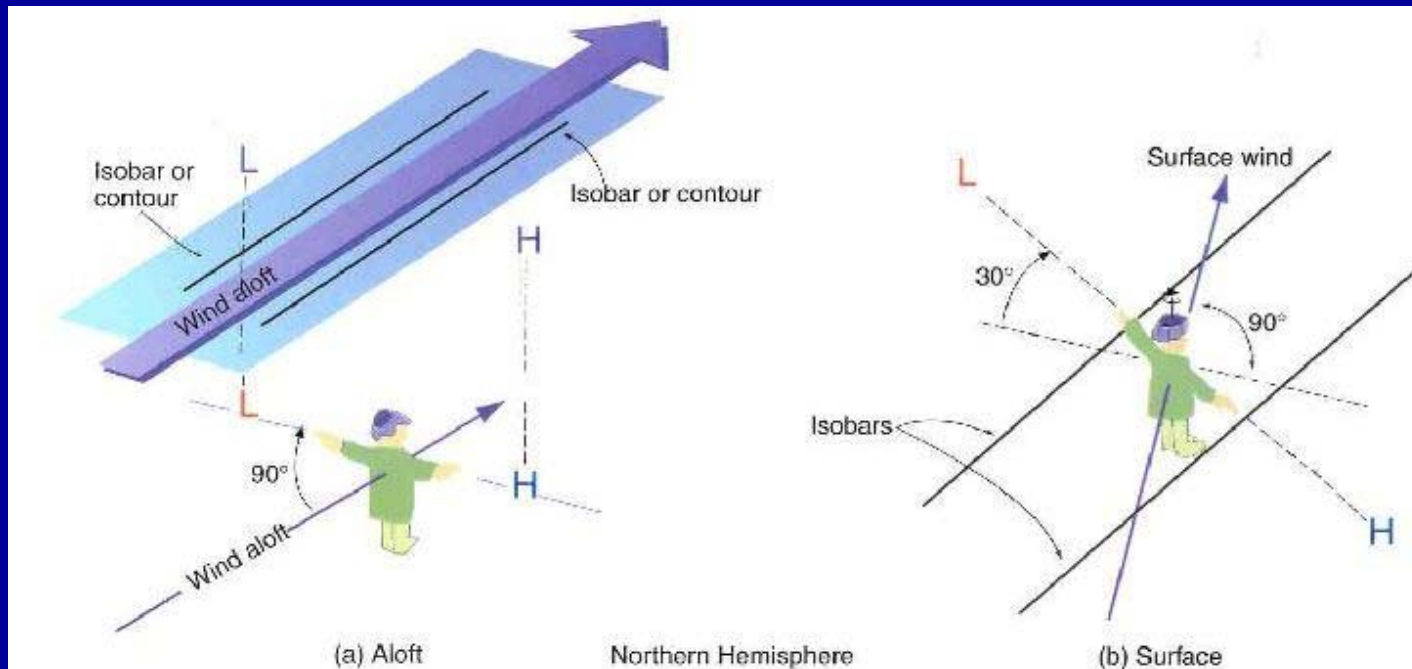






Buys-Ballot széltörvény

- A szelek az izobárokkal párhuzamosan fújnak
- A szélnek háttal állva, az északi féltekén az alacsonyabb nyomású terület bal kéz felé helyezkedik el.



- Le Chatelier (1850-1936) elv → Azok a fizikai rendszerek, amelyekre egyidejűleg több erő hat, általában olyan állapotok elérésére törekszenek, amelyekben a hatóerők egymással egyensúlyt tartanak.

Melyek a domináns erők?

	alacsony szélességek	közepes és magas szélességek
szabad légkör	nyomási gradiens erő	nyomási gradiens erő, Coriolis-erő
planetáris határréteg	nyomási gradiens erő, súrlódási erő	nyomási gradiens erő, Coriolis-erő, súrlódási erő

Egyensúlyi mozgások a légkörben

- Antitriptikus
- Geosztrofikus
- Gradiens
- Ciklosztrofikus
- Inerciális

Euler-féle áramlás

- Alacsony szélességek, szabad légkör
- Nem egyensúlyi áramlás, mert csak 1 erő hat (a nyomási gradiens erő)

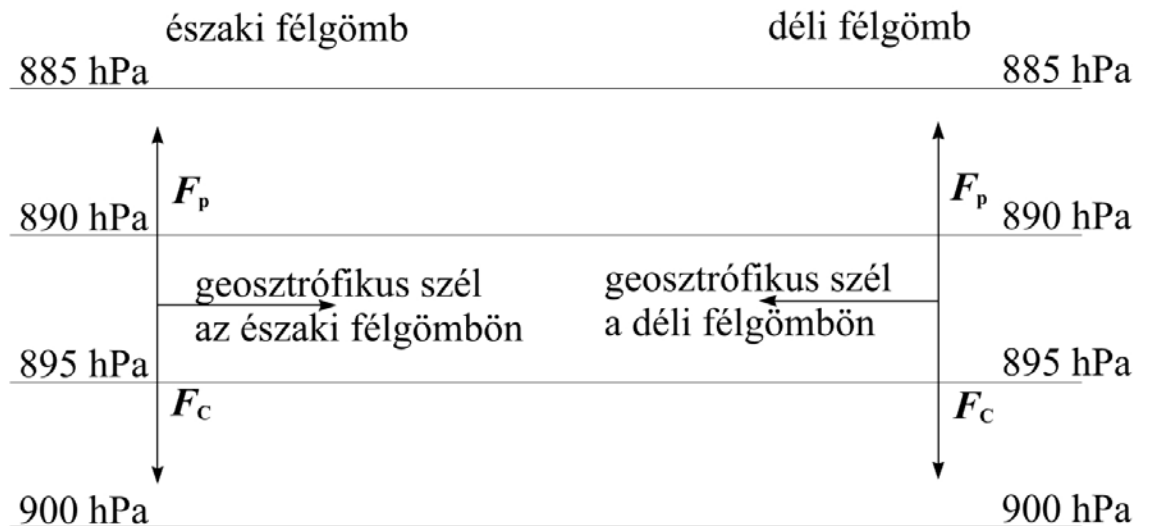
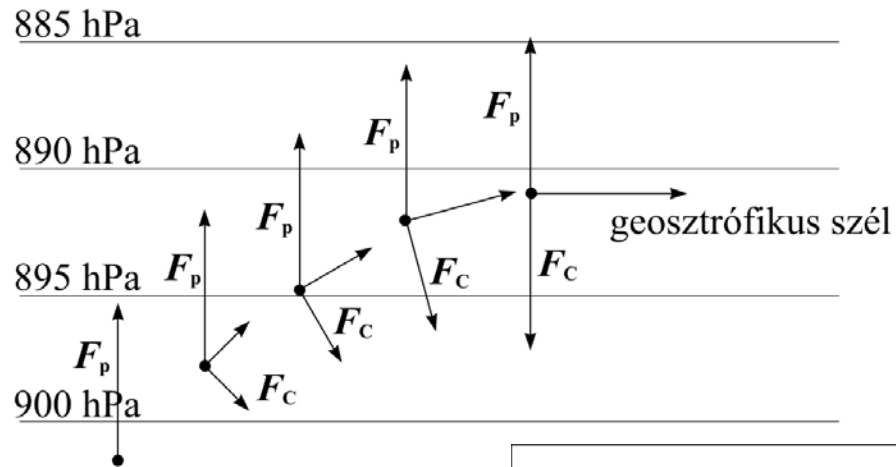
Antitriptikus áramlás

- Alacsony szélességek
- Planetáris határreteg
- A nyomási gradiens erő a súrlódási erővel tart egyensúlyt

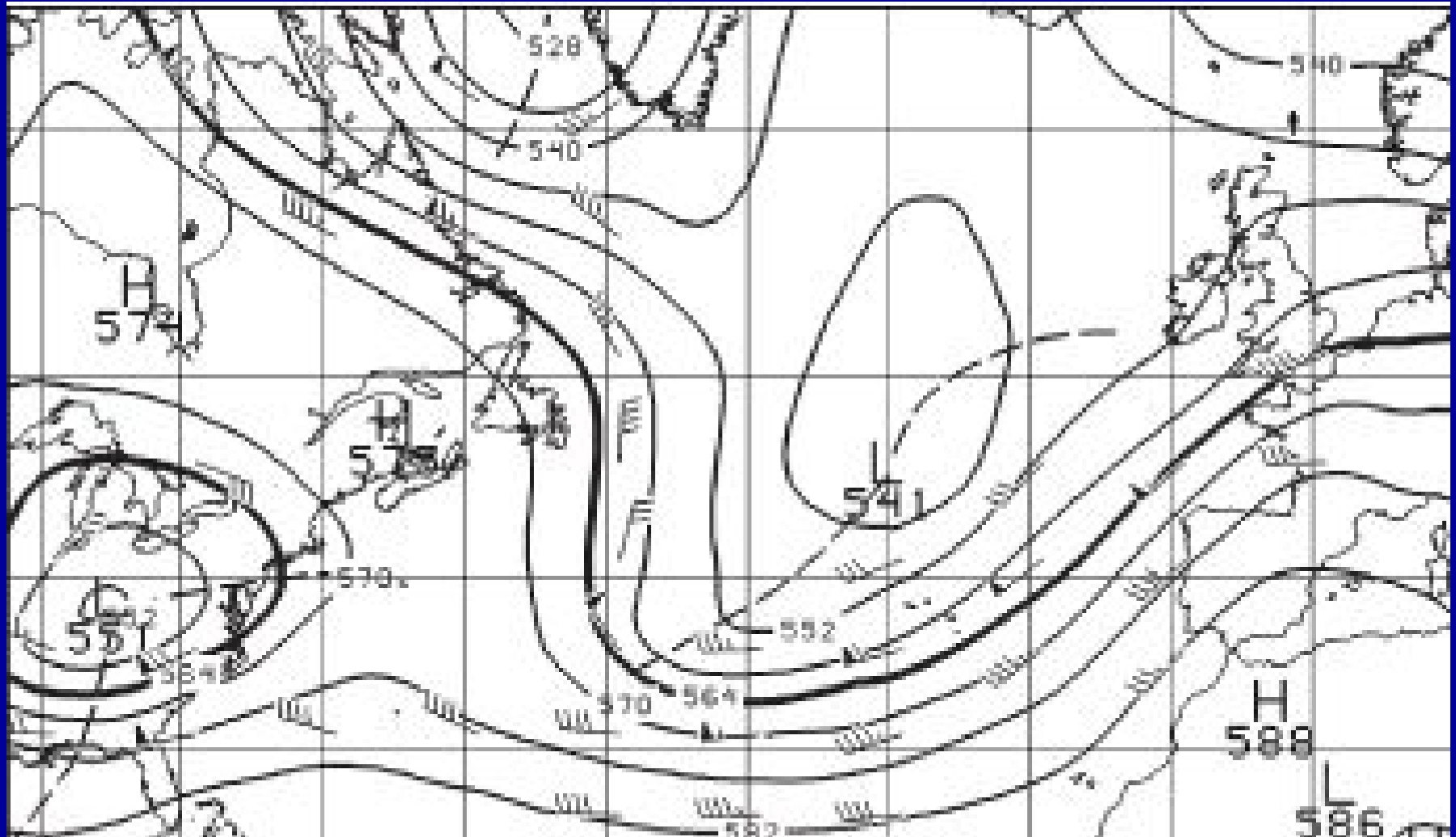
Geosztrofikus áramlás

- Közepes és magas szélességek
- Az izobárok \parallel -ak, és az áramlás \parallel az izobárokkal (Buys-Ballot)
- Coriolis erő tart egyensúlyt a nyomási gradiens erővel

Geosztrofikus szél



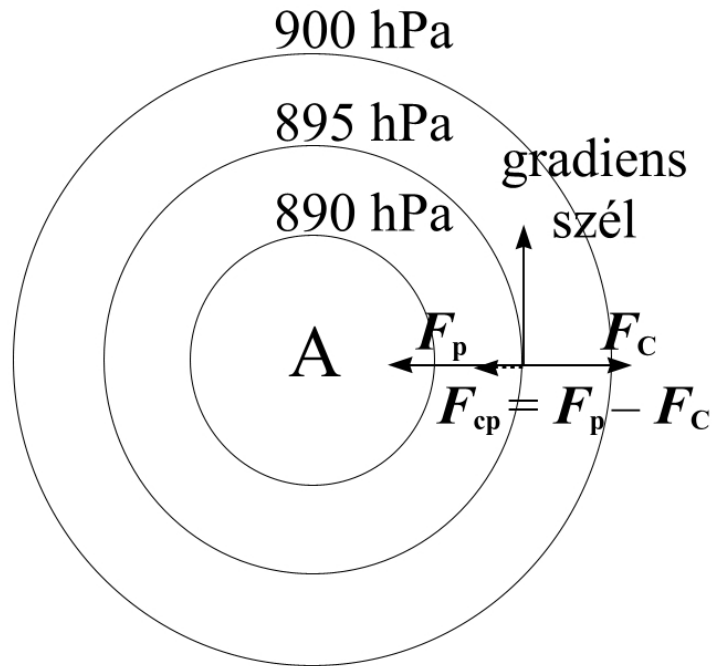
Geosztrofikus szél



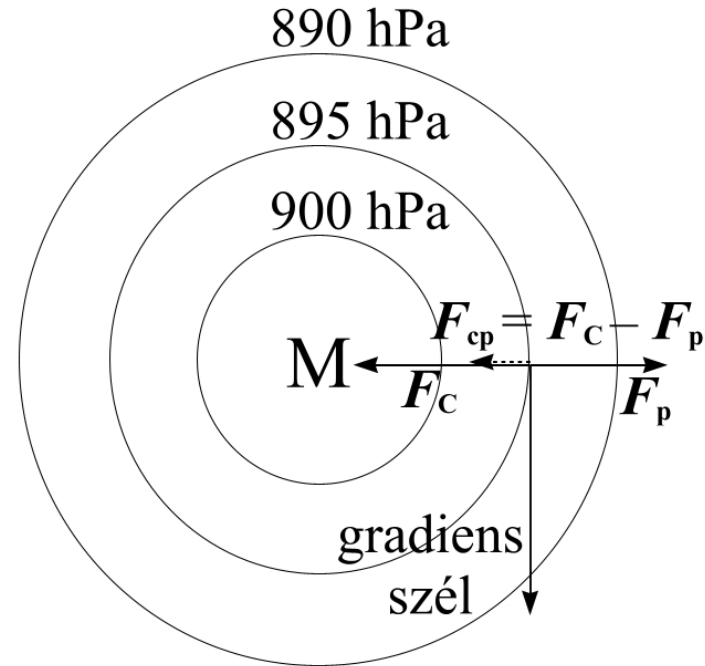
Gradiens áramlás

- Közepes és magas szélességek
- Görbült, ill. kör alakú izobárokat feltételezünk (*Ciklon, anticiklon*)

Gradiens szél

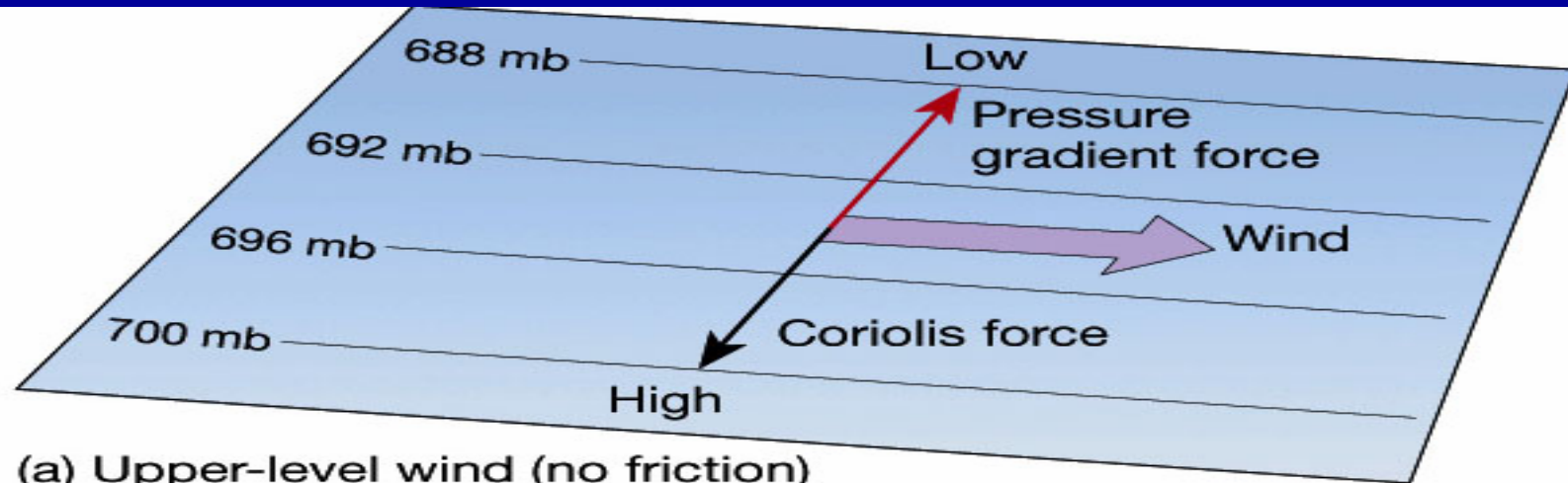


Ciklonális eset

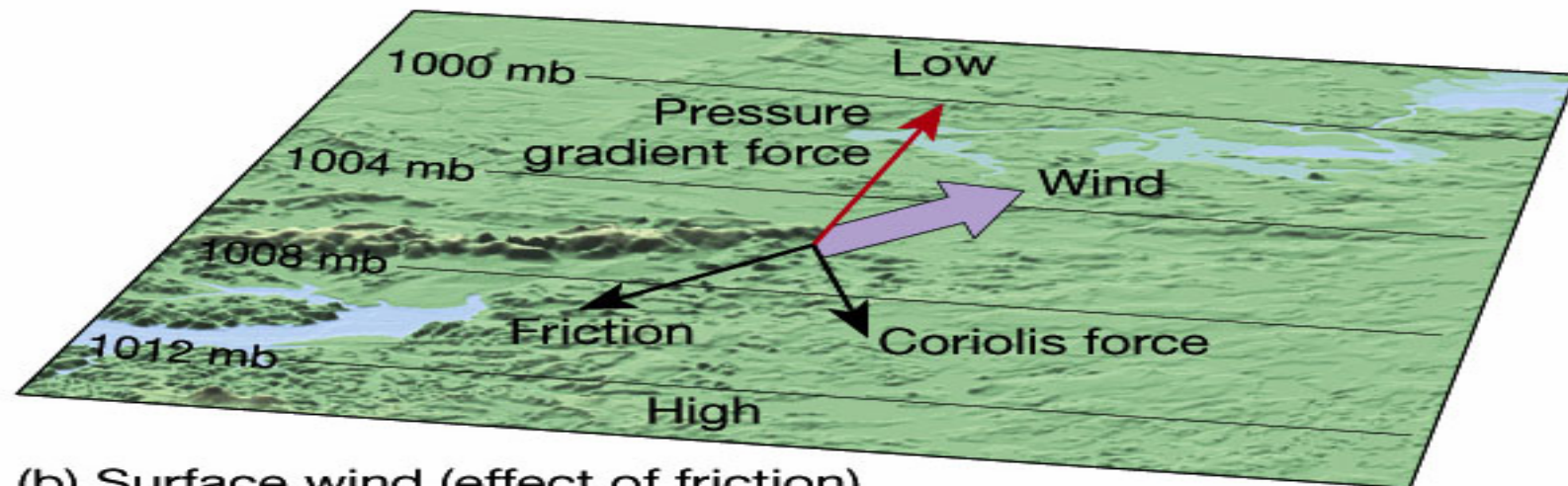


Anticiklonális eset

A súrlódás hatása

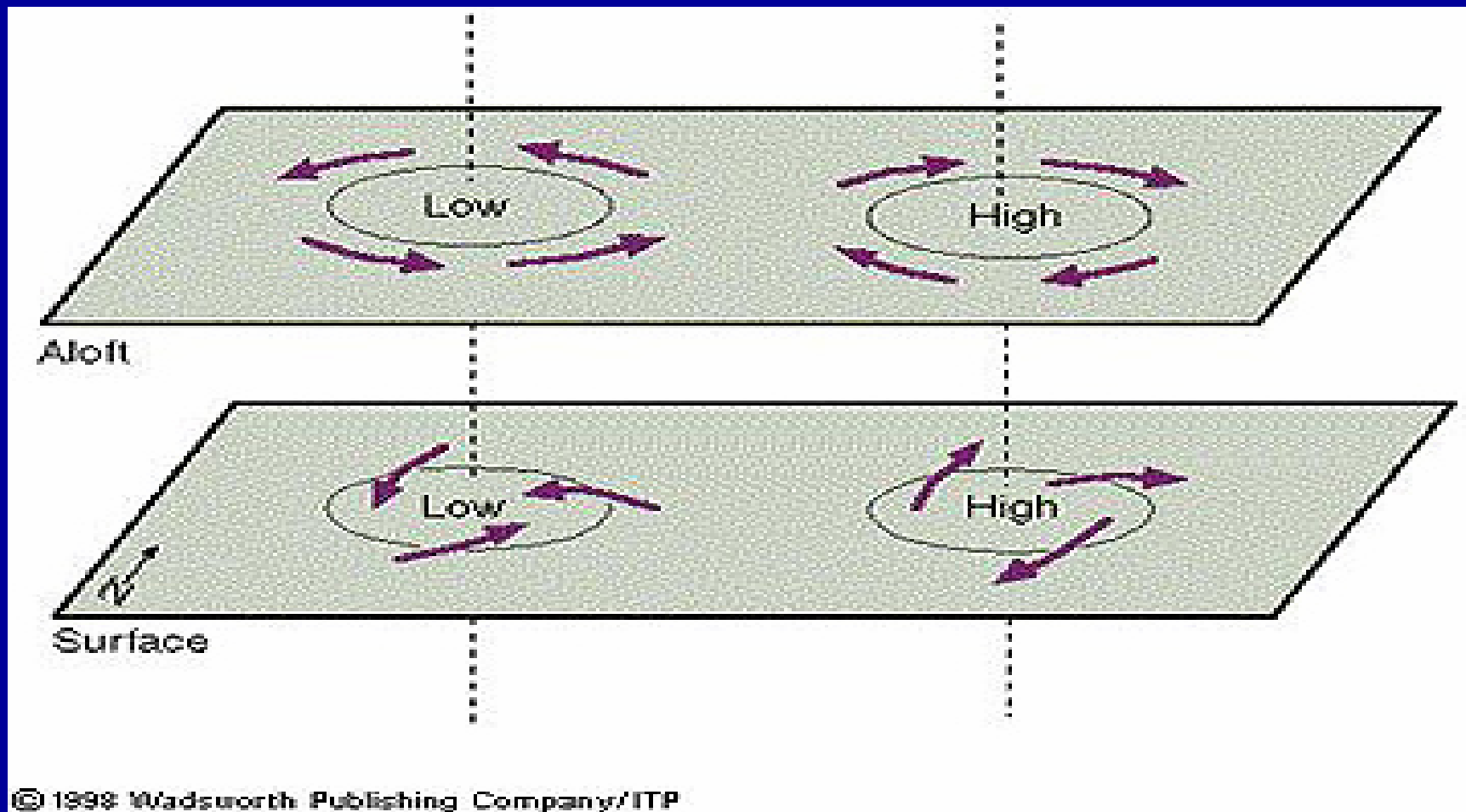


(a) Upper-level wind (no friction)

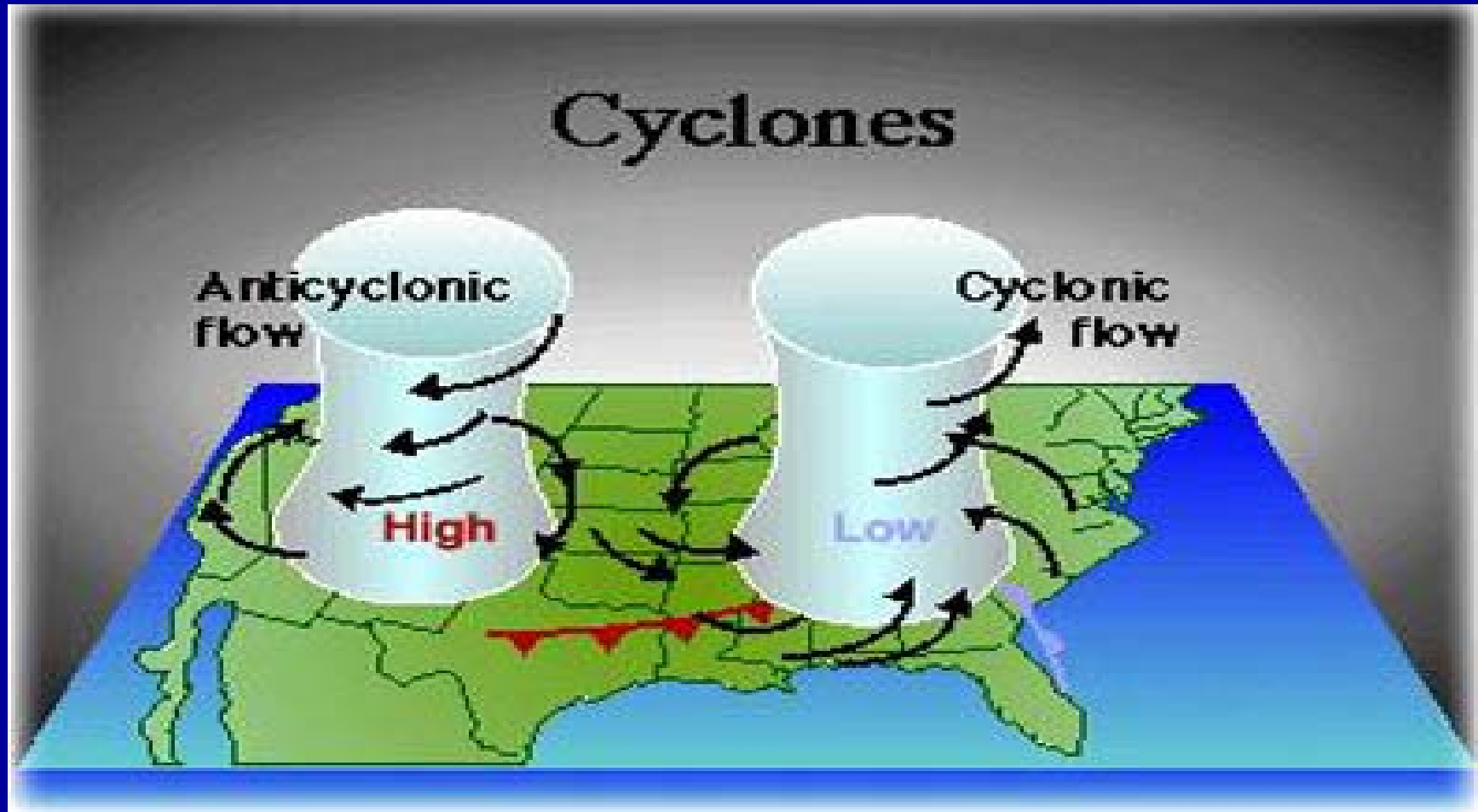


(b) Surface wind (effect of friction)

A súrlódás hatása



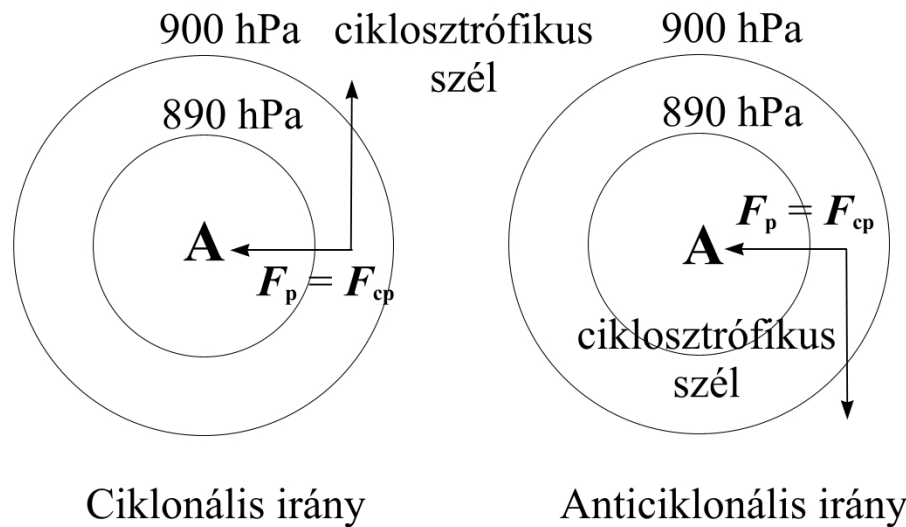
A súrlódás hatása



Ciklosztrofikus áramlás

- Alacsony földrajzi szélességeken, ill. kisebb skálájú mozgások esetén
- A nyomási gradiens erő felülmúlja a Coriolis-erőt
- A kialakuló körmozgást egy erő, a nyomási gradiens erő tartja fenn

Ciklosztrófikus szél



- Mezociklonok,
tornádók,
portölcsérek

Inerciális áramlások

- óceánokban (pl. a Golf-áram leszakadó örvényei)

