



Prirodni koordinatni sustav

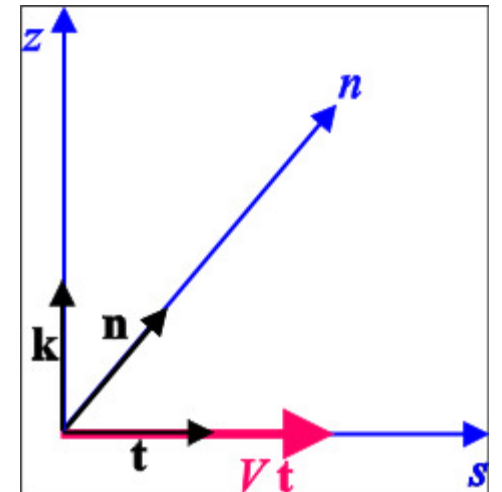
Vježbe iz Dinamičke meteorologije II

Prirodni koordinatni sustav

- koordinatne osi (s, n, z) i jedinični vektori (t, n, k)
- s-os u smjeru brzine $\vec{v} = V\vec{t}$, gdje je $V \geq 0$ modul vektora brzine
- gibanje po zakrivljenim strujnicima \rightarrow s-os i n-os tada zakrivljene, ali međusobno okomite
- strujnica \rightarrow krivulja čija je tangenta paralelna s trenutnom brzinom fluida u toj točki
- radijus zakrivljenosti strujnice na sjevernoj hemisferi:
 - $R > 0$ ciklonalan 
 - $R < 0$ anticiklonalan 
- Horizontalna jednačba gibanja u PKS:

$$\frac{dV}{dt} \vec{t} + \frac{V^2}{R} \vec{n} = -fV\vec{n} - \frac{1}{\rho} \nabla_h p$$

- s-komponenta $\frac{dV}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial s}$
- n-komponenta $\frac{V^2}{R} + fV = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n}$



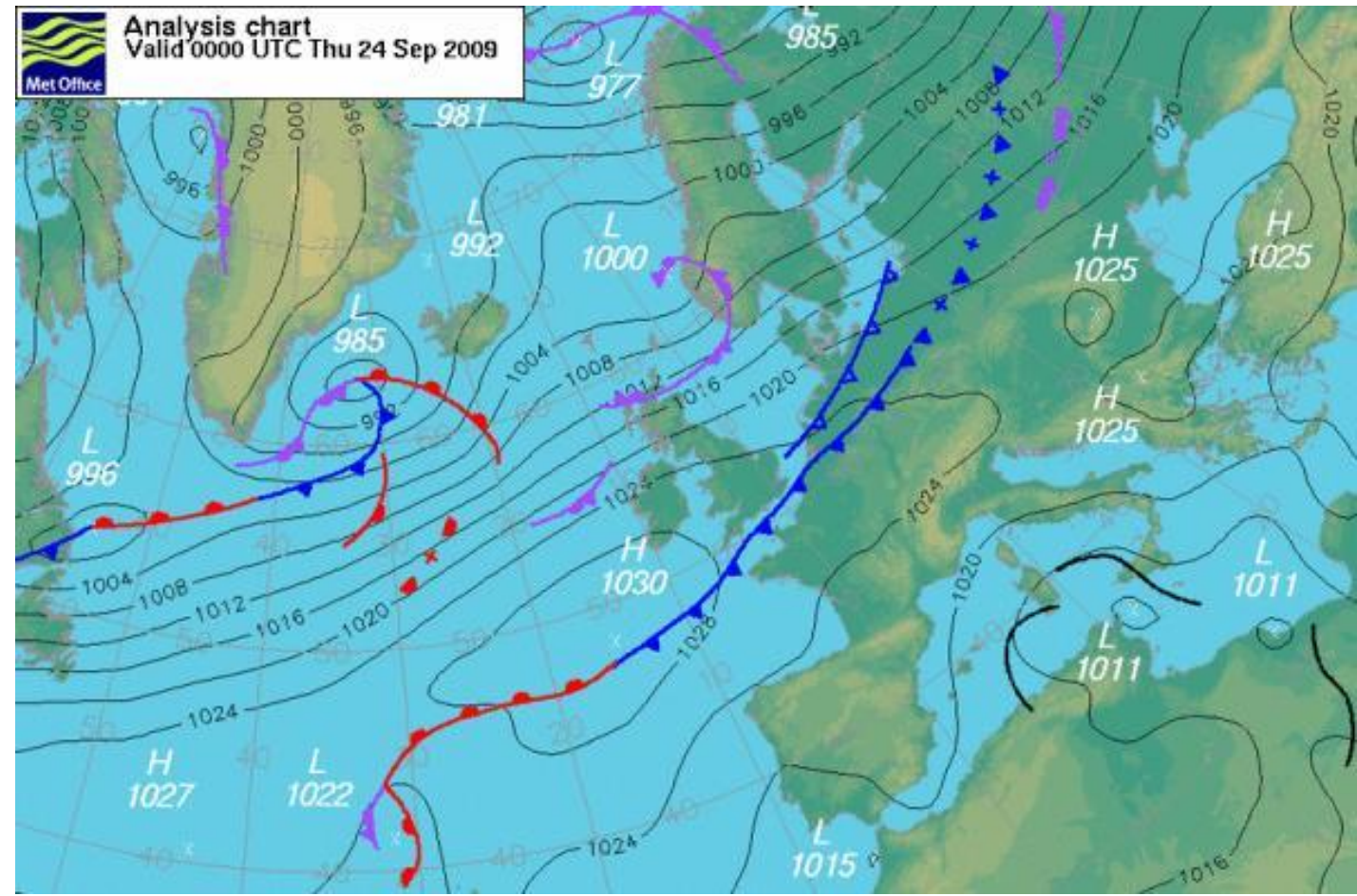
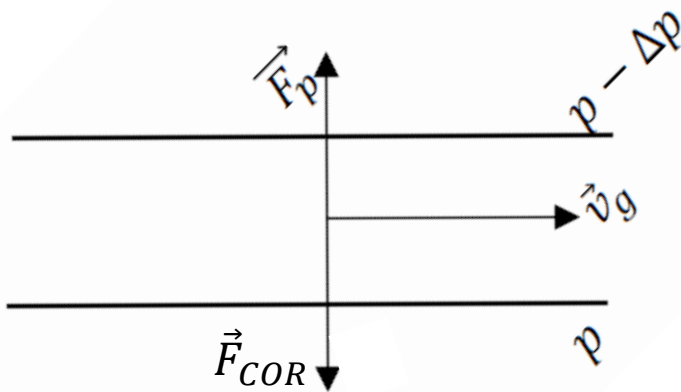
Ravnatežna (stacionarna) gibanja u PKS

Stacionarnost $\rightarrow \frac{dV}{dt} = 0$

geostrofičko strujanje \rightarrow rezultat ravnoteže između Coriolisove sile i horizontalne komponente sile gradijenta tlaka

• pravocrtno gibanje $R \rightarrow \pm\infty, \frac{V^2}{R} \rightarrow 0$

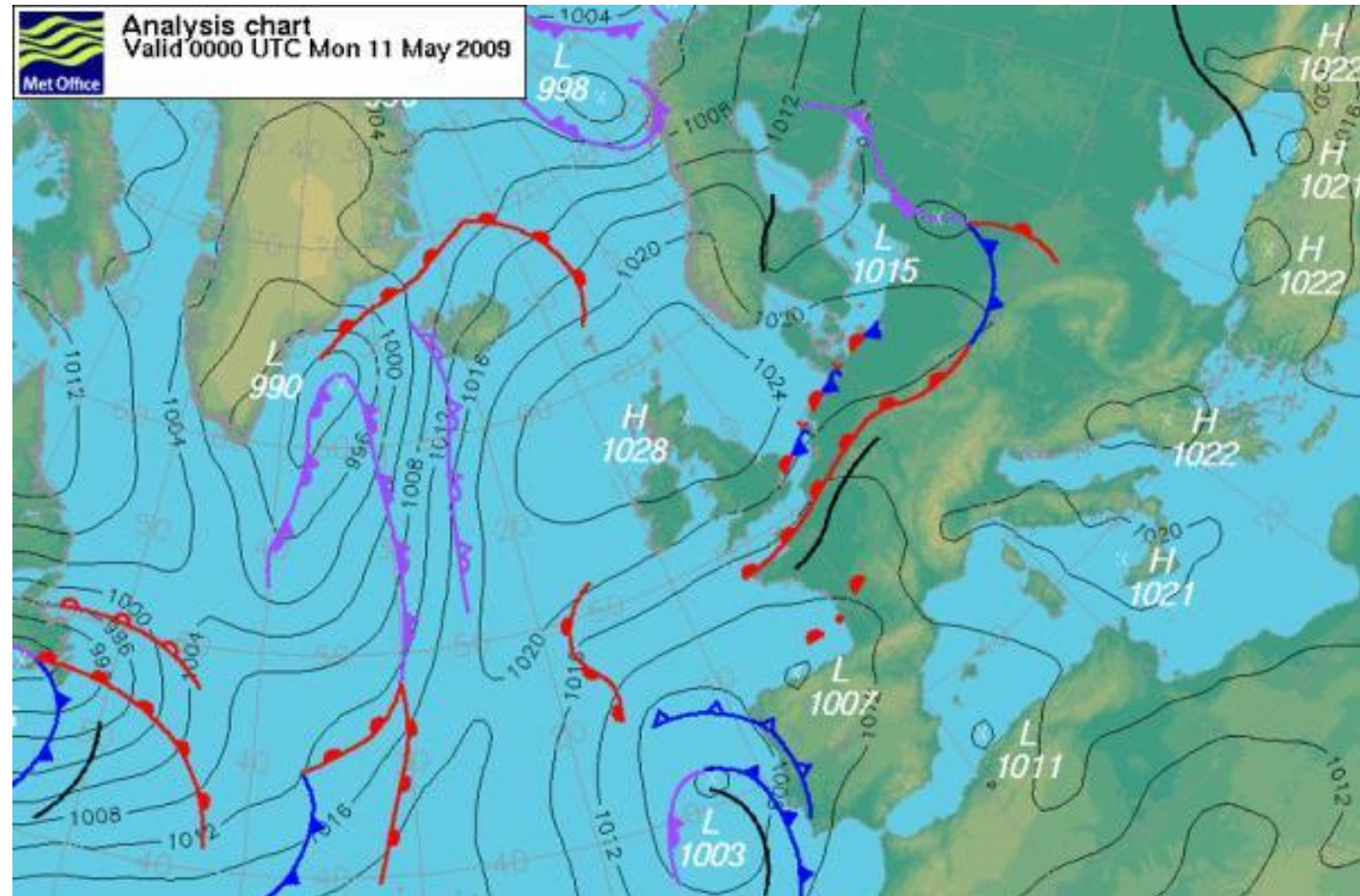
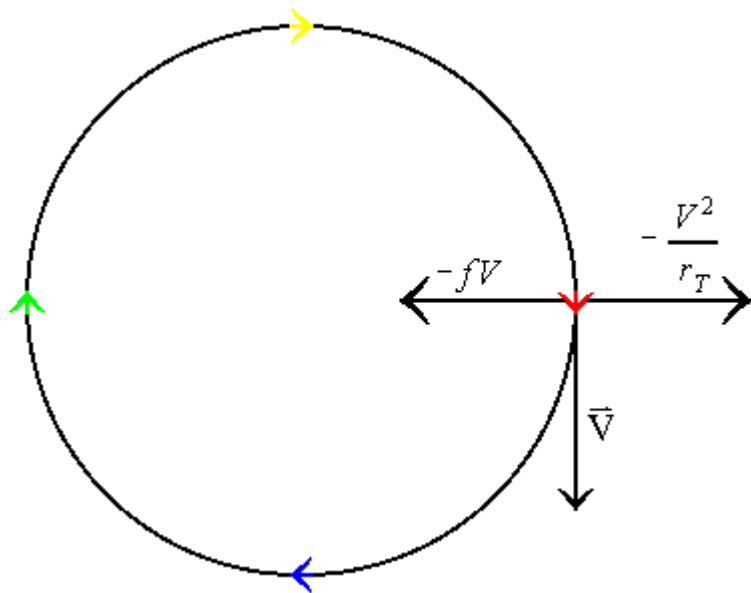
• $\vec{v} = \vec{v}_g, v_g = -\frac{1}{\rho f} \frac{\partial p}{\partial n}$



inercijalno strujanje → nema sile gradijenta tlaka tj. $\nabla_h p = 0$

- ravnoteža između Coriolisove i centrifugalne sile
- nije česti oblik strujanja u atmosferi jer je sila gradijenta tlaka glavni pokretač većine gibanja

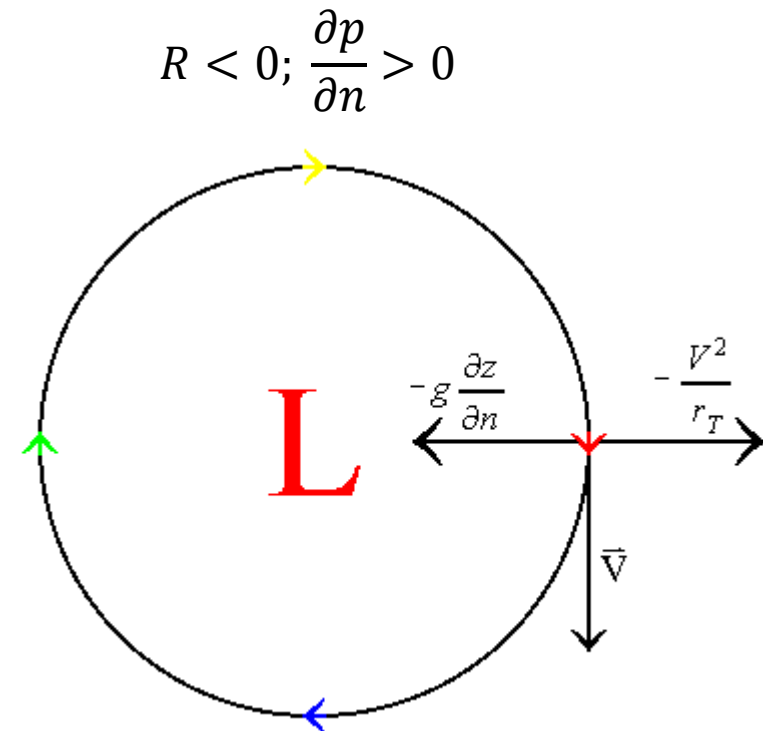
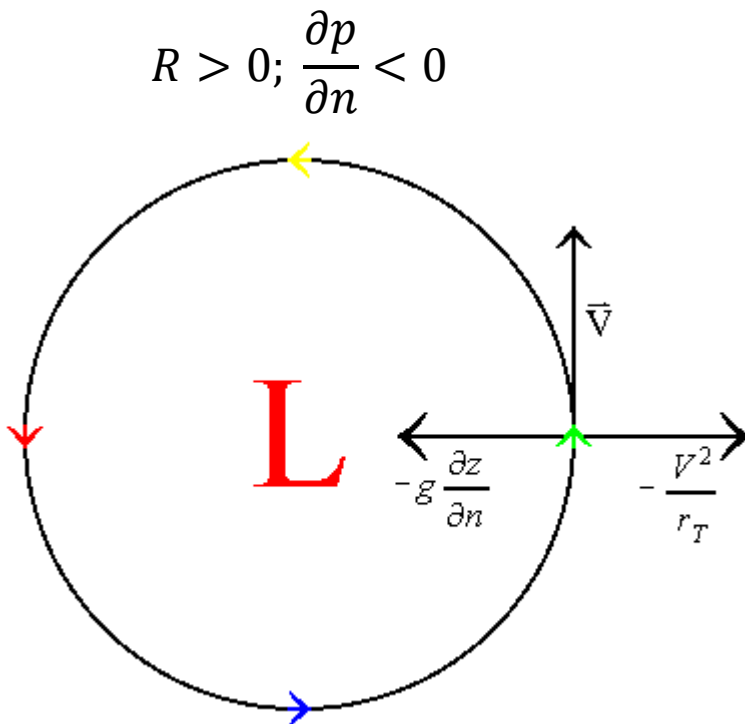
$$V = -Rf; R < 0$$



ciklostrofičko strujanje → rezultat ravnoteže centrifugalne sile i sile gradijenta tlaka

- u atmosferi se javlja kad je Coriolisova sila puno manja od sile gradijenta tlaka i centrifugalne sile, što je ispunjeno za jako zakrivljene strujnice te strujanje malih razmjera
- ciklostrofičkim strujanjem može se aproksimirati horizontalno strujanje u tornadu

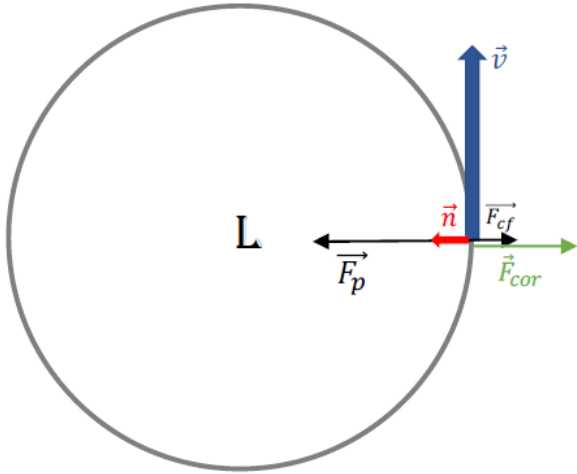
$$V = \sqrt{-\frac{R}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n}}$$



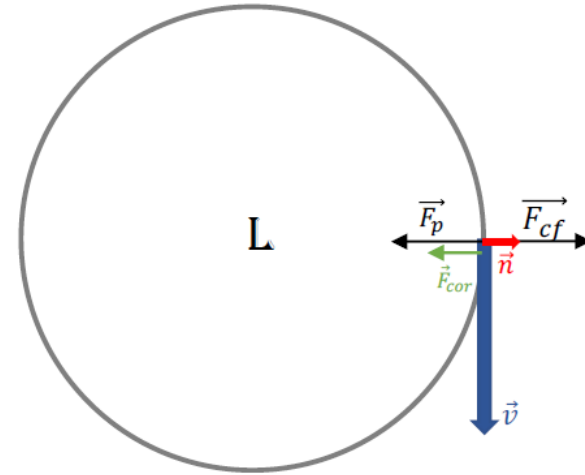
gradijentsko strujanje → ravnoteža Coriolisa, sile gradijenta tlaka i centrifugalne sile

(a) regularno niski: $R > 0, +\sqrt{()}, \partial p/\partial n < 0$

(b) anomalno niski (antibaričko strujanje): $R < 0, +\sqrt{()}, \partial p/\partial n > 0$

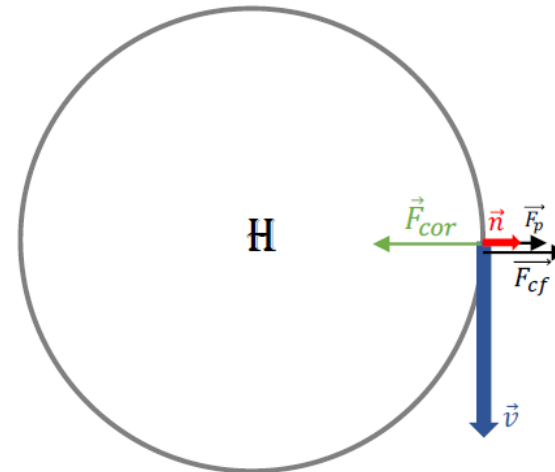
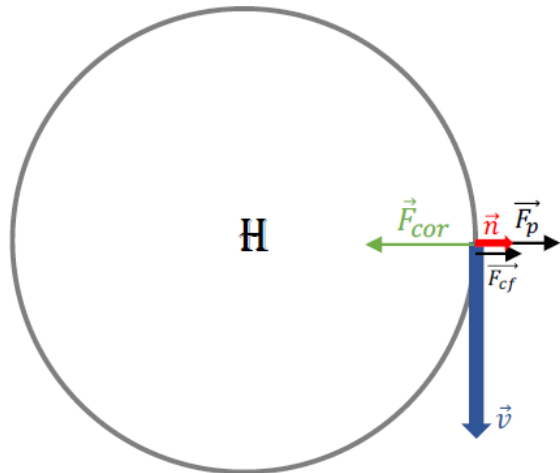


$$V = -\frac{fR}{2} \pm \sqrt{\frac{f^2 R^2}{4} - \frac{R}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n}}$$

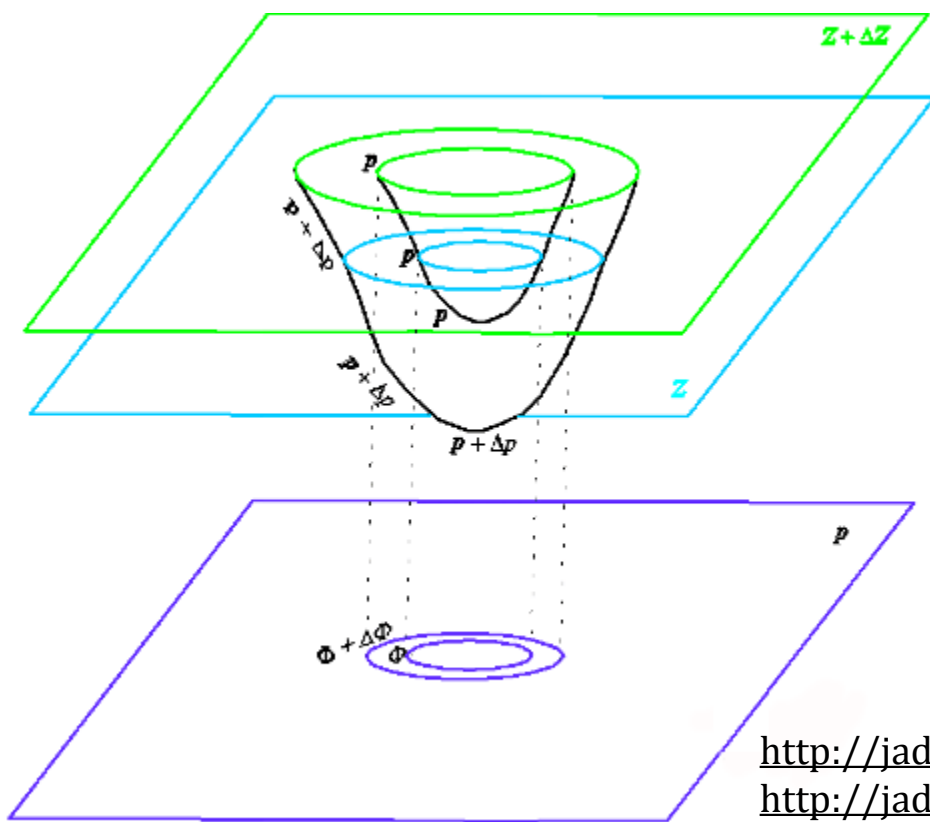
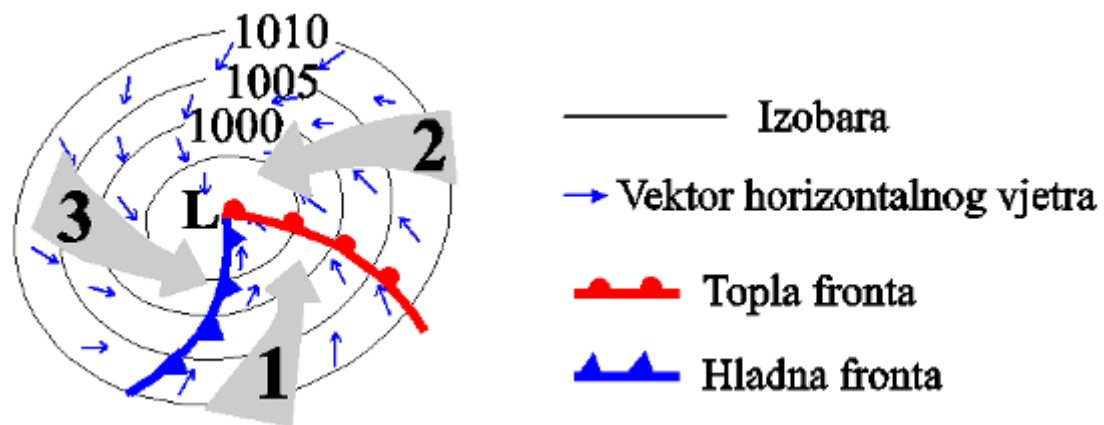


(c) regularno visoki: $R < 0, -\sqrt{()}, \partial p/\partial n < 0$

(d) anomalno visoki: $R < 0, +\sqrt{()}, \partial p/\partial n < 0$

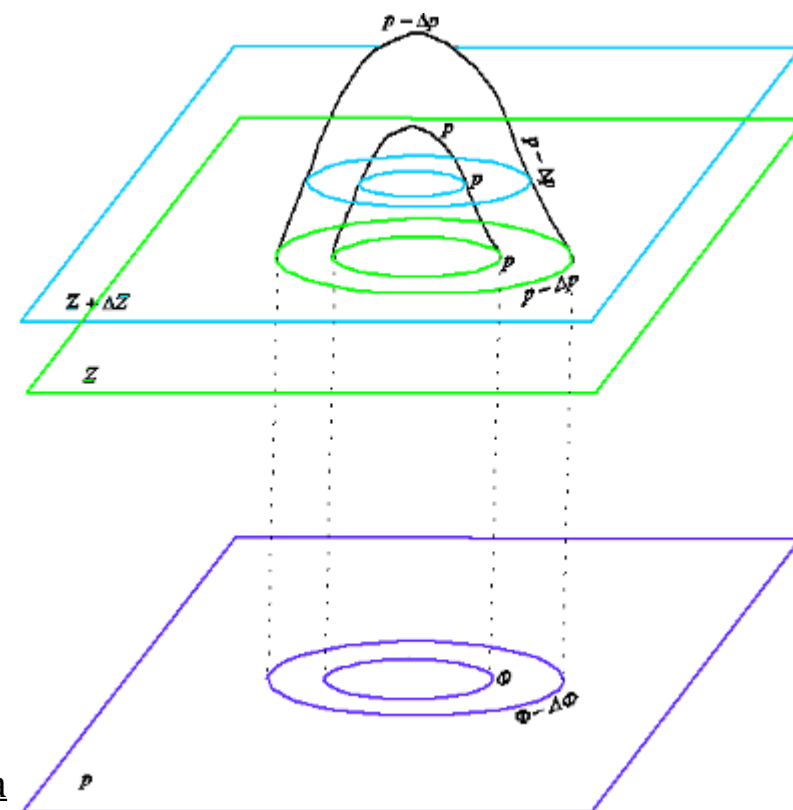
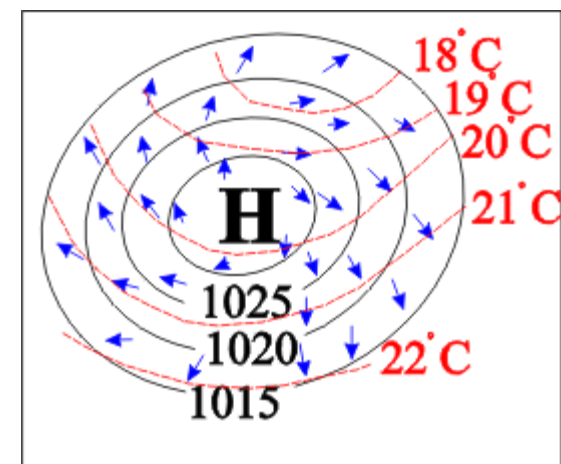


ciklona

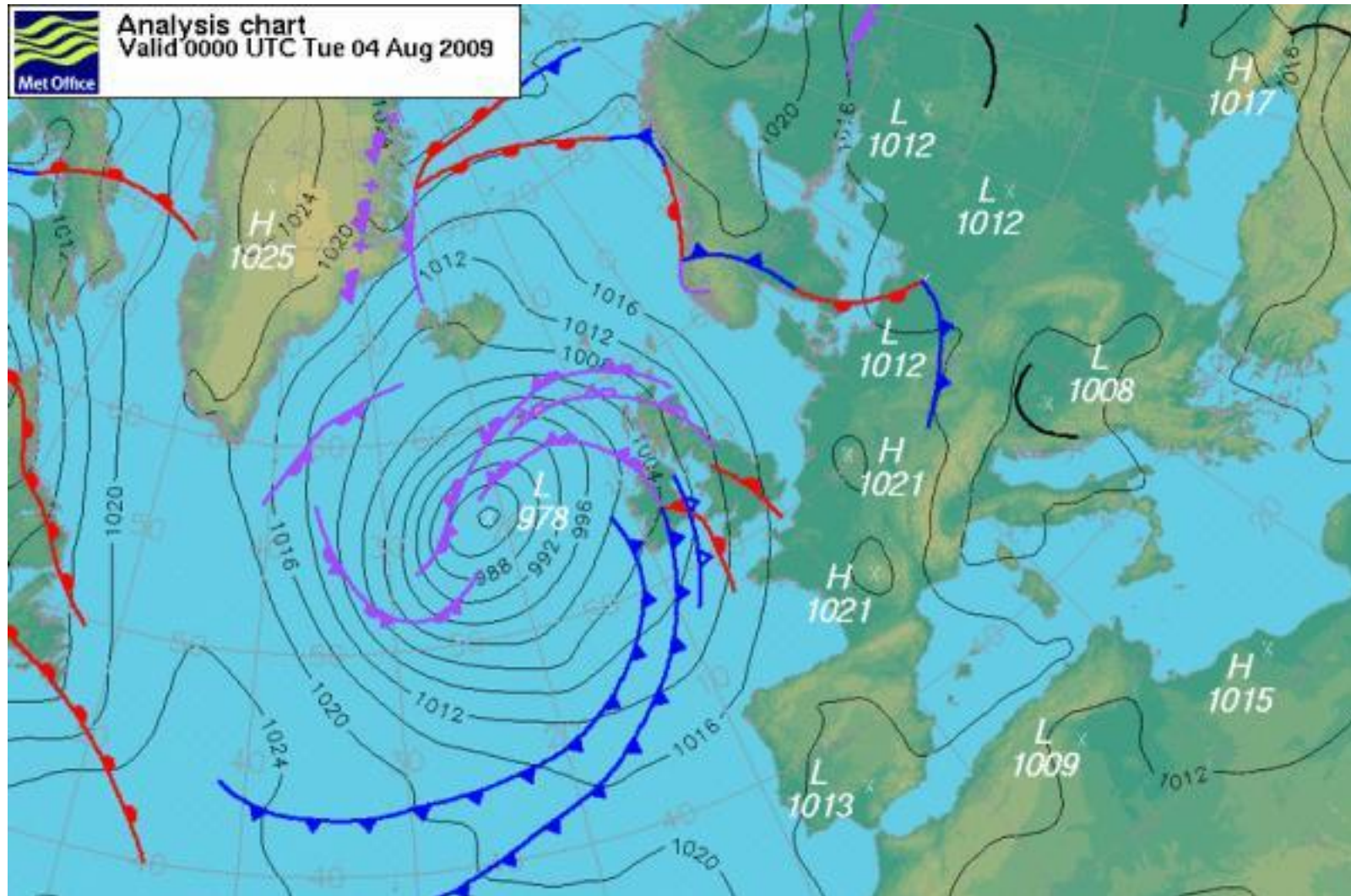


http://jadran.gfz.hr/pojmovnik_c.html#ciklona
http://jadran.gfz.hr/pojmovnik_a.html#anticiklona

anticiklona



Primjer



Dodatni materijali

https://meteo.hr/prognoze.php?section=prognoze_model¶m=web_fronte_sutra12

<https://www.metoffice.gov.uk/weather/maps-and-charts/surface-pressure>

<https://www.metoffice.gov.uk/weather/learn-about/weather/how-weather-works/synoptic-weather-chart>

<https://www.meted.ucar.edu/intromet/charting/index.htm> → za MetED je potrebna registracija e-mailom, ali je korištenje lekcija i materijala besplatno

Primjeri i zadatci

1. Stvarni vjetar je zakrenut za $\alpha = 30^\circ$ udesno od geostrofičkog vjetra. Koliko je ubrzanje vjetra ako je iznos geostrofičkog vjetra 20 m s^{-1} , a $f = 10^{-4} \text{ s}^{-1}$.

2. Nađite vezu između gradientskog i geostrofičkog vjetra u istoj točki.

3. Odredite Rossbyjev broj za zreli tornado ako je $f = 10^{-4} \text{ s}^{-1}$, a tangencijalna brzina na udaljenosti 300 m od centra vrtloga 30 m s^{-1} . Kakav je to tip gibanja?

4. Na $R = 50 \text{ km}$ od centra ciklone izmjeren je radijalni gradijent tlaka od $5 \text{ hPa}/100 \text{ km}$. Ciklona se nalazi na 20° N . Odredite gradientski i geostrofički vjetar. Kakav se rezultat dobije u slučaju ciklostrofičke ravnoteže? $\Omega = 7.29 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, $\rho = 1.25 \text{ kg m}^{-3}$.

5. Pod pretpostavkom da tornado rotira stalnom kutnom brzinom ω , pokažite da je tlak u centru tornada $p_c = p_0 \exp(-\omega^2 R_0^2 / 2R_d \bar{T})$ gdje je p_0 prizemni tlak na udaljenosti R_0 od centra, \bar{T} srednja temperatura izračunata od centra do R_0 . Trenje zanemarite. Nađite tlak u centru tornada ako je zadano:

(a) $\bar{T} = 287 \text{ K}$, $R_0 = 100 \text{ m}$, $v(R_0) = 100 \text{ m s}^{-1}$, $p(R_0) = p_0 = 1000 \text{ hPa}$

(b) $\bar{T} = 290 \text{ K}$, $R_0 = 200 \text{ m}$, $v(R_0) = 80 \text{ m s}^{-1}$, $p(R_0) = p_0 = 1000 \text{ hPa}$

6. Odredite maksimalni mogući vjetar u anticikloni na 55° N na udaljenosti 500 km od središta anticiklone. Odredite pripadnu maksimalnu udaljenost između izohipsa na izobarnoj karti ako je skala karte $1:2 \cdot 10^7$. Izohipse se crtaju svakih 40 m visinske razlike.

7. Izračunajte brzinu geostrofičkog vjetra ako je gradijent tlaka 1 kPa/1000 km te usporedite sa svim mogućim gradijentnim brzinama vjetra, ako je zadan radijus zakrivljenosti iznosa $R = \pm 500 \text{ km}$, $\rho = 1.0 \text{ kg m}^{-3}$, $f = 10^{-4} \text{ s}^{-1}$.

8. Kolika je brzina geostrofičkog vjetra ako razmak susjednih izobara na karti mjerila $1:10^7$ iznosi $\Delta n = 3 \text{ cm}$, $\varphi = 60^\circ \text{ N}$, $\rho = 1.27 \text{ kg m}^{-3}$. Izobare se crtaju svakih 5 hPa.

9. Izračunajte brzinu geostrofičkog vjetra na plohi 500 hPa ako razmak između susjednih izohipsi na karti apsolutne topografije 500 hPa iznosi 3.5 cm, $\varphi = 60^\circ \text{ S}$, a razmjera karte $1:2 \cdot 10^7$. Izohipse se crtaju svakih $\delta Z = 40 \text{ gpm}$.

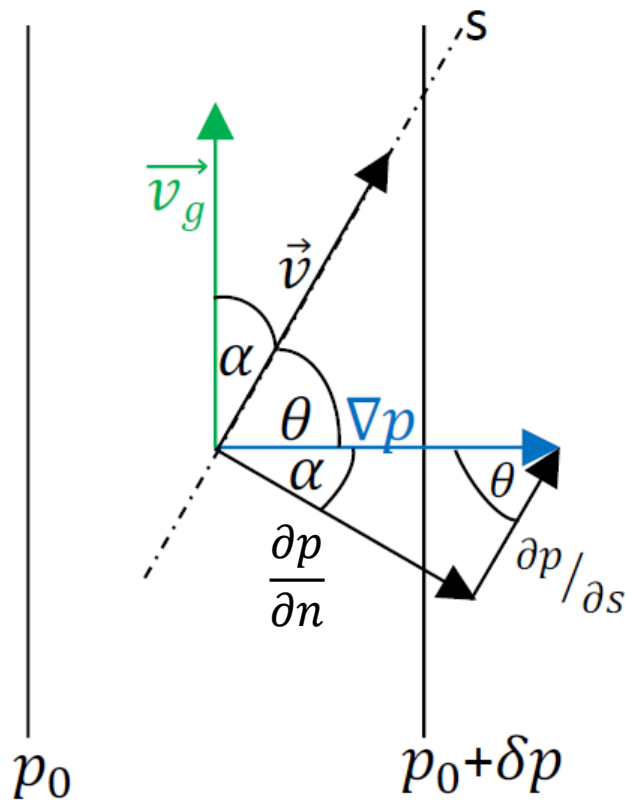
10. Gradijentski vjetar u (a) cikloni i (b) anticikloni na kružnoj izobari radijusa $R = 400 \text{ km}$ i $\varphi = 60^\circ \text{ N}$ iznosi 15 m s^{-1} . Kolika je brzina geostrofičkog vjetra pri istim uvjetima?

11. U nekoj točki na $\varphi = 55^\circ \text{ N}$ puše geostrofički vjetar sa sjeverozapada brzinom 10 m s^{-1} . Kolika je horizontalna komponenta gradijenta tlaka u toj točki i u kojem je smjeru, ako je gustoća zraka na toj visini $\rho = 1.1 \text{ kg m}^{-3}$?

Rješenja

1. Stvarni vjetar je zakrenut za $\alpha = 30^\circ$ udesno od geostrofičkog vjetra. Koliko je ubrzanje vjetra ako je iznos geostrofičkog vjetra 20 m s^{-1} , a $f = 10^{-4} \text{ s}^{-1}$.

Rješenje:



$$\frac{dV}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial s} \quad \text{s komponenta jednađbe gibanja}$$

$$\frac{\partial p}{\partial s} = |\nabla p| \cos \theta = |\nabla p| \sin \alpha$$

$$v_g = -\frac{1}{\rho f} \frac{\partial p}{\partial n} \quad \text{geostrofički vjetar}$$

$$|\vec{v}_g| = \frac{1}{\rho f} |\nabla p| \cos \alpha \rightarrow |\nabla p| = \frac{\rho f}{\cos \alpha} |\vec{v}_g|$$

$$\frac{\partial p}{\partial s} = |\nabla p| \sin \alpha = \rho f \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} |\vec{v}_g| = \rho f |\vec{v}_g| \tan \alpha$$

$$\left| \frac{dV}{dt} \right| = \left| -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial s} \right| = \frac{1}{\rho} \rho f |\vec{v}_g| \tan \alpha$$

$$\left| \frac{dV}{dt} \right| = f |\vec{v}_g| \tan \alpha = 1.15 \cdot 10^{-3} \text{ m s}^{-2}$$

2. Nađite vezu između gradientskog i geostrofičkog vjetra u istoj točki.

Rješenje: gradientsko strujanje → ravnoteža Coriolisa, sile gradijenta tlaka i centrifugalne sile

$$\frac{V^2}{R} + fV = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n}$$

n komponenta jednadžbe gibanja

$$fv_g = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n}$$

geostrofički vjetar → $\vec{v}_g = -\frac{1}{\rho f} \frac{\partial p}{\partial n}$

$$v_g = \frac{V^2}{fR} + V$$

3. Odredite Rossbyjev broj za zreli tornado ako je $f = 10^{-4} \text{ s}^{-1}$, a tangencijalna brzina na udaljenosti 300 m od centra vrtloga 30 m s^{-1} . Kakav je to tip gibanja?

Rješenje:

$$\underbrace{\frac{dV}{dt} \vec{s} + \frac{V^2}{R} \vec{n}}_{\text{akceleracija}} = \underbrace{-fV \vec{n}}_{F_{\text{cor}}} - \underbrace{\frac{1}{\rho} \nabla_h p}_{\text{grad } p} \quad \text{horizontalna jednažba gibanja u PKS}$$

$$\frac{V^2}{R} + fV = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n} \quad \text{n komponenta jednažbe gibanja}$$

Rossbyjev broj definiran kao omjer magnitude horizontalne akceleracije i horizontalne komponente akceleracije zbog Coriolisove sile. Za mali Rossbyjev broj strujanje je dobro aproksimirano geostrofičkom ravnotežom.

$$Ro = \frac{V}{fR} = \frac{30 \text{ m s}^{-1}}{10^{-4} \text{ s}^{-1} 300 \text{ m}} = 10^3$$

Strujanje je ciklostrofičko.

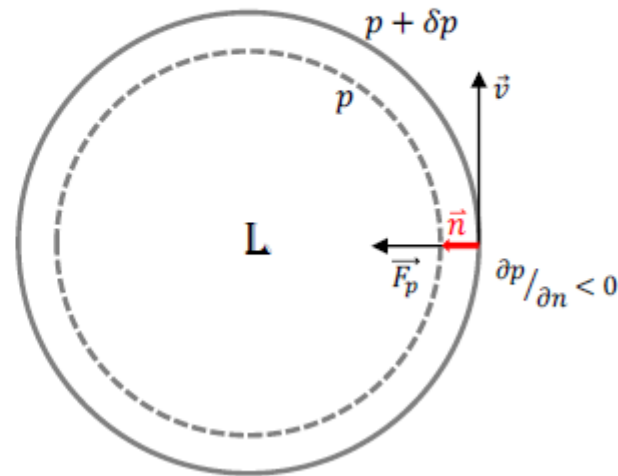
4. Na $R = 50$ km od centra ciklone izmjereno je radijalni gradijent tlaka od $5 \text{ hPa}/100 \text{ km}$. Ciklona se nalazi na 20° N . Odredite gradijentski i geostrofički vjetar. Kakav se rezultat dobije u slučaju ciklostrofičke ravnoteže? $\Omega = 7.29 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, $\rho = 1.25 \text{ kg m}^{-3}$.

Rješenje:

$$R = 50 \text{ km}$$

$$\partial p / \partial n = -5 \text{ hPa} / 100 \text{ km}$$

$$\phi = 20^\circ \text{ N}$$



$$\text{Gradijentski vjetar: } V = -\frac{fR}{2} \pm \sqrt{\frac{f^2 R^2}{4} - \frac{R}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n}}$$

$$\text{za ciklonu: } R > 0, \frac{\partial p}{\partial n} < 0, +\sqrt{\quad}$$

$$\text{Geostrofički vjetar: } v_g = -\frac{1}{\rho f} \frac{\partial p}{\partial n}$$

Veza gradijentskog i geostrofičkog vjetra

$$v_g = \frac{V^2}{fR} + V$$

n komponenta jednačbe gibanja:

$$\frac{V^2}{R} + fV = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n} = f v_g$$

- Gradijentski vjetar: $V = -\frac{fR}{2} + \sqrt{\frac{f^2 R^2}{4} - \frac{R}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n}} = 12.9 \text{ m s}^{-1}$

- Geostrofički vjetar: $v_g = V(1 + \frac{V}{fR}) = 79.6 \text{ m s}^{-1}$ **Prevelika brzina!**

- Ciklostrofičko strujanje: $V = \sqrt{-\frac{R}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n}} = 14.2 \text{ m s}^{-1}$

Rossby-jev broj: $Ro = \frac{V}{fR} = 5 \rightarrow$ **Za $Ro = 5$ ne vrijedi ciklostrofička ravnoteža.**

5. Pod pretpostavkom da tornado rotira stalnom kutnom brzinom ω , pokažite da je tlak u centru tornada $p_c = p_0 \exp\left(-\frac{\omega^2 R_0^2}{2R_d \bar{T}}\right)$ gdje je p_0 prizemni tlak na udaljenosti R_0 od centra, \bar{T} srednja temperatura izračunata od centra do r_0 . Trenje zanemarite. Nađite tlak u centru tornada ako je zadano:

(a) $\bar{T} = 287 \text{ K}$, $R_0 = 100 \text{ m}$, $v(R_0) = 100 \text{ m s}^{-1}$, $p(R_0) = p_0 = 1000 \text{ hPa}$

(b) $\bar{T} = 290 \text{ K}$, $R_0 = 200 \text{ m}$, $v(R_0) = 80 \text{ m s}^{-1}$, $p(R_0) = p_0 = 1000 \text{ hPa}$

Rješenje:

Za tornado vrijedi ciklostrofičko gibanje, tj. $F_{cor} \ll F_{cf}, F_p$

$$\frac{V^2}{R} + fV = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n} \quad \text{n komponenta jednadžbe gibanja}$$

$$\frac{V^2}{R} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n}$$

$$dn = -dR \rightarrow \frac{V^2}{R} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial R}$$

$$p = \rho R_d T \rightarrow dp = \frac{V^2}{R} dR, \quad V = \omega R, \quad T = \bar{T}$$

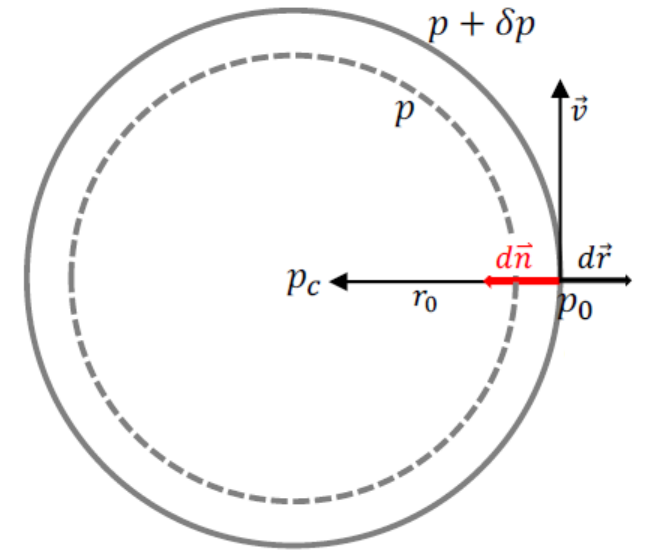
$$\frac{dp}{p} = \frac{\omega^2 R^2}{R_d \bar{T}} \frac{dR}{R} \rightarrow \frac{dp}{p} = \frac{\omega^2}{R_d \bar{T}} R dR \quad \Bigg/ \int_0^{R_0} \int_{p_c}^{p_0}$$

$$\ln \frac{p_0}{p_c} = \frac{\omega^2}{R_d \bar{T}} \cdot \frac{R_0^2}{2}$$

$$p_c = p_0 \exp\left(-\frac{\omega^2 R_0^2}{2R_d \bar{T}}\right)$$

(a) $p_c = 941.1 \text{ hPa}$

(b) $p_c = 962.3 \text{ hPa}$



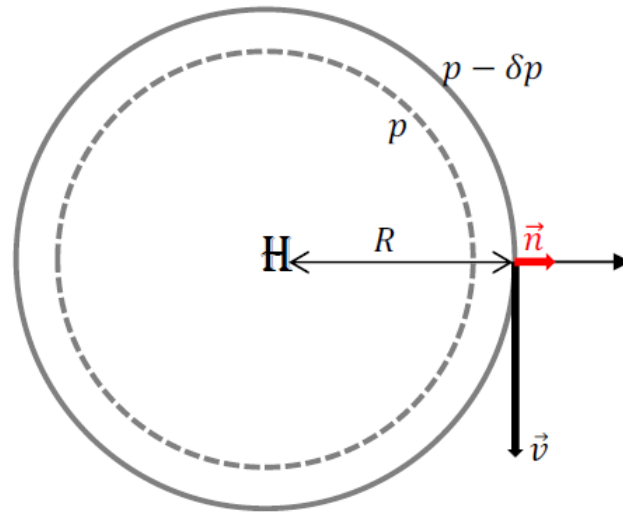
6. Odredite maksimalni mogući vjetar u anticikloni na 55° N na udaljenosti 500 km od središta anticiklone. Odredite pripadnu maksimalnu udaljenost između izohipsa na izobarnoj karti ako je skala karte $1:2 \cdot 10^7$. Izohipse se crtaju svakih 40 m visinske razlike.

Rješenje:

$$R = -500 \text{ km}$$

$$\phi = 55^\circ \text{ N}$$

$$\delta z = 40 \text{ m}$$



$$\frac{V^2}{R} + fV = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n} \quad \text{n komponenta jednađbe gibanja}$$

$$V = -\frac{fR}{2} \pm \sqrt{\frac{f^2 R^2}{4} - \frac{R}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n}} \quad \text{gradijentski vjetar}$$

- anticiklona: $R < 0, \frac{\partial p}{\partial n} < 0, -\sqrt{\quad}$

$$V = -\frac{fR}{2} - \sqrt{\frac{f^2 R^2}{4} - \frac{R}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n}}$$

- Brzina maksimalna za $\sqrt{\frac{f^2 R^2}{4} - \frac{R}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n}} = 0$

$$V_{max} = -\frac{fR}{2} = 29.9 \text{ m s}^{-1}$$

- Udaljenost izohipsa Δn : $\frac{f^2 R^2}{4} = \frac{R}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n}$

$$\frac{f^2 R^2}{4} = \frac{R}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} \frac{\partial z}{\partial n}$$

$$\frac{f^2 R^2}{4} = \frac{R}{\rho} (-\rho g) \frac{\partial z}{\partial n} \implies \frac{\partial z}{\partial n} = -\frac{f^2 R}{4g}$$

$$\delta n = -\frac{4g\delta z}{f^2 R} = 2.2 \cdot 10^5 \text{ m (u prirodi)}$$

$$\text{Udaljenost izohipsi na karti: } \Delta n = \frac{\delta n}{2 \cdot 10^7} = 1.1 \text{ cm}$$

7. Izračunajte brzinu geostrofičkog vjetra ako je gradijent tlaka 1 kPa/1000 km te usporedite sa svim mogućim gradijentskim brzinama vjetra ako je radijus zakrivljenosti $R = \pm 500 \text{ km}$, $\rho = 1.0 \text{ kg m}^{-3}$, $f = 10^{-4} \text{ s}^{-1}$.

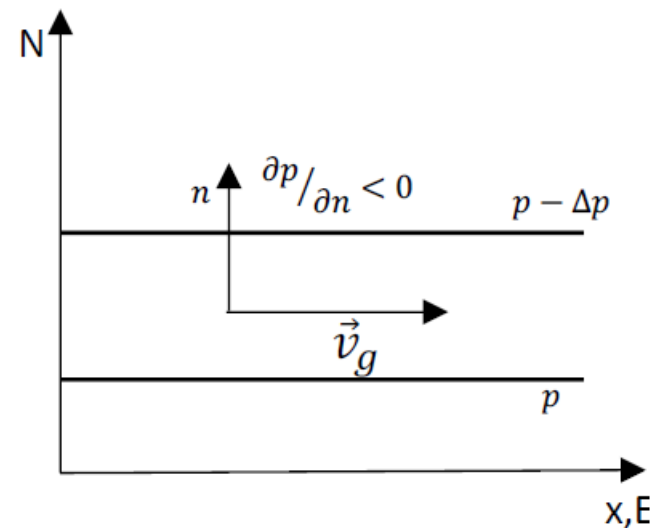
n komponenta jednadžbe gibanja
$$\frac{V^2}{R} + fV = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n}$$

geostrofički vjetar
$$v_g = -\frac{1}{\rho f} \frac{\partial p}{\partial n}$$

$$v_g = -\frac{1}{1.0 \text{ kg m}^{-3} 10^{-4} \text{ s}^{-1}} \left(\frac{-10^3 \text{ Pa}}{10^6 \text{ m}} \right)$$

$$v_g = 10 \text{ m s}^{-1}$$

$$|R| = 5 \cdot 10^5 \text{ m}, \quad \left| \frac{\partial p}{\partial n} \right| = 10^{-3} \text{ Pa m}^{-1}$$

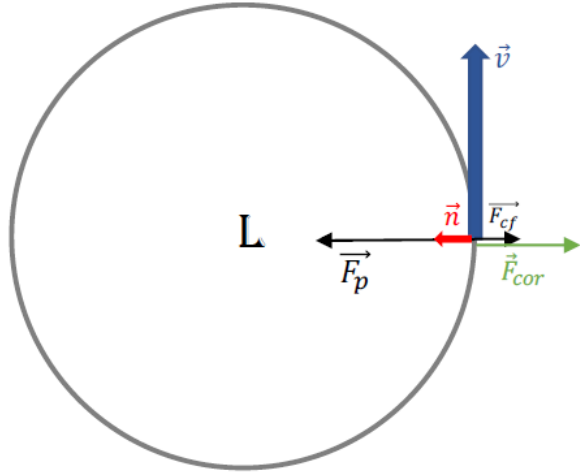


Gradijentski vjetar:

$$V = -\frac{fR}{2} \pm \sqrt{\frac{f^2 R^2}{4} - \frac{R}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n}}$$

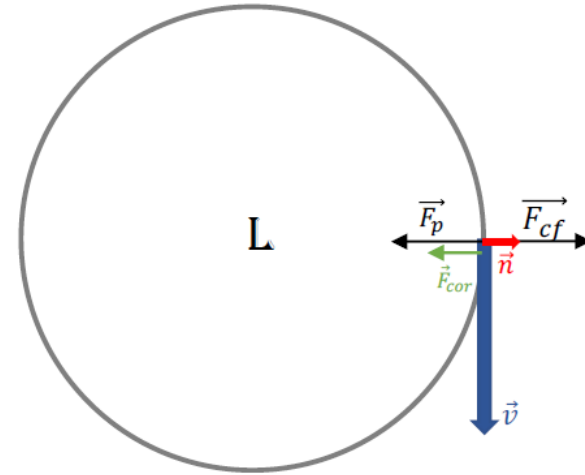
$$\text{Gradijentski vjetar: } V = -\frac{fR}{2} \pm \sqrt{\frac{f^2 R^2}{4} - \frac{R}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n}}$$

(a) regularno niski: $R > 0$, $+\sqrt{(\)}$, $\partial p/\partial n < 0$
ciklona



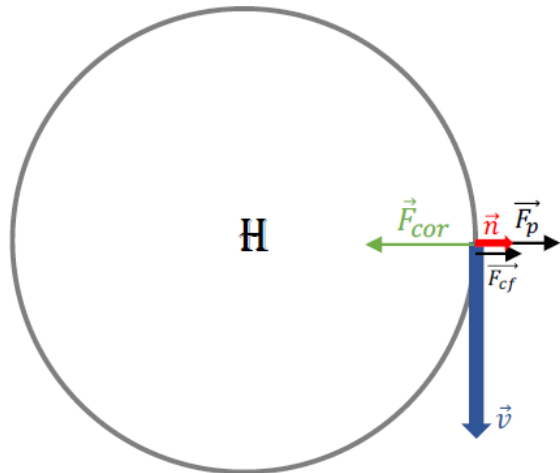
$$V = 8.5 \text{ m s}^{-1}$$

(b) anomalno niski (antibaričko strujanje): $R < 0$, $+\sqrt{(\)}$, $\partial p/\partial n > 0$



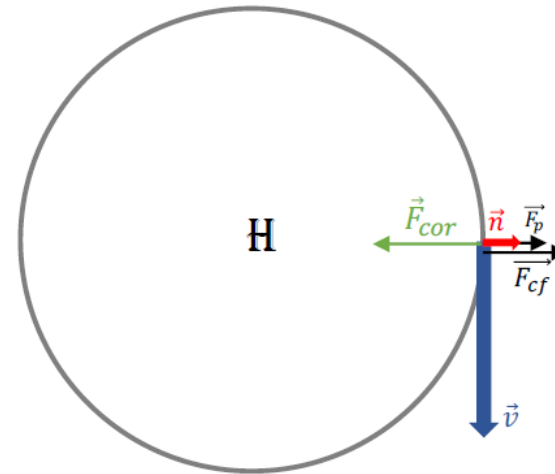
$$V = 58.5 \text{ m s}^{-1}$$

(c) regularno visoki: $R < 0$, $-\sqrt{(\)}$, $\partial p/\partial n < 0$
anticyklona



$$V = 13.8 \text{ m s}^{-1}$$

(d) anomalno visoki: $R < 0$, $+\sqrt{(\)}$, $\partial p/\partial n < 0$
Velike brzine, nije realno.



$$V = 36.2 \text{ m s}^{-1}$$

8. Kolika je brzina geostrofičkog vjetra ako razmak susjednih izobara na karti mjerila 1: 10⁷ iznosi $\Delta n = 3 \text{ cm}$, $\varphi = 60^\circ \text{ N}$, $\rho = 1.27 \text{ kg m}^{-3}$. Izobare se crtaju svakih 5 hPa.

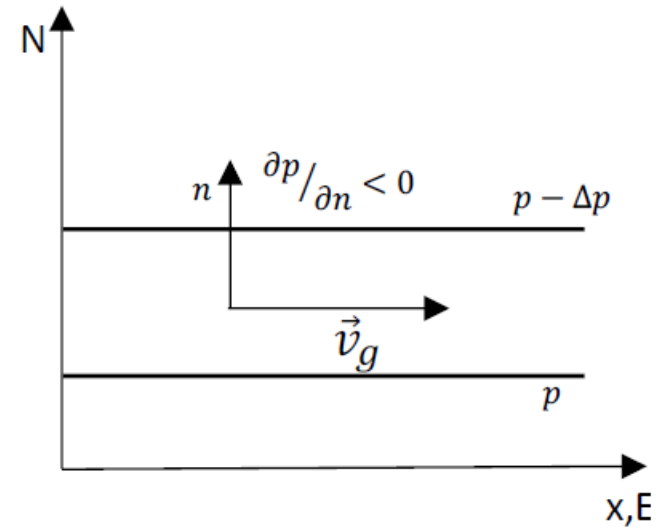
Rješenje:

geostrofički vjetar $v_g = -\frac{1}{\rho f} \frac{\partial p}{\partial n}$

$$\frac{\Delta p}{\Delta n} = \left(-\frac{5 \text{ hPa}}{3 \text{ cm}} \right)_{\text{karta}}$$

$$\frac{\Delta p}{\Delta n} = \left(-\frac{5 \text{ hPa}}{3 \cdot 10^5 \text{ m}} \right)_{\text{u prirodi}}$$

$$v_g = 10.4 \text{ m s}^{-1}$$



9. Izračunajte brzinu geostrofičkog vjetra na plohi 500 hPa ako razmak između susjednih izohipsi na karti apsolutne topografije 500 hPa iznosi 3.5 cm, $\varphi = 60^\circ$ S, a razmjer karte $1: 2 \cdot 10^7$. Izohipse se crtaju svakih $\delta Z = 40$ gpm.

Rješenje:

Geostrofički vjetar u (x,y,p) KS:

$$\vec{v}_g = \frac{g}{f} \vec{k} \times \nabla_p Z = \frac{1}{f} \vec{k} \times \nabla_p \Phi$$

Coriolisov parametar:

$$f = 2\Omega \sin \varphi = 2 \cdot 7.29 \cdot 10^{-5} \cdot \sin(-60^\circ) = -1.263 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

Iznos geostrofičkog vjetra:

$$|\vec{v}_g| = \left| -\frac{1}{1.263 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}} \cdot \frac{40 \cdot 9.8 \text{ J kg}^{-1}}{3.5 \cdot 10^{-2} \text{ m}} \cdot \frac{1}{2 \cdot 10^7} \right| = 4.4 \text{ m/s}$$

10. Gradijentski vjetar u (a) cikloni i (b) anticikloni na kružnoj izobari radijusa $R = \pm 400$ km i $\varphi = 60^\circ$ N iznosi 15 m s^{-1} . Kolika je brzina geostrofičkog vjetra pri istim uvjetima?

Rješenje:

$$\text{geostrofički vjetar} \quad v_g = -\frac{1}{\rho f} \frac{\partial p}{\partial n}$$

$$\text{n komponenta jednađbe gibanja} \quad \frac{V^2}{R} + fV = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n}$$

$$\frac{V^2}{R} + fV = fv_g \implies v_g = \frac{V^2}{Rf} + V$$

$$\text{(a) } R > 0, v_g = 19.45 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{(b) } R < 0, v_g = 10.55 \text{ m s}^{-1}$$

11. U nekoj točki na $\varphi = 55^\circ \text{ N}$ puše geostrofički vjetar sa sjeverozapada brzinom 10 m s^{-1} . Kolika je horizontalna komponenta gradijenta tlaka u toj točki i u kojem je smjeru, ako je gustoća zraka na toj visini $\rho = 1.1 \text{ kg m}^{-3}$?

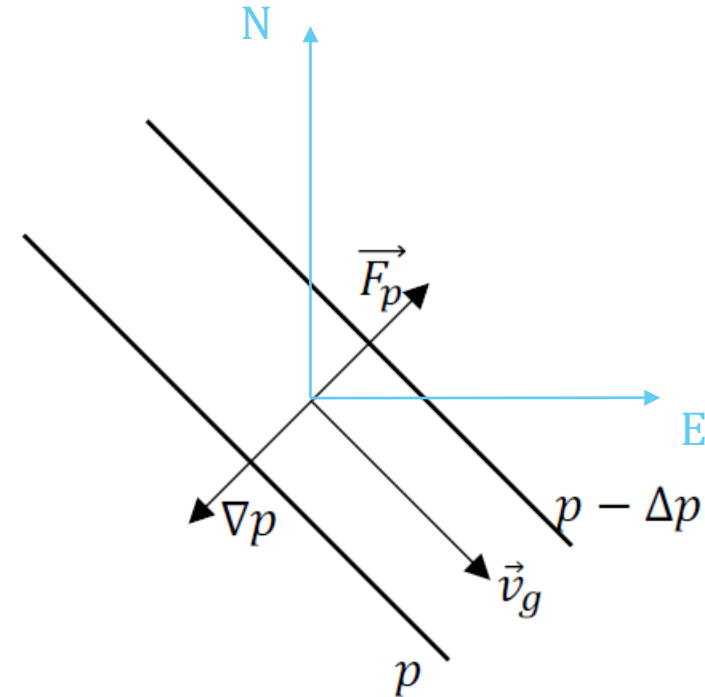
Rješenje:

n komponenta jednačbe gibanja

$$\underbrace{\frac{V^2}{R}}_{= 0 \text{ jer } R \rightarrow \infty} + fV = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n}$$

$$fv_g = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n}$$

$$\frac{\partial p}{\partial n} = -\rho f v_g = -\frac{1.3 \text{ hPa}}{100 \text{ km}}$$



- smjer gradijenta tlaka (∇p): prema jugozapadu
- smjer sile gradijenta tlaka (\vec{F}_p): prema sjeveroistoku