

Klimatologie a hydrogeografie

Lekce 4

Atmosférické fronty a vzduchové hmoty
Všeobecná cirkulace atmosféry
Tropická a mimotropická cirkulace



RNDr. Jiří Jakubínský, Ph.D. | 30. 10. 2017

Proudění vzduchu



Proudění vzduchu



Proudění vzduchu

tromba – atmosférický vír s nehorizontální osou rotace (malé tromby v Česku označovány jako „rarášci“)



Vzduchové hmoty

- fyzikálně relativně **stejnorodé útvary** charakteristické jen **malými horizontálními gradienty** meteorologických prvků a jejich zákonitou změnou s výškou, typickou pro danou vzduchovou hmotu
- horizontální rozměry cca **2 – 3 tisíce km**
- vertikální rozměry **od zemského povrchu až po tropopauzu**
- vzduchové hmoty (VH) o rozdílných vlastnostech jsou odděleny **atmosférickými frontami**
- dělení VH podle oblastí jejich formování:
 - **arktická**, resp. **antarktická**
 - **mírných šířek (polární)**
 - **tropická**
 - **ekvatoriální**
- všechny VH (vyjma ekvatoriální) se dělí na **mořskou a kontinentální**
- přemísťování VH vede ke změně fyzikálních vlastností → **transformace vzduchových hmot**

Vzduchové hmoty

- **transformací VH** dochází ke:
 - změně geografického typu VH
 - změně uvnitř daného typu (mořská / kontinentální)
- **typy vzduchových hmot podle termodynamického hlediska:**
 - **teplá VH**
 - při přemísťování se postupně ochlazuje (její teplota neodpovídá podmínkám energetické bilance v dané oblasti)
 - přináší oteplení
 - při ochlazování její dolní části od zemského povrchu se zmenšuje vertikální teplotní gradient a vzniká stabilní zvrstvení (někdy až inverze) – typicky např. v zimě při proudění oceánského vzduchu na pevninu (výskyt oblak typu St, Sc → mrholení, advekční mlhy)
 - nevýrazný denní chod meteorologických prvků při stabilním zvrstvení
 - labilní zvrstvení se vyskytuje méně často (oblaka typu Cu, Cb – lijáky, bouřky v létě) – výraznější denní chod meteorologických prvků

Vzduchové hmoty

– studená VH

- při přemísťování do dané oblasti se zdola postupně prohřívá
- způsobuje ochlazení
- zahříváním od zemského povrchu vzniká velký vertikální teplotní gradient a labilní zvrstvení (typické v létě nad kontinenty a v zimě nad oceány [zde ojediněle i v létě]) – výskyt oblak druhu Cu, Cb, lijáky, bouřky, v noci nad pevninami také radiační mlhy
- velmi výrazný denní chod meteorologických prvků
- stabilní zvrstvení ve studeném vzduchu se vyskytuje jen v zimě nad pevninou (mrazivé, bezoblačné počasí, ojediněle s radiačními mlhami) – denní chod meteorologických prvků je méně výrazný

– neutrální (místní) VH

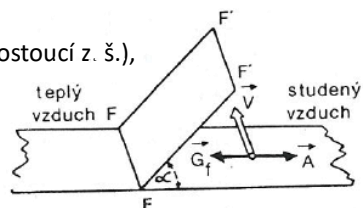
- v dané oblasti si zachovávají po několik dnů své základní vlastnosti
- podle výchozích vlastností mohou být zvrstvené stabilně (v zimě nad pevninou) i labilně (v létě nad pevninou)

Atmosférické fronty

- **úzká přechodná vrstva mezi vzduchovými hmotami**
- délka až několik stovek km / šířka obvykle jen desítky km
- výška několik km (až po tropopauzu)
- průsečnice frontální plochy se zemským povrchem = **frontální čára (fronta)**
- **hlavní atmosférické fronty** (mezi základními geografickými typy VH)
- **podružné atmosférické fronty** (mezi teplotně rozdílnými VH stejného geografického typu)
- **výškové fronty** (v určité výšce nad zemským povrchem v troposféře)
- 3 hlavní atmosférické fronty:
 - **arktická (AF)** – rozhraní mezi arktickým a polárním vzduchem
 - **polární (PF)** – rozhraní mezi polárním a tropickým vzduchem
 - **tropická (TF)** – málo výrazné rozhraní mezi pasáty obou polokoulí → častěji užívaný název „**tropická zóna konvergence**“
- **klimatická fronta** = průměrná dlouhodobá poloha hlavních atmosférických front

Atmosférické fronty

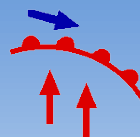
- **frontogeneze**
 - důsledek konfluenčních pohybů vzduchu
 - přibližují se vzduchové částice o různých vlastnostech
 - zvětšování horizontálních gradientů teploty + dalších prvků
 - vznik výrazného rozhraní
- **frontolýza** – zánik atmosférické fronty
- stav rovnováhy mezi teplým a studeným vzduchem
 - **nerotující Země**: teplý vzduch nad studeným, oddělen horizontální plochou
 - **rotující Země**: frontální plocha ukloněna vzhledem k horizontu na stranu studeného vzduchu, úhel sklonu cca $0,5-1^\circ$ (zmenšuje se s rostoucí z. š.), vzduch proudí podél frontální čáry
 - **stacionární fronta**



Atmosférické fronty

- při zapojení složek rychlosti směřující k frontě → přemísťování fronty směrem k teplému nebo studenému vzduchu = **pohyblivá fronta**
- **pohyb vzduchu** v teplé a studené vzduchové hmotě **není rovnoměrný** – vznikají **vertikální složky rychlosti proudění** → výstup nebo sestup teplého vzduchu podél klínu studeného vzduchu
- **anafronta** = fronta na které dochází k výstupnému klouzání teplého vzduchu
- **katafronta** = sestupný pohyb teplého vzduchu podél klínu studeného vzduchu

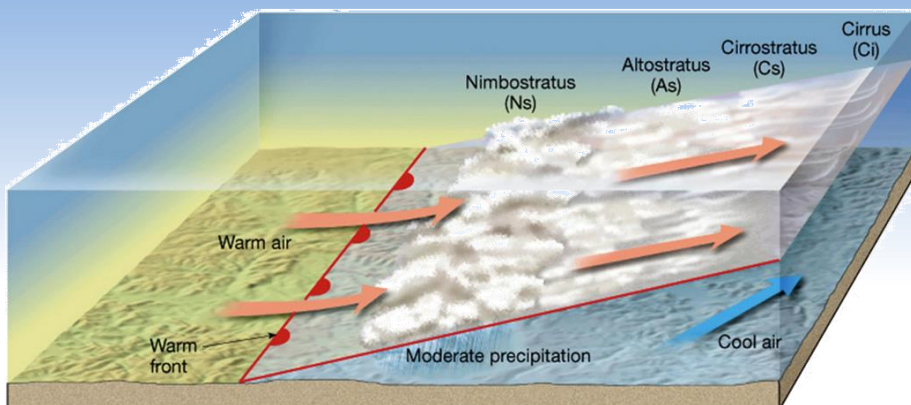
Atmosférické fronty



• TEPLÁ FRONTA

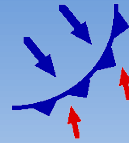
- část fronty přemísťující se na stranu relativně chladnější VH
- za teplou frontou postupuje teplejší VH, chladnější vzduchu před frontou ustupuje
- nejčastěji **anafronta**
- nad frontou se nachází **oblačný systém** (oblaka Ci, Cs, As, Ns, pod nimi St)
- největší mocnost oblačnost v oblasti frontální čáry
- zóna oblaků Ns s trvalými srážkami (obvykle rozsah okolo 300 km)
- celý oblačný systém až 900 km
- **sled událostí typických pro přechod studené fronty:**
 - 1) oblaka druhu Ci, Cs
 - 2) pokles tlaku vzduchu a zesilování větru
 - 3) oblaka As → Ns, trvalé srážky, další zesilování větru, pokles tlaku se zpomaluje
 - 4) po přechodu fronty – vzestup teploty vzduchu, stáčení větru vpravo ve směru hodinových ručiček (např. JV→JZ), srážky ustávají

Atmosférické fronty



zdroj: Lutgens, Tarbuck 2004

Atmosférické fronty



- **STUDENÁ FRONTA**

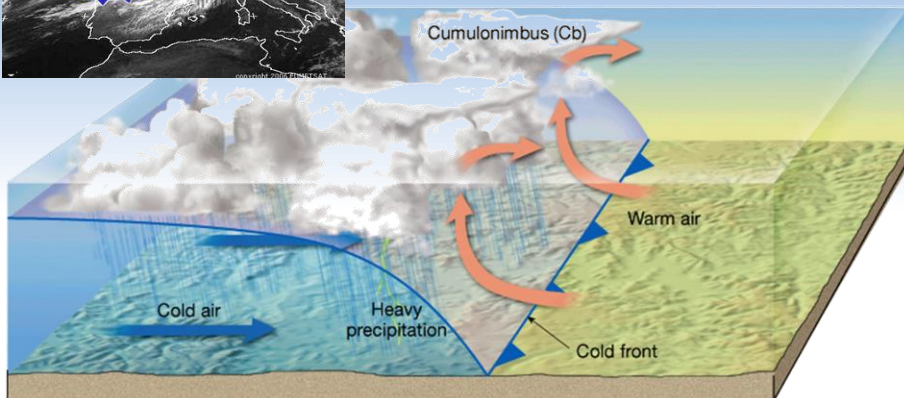
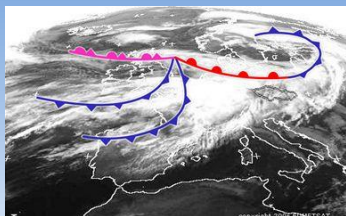
- přemísťuje se na stranu relativně teplejší VH
- za ní postupuje **relativně chladnější VH**, teplejší vzduch před frontou ustupuje
- rychlost postupu studeného vzduchu **zpomalována třením** o zemský povrch → typický profil **tvaru tupého klínu**
- podle rychlosti postupu rozlišujeme **2 druhy studené fronty**:
 - **studená fronta 1. druhu**
 - pohybuje se **pomaleji**
 - v celém výškovém profilu je **anafrontou**
 - **oblačný systém** totožný s teplou frontou, ale v opačném pořadí (Ns–As–Cs)
 - silný výstup teplého vzduchu po **strmé spodní části fronty** (vznik Cb, přeháňkové deště a bouřky)
 - přeháňky přecházejí v trvalé srážky za frontou (ve studeném vzduchu)
 - užší srážkové pásmo oproti teplé frontě (strmá frontální plocha)

Atmosférické fronty

- **studená fronta 2. druhu**

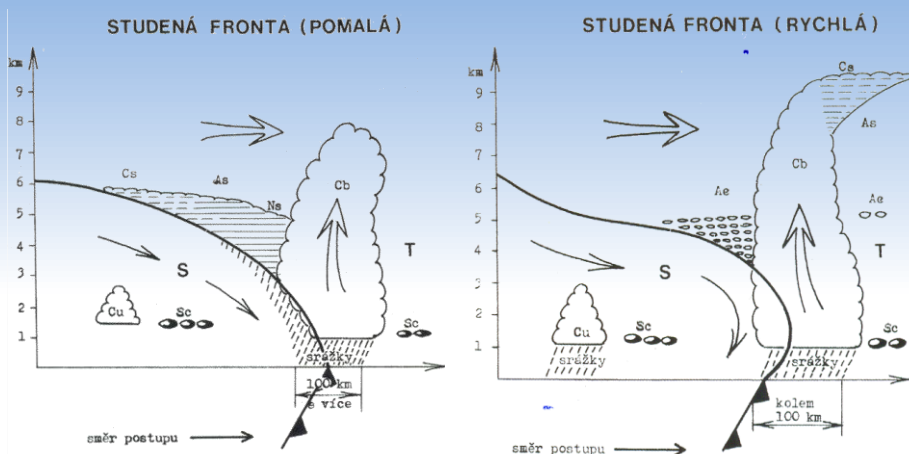
- pohybuje se **rychleji**
- ve spodní části **anafronta**, od cca 2–3 km **katafronta**
- teplý vzduch nad frontální plochou se pohybuje rychleji než samotná fronta → předbíhá ji a sestupuje podél její plochy
- vystupující teplý vzduch se obrací zpět do teplé VH za vzniku **inverze subsidenčního typu**
- intenzivní výstup vzduchu na čele fronty vede ke vzniku Cb (intenzivní přeháňky, bouřky)
- velmi **malá šířka srážkového pásma** (50–100 km)
- potenciál k formování **podružné studené fronty**
- před frontou atmosférický **tlak klesá**, po jejím přechodu však **stoupá**

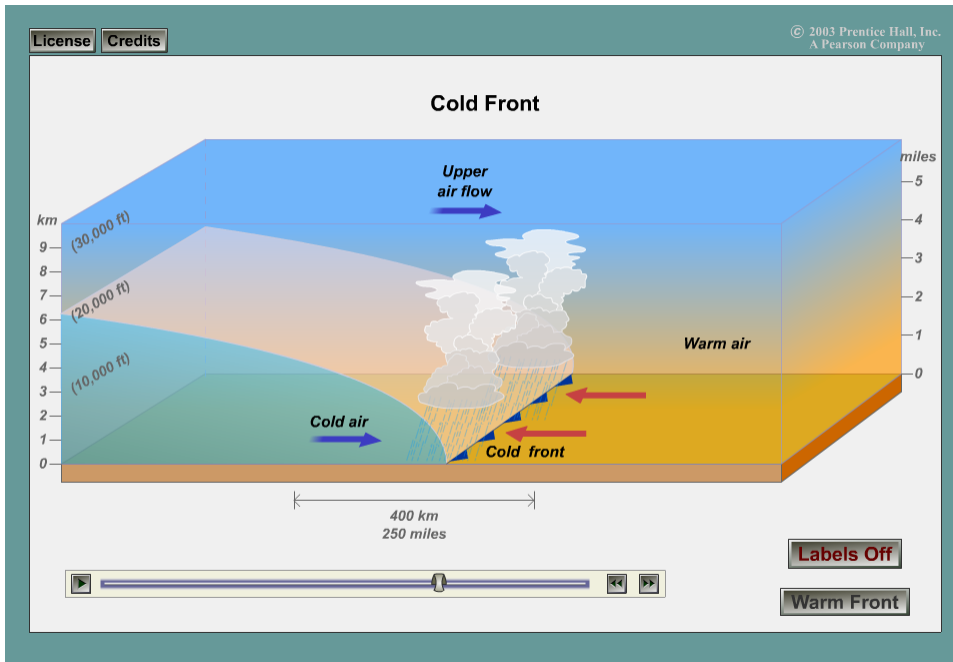
Atmosférické fronty



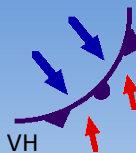
zdroj: Lutgens, Tarbuck 2004

Atmosférické fronty





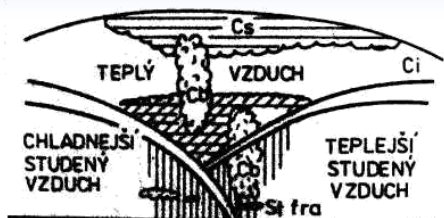
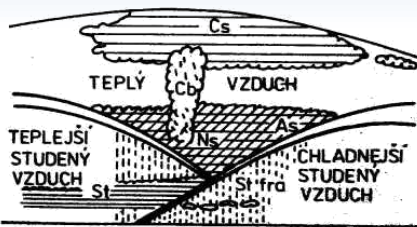
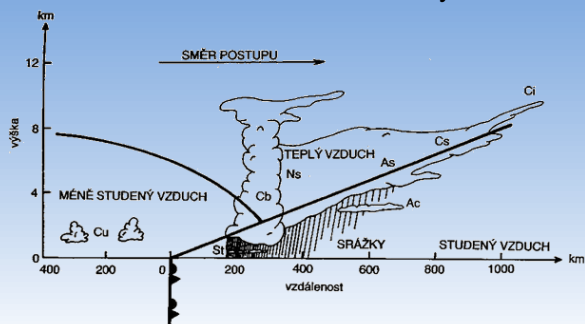
Atmosférické fronty



- **OKLUZNÍ FRONTA**

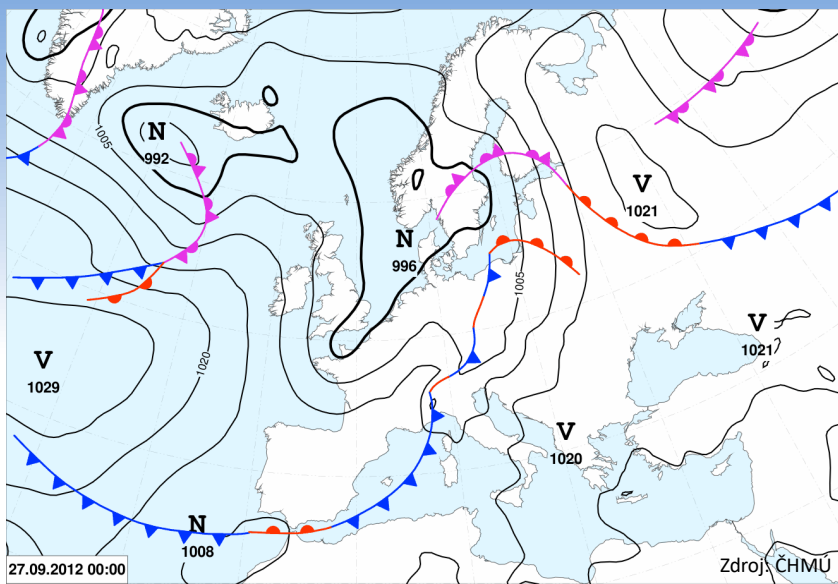
- rychle se pohybující studená fronta dostihuje jinou studenou VH
- teplý vzduch je zcela vytlačen od zemského povrchu
- **proces okludování, okluzní bod**
- v případě stejné teploty obou zúčastněných studených front nevzniká frontální rozhraní – **neutrální okluze**
- **teplá okluzní fronta** – teplota vzduchu studené fronty je vyšší než teplota studené VH kterou dostihuje
- **studená okluzní fronta** – teplota vzduchu studené fronty je nižší než teplota studené VH kterou dostihuje
- nejčastější výskyt teplých okluzních front v Evropě v zimě a studených okluzních front v létě
- oblačné systémy okluzní fronty jsou kombinací systému teplé a studené fronty

Atmosférické fronty



Zdroj: Netopil a kol. 1984

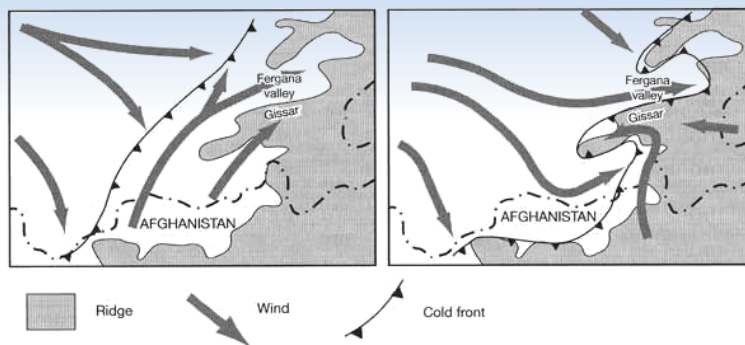
Atmosférické fronty



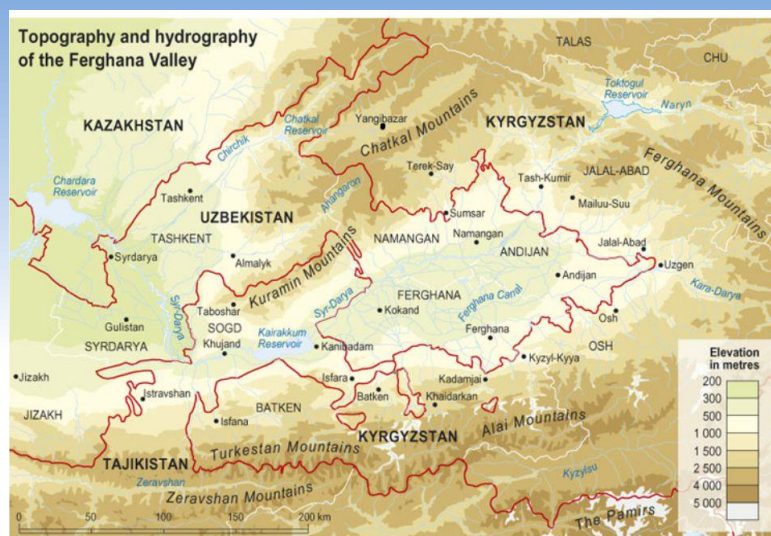
Atmosférické fronty

- **orografická okluze**

- horské překážky překoná snadno teplá fronta
- studené fronty jsou obvykle zadrženy horami vyššími než 2 000 m
- studený vzduch pohoří obtéká
- teplý vzduch je vytlačován vzhůru a na druhou stranu pohoří
- deformace fronty



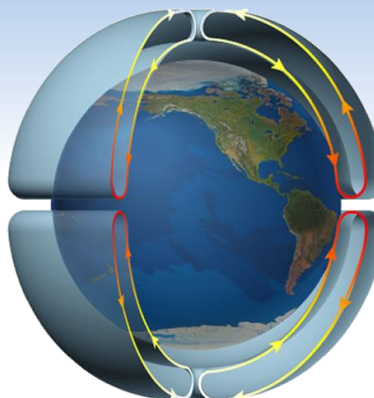
Atmosférické fronty



THE MAP DOES NOT REPLY THE EXPRESSION OF ANY OPINION ON THE PART OF THE AGENCIES CONCERNING THE LEGAL STATUS OF ANY COUNTRY, TERRITORY, CITY OR AREA OF ITS AUTHORITY, OR DELINEATION OF ITS FRONTIERS AND BOUNDARIES.
MAP BY VIKTOR NOVIKOV AND PHILIPPE REKACEWICZ - UNEP/GRID-ARENAL - APRIL 2005

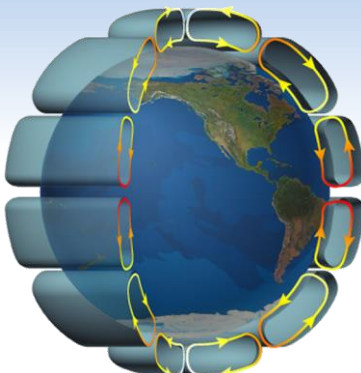
Všeobecná cirkulace atmosféry

- **system stálých vzdušných proudění velkého měřítka**
- rozměry kontinentů a oceánů
- vertikálně od zemského povrchu až do spodní mezoféry
- základní faktory:
 - sluneční záření
 - rotace Země
 - nehomogenita zemského povrchu
 - tření o zemský povrch
- **nerotující Země s homogenním povrchem**
 - jednoduchá cirkulace mezi termicky podmíněnými oblastmi **NT** kolem rovníku a **VT** při pólech



Všeobecná cirkulace atmosféry

- **rotující homogenní Země**
 - odchylka výškového proudění na sever a jih od rovníku
 - v oblasti 30. rovnoběžky odchylka až 90° → akumulace vzduchu → lokální zvýšení tlaku vzduchu (subtropický pás VT)
 - 3 relativně samostatné cirkulační mechanismy na každé polokouli



Všeobecná cirkulace atmosféry

- **reálná Země**
 - složitý cirkulační mechanismus
 - **vliv nehomogenního zemského povrchu**
 - **vliv tření vzduchu o zemský povrch**
 - **základní zákonitosti všeobecné cirkulace atmosféry (VCA):**
 - převážně vírový charakter atmosférických pohybů
 - převaha rychlostí horizontálních pohybů nad vertikálními v měřítku velkoprostorových vírů
 - převládá zonální proudění (ve směru rovnoběžek) nad prouděním meridionálním (ve směru poledníků)
 - pohyby atmosféry jsou nestacionární
 - směr a rychlost proudění se mění od vrstvy k vrstvě a od sezóny k sezóně
 - **horizontální tlakový gradient** směřuje obecně **od rovníku k pólům** (platí nad mezní vrstvou atmosféry)
 - v troposféře a spodní stratosféře převládá **západní proudění** (vliv uchylující síly zemské rotace)

Všeobecná cirkulace atmosféry

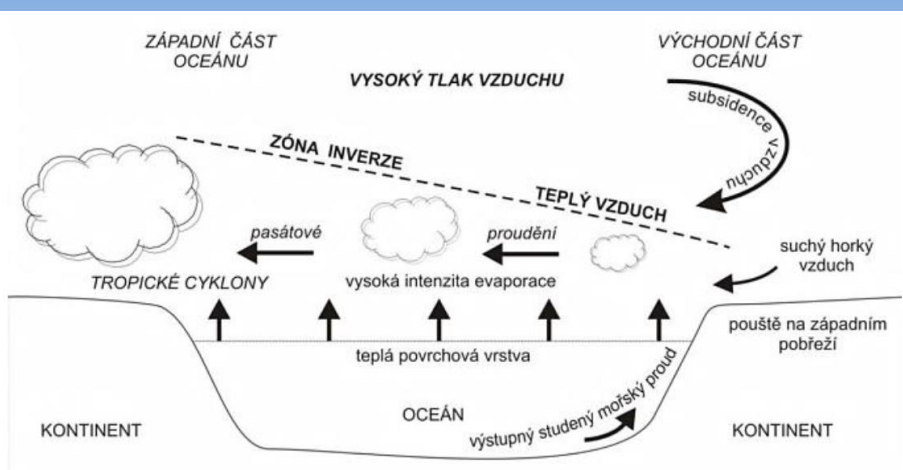
- **CIRKULACE TROPICKÝCH ŠÍŘEK**
 - rozdíl teplot mezi ekvatoriálními a subtropickými oblastmi
 - cirkulace celoročně existuje jen v oblasti Tichého a Atlantského oceánu
 - **Hadleyova buňka**
 - **tropická zóna konvergence (TZK)**
 - pásmo **nízkého tlaku** podél rovníku
 - **konfluence vzdušných proudů** a výstup vzduchu → kupovitá oblačnost
 - **posun TZK v průběhu roku** (závislost na poloze Slunce)
 - závislost na poloze termického rovníku
 - vyšší prům. teploty S polokoule → TZK dosahuje do vyšších z. š. (až 30° s. š. v Asii)
 - **pásmo rovníkových tišin** v případě TZK v oblasti geografického rovníku
 - vznik **druhotné zóny konvergence** v případě TZK na S polokouli
 - TZK nepředstavuje výrazné teplotní rozhraní, rozdílů zejm. ve vlhkosti

Všeobecná cirkulace atmosféry

– PASÁTY

- **silné stálé větry ve spodní troposféře** v oblasti mezi subtropickou výší a ekvatoriální níží
- 20° z. š. zimní polokoule až 30° z. š. letní polokoule
- S polokoule: **SV větry** / J polokoule: **JV větry**
- nejlépe vyvinuty nad východními částmi oceánů
- nad pevninou vanou jen sezónně nebo vůbec (např. SV Afrika – Arabský pol.)
- JV pasát: vlhký chladnější vzduch na pevninu
- SV pasát: variabilní v závislosti na lokalitě
- **3 vrstvy pasátové cirkulace:**
 - **vrstva spodních pasátů** (mocnost 500–2500 m)
 - **vrstva pasátové inverze** (ohřívání vzduchu při jeho sesedání v oblasti subtropů, ochlazování spodních vrstev od chladných vod oceánu či chladnější pevniny v zimě)
 - **vrstva horních pasátů** (do výšky 6–10 km, východní směr, stabilnější a sušší vzduch)

Všeobecná cirkulace atmosféry

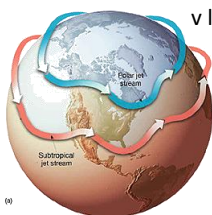


Zdroj: Ruda (2014)

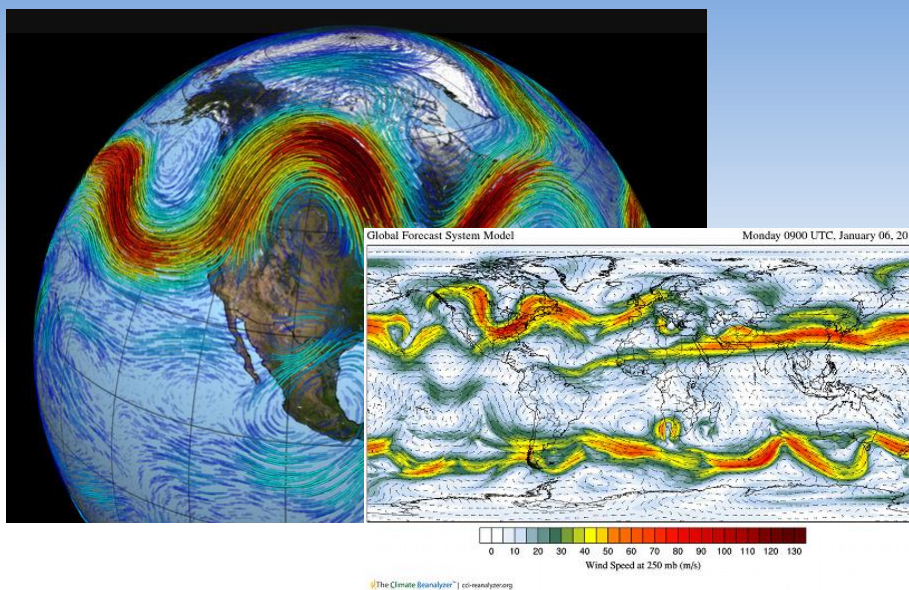
Všeobecná cirkulace atmosféry

– ANTIPASÁTY

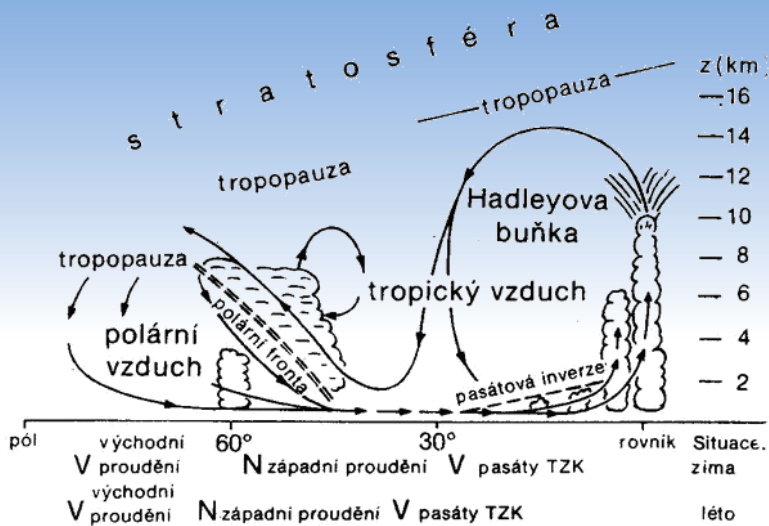
- odtok vzduchu z nízkých šířek ve výškách 8–12 km v blízkosti rovníku do 4–6 km na 25°–30° s. š. a j. š.
- **reálné proudění je však poněkud odlišné** (meridionální složky rychlosti proudění jsou velmi malé)
- situace nejvíce připomíná proudění nad západními částmi oceánů
- antipasáty se zachovávají pouze ve vybraných oblastech (zejm. 16°–20° z. š.)
- výskyt **tryskových proudění („jet streams“)**
 - **subtropický jet stream** (35° s. š. – 30° j. š., hladina 200 hPa, silné západní proudění)
 - **tropický jet stream** (cca 10° s. š. a 10°–20° j. š., silné východní proudění v letním období v oblasti JV Asie, Indie a Afriky)



Všeobecná cirkulace atmosféry



Všeobecná cirkulace atmosféry

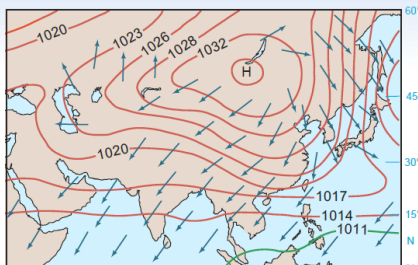


Zdroj: Netopil a kol. 1984

Všeobecná cirkulace atmosféry

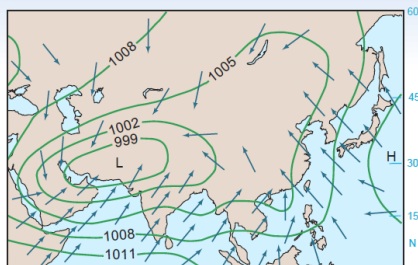
– MONZUNY

- vzdušná proudění **sezónního charakteru** nad velkými částmi zemského povrchu, jež se vyznačují náhlou a (téměř) protichůdnou změnou převládajícího směru větru mezi zimním a letním obdobím
- nesterétné zahřívání povrchu oceánu a kontinentu → termicky podmíněné rozdíly v rozložení tlaku vzduchu
- v zimě z pevniny na oceány / v létě naopak (**zimní, resp. letní monzun**)
- výskyt **nejen v tropech**, nejintenzivnější však jsou **tropické monzuny**



JANUARY

Zdroj: Strahler 2011



JULY

Všeobecná cirkulace atmosféry

– TROPICKÉ CYKLÓNY

- **cyklonální víry**, vznikající v **TZK nad oceány**
- malé rozměry (do 1000 km)
- **velké tlakové gradienty** (14–17 hPa/100 km) → rychlosti větru 50–100 m.s⁻¹
- v centru cca 960–970 hPa
- **vznik v oblastech mezi 5°–20° z. š.** (kolem rovníku jen zřídka)
- zdroj energie = povrchové **vody tropických částí oceánů**, s teplotou vyšší než **26 °C**
- tlaková níže, labilní teplotní zvrstvení, konvekční výstup nasyceného vzduchu
- pohyb malou rychlostí **od východu k západu**, odchylování k vyšším z. š.
- nad pevninou dochází **vlivem tření ke ztrátě energie a zániku cyklóny**
- zhruba od 25° z. š. se dráha cyklony parabolicky zakřivuje (okraj subtropické anticyklóny) – SV směr (na S polokouli)
- mírný pás: **zánik cyklóny** nebo změna v **mimotropickou cyklónu**

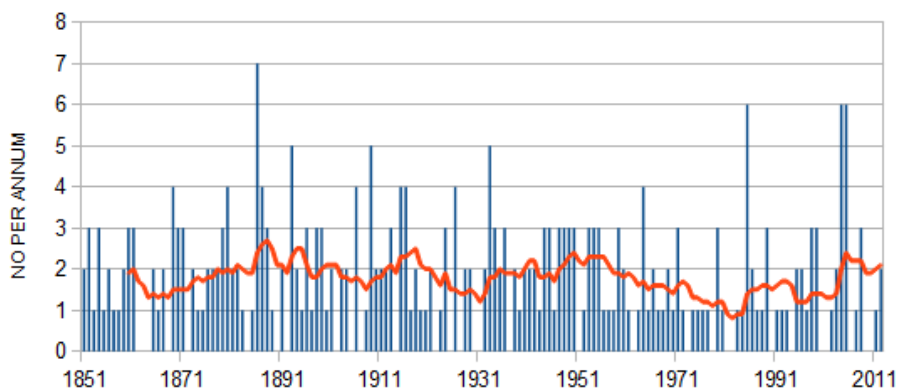
Všeobecná cirkulace atmosféry

- „**oko cyklóny**“ – slabé sestupné pohyby vzduchu, bez oblaků, po obvodu intenzivní konvekční proudění (oblaka Cb, Ns, ...)
- negativní dopady tropických cyklón na lidskou populaci
- regionální názvy tropických cyklón
 - **tajfun** (Dálný východ)
 - **cyklón** (Bengálský záliv a Arabské moře)
 - **uragán** (Střední Amerika)
 - **hurikán** (Atlantský oceán)
 - **orkán** (jižní část Indického oceánu)
 - **Willy-Willy** (mezi Austrálií a Kokosovými ostrovy)



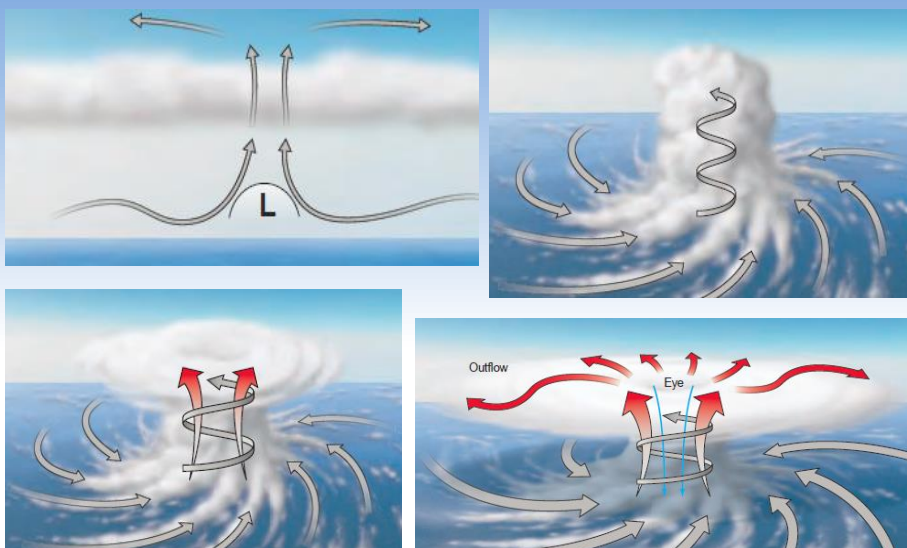
Všeobecná cirkulace atmosféry

US LANDFALLING HURRICANES : 1851-2012
WITH 10-YEAR RUNNING AVERAGE



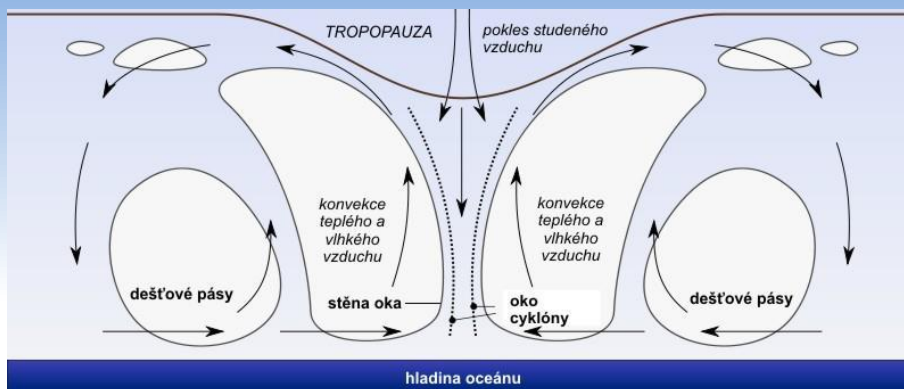
Zdroj: NOAA 2013

Všeobecná cirkulace atmosféry



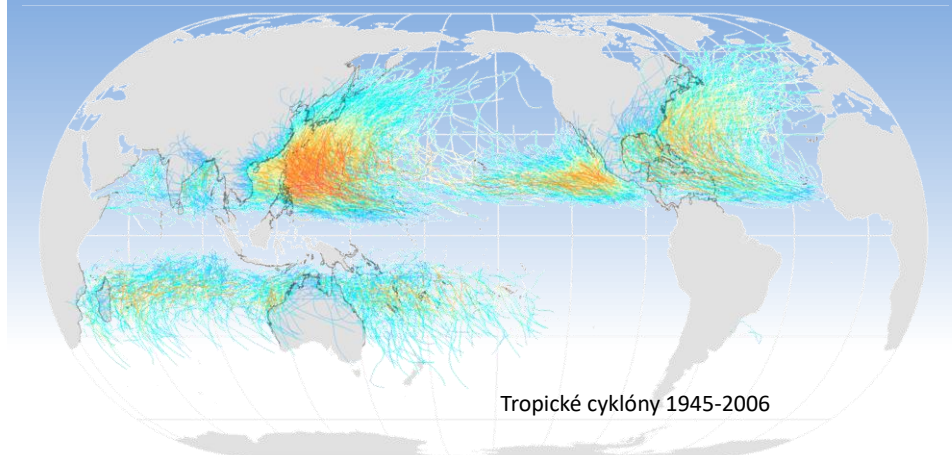
Zdroj: Strahler 2011

Všeobecná cirkulace atmosféry



Zdroj: Ruda 2014

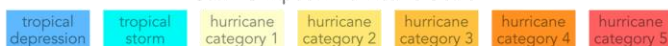
Všeobecná cirkulace atmosféry



Tropické cyklóny 1945-2006

Zdroj: Wikipedia

Saffir-Simpson Hurricane Scale:



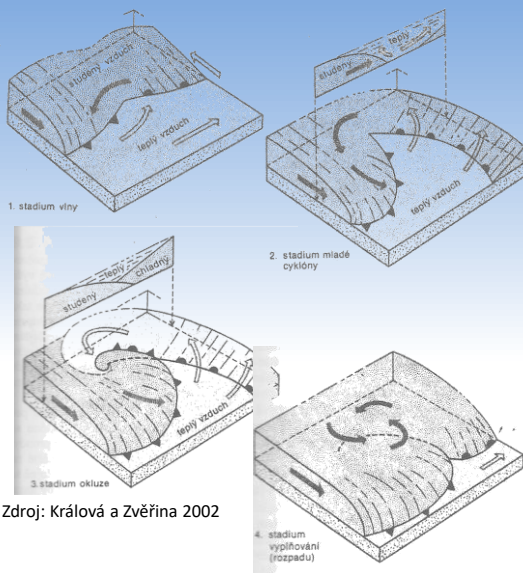
Všeobecná cirkulace atmosféry

- **MIMOTROPICKÁ CIRKULACE**
 - západní přenos vzduchu v mírných šířkách
 - v polárních oblastech (zejm. Antarktida) východní složka proudění
 - intenzivní cyklonální činnost – nepřetržitý vznik, vývoj a přemísťování cyklón a anticyklón
 - **mimotropické cyklóny:**
 - **termické**
 - vznik v létě nad pevninou a v zimě nad oceány
 - nestejněměrné zahřívání zemského povrchu
 - menší rozměry, slaběji vertikálně vyvinuty
 - **frontální**
 - vznik na atmosférické frontě, v podobě vlny (vlnové poruchy)
 - zvlnění fronty vlivem diskontinuity teploty vzduchu, větru či orografických podmínek
 - s rostoucí instabilitou teplotního zvrstvení roste pravděpodobnost vzniku vlny

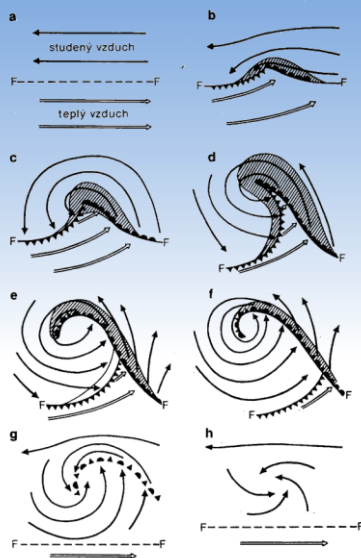
Všeobecná cirkulace atmosféry

- **vlny dynamicky stabilní** (po vzniku si zachovávají svoji amplitudu a pak zanikají)
- **vlny dynamicky instabilní** (amplituda rychle narůstá)
 - přední část vlny se pohybuje směrem do studeného vzduchu
 - zadní část do teplého vzduchu
 - charakter teplé, resp. studené fronty
- **stadia vývoje cyklóny:**
 - **stadium vlny** (vírový charakter proudění vzniklý na dynamicky instabilní vlně, teplý vzduch proniká nad studený)
 - **stadium mladé cyklóny** (amplituda vlny se zvětšuje, teplý vzduch proniká do studeného – vznik jazyka teplého vzduchu, tzv. teplý sektor cyklóny)
 - **stadium odumírání cyklóny** (studená fronta se pohybuje rychleji, teplý vzduch je vytlačován od povrchu, po vzniku okluzní fronty teplý sektor přestává existovat, cyklóna ztrácí spojení s frontou a začíná se vyplňovat)

Všeobecná cirkulace atmosféry

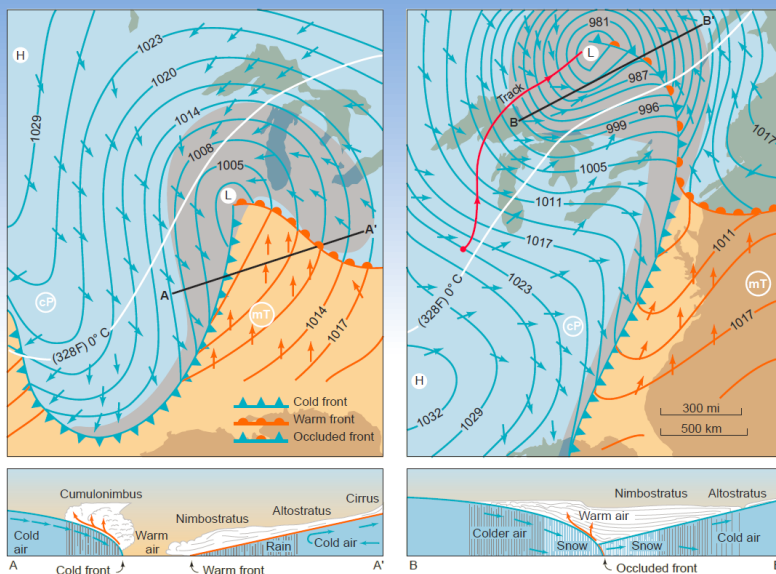


Zdroj: Králová a Zvěřina 2002



Zdroj: Netopil a kol. 1984

Všeobecná cirkulace atmosféry



Všeobecná cirkulace atmosféry

- v případě rozdílných teplot dvojice studených vzduchových hmot (na obou stranách okluzy) → **opětovný vývoj (regenerace) cyklóny**
- obnova teplotní asymetrie – druhotný teplý sektor
- **centrální cyklóna**: symetrická, nepohyblivá a hluboká deprese, vertikálně až k tropopauze, vzniklá po více regeneracích cyklóny
- postupně odumírá
- průměrná rychlost pohybu cyklón 40–80 km.h⁻¹
- pohyb obvykle **od západu k východu**, s uchylováním k vyšším z. š.
- vznik **série cyklón**

Všeobecná cirkulace atmosféry

- **ANTICYKLÓNY**
 - **příčiny vzniku anticyklón**
 - termické příčiny (ochlazení vzduchu od zemského povrchu)
 - druhotný efekt vývoje cyklón na frontách (deficit vs. přebytek vzduchové hmoty)
 - **specifika anticyklón**
 - bez frontálních rozhraní
 - převládají sestupné pohyby vzduchu (pěkné počasí)
 - inverze zabraňuje vývoji konvektivních oblaků a přeháněk
 - **typy počasí v oblasti anticyklón** (v závislosti na vlhkosti vzduchu)
 - jasné a suché počasí, event. nízké radiační mlhy v noci a kupovitá oblačnost na okrajích anticyklóny
 - s vlhovými oblaky druhu Sc a Ac (v létě na pevnině)
 - s oblaky druhu St a Sc s mrholením a mlhami (podzim, zima)
 - mírný vítr

Všeobecná cirkulace atmosféry

- **dělení anticyklón** dle charakteru přízemního tlakového pole a jeho změn
 - **stacionární subtropické anticyklóny**
 - mezi 10° a 40° z. š., zejm. nad oceány
 - horizontální rozměry 3000 až 4000 km
 - vertikálně vyplňují troposféru
 - **putující anticyklóny**
 - postupují mezi dvěma za sebou následujícími cyklónami stejné série
 - podoba hřebenů vysokého tlaku vzduchu
 - **anticyklóny uzavírající sérii cyklón**
 - vznik z putujících anticyklón, jejichž pohyb ustal
 - **stacionární (sezónní) studené anticyklóny mírných šířek**
 - např. severoamerická, asijská anticyklóna
 - typická přízemní inverze teploty
 - **arktické a antarktické zimní anticyklóny**
 - vznik ochlazením přízemní atmosféry dlouhovlnným vyzařováním
 - mohutná inverze, silná difluence proudnic

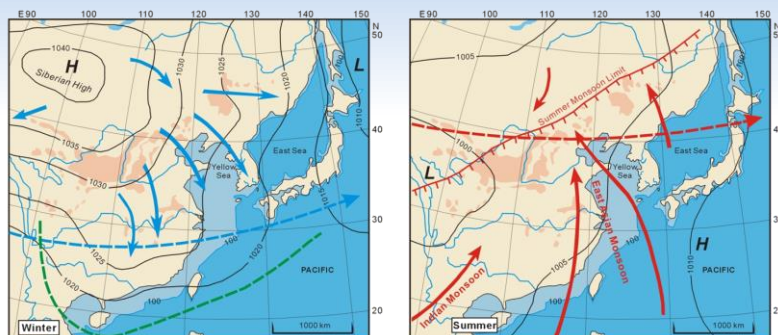
Všeobecná cirkulace atmosféry

- **typy atmosférické cirkulace v mimotropických šířkách**
 - **zonální typ**
 - přenos vzduchových hmot **od západu k východu**
 - nízký tlak ve vyšších šířkách, vysoký tlak v nižších šířkách
 - meridionální výměna tepla oslabena
 - v Evropě advekce teplého, resp. studeného vzduchu (v zimě, resp. v létě) z Atlantského oceánu
 - **meridionální typ**
 - vznik v důsledku existence **vedle sebe položených nepohyblivých studených cyklón a teplých, blokuujících anticyklón**
 - pronikání vzduchových hmot **z nízkých do vysokých šířek** v čelních částech cyklón a v týlových částech anticyklón
 - pronikání vzduchu **z vysokých do nízkých šířek** v týlových částech cyklón a čelních částech anticyklón
 - narušení západního přenosu vzduchu
 - v Evropě vpády studeného arktického vzduchu nebo teplého tropického vzduchu

Všeobecná cirkulace atmosféry

- **MIMOTROPICKÉ MONZUNY**

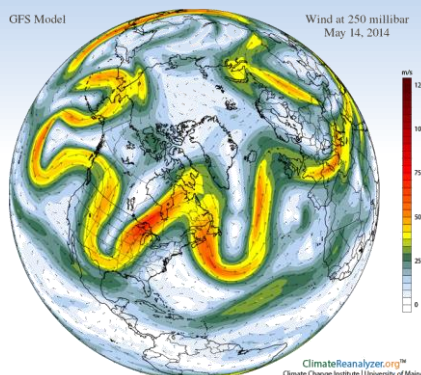
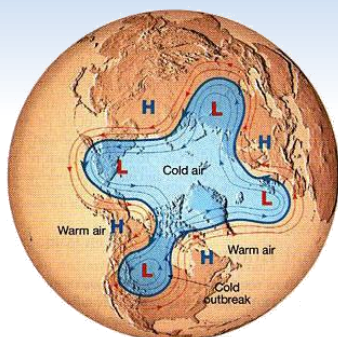
- monzuny mírných a vysokých z. š.
- východní Asie
- sezónní převládání nízkého tlaku vzduchu v létě a vysokého tlaku v zimě nad pevninou
- méně stálé a méně intenzivní oproti tropickým monzunům



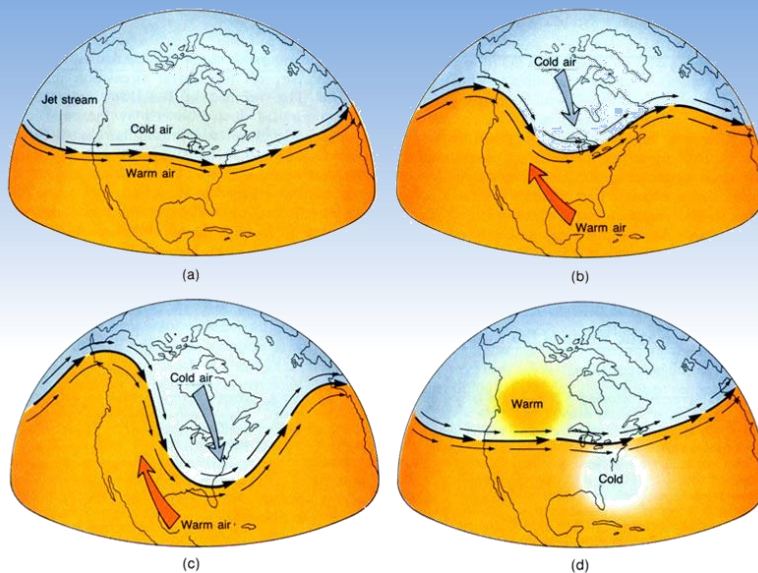
Všeobecná cirkulace atmosféry

- **PROUDĚNÍ VZDUCHU VE VYŠŠÍ ATMOSFÉŘE**

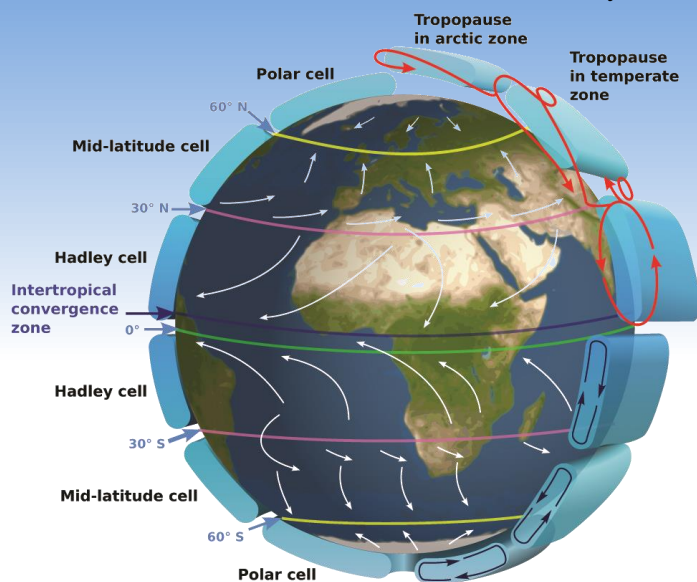
- vysokorychlostní proudění vzduchu se západní složkou
- **polární tryskové proudění („jet stream“)**
- styk polárního a tropického vzduchu
- poloha velmi proměnlivá v prostoru a čase – vznik vzdušných „meandrů“ → **Rosbyho vlny**



Všeobecná cirkulace atmosféry



Všeobecná cirkulace atmosféry



Clear all animations

Circulation near the Equator

Add Tropical and Midlatitude Circulation

Add High Latitude Circulation

Labels Off

