

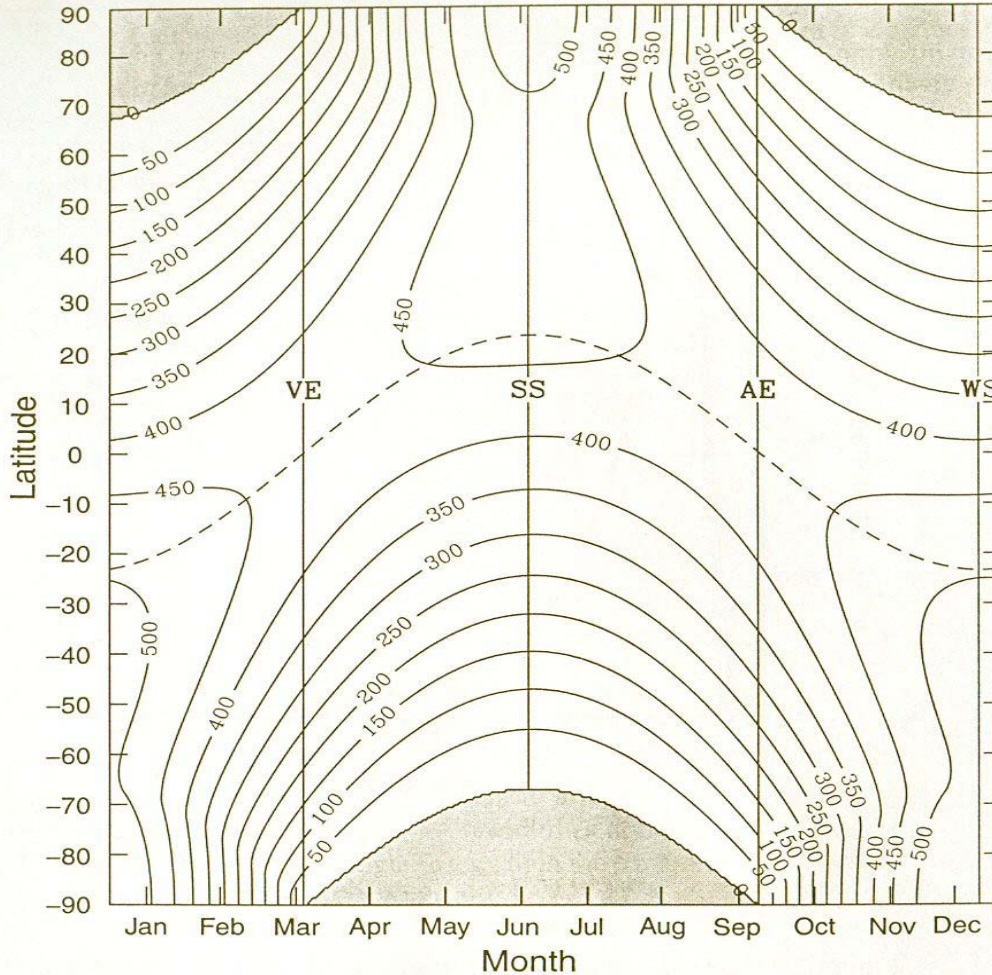
AZ ÁLTALÁNOS LÉGKÖRZÉS



Általános légkörzés: *Az egész Földre kiterjedő légköri áramlási rendszerek együttese (WMO definíció).*

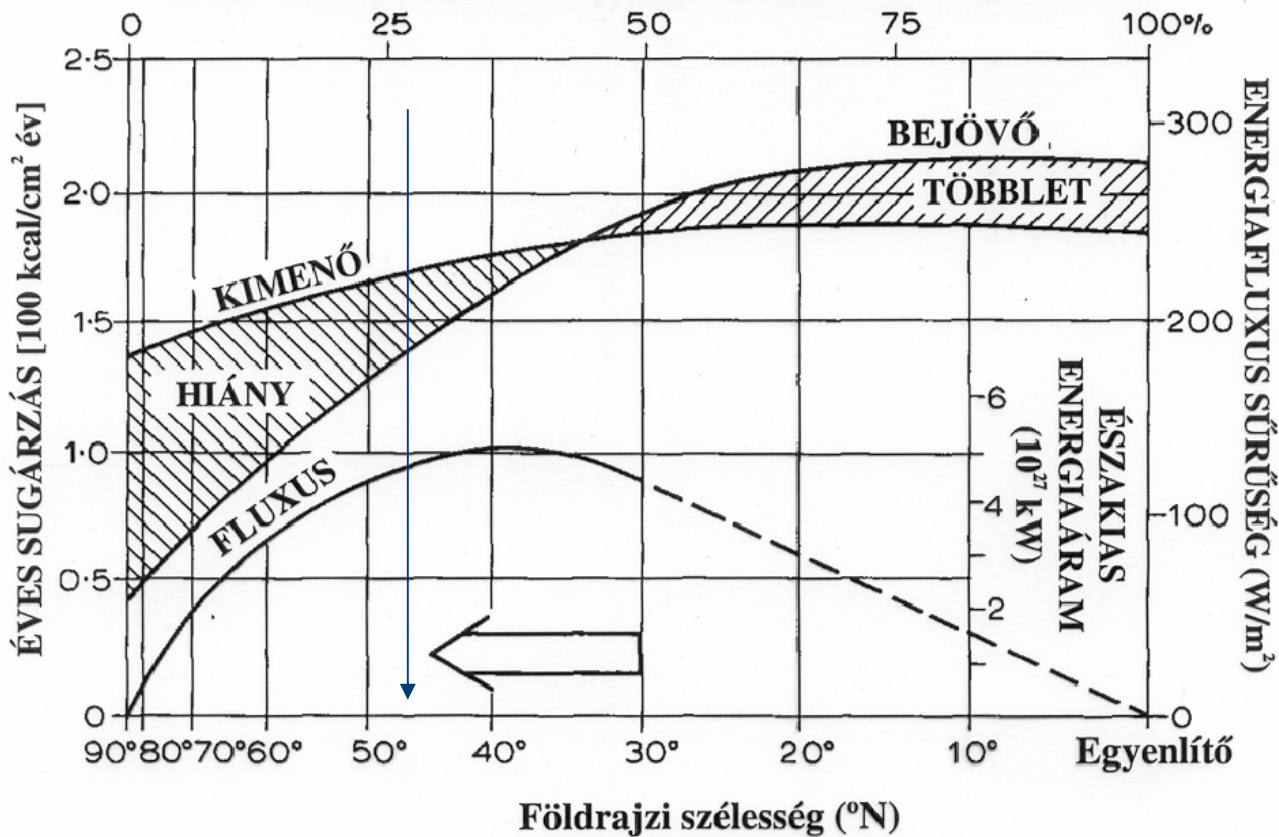
- A légkör és az óceánok mozgásának fenntartásához szükséges energiát a Nap elektromágneses sugárzása biztosítja.

Sugárzási energia



- Egyenlítőtől pólusokig csökken
- Északi féltekén 5 nappal hosszabb a nyár (III.21.- IX.23.)
- Déli féltekén nyáron nagyobb a besugárzás - napközeli

AZ ÉSZAKI FÉLGÖMB FELSZÍNÉNEK SZÁZALÉKÁBAN (%)



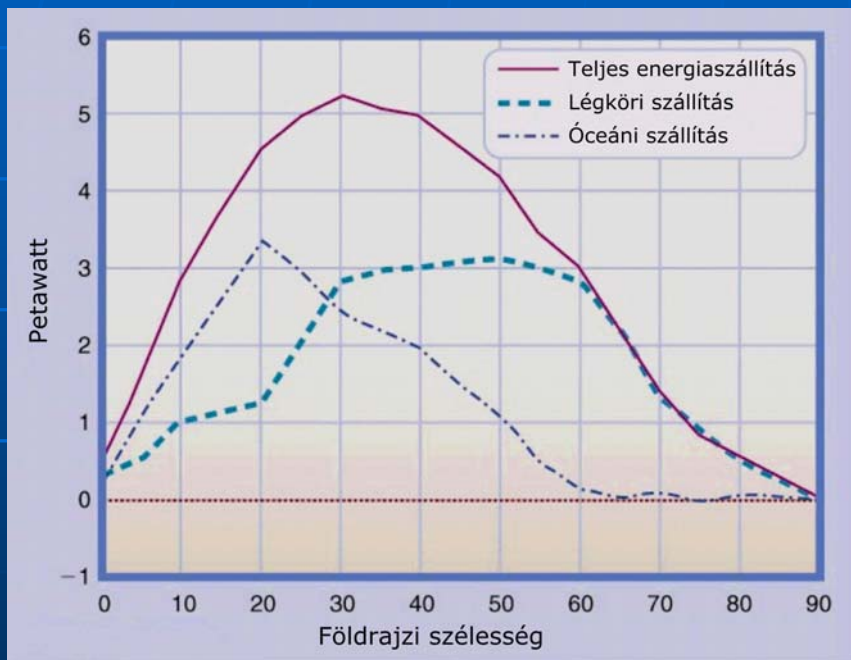
**A LÉGKÖRBE
BELÉPŐ
NAP-
SUGÁRZÁS
ÉS A KILÉPŐ
FÖLD- ÉS
LÉGKÖR-
SUGÁRZÁS
EGYENSÚLY-
BAN VAN**

**ÁLLANDÓ TÖBBLETTEL ÉS
HIÁNNYAL RENDELKEZŐ ZÓNÁK**



ENERGIAÁTVITEL A SARKOK IRÁNYÁBA

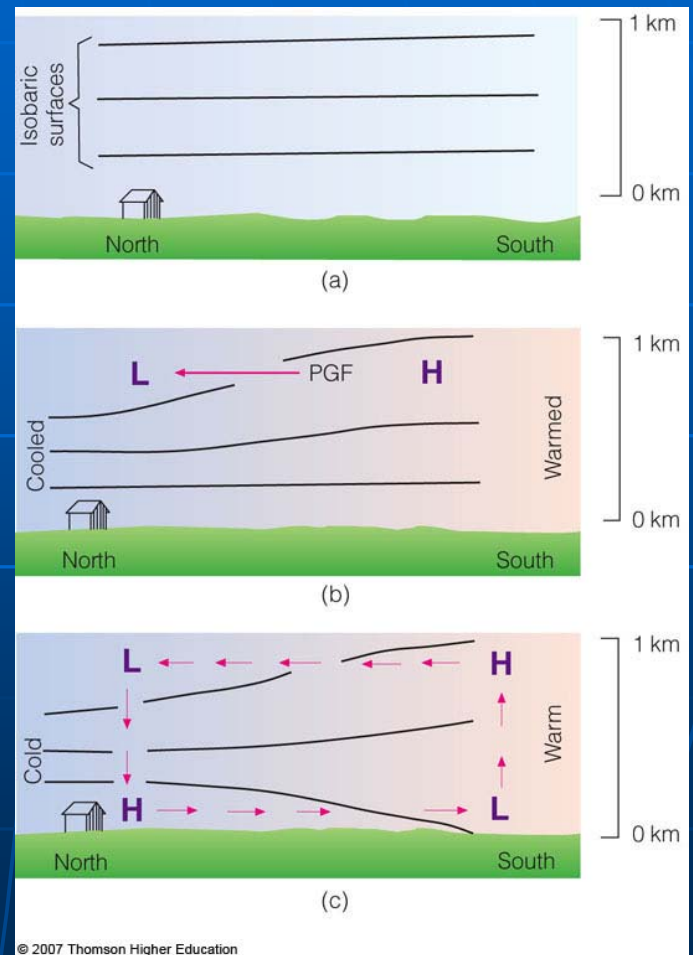
Energia szállítás



- A két rendszer hosszútávon egyensúlyban van, tehát egységnyi idő alatt ugyanannyi energiának kell *kinetikus energiává* alakulnia, mint amennyi a mozgások során *hőenergiává* disszipálódik.
- Az éghajlat viszonylagos állandóságából következik, hogy a Föld-légkör rendszer átlagosan ugyanakkora energiát sugároz ki a világűr felé, mint amennyi a felszínére érkezik.

Légköri energia szállítás

1. Egyenletes nyomás eloszlás
2. Napsugárzás hatására felszín és légkör felmelegszik
 - A magasabb hőmérsékletű légtömegnek nagyobb a térfogata => magasabb nyomás
3. Nyomás kiegyenlítődés – nyomási gradiens erő
4. Cirkuláció – energia átvitel / csere



Az általános légkörzés globális mérlegfeltételei/1.

1. Hőháztartás: a felszínen egyenetlen a sugárzás eloszlása → *A légkörzésnek tehát képesnek kell lennie a kiegyenlítéshez szükséges hőforgalom lebonyolítására.*
2. Impulzusmomentum mérleg: ha a légkör folyamatosan impulzus momentumot adna a felszínnek, akkora az a Föld forgásának lassulásához vezetne. Mivel nem ez a tapasztalat, kell hogy legyenek olyan területek, ahol a felszín ad impulzusmomentumot a légkörnek. Ehhez viszont *a meridionális impulzusmomentum szállításnak is teljesülnie kell!*

A Föld-légkör rendszer teljes impulzusmomentuma állandó.

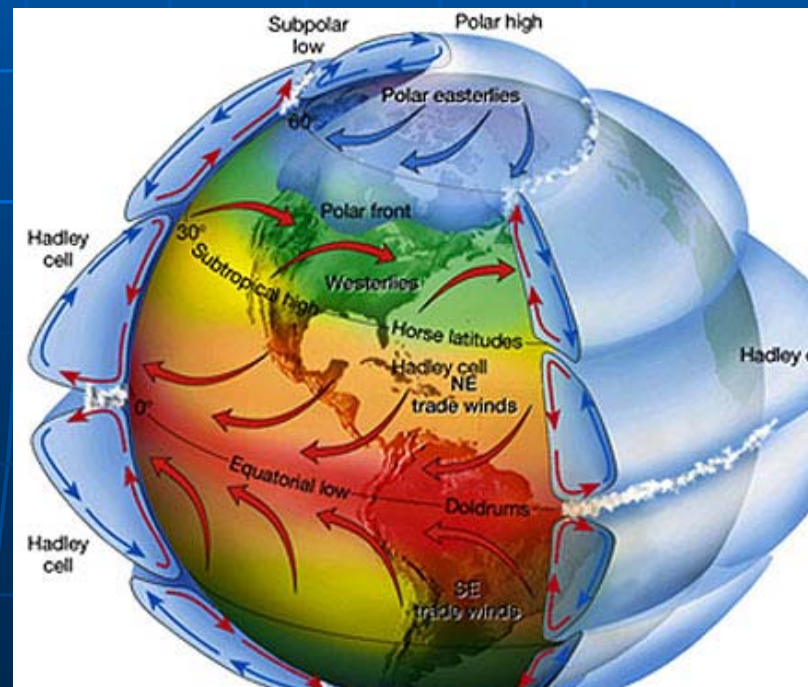
Az általános légkörzés globális mérlegfeltételei/1.

2. Impulzusmomentum mérleg:

Mivel a zonális szélzónák hosszú időn át fennmaradnak, szükségeszerű, hogy az impulzusmomentumnak egy eredő pólusirányú átvitele alakuljon ki a légkörben.

A Keleties szélövekben: a légkör impulzusmomentumot nyer,

A Nyugatias szélövben: a légkör impulzusmomentumot ad le.



Az általános légkörzés globális mérlegfeltételei/2.

3. A légtömeg eloszlásának egyensúlya:
Az általános légkörzés rendszerén belül nem alakulhat ki sem tartós összeáramlás (konvergencia), sem tartós szétáramlás (divergencia). (ábra)
4. A légköri vízforgalom mérlege: hosszabb idő átlagában a csapadék és párolgás földrajzi eloszlásának is változatlannak kell maradnia. (ábra)

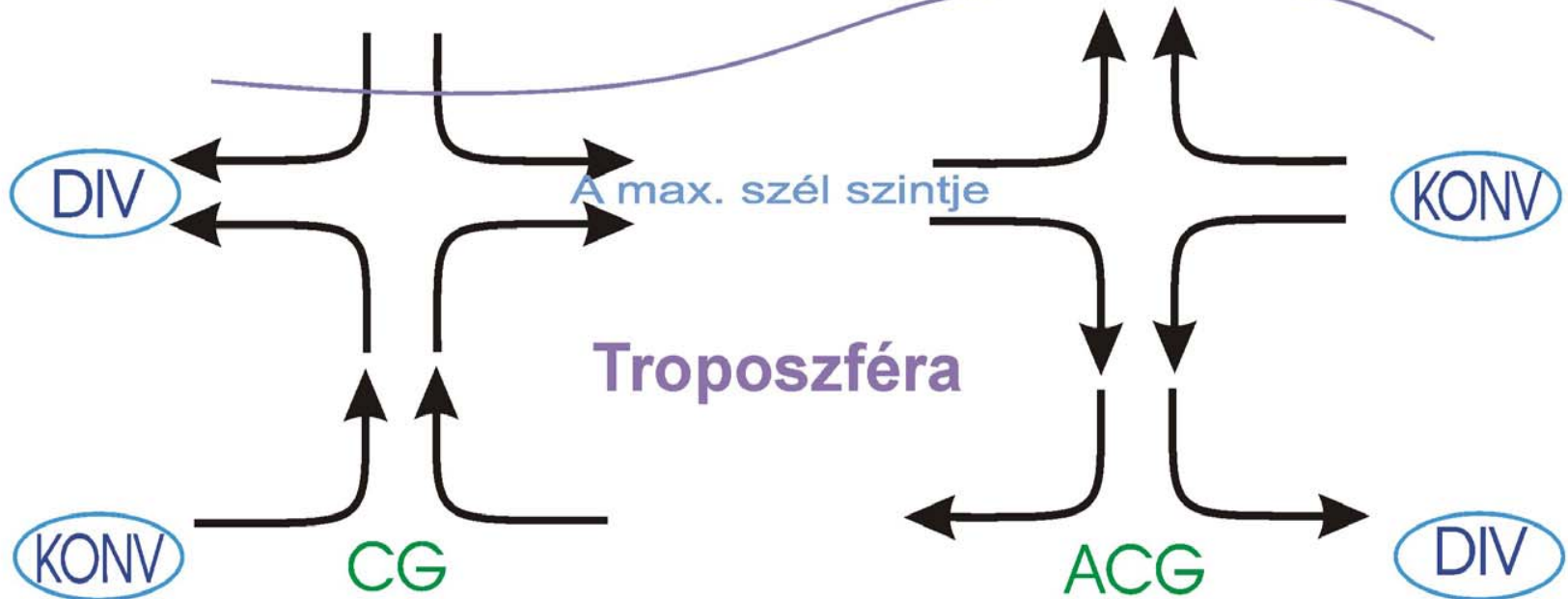
LEGTÖMEGELOSZLÁSI MERLEG

CIKLOGENEZIS

ANTICIKLONOK
KIALAKULÁSA

Sztratoszféra

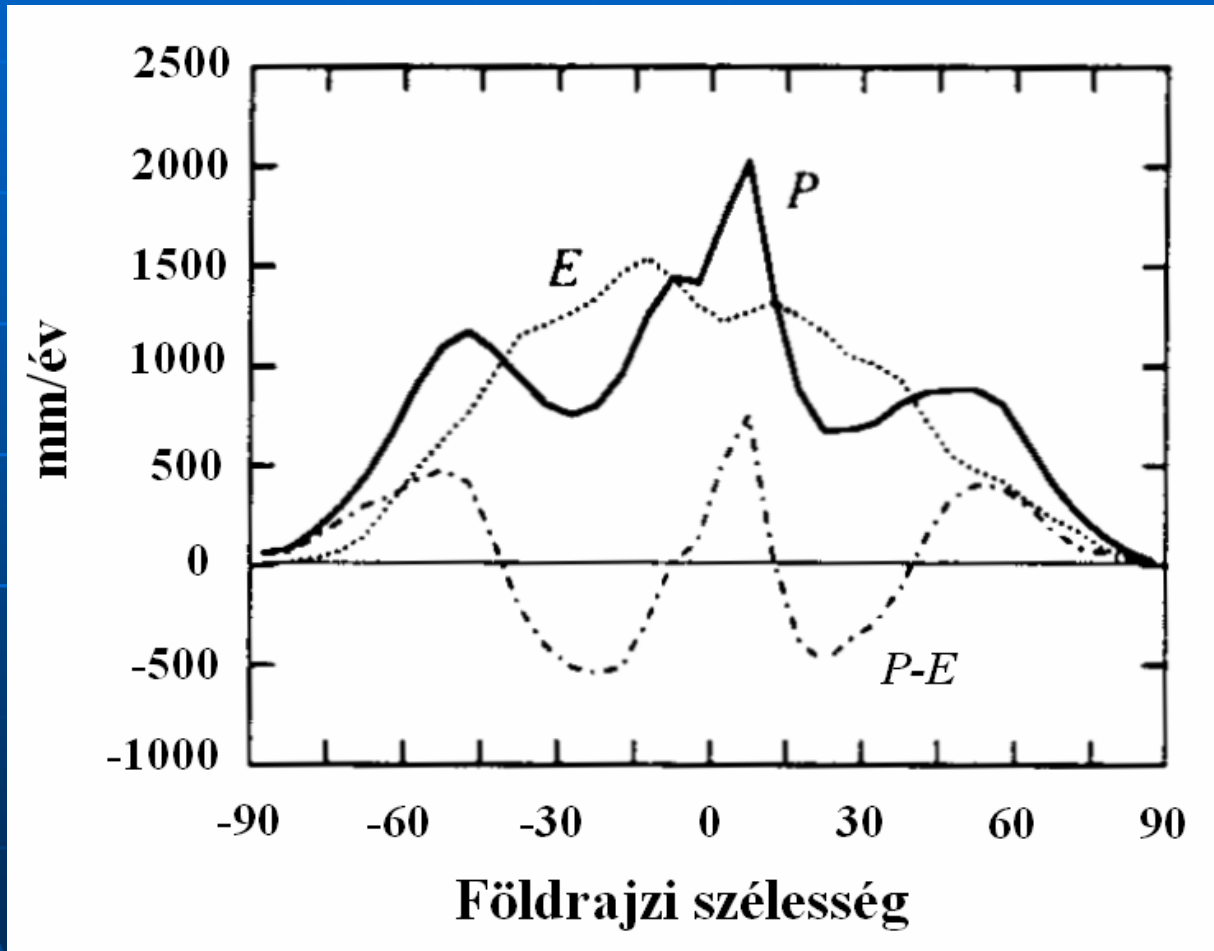
Tropopauza



földfelszín

ÖSSZEÁRAMLÁS: KONVERGENCIA
SZÉTÁRAMLÁS: DIVERGENCIA

A légköri vízforgalom mérlege



A LÉGKÖRI MOZGÁSRENDSZEREK TÉR- ÉS IDŐSKÁLÁJA

Légköri mozgásrendszerek tér- és időskálái

- A légköri mozgásrendszerek nagyságrendje térben és időben igen **változatos**.
- Geometriájuk szoros kapcsolatban áll a mozgásokat létrehozó erők egymáshoz viszonyított nagyságrendjével.
- A mozgások kialakulását elsősorban az okozza, hogy a **Napból érkező sugárzási energia a légkör kinetikus energiájává alakul.**

Ló

slóji



hajlati
adozás

10 év



10^4 km

Kis

Mozgás rendszerek: *belsőleg szervezett, önálló, tartósan vagy csak időszakosan fennmaradó légköri képződmények.*

- **Tranziens mozgásrendszerek:**

egyedi mozgásrendszerek, amelyek átmenetiek, és helyüket vagy szerkezetüket mindenféle előre meghatározott időrend nélkül változtatják,
Pl.: Rossby-hullámok, ciklonok, viharok, szellőkések

- **Kvázipermanens mozgásrendszerek:**

maradandóan jelen vannak a légkörben, vagy keletkezésük, fejlődésük és megszűnésük szabályos évszakos rend szerint ismétlődik.

Pl.: a trópusi összeáramlási vonalhoz ill. a fő frontálzónákhoz kapcsolódó mozgásrendszerek.

Légköri mozgásrendszerek jellemző méretei és ciklusai

■ **Globális skála:**

A horizontális méret \gg vertikális méret \Rightarrow horizontális áramlás.

A légkör legrendezettebb mozgásai, hosszú távú hullámmozgások.

■ **Szinoptikus skála:**

A globális mozgások perturbációjaként jönnek létre.

Általában vízszintesen erőegyensúly (mérs. övi ciklonok, anticiklonok), \Rightarrow szimmetria

5-14 napos periódusidő

Légköri mozgásrendszerek jellemző méretei és ciklusai

■ Mezo skála:

3D szerkezet, vertikális sebességek és gyorsulások is fellépnek, gyors változás.

A hőmérsékleti mező függőleges instabilitása miatt jönnek létre, amit a szinoptikus skálájú mozgások okoznak.

Pl. Konvektív mozgásrendszerek

■ Mikro skála:

Rövid idő, változatos geometria

Légköri mozgásrendszerek jellemző méretei és ciklusai

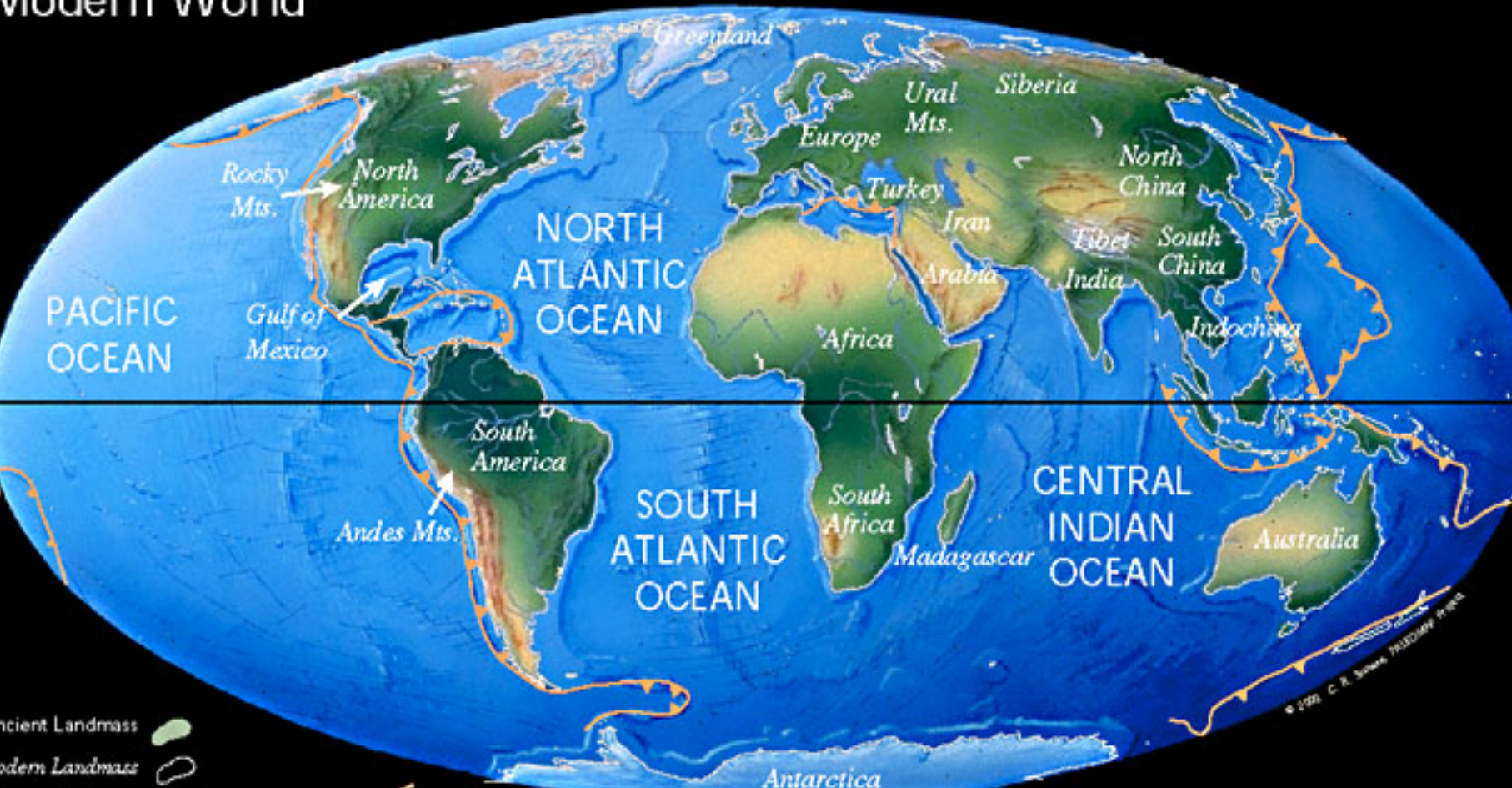
Skála		jel	a mozgás típusa	horizontális méret	jellemző ciklus
ultra		U	kvázipermanens mozgásrendszerek	10.000 km	év, évszak, hónap
Tranziens mozgásrendszerek	makro	A	Rossby-hullámok mérs.övi ciklonok	10.000 km 1.000 km	1 hét 100 óra
	mezo	B	trópusi és szubtrópusi ciklonok	100 - 1000 km	10 - 100 óra
		C	frontok, viharvonalak	10 - 100 km	10 óra
	konvektív	D	szupercellák, tornádók	10 - 100km 0,1 - 2 km	~ 10 óra 10 - 60 perc
	mikro		széllökések, porviharok	10 - 100 m 1 - 10 m	10 perc 1 perc
	molekuláris		molekulák szabad úthossza	1 μm	

CIRKULÁCIÓS MODELLEK TÖRTÉNETI FEJLŐDÉSE

Az általános légkörzés: globális szelek

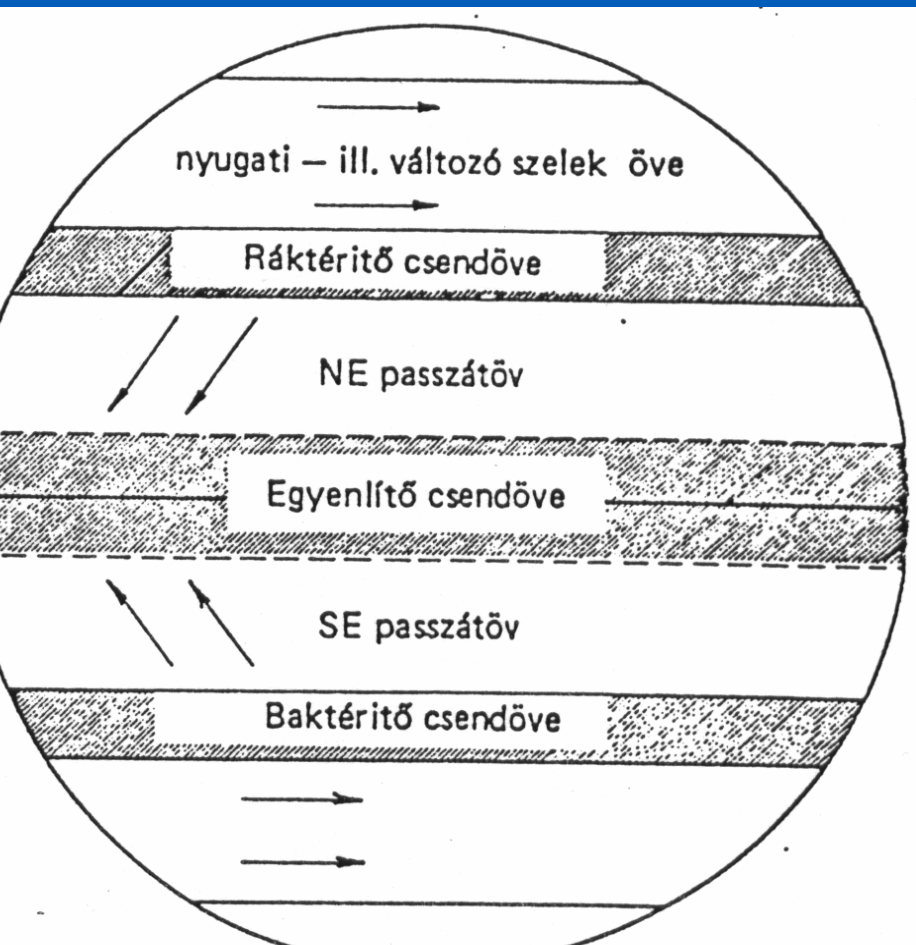
Kérdés: Milyen uralkodó szelek
Találhatók a Földön ??

Modern World

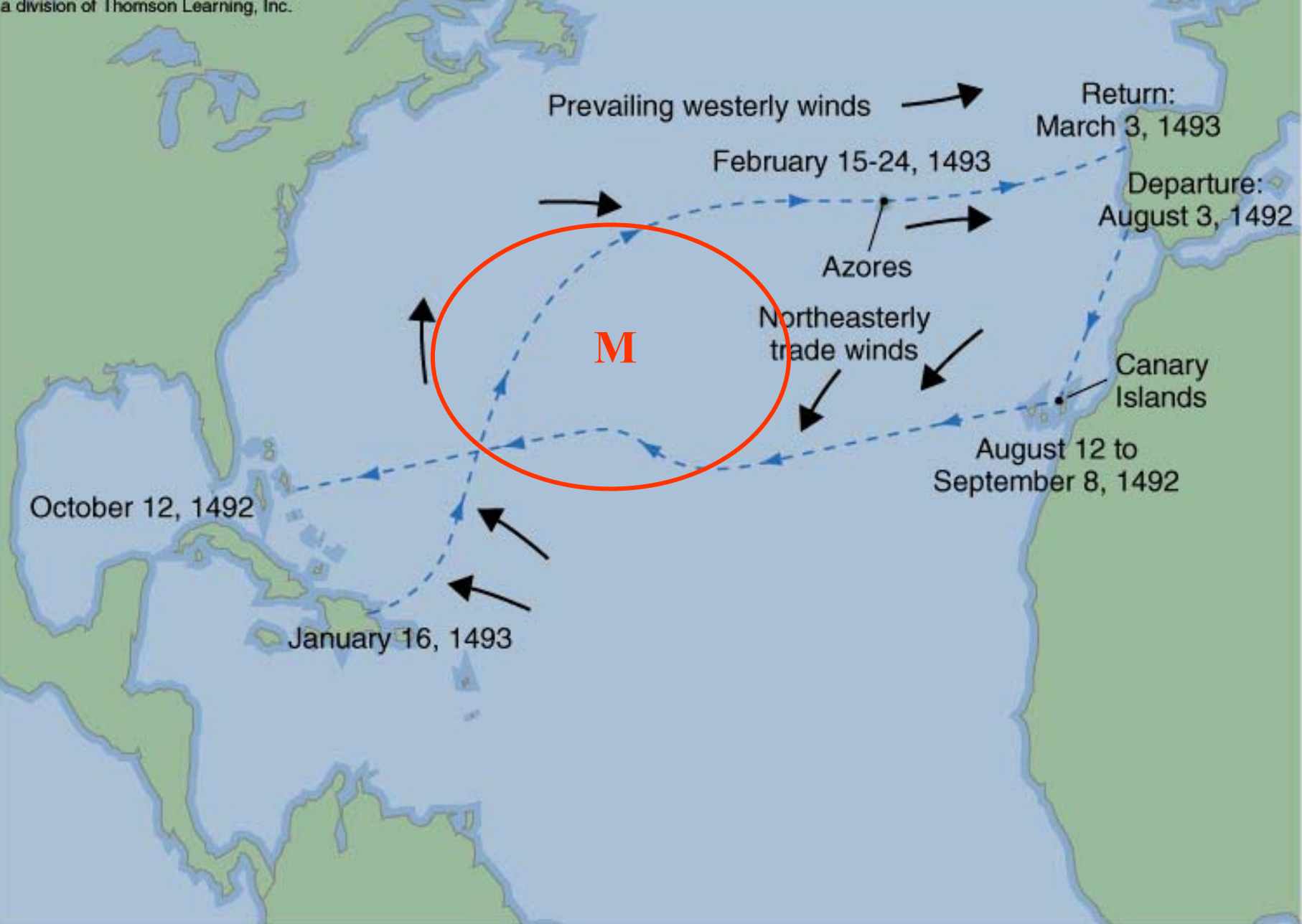


Az általános légkörzési modellek fejlődése

1. Korai megfigyelések



- A XV. sz. vége felé kezdtek kimerészkedni a hajósok az óceánokra.
- A XVII. sz. elejére már viszonylag kialakult képük volt az uralkodó szelekről.
 - **Roaring forties** – üvöltő negyvenesek
 - **Horse latitude** – „ló” szélesség (30° - 35°)
 - **Trade winds, passzát**
 - **doldrums** – szélcsend (0° - 5°) (ITCZ)



Prevailing westerly winds →

Return:
March 3, 1493

February 15-24, 1493

Departure:
August 3, 1492

Azores

Northeasterly
trade winds ↙

Canary
Islands

August 12 to
September 8, 1492

October 12, 1492

January 16, 1493

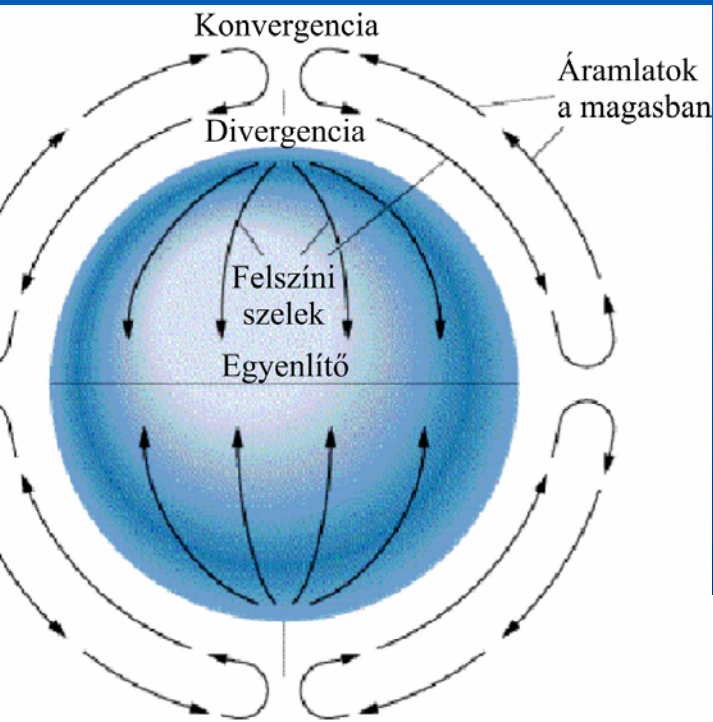
M

← Westerly winds

--- Columbus's voyage (1492-93)

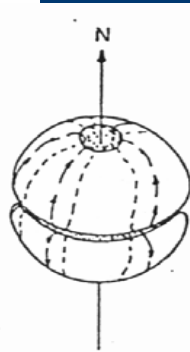
Az általános légkörzési modellek fejlődése

2. Egycellás toroid



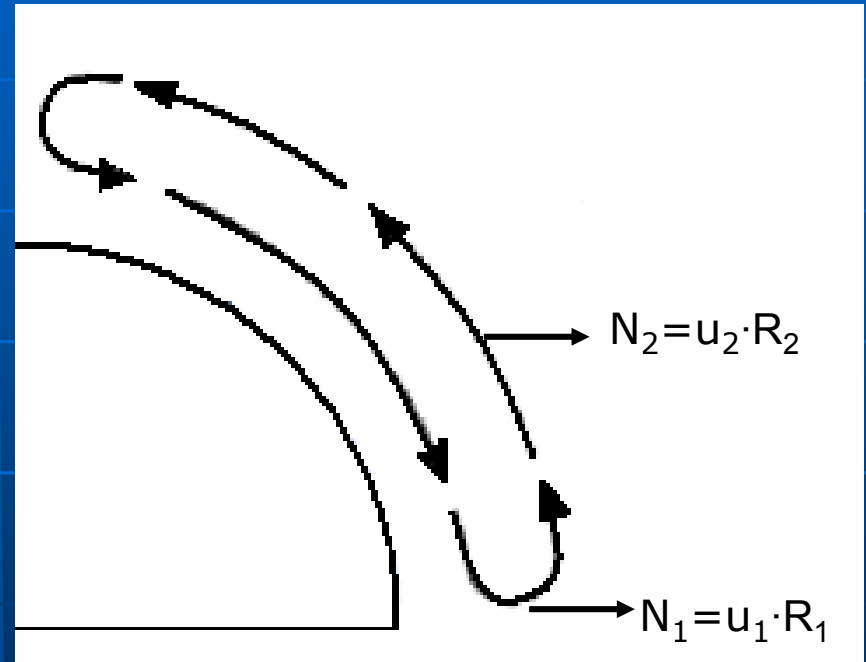
- Hétköznapi analógiából indult ki:
ha egy fazék egyik felét melegítjük a másikat meg hűtjük, akkor zárt cirkuláció alakul ki.

Hiányosság: nincs nyugatias szélkomponens, nincs figyelembe véve a föld forgása.



Impulzus momentum

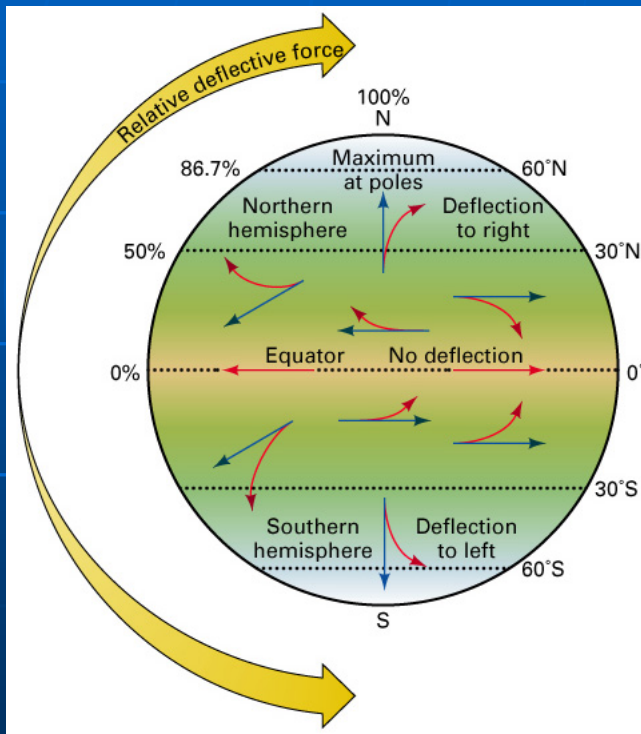
- Föld forog – levegőrészecske vele együtt forog => Földhöz képest nyugalomban van
- Ha ez az állapot megváltozik => imp. mom. megmaradás
- $N = u \cdot R$;
 - u – sebesség
 - R – sugár
- $u_1 \cdot R_1 = u_2 \cdot R_2$
 - $R_1 > R_2 \Rightarrow u_2 > u_1$
 - $30^\circ - u \approx 130 \text{ m/s}$



Coriolis erő



Coriolis erő

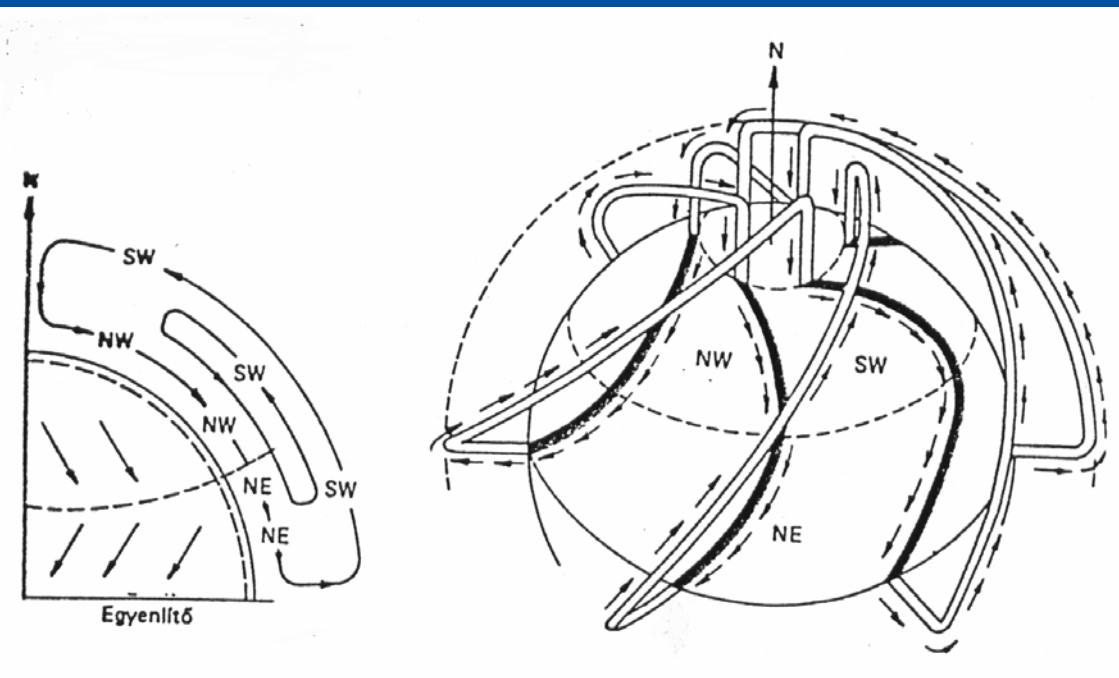


- Látszólagos erő
 - Test – forgó Földhöz képest nyugalomban van – inercia rendszerből nézve nincs nyugalomban vagy nem végez egyenletes vonalú egyenletes mozgást => gyorsuló mozgások
 - Forgó koordináta-rendszerek nem tehetetlenségi kr-ek
 - Koordináta gyorsulások - Newton II. axioma – látszólagos erő – csak már mozgásban levő testre hat
 - Coriolis erő => mozgás a forgás irányával ellentétes görbült mozgás lesz
- Merőleges a sebesség vektorra, csak irányon változtat
- Nagysága arányos a ω -i szélességgel és a mozgó test sebességével
- Nincs függőleges irányú komponense

Az általános légkörzési modellek fejlődése

3. Hadley cirkulációs modellje, 1735

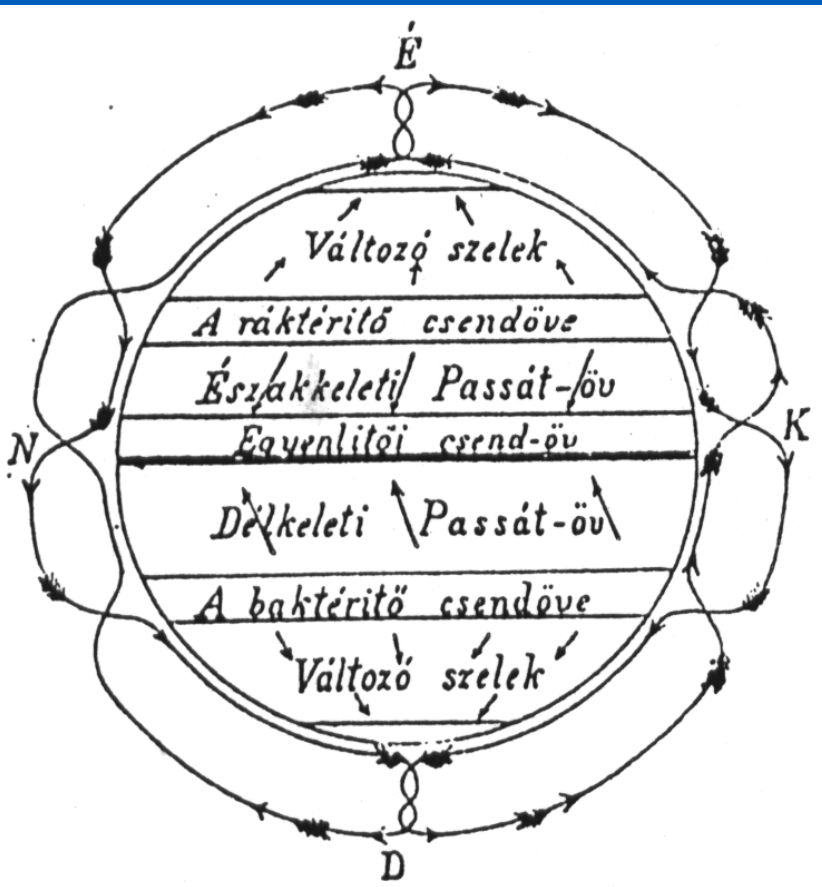
- Egycellás modell.
- Figyelembe vette a Föld forgásából származó eltérítő erőt (Coriolis).
- Gondolt az impulzusmomentum megmaradásra.



Hiányosság:
nincsenek
szélcsendövek

Az általános légkörzési modellek fejlődése

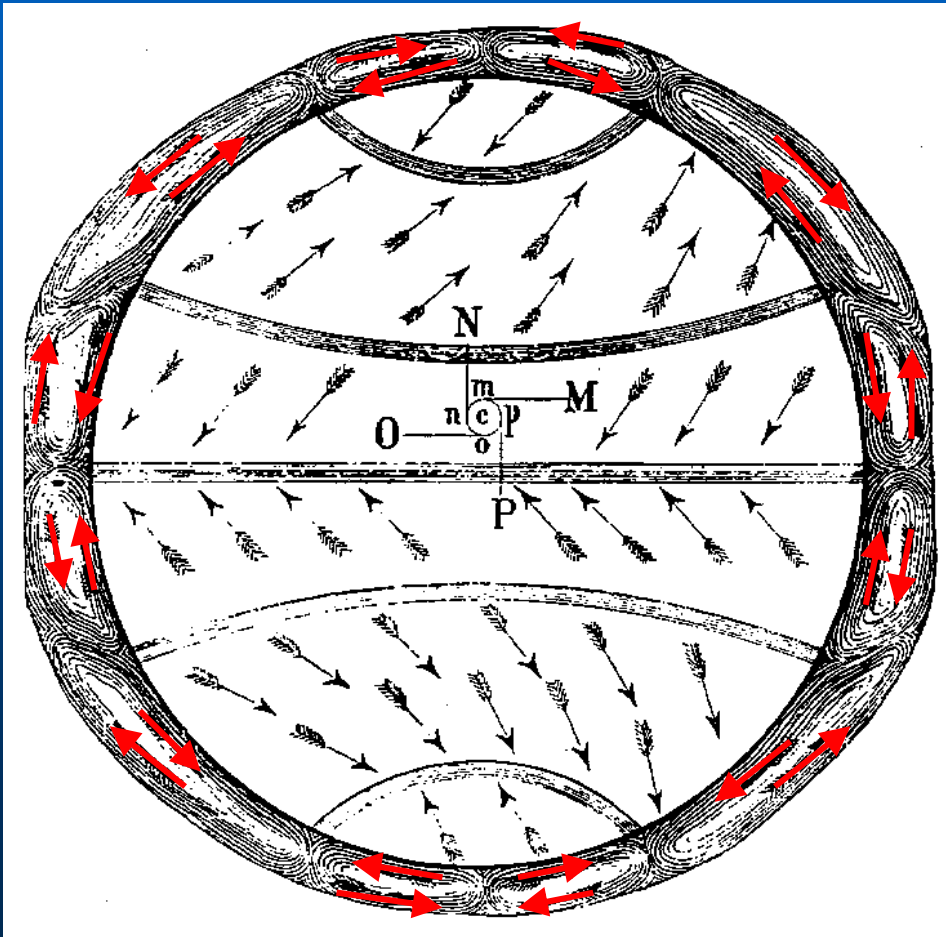
4. Maury cirkulációs modellje, 1855



- Kétcellás modell
- A Hadley-cellákat az Egyenlítő és a térítő-körök közé helyezte
- Ezeken túl egy indirekt cellát feltételezett

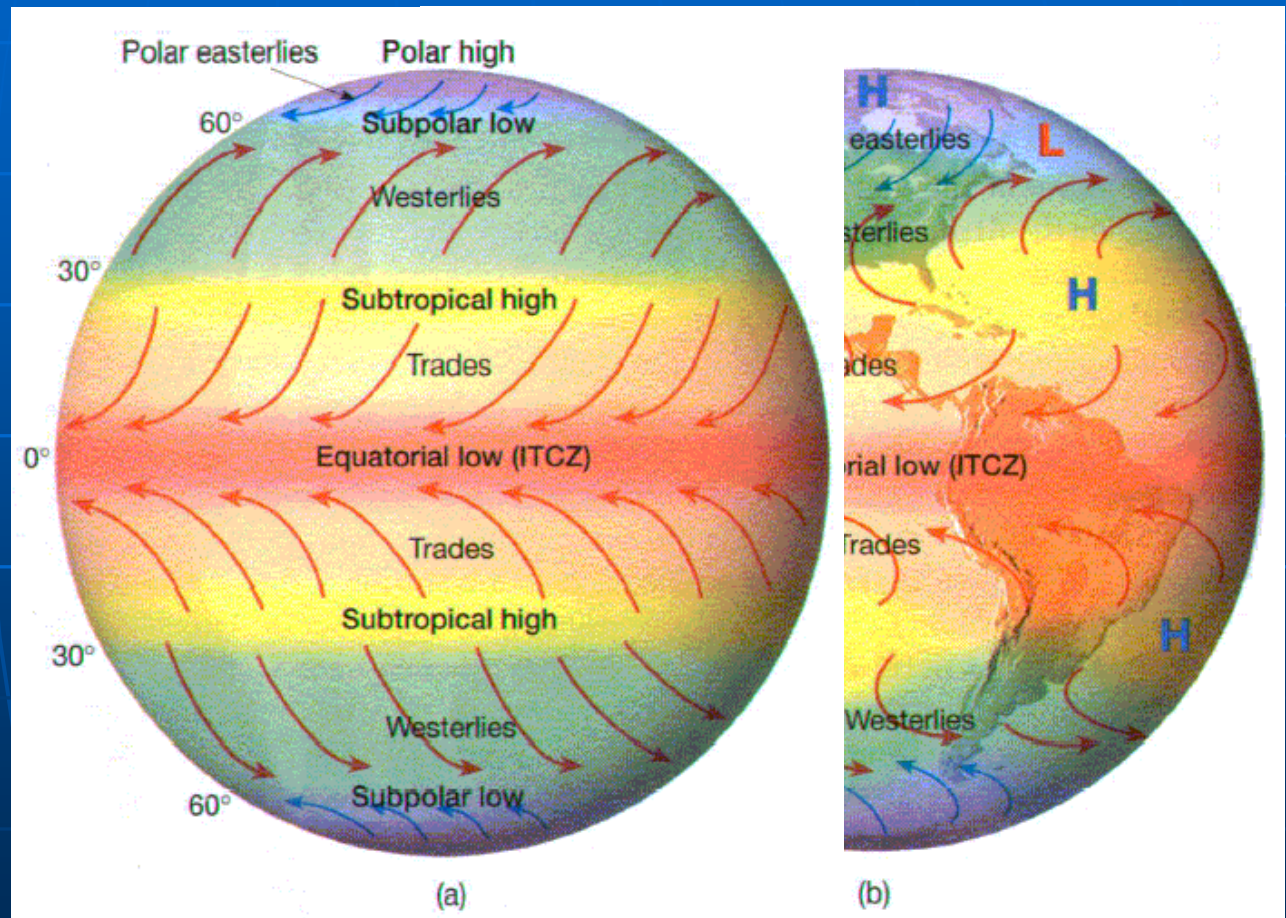
Az általános légkörzési modellek fejlődése

5. Ferrel cirkulációs modellje, 1856



- 3 meridonális cellát képzelt el (2 direkt, 1 indirekt)
- Első kísérlet a Coriolis-erő korrekt figyelembevételére
- Feltételezte a cellák közötti keveredés lehetőségét

Az általános légkörzési modellek fejlődése



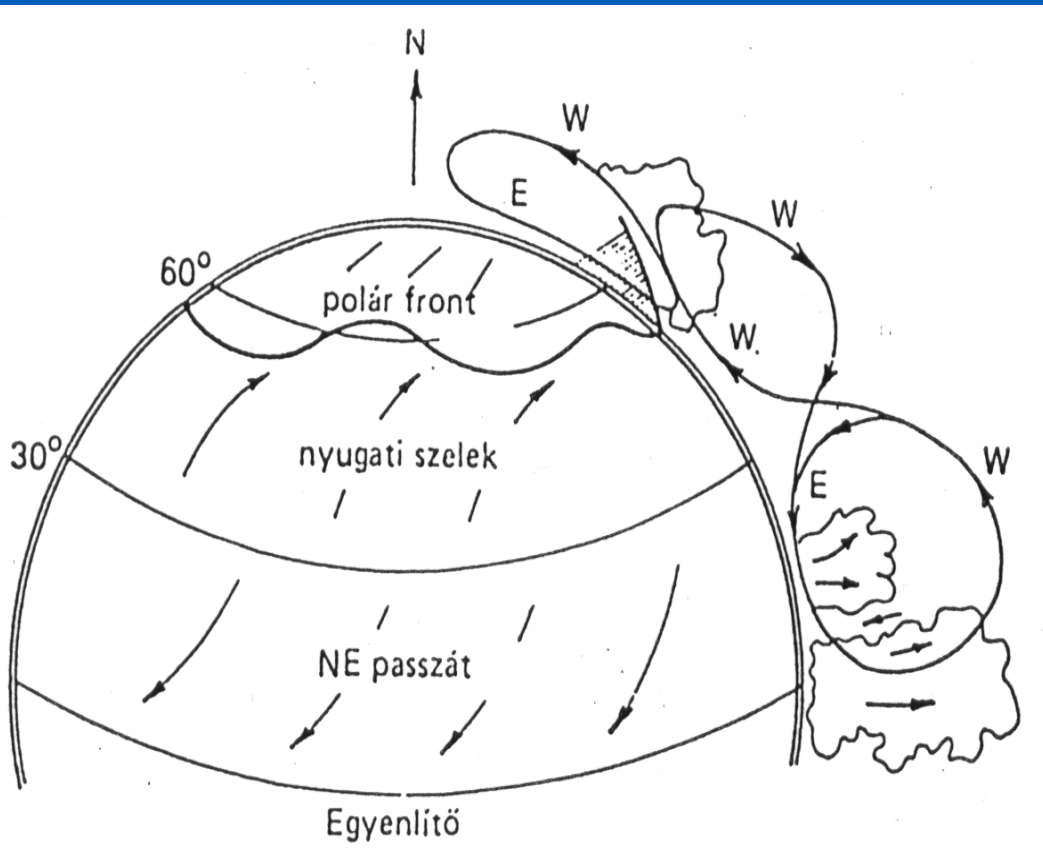
Az általános légkörzési modellek fejlődése

6. A. Defant, 1921:

a közepes szélességeken a mozgás nagyméretű turbulens örvények formájában történik

Az általános légkörzési modellek fejlődése

7. C.-G. Rossby, 1941:



- Megjelenik a polárfront (állandó határfelület, mely a hideg sarkvidéki levegőt és a meleg trópusi levegőt választja el, erős hullámszerű mozgással), de még hibás helyen

- Elfogadottá válik, hogy a közepes szélességeken hatalmas horizontális örvények szállítják az impulzusmomentumot, de itt még szimmetrikus hullámokat feltételeztek

Az általános légkörzési modellek fejlődése

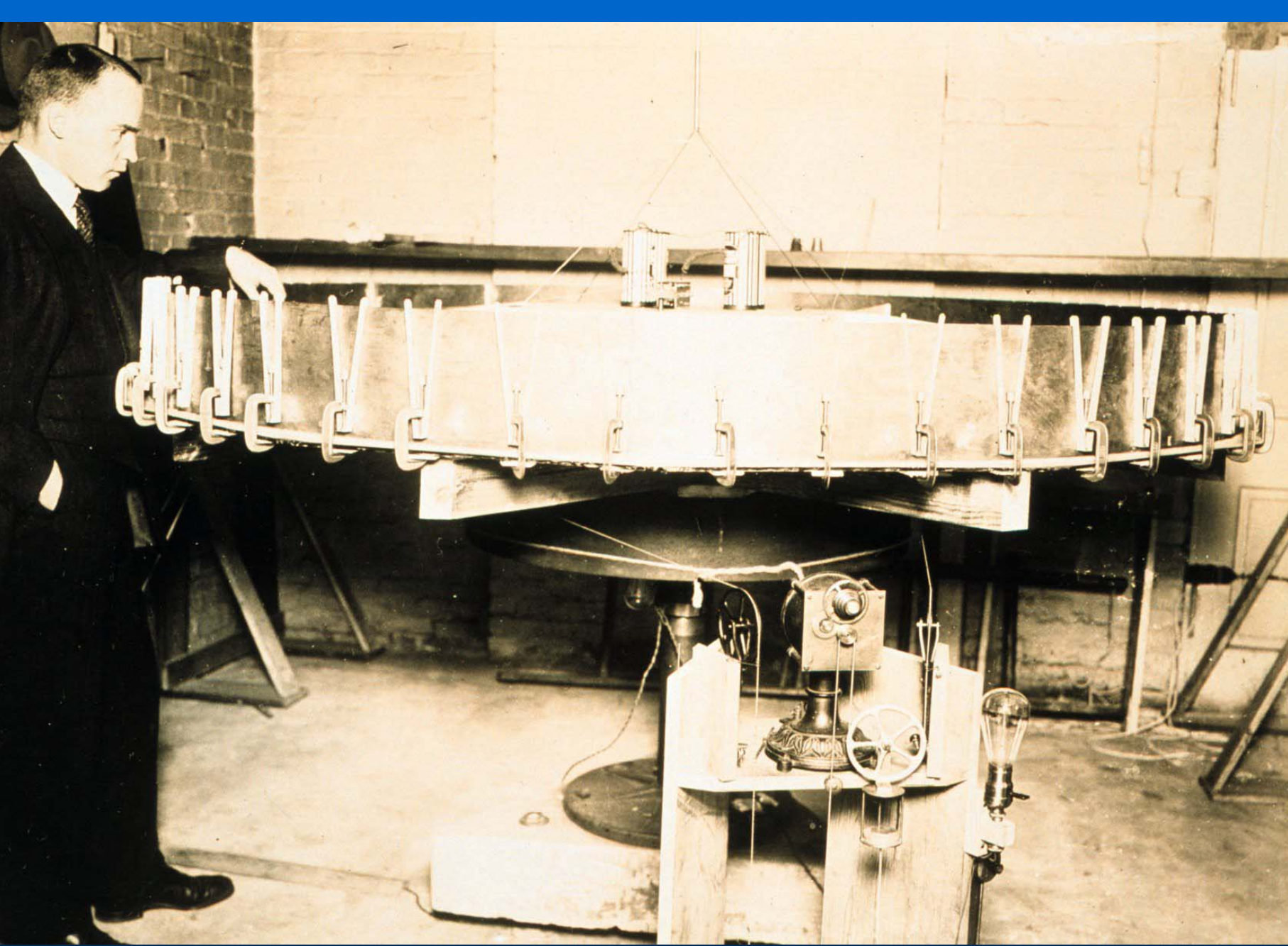
8. D. Fultz, 1951:

A forgómedencés (termikusan vezérelt) kísérletekkel bizonyította, hogy valóban kialakulhatnak ilyen formájú és méretű örvények.

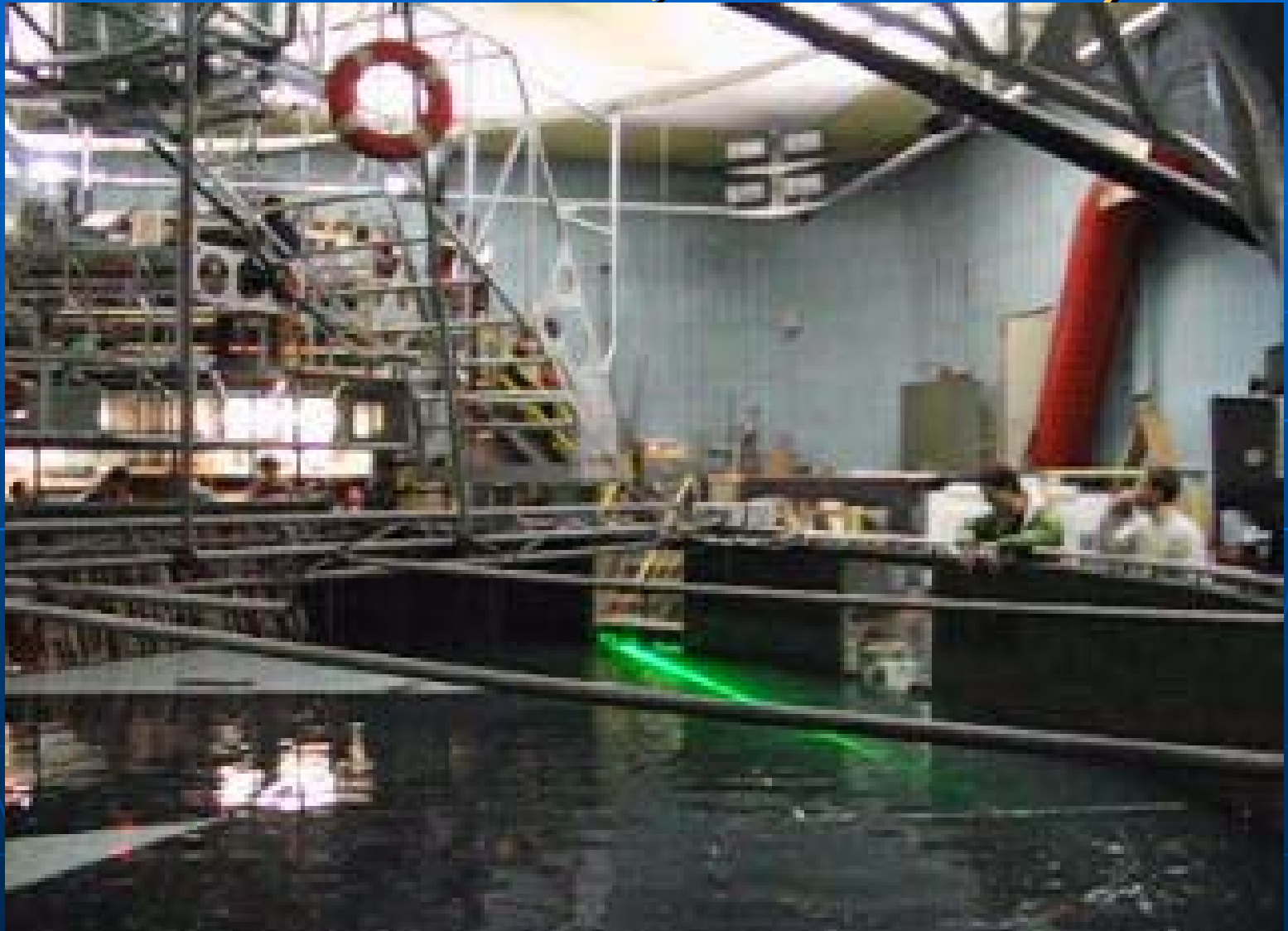
A hullámok előre dőlnek, és így biztosítják az impulzusmomentum szállítását.

ELTE: jelenleg is látható -
KÁRMÁN Áramlástan
Laboratóriumban





Forgókádas kísérlet (Coriolis Inst., Grenoble)



Az általános légkörzési modellek fejlődése

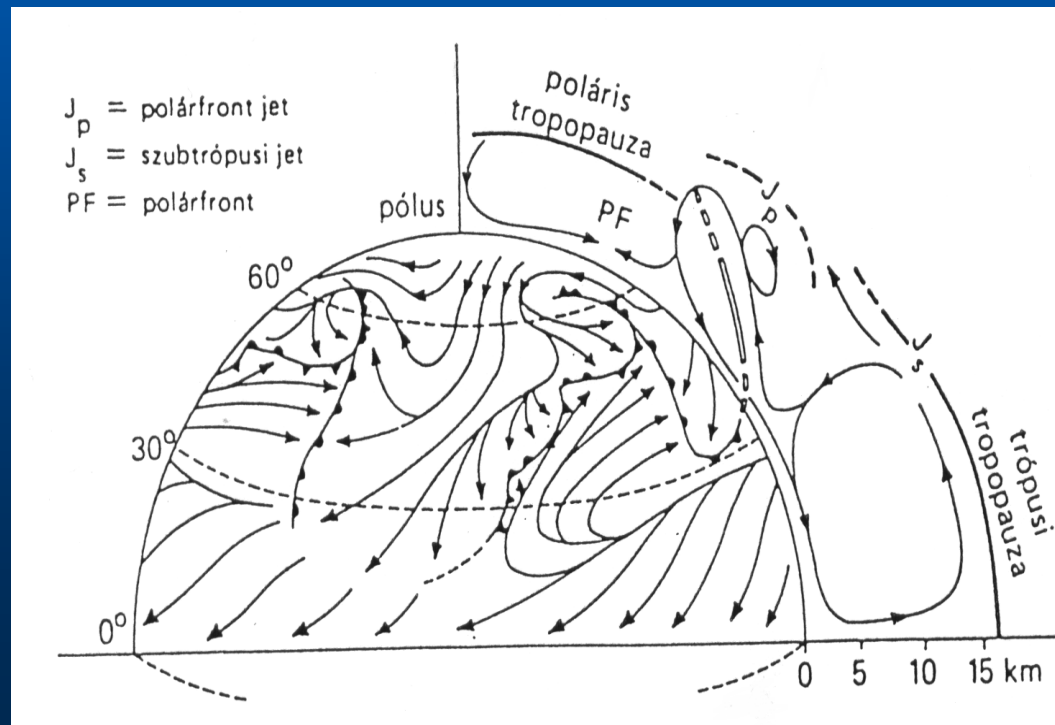
3. Defant testvérek, 1958:

3 cellából áll:

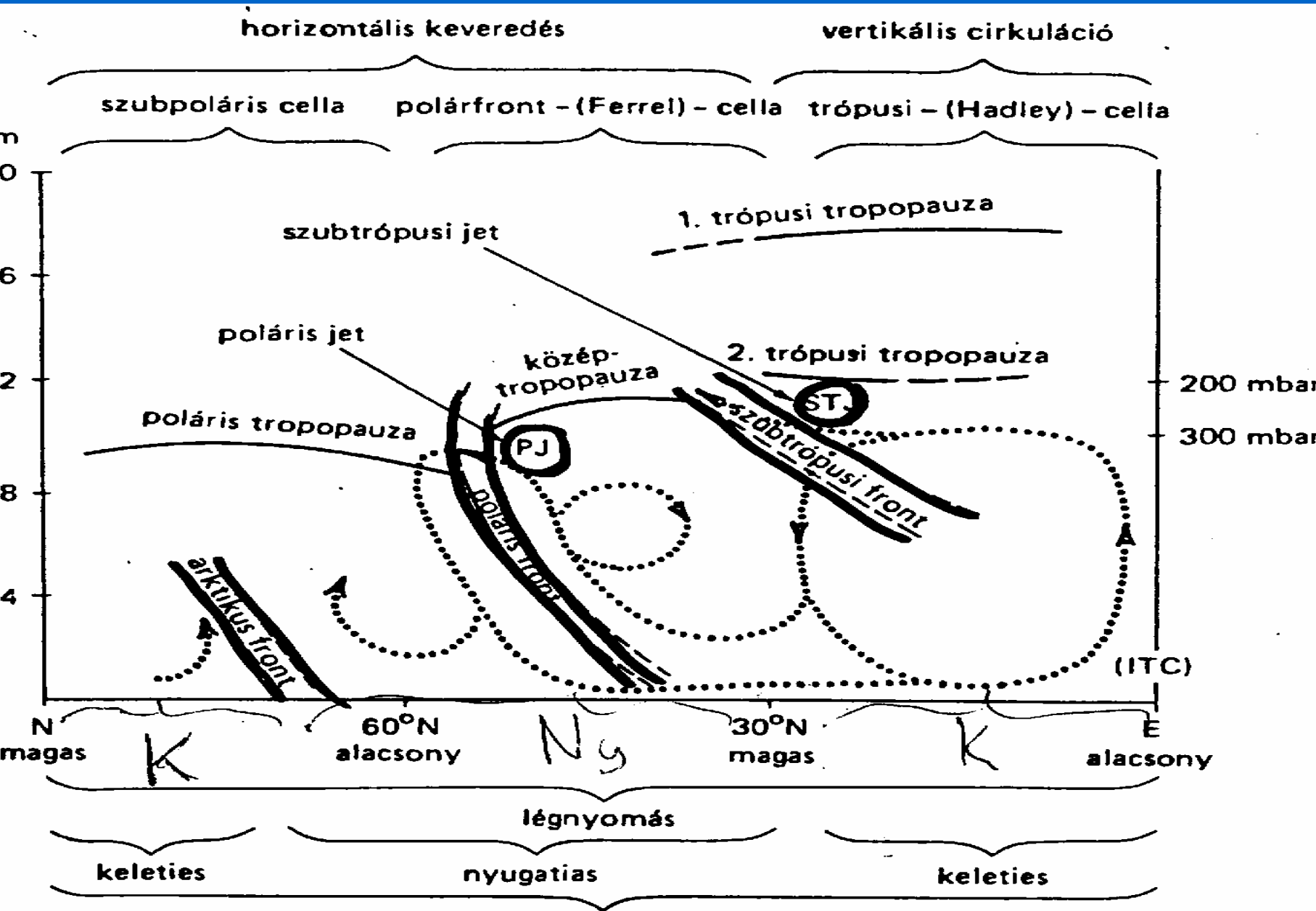
- trópusi cella / Hadley–cella
- polárfront–cella / Ferrel–cella
- szubpoláris cella

2 fő frontálzóna választja el őket egymástól:

- szubtrópusi frontálzóna
- polárfront

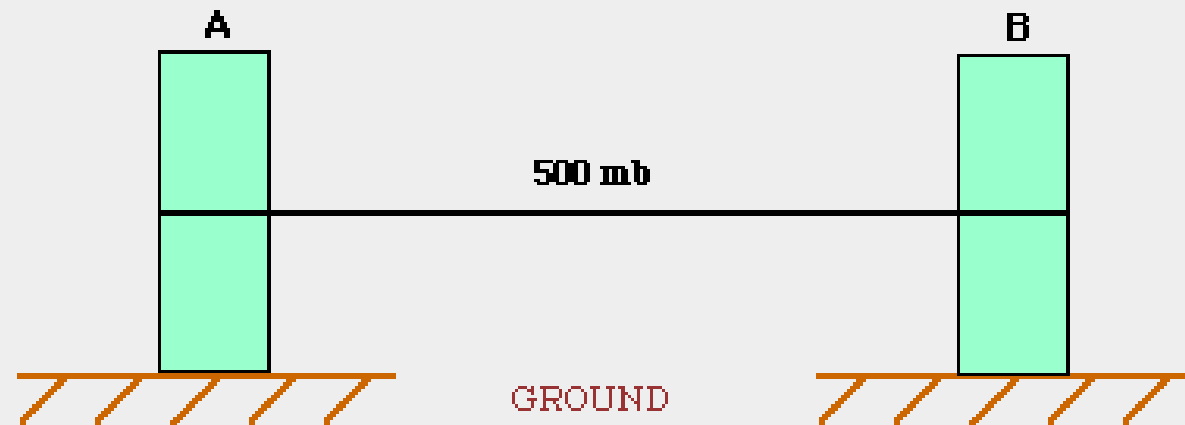


Az általános légkörzési modell



A jetek (futó áramlások kialakulása)

Consider two identical columns of air (A and B) above the ground. Since they are identical, the 500 mb surface is found at the same height in each column.



Let's **heat** column B.
Warm air expands.

Let's **cool** column A.
Cold air contracts.



The 500 mb surface is found at a lower height
in the cool air than in the warm air.

A jet streamek kialakulása

A hőmérséklet különbsége lejtő izobár szinteket és magassági felszíneket eredményeznek

Ez a különbség légnyomási gradiens erőként jelentkezik, amely

Coriolis erő

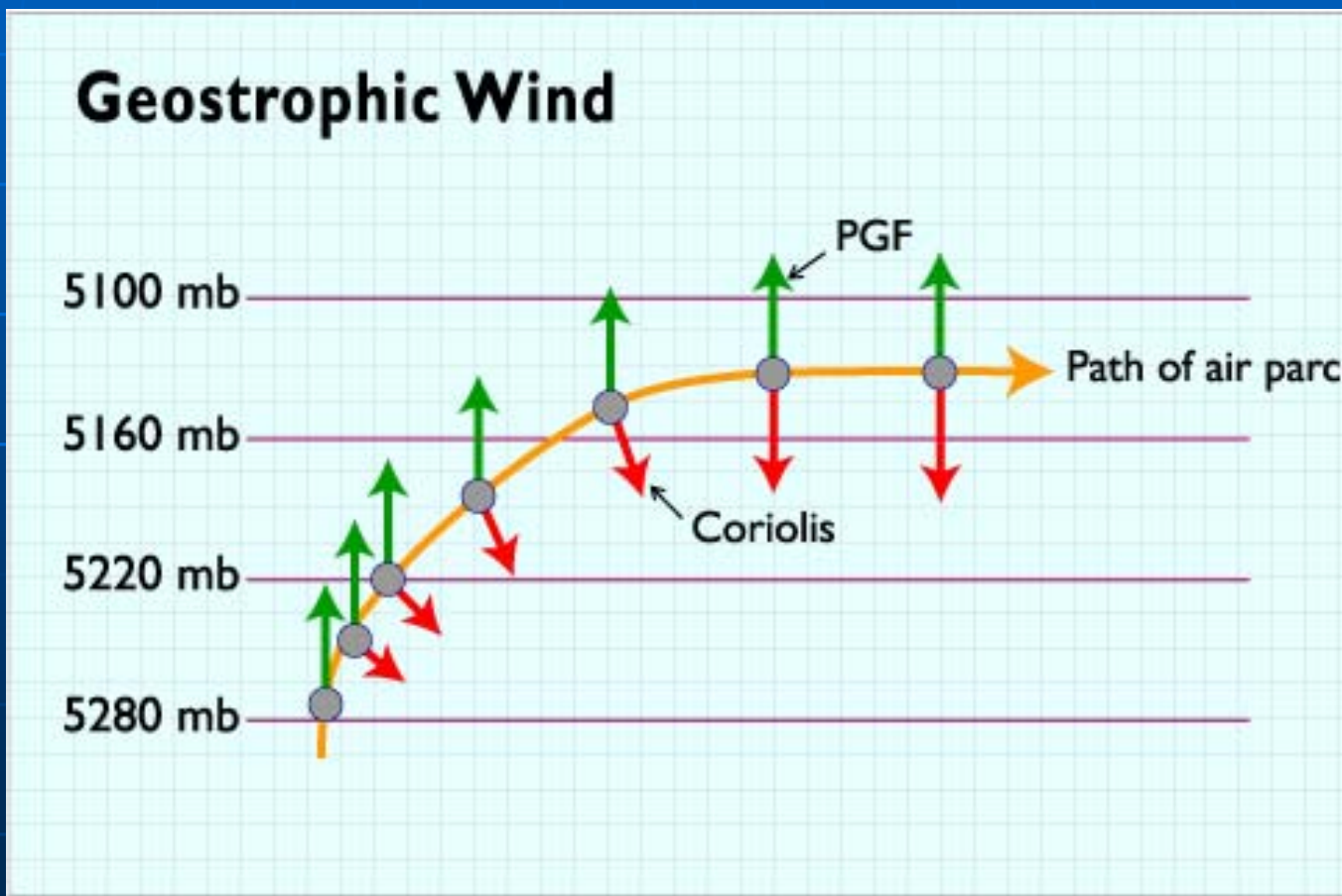
hatására

magsebességű

ly-ról K felé fújó

zeleket

eredményeznek.



A jet streamek kialakulása

gyengébb: legnagyobb a hőmérséklet különbség => front

nyomási gradiens $D \Rightarrow \dot{E}$

felszín – súrlódási erő

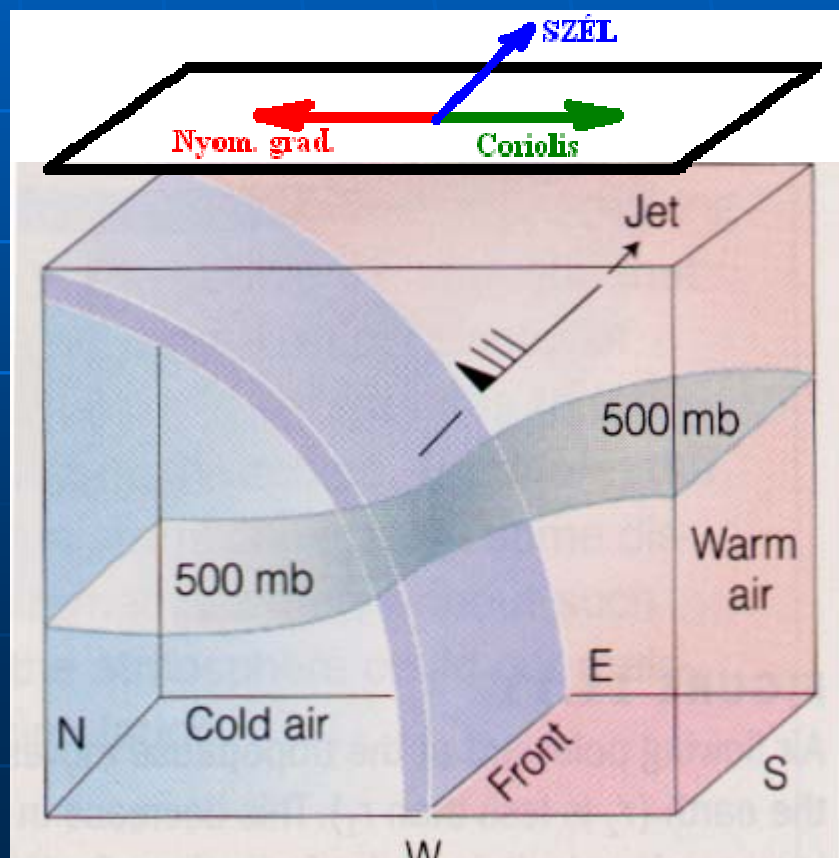
magasabb – ritkább levegő –

súrlódási erő elhanyagolható

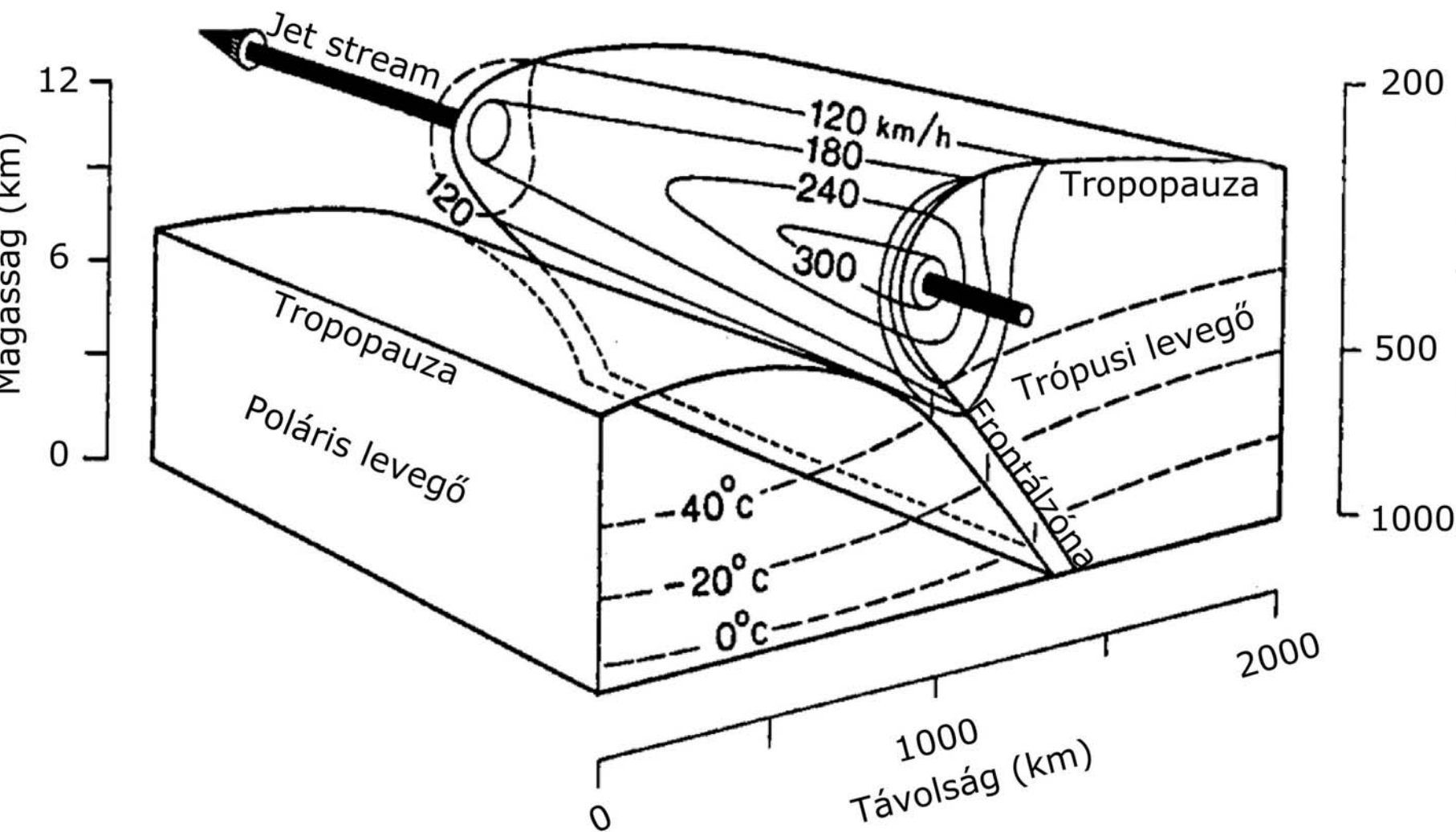
Coriolis erő => NY => K

Tropopauza: \approx állandó T

-Tropopauza alatt



A jetek szerkezete

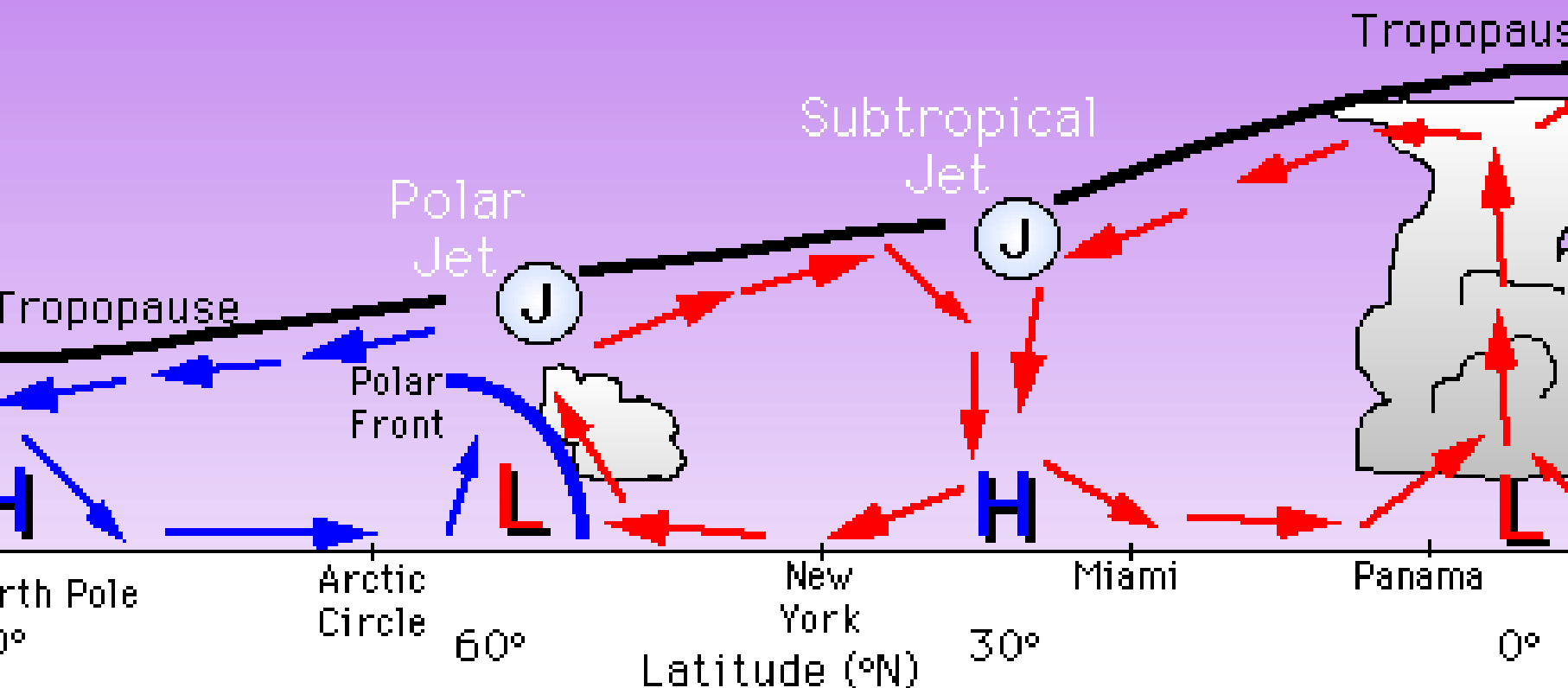


Jet streamek (futó áramlások)

A felső troposzféra gyors légáramlatai, törésekkel.

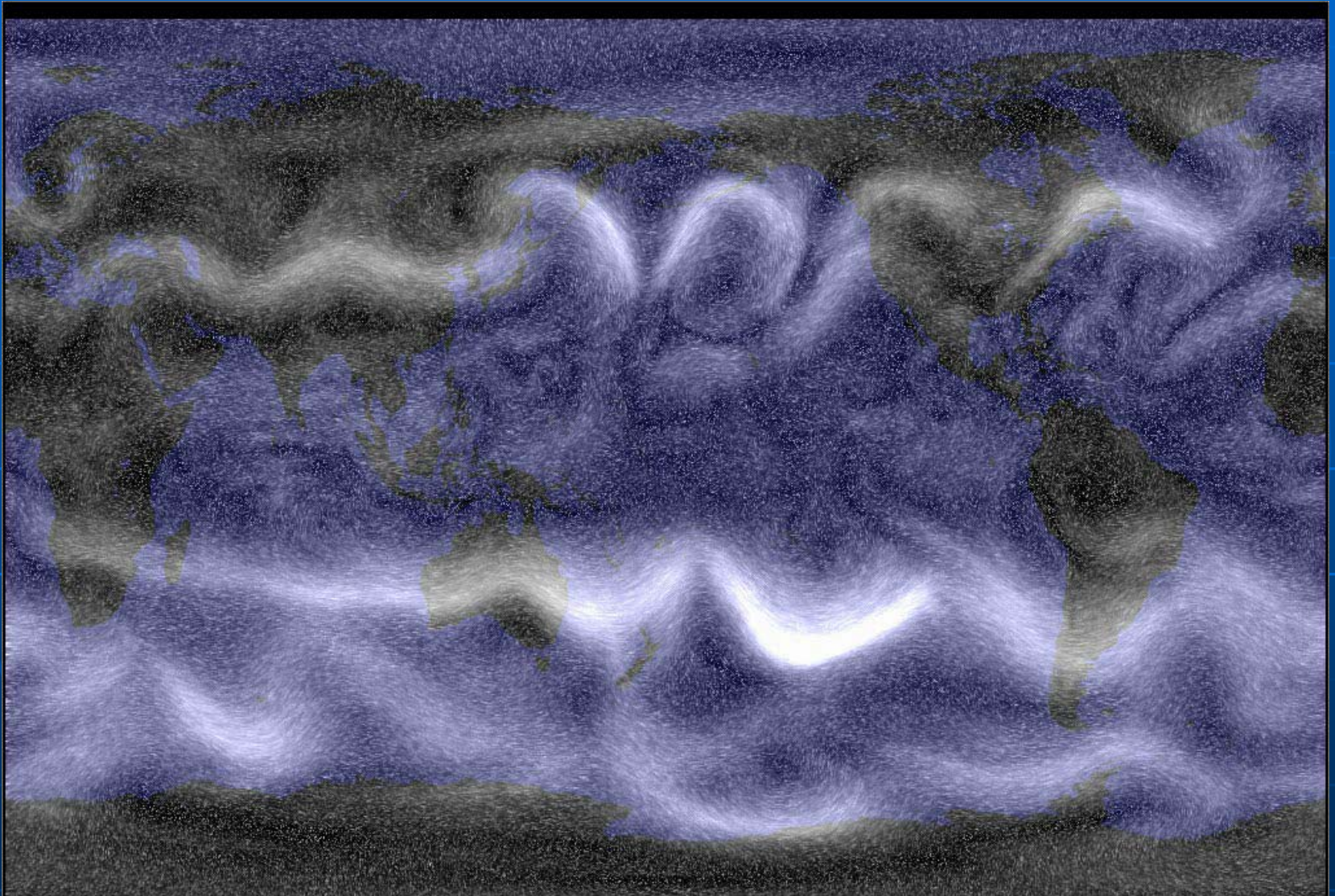
(*tengelymenti sebessége > 30 m/s*).

A **poláris jet** és a **szubtrópusi jet** a troposzféra tetején, a tropopauzánál helyezkedik el, közvetlenül a cirkulációs cellák



Átlagos sebesség nyáron: 18 m/s, télen: 34 m/s

Jet stream



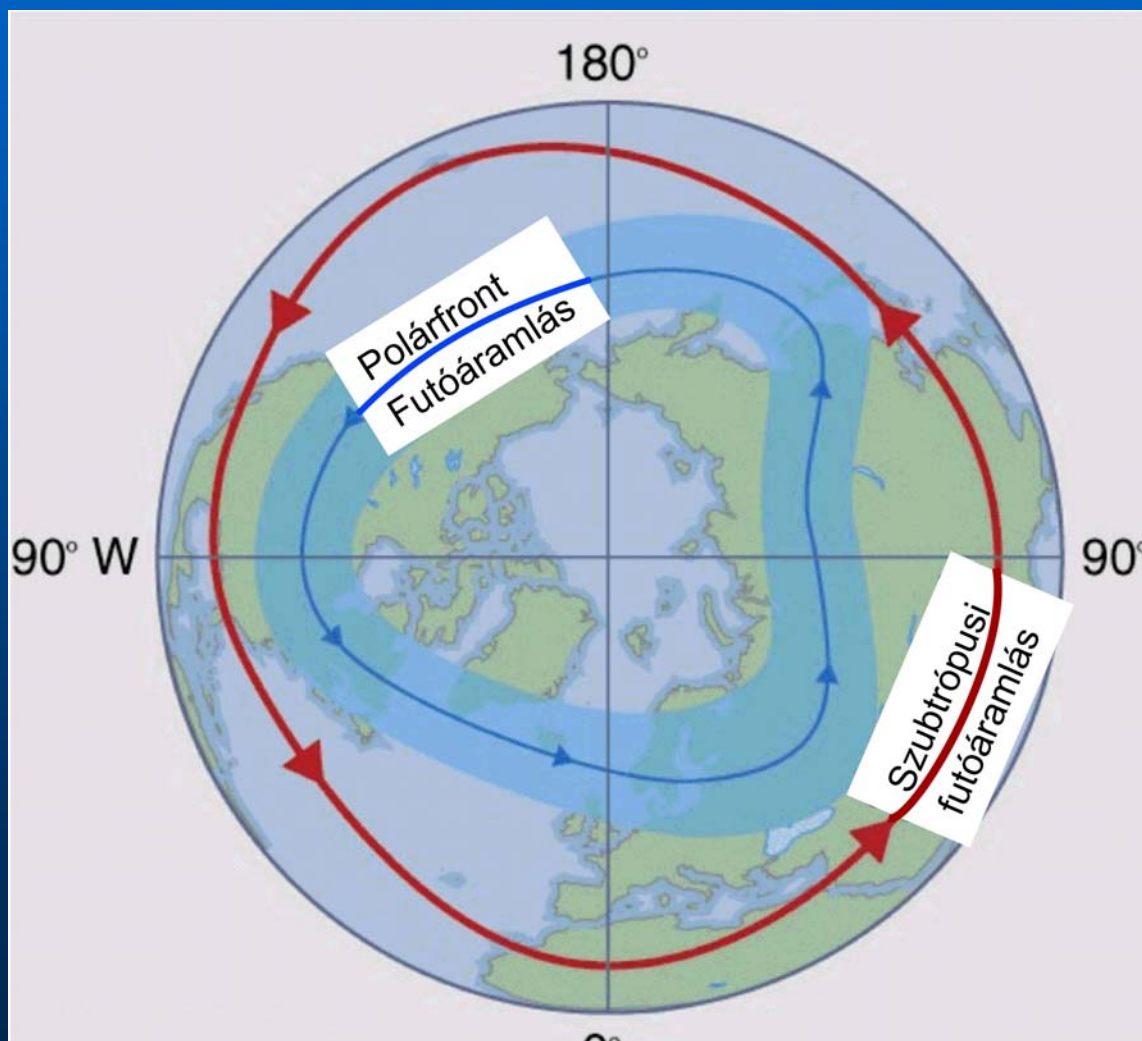
200 hPa wind

Tue Aug 31 12:15:00 2004

A JETEK ÁLTALANOS ELHELYZKEDESE AZ ÉSZAKI HEMISZFÉRÁN

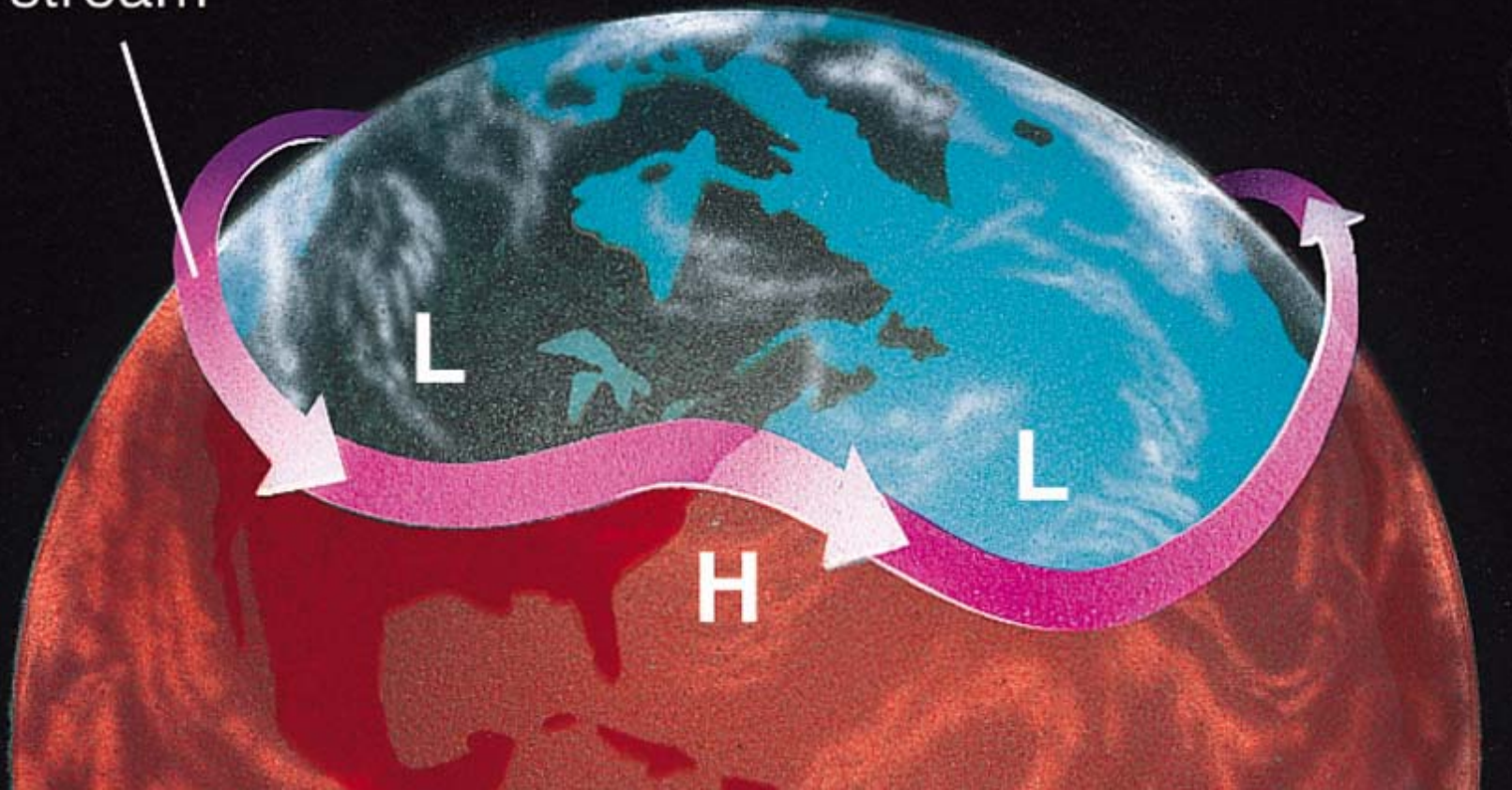
A cellák rendszerében 2 nyugatias jet:

- A frontálzónák és a tropopauza szögletében helyezkednek el,
- Mindkét jetnél törik a tropopauza,
- Míg a szubtrópusi mindig ugyanott helyezkedik el, addig a poláris széles sávban mozog (évszakosan)



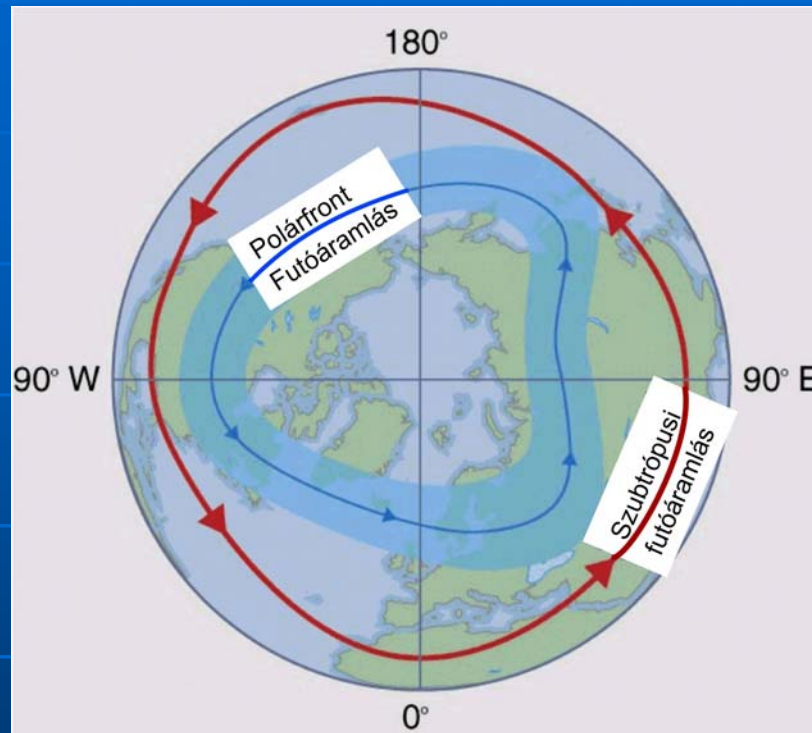
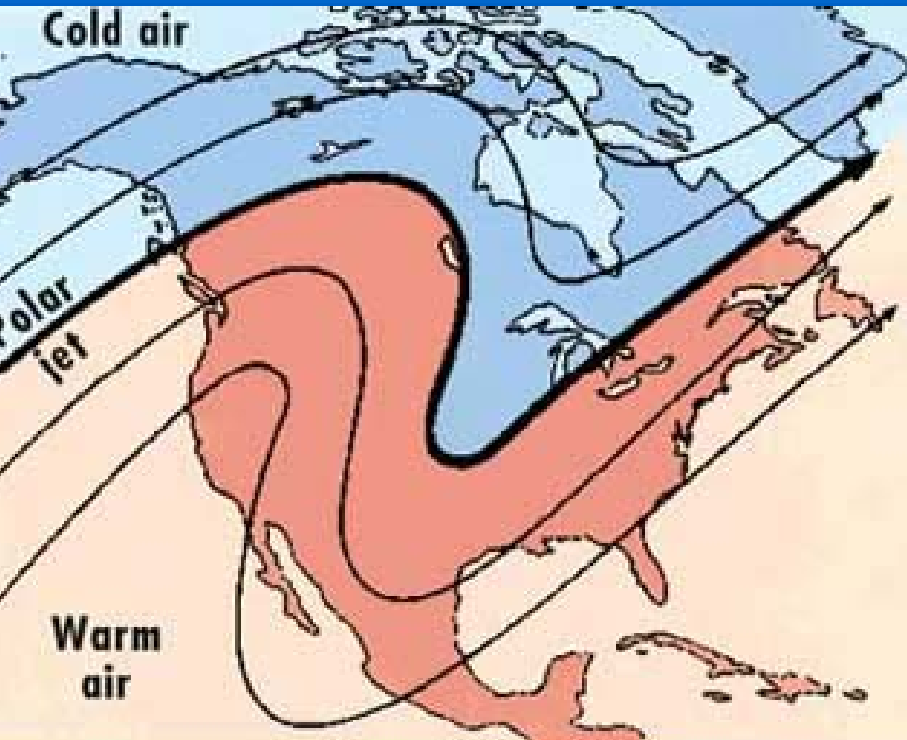
A jetek (PFJ es SJ) a felső troposzférában helyezkednek el, a poláris front illetve a szubtrópusi front felett.

Jet
stream



Mivel a hőmérsékleti gradiens a front mentén télen a legnagyobb, ezért a futóáramláson belüli szélsőségek is ekkor a legnagyobbak

A polaris jet aramiása (a polaris front felett) nagy hullamokat (meandereket) ír le, s nyugatról keletre halad. Ezek a *Rossby hullámok*.



Rossby hullámok kialakulása és felbomlása



Rossby-hullámok

Inerciális hullámok: a Coriolis-erő hatására (φ szerinti változása miatt) vízszintes síkban kialakuló hullámmozgások.

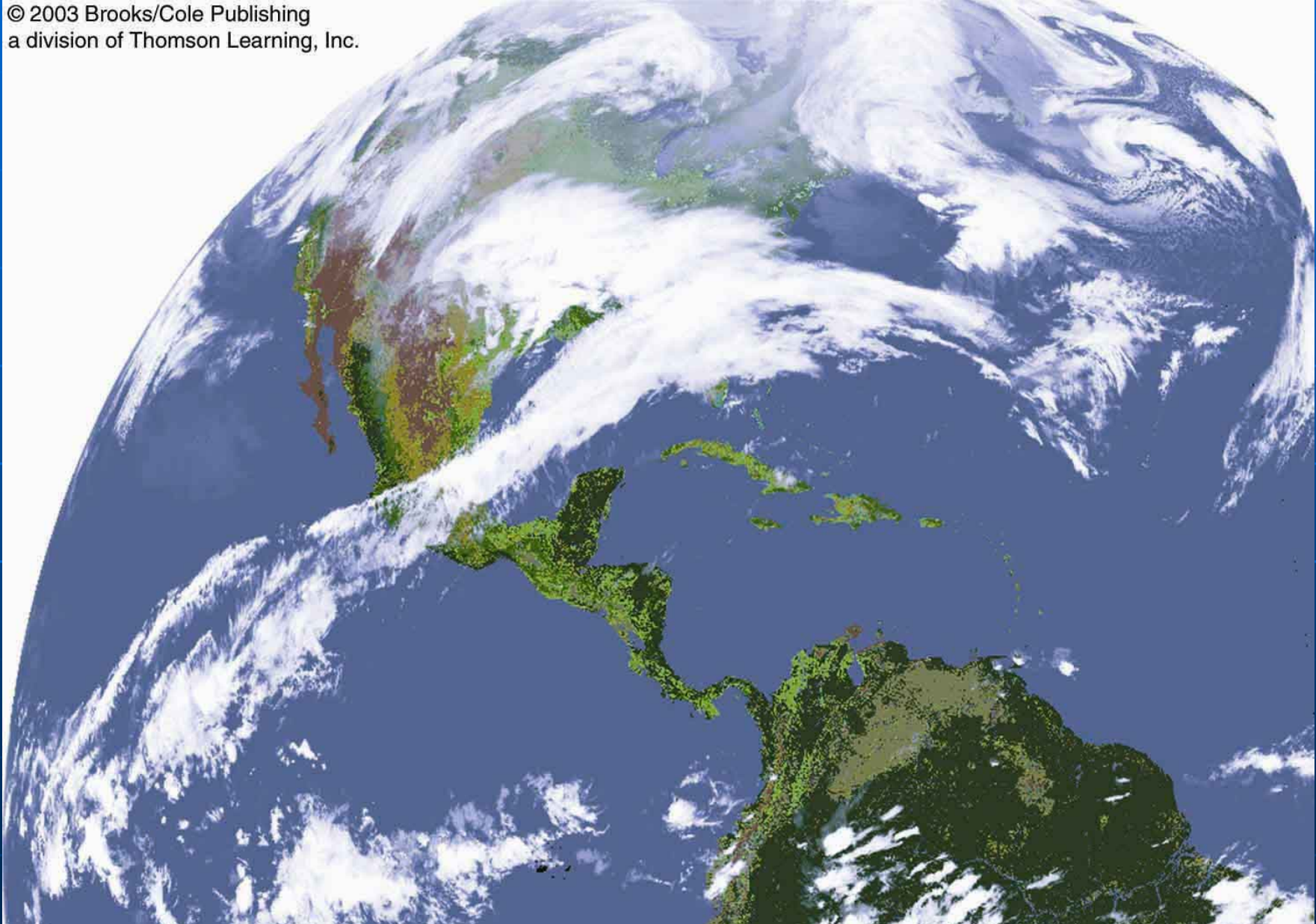
Jelentős amplitúdójúak, az időjárás kialakulásában alapvető fontosságúak.

A ciklonok és anticiklonok fejlődése és áthelyeződése a Rossby-hullámok amplitúdójában és helyzetében bekövetkező változás.

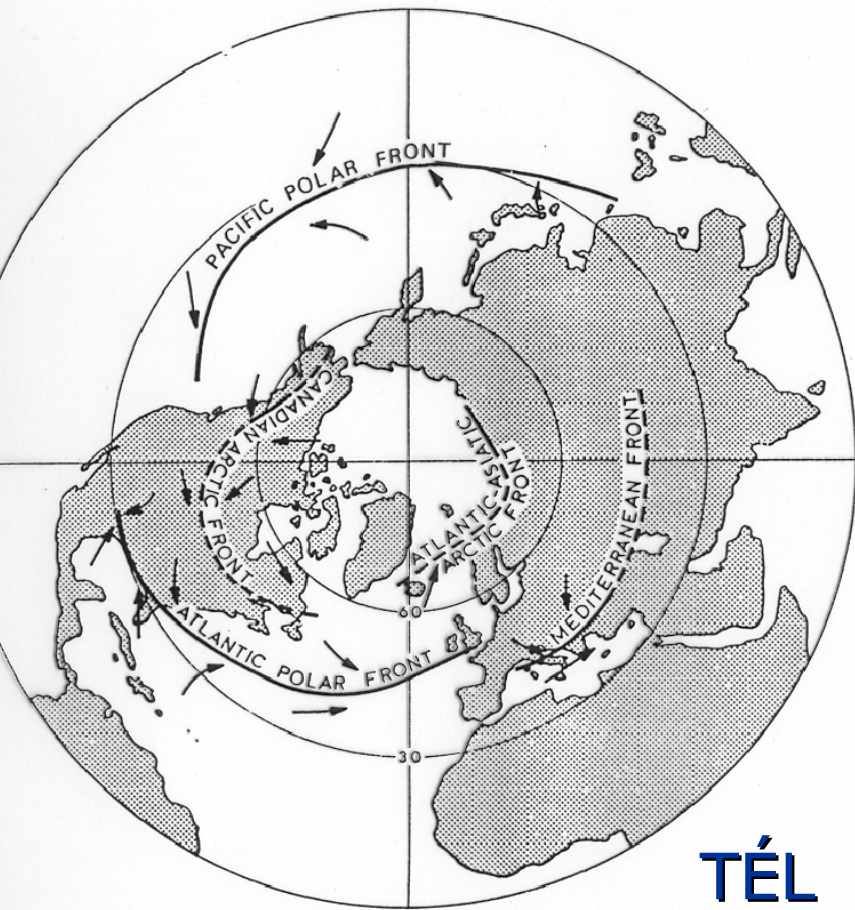
Minden földrajzi szélességen azonos idő alatt tesznek meg egy kört \Rightarrow **fázisban maradnak.**

A Rossby hullamok, s a jetek vezerlik, iranyitjak a mersekelt övi ciklonokat

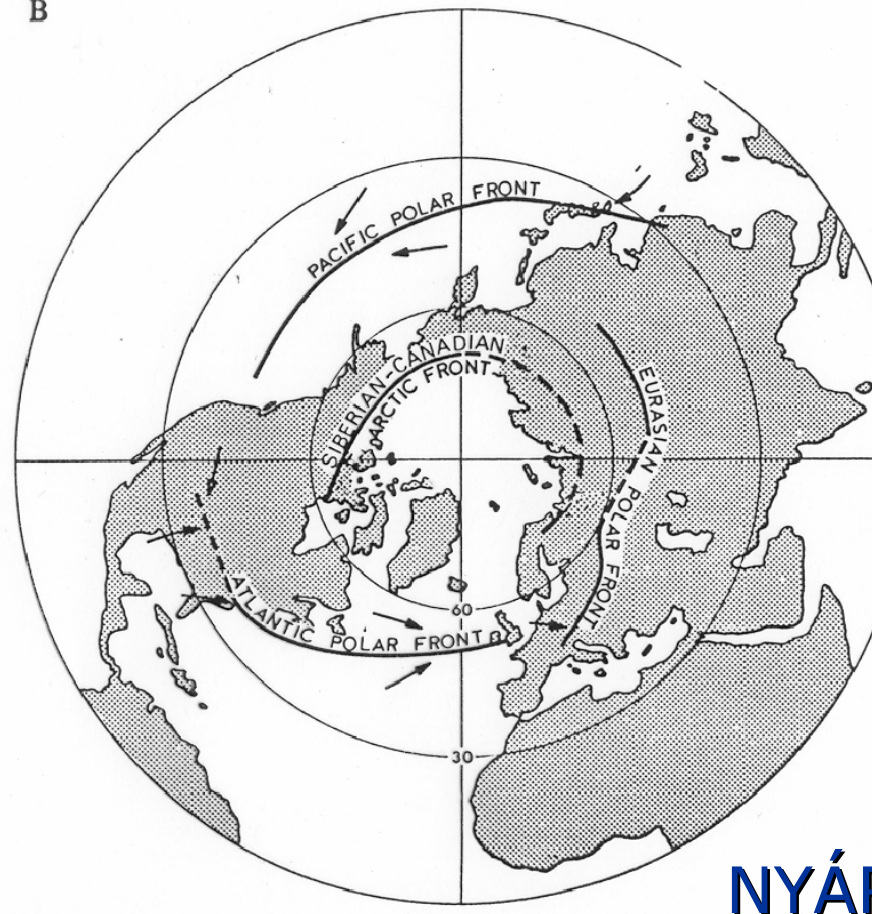
© 2003 Brooks/Cole Publishing
a division of Thomson Learning, Inc.



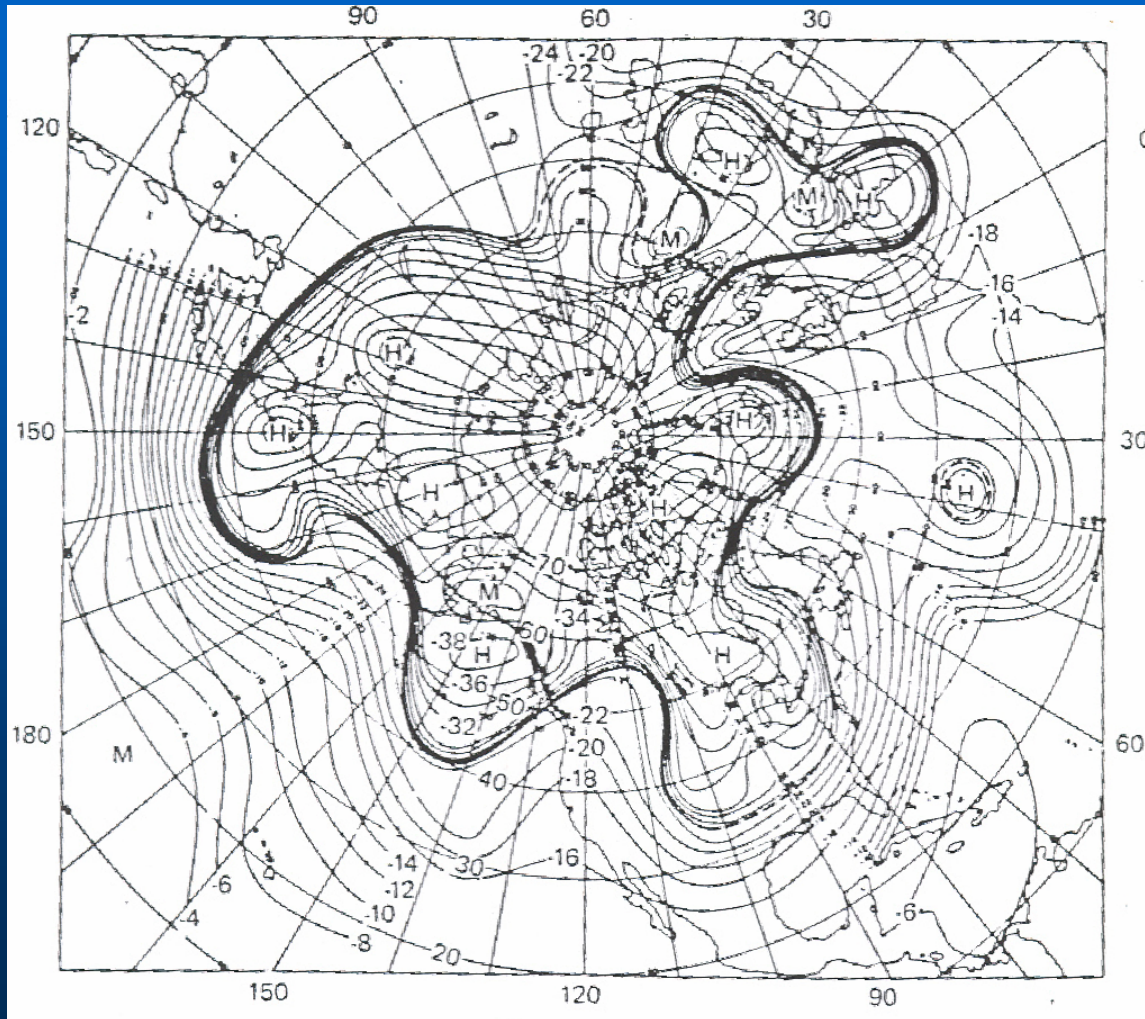
A FŐ FRONTÁLZONÁK ÁLTALANOS ELHELYZEKEDÉSE AZ ÉSZAKI HEMISZFÉRÁN



B



A poláris frontálzóna elhelyezkedése

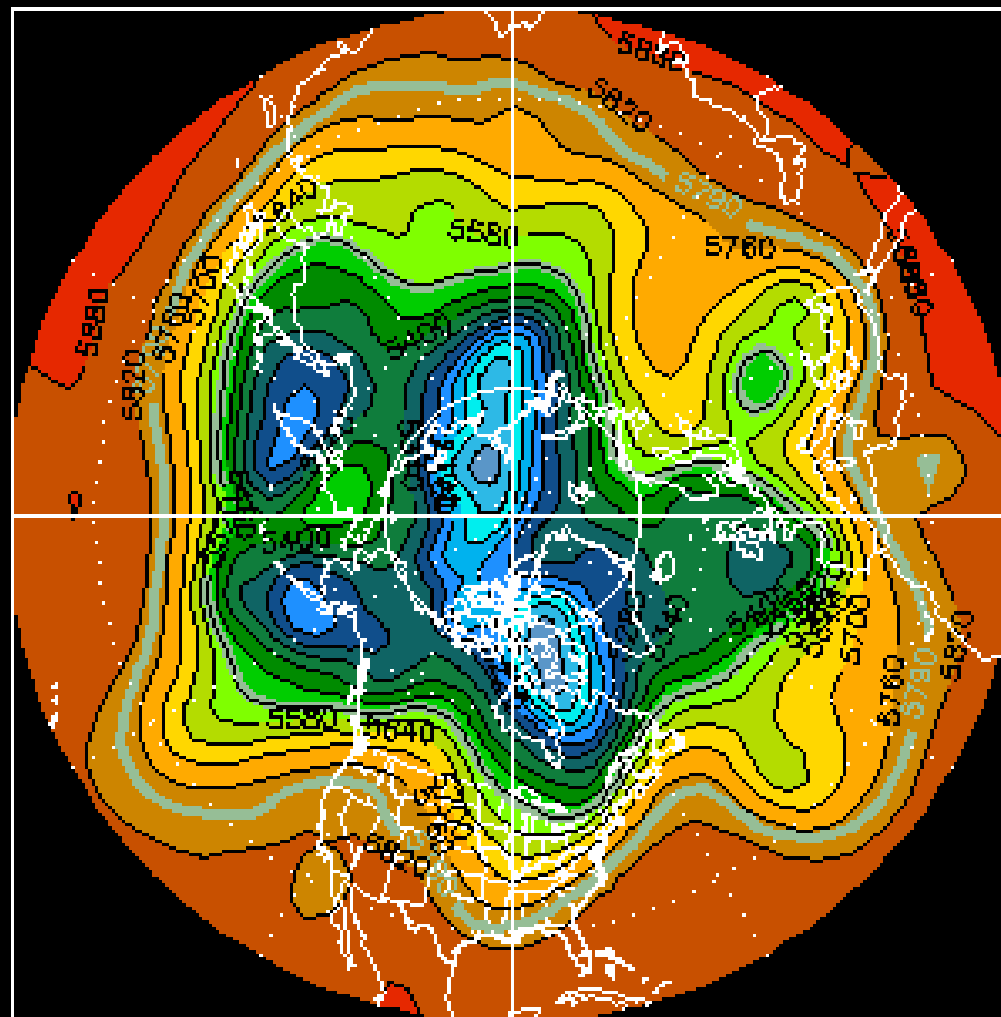


Az 500 hPa-es magassági szint hőmérsékleti eloszlása

(GRAY CONTOURS FROM MRF RUN: 5790 m & 5520 m)

000H FCST FROM: 00 UTC - WED. APR 25, 2001

VALID AT: 00 UTC - WED. APR 25, 2001



MRF (00z) Runs: 12

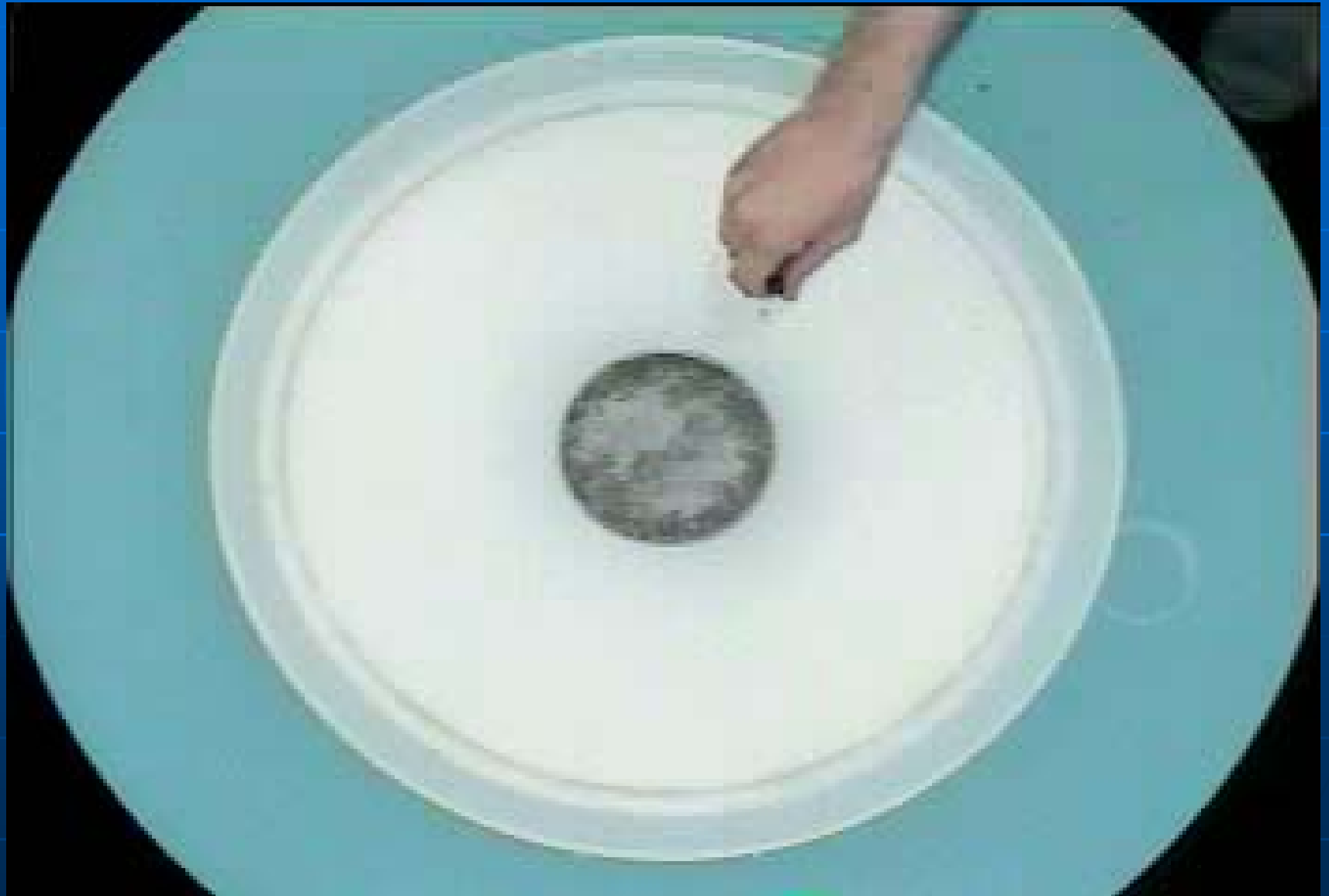
AVN (12z) Runs: 11



Forgókádas kísérlet



Forgókádas kísérlet



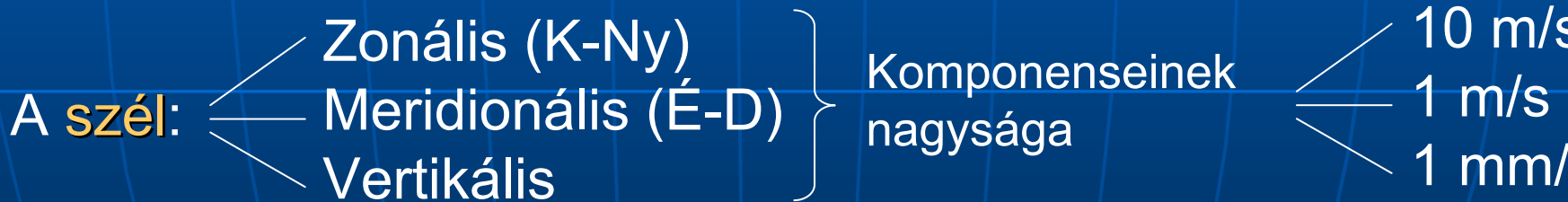
**TAPASZTALATI TÉNYEK AZ
ÁLTALÁNOS CIRKULÁCIÓRÓL
(MÉRÉSEK EREDMÉNYEI)**

TAPASZTALATI TÉNYEK - MÉRÉSI REDMÉNYEK

A troposzféra és a magasabb légrétegek uralkodó szelei:

Adatok: rádiószondákkal és meteorológiai rakétákkal az alsó 100-200 km-ről (T, q, V)

Szabadlégekőri megfigyelések szerint:



Általános cirkuláció: ~ keleties/nyugatias szélövek földgömbi eloszlása, ezek évszakos változásai

TAPASZTALATI TÉNYEK - MÉRÉSI REDMÉNYEK

Megfigyelések:

A) Troposzférában: 3 jellegzetes szélöv:

⇒ Trópusi övben – Keleties szelek uralkodó jellege

/A keleties szél függ a földrajzi szélességtől

- Egyenlítőnél 12 km-ig K-ies
- 20°-os φ -nél 5-6 km-ig K-ies
- 25-30°-os φ -nél 1-2 km-ig K-ies/

⇒ Mérsékelt övben – Nyugatias szelek

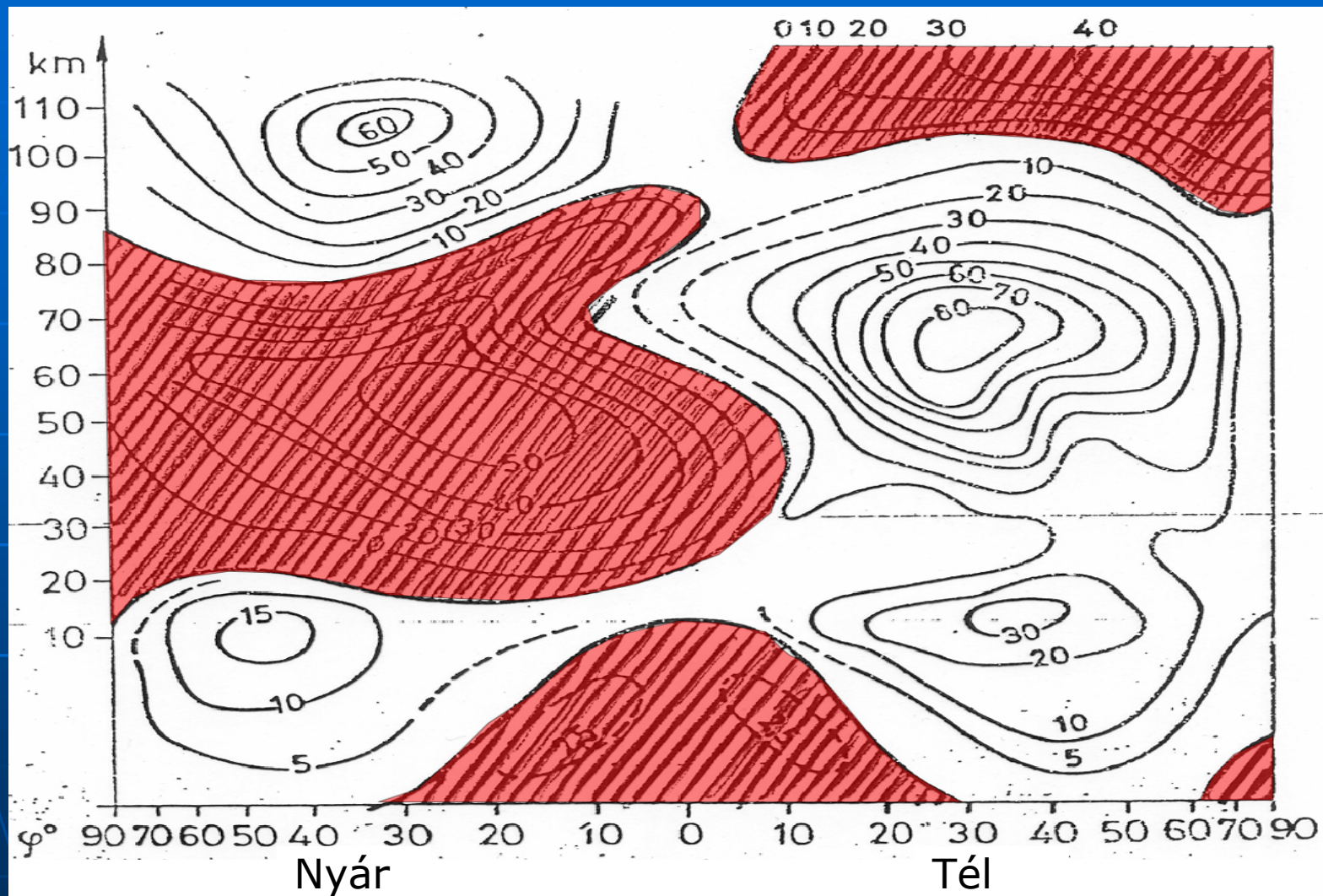
/Nyáron egészen a sarkokig Ny-ias

Télen a pólusok területén ismét K-ies szelek (1-2 km)/

A magasban a Ny-ias áramlás kiterjed É-D irányokba.

A felső rétegekben az egész Földön uralkodóvá válik a Ny-ias szélirány

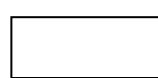
TAPASZTALATI TÉNYEK - MÉRÉSI REDMÉNYEK



Az eredő szél zonális összetevői (m/s)



Keleties
áramlás



Nyugatis
áramlás

TAPASZTALATI TÉNYEK - MÉRÉSI REDMÉNYEK

⇒ **Tropopauza:** kb. 8-12 km magasságban ($\varphi = 30-40^\circ$ -on)

Futóáramlások (jet stream): az egész Földet körülfolylja, helyzete évszakonként változik:

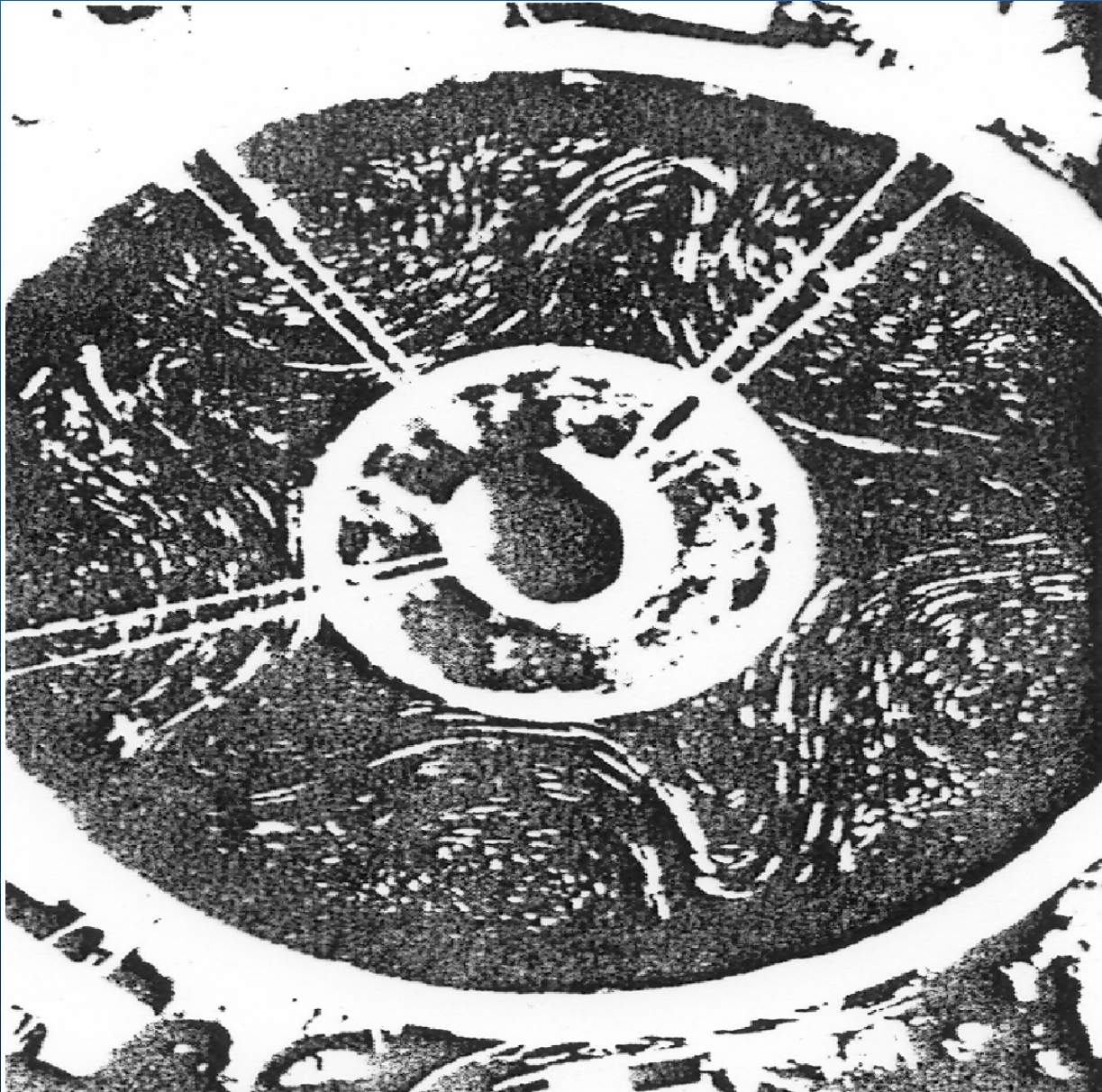
- Nyár: $\varphi = 40-42^\circ$
- Tél: $\varphi = 30-34^\circ$

B) Sztratoszféra:

Szélirányok évszagos átváltódása:

- Nyári félgömbön – Keleties szelek
- Téli félgömbön – Nyugatias szelek

**12 km-re feljuttatott ballon által megtett út 33 nap alatt
(a felső légrétegekben NY-ias áramlás)**



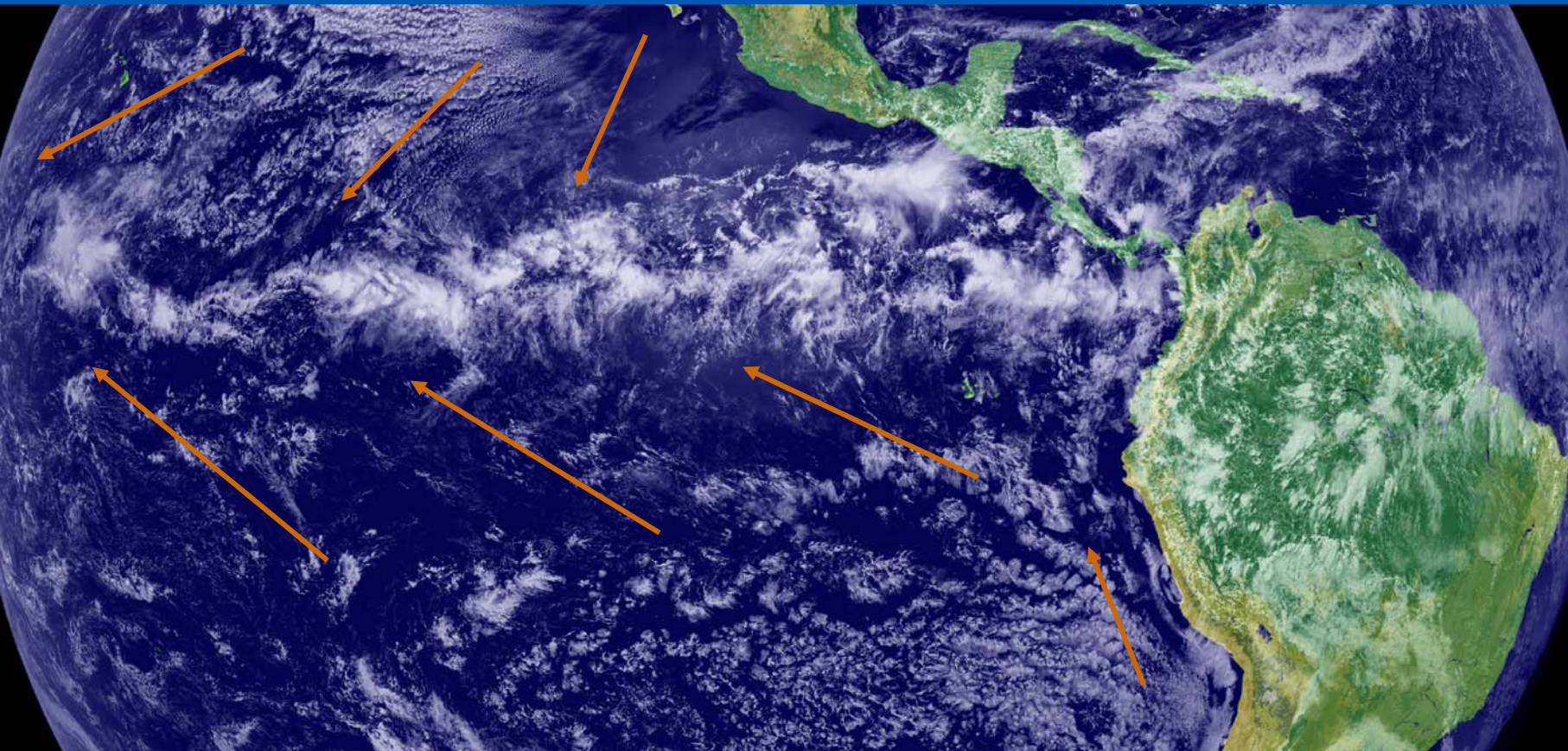
AZ ITCZ

(TRÓPUSI ÖSSZEÁRAMLÁSI VONAL)

/A legalacsonyabb nyomású pontokat
összekötő vonal/

Konvergencia, avagy összeáramlás

A trópusi összeáramlási zónán belül (ITCZ), ahol az északi és a déli féltékéről származó levegő összeáramlik.



Az ITCZ és a Hadley-cella évszakos mozgása

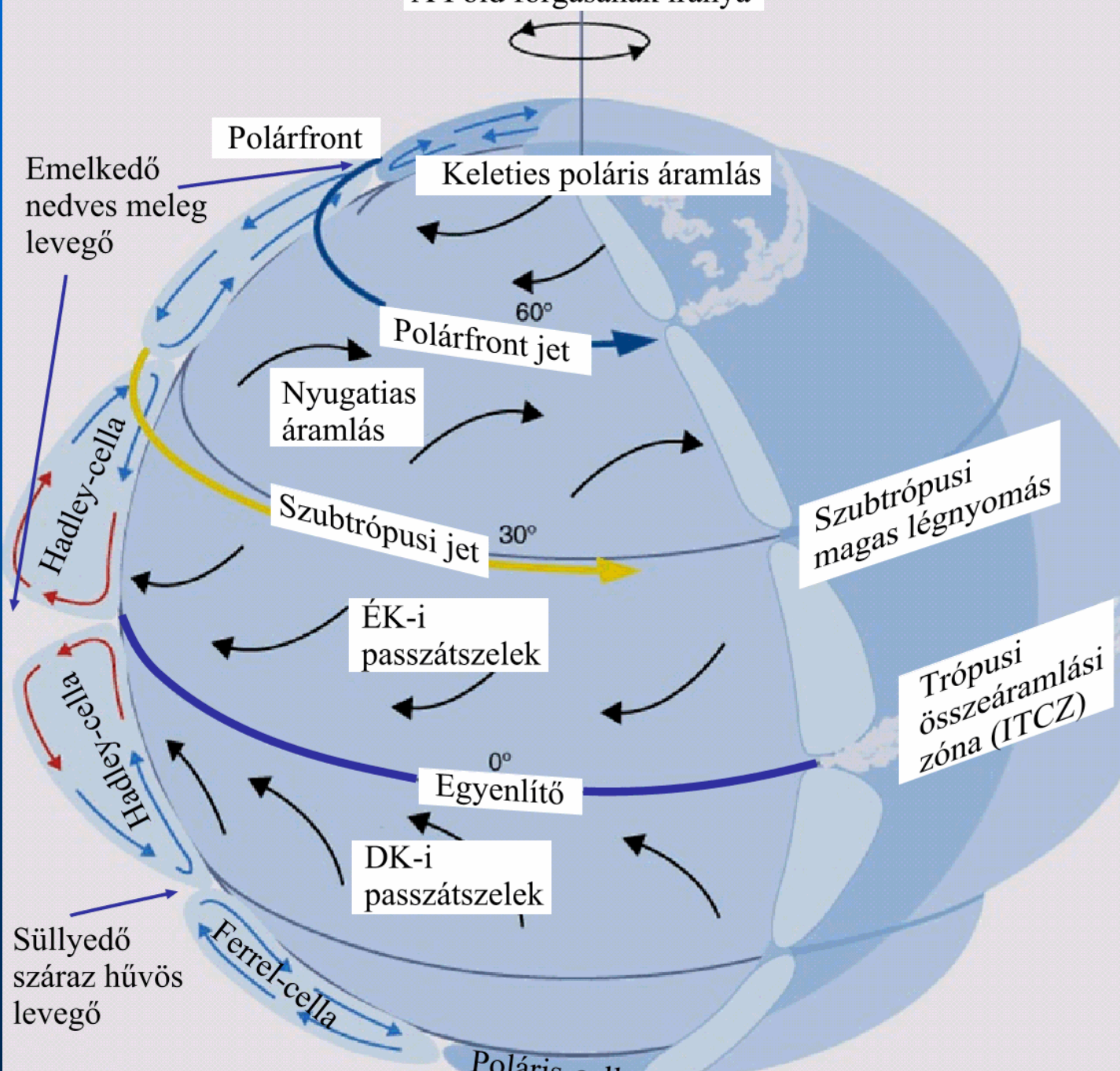


Ez irányítja a trópusi csapadékrendszereket

A felszíni konvergencia

az ITCZ mentén a trópusokon és a polárfrontnál:

a levegő felemelkedik, a légnyomás lecsökken.

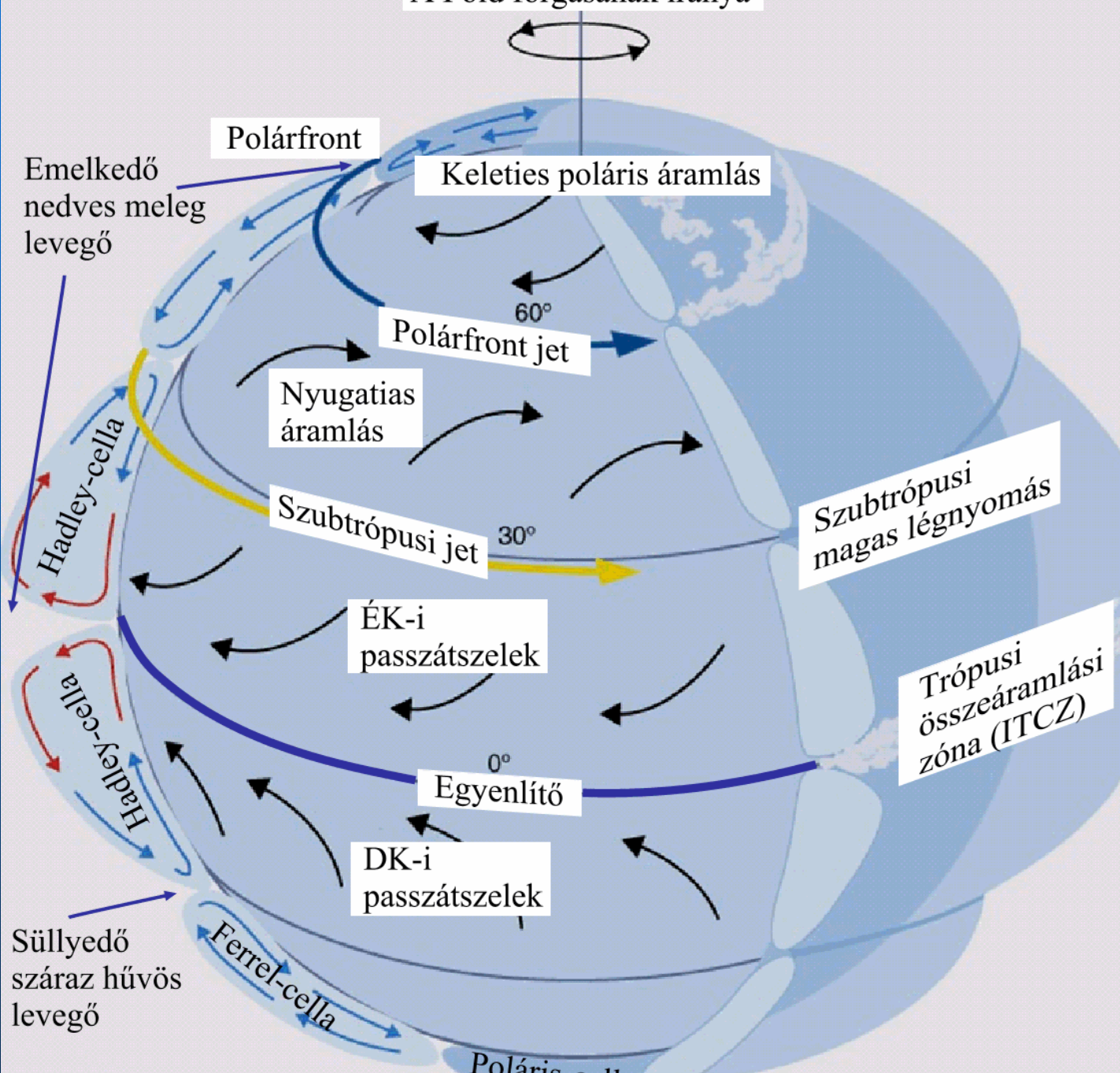




A felszíni divergencia

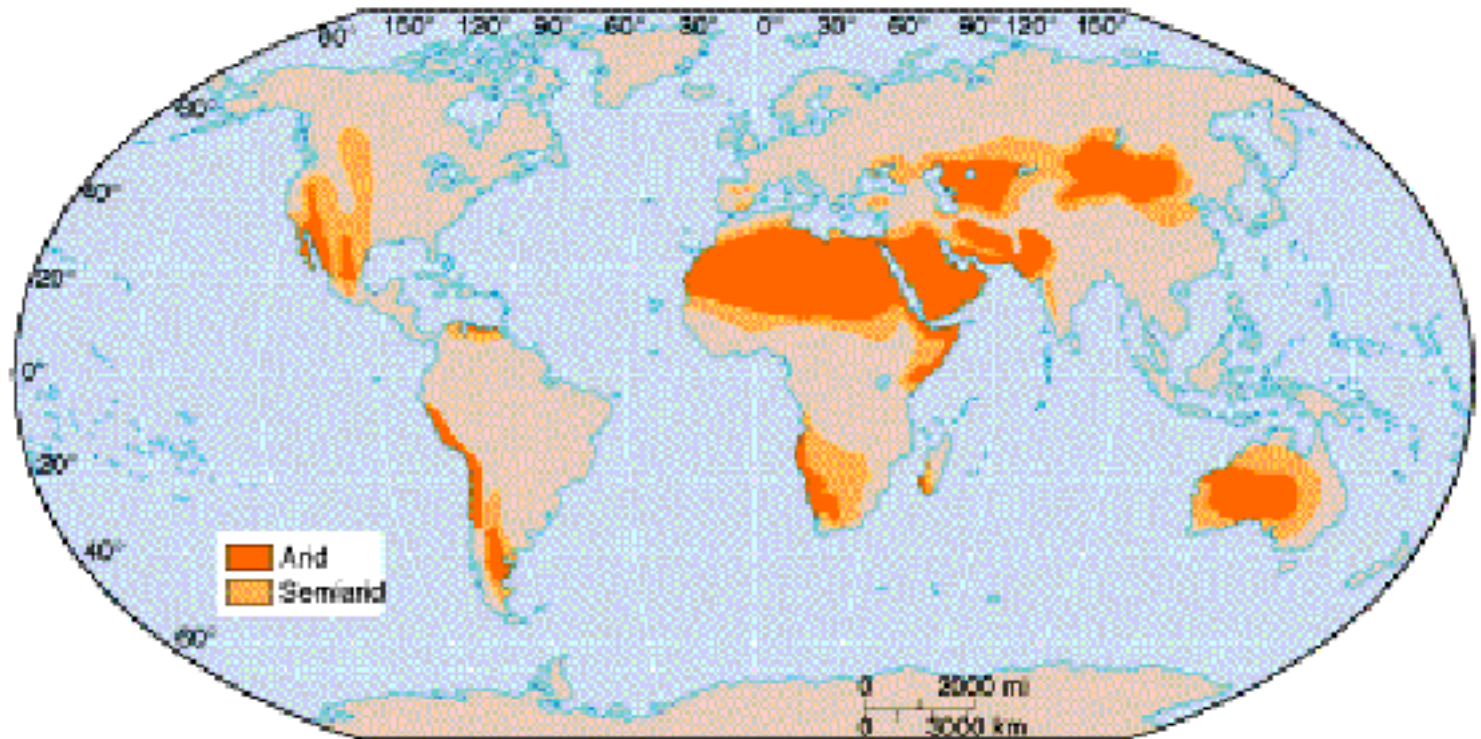
~ 30° mentén és a sarkoknál:

a magasban lévő konvergencia miatt a levegő a felszínen itt süllyed, a légnyomás emelkedik.

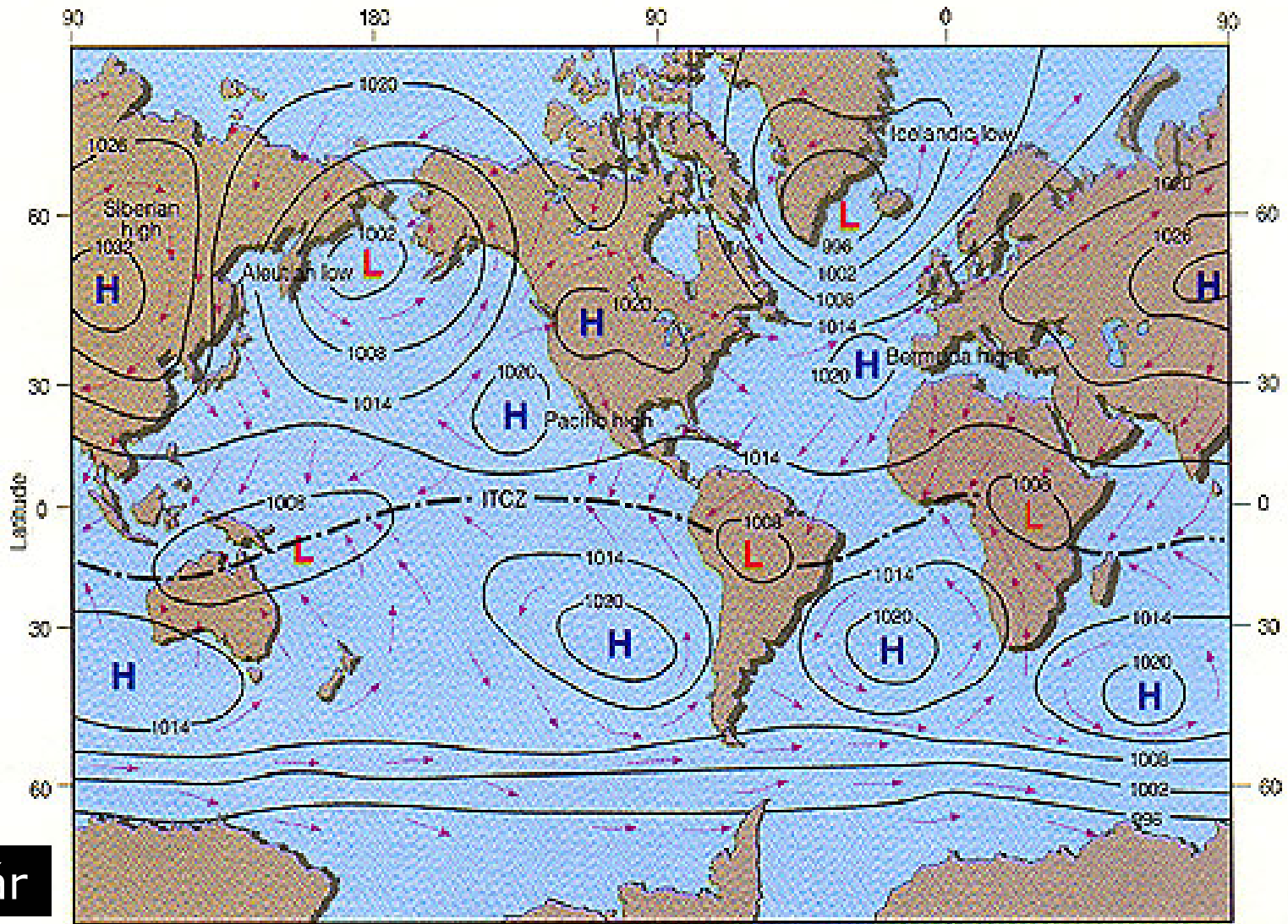


A süllyedő levegő hatására létrejövő felhőtlen és alacsony csapadékú területek

Arid Regions

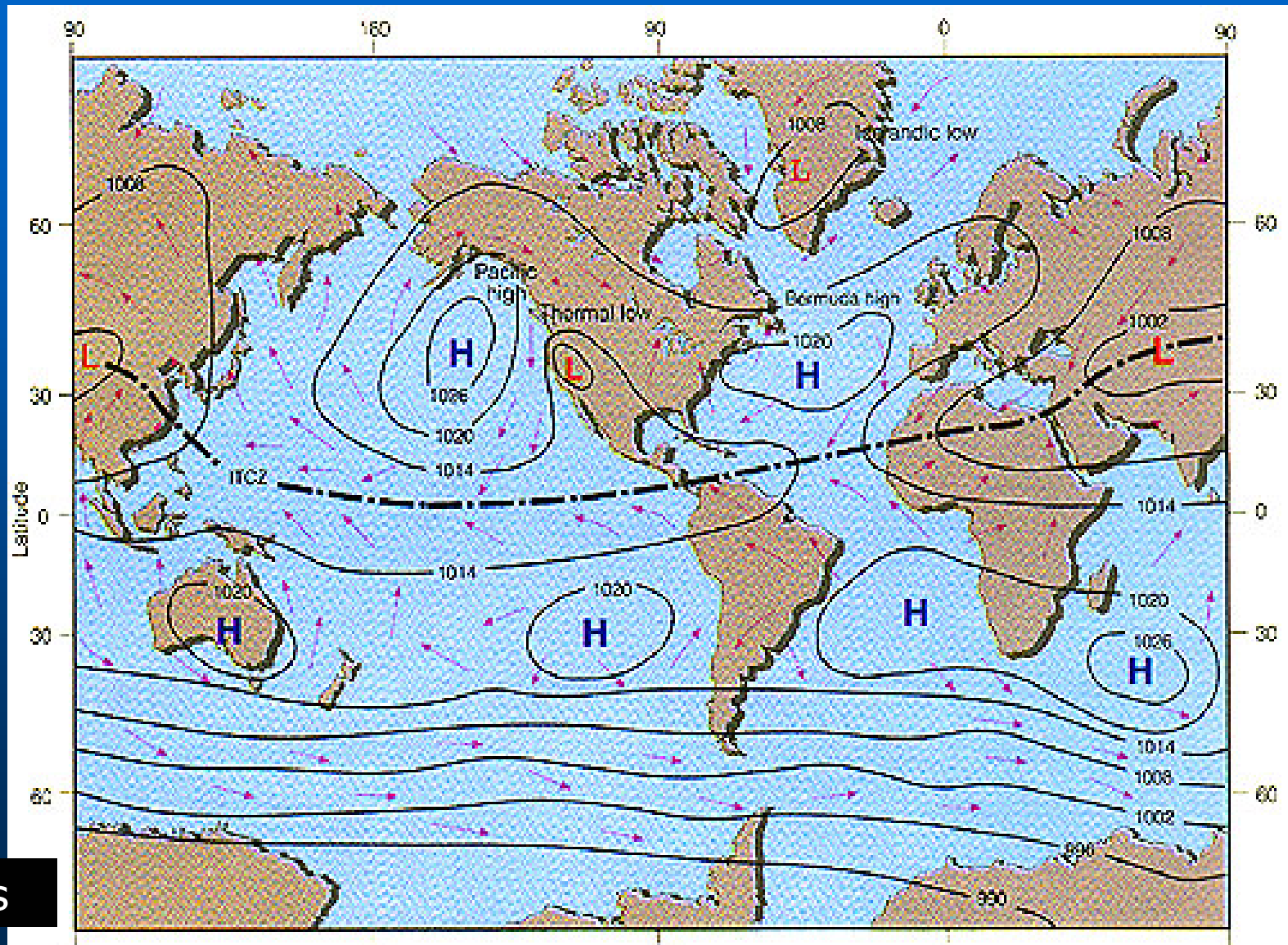


Globális általános légköri körzés - megfigyelések



Január

Globális általános légköri körzés - megfigyelések



Megfigyelések alapján:

Az ITCZ és a főbb szélövek januárban Délre, júliusban Észak felé mozognak.

Óceán:

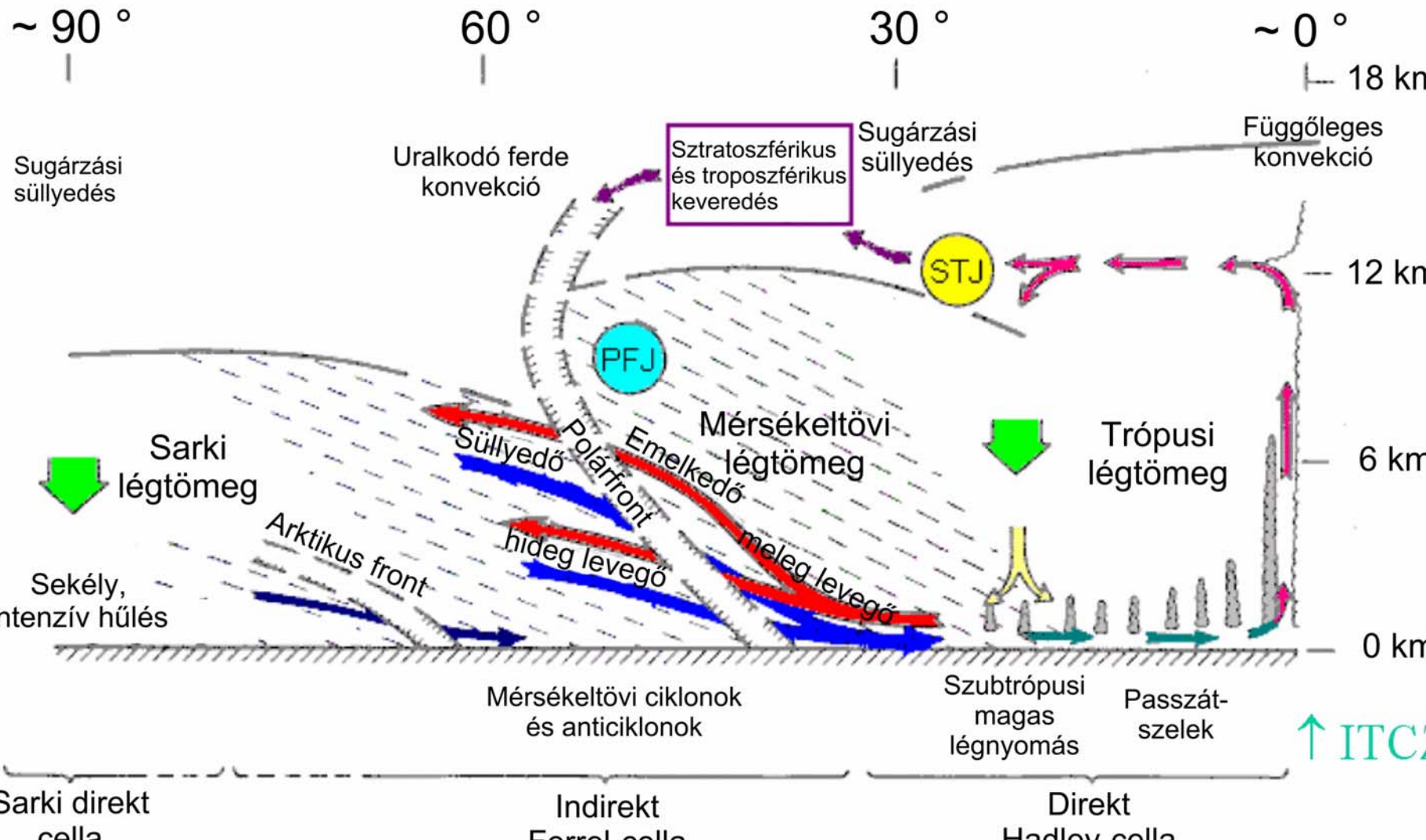
- A szubtrópusi magas nyomású területek nyáron erősebbek [Pacifikus, Bermuda]
- A közepes szélességek alacsony nyomású területei télen erősebbek [Aleuti, Izlandi]

Szárazföld

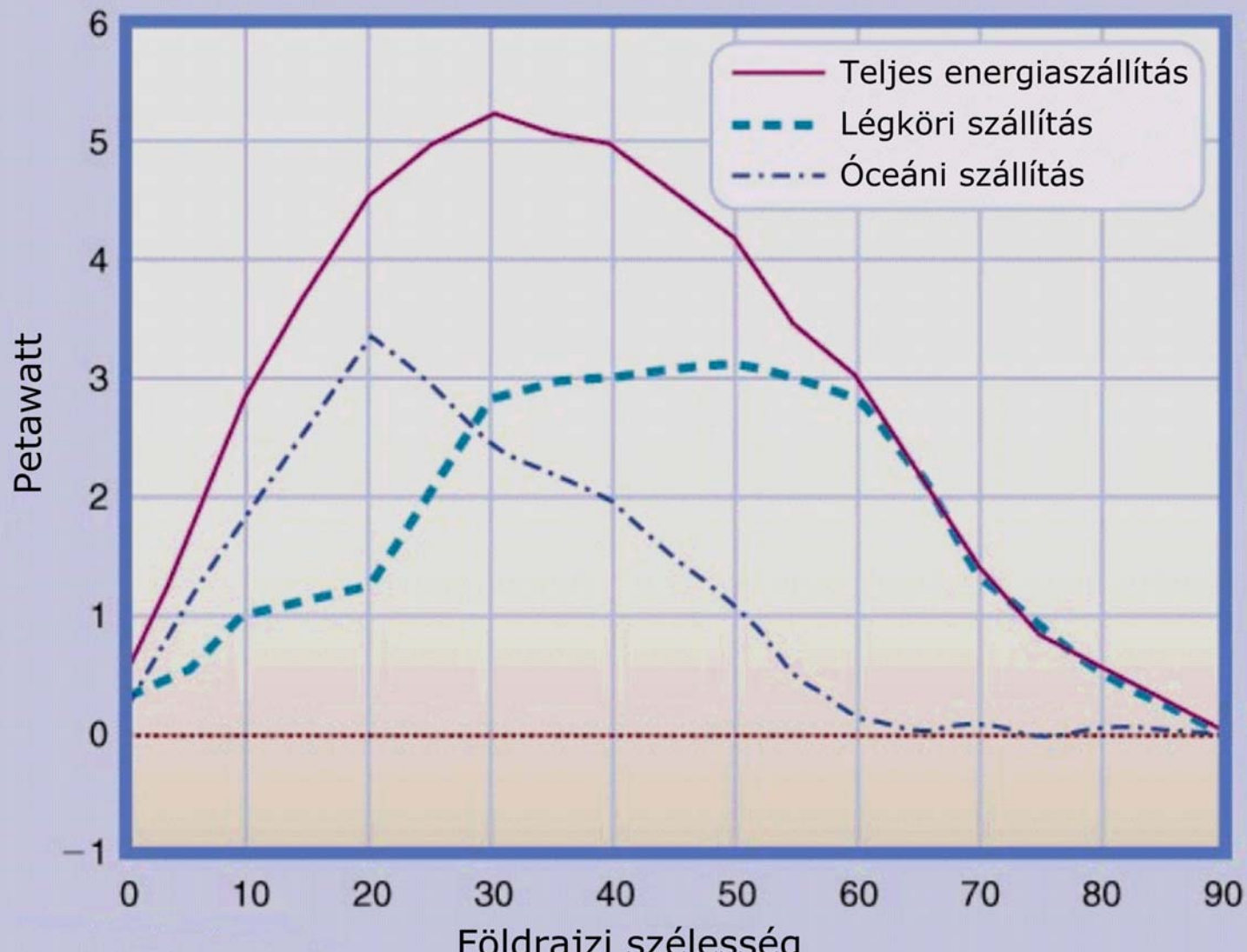
- A szubtrópusi magas nyomású területek télen [Sonora, Pakisztán]
- A közepes szélességek alacsony nyomású területei nyáron [Szibériai]

A MÉRSÉKELT ÖV LÉGKÖRI CIRKULÁCIÓJA

Mérsékelt övi cirkuláció



Ezek a frontok, mérsékeltövi ciklonok szállítják a sarkok irányába az energiát. Erre a kiegyenlítésre a földrajzi szélességekre érkező egyenlőtlen besugárzás miatt van szükség.

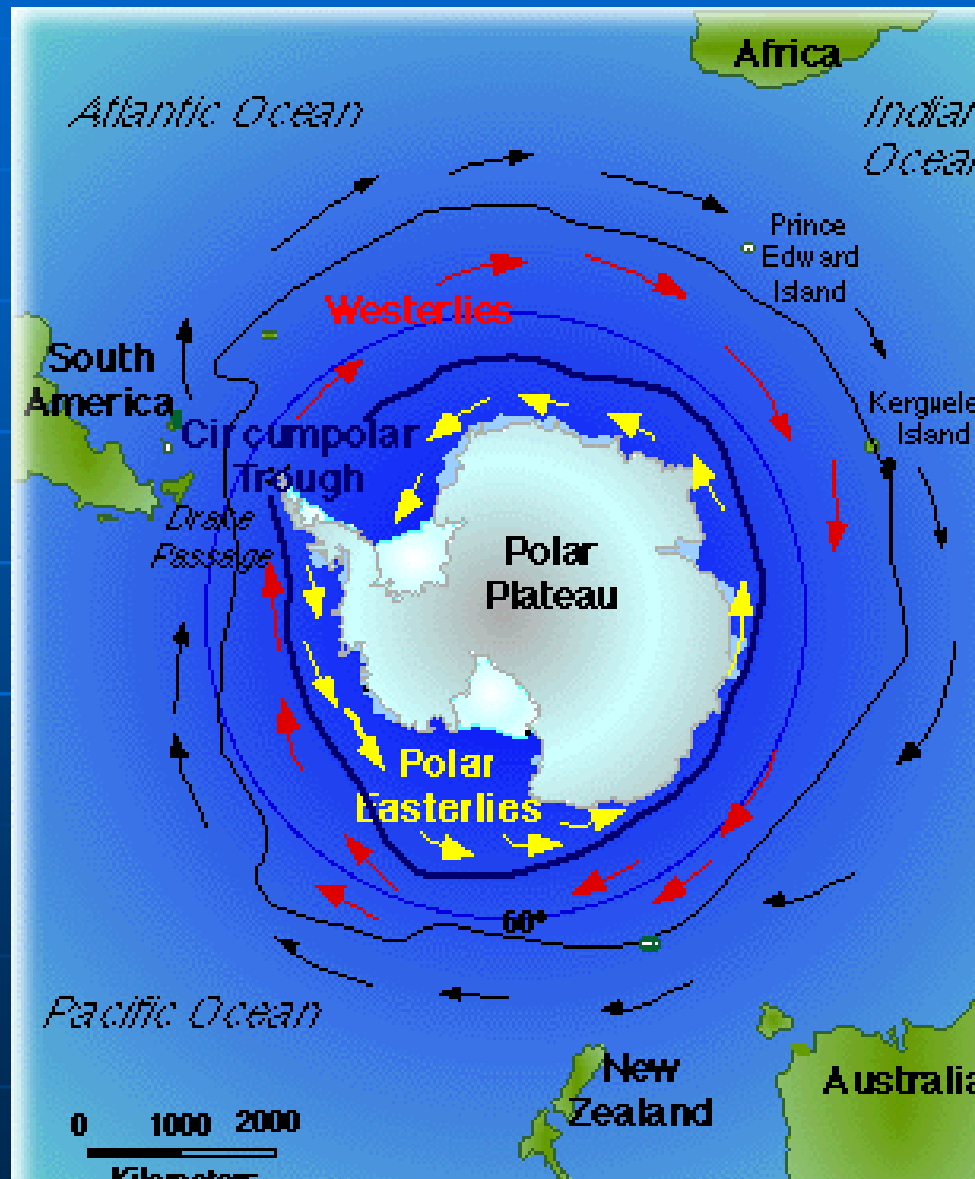


Poláris cirkuláció

A sarkok közelében, a poláris cellán belül nagyon hideg keleties szelek fújnak a felszínen (cirkumpoláris szelek).

A front túlsó oldalán, az alacsonyabb szélességeken melegebb nyugatias szeleket találunk.

A Polár Front két oldala között nagy a hőmérséklet különbség (hőmérsékleti gradiens).



AZ ÓCEÁNOK CIRKULÁCIÓJA

- Az Egyenlítő és a Pólus közötti összes energia-cserének 40 %-át képviselik.
- Átlaghőmérséklete 5,7 °C, Troposzféráé -17°C

⇒ NAGY HŐENERGIA VAN ELRAKTÁROZVA!

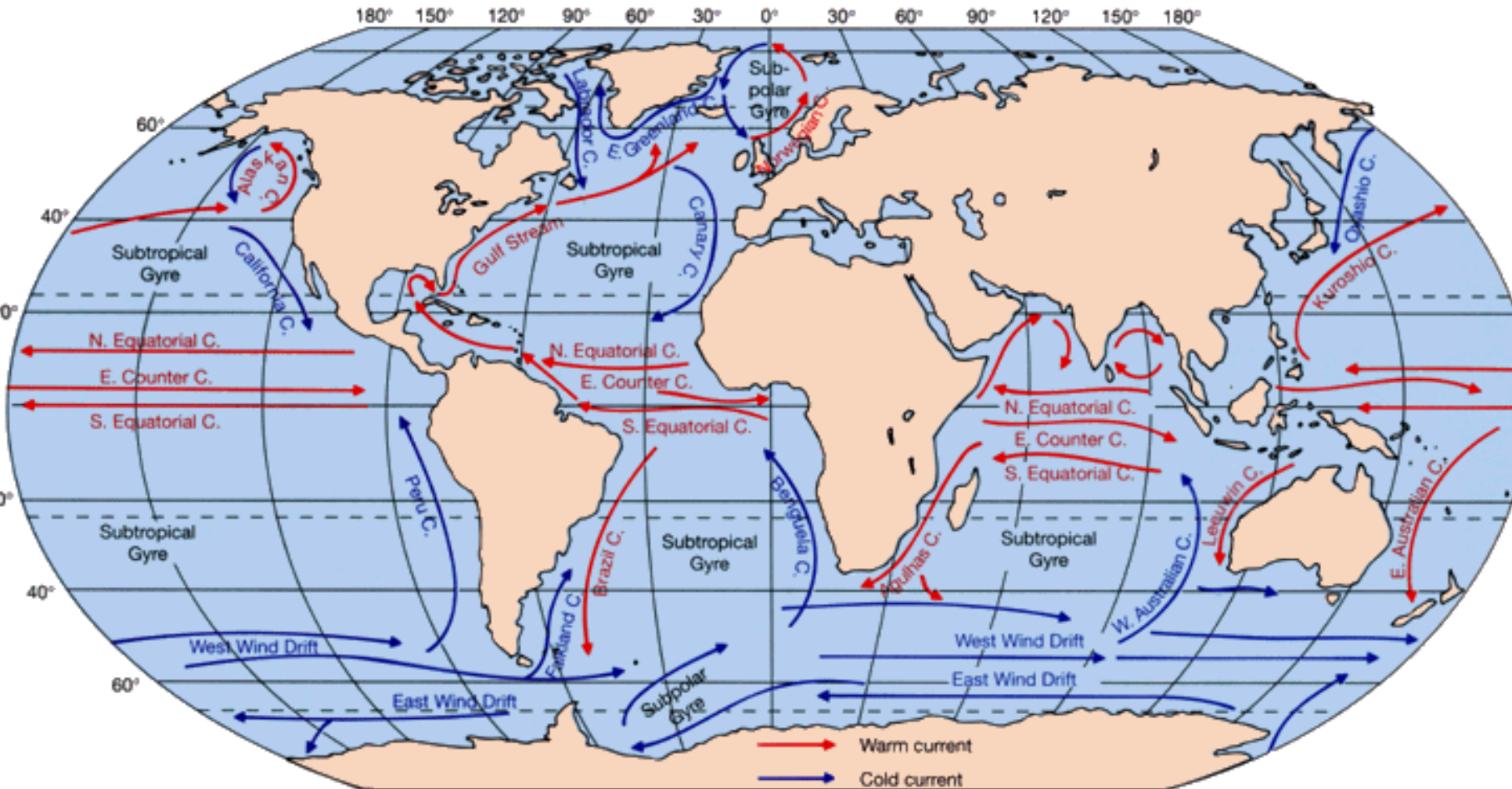
- **Cirkulációját meghatározza:**

- a sugárzás egyenlőtlen eloszlása (+ Coriolis-erő)
- a légkör cirkulációja
- a kontinensek elhelyezkedése
- a sókoncentrációk különbségei (sűrűségkülönbséget eredményez)
- az albedója

- **Átlagos sókoncentráció** a felszínen: 34,84 ‰
Ez a térítőknél max. a csapadék és a párolgás arányának köszönhetően.

- Egy átlagos tengerfelszíni áramlás 19 m/s,
vízhozamuk: 10^8 - 10^9 m³/s

Szél által hajtott felszíni áramlatok Februárban és Márciusban



© 1996 by Prentice-Hall, Inc.

Globális szélrendszerek és óceánfelszíni áramlások

*Az óceáni áramlatok tükrözik a globális szélmintát,
Nagyon lassúak a jóval nagyobb súrlódás miatt.*

Néhány fontosabb
áramlás:

1. Golf Áramlás

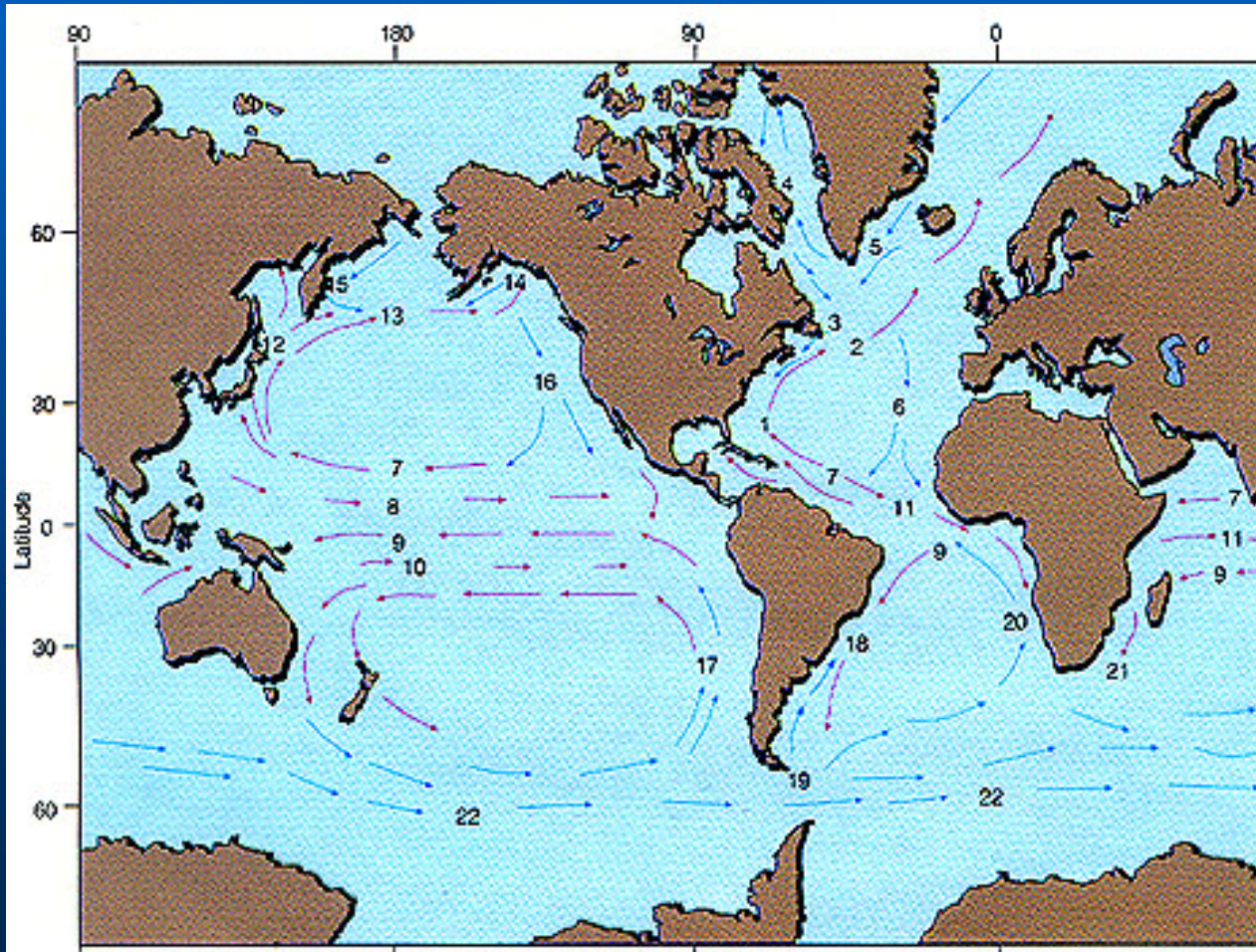
2. É. atlanti

3. Labrador

6. Kaliforniai

7. Humbolt

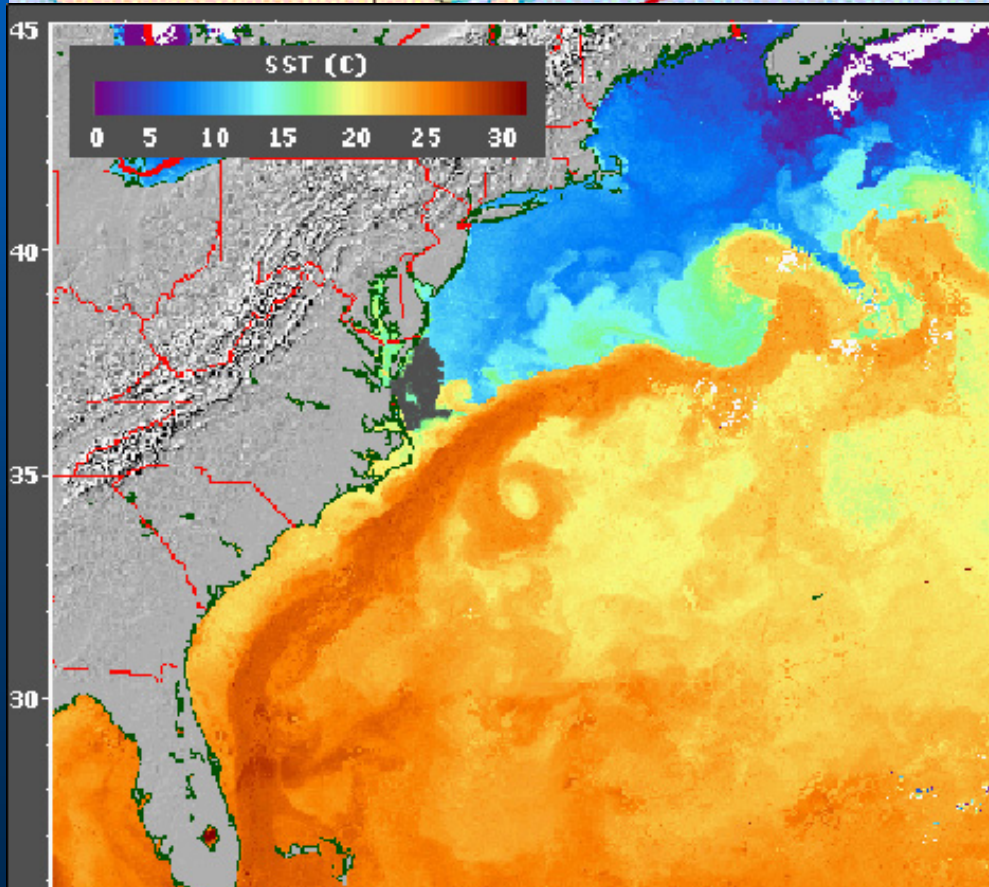
2. Nyugati Szél



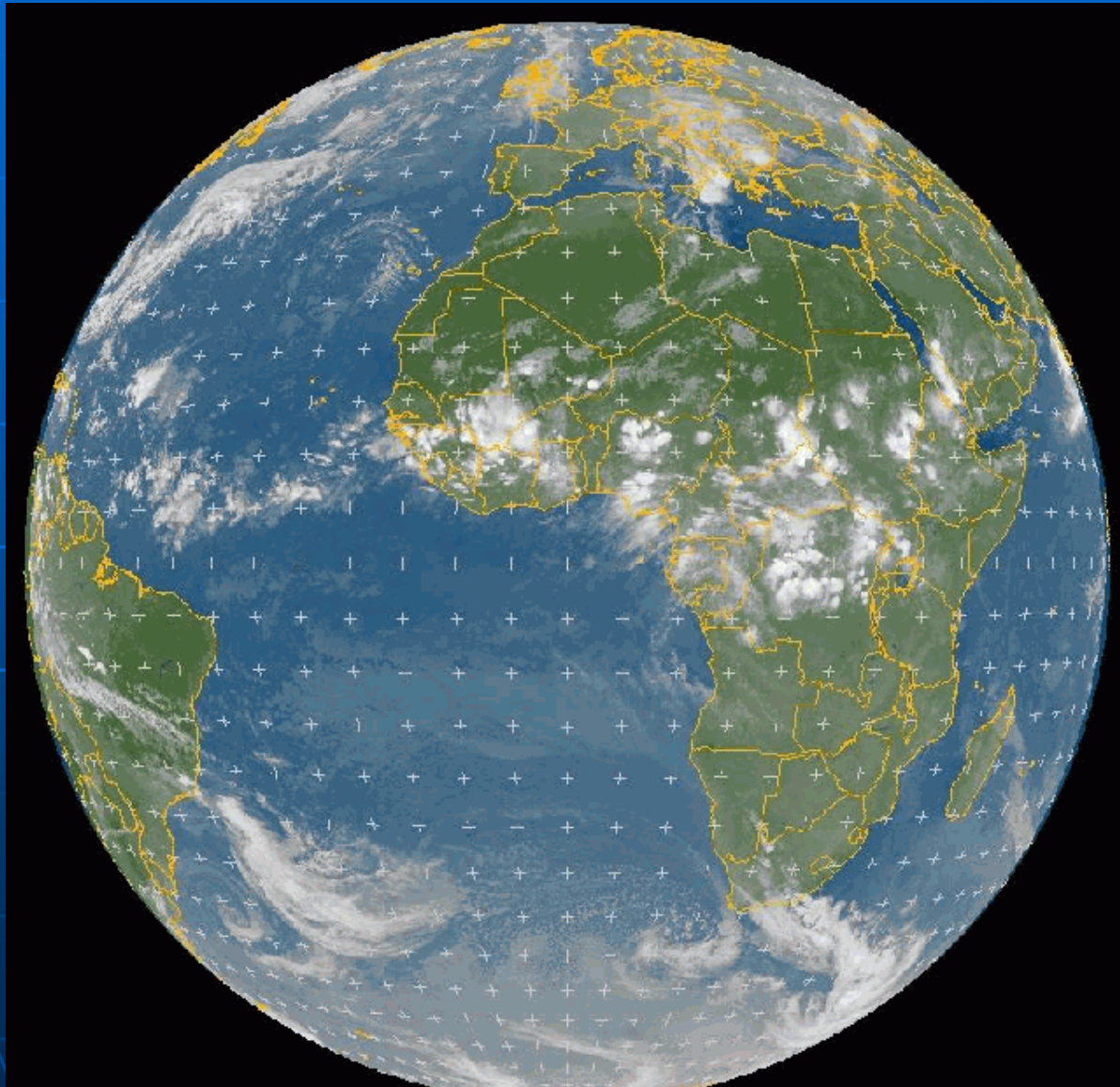
A Golf áramlás és az Észak-atlanti áramlás

A Golf áramlás által észak-nyugatra, Európa felé szállított meleg vizek felmelegítik a felettük lévő légtömegeket.

E melegedés következtében Európa egy sokkal enyhébb klímát élvezhet, mint ezen a földrajzi szélességen különben lenne.



Köszönöm a figyelmet!



NETS TR100 2008-09-14 18:00 UTC