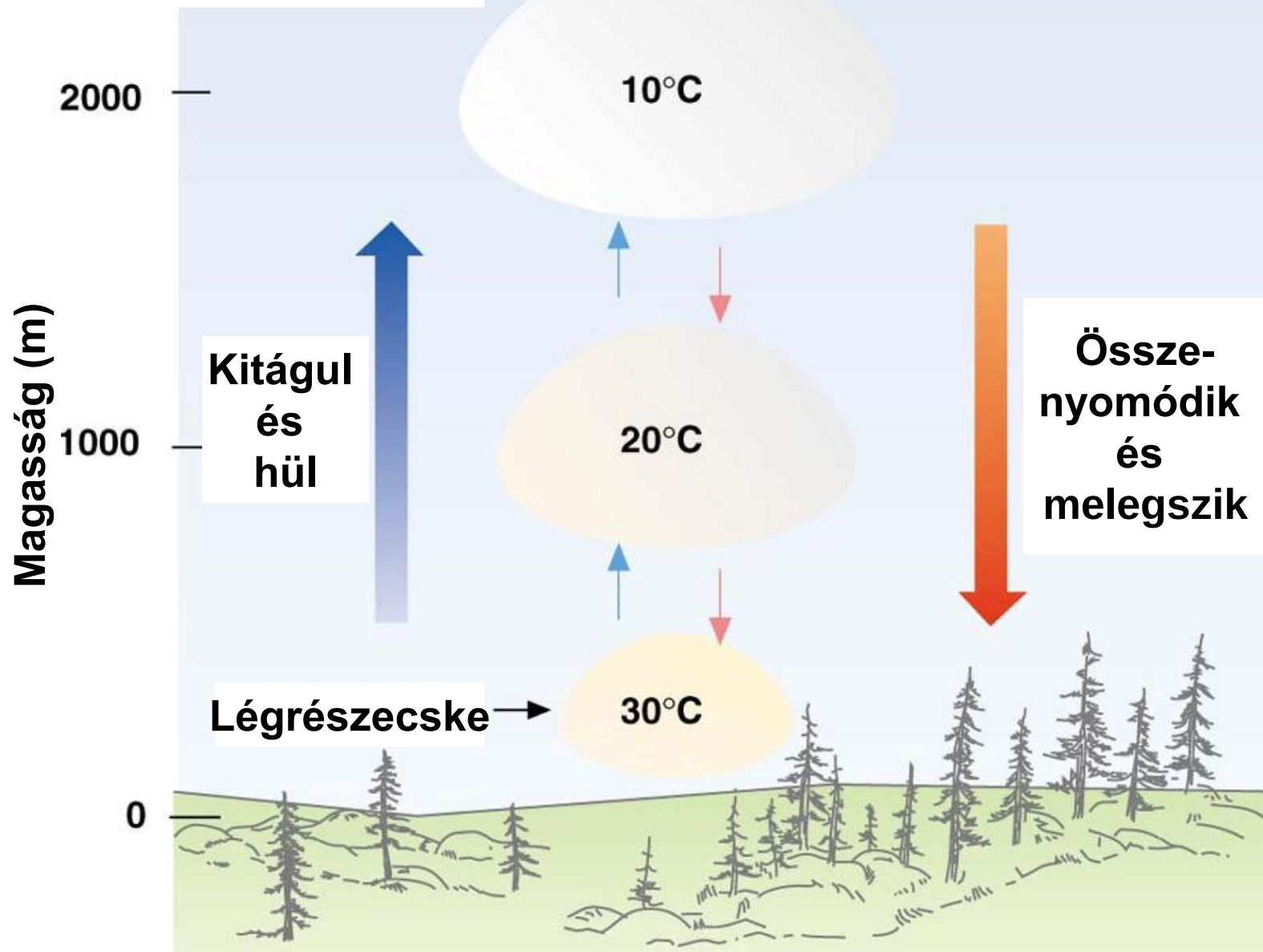


FELHŐ-, KÖD- ÉS CSAPADÉKKÉPZŐDÉS

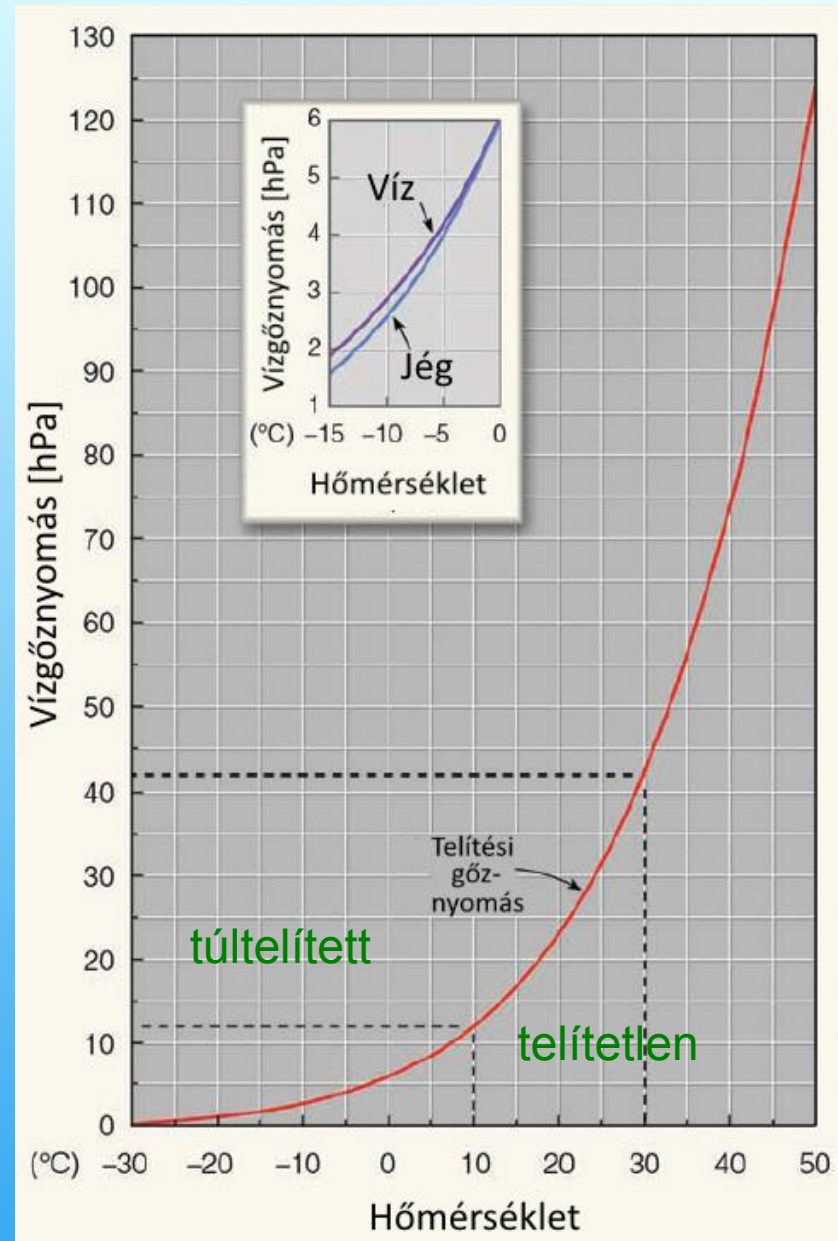


**FONTOS: A felfelé emelkedő levegő részecskék NEM azért hűlnek, mert hidegebb légrétegbe érkeznek!!!
Azért hűlnek, mert kitágulnak !!!**



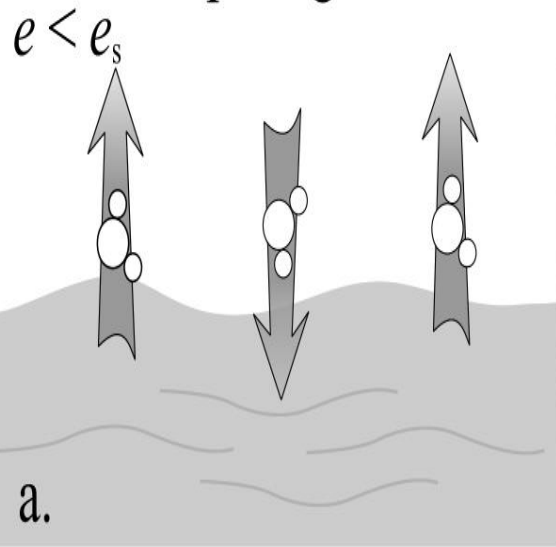
LÉGNEDVESSÉG

- ▶ Gőznyomás: légköri vízgőz nyomása [hPa]
 - ▶ Függ: hőmérséklettől, nyomástól, halmazállapottól
 - ▶ Fajtái:
 - ▶ Telítési (e_s) – vízgőzzel telített légelem
 - ▶ Parciális (e) – vízgőzzel nem telített légelem
- ▶ Relatív nedvesség / páratartalom: parciális és telítési gőznyomás hányadosa [%]

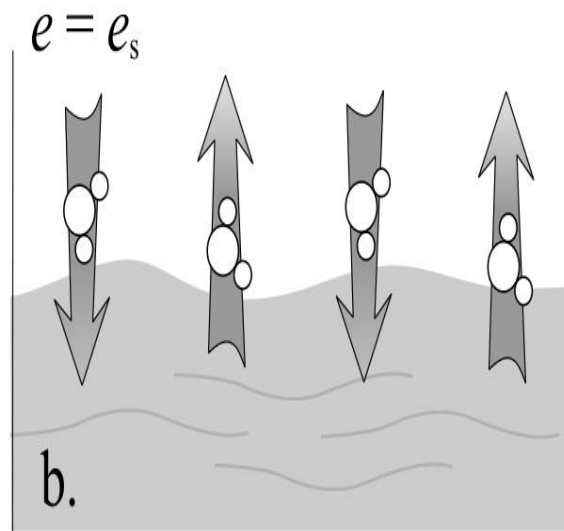


LÉGKÖRI EGYENSÚLYI ÁLLAPOTOK (PÁROLGÁS, KICSAPÓDÁS)

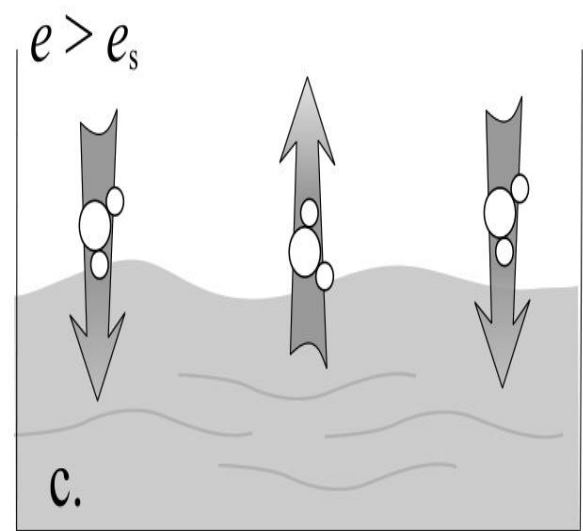
párolgás



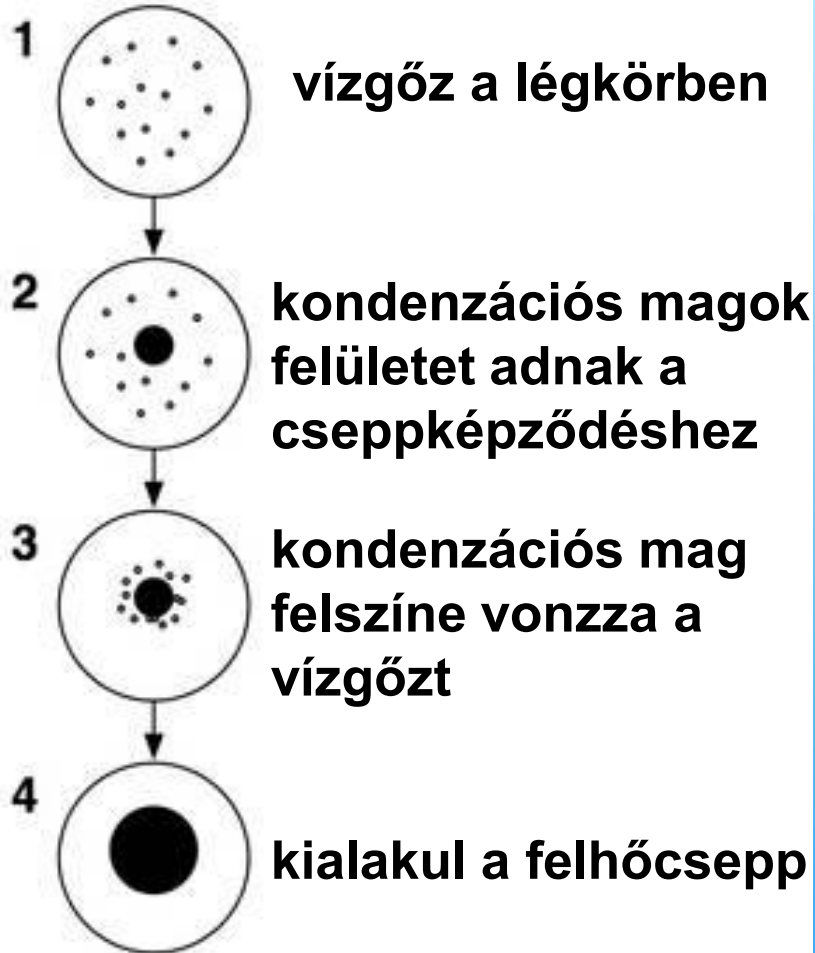
egyensúlyi állapot



kicsapódás



KONDENZÁCIÓS MAGOK



KÖD: FELHŐK A FELSZÍN KÖZELÉBEN



Köd definíció:
a látástávolság < 1 km



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

KÖDÖK FAJTÁI

- ▶ Kisugárzási kód (“talajmenti kód”)
- ▶ Advekción kód
- ▶ Lejtó kód
- ▶ Bepárolgási kód

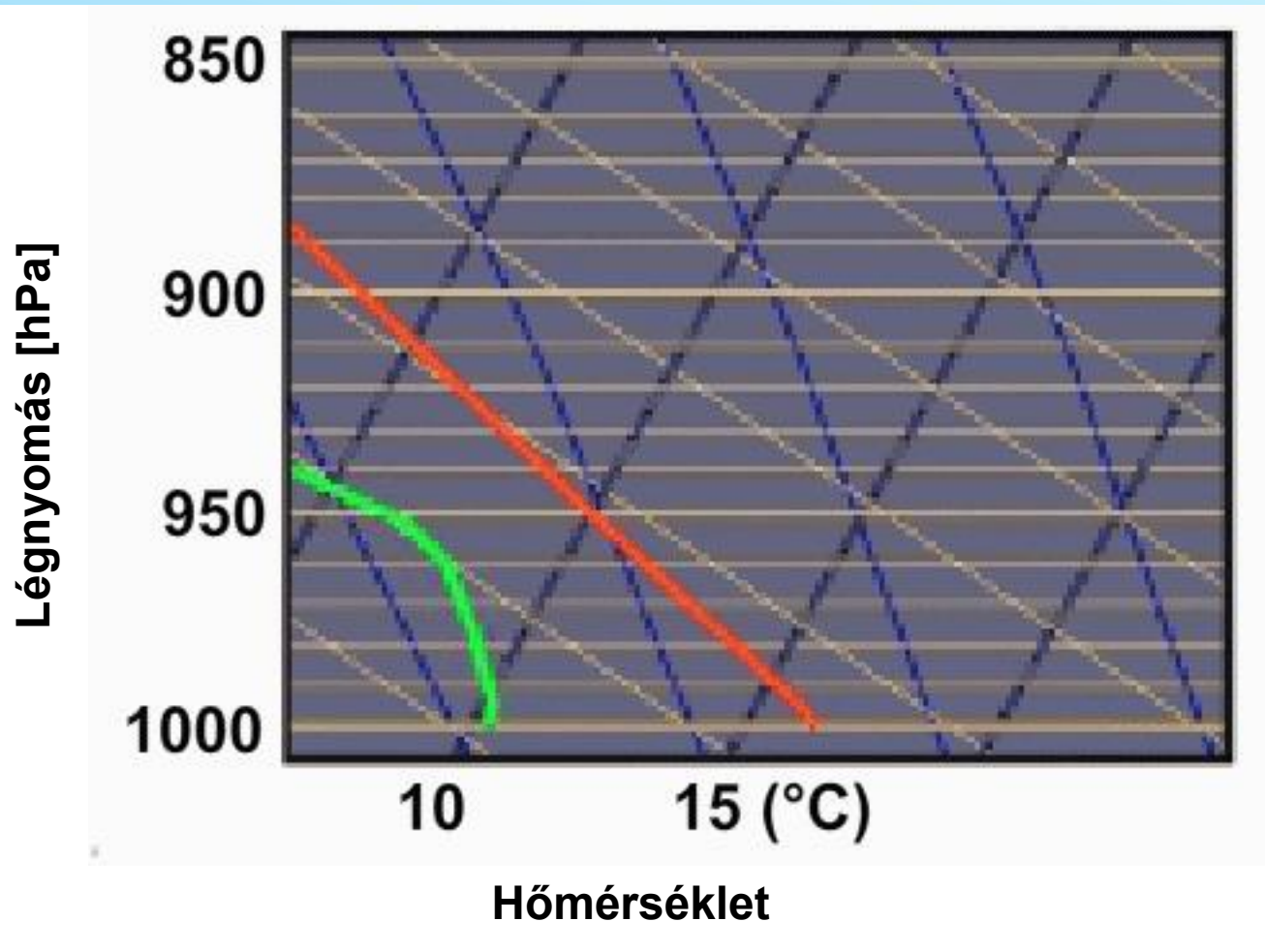
KÖDKÉPZŐDÉS LEHŰLÉS ÚTJÁN: KISUGÁRZÁSI KÖD



KISUGÁRZÁSI KÖD (“TALAJMENTI KÖD”)

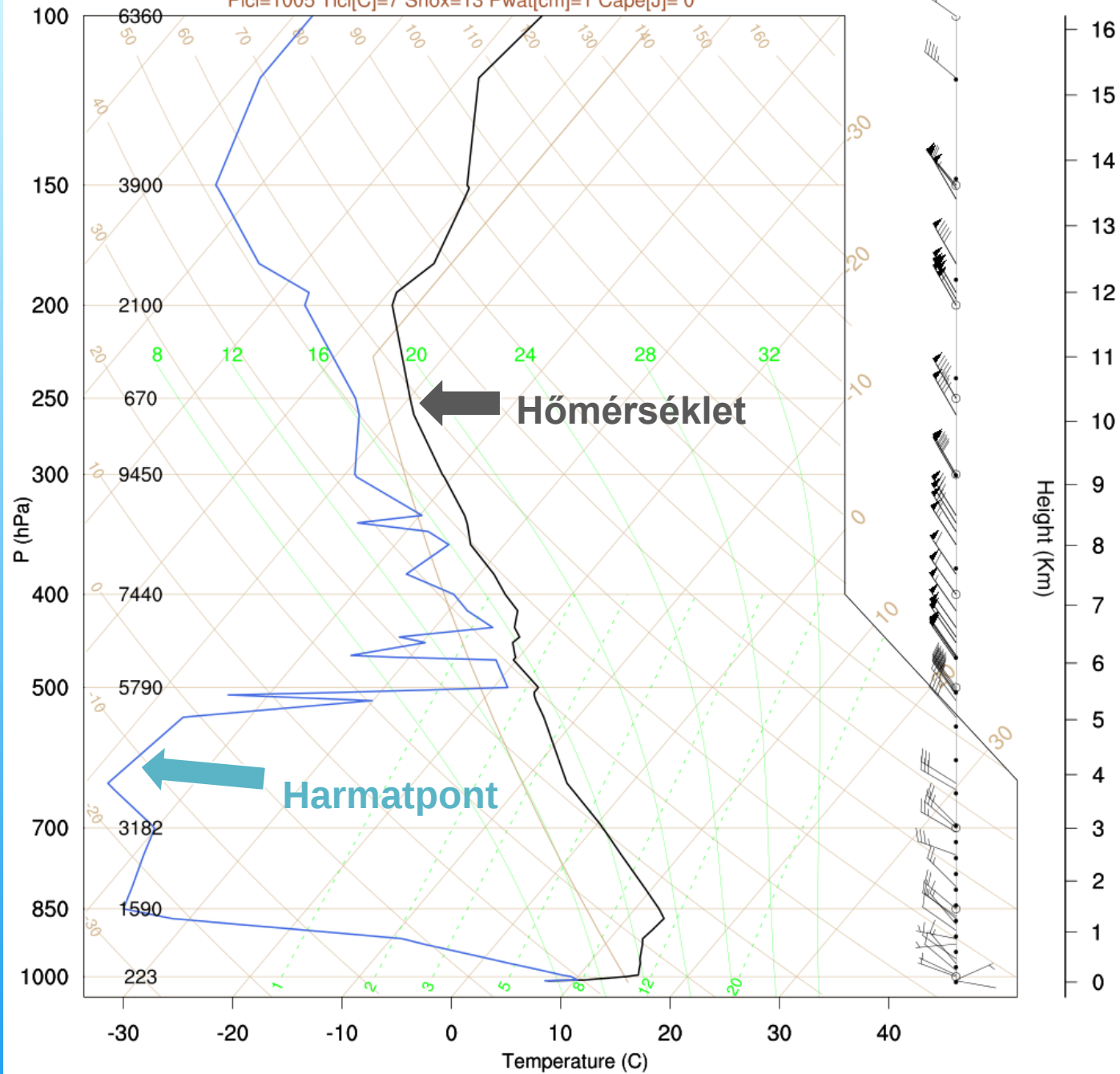
- ▶ Derült éjszaka, gyenge légmozgás, relatíve nedves légtömeg => jelentős felszíni kisugárzás
=> felszín közelében erőteljes lehűlés
- ▶ A ködréteg gyakran megvastagszik (mivel a kisugárzás révén felülről is hűl a ködréteg)

KISUGÁRZÁSI KÖD



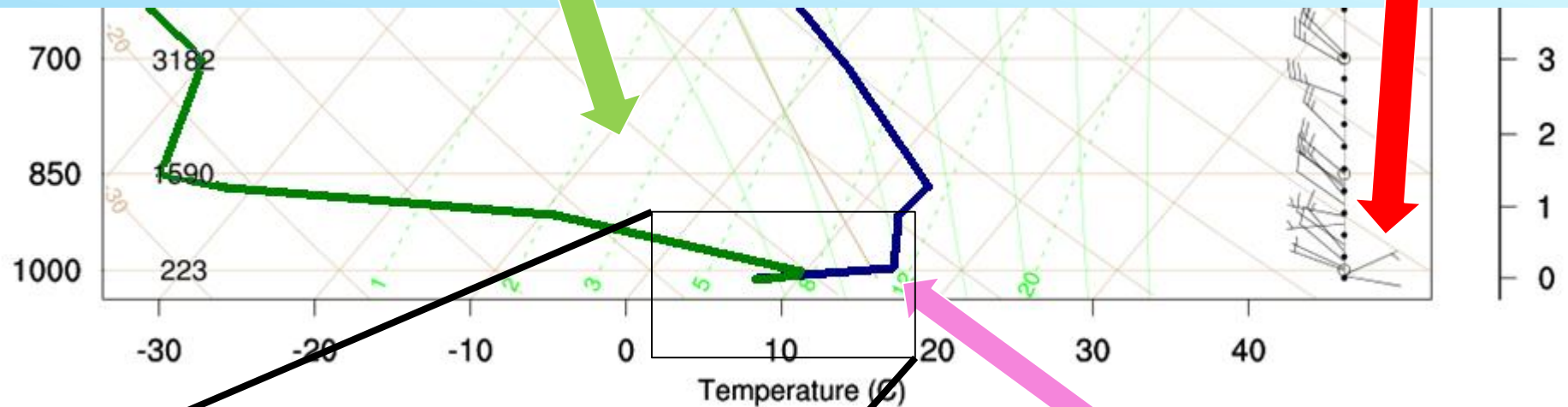
Budapest 2015.11.09 00 UTC

Picl=1005 Tlcl[C]=7 Shox=13 Pwat[cm]=1 Cape[J]= 0



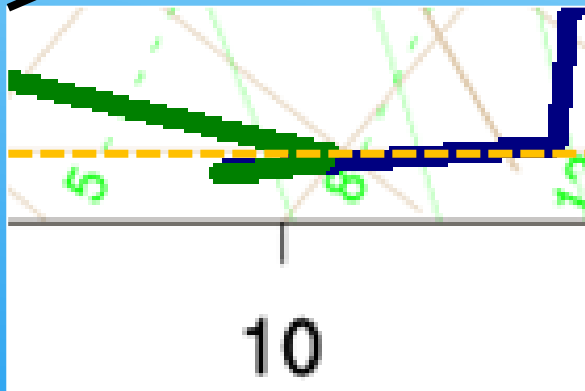
Nagy különbség hőmérséklet és harmatpont között =>
Száras, tiszta égbolt a köd felett

Eltérő szélirány



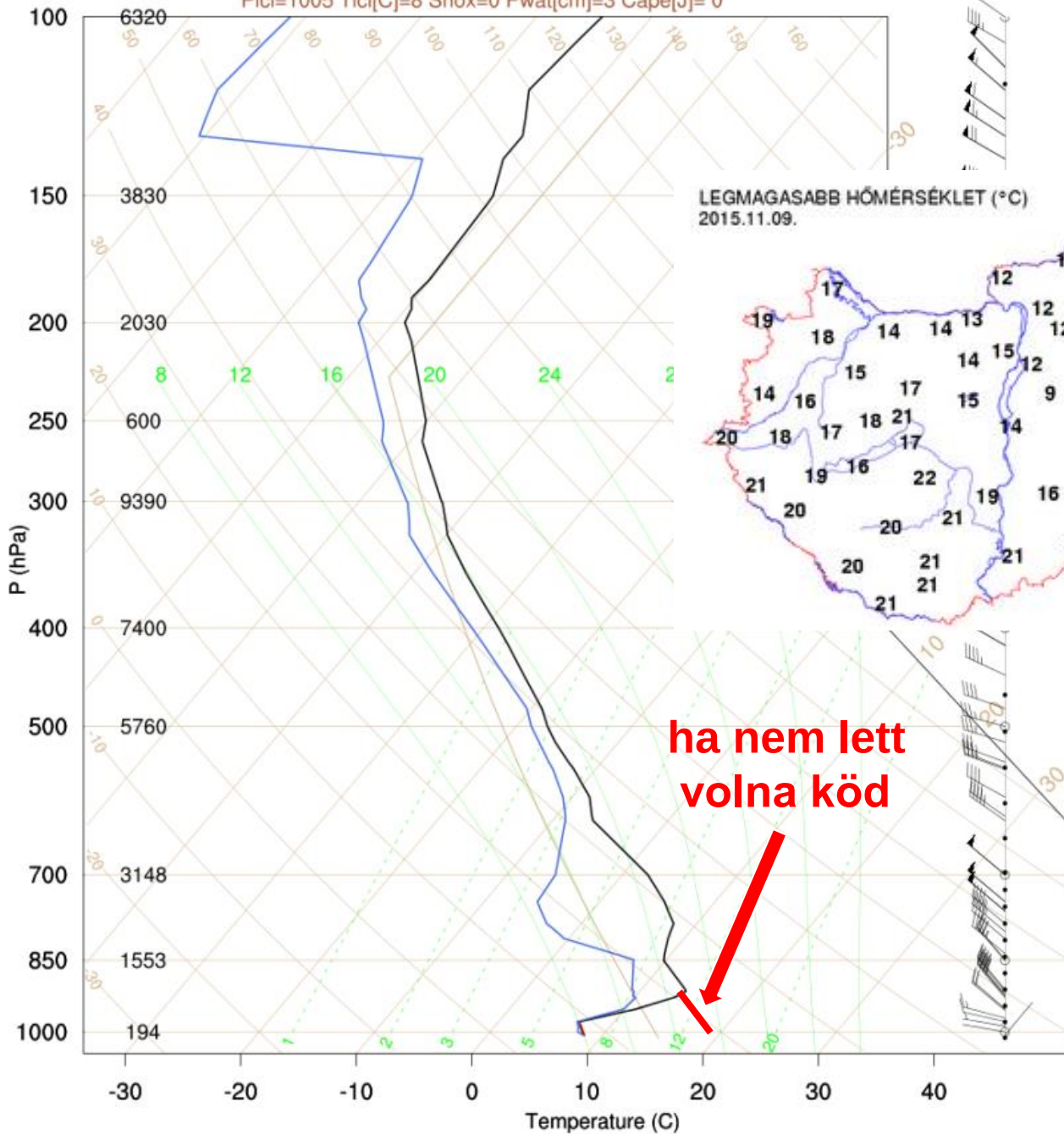
Hőmérsékleti inverzió

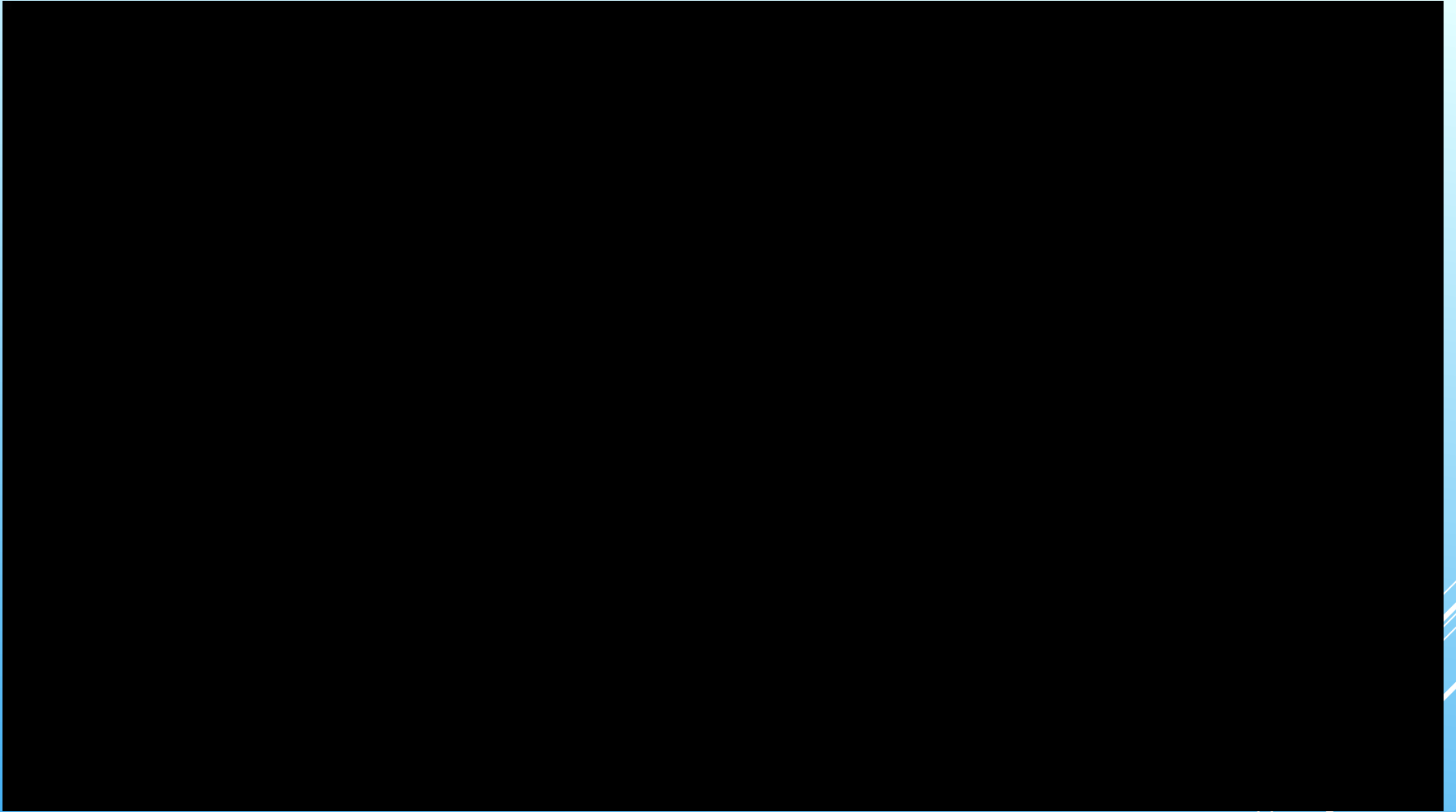
Köd magassága



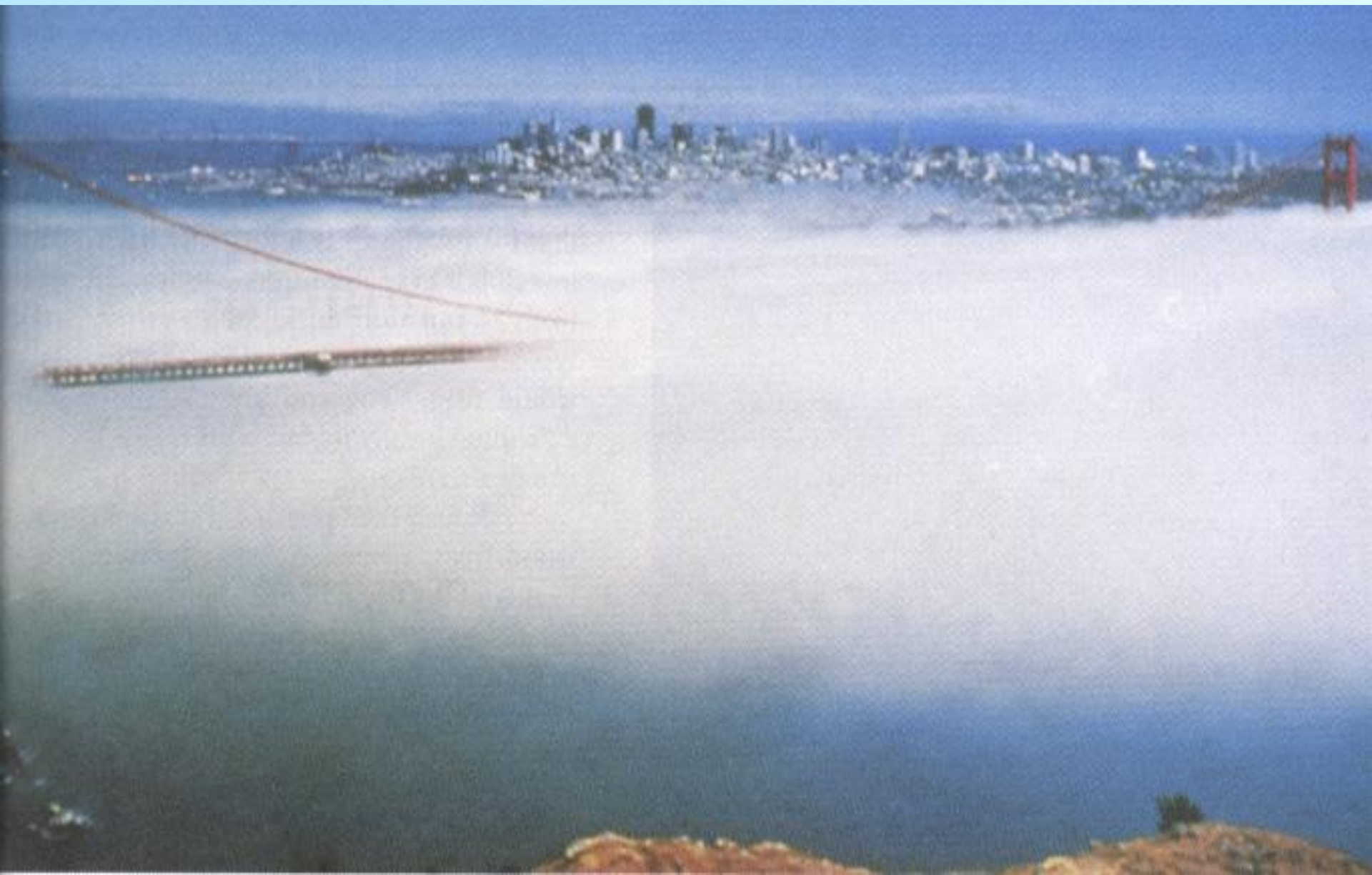
Budapest 2015.11.09 12 UTC

Ptcl=1005 Ttcl[C]=8 Shox=0 Pwat[cm]=3 Cape[J]= 0

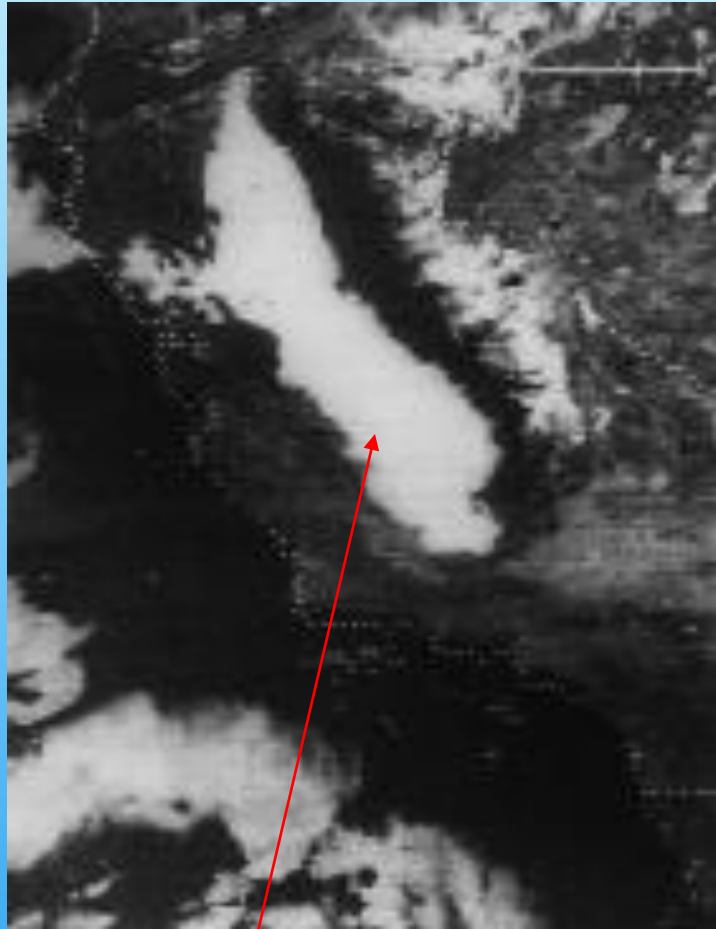




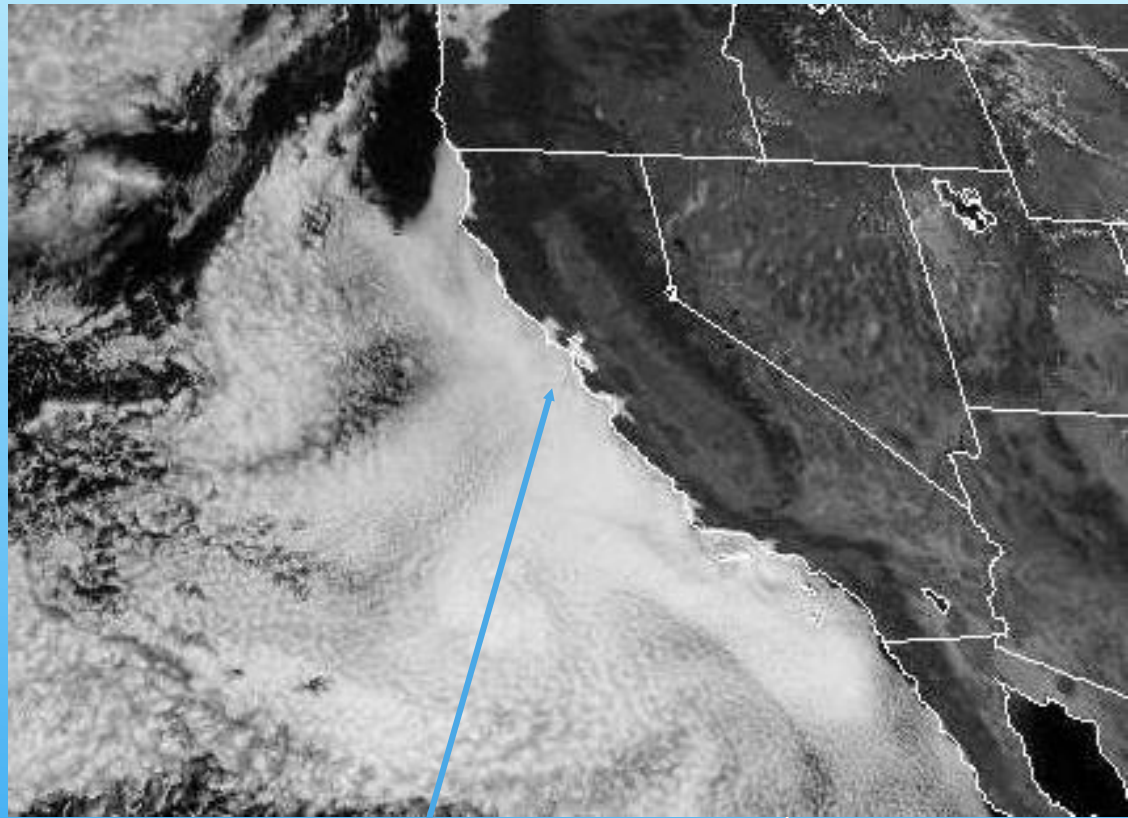
ADVEKCIÓS KÖD



KISUGÁRZÁSI ÉS ADVEKCIÓS KÖD (MŰHOLDFELVÉTELEK ALAPJÁN)



**Téli kisugárzási köd a
California-i központi völgyben**



Nyári advekciós köd a kaliforniai partok mentén

LEJTŐ KÖD

- ▶ **Felemelkedés: lehűléssel jár (a tágulás miatt)**
- ▶ **Egészen a kondenzációs szintig.**
- ▶ **A telített levegő minden további emelkedése során köd keletkezik**

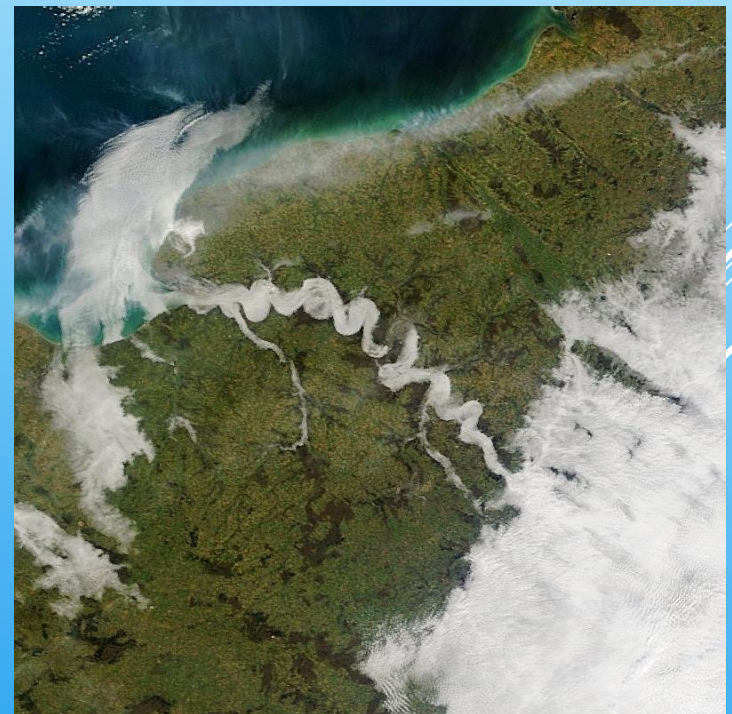
LEJTŐ KÖD



BEPÁROLGÁSI KÖD



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



FELHŐTÍPUSOK



A FELHŐK OSZTÁLYOZÁSA - TÖRTÉNET

- Elsőként Luke Howard (1850-es évek)
- A jelenleg használatos elnevezések Abercromby & Hildebrandsson (1887-es) osztályozásán alapulnak
- Linnean rendszer: fő típusok (genus), alosztályok
- Csak morfológiai tipizálás, nem keletkezés szerinti

Latin gyökér

stratus

cumulus

cirrus

nimbus

Magyar fordítás

réteg

domb

hajtincs

eső

Példa

altostratus

stratocumulus

cirrocumulus

nimbostratus

FELHŐK ALOSZTÁLYAI

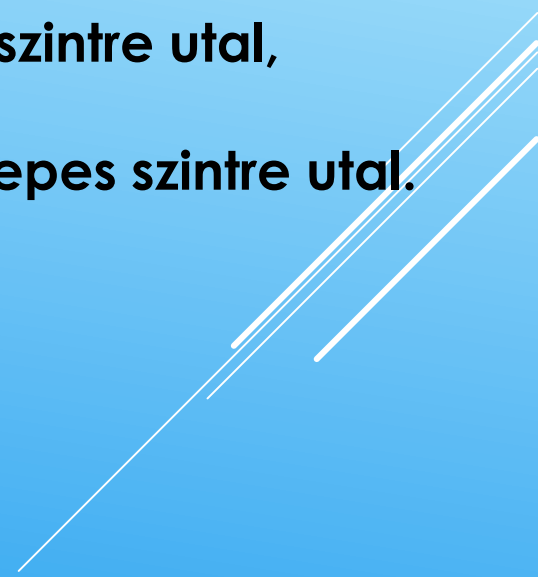
További osztályozás révén a felhőalap magassága szerint azonosíthatjuk a felhőket.

3 szint (magas, közepes, alacsony)

Példák:

A "cirr-" előtag (mint a cirrus felhőben is) a magas szintre utal,

Az "alto-" előtag (mint az altostratus esetén) a közepes szintre utal.



A FELHŐMAGASSÁG FÖLDRAJZI SZÉLESSÉG SZERINTI (ZONÁLIS) VÁLTOZÁSAI



MAGASSZINTŰ FELHŐK

- CIRRUS
- CIRROSTRATUS
- CIRROCUMULUS

MAGASSZINTŰ FELHŐK (JÉG), FELHŐALAP NAGYOBB 7 KM

CIRRUS (C_i)



Jégkristályokból
állnak

Szálas, fonalas
szerkezetűek

A jégkristályok
koncentrációja az
alacsonyabb felhőkben
általában nagyon kicsi

ÉLETCIKLUS



Élet ciklusuk

CIRRUS (Ci)

Magyar név: helyfelhő

Szint: magas



Cirrus uncinus

Széttagolt felhők fehér, finom rostokból, fehér, vagy túlnyomóan fehér foltokból, keskeny szalagokból. Áttetszőek.

összetétel: jégkristályok

csapadékot nem ad

Cirrus (Ci)

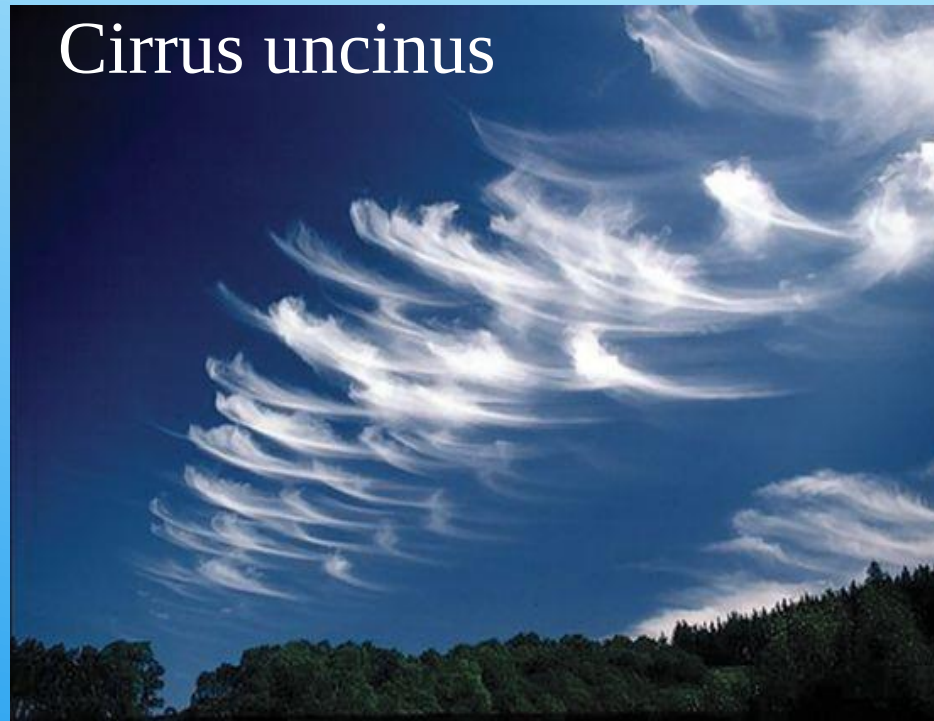
Cirrus spissatus



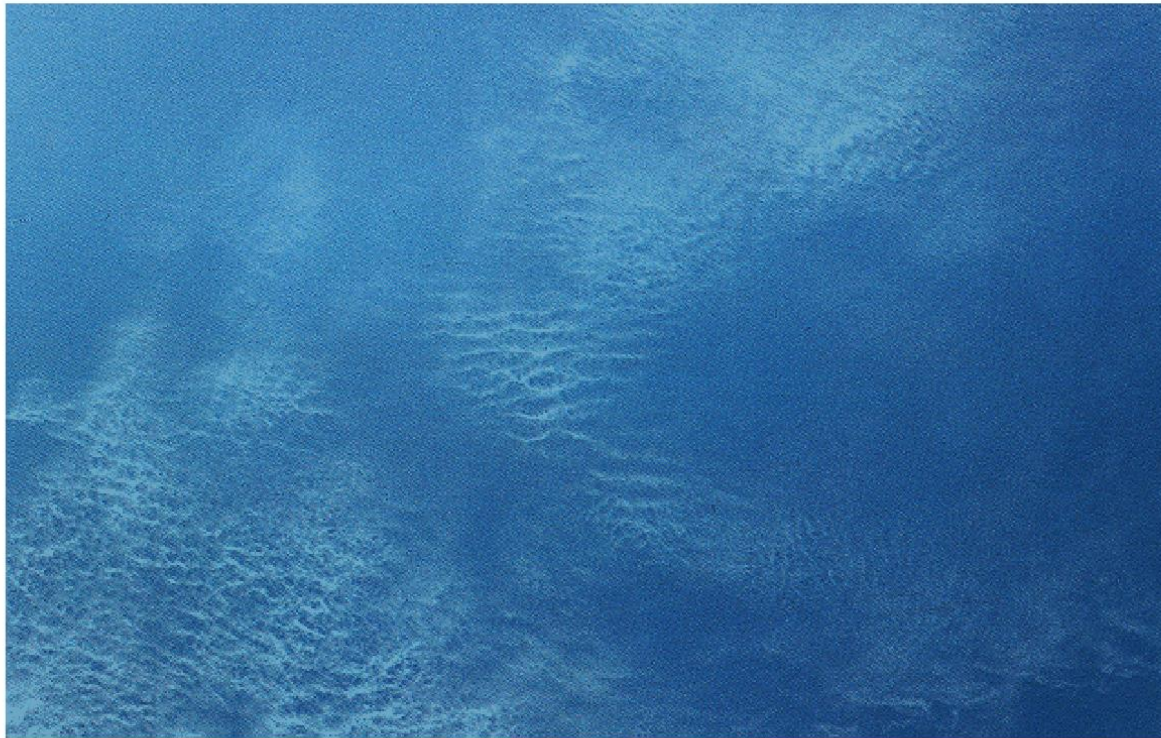
Cirrus spissatus virgával



Cirrus uncinus



CIRROCUMULUS (Cc)
magyar név: báránfelhő
szint: magas



Cirrocumulus stratiformis undulatus lacunosus

Vékony, fehér folt, lepel, vagy réteg alakú felhők kis szemcsés fodorszerű elemekkel. Ezek egybeolvadhatnak, vagy elkülönülhetnek egymástól.

Többé-kevésbé szabályos elrendeződés.

Árnyékot nem ad.

összetétel: jégkristályok, esetleg túlhűlt vízcseppek

csapadékot nem ad

CIRROSTRATUS (Cs)
magyar név: fátyolfelhő
szint: magas



Cirrostratus fibratus
(alatta: **Alto cumulus castellanus undulatus**)

Áttetsző, fehéres felhőfátyol, szerkezete rostos, fonalas, vagy sima.
Részben, vagy egészben beboríthatja az eget.

Nap és a Hold körül általában halojelenséget mutat.

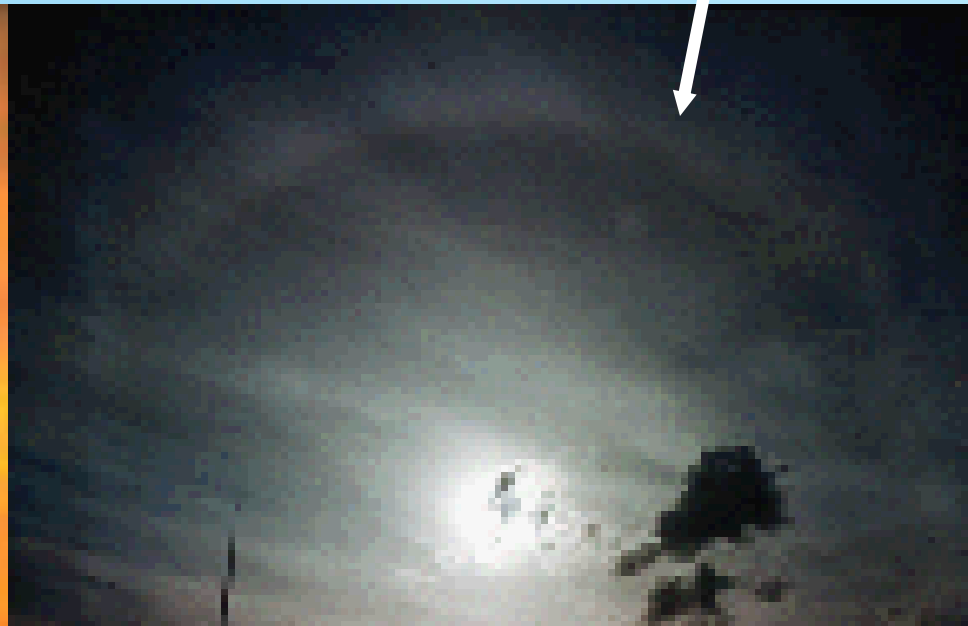
összetétel: főleg jégkristályok

csapadékot nem ad

CIRROSTRATUS (CS)

**Bár folytonos,
a Nap mégis átsüt rajta
Csapadék nem kíséri**

Halo jelenség



KÖZÉPSZINTŰ FELHŐK

- **ALTOSTRATUS**
- **ALTOCUMULUS**

ALTOSTRATUS (As)
magyar név: lepelfelhő
Szint: középhmagas



Altostratus

**Szürkés, kék színű, lehet egyenletes, rostos, vagy barázdált.
Részben, vagy egészben borítja az eget.
Vertikális kiterjedése elég nagy, így általában elhomályosítja a Napot.**

**Összetétel: vegyes halmazállapot, vízcseppek, hópelyhek,
jégkristályok**

Csapadék: viszonylag folyamatos, de gyenge csapadékot adhat, ami nem mindig éri el a földet

ALTOCUMULUS (Ac)

magyar név: párnafelhő

szint: közmagas



Altocumulus translucidus

Fehéres, szürkés lepel. Elemei lehetnek lemezek, párnaszerű gomolyok, hengerek.

Nap és a Hold körül halojelenséget okozhat.

összetétel: általában vízcseppek, magasabban kristályok

csapadékot nem ad

ALTOCUMULUS (AC)

felhőalap=2-6 km, általában vékony, cseppfolyós részecskék, csapadék nélkül

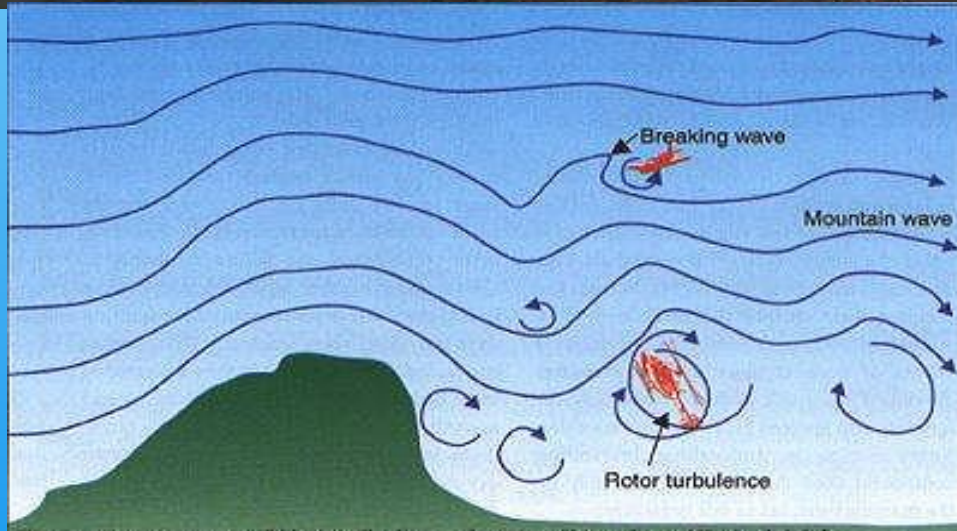
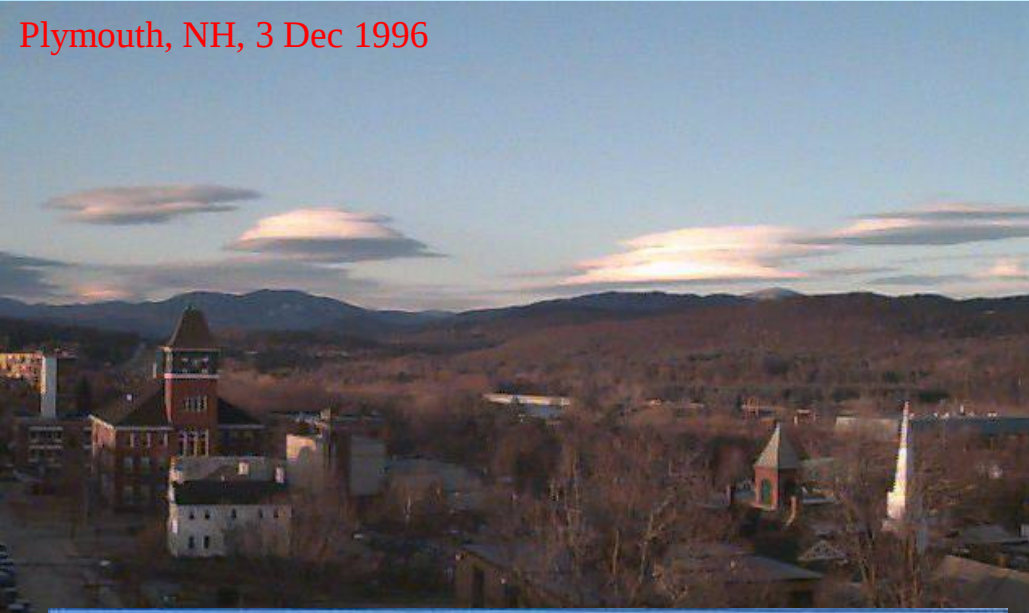
tiszta régiók → leszálló levegő

felhős régiók → felszálló levegő



ALTOCUMULUS (AC) LENTICULARIS FELHŐK

Plymouth, NH, 3 Dec 1996





2007-08-16 04:38-06:08 UTC
1h30m, 200x ($\Delta T=10$ s) Martin Setvák

ALACSONYSZINTŰ FELHŐK

- STRATUS
- STRATOCUMULUS
- CUMULUS
- NIMBOSTRATUS (TÖBBRÉTEGŰ)

STRATUS (St)
magyar név: rétegfelhő
szint: alacsony



Stratus

**Általában szürkés színű felhő, egyenletes alappal.
Gyakran alakul ki a talajról felemelkedő ködből.**

összetétel: kis vízcseppek, alacsony hőmérsékleten kis jégreszecskek

**csapadék: ha elég sűrű a felhő, szitáló eső, fagyott eső, szemcsés
hó hullhat belőle**

STRATOCUMULUS (Sc)
magyar név: gomolyos rétegfelhő
szint: alacsony



Stratocumulus

Szürke, vagy szürkésfehér folt, lepel, vagy réteg alakú.
Jégtáblaszerű, vagy hengeres, néha összeolvadó sötét részekből áll.

összetétel: vízcseppek, hókristályok, hópelyhek

csapadék: csak nagyon gyenge csapadékot okozhat

CUMULUS (Cu)
magyar név: gomolyfelhő
szint: alacsony



Cumulus

Különálló, éles körvonalú, általában sűrű felhők.
Vertikális irányban fejlődik. Felső, napsütötte része vakítóan fehér.
Alapja viszonylag sötét, és megközelítőleg vízszintes.

összetétel: vízcseppek, felsőbb részekben jégkristályok

csapadék: závorszerű csapadékot adhat

SZÉP IDŐ CUMULUS

**Szétszóródó felhő foltok,
melyek mindegyike vertikális
feláramlásra utal. Alapjuk
lapos, gomolyos szerkezet,
tetejük felpúposodik.**



CUMULUS CONGESTUS



**Nagyobb és mélyebb → felőről karfiol kinézetű
A felhő alapja lapos, a kondenzációs szintet
reprezentálják.
Zápor hullhat belőlük.**

**Felhő tető=5-7 km,
Részecskéi a fagyás pont felett, de
általában még vízcseppekből áll**

TÖBBSZINTŰ FELHŐK

ALAPJA SZERINT ALACSONYSZINTŰ FELHŐ

NIMBOSTRATUS (Ns)
magyar név: esőrétegfelhő
szint: több szintű felhő, alapja szerint alacsony



Nimbostratus

Szürke, gyakran igen sötét felhőréteg. Vertikális kiterjedése több 1000 m lehet. A Napot eltakarja. Alján gyakran jelennek meg tépett foszlányok.

összetétel: vegyes halmazállapot, vízcseppek, hópelyhek, hókristályok
csapadék: folyamatosan hulló eső, vagy hó

VERTIKÁLIS RÉTEGZŐDÉSŰ FELHŐK

- **CUMULONIMBUS**

CUMULONIMBUS (Cb)

magyar név: zivatarfelhő

szint: több szintű felhő



Cumulonimbus

Nagy függőleges kiterjedésű, sűrű felhőtömeg. Megjelenhet különállóan vagy csoportosan, vonalas alakzatra rendeződve.

A felhőtető gyakran terjeszkedik szét (üllő alak).

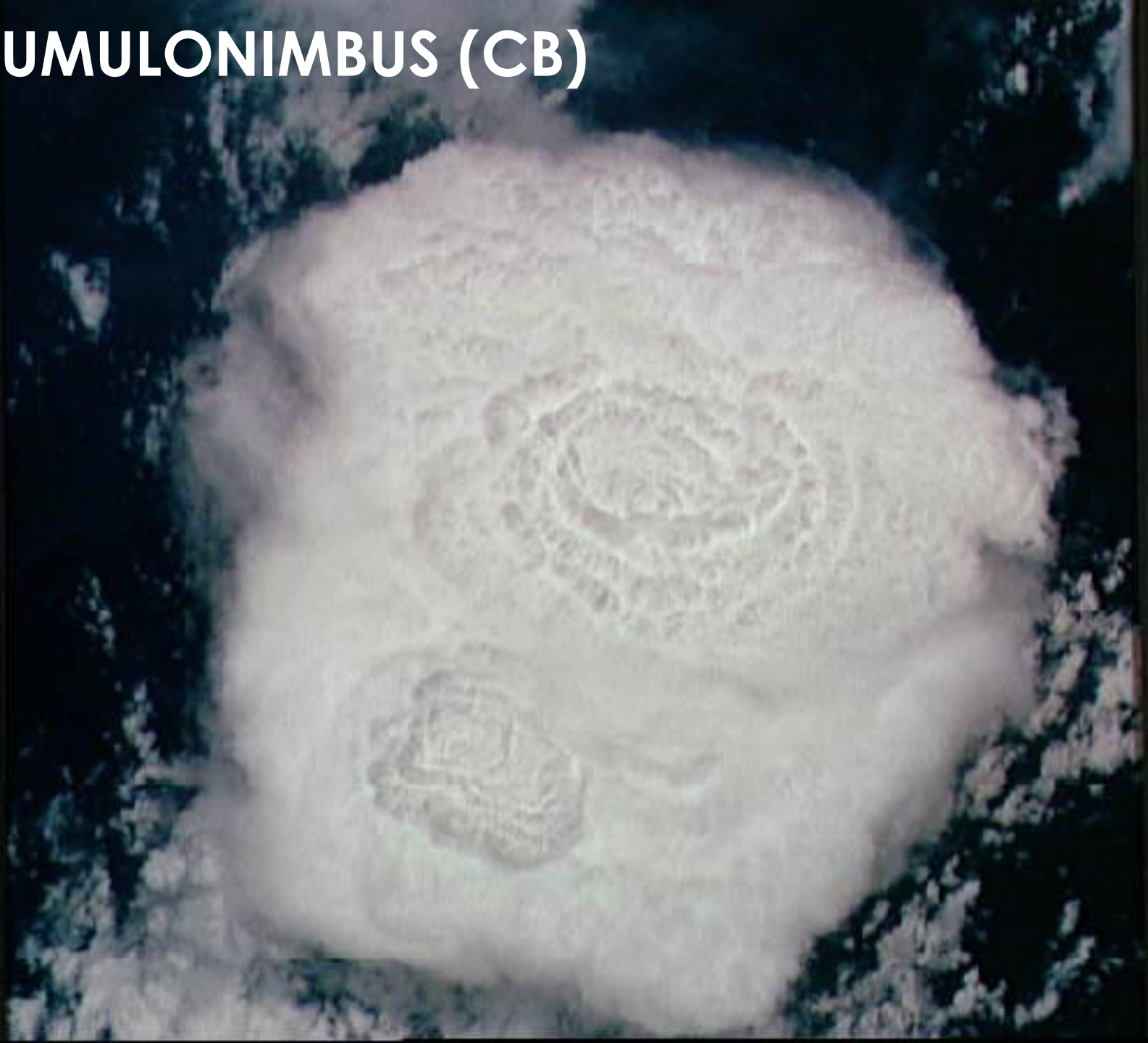
A felhőalap rendszerint igen sötét és alatta gyakran jelennek meg tépett gomolyok.

Rendszerint zivatartevékenység (villámlás, mennydörgés) kíséri

összetétel: vegyes halmazállapot, vízcseppek, hópelyhek, jégkristályok, szemcsés hó, fagyott esőcseppek, jégdarabok

csapadéka záporoszerű, gyakran rendkívül heves

CUMULONIMBUS (CB)



Cumulonimbus – Cb (üllő szerkezet)



Satoshi Sekiguchi / AP

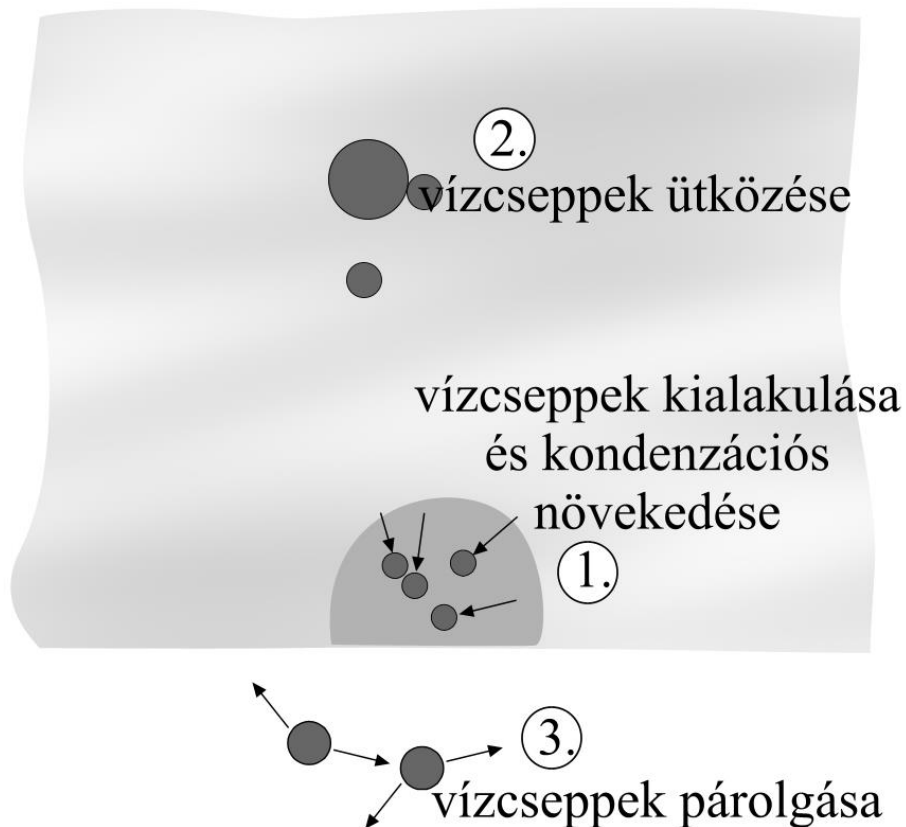
CSAPADÉK



CSAPADÉKKÉPZŐDÉS - 0°C FELETTI RÉTEGFELHŐKBEN

a.

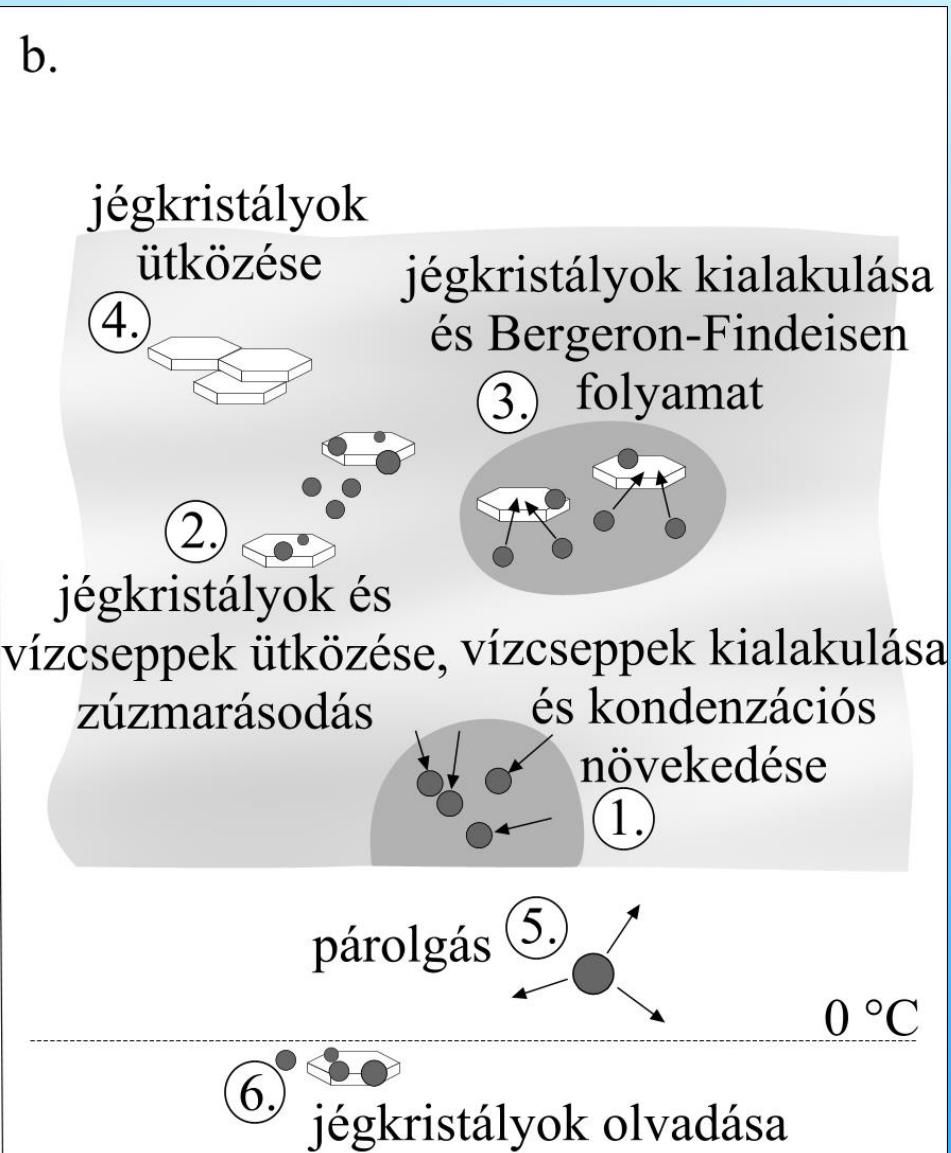
0°C



- ▶ **(1) vízgőz kondenzációja**
- ▶ **(2) vízcseppek ütközése**
 - ▶ **hosszú élettartam**
 - ▶ **1-2 m/s feláramlási sebesség**

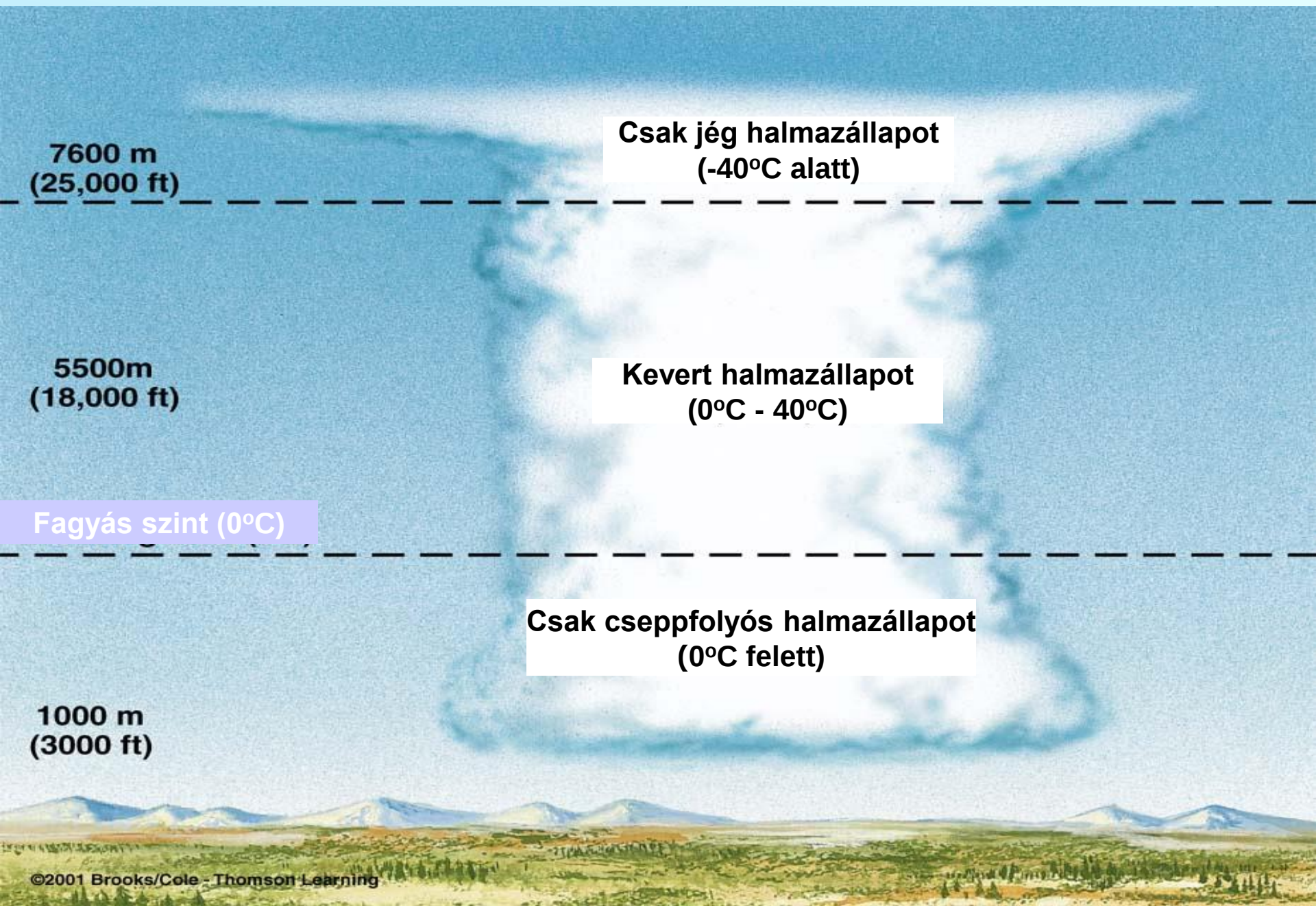
⇒ **100 μm-es vízcsepp is kialakulhat**
- ▶ **(3) párolgás miatt cseppek mérete csökken => nem biztos, hogy csapadék eléri a Földfelszínt**

CSAPADÉKKÉPZŐDÉS - 0°C ALATTI RÉTEGFELHŐKBEN

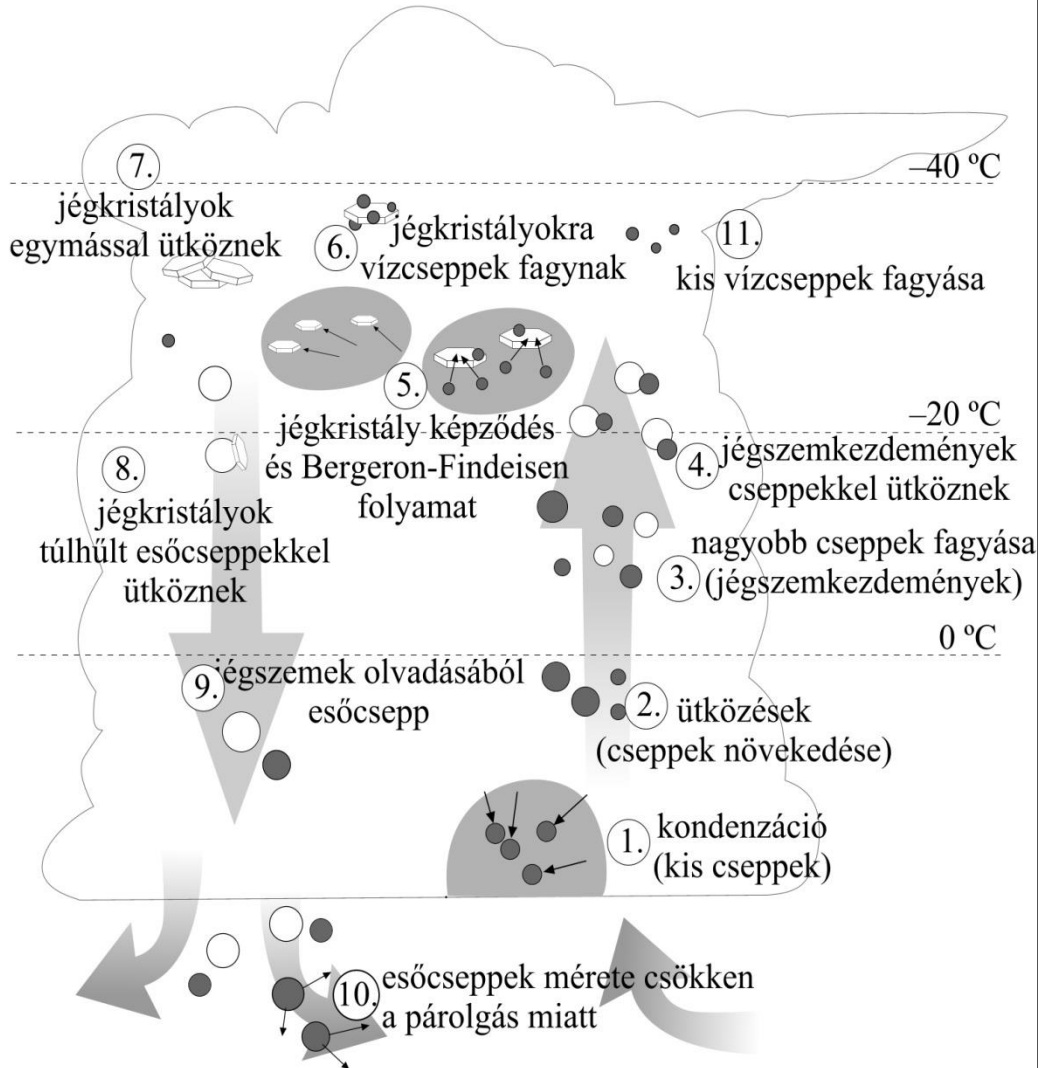


- (1) vízgőz kondenzációja
- (2) jégkristályok zúzmarásodása
- (3) Bergeron–Findeisen: vízcseppek párolgása => apróbb felhőrészecskék a kisebb telítési gőznyomású jégfelszín felé mozognak => jég szemek növekedése
- (4) ha 0 °C közeli a hőm jégkristályok összetapadhatnak
- (5) kevés vízcsepp, alacsony feláramlási sebesség => 100 μm-nél nagyobb részecskék kihullanak

Felhőelemek halmazállapotának magasság szerinti eloszlása

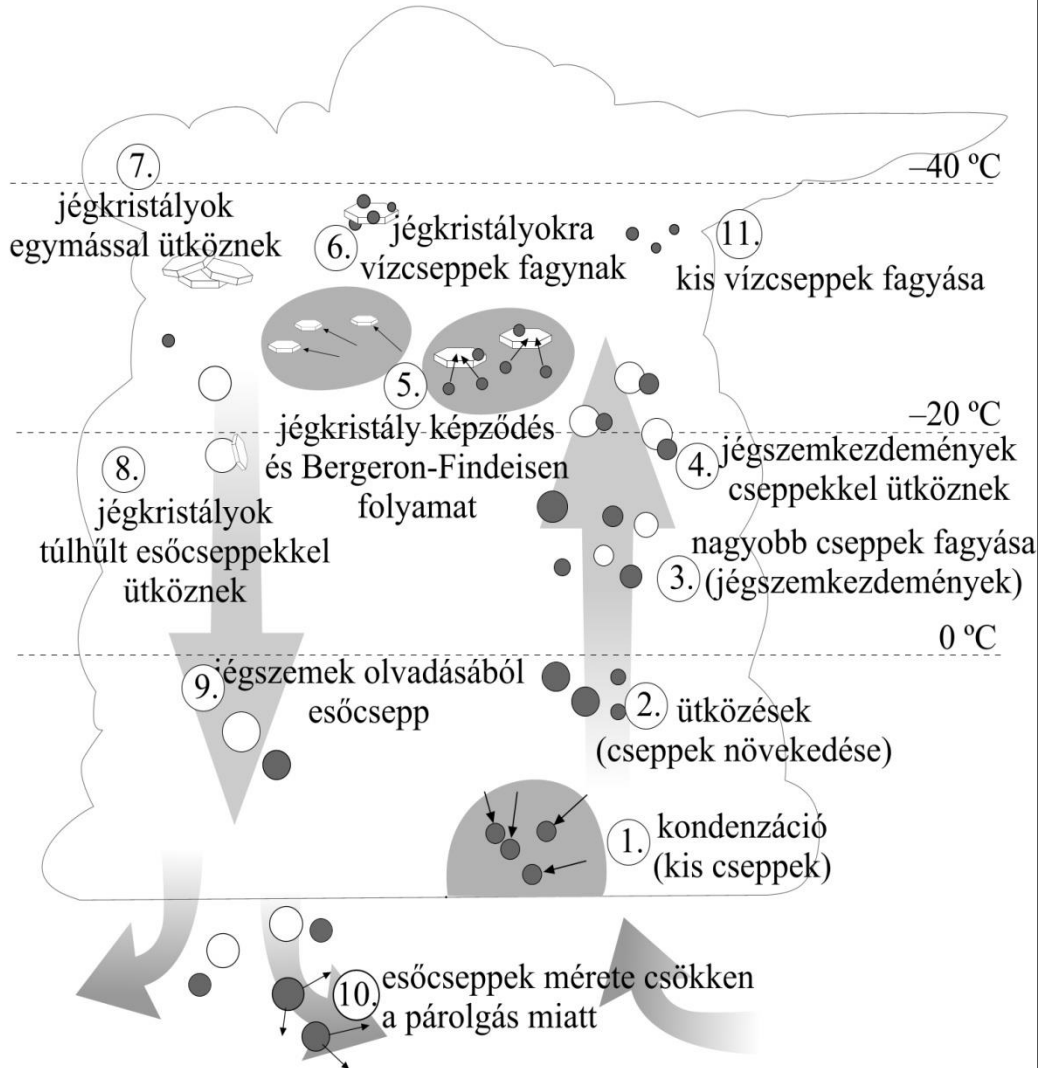


CSAPADÉKKÉPZŐDÉS - ZIVATARFELHŐKBEN



- (1) apró cseppek keletkezése, 20 μm -ig csak kondenzációval
- (2) 20 μm -nél nagyobb cseppek – kontinentális légtömegek esetén nem mindig
- (3) nagy cseppek fagyása; kisebb cseppek csak -35 °C, -40 °C-on fagynak meg (11)
- (4) jégszemkezdemény >100 μm , vízcseppekkel ütközve gyorsan növekednek, réteges szerkezetű
- (9) lesodródó vízcseppek => $d > 100 \mu\text{m}$ esőcseppek
- (10) párolgás és olvadás => hőelvonás => leáramlást erősíti

CSAPADÉKKÉPZŐDÉS - ZIVATARFELHŐKBEN



- (5) jégszemkezdemény képződés másik típusa
- (6) $d > 100 \mu\text{m}$ jégkristályok az apró vízcseppeket könnyen begyűjtik
- (8) ha jégkristály túlhűlt vízcseppek ütköznek, azonnal megfagy
- (7) zúzmarásodott jégkristályok ütközése => jégszemkezdemény
- Jégszemkezdemény => jégeső

FELHŐKBŐL HULLÓ CSAPADÉK FAJTÁK (MAKRÓ CSAPADÉK)

- ▶ Hóesés
 - ▶ Hódara
 - ▶ Jégdara
 - ▶ Ónos eső
 - ▶ Havas eső
 - ▶ Eső
 - ▶ Jégeső
- 

A HÓESÉS típusai (csapadékfajták)

HÓSZÁLLINGÓZÁS: enyhe havazás, mely még növekedő fázisban lévő cumulus felhőből hullik.

HÓZÁPOR: heves hózápor, mely cumulus felhőből hullik.

TARTÓS HÓESÉS: télen, nimbostratus felhőkből hullik.

HÓVIHAR: alacsony hőmérséklet, erős szél, nagy mennyiségű hó, illetve hófúvás jellemzi; gyakran kíséri kis látástávolság.

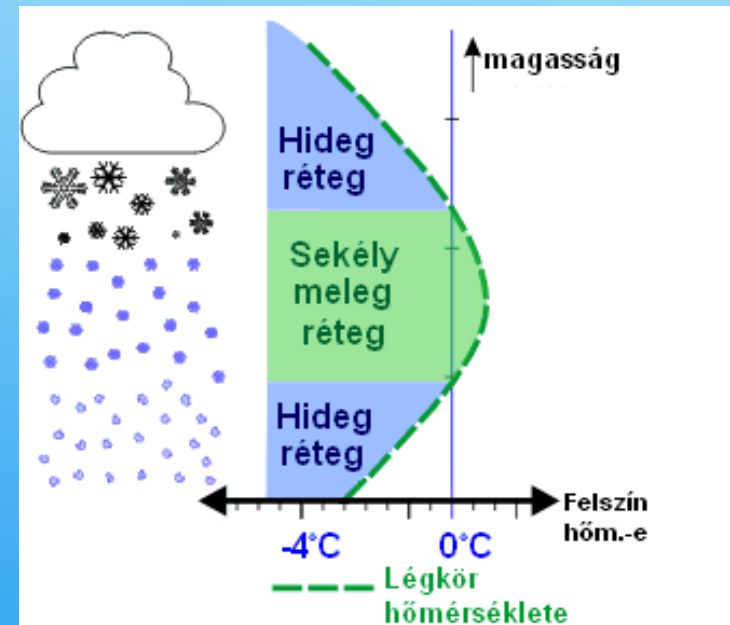
CSAPADÉK FAJTÁK

▶ Hódara

- erősen zúzmarásodott jégkristályok ütközése
- átlátszatlan
- méret: 2 - 5 mm, gömb vagy kúpos
- felhő nagy részében jóval fagypont alatti a hőmérséklet => télen

▶ Jégdara

- hasonló a hódarához
- fagyott vízcseppből jön létre
- átlátszó, gömb alakú
- kora ősszel, késő tavasszal



CSAPADÉK FAJTÁK

▶ Ónos eső

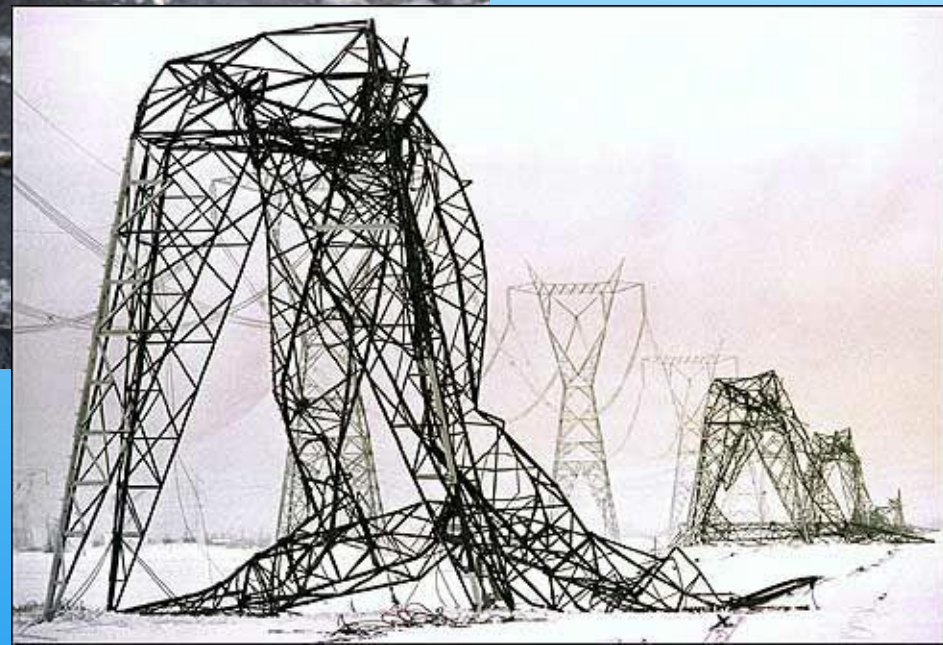
- ▶ szilárd halmazállapotú csapadék megolvad
- ▶ felszín közeli kb. 100 m vastag fagypont alatti rétegben nem fagy meg => túlhűl
- ▶ tereptárgyhoz csapódva azonnal megfagy

▶ Havas eső

- ▶ vegyes halmazállapotú csapadék
- ▶ talaj feletti pozitív hőmérsékletű levegőben a hulló hókristályok, hópelyhek részben elolvadnak



ÓNOSESŐ



CSAPADÉK FAJTÁK

▶ Eső

- ▶ réteges felhőzetből (Nimbostratus)
- ▶ folyékony halmazállapot
- ▶ felhő alsóbb rétegeiben vagy a felhő alatt pozitív a hőmérséklet
- ▶ cseppméret $> 0,5$ mm
- ▶ egyenletes csapadék intenzitás (1-4 mm/h)

▶ Szitálás

- ▶ zárt rétegfelhőzetből (Stratus, Altostratus)
- ▶ egyenletes csapadék intenzitás, jelentéktelen csapadékmennyiség
- ▶ cseppméret $< 0,5$ mm

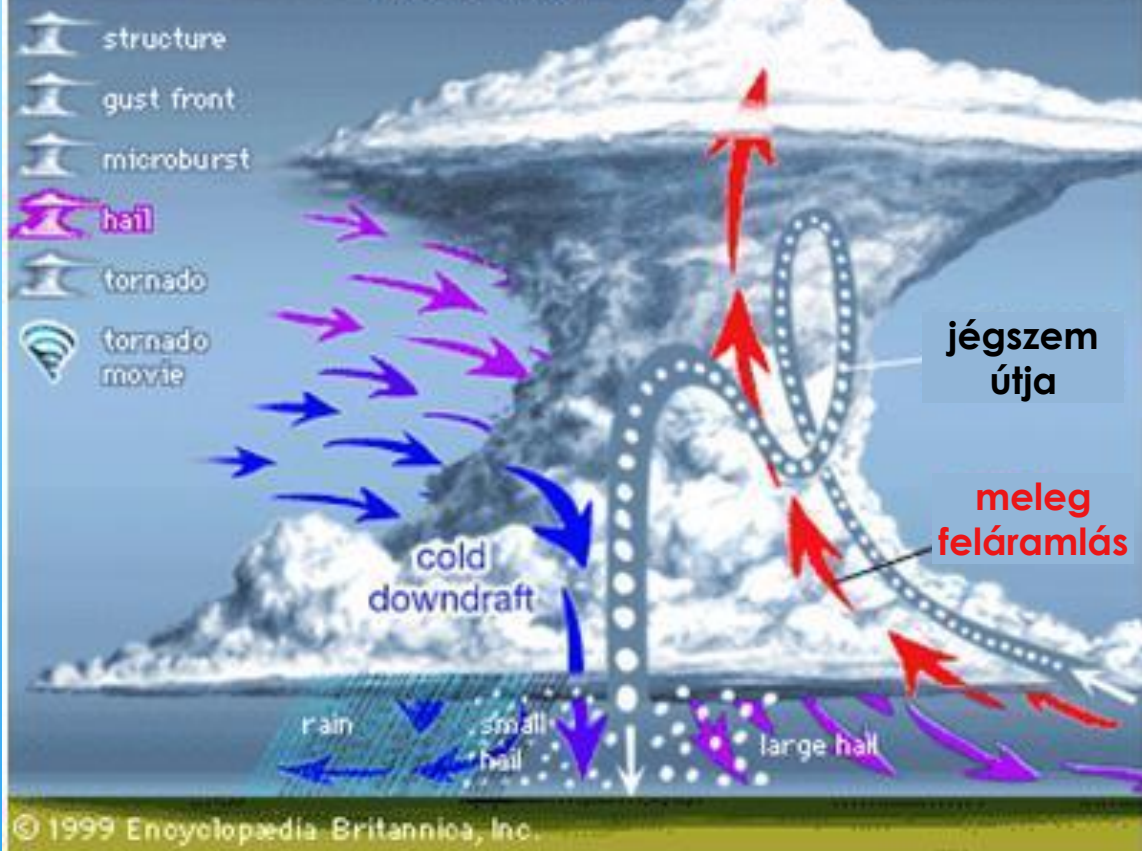
▶ Záporosó

- ▶ gomolyos, erősen fejlett Cumulus vagy zivatarfelhőkből
- ▶ cseppméret akár 6-8 mm is lehet
- ▶ térben és időben erősen változó intenzitás (1-100 mm/h)

JÉGESŐ

Zivatarfelhő

haladási irány →

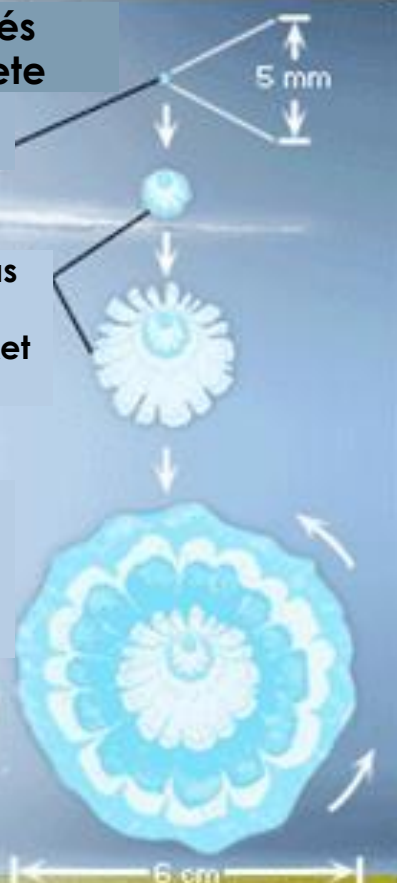


Jég növekedés keresztmetszete

Gömb alakú jégmag

Lefelé haladás közben
jégrészecskéket
alulra gyűjti

Rendezetlen
mozgás =>
egyenletes
növekedés
minden oldalon



Kisméretű jégdarabok



**Egy Coffeyville-i jégeső során lehullott
jégdarab!**

**Óriás méretű
jégdarabok**



Átmérő: 14 cm;

Súly: 0.7 kg

**CSAK a Cb (Cumulonimbus) felhőkben van annyira erős feláramlás, melyben
jégeső keletkezhet.**