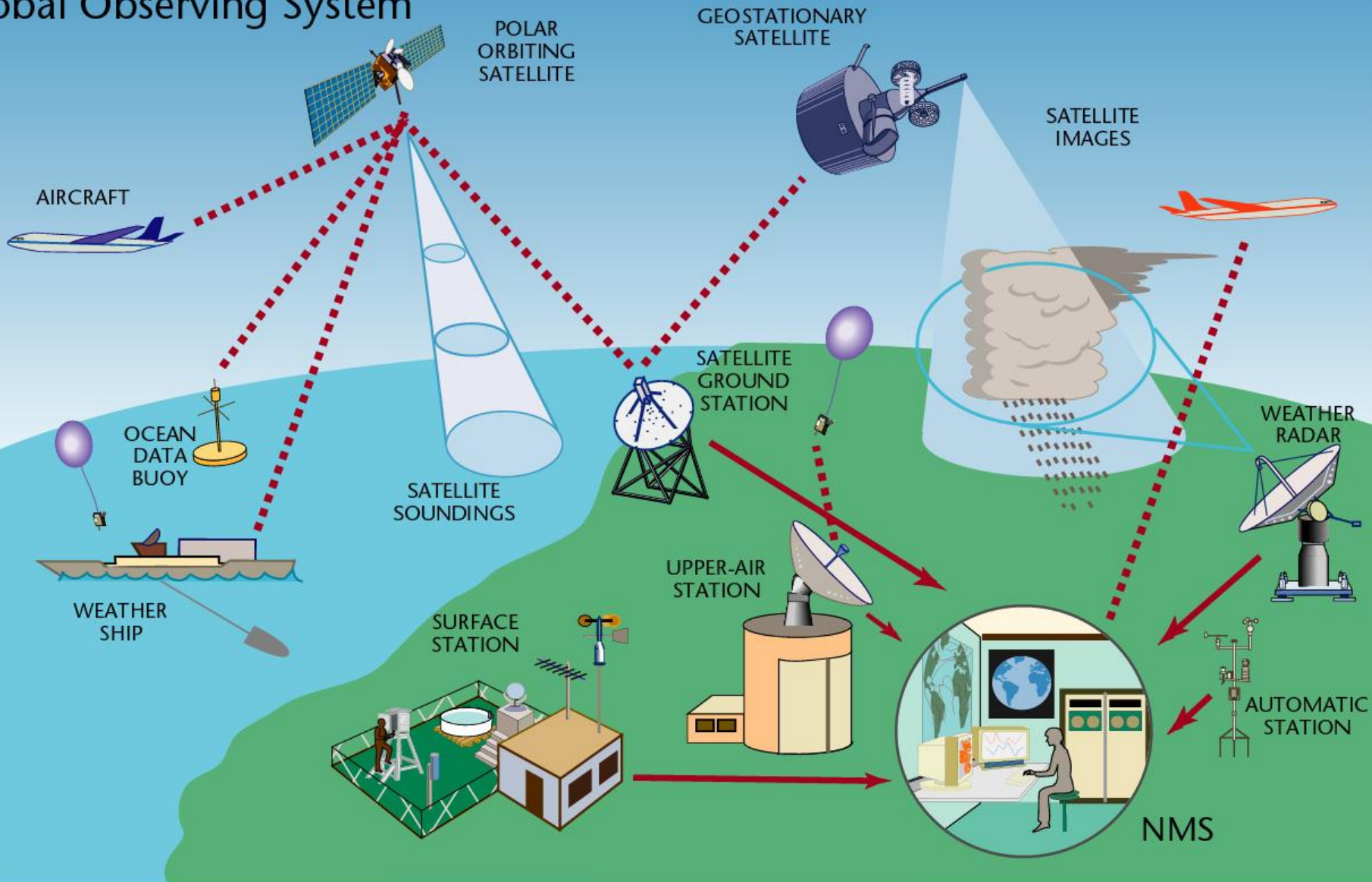


Meteorológiai műszerek



Global Observing System



Földfelszíni mérőműszerek



A hőmérséklet mérése I.

Hőmérséklet:

A test hőállapotára jellemző intenzív fizikai mennyiség

Mértékegysége:

Skála	Víz olv.pontja	Beosztás	Víz forr. pontja
Celsius	0°C	100	100°C
Kelvin	273,15 °K	100	373,15 °K
Fahrenheit	32 ° F	180	212 ° F

A hőmérséklet mérése II.

Mérési elvek:

- térfogatváltozás
- elektromos tulajdonságok
- fázisátalakulás

A hőmérséklet mérése III.

◆ Folyadékos hőmérők

állomási, Fuess-féle min./max., Six-féle min., max., radiációs min., talaj hőmérő (felszíni (2,5,10,20), mélységi(50,100,150,200))

◆ Bimetall hőmérők, termográf (hőmérsékletíró)

◆ Elektromos hőmérők

ellenállás hőmérők, termisztorok, termoelemek

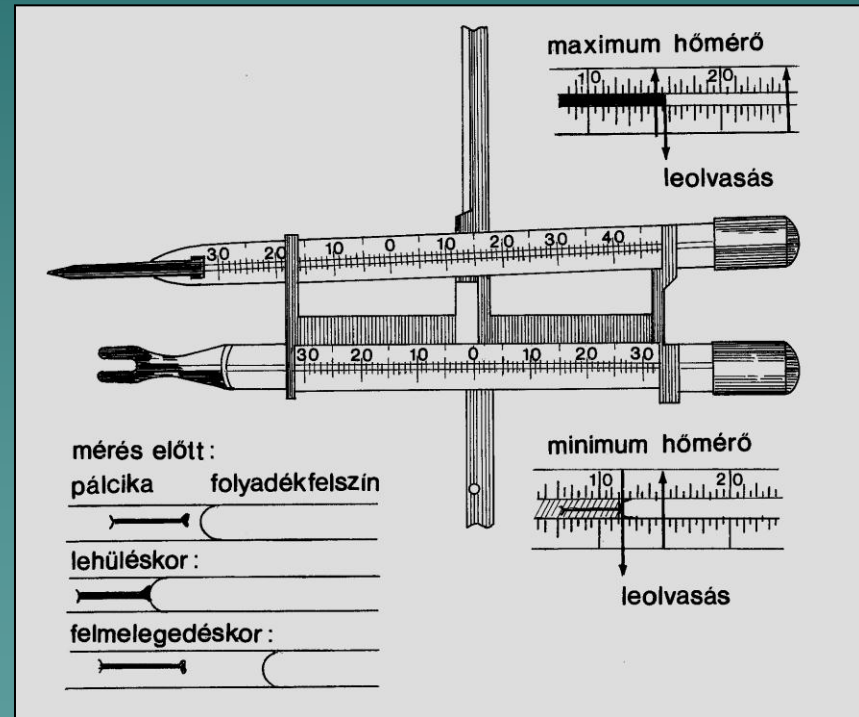
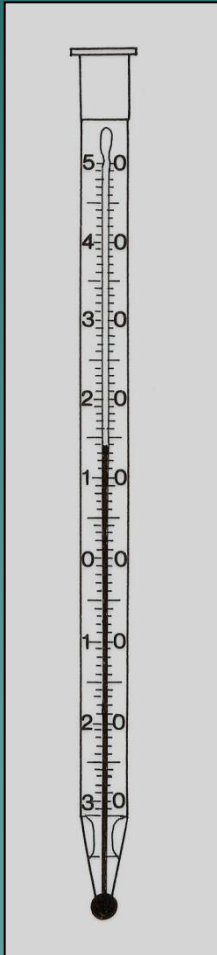
◆ Infrahőmérők

Gráfok (íróműszerek)

- ◆ *érzékelő rész*
- ◆ *áttételi rész
(jelátalakító)*
- ◆ *regisztráló rész*



Állomási hőmérő és a Fuess-féle min. és max. hőmérők

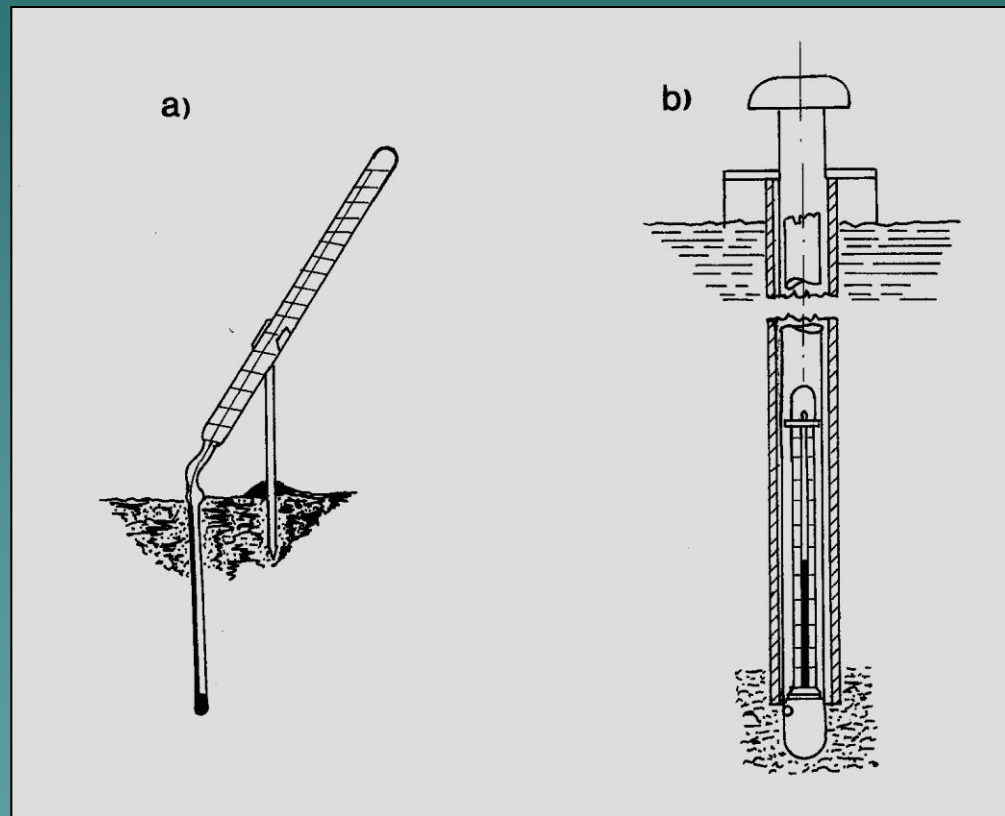
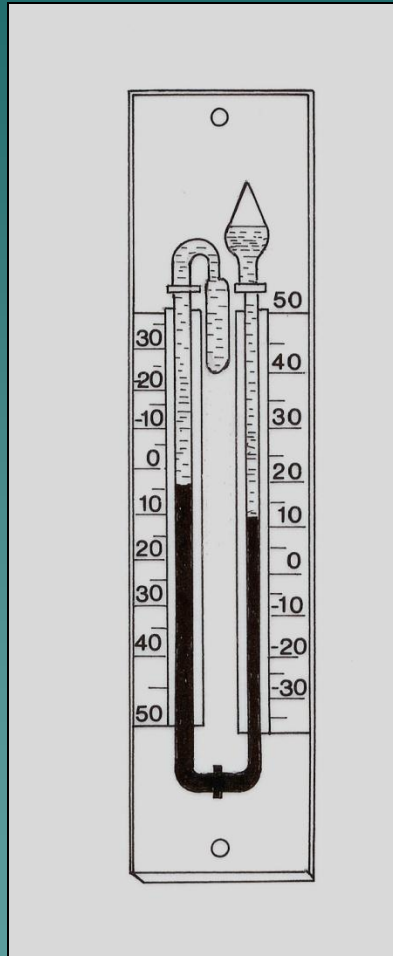


Radiációs minimumhőmérő

- ◆ Szabad horizontú, sík, csupasz talajfelszín felett 5 cm-es magasságban, villás tartóra fektetjük vízszintesen

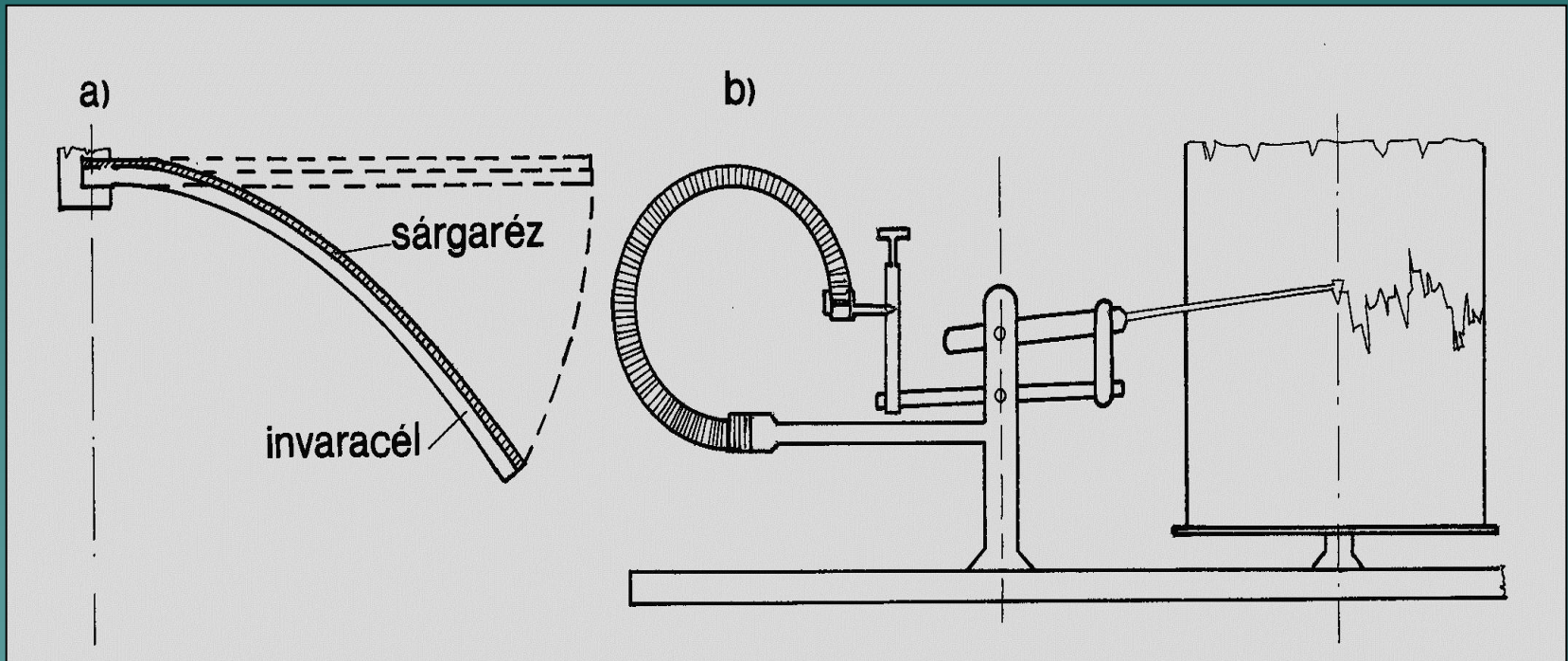


Six-féle min. és max. hőmérők valamint felszíni és mélységi talajhőmérők





Bimetall hőmérő és termográf



Elektromos hőmérők

◆ Ellenállás hőmérők:

fémek:

Fe, Ni, Cu, Pt

félvezetők:

termisztor

◆ Termoelemes hőmérők

2 fém

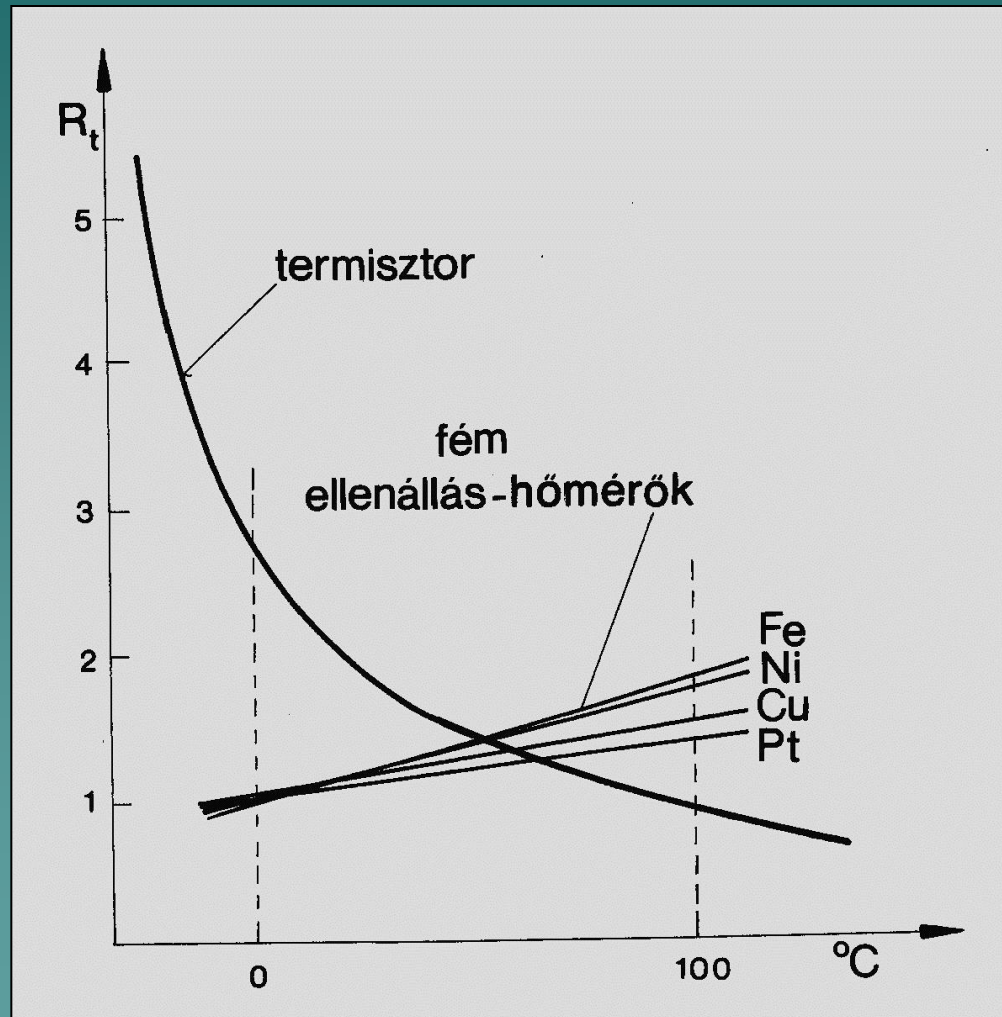
összeforrasztva

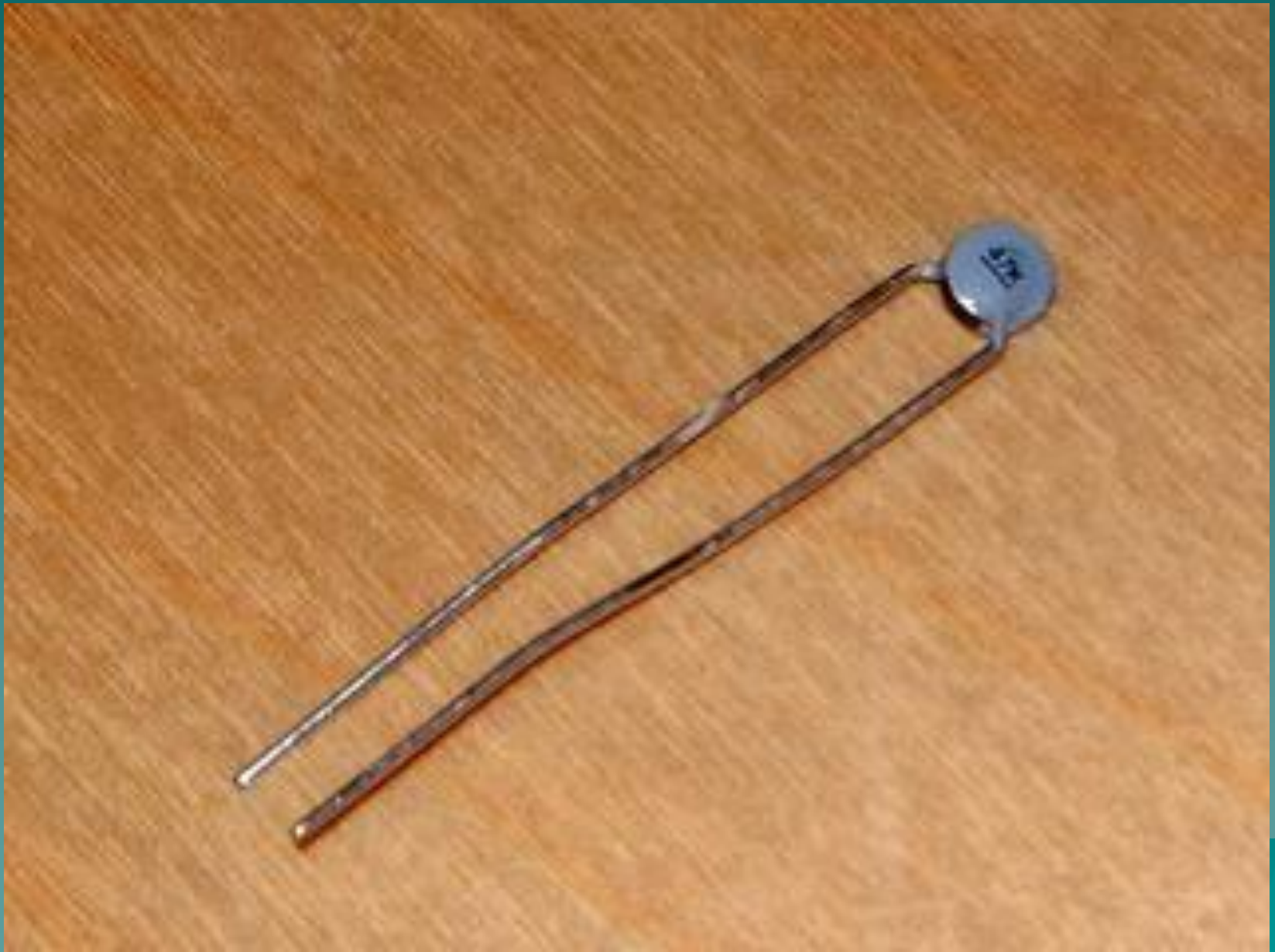
Hőm.kül. mérése

Melegpont

Hidegpontok

Elektromos hőmérők „hőmérséklet–ellenállás” karakterisztikája





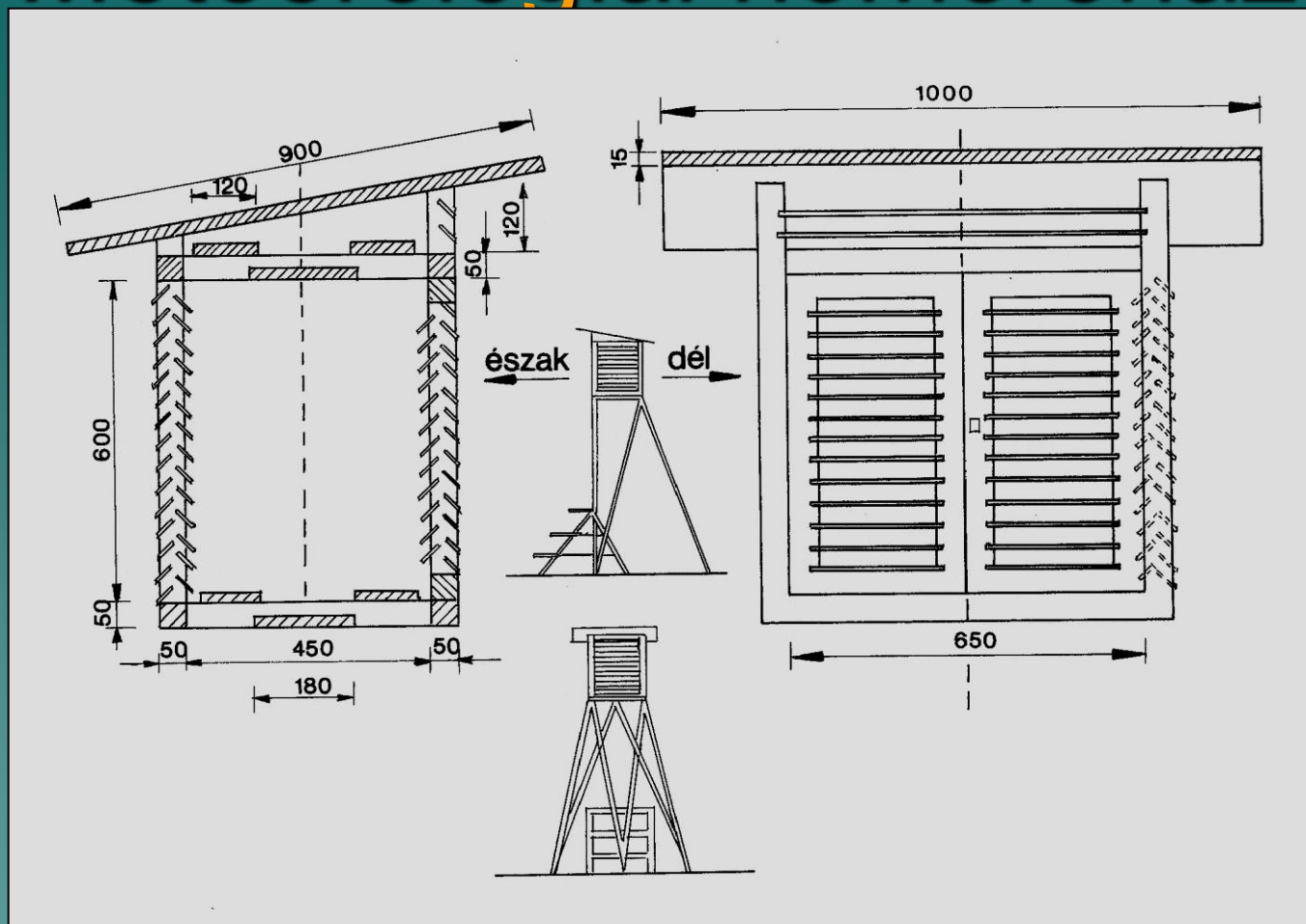
Infrahőmérő

- ◆ Minden test a saját hőmérsékletének megfelelően sugároz

felületi
hőmérsékletet mér



Meteorológiai hőmérőház



Állomási hőm., min-max hőmérők, rad. min. hőm., nedves hőm., termo, higo és barográfok, Wild féle párolgásmérő



Sugárzás I.

*Def.: A **sugárzás** elektromágneses hullámok energiáját jelenti, amelyek elnyelése és kibocsátás kvantumokban történik.*

- ◆ **Sug-i teljesítmény:** Időegység alatt valamely felületegységen áthaladó sugáráram (Wm^{-2})

A meteorológiai sugárzástan alapfogalmai [Wm^{-2}]

- ◆ **Globálsugárzás:** a vízszintes síkra a felső féltérből érkező összes rövidhullámú sugárzás [S]
- ◆ **Diffúz sugárzás:** a vízszintes síkra a felső féltérből érkező összes rövidhullámú sugárzás, kivéve a Nap korongjának térszögét
- ◆ **Direkt sugárzás:** A Nap korongjának térszögéből a Nap irányára merőlegesen álló felületre belépő rövidhullámú sugárzás
- ◆ **Reflex sugárzás:** a vízszintes síkra az alsó féltérből érkező összes rövidhullámú sugárzás
- ◆ **Légköri viaszasugárzás [E_j]:** a vízszintes síkra a felső féltérből érkező összes hosszúhullámú sugárzás
- ◆ **Kisugárzás [E_f]:** a vízszintes síkra az alsó féltérből érkező összes hosszúhullámú sugárzás
- ◆ **Napfénytartam :** valamely idő alatt hány órát süt a Nap
- ◆ **Effektív kisugárzás:** A felszíni kisugárzás és a légköri viaszasugárzás különbsége

Sugárzás II.

◆ Mérési elvek:

- fotonok hatása
- hőhatás

Sugárzás III:

- ◆ **PIRANOMÉTER:** sugárzási teljesítményt mér (Wm^{-2})
- ◆ **Cambell Stokes féle napfénytartam mérő**
- ◆ **Szeléncellás luxmérő:** megvilágítottságot mér (lux)



Légnedvesség

- ◆ **nedves levegő** (száraz levegő+vízgőz)
- ◆ **abszolút nedvesség(q)**: (tényleges nedv.)
1 m³ nedves levegőben hány g vízgőz van (gm⁻³)
- ◆ **Telítési páratartalom(Q)**: maximálisan lehetséges nedvesség, amit az adott hőmérsékletű levegő tartalmazhat

Hőm.	30°C	20°C	10°C	0°C	-10°C	-20°C
$Q(\text{m}^{-3})$	30	17	9	5	2	1

- ◆ **Párányomás (gőznyomás, e):**
a nedves levegőben lévő vízgőz parciális nyomása (1 mbar=1 hPa)
- ◆ **Telítési párányomás (E):**
telített levegőben lévő vízgőz parciális nyomása (1 mbar=1 hPa)
- ◆ **Relatív nedvesség (%):**
a tényleges nedvesség hány százaléka a telítési nedvességnek az adott hőmérsékleten
 $R=q/Q$
- ◆ **Harmatpont:**
az a hőmérséklet, melyre lehűtve a levegőt(állandó nyomáson), az telítetté válik

A levegő nedvességtartalmának mérése

◆ HIGROMÉTEREK

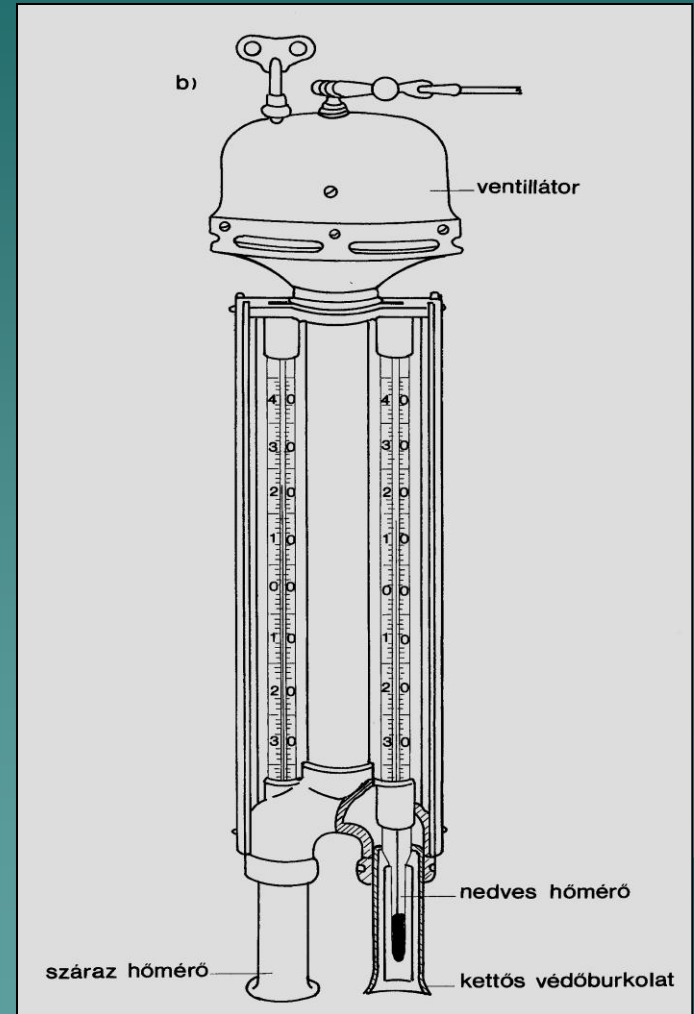
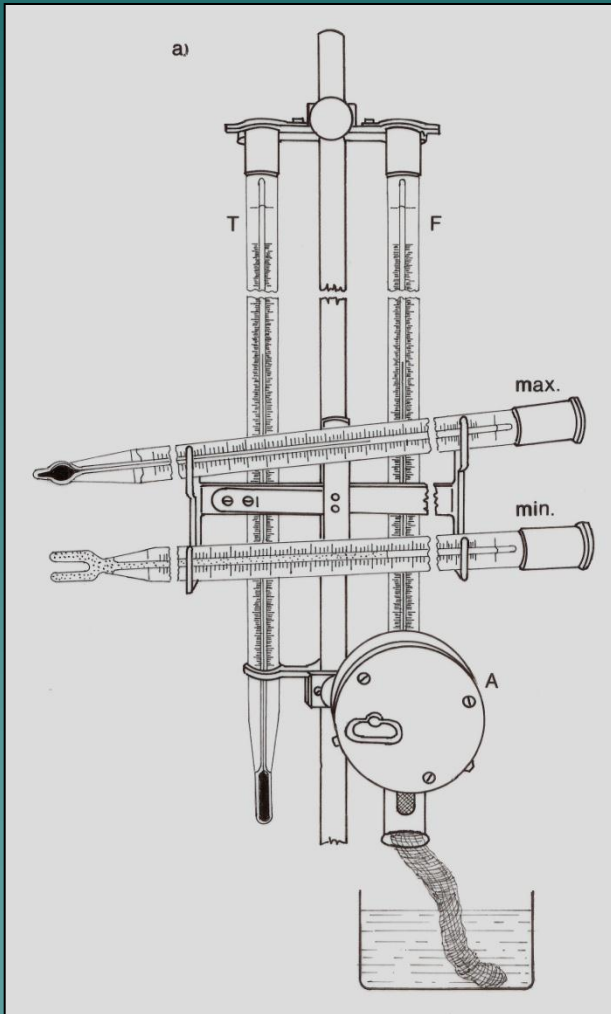
abszorpciós
hajszálas
higrográf

◆ PSZICHROMÉTEREK

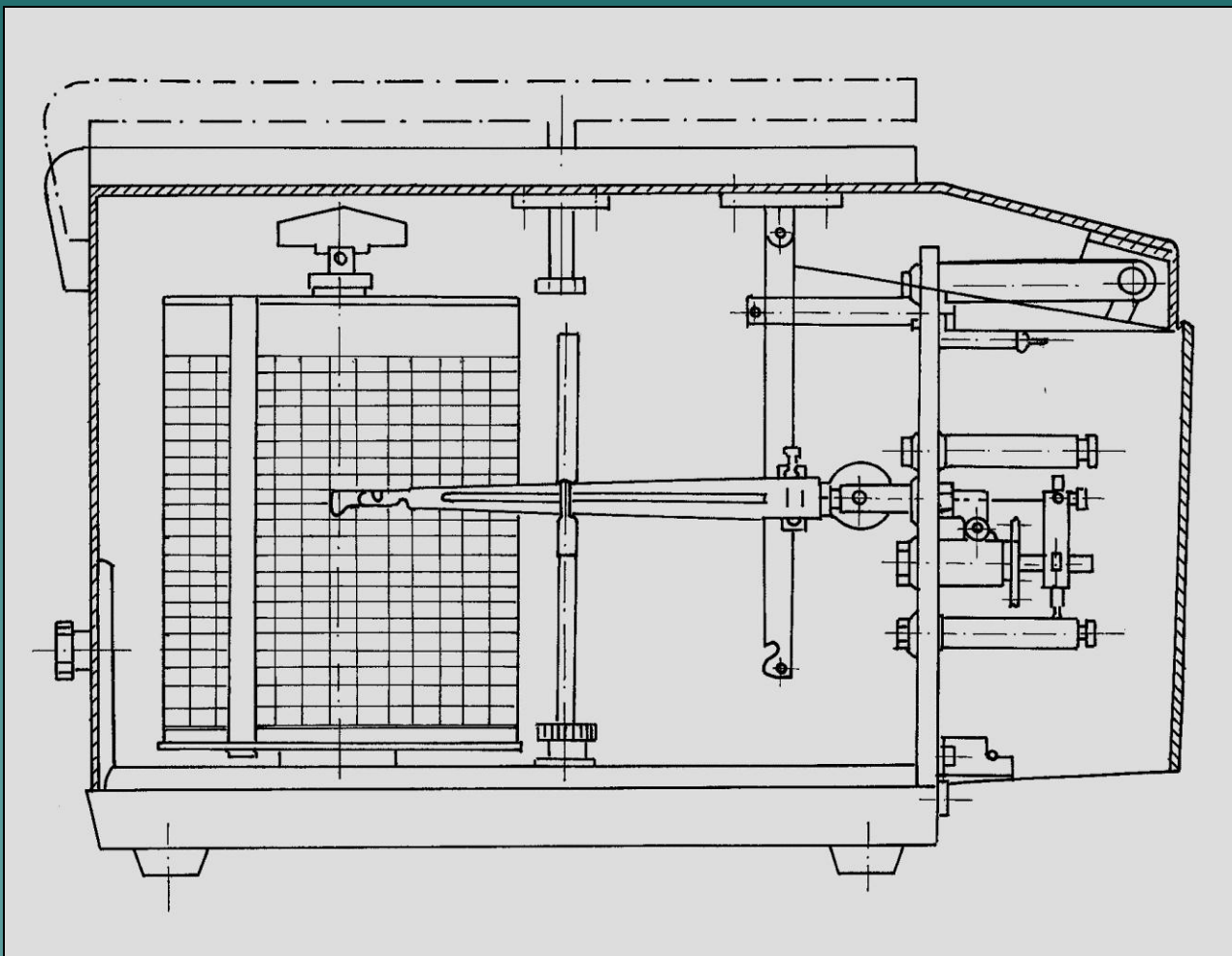
August féle szívófonatos
Assman féle aspirációs

◆ KONDENZÁCIÓS NEDVESSÉGMÉRŐK

August– és Assmann-féle pszichrométerek



Higrográf



Csapadék

- ◆ Cseppfolyós és szilárd halmazállapotú víz, mely a légkör magasabb rétegeiből hull (makrocsapadék)
- ◆ Mikrocsapadék: a felszínnel érintkező levegőben keletkezik (pl. harmat, dér, zúzmara)

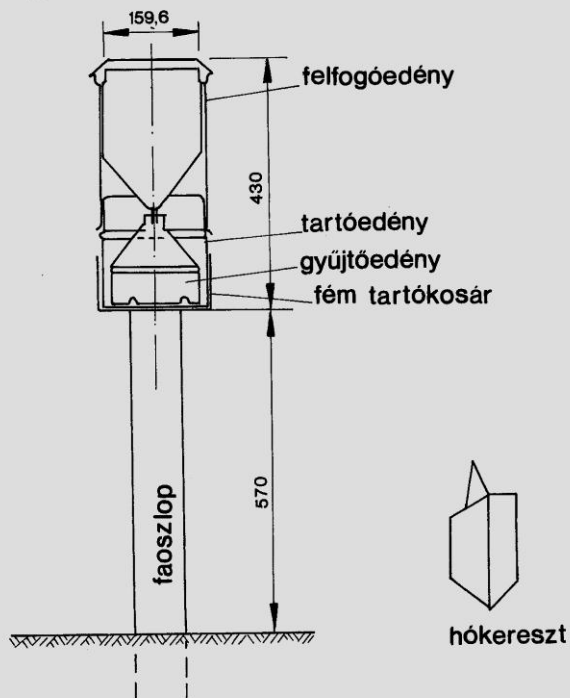
Mérés: vízrétegnek a mm-be mért magassága, mely sík felületen képződne, ha elfolyás, hozzáfolyás és szivárgás nem következne be

A csapadék mérése

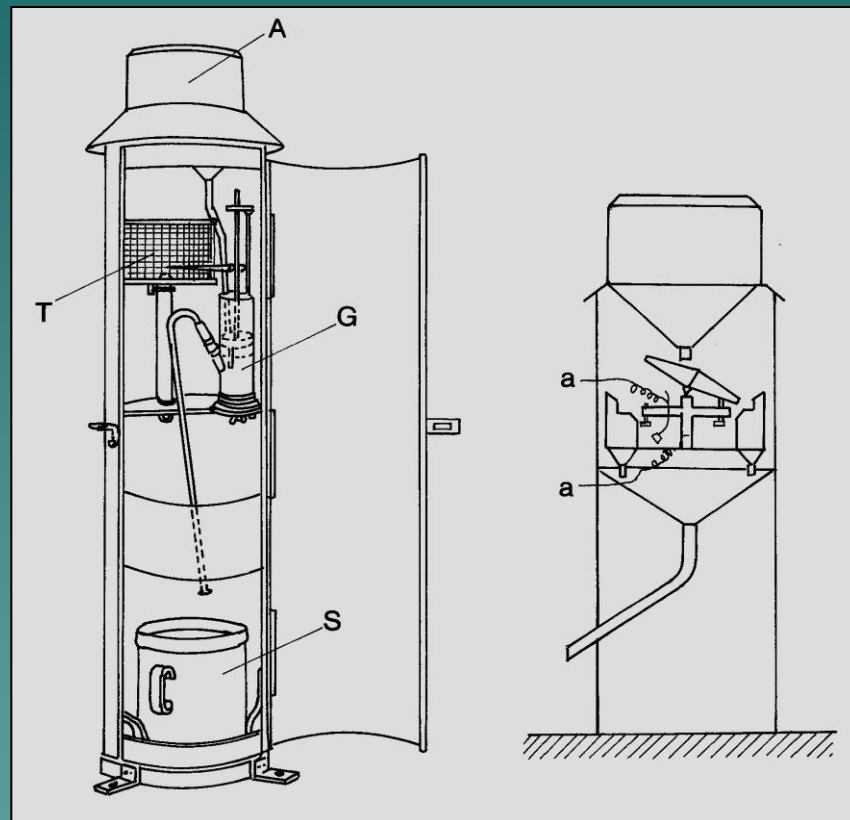
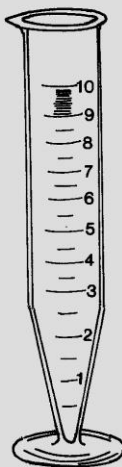
- ◆ **Kézi, hagyományos:**
 - Hellmann rendszerű ombrométer
 - Ombrográf (csapadékíró)
- ◆ **Automata: Lambrecht**

kézi – automata mérés

a)



b)



Csapadékmérők:

- ◆ Hellmann-féle rendszerek





Párolgás mérése

- ◆ Evaporáció
- ◆ Transpiráció
- ◆ Evapotranspiráció

Potenciális párolgás:

Az a vízmennyiség, ami egy rövidre vágott gyepfelületről elpárologna, ha korlátlan mennyiségű víz állna rendelkezésre



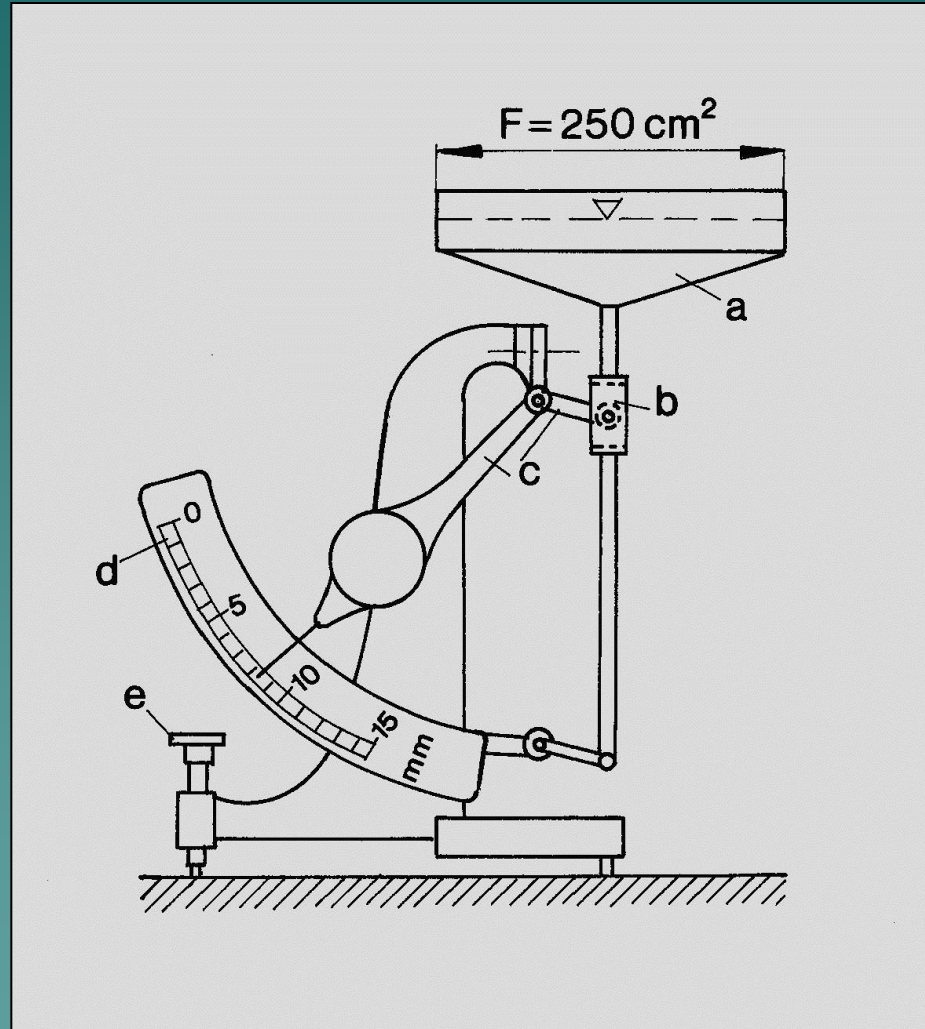
Párolgást befolyásolja:

- felszínre érkező sug-i E
 - szélség.
 - levegő telítettsége
 - levegő hőmérséklete
 - párolgó felület hőmérséklete
- 
- A stylized, dark teal silhouette of a mountain range is positioned in the bottom right corner of the slide, adding a decorative element to the background.

Párolgás mérése:

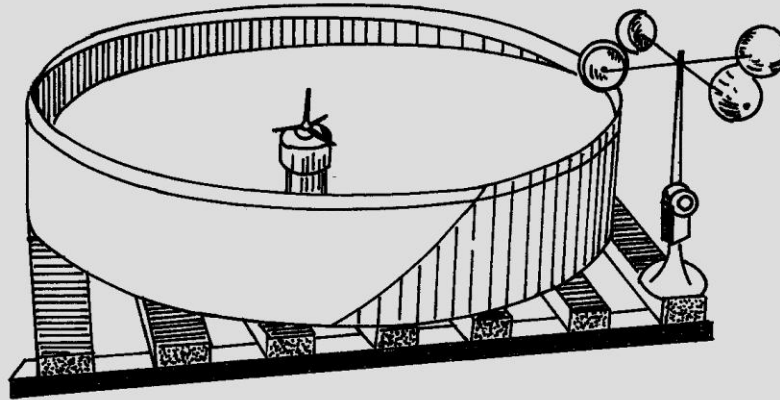
- ◆ Wild-féle párolgásmérő
 - ◆ Párolgásmérő kádak
 - ◆ Piche-féle párolgásmérő
 - ◆ Liziméterek (evapotranszspirométer)
- 
- A stylized, dark teal silhouette of a mountain range is positioned in the bottom right corner of the slide, partially overlapping the background.

Wild-féle elpárolgás mérő



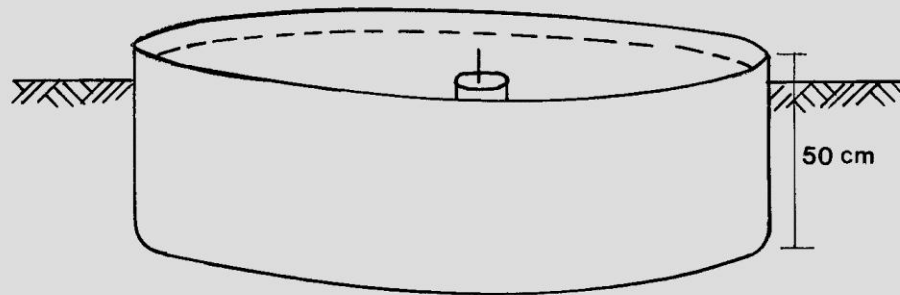
Párolgásmérő kádak

A-kád

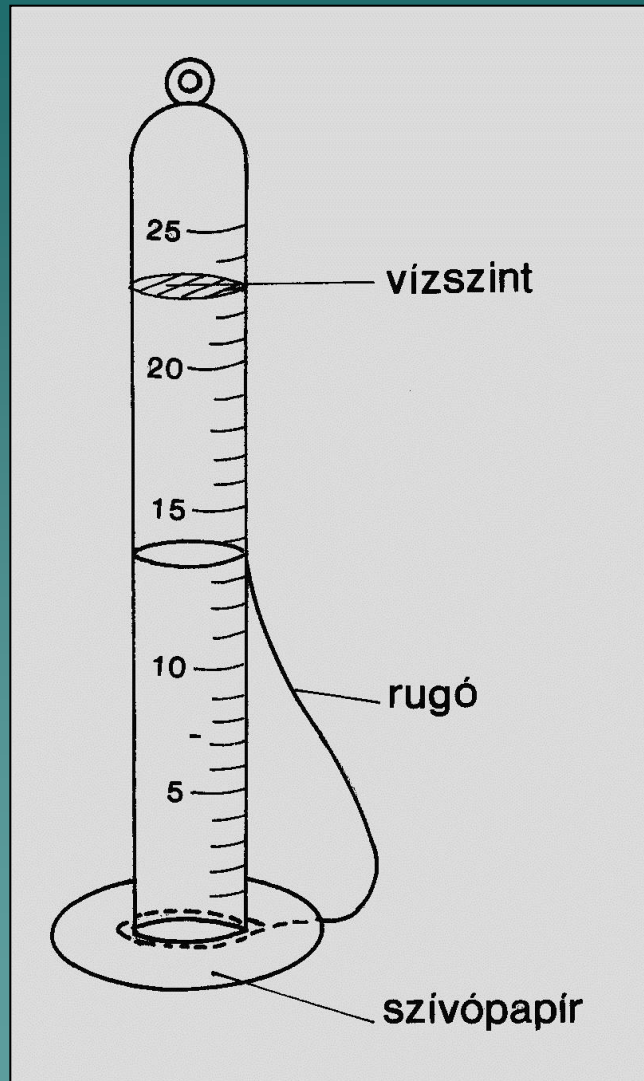


U-kád

$A = 3 \text{ m}^2$



Piche–féle párolgásmérő



Légnyomás

◆ Egységnyi felületre ható erő

Levegőoszlop normál
nyomása: 1013 hPa

$1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa} = 1 \text{ mbar}$

$1 \text{ Hgmm} = 1,33 \text{ mbar}$

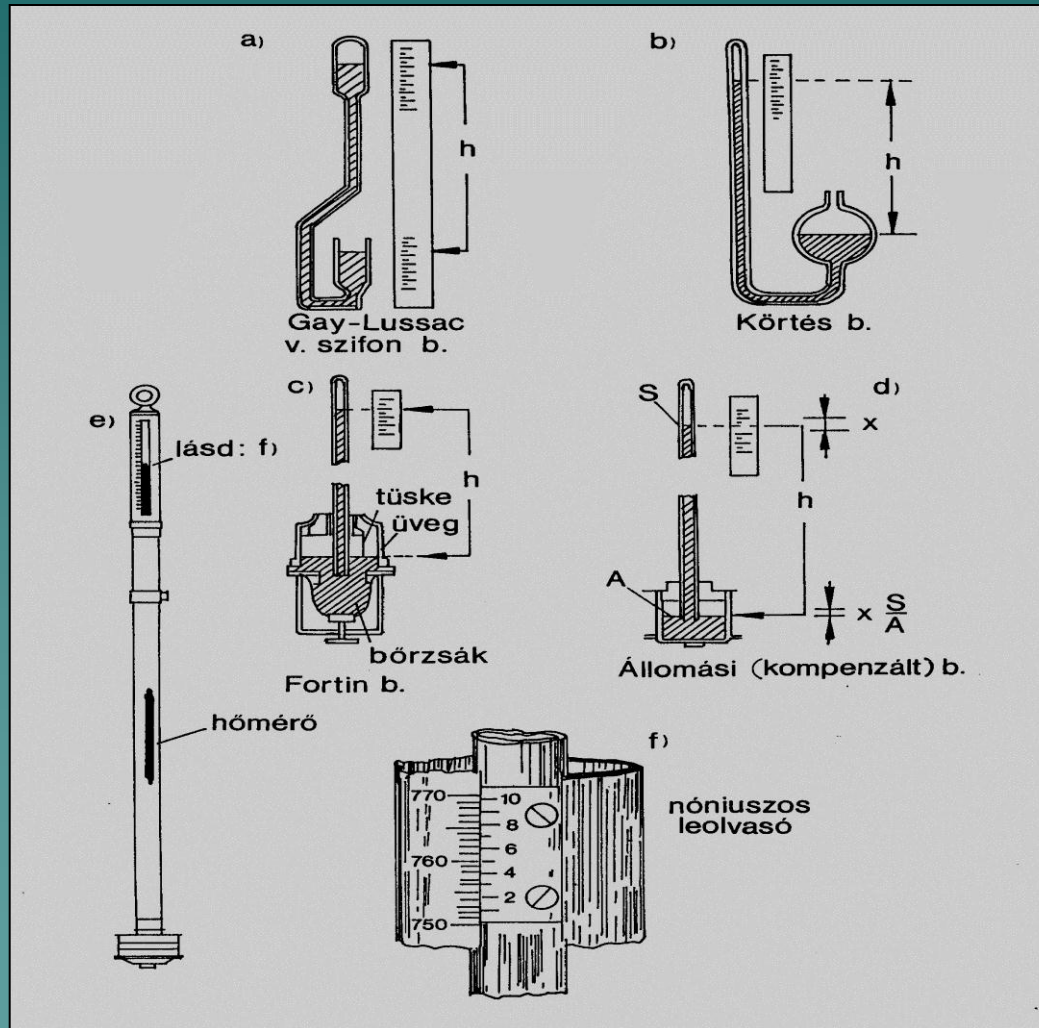
Mérés:

Folyadékos barométerek

Aneroid barométerek

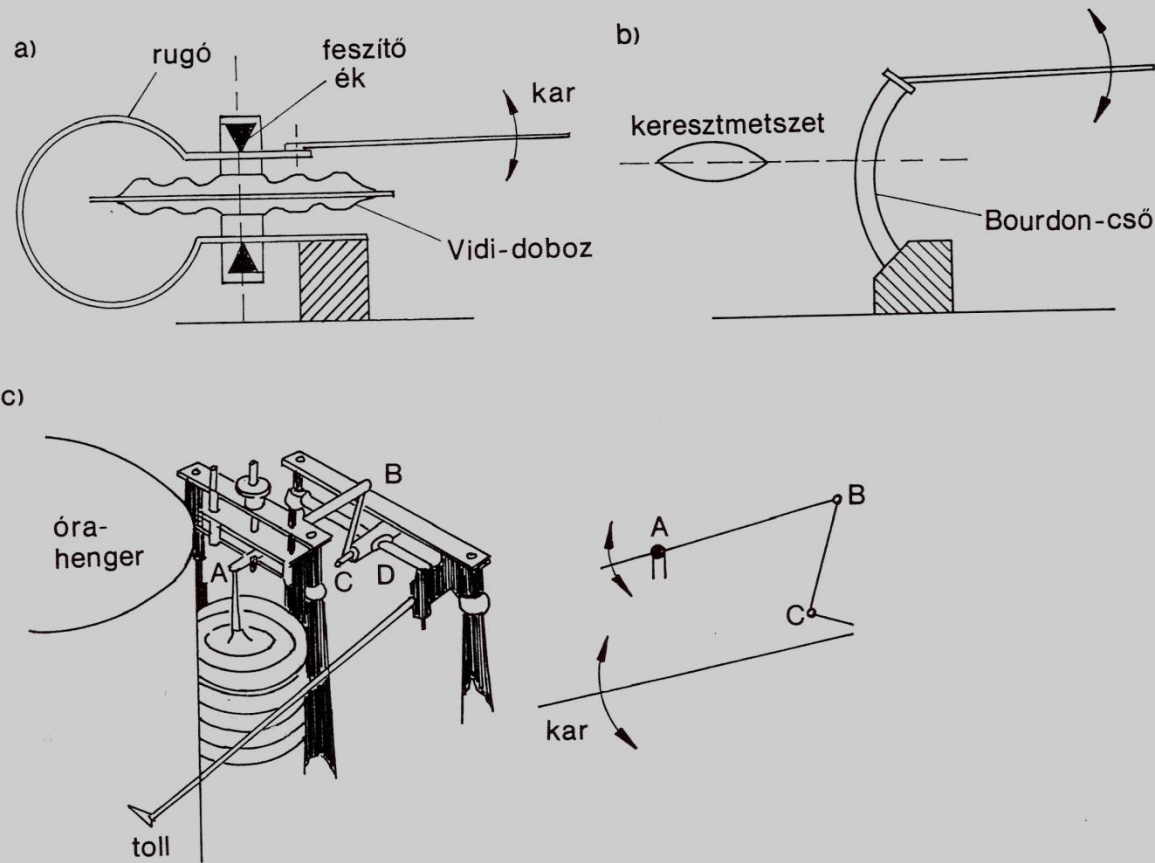
Légnyomás mérése

Folyadékos barométerek



Aneroid baromterek

Nem folyadékos légnyomásmérők



Szél mérése

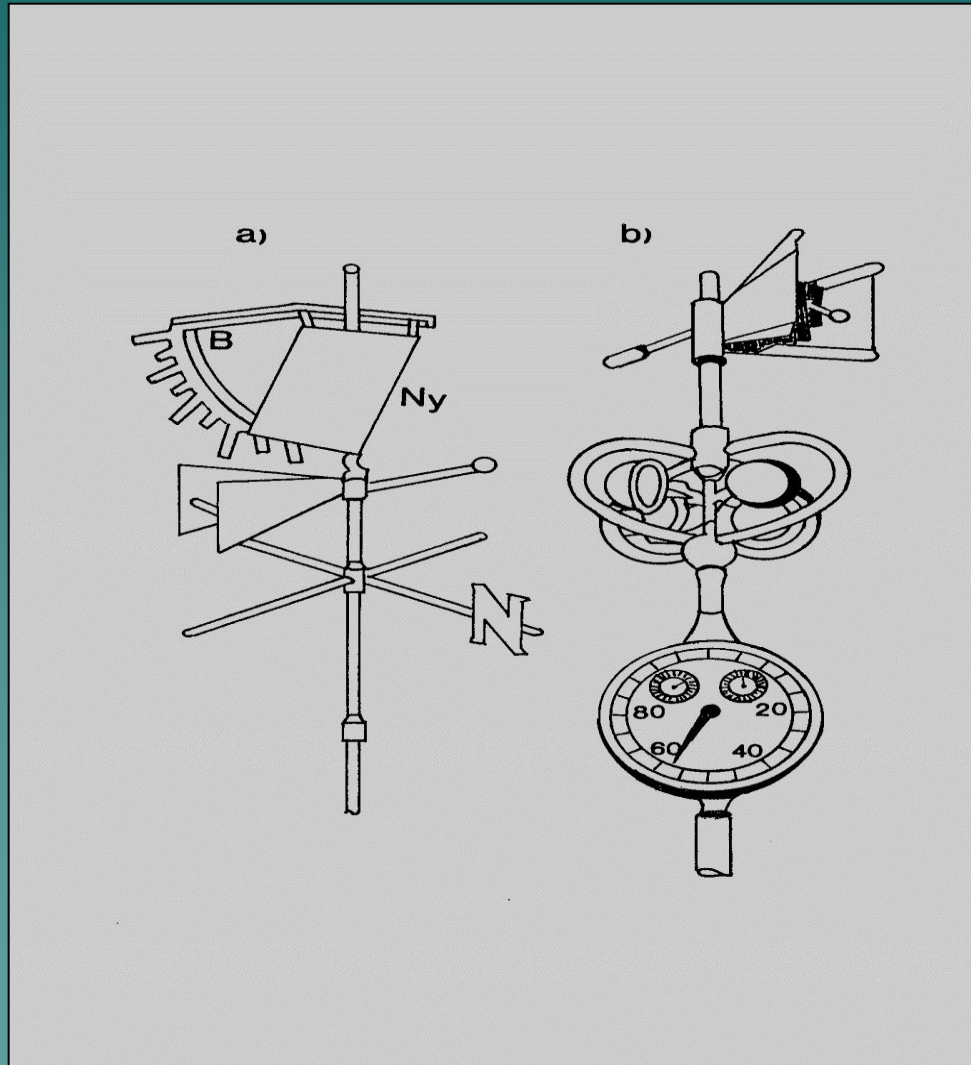
- ♦ vektormennyiség (iránya és nagysága van)
- ♦ termikus és dinamikus okokból sűrűségkülönbségek a levegőben
- ♦ **szélút:** képzeletbeli tárgy hány m-t tenne meg a széllel t időtartam alatt
- ♦ Szélsebesség: szélút/idő ($\text{ms}^{-1} = 3,6 \text{ kmh}^{-1}$)
- ♦ Beaufort skála
- ♦ **Szélirány: AMERRŐL a szél fúj**



Mérés:

- ♦ -Wild féle nyomólapos szélzászló
- ♦ -Kézi kanalas szélmérő
- ♦ -Egyetemes szélíró

Szélerősség és szélút-mérők



Műszer nélküli megfigyelések:

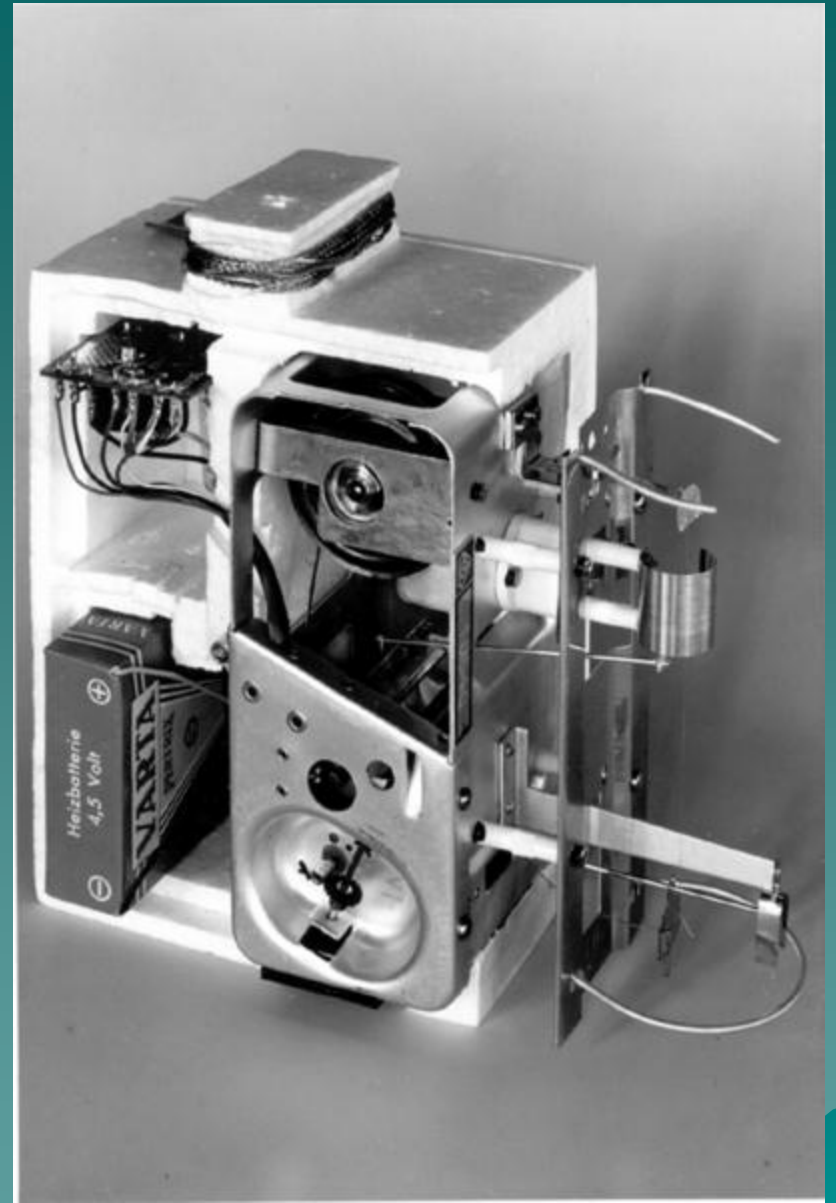
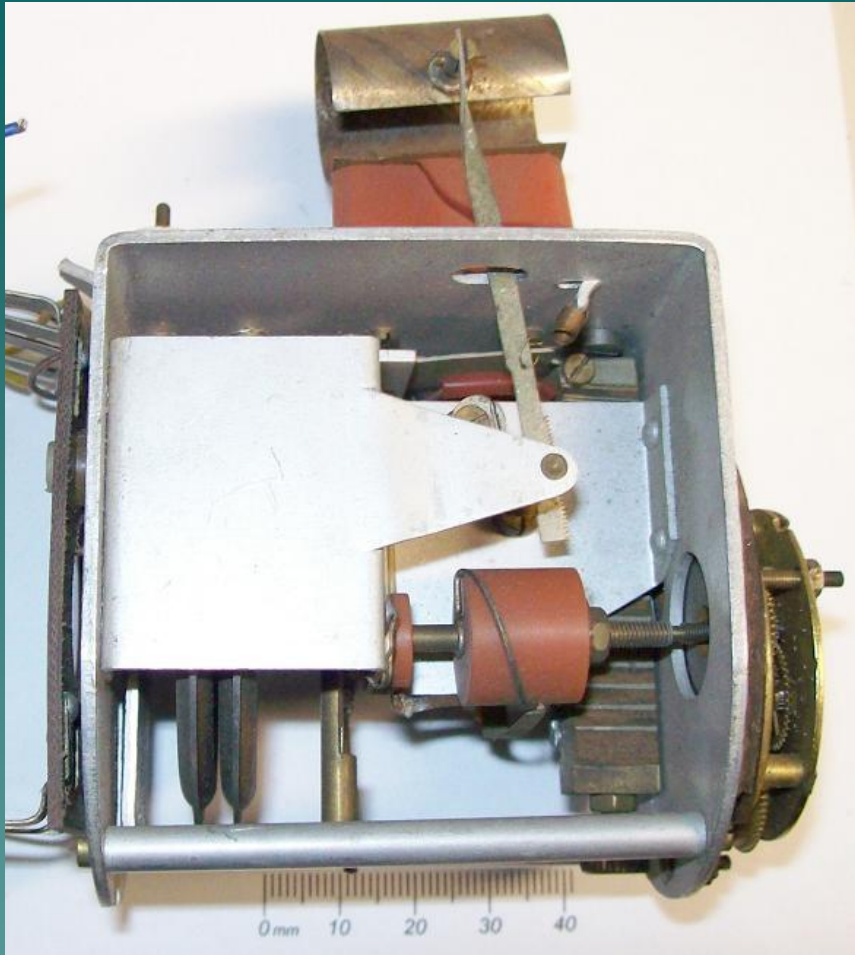
- ◆ csapadék halmazállapota
 - ◆ borultság, felhőzet
 - ◆ látástávolság
 - ◆ talajállapot, hóréteg
 - ◆ jelenségek
- 
- A stylized, dark teal silhouette of a mountain range is positioned in the bottom right corner of the slide, adding a decorative element to the background.

Magaslégköri mérések

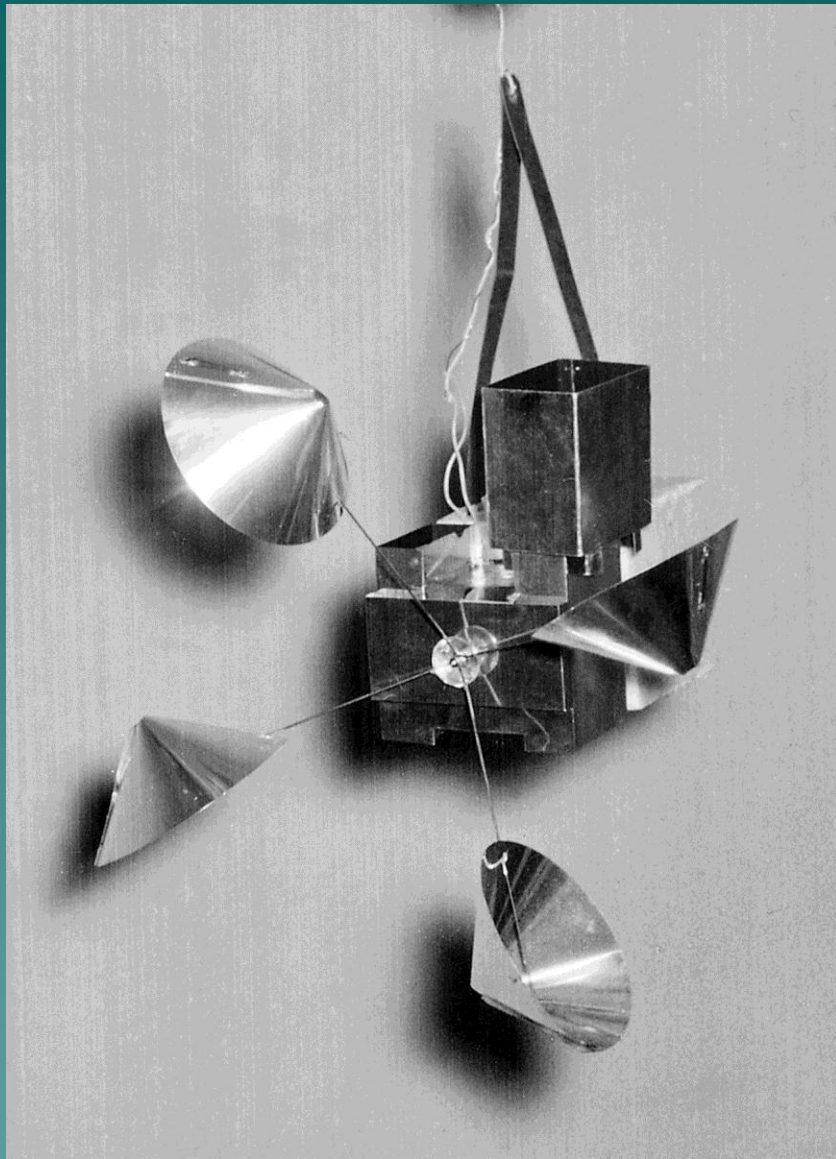
Rádiószonda

Mért paraméterek:

- ◆ Hőmérséklet: bimetall, ellenállás
- ◆ Légnedvesség: hajszál, vagy aranyütőhártya, kapacitív
- ◆ Légnyomás: aneroid
- ◆ A szélmérés navigációs módszerrel:
 - Teodolit
 - Radar
 - LORAN (LOng RAnge Navigation)
 - GPS
- ◆ Mérési program:
 - Budapest: 00 UTC (1952. V. 1.)
 - Szeged: 00 UTC (1962. I. 1.)



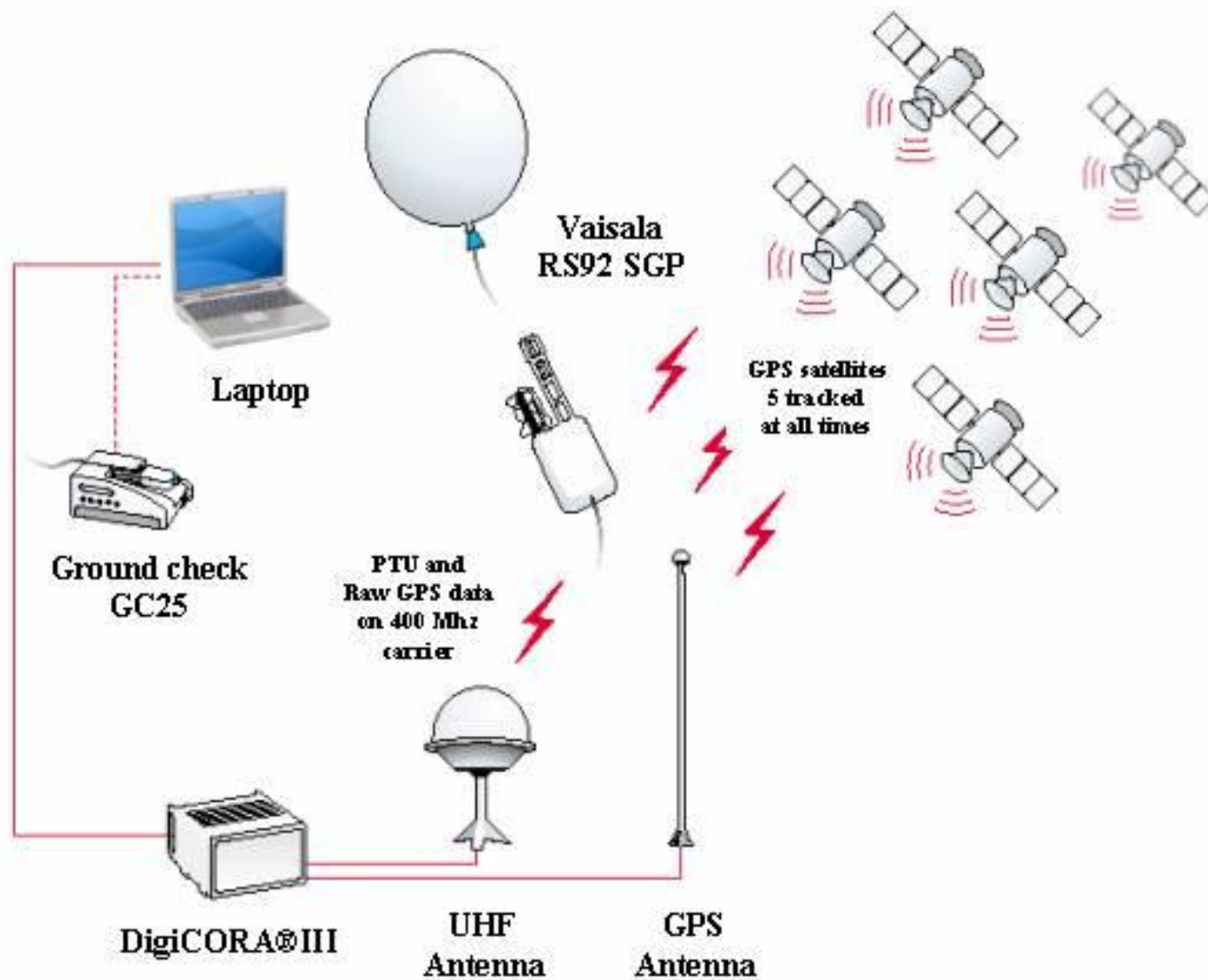
GRAW 1948



Első Vaisala rádiószonda

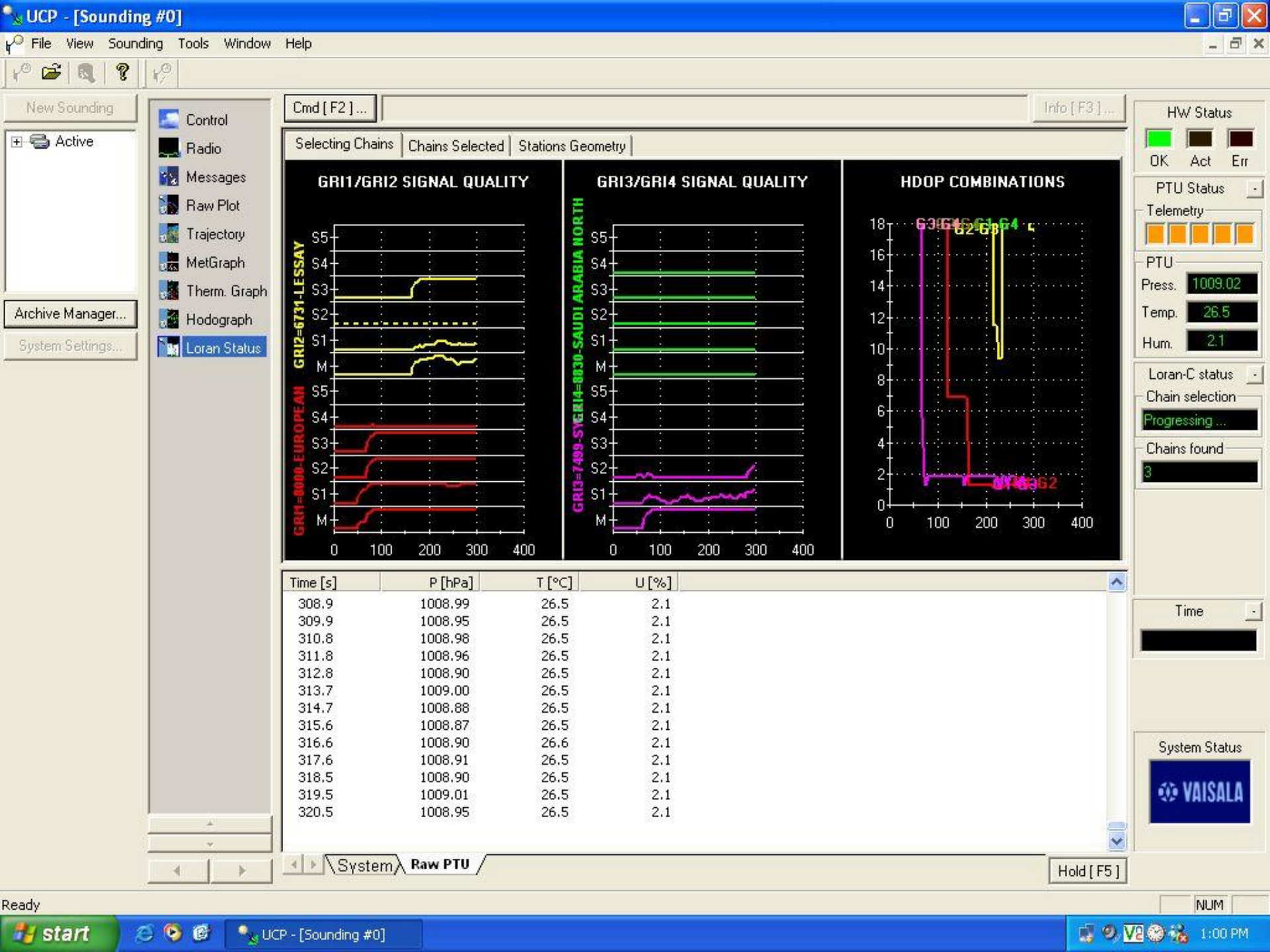


Legújabb Vaisala szonda



A rádiószondázás
eszközei





11 - 03 - 29

km

Clo

10

0

10

20

30

40

50

60 m/s

N

E

S

W

N

0

50

100 %

-80

-60

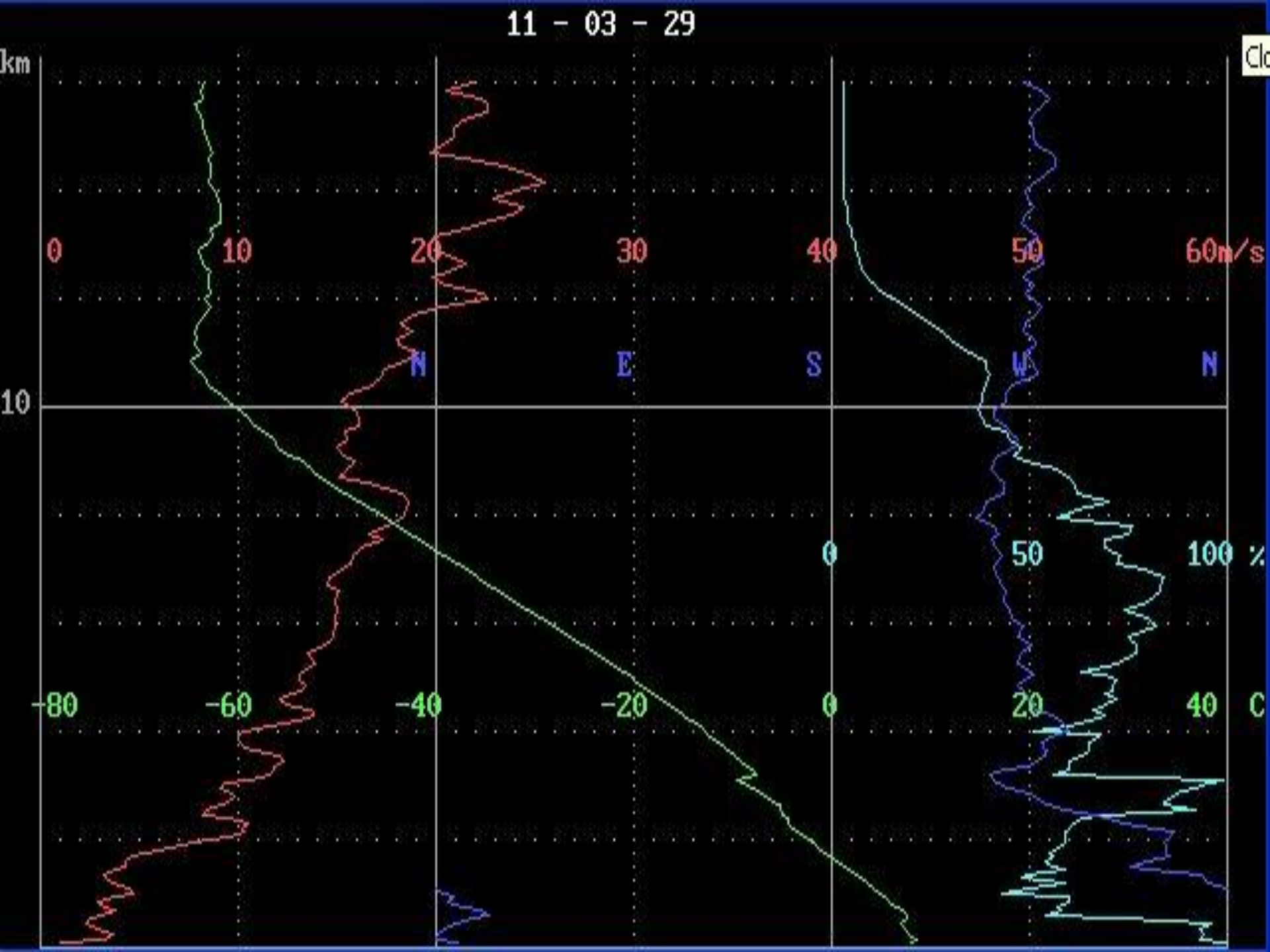
-40

-20

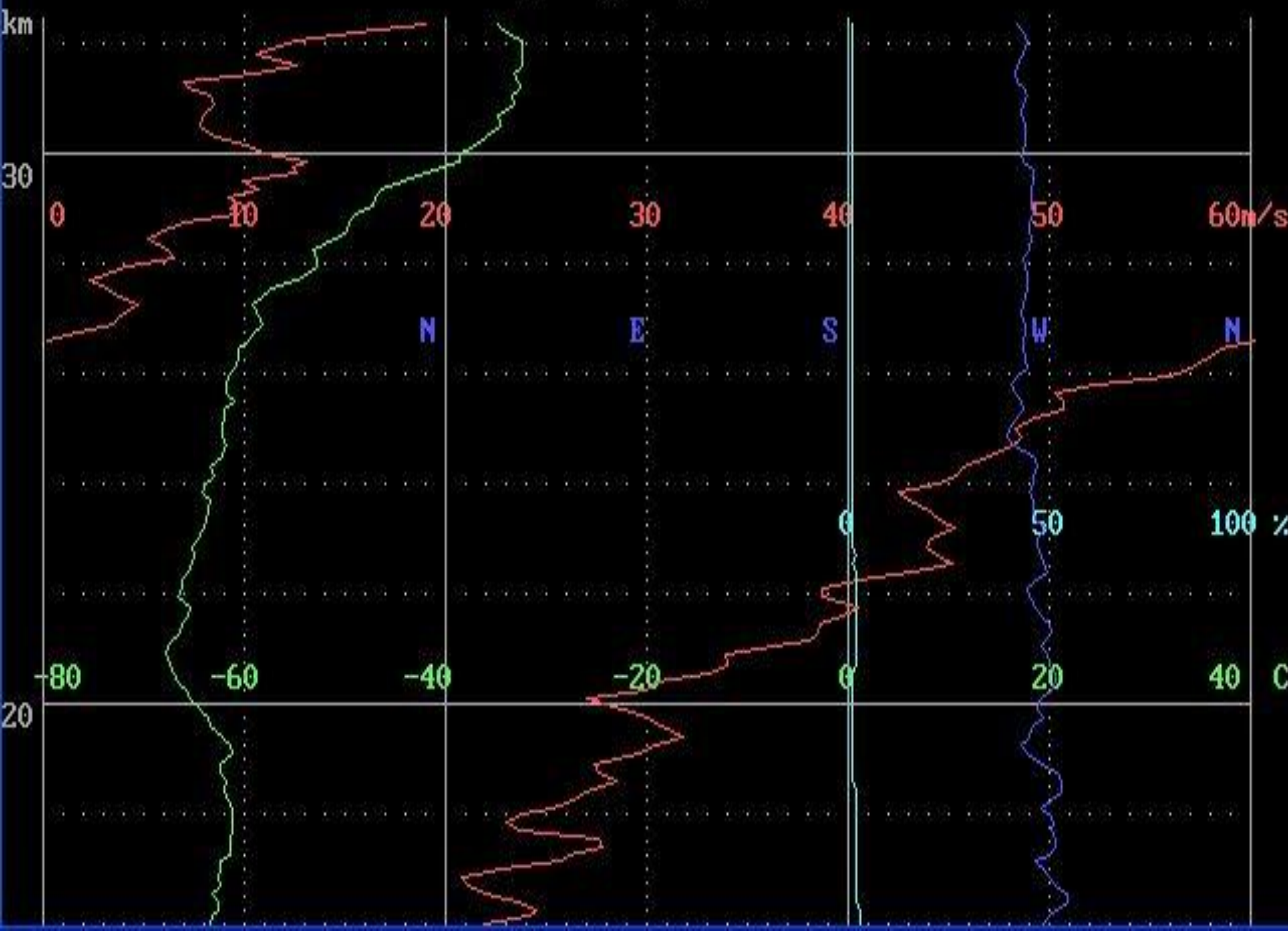
0

20

40 C



11 - 03 - 29



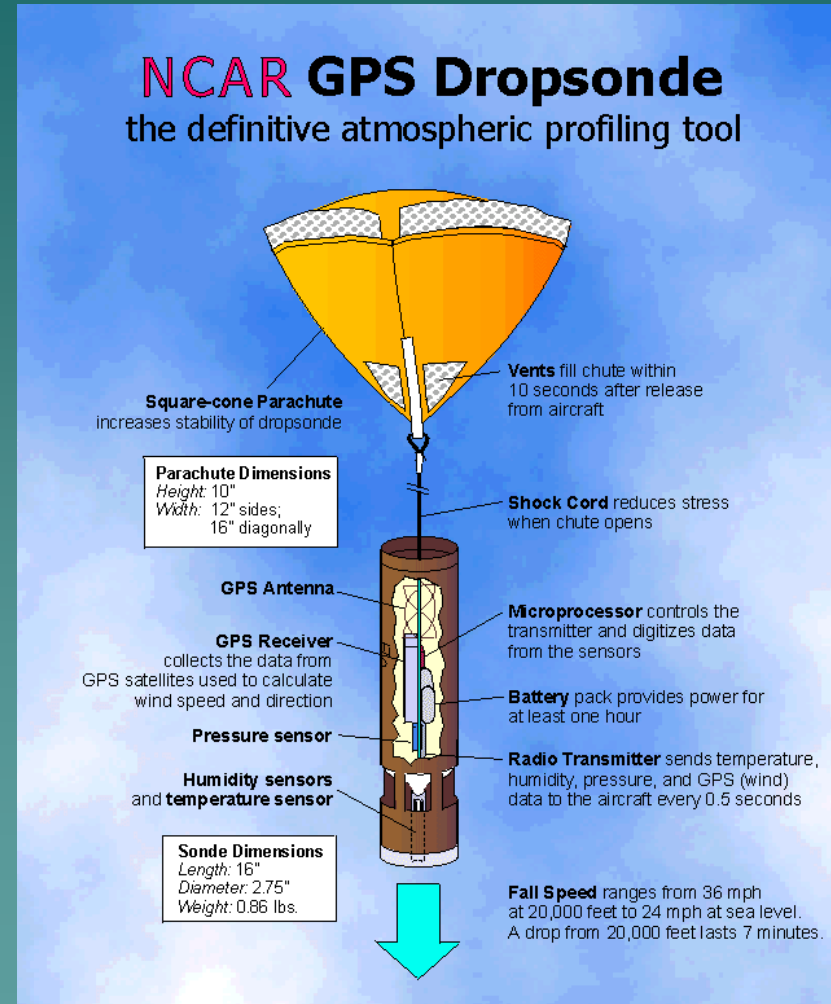
Speciális szondák 1.

OMSZ-nál régebben használatos típusok

- ◆ Rawin-szonda
 - Csak szélmérés
 - Teodolit vagy radar
- ◆ Pilot-ballon (1909-től)
 - Teodolitos követés
 - Csak szél

Speciális szondák 2.

- ◆ Vető szondák
 - Hurrikánok előrejelzése
 - GPS
 - PTH szenzorok



Speciális szondák 3.

◆ Ózon szonda

- 35 km: alsó - sztratoszférikus ózon
- PTH
- $\text{KI} + \text{O}_3$: elektromos áram



◆ Radioaktivitást mérő szondák

- Geiger-Müller számláló
- γ - és β -sugárzás



Távérzékelési Eszközök

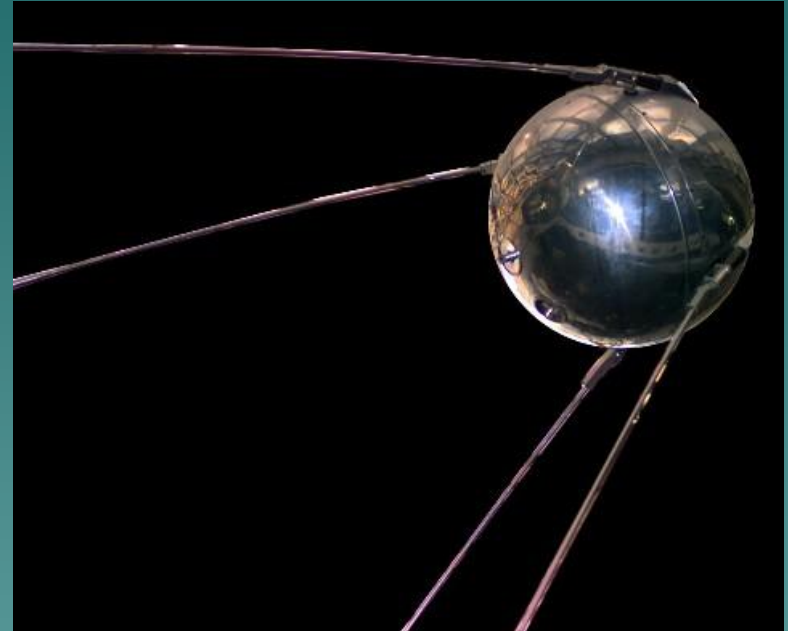
- ◆ Passzív távérzékelés
 - Műhold
 - Radiometer
 - Villámlokalizáció
- ◆ Aktív Távérzékelés
 - Radar
 - Sodar
 - Windprofiler
 - RASS

Műholdas mérések

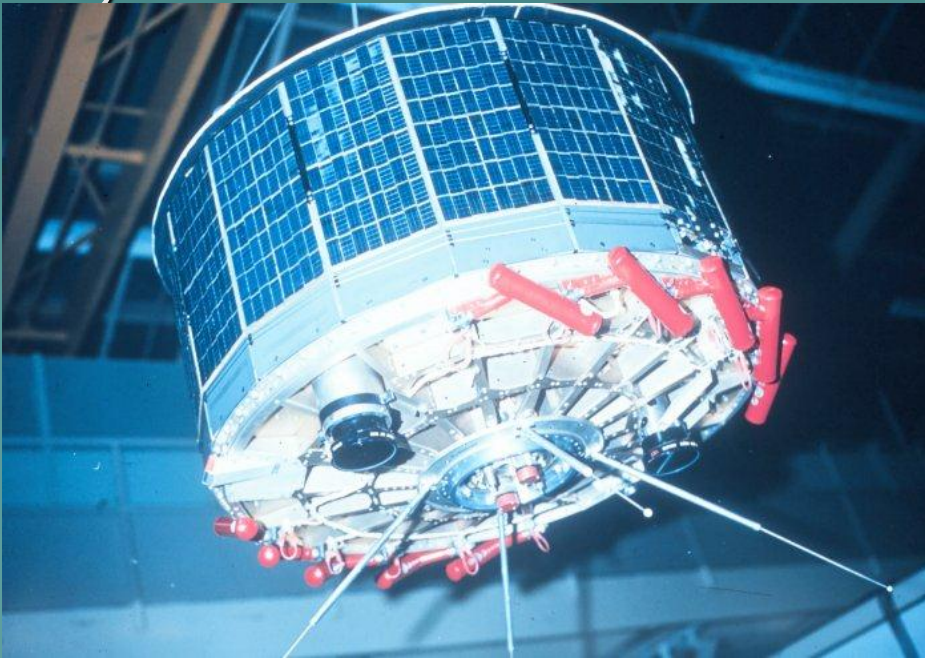
- ◆ Műhold-meteorológia : űrtechnika kifejlődése és műholdak megjelenésével bontakozott ki a 60-as évektől
- ◆ 1967-től műholdfelvételek vétele az OMSZ-nál
- ◆ XX. század közepén a megfigyelő-hálózat hiányosságai:
 - A Földnek csak 1/5-öd részén kielégítő sűrűségűek a mérések (4/5-öd része óceáni és nehezen megközelíthető régió)
 - Az állomások közötti területen nagy bizonytalanság
 - A földfelszíni észlelés a felhőtakaró csupán 10-20%-ának megfigyelésére nyújt lehetőséget

Első műholdak

1957. október 4. Szovjetunió: első műhold – Szputnyik - 1

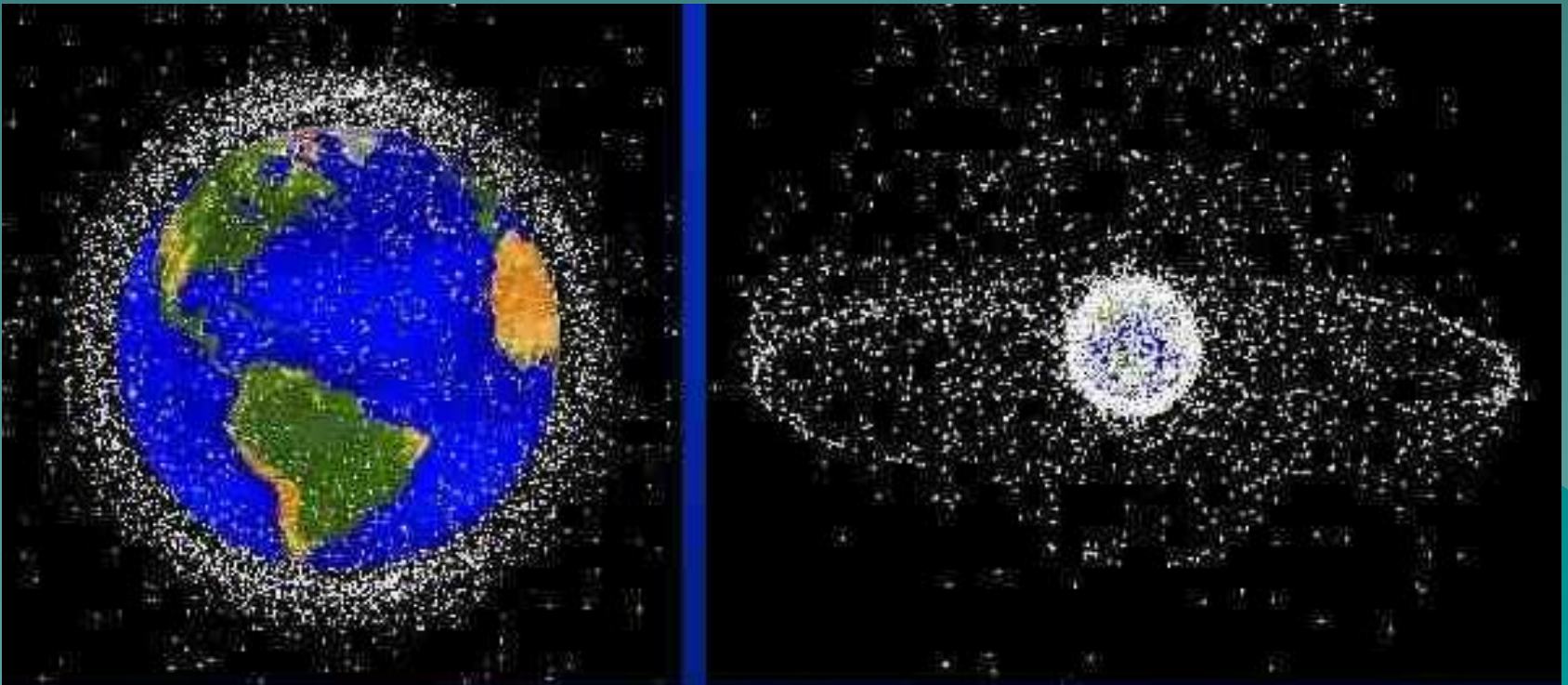


1960. április 1. USA:
első meteorológiai műhold – TIROS - 1
(Television InfraRed Observational
Satellite)

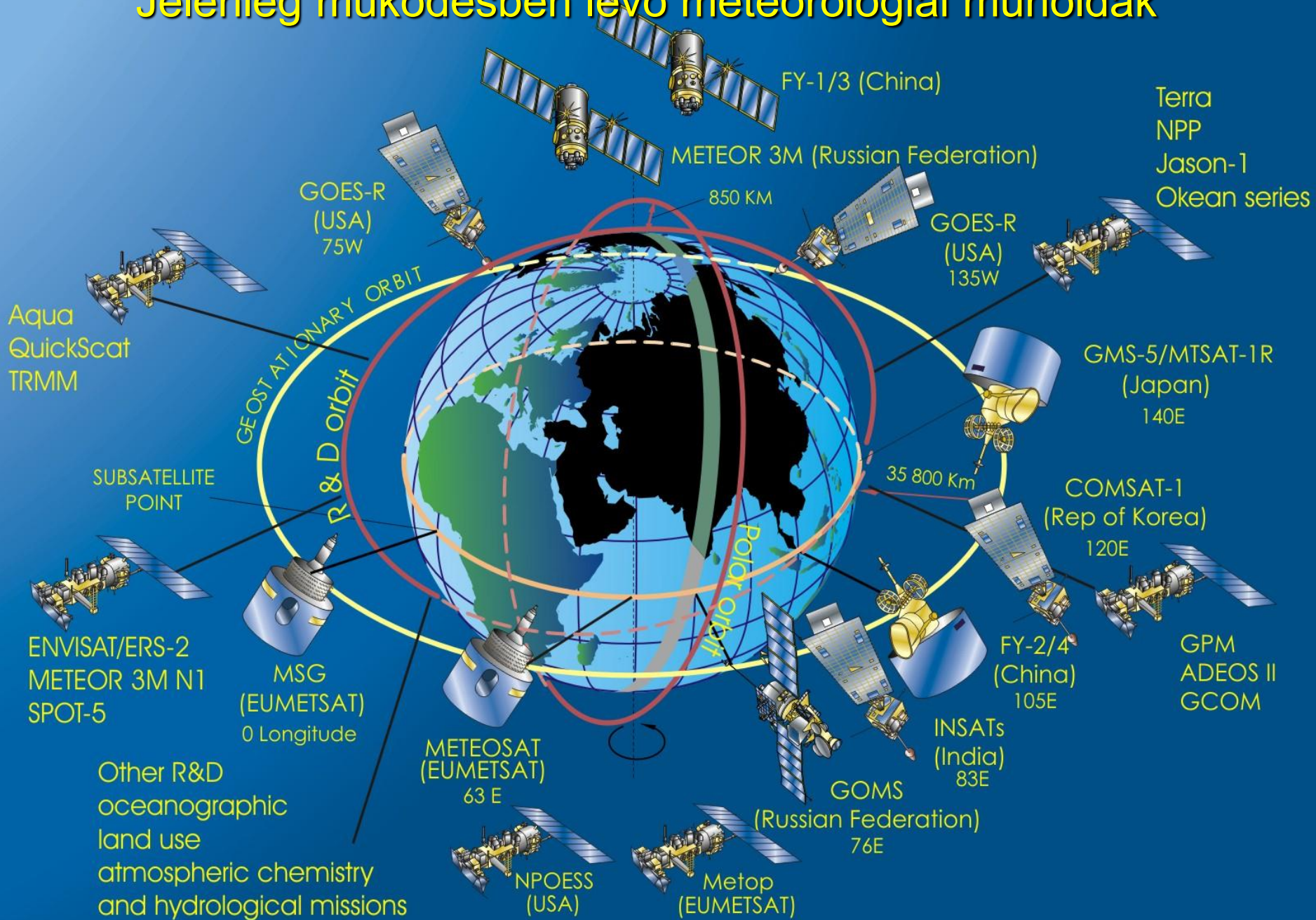


Műholdak a Föld körül

- ◆ 50 év alatt több, mint 20 000 űreszköz jutott a világűrbe
- ◆ Ebből jelenleg 8 000 kering a Föld körül:
 - 2500 aktív és már inaktív műhold
 - űrszemét (rakétamaradványok űrszonda burkolatok, felrobbant darabok, űrsétánál elvesztett szerszámok, stb.)



Jelenleg működésben lévő meteorológiai műholdak

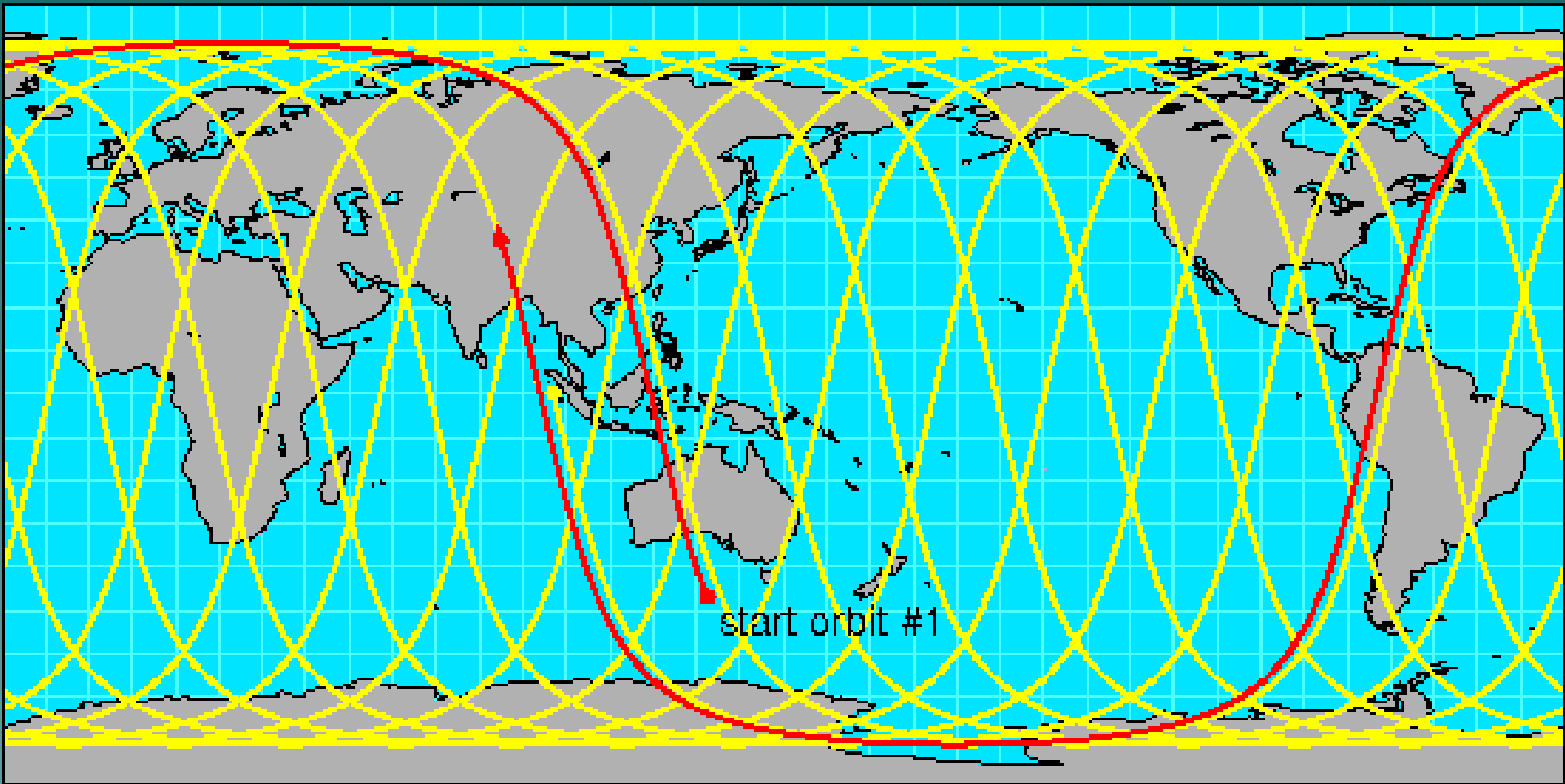


Műholdak csoportosítása

- ◆ Keringési pálya: centrifugális erő - Föld tömegvonzása
- ◆ Alacsonyabb pálya → nagyobb sebesség (min. 500 km-es pályamagasság)
- ◆ 2 típusú műhold:
 - kvázipoláris pálya – napszinkron műholdak
 - egyenlítői pálya – geoszinkron (geostacionárius) műholdak
- ◆ Mindkét típus sajátos előnyökkel rendelkezik, és megfigyeléseik egymást kiegészítik

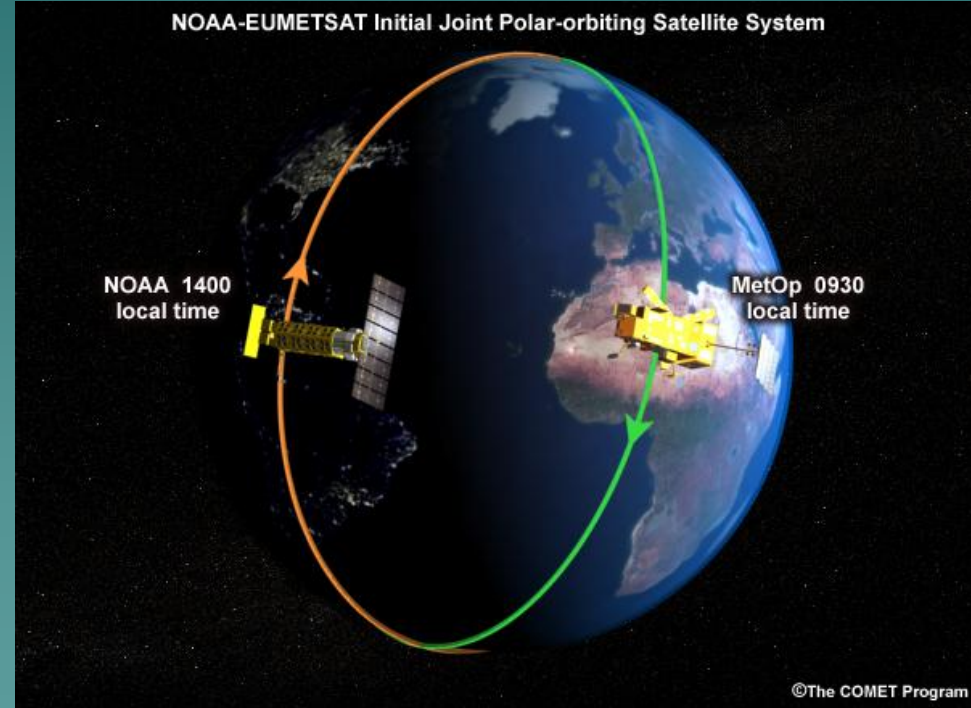
Kvázipoláris műholdak

- ◆ Poláris pálya – a műhold mindkét pólus fölött áthalad, helyi időben naponta 4 perccel előbb lennének az áthaladások (a Föld keringése miatt)
- ◆ Ezért kvázipoláris (majdnem poláris) a pálya – pl. az inklináció 90° helyett 100°
- ◆ Keringési magasság: 800 - 1500 km
- ◆ Keringési idő 100 – 120 perc
- ◆ Az Egyenlítőnél való áthaladások 25 – 30 hosszúsági fokkal nyugatra tolódnak



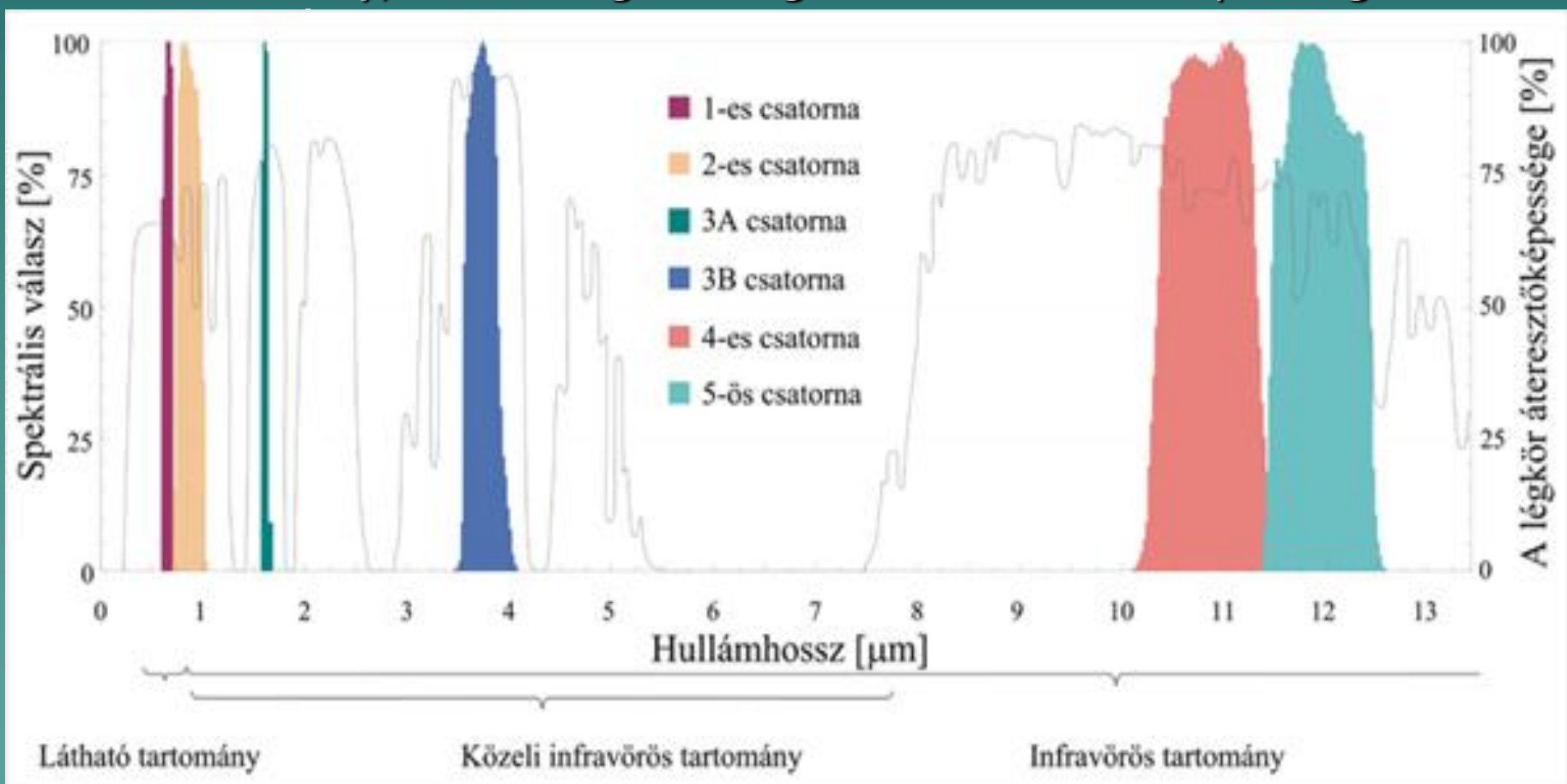
TIROS-NOAA kvázipoláris műholdcsalád

- ◆ Keringési magasság 833-870 km
- ◆ 2 műhold kering egyidejűleg: „délelőtti”, „délutáni” pályán



Légköri ablak

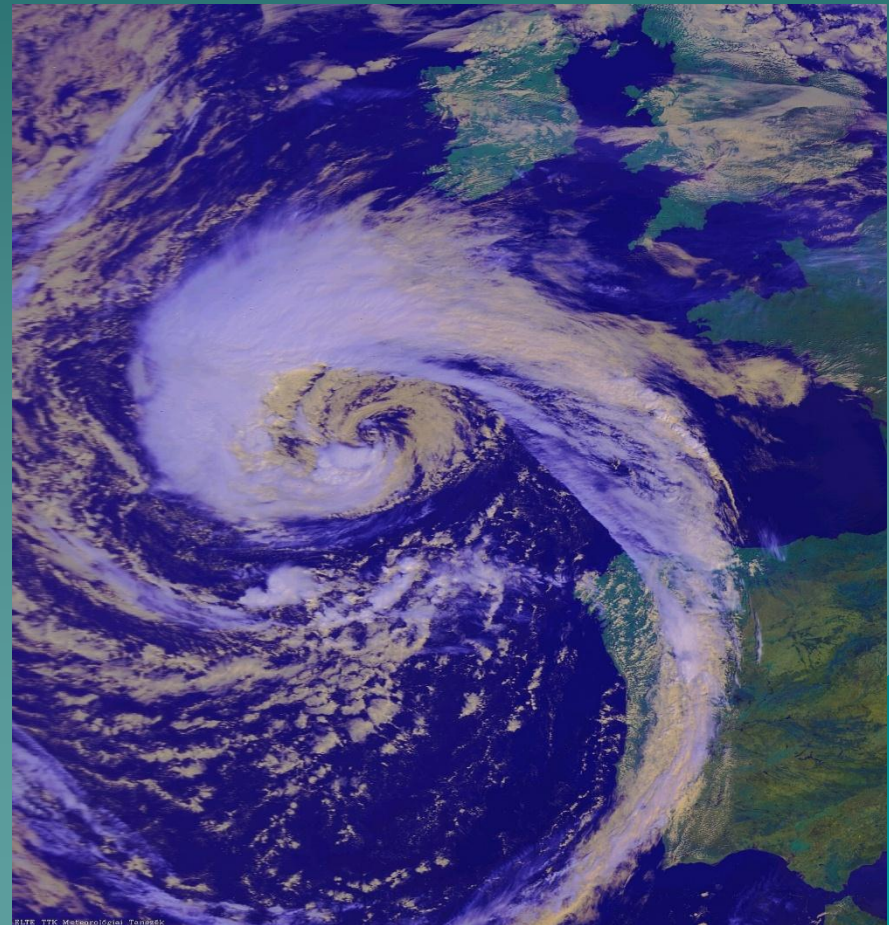
- ◆ A műszerek mérőcsatornáit úgy választják meg, hogy kihasználhassák azokat a tartományokat (ún. légköri ablakokat), ahol a légkör sugárzásátérlesztő képessége



TIROS műholdak mérési programja

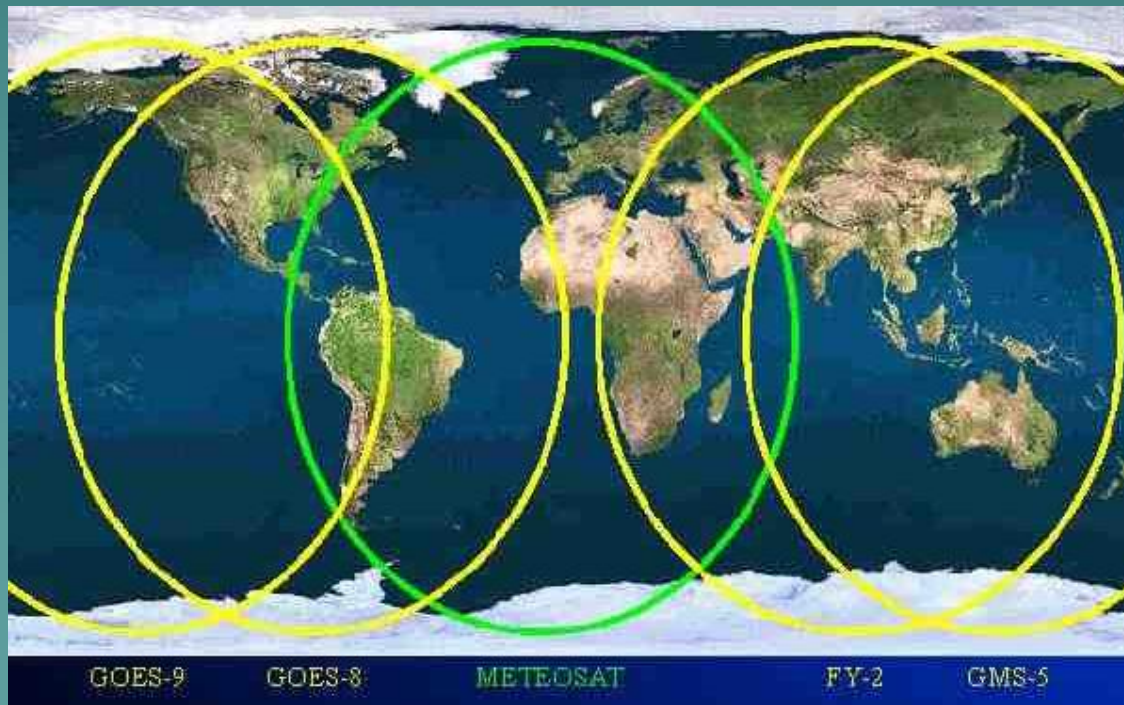
- ◆ Felhőképek felvétele sugárzásmérő teleszkóppal
- ◆ Vertikális szondázás: pl. vertikális hőmérséklet, légnyomás mérése
- ◆ Helyüket változtató mérőplatformok adatainak gyűjtése (pl. sodródó bólyák, úszó léggömbök)

Ciklon az Atlanti óceán keleti részén →



Geostacionárius műholdak

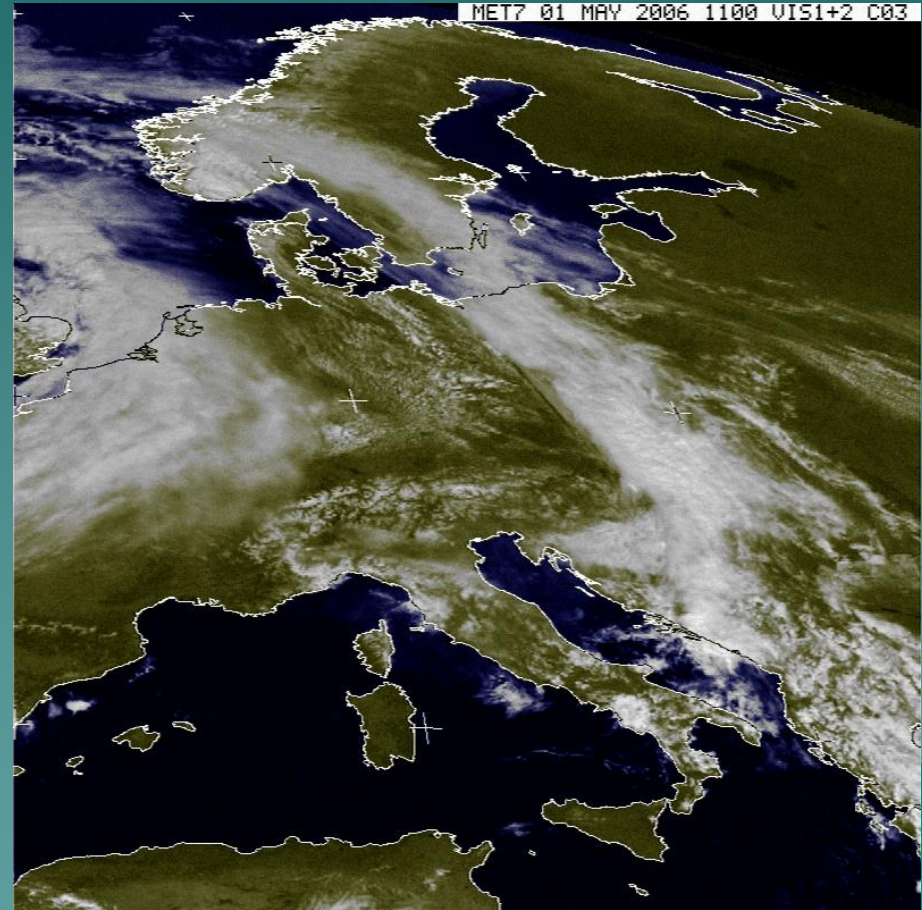
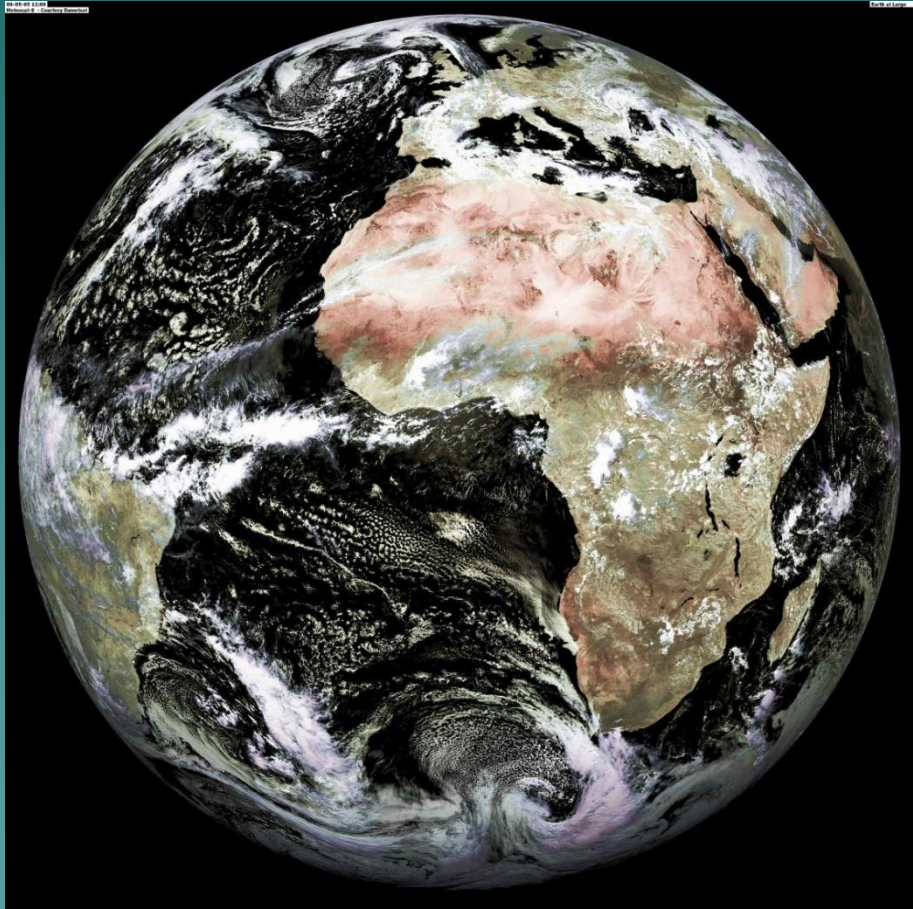
- ◆ 35 800 km magasságban a műhold egyensúlyi keringési sebessége = Föld forgásának szögsebessége
- ◆ Geostacionárius műholdak az Egyenlítő egy adott pontja fölött vannak állandóan – mindig ugyanazt a területet látják
- ◆ A nagy távolságuk miatt az alattuk levő vetületi pont körül 50 földrajzi foknak megfelelő sugarú körön belül képesek jó minőségű képek készítésére (képfedési tartomány)



A Meteosat mérési programja

- ◆ A Meteosat az Európai Űrkutatási Ügynökség (ESA) geostacionárius műholdja : 1977-ben bocsátották fel, az Egyenlítő és a 0°-os meridián metszéspontjánál helyezkedik el
- ◆ 50° szélességi körök közötti terület letapogatása radiométerrel 20 - 30 perc alatt
- ◆ Nagy teljesítményű fedélzeti számítógépek: adatok előfeldolgozása, adattovábbítás a távközlési tartományban (80° szélességi körök között) lévő állomások számára
- ◆ Különböző földfelszíni mérőplatformok (automata állomások, bóják, úszó ballonok, hajók, repülő, stb.) adatainak vétele és továbbítása

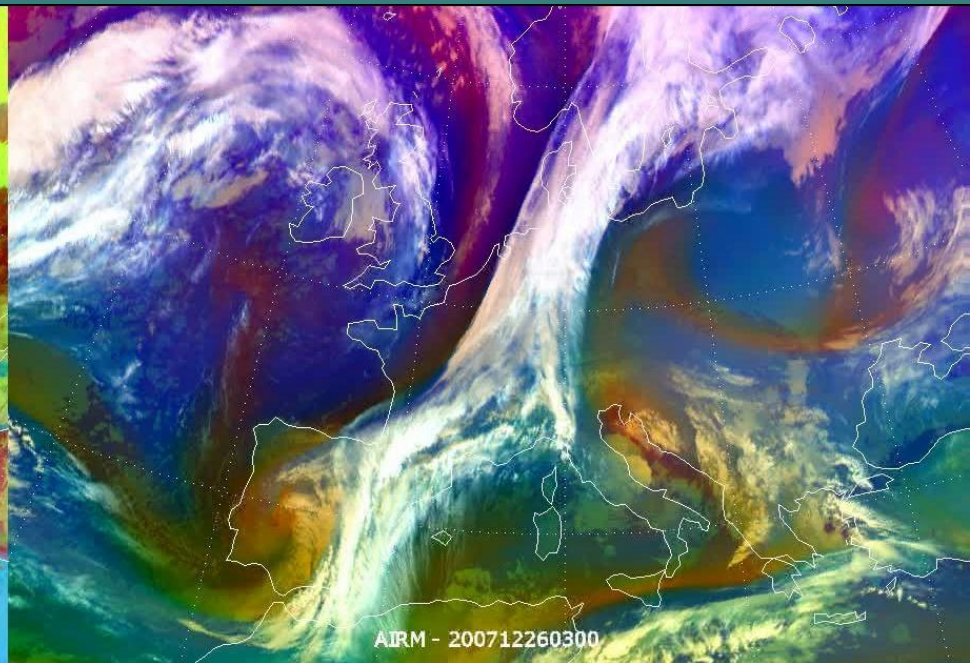
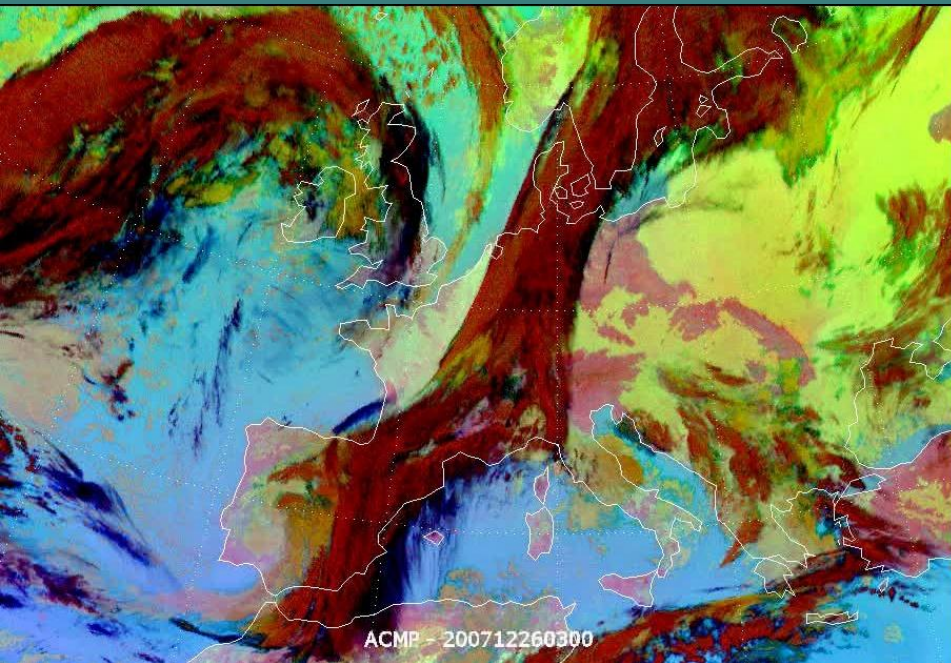
Meteosat műhold felvételei



Kompozit képek (RGB)

Egyes csatornák kalibrált értékeit vagy azok különbségeit jelenítik meg az alapszínekben

Nem természetes színek



felhőanalízis

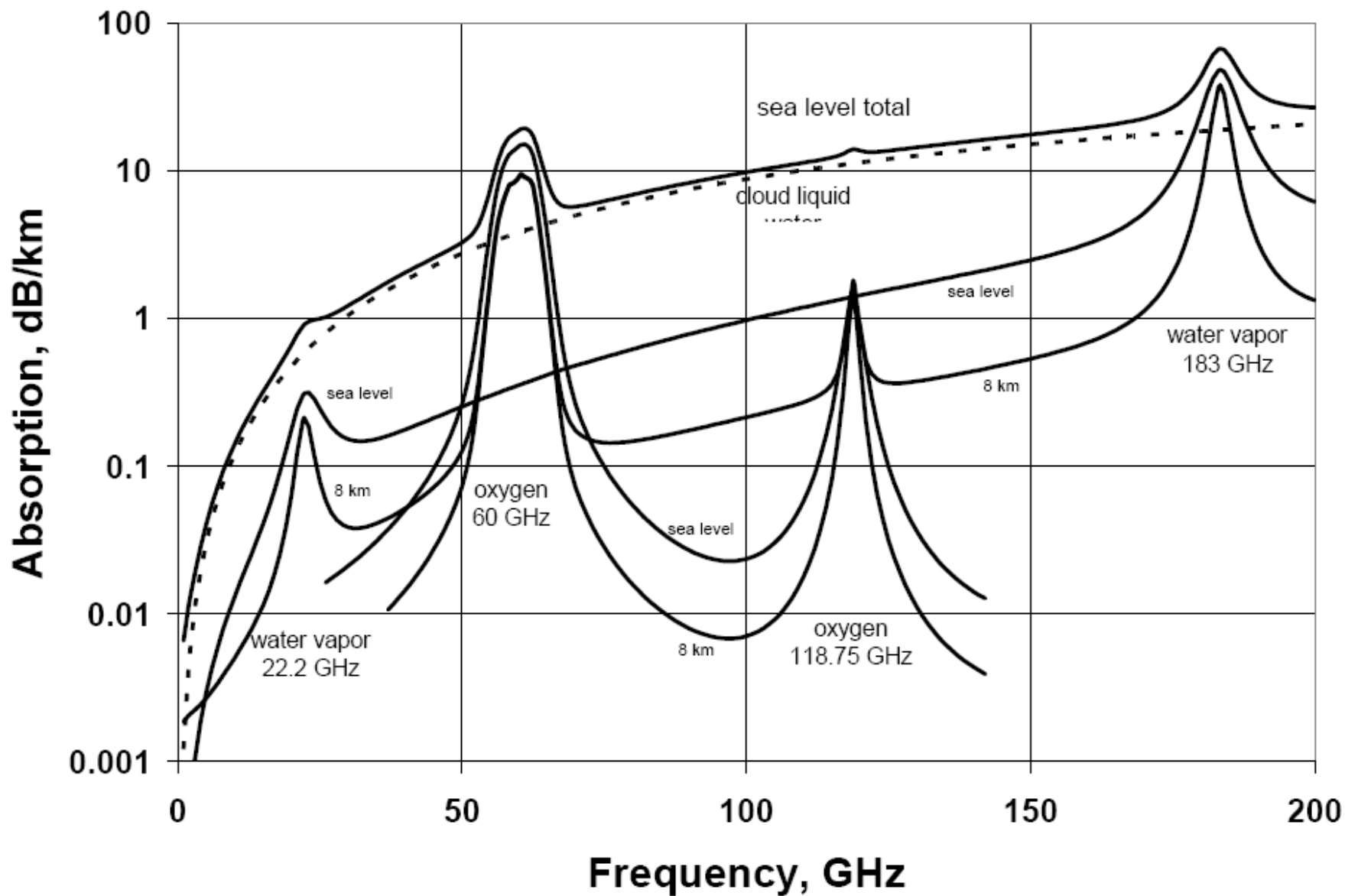
légkördinamika

Radiometer (MP-3000A)



Általános leírás

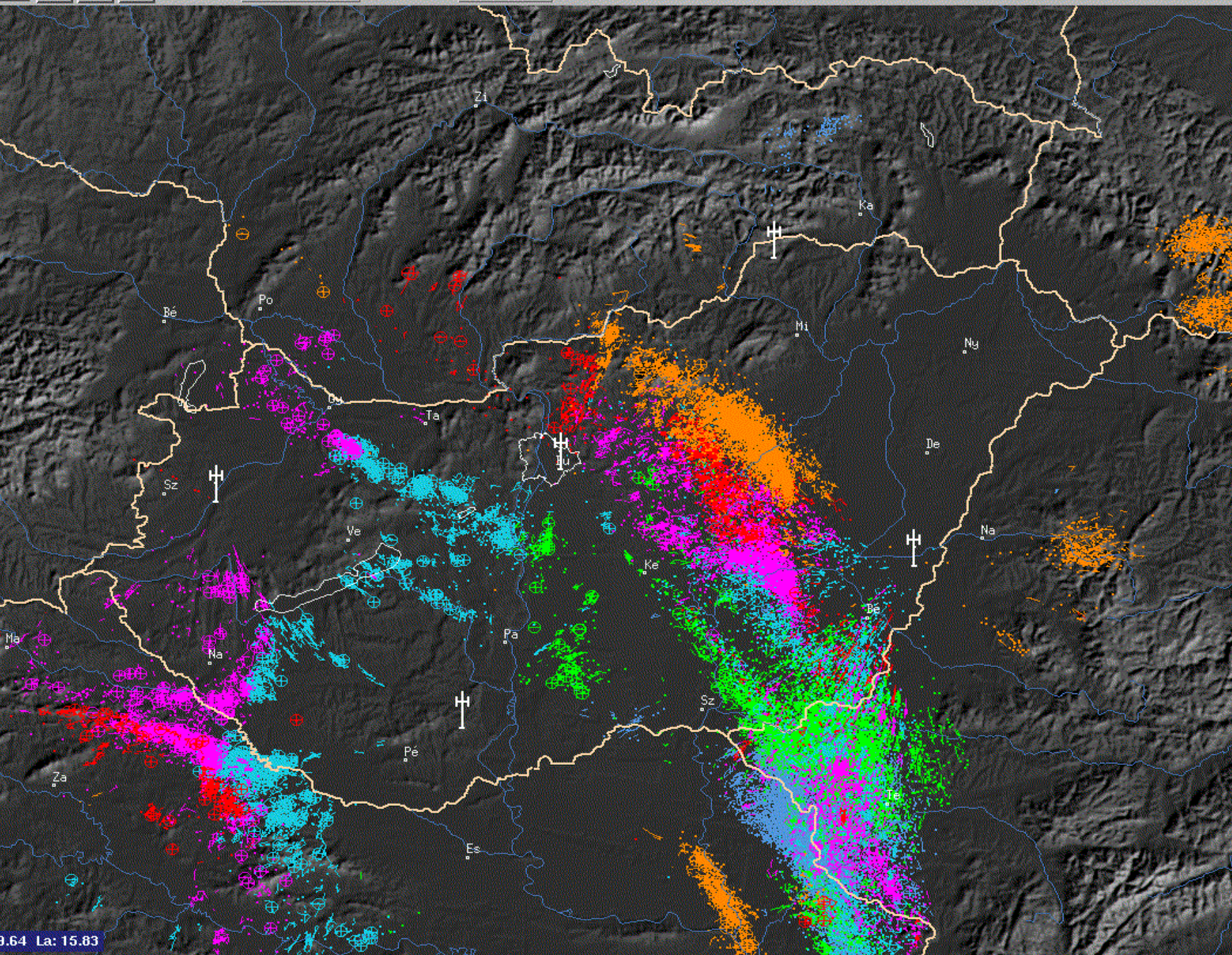
- ◆ 35 csatornán hőmérséklet, vízgőz és cseppfolyós víztartalom profilok (felszín - 10 km)
 - Hőmérséklet: fényességi hőmérséklet mérés (51-59 GHz)
 - Víztartalom: fényességi hőmérséklet mérés (22-30 GHz)
- ◆ Felszíni met. Szenzorok:
 - Hőmérséklet
 - Relatív nedvesség
 - Légnyomás
 - Csapadékegyszint
- ◆ Felhőalappmérő (infravörös thermometer)



A légkör elnyelési spektruma különböző magasságokban a közepes fr-i szélességeken

Villámlokalizáció





Aktív távérzékelési eszközök

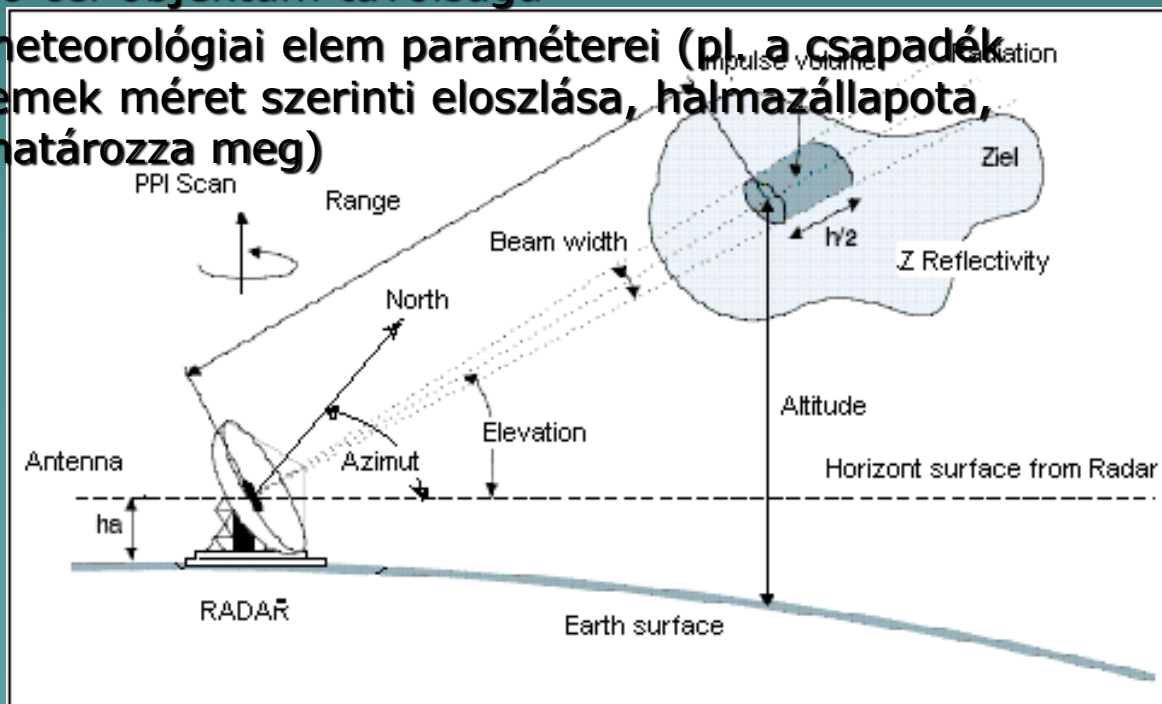
RADAR (Radio Detection And Ranging)

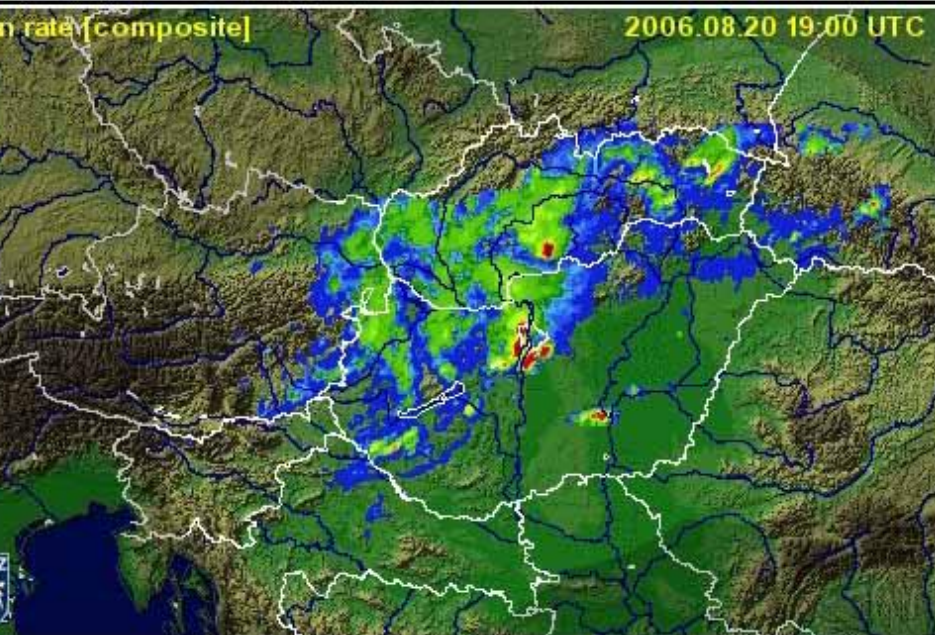
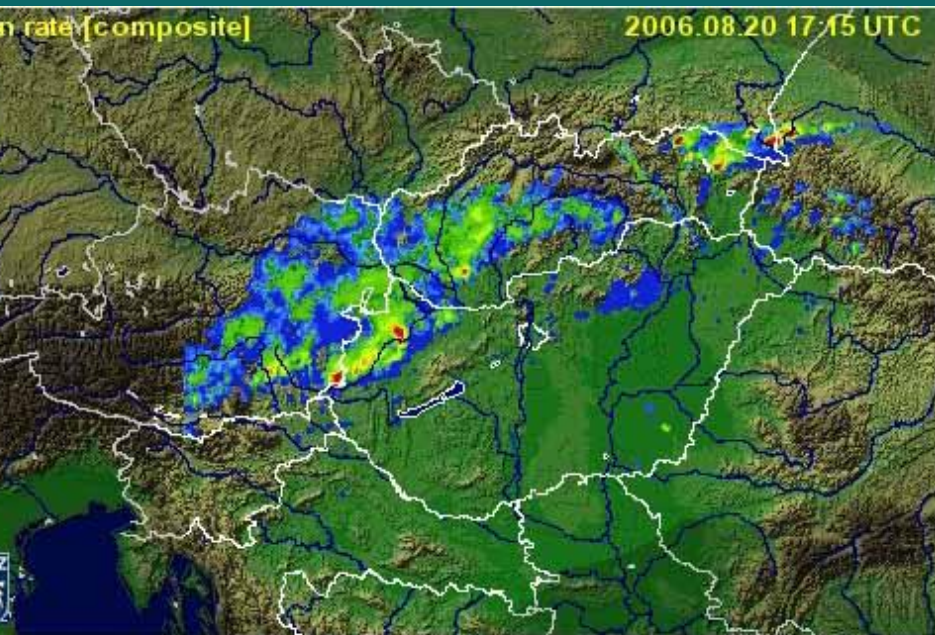
- ✘ A II. világháború idején alkalmaztak először rádió-hullámokat légköri objektumok azonosítására.
- ✘ Meteorológiai alkalmazás rögtön a háború után:
 - + csapadékobjektumok követése
- ✘ Doppler-elv felhasználásával a szélprofil-mérés és a nedvességmérés.

Működési elv

- ◆ Impulzus (elektromágneses hullám) kibocsátása (1° -os sugárnyaláiban)
- ◆ A nyaláb útjába kerülő tárgyak (felhő-és csapadékelemek) azt szórják
- ◆ A radarantenna felé szórt, késéssel érkező, visszavert sugárzást (eccho) a radar nagyérzékenységű vevője detektálja
 - A késési időből: visszaverő cél-objektum távolsága
 - Intenzitásból: a vizsgált meteorológiai elem paraméterei (pl. a csapadék intenzitását a csapadékelemek méret szerinti eloszlása, halmazállapota, hőmérséklete és felülete határozza meg)

reflektivitás: $\text{dbZ} \rightarrow \text{mm/h}$





Polarizációs Doppler radarok

- ◆ Doppler-effektus: a beérkező és a kibocsátott hullámok frekvenciája különbözik, fáziseltolódás arányos a sugár irányú sebesség-komponenssel
 - talajcélszűrés
 - szélmérés
- ◆ Polarizáció: a kisugárzott jel és a visszaverődő hullám polarizációjának változását mérjük
 - halmazállapot becslés
 - pontosabb csapadékmérés
- ◆ Alkalmazás: veszélyjelzés, hidrológia, numerikus előrejelzés
- ◆ OMSZ radar állomások:
 - Pogányvár (Keszthely)
 - Budapest - Pestszentlőrinc
 - Nyíregyháza - Napkor





SODAR

- ◆ Az első hangradar (SOund Detection AndRanging) az 1960-as években készült.
- ◆ akusztikus szondázás: a Doppler-elv segítségével végez magassági szélmérést.
- ◆ A hullámoknak a légköri turbulenciákon való szóródása

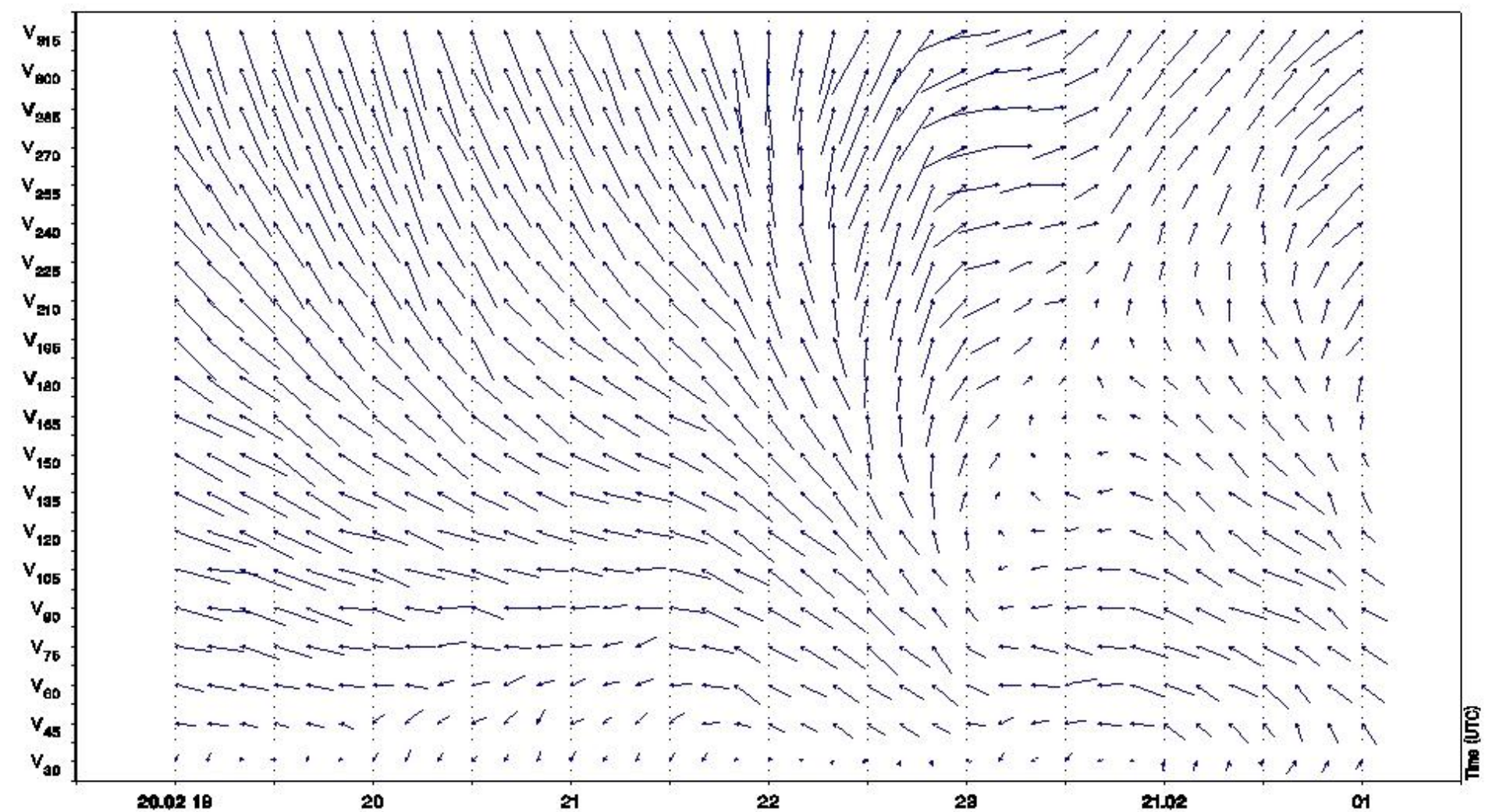


RCF







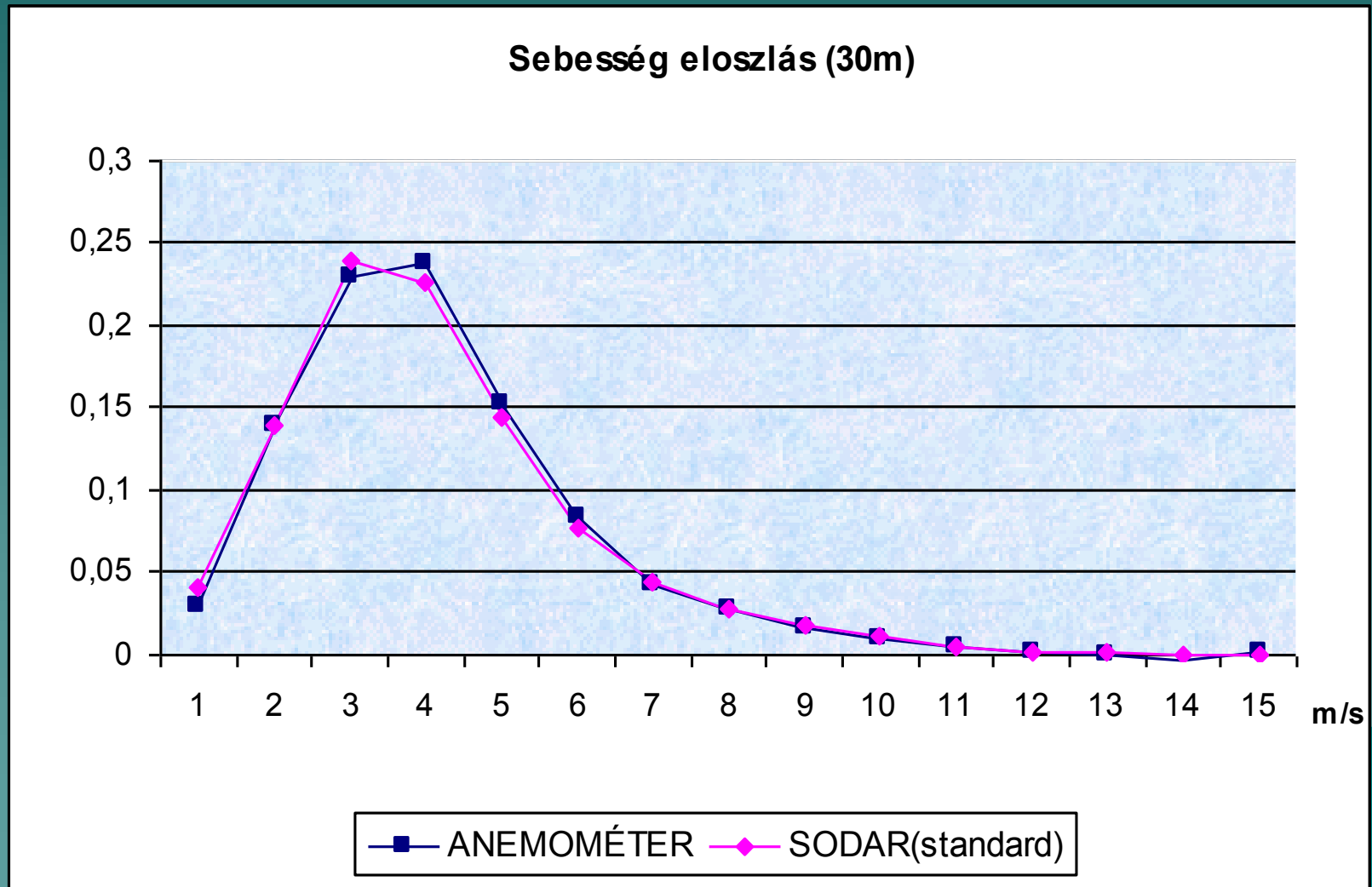


10'-Averages of the Wind Vector (V_x) for selected Heights (x)

→ = 8 m/s west wind

SODAR - ANEMOMÉTER összehasonlítás

Budapest, 2003. III-IV-V.

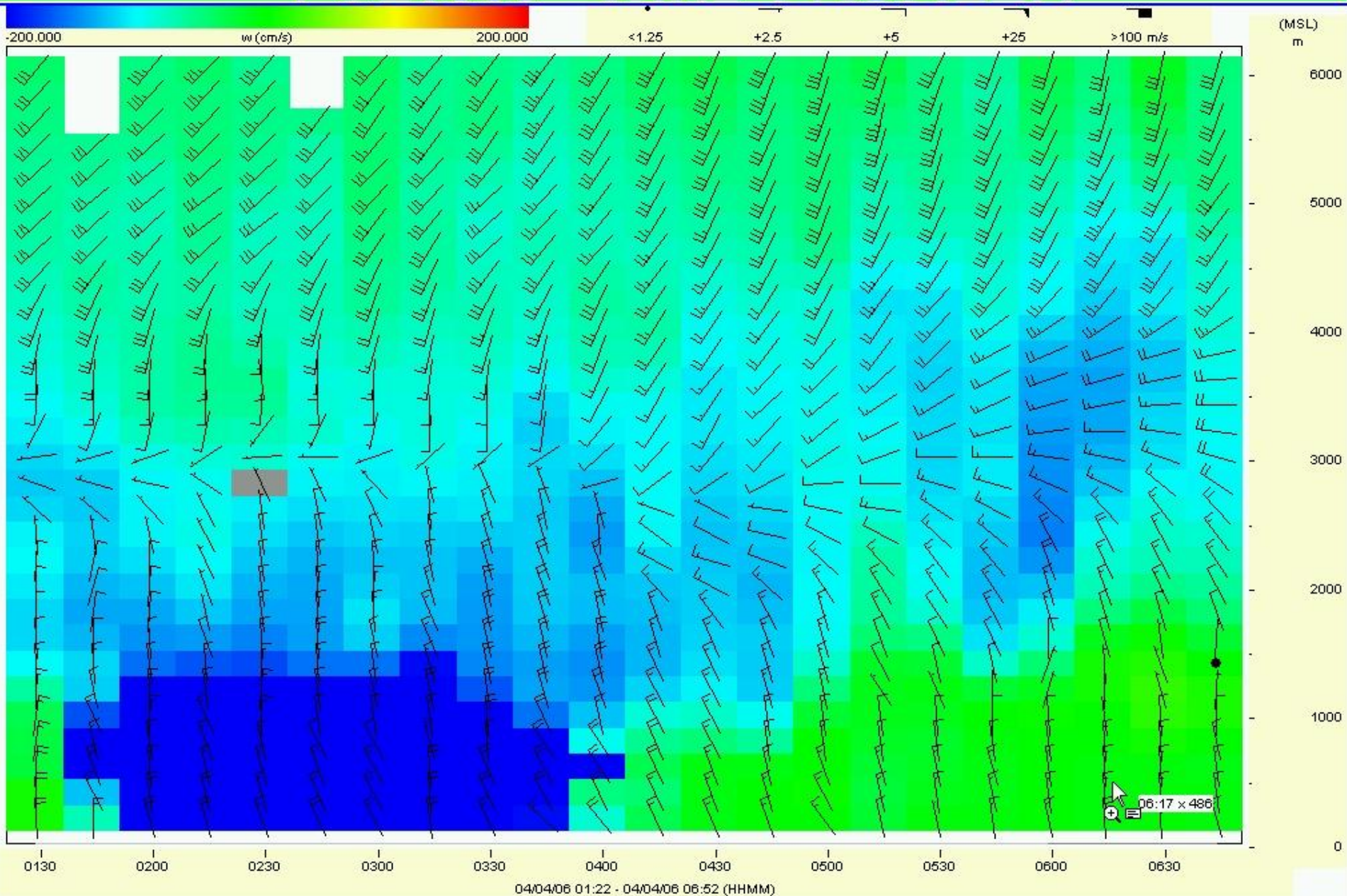


Windprofiler (Szélradar)

- ◆ Fázisvezérelt antennarács
- ◆ Elektromágneses hullámok légköri turbulenciákon való visszaverődése, Doppler eltolódása



PCL1300 - WIND PROFILER

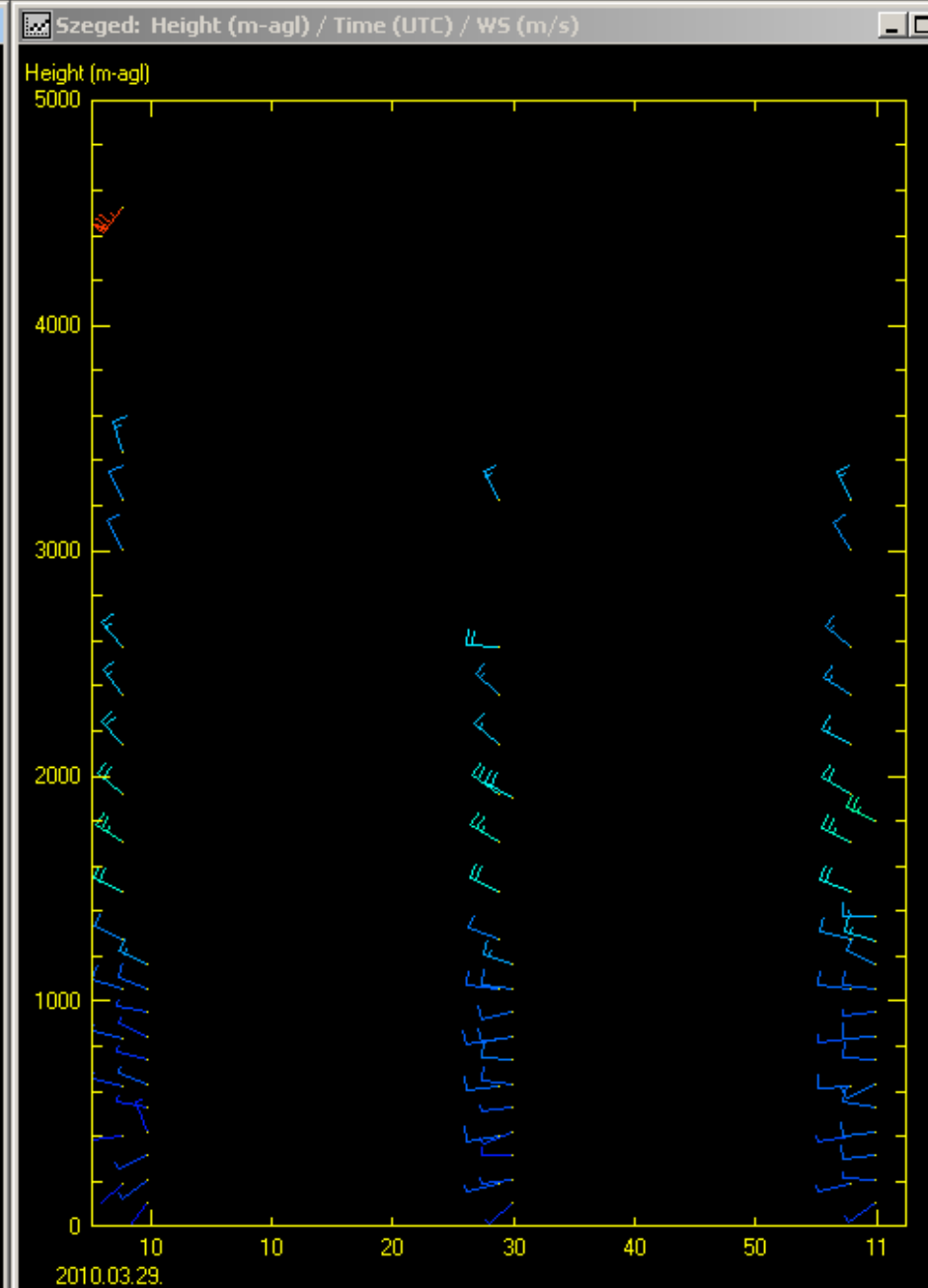
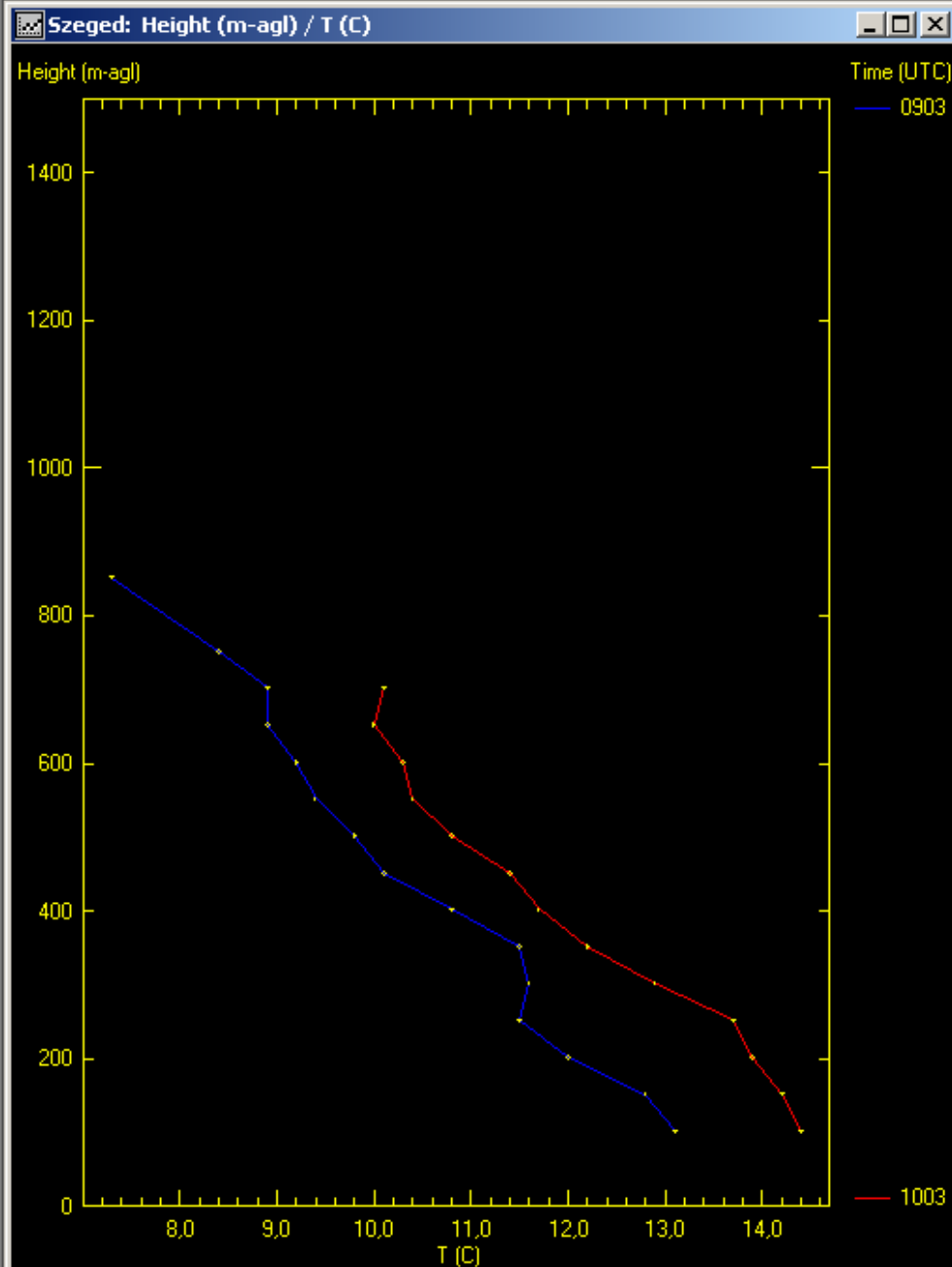


RASS (Rádió akusztikus hőmérséklet mérés)

- ◆ Hang és EM hullámok együttes alkalmazása
 - az EM hullámok visszaverődnek a hanghullámok keltette mesterséges törésmutató inhomogenitásról (hullám-hullám kölcsönhatás)
 - az EM hullámokkal a hanghullámok terjedési sebességét mérjük
 - Szél-profil mérés
- ◆ A hanghullámok terjedési sebességéből meghatározzuk a levegő „virtuális hőmérsékletét”
 - mérési magasság: 1 km-ig



2003/05/12



Köszönöm a figyelmet!

