

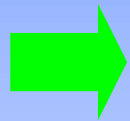
A korábbiakban láttuk, hogy milyen nagy jelentősége van a térinformatikai rendszereknél a helyre vonatkozó adatoknak.

(Természetesen az alfanumerikus attribútumok gyűjtésének is ugyanolyan jelentősége van, mint a térbeli adatokénak, de ezen adatnyerési technológiákat ismertnek tekintjük, ezért jelen kurzus keretében nem foglalkozunk velük.)

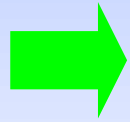
Kérdés:

Hogyan kerülnek be a helyre vonatkozó adatok a térinformatikai rendszerekbe?

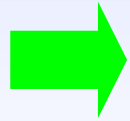
TÉRINFORMATIKAI RENDSZEREK ADATNYERÉSI TECHNOLOGIÁI



Mi indokolja a térinformatikai rendszerek adatnyerési technológiái iránti megkülönböztetett figyelmet?



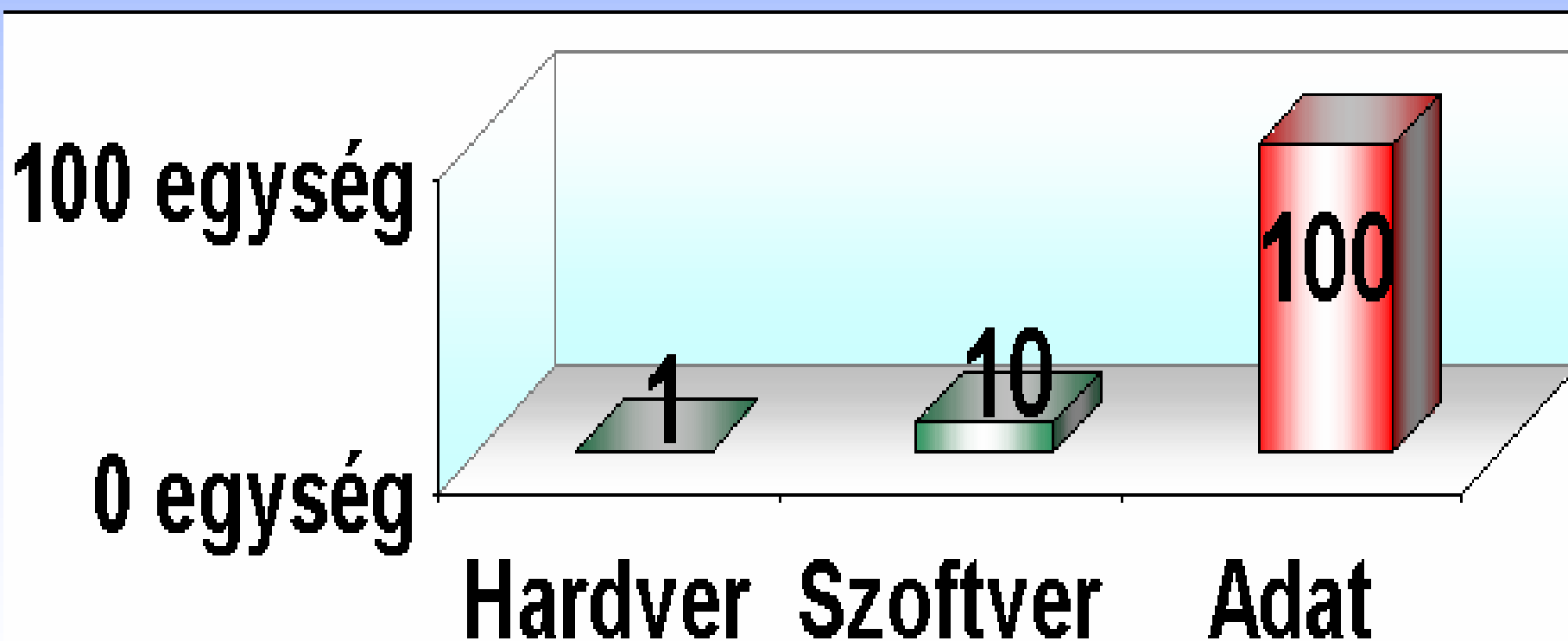
Hogyan lehet csoportosítani az adatnyerési technológiákat?



Melyek a legújabb, legkorszerűbb adatnyerési technológiák regionális térinformatikai rendszerek számára?

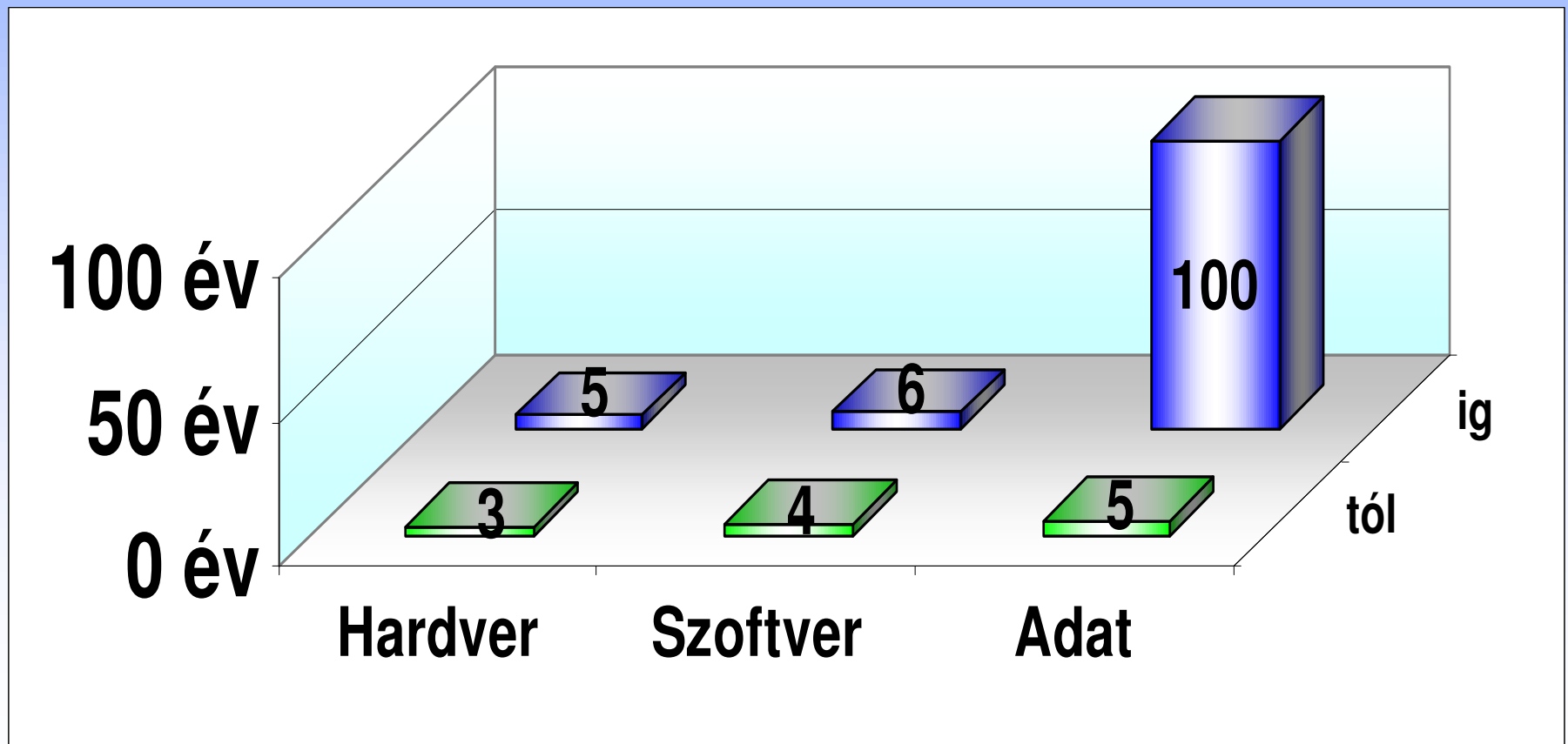
**Mi indokolja a térinformatikai rendszerek
adatnyerési technológiái iránti
megkülönböztetett figyelmet?**

**Térinformatikai rendszerek összetevőinek
költségvonzata**



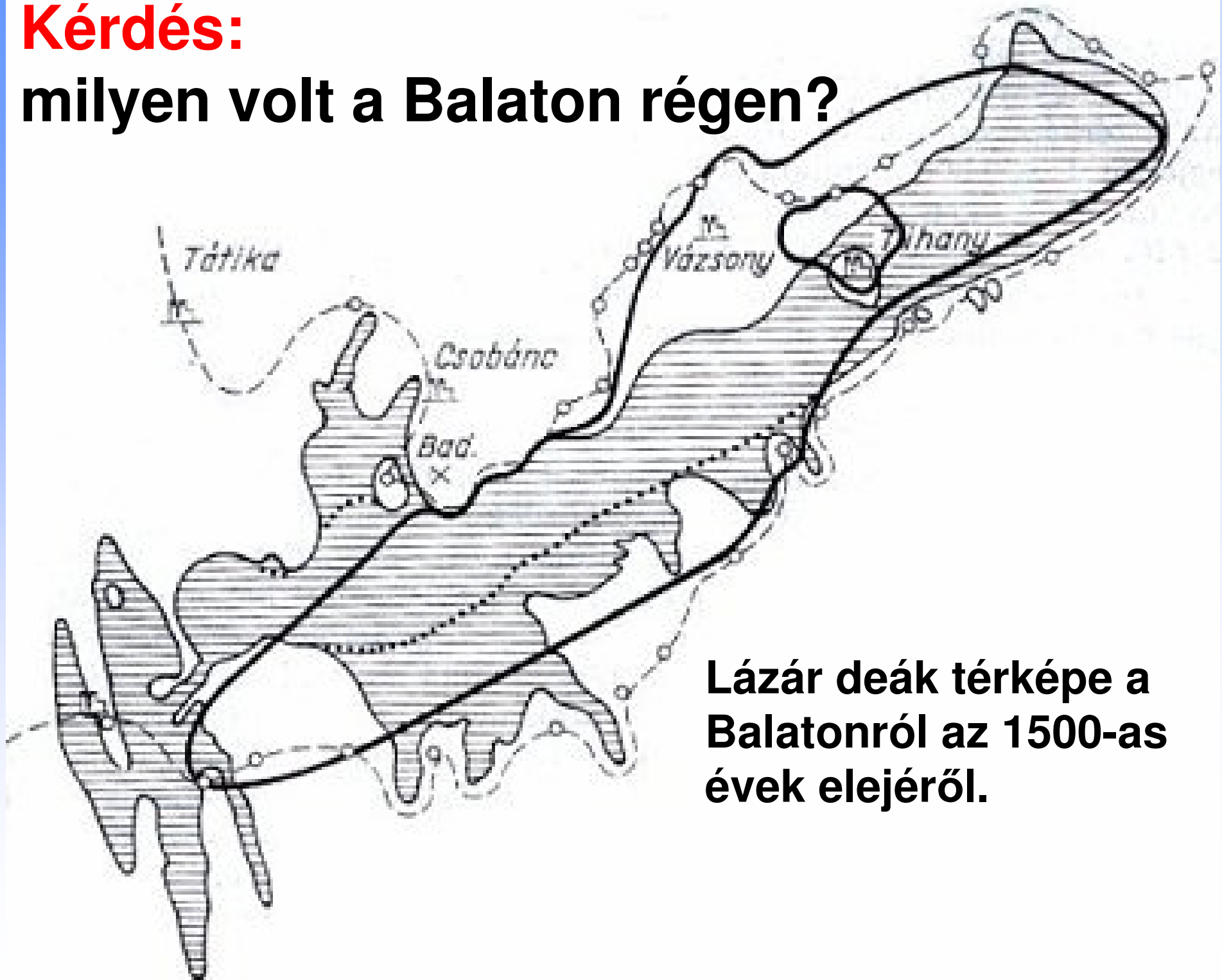
**AZ ADAT JELENTŐSÉGÉNEK VAN
EGY MÁSIK VETÜLETE IS: AZ**

ÉLETTARTAM



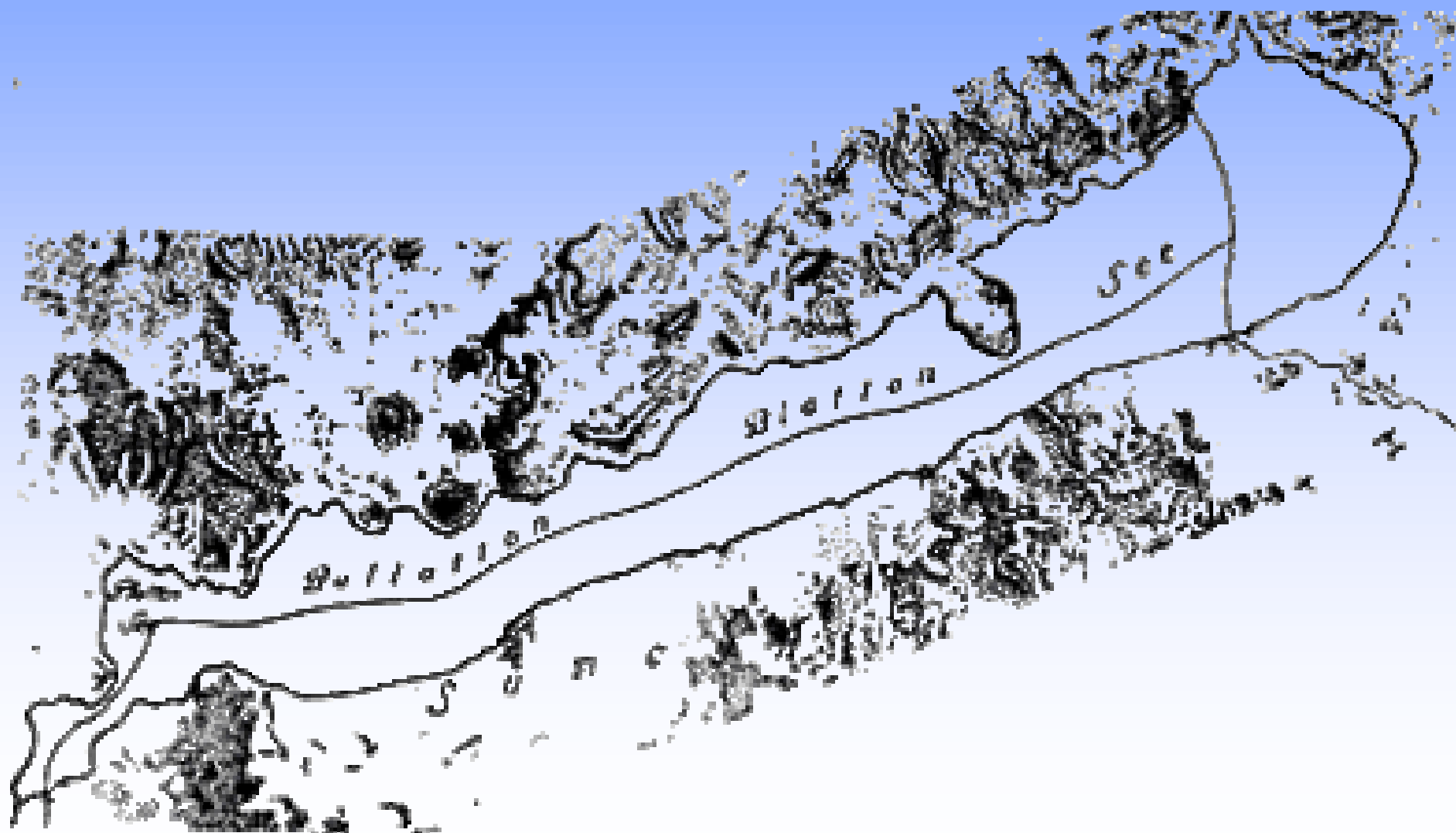
Kérdés:

milyen volt a Balaton régen?

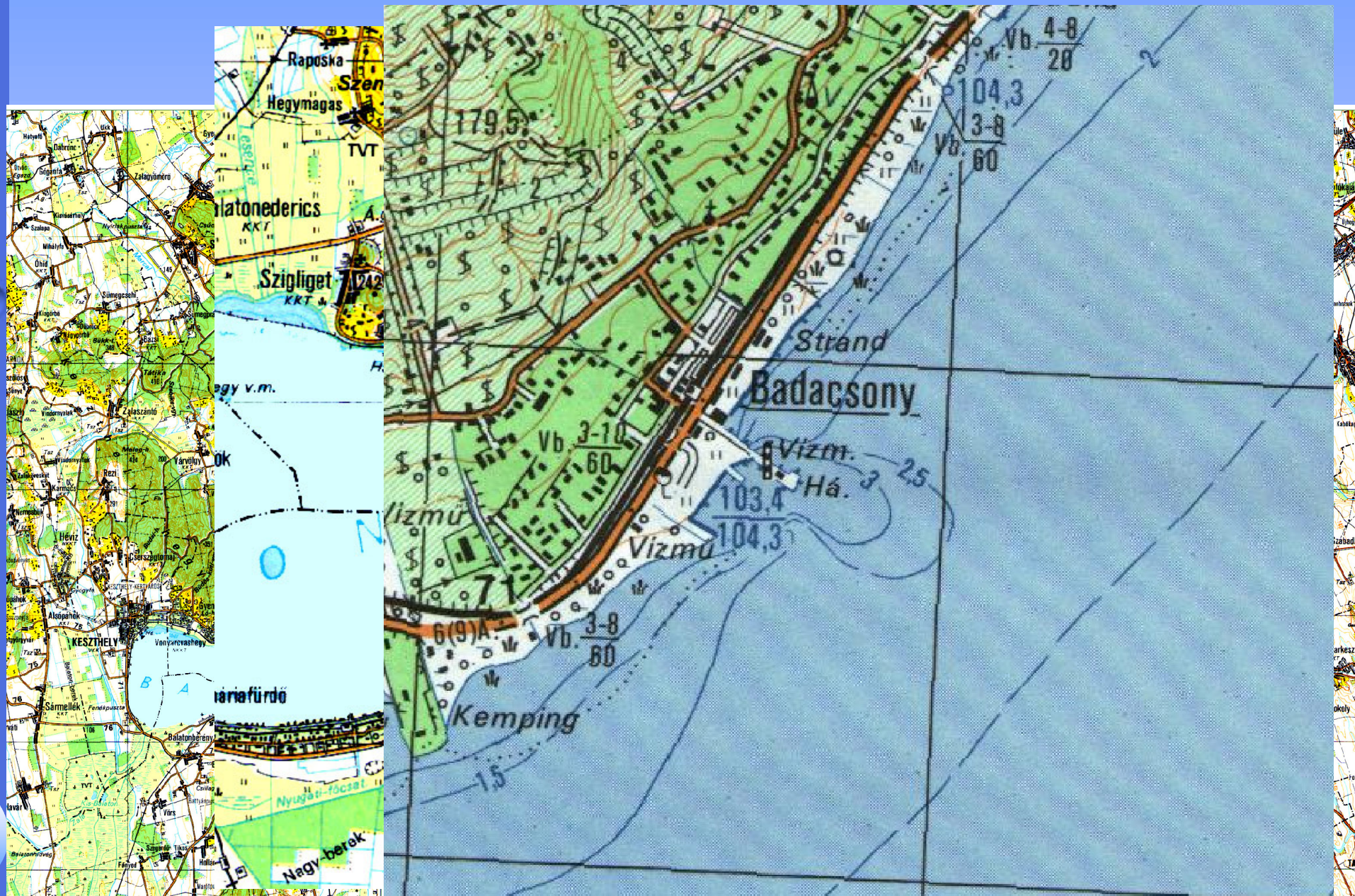


**Lázár deák térképe a
Balatonról az 1500-as
évek elejéről.**

**Az első katonai felmérés
során készített Balaton
térkép 1784-ből.**



és napjainkban....



**Mindezek az összefüggések
rávilágítanak arra, hogy az**

adatok

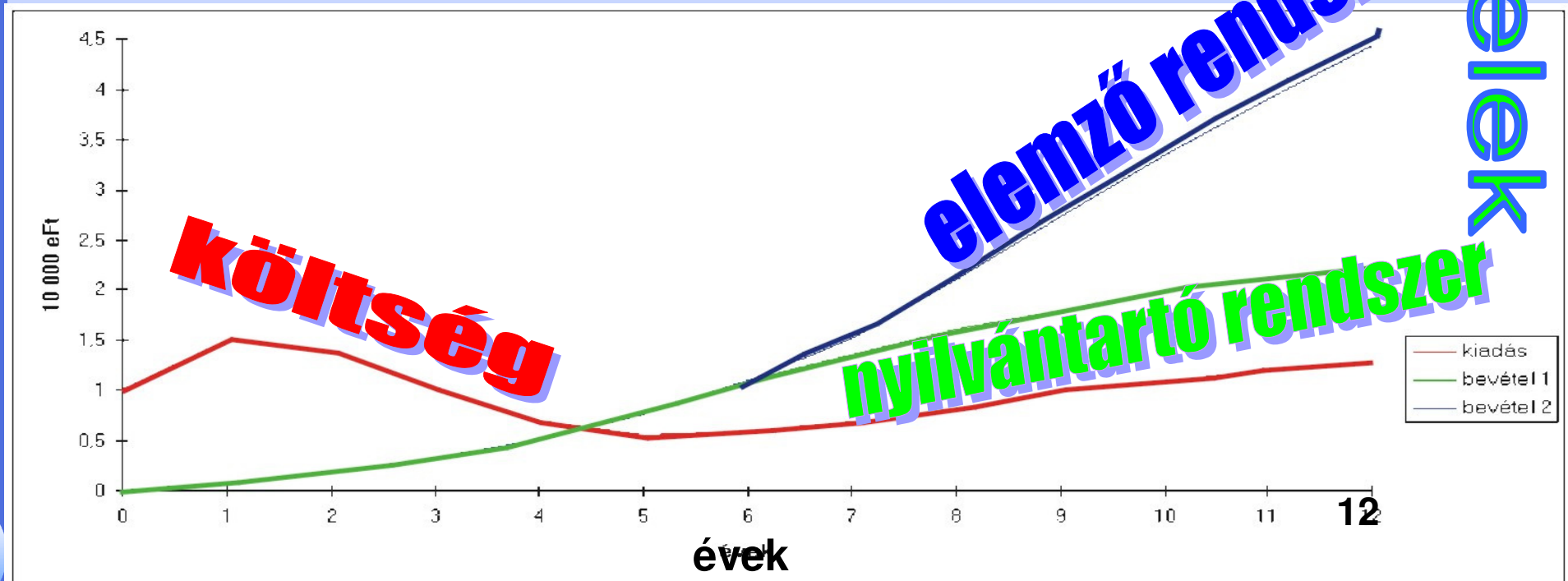
**mind az időtállóság, mind az
előállítási költség szempontjából**

**a térinformatikai rendszerek
meghatározó fontosságú elemei**

**ezért előállításukra különös gondot kell
fordítani.**

Nyilvántartó és elemző GIS rendszerek kiadásai és bevételei az idő függvényében

Az ábrán látható, hogy négy év után haladják csak meg a bevételek a költségeket és az elemző rendszereknél a bevételek meredeken emelkednek, míg a pusztán nyilvántartó rendszereknél a bevételek alig haladják meg a kiadásokat.



A térinformatikai rendszerekben a valós világot reprezentáló objektumok jellemzésére szolgáló

adatok

az alábbi két csoportba sorolhatjuk:

1.

a rendszerben kezelt objektumok térbeli elhelyezkedését, geometria megjelenését, szomszédossági kapcsolatokat tartalmazó térbeli (topológiai) adatok csoportjába,

2.

az objektumok tulajdonságait leíró szakadatok (alfanumerikus attribútumok) csoportjába.

A térinformatikai rendszereknél a **térbeli adatnyerési módszerek**

kiválasztása függ:

- ➔ a rendszerrel szemben támasztott pontossági követelményektől,
- ➔ nyilvántartási célra használjuk-e a rendszert, vagy térbeli elemzéseket is akarunk végezni vele,
- ➔ a költségektől,
- ➔ a rendelkezésre álló időtől,
- ➔ a modellezési módszertől (vektoros vagy raszteres rendszerről van szó),
- ➔ a rendelkezésre álló adatforrásoktól, stb.

Egy kicsit foglalkozzunk részletesebben a rendszerrel szemben támasztott pontossági követelmények problémakörével.

Tekintettel arra, hogy az adatnyerés a térinformatikai rendszereknél nagyon drága és lassú, hajlamosak vagyunk a - gyors siker érdekében – a probléma bizonyos fokú elnagyolására.

Nem szabad elfelejteni, hogy a térinformatikai rendszerek pontossága nem a méretaránytól függ, mint a térképeké, hanem a rendszerbe bevitt koordináták meghatározásának pontosságától.

Térinformatikai rendszereknél a helymeghatározás pontosságát mindig a legnagyobb pontosságot igénylő nyilvántartási - elemzési feladatok által igényelt követelményekre tekintettel tervezzük!

A geometriai adatnyerési

eljárásokat két csoportba sorolhatjuk:

→ **elsődleges** geometriai adatnyerési eljárások csoportjába,

→ **másodlagos** adatnyerési eljárások csoportjába.

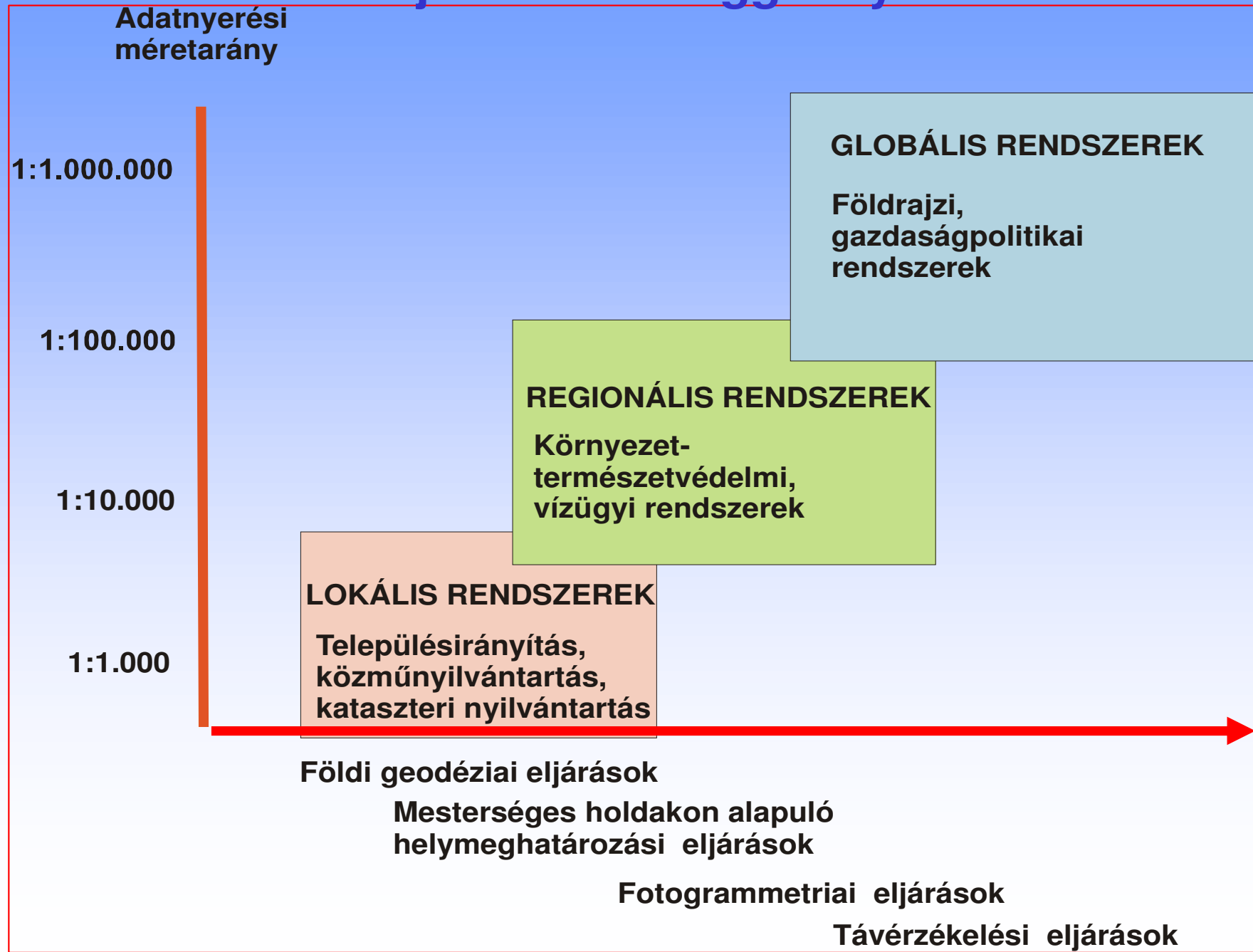
Az elsődleges térbeli adatnyerési eljárásoknál

a térbeli adatokat a földfelszínen található természeti képződményekről, mesterséges létesítményekről mérési eljárással nyerjük.

Ezek az eljárások a következők:

- földi geodéziai eljárások,
- mesterséges holdakon alapuló helymeghatározások,
- fotogrammetriai módszerek,
- távérzékelés.

Elsődleges adatnyerési technológiák a térinformatikai rendszerek területi kiterjedésének függvényében



A másodlagos térbeli adatnyerési eljárások

az alábbiak:

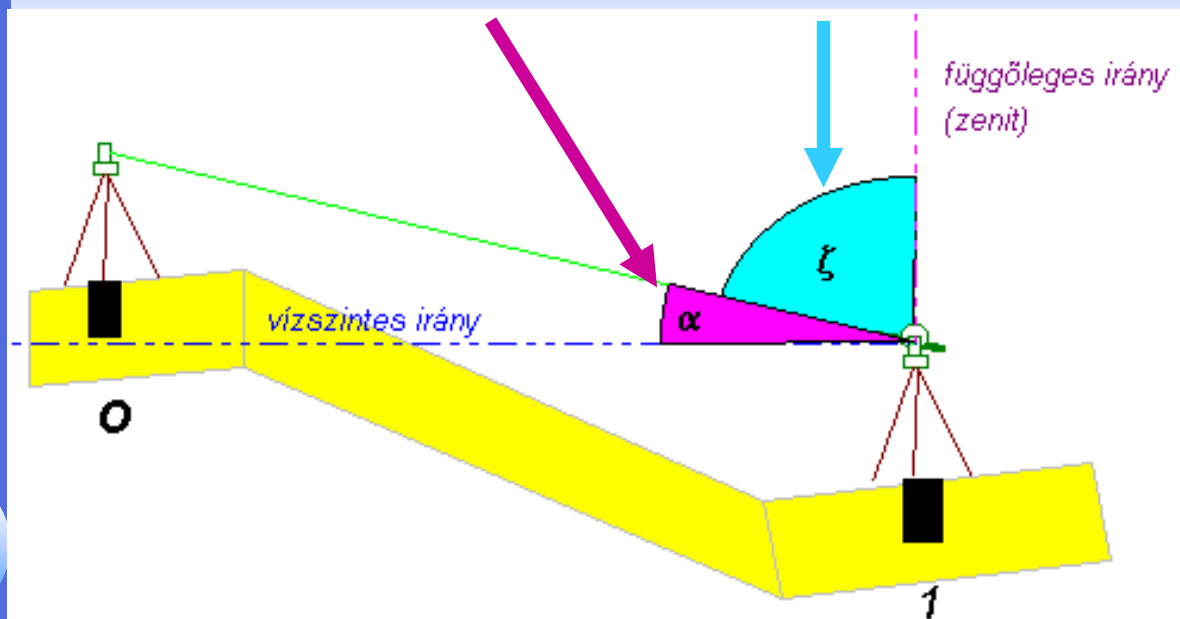
- ➡ digitális állományok átvétele,
- ➡ meglévő térképek digitalizálása,
- ➡ meglévő térképek, légifelvételek illetve speciális műszaki rajzi dokumentációk szkennelése és transzformálása.

Elsődleges térbeli adatnyerési technológiák

Földi eljárások pontok helyzetének meghatározására.

A földi vízszintes helymeghatározás két helymeghatározó elem a vízszintesre redukált szög és a vízszintesre, tengerszintre és vetületi síkra redukált távolság felhasználásával számítja ki a pont vízszintes koordinátáit.

A szögek vízszintes vetületeinek a megmérésére a **teodolitok** szolgálnak. Ugyancsak a teodolitok segítségével mérjük az irányok magassági vagy zenit szögeit.



Az utóbbi évtizedek legjelentősebb műszerfejlesztései a másik helymeghatározó elem, a távolságok megmérésének tökéletesítésére irányultak.

A **táv mérés** elve nagyon egyszerű.

Felállítják a távmérőt a mérendő távolság egyik végpontján majd a műszer távcsövén keresztül modulált infravörös fényt bocsátanak ki a mérendő távolság másik végpontján található visszaverő prizma felé.

A fényt a visszaverődés után a távmérő elektromos jellé alakítja és a vett jel fázisát összehasonlítja az éppen kibocsátásra kerülő jel fázisával.

A fáziskülönbség a moduláló frekvencia nagyságától függően távolság értékévé transzformálható.

A legkorszerűbb geodéziai műszer konstrukciók közös neve a teljes mérőállomás (total station).



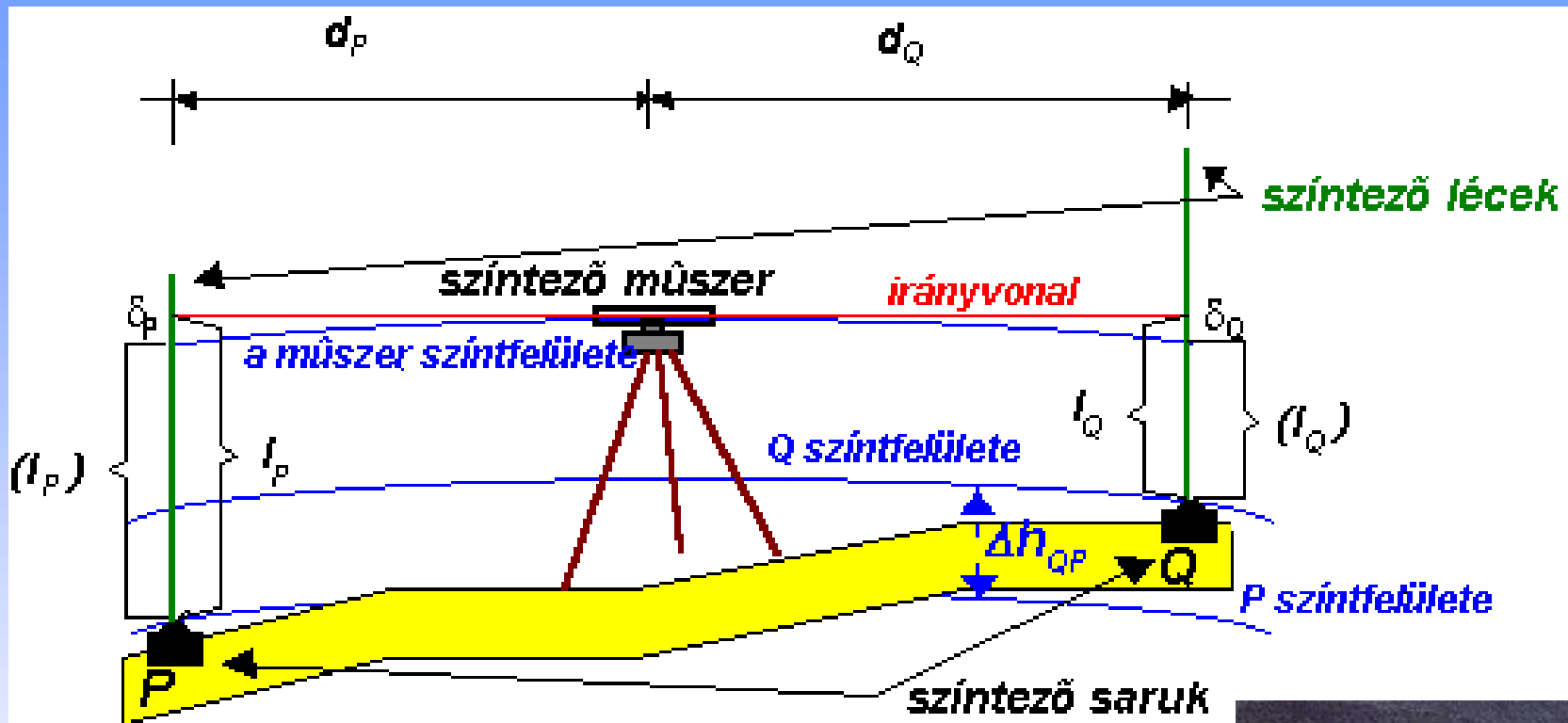
A Leica művek TC 1000 típusú mérőállomása

A műszer tulajdonképpen egy

- ➔ elektronikus teodolit, (vízszintes és magassági szög mérése digitális formában)
- ➔ távmérő,
- ➔ mikroprocesszor,
- ➔ adatrögzítő,
- ➔ programrendszer

kombinációja, amely azonnal megadja a vízszintes és a magassági koordinátákat.

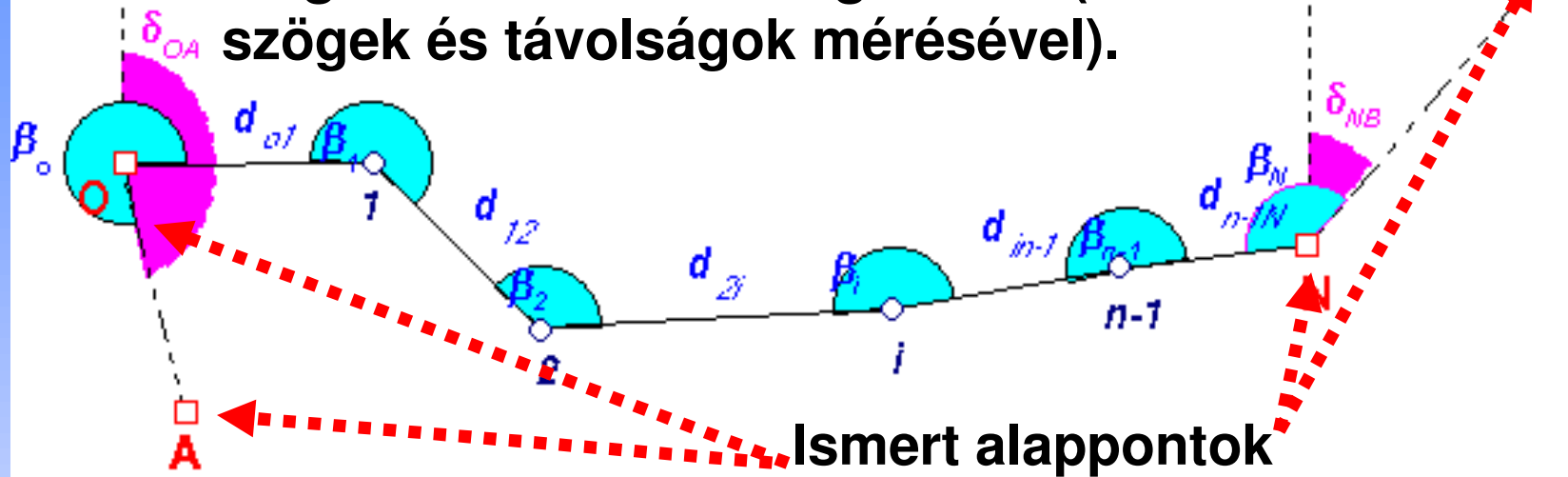
A magasságkülönbségek szabatos meghatározására szolgáló műszert **szintező műszernek** nevezzük.



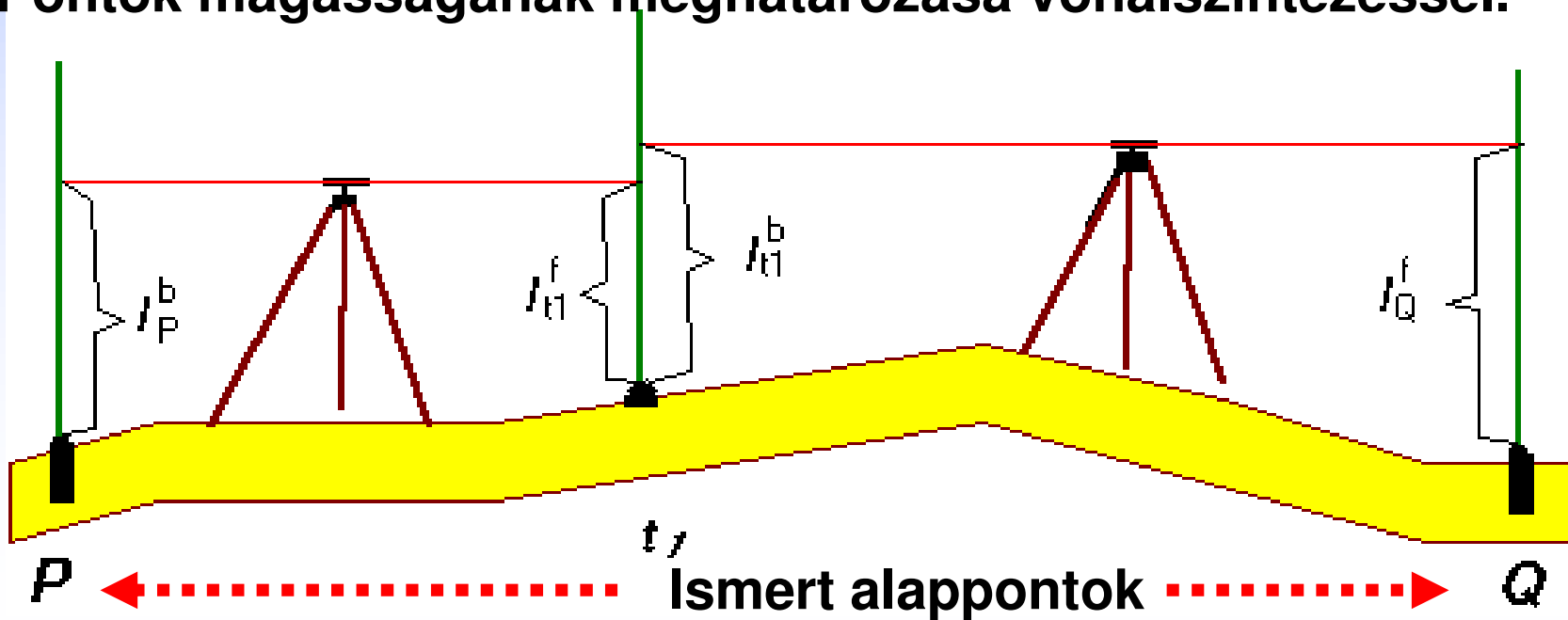
A műszerrel magasságkülönbséget úgy határozhatunk meg, hogy az ábra szerint két függőleges helyzetű metrikus beosztású lécet helyezünk el a műszertől egyenlő távolságokra lévő pontokon és a léceken tett leolvasások különbsége adja a magasságkülönbséget.



Alappontok vízszintes koordinátáinak meghatározása sokszögeléssel (vízszintes szögek és távolságok mérésével).



Pontok magasságának meghatározása vonalszintezéssel.

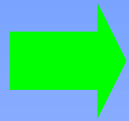


**Napjaink forradalmian új
geodéziai (távérzékelési)
eszköze:**

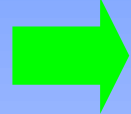
LIDAR



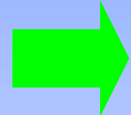
Földi geodéziai eljárások



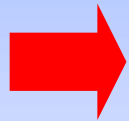
Előnyök:



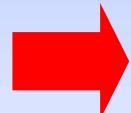
Igen pontos (akár mm-es pontosság is elérhető),



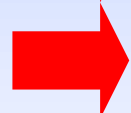
Bejáratott, biztos technológia.



Hátrányok:



Szükséges a jól képzett kezelőszemélyzet,



Alacsony produktivitás:



Erdős, szabdalt domborzatú környezetben,



Igen nagy távolságok esetében,



Szélsőséges megvilágítási feltételek mellett,



Magas eszköz, műszer költség.



FONTOS!

A földi geodéziai eljárások alapvetően a vektoros térinformatikai rendszerek számára szolgáltatnak térbeli adatokat!

Raszteres rendszerek számára csak közvetve szolgáltatnak adatokat (lásd később az illesztőpontok meghatározásánál).

GPS, mint a térinformatikai rendszerek egyik legfontosabb **térbeli adatnyerési technológiája.**

**Aktív GPS
hálózatra
épülő
földrengés-
előrejelző
rendszer
Kaliforniában
a lassú
tektonikai
változások
vizsgálatára.**



A jelenlegi szabatos műholdas helymeghatározó rendszerek közvetlen előzménye az USA Haditengerészete számára 1961-ben kifejlesztett **TRANSIT** műholdas navigációs rendszer, mely polgári felhasználása 1967-ben kezdődött és 1994-ben véget ért.

A TRANSIT rendszer geodéziai hasznosítását hosszú észlelési idő, utófeldolgozás és viszonylag alacsony, 1 méter körüli pontosságok jellemezték.

A **TRANSIT** rendszerben a mérés alapelve az volt, hogy a vevő a földi pont és a műhold távolságának megváltozását határozta meg egy megadott időintervallumra a Doppler csúszások segítségével, ezért ezekre a műholdakra a geodéták rendszerint 'doppleres' jelzővel hivatkoztak.

Ezt követően 1972-ben kezdeményezte az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma egy olyan rendszer megvalósítását mely műholdak ismert pozícióiból távolságokat határoz meg ismeretlen helyzetű földi, légi, tengeri objektumokra.

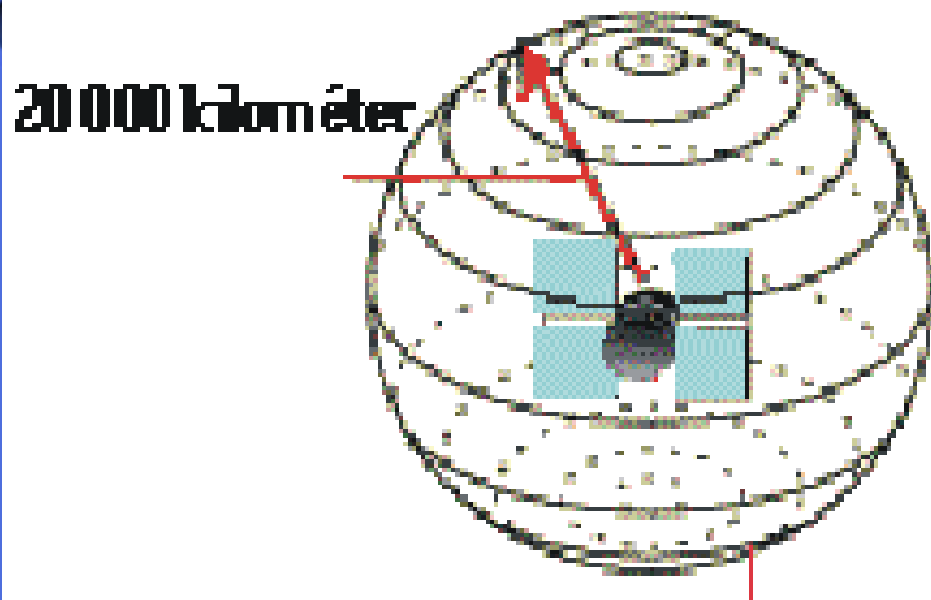
A rendszer létrehozása elsődlegesen katonai célokból történt, de a polgári hasznosítással is számoltak.

Ez az elhatározás jelentette a GPS fejlesztésének megkezdését.

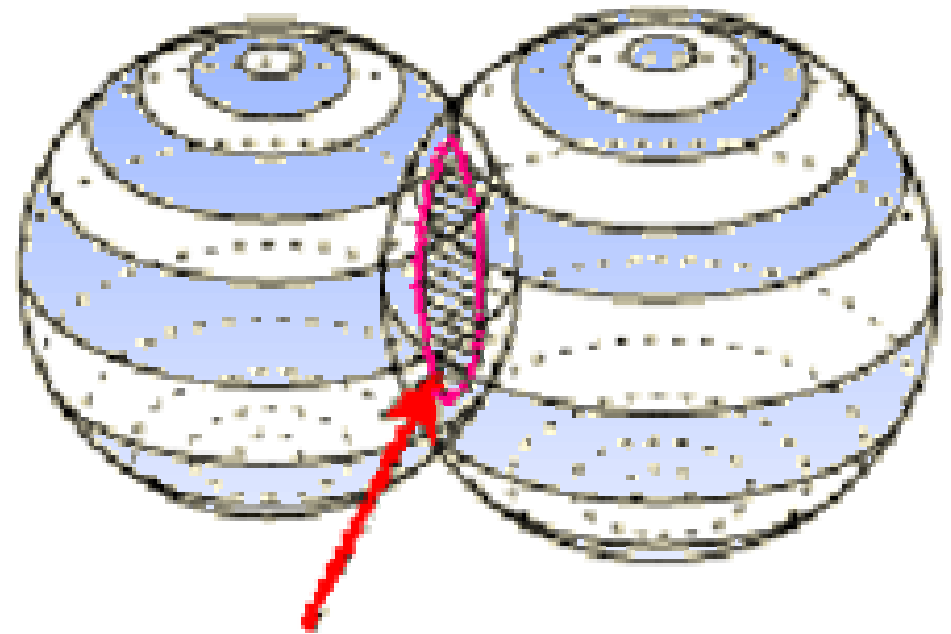
Kis késéssel a Szovjetunió is megkezdte saját műholdas helymeghatározó rendszerének kiépítését a GLONASS-t, amely program a Szovjetunió megszűnésével lelassult. Az első GLONASS műholdat 1982 októberében bocsátották pályára.

Az eredeti katonai célokkal összhangban a Pentagon a szelektív elérhetőség (selective availability, röviden **SA**, másnéven „átejtés”) politikáját gyakorolja, ami azt jelenti hogy esetenként (pld. az öbölháború idején) korlátozza a teljes rendszer használatát a polgári alkalmazóknak, illetve csonkolták azokat az üzeneteket, melyek a műhold koordinátáit továbbították a vevőknek. 2000 májusáig időnként a C/A kódra műholdanként változó, alacsony frekvenciás (hosszú idő alatt ismétlődő) torzítást vittek, mely az eredeti 30 m-es pontosságot 100 méter körültre csökkentette.

A műholdas helymeghatározás geometriai alapelve

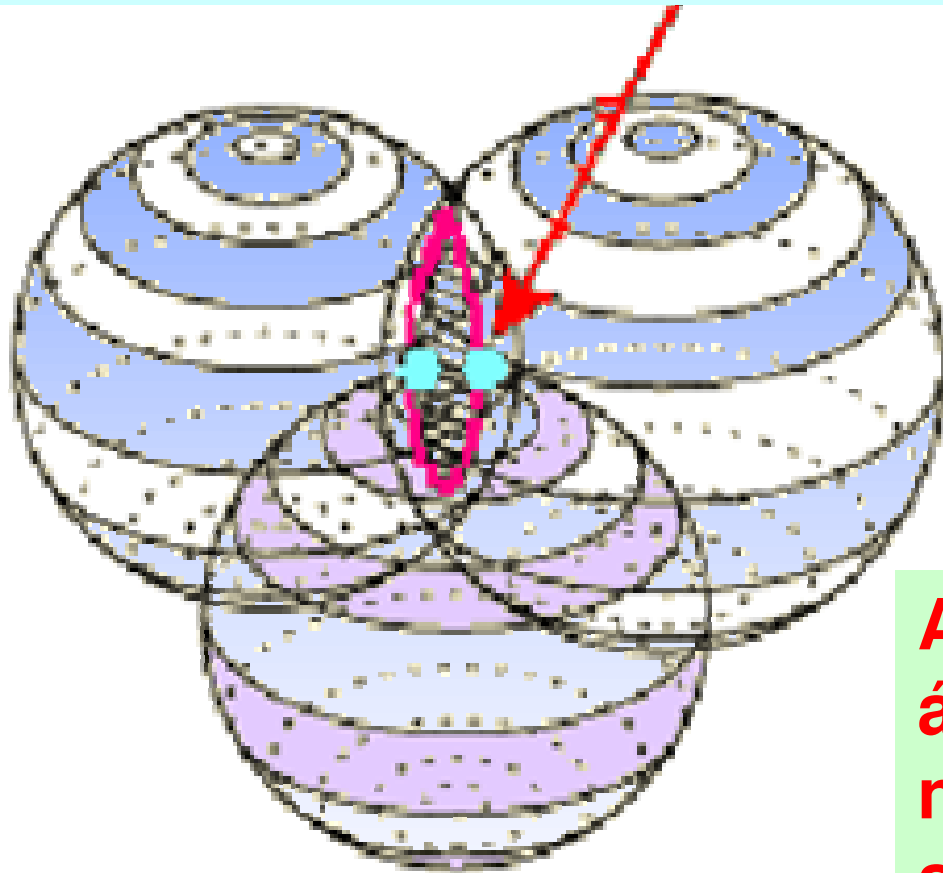


Egy műholdtól való távolság meghatározása esetén ezen a gömbön vagyunk



Két műholdtól való távolság meghatározása esetén a pirossal jelölt gömbi körön vagyunk

Három műholdról történő
távolságmérés a két pont egyikét
adja meg álláspontként



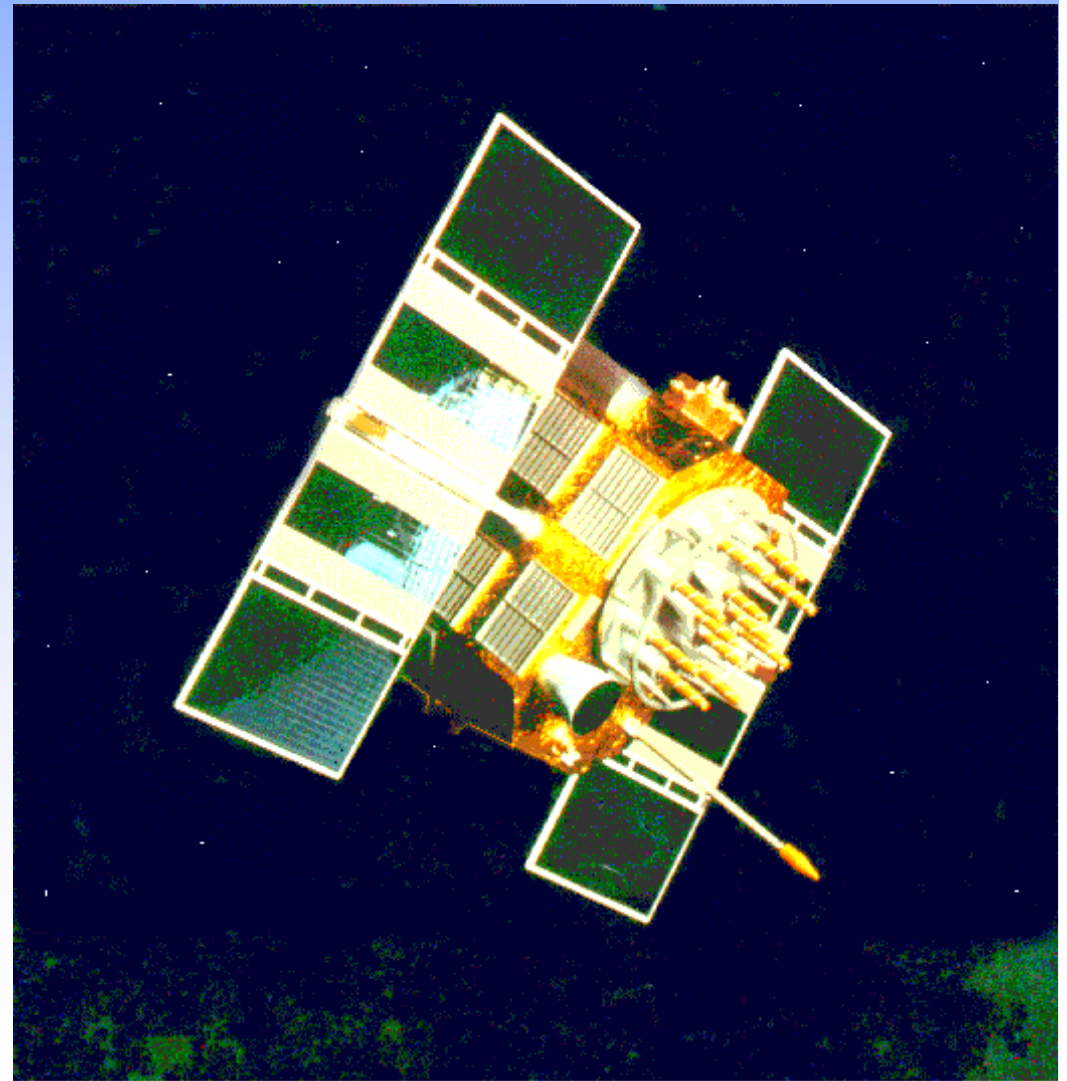
**A két pont közül a valódi
álláspont további mérés
nélkül néhány egyszerű
szabály figyelembe
vételével meghatározható.**

A továbbiakban a világszerte elterjedt
NAVSTAR (**NAV**igation **S**ystem using **T**ime
And **R**anging)
GPS (**G**lobal **P**ositioning **S**ystem) rendszerével
fogunk foglalkozni.

A NAVSTAR/GPS rendszer felépítése.

A NAVSTAR 3 fő részből áll:

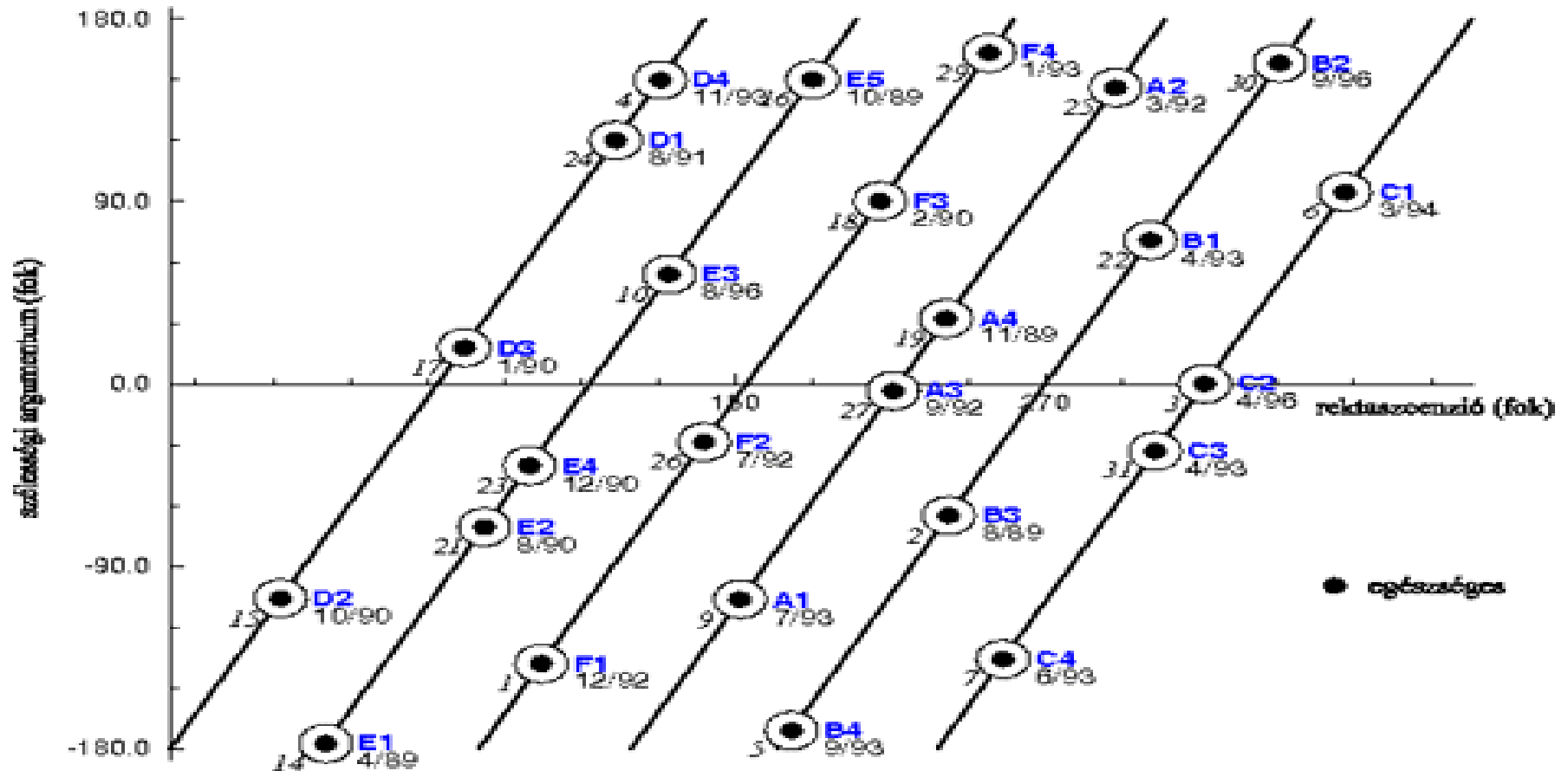
- ➔ műholdak rendszere,
- ➔ kontroll-rendszer,
- ➔ felhasználók.



A műholdak rendszere.

GPS KIÉPÍTETTSÉG

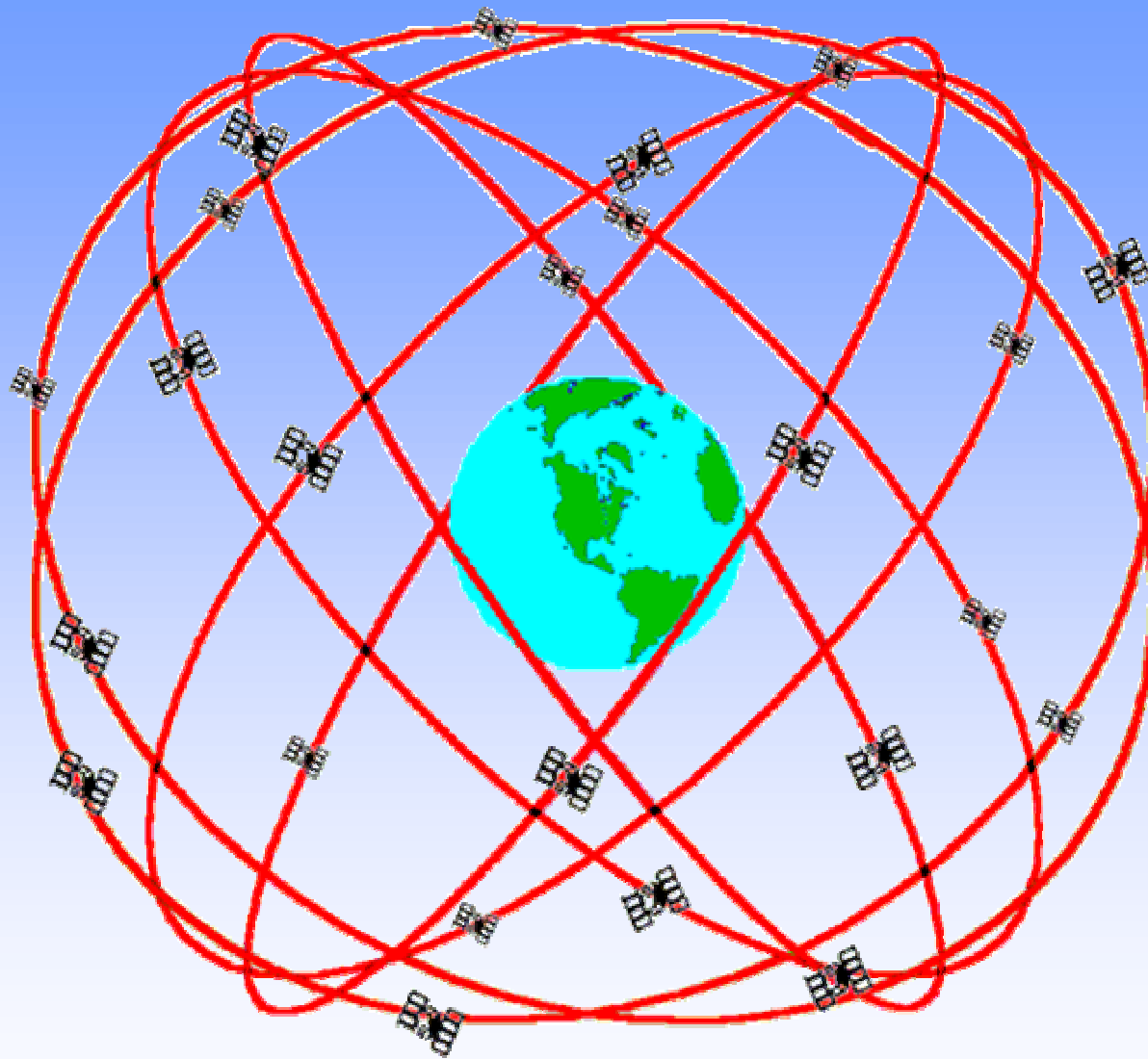
1997 július 7 , 7:00 (UTC)



30° 90° 150° 210° 270° 330°

A műholdak pályasíkja az egyenlítő mentén 60° -os szöget zár be egymással, azaz $360 / 60 = 6$ pályasíkon, pályasíkonként egymással 120° -ra kering 3-3, összesen $6 \times 3 = 18$ műhold, így biztosítva azt, hogy a Föld bármely helyén legalább 4 GPS hold elérhető legyen. Ezenkívül több tartalék műhold is kering.

GPS műholdak felettünk



GPS Nominal Constellation

24 Satellites in 6 Orbital Planes

4 Satellites in each Plane

20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination

A műholdak alapvető funkciói a következők:

- ➔ A kontroll állomások által kisugárzott információk vétele és tárolása.
- ➔ Korlátozott mértékű adatfeldolgozás.
- ➔ Igen pontos időszolgáltatás oszcillátorok segítségével. Minden műholdon 2 cézium és 2 rubidium oszcillátor van, melyek stabilitása 10^{-12} /nap - 10^{-13} /nap. A 4 atomi etalon közül a földi állomás parancsára bármelyik kiválasztható fő oszcillátorrá. A műholdakon az atomi oszcillátorok által generált alapfrekvencia: $f_0 = 10,23$ MHz. Ezekből állítják elő a két L-sávú vivőfrekvenciát:

$$L1 = 154 f_0 \quad (19,05 \text{ cm hullámhossz})$$

$$L2 = 120 f_0 \quad (24,45 \text{ cm hullámhossz}).$$

Ezeket a frekvenciákat különböző kódokkal modulálják, amelyek segítségével a felhasználók távolság meghatározást végezhetnek, a modulációval közvetített pályainformációkból.

- ➔ A felhasználók felé információk küldése.
- ➔ A rendszerfenntartók parancsára kontrollált manőverezés végrehajtása.

Kontroll-rendszer.

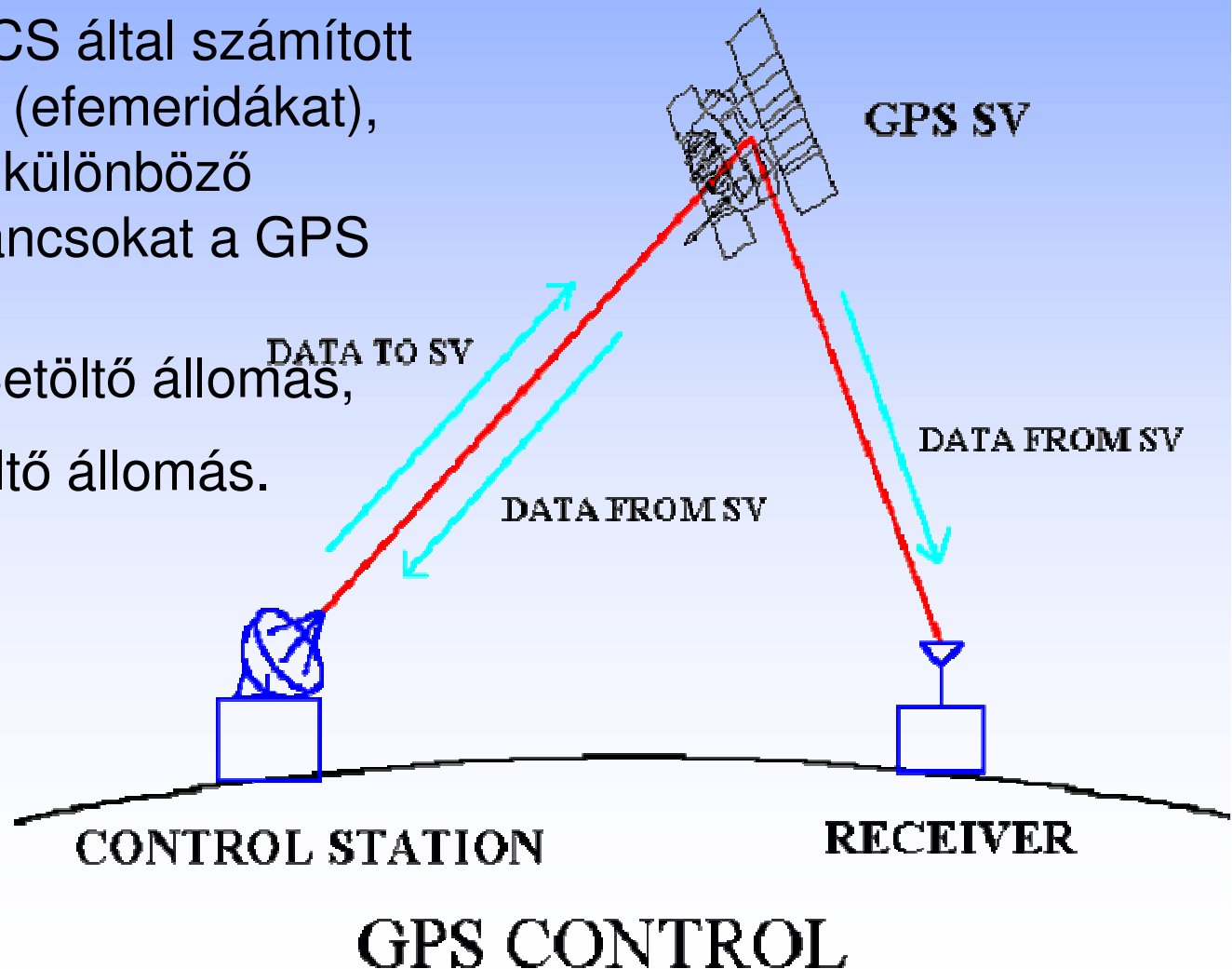
A műholdak követésére öt kontroll-állomás működik. Mindegyik állomás un. monitor állomás, amely követi a NAVSTAR műholdakat. Ezek pozíciója földrajzi helymeghatározással igen nagy pontossággal ismert.



- Main Control Station
- Monitor Station
- ▲ Betöltő állomás
- + DMA Monitor Stations (NSWC)
- University of Texas
- x POLARIS hálózat

Az öt kontroll-állomás a következő:


- ➔ **Hawai,**
- ➔ **Colorado Springs.** Ez a Main Control Station (MCS). A monitor állomásokról a követési adatokat ide juttatják, amelyek alapján itt végzik a pálya-előrejelzéseket és órákorrekciók számítását,
- ➔ **Ascension.** Betöltő állomás. Ez sugározza az MCS által számított új pályaadatokat (efemeridákat), órákorrekciókat, különböző üzeneteket, parancsokat a GPS műholdak felé,
- ➔ **Diego Garcia.** Betöltő állomás,
- ➔ **Kwajalein.** Betöltő állomás.



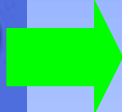
A felhasználók.

→ Katonai felhasználás (cirkáló rakéták navigálása, precíziós bombák, mozgatható kilövőállású rakéták gyors telepítése, mentőakciók végrehajtása stb.).






Légiközlekedés navigációja, mint térbeli navigáció. (Menet közbeni navigációnál a nemzetközi légügyi hatóságok 100 méteres, a repülőtérre bevezetés esetében néhány méteres, a landolás alatt pedig 1 méteren belüli pontosságot írnak elő, különösen a magassági helymeghatározás tekintetében).



Hajózás navigációja, mint síkbeli navigáció. (A kikötőbe való bevezetés pontossága hasonló a repülőtérre való bevezetés pontosságához). Nem lebecsülendő a GPS szerepe a vízi mentés területén sem.




Szárzföldi közlekedés navigációja.



Szállító járművek útvonalának utólagos ellenőrzése, adatrögzítővel ellátott GPS vevővel.



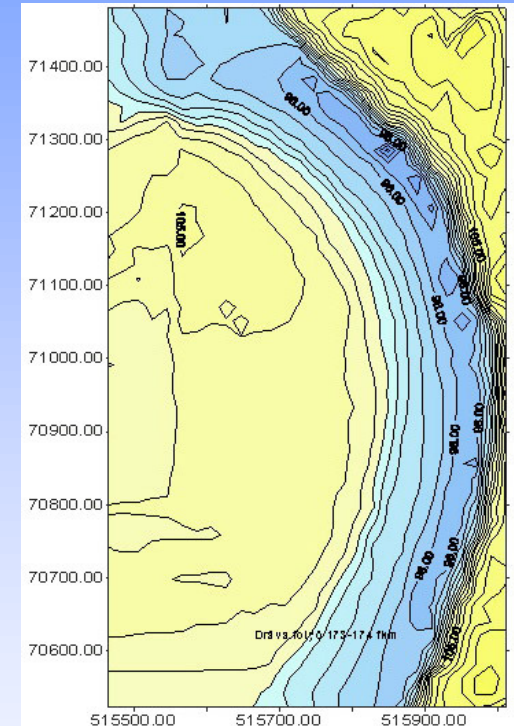
Járműkövetés pl. gépkocsi lopások ellen.



Jármű navigáció digitális térkép segítségével. (Ide tartozik a legrövidebb útvonal meghatározása, a legrövidebb elérési időhöz tartozó útvonal meghatározása stb.).

→ Térinformatikai rendszerekhez adatgyűjtés (Autóra, vonatra, hajóra szerelt GPS vevővel az úthálózat, vasúti hálózat, víziutak feltérképezése, részletmérés).

→ Hidrográfiai felmérés.



→ Geodéziai célú felmérések: alapponthálózat kialakítása (1 cm-nél kisebb helyzeti hiba).

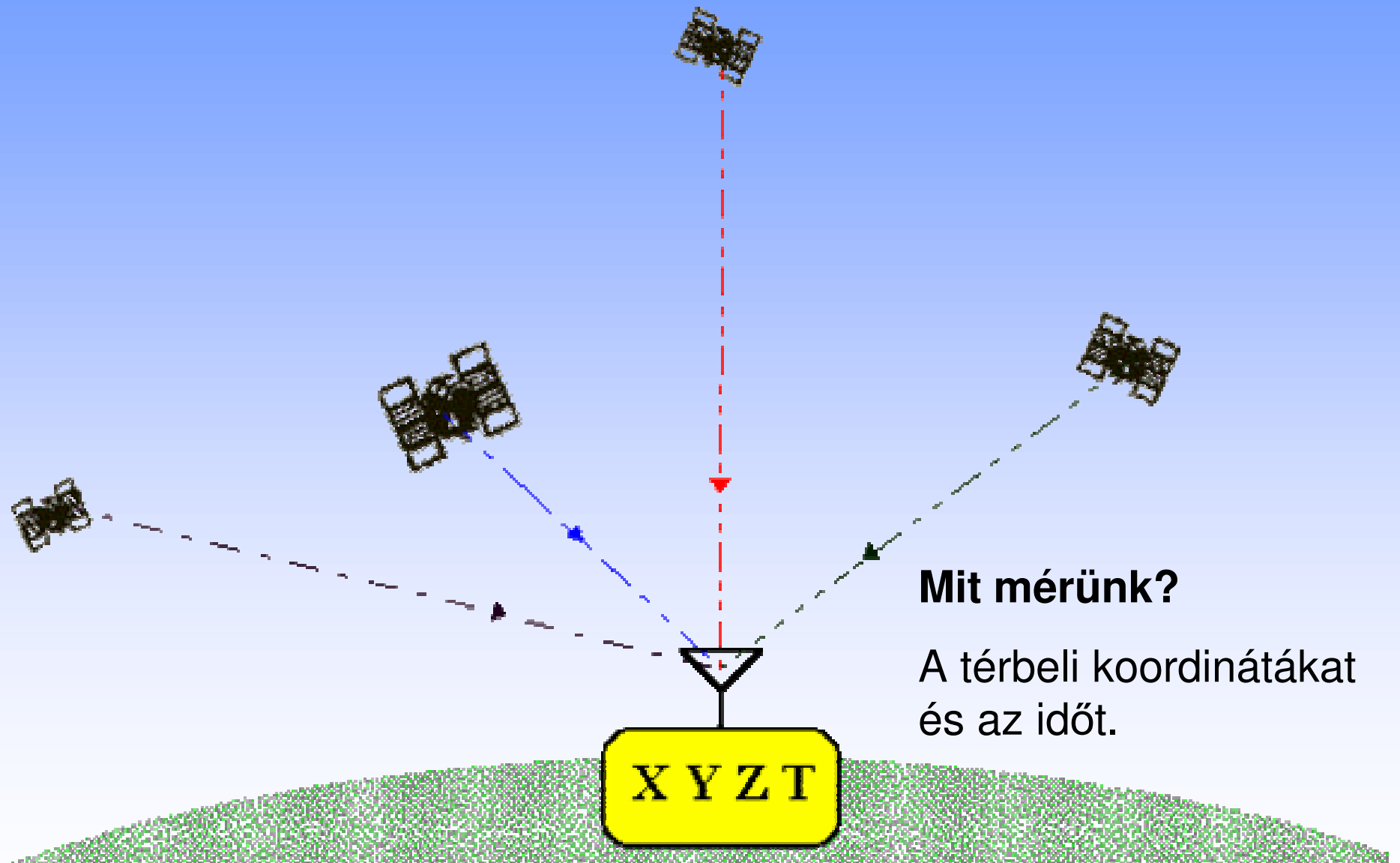
→ Földkéreg mozgásának vizsgálata, mérnökgeodéziai mozgásvizsgálatok stb.

GPS jövőkép.

Az emberek zsebében ott van egy miniatűr helymeghatározó-számítógép-telefon, amely a világ bármely pontján akár 1:1000 méretarányú digitális térképpel és komoly adatbázissal rendelkezik, (melyben a sarki fűszerestől a 3D-moziig minden szerepel).

A kapcsolatot más felhasználókkal a cellás műholdas videotelefon segítségével tarthatja, és mindez a mai GSM telefonok méretében...

Mérés GPS-el



Mit mérünk?

A térbeli koordinátákat
és az időt.

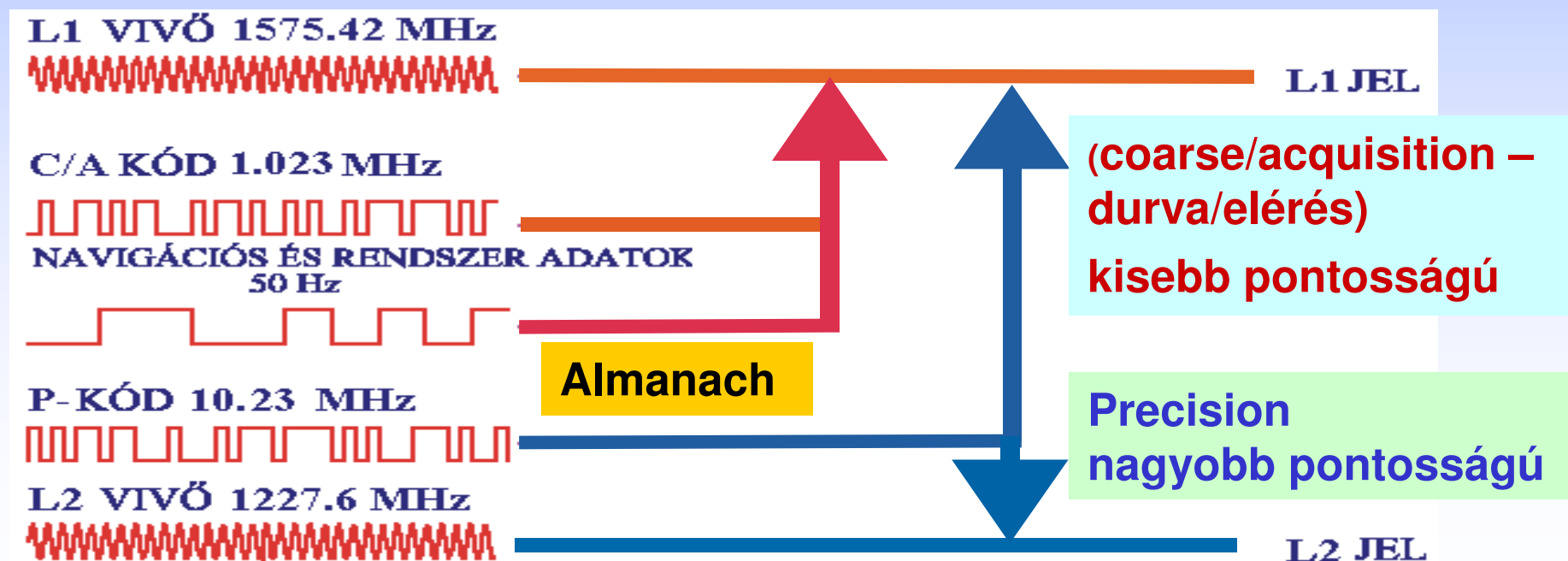
A műholdakon az atomi oszcillátorok által generált alapfrekvencia: $f_0 = 10,23$ MHz.

Ezekből állítják elő a két L-sávú vivőfrekvenciát:

$$L1 = 154 f_0 \quad (19,05 \text{ cm hullámhossz})$$

$$L2 = 120 f_0 \quad (24,45 \text{ cm hullámhossz}).$$

Ezeket a frekvenciákat különböző kódokkal modulálják, amelyek segítségével a felhasználók un. **Pszéudotávolság** meghatározást végezhetnek.



Vagyis az L1 vivőfrekvenciát mind a C/A kóddal, mind a P kóddal, az L2 vivőfrekvenciát pedig csak a P kóddal modulálják.

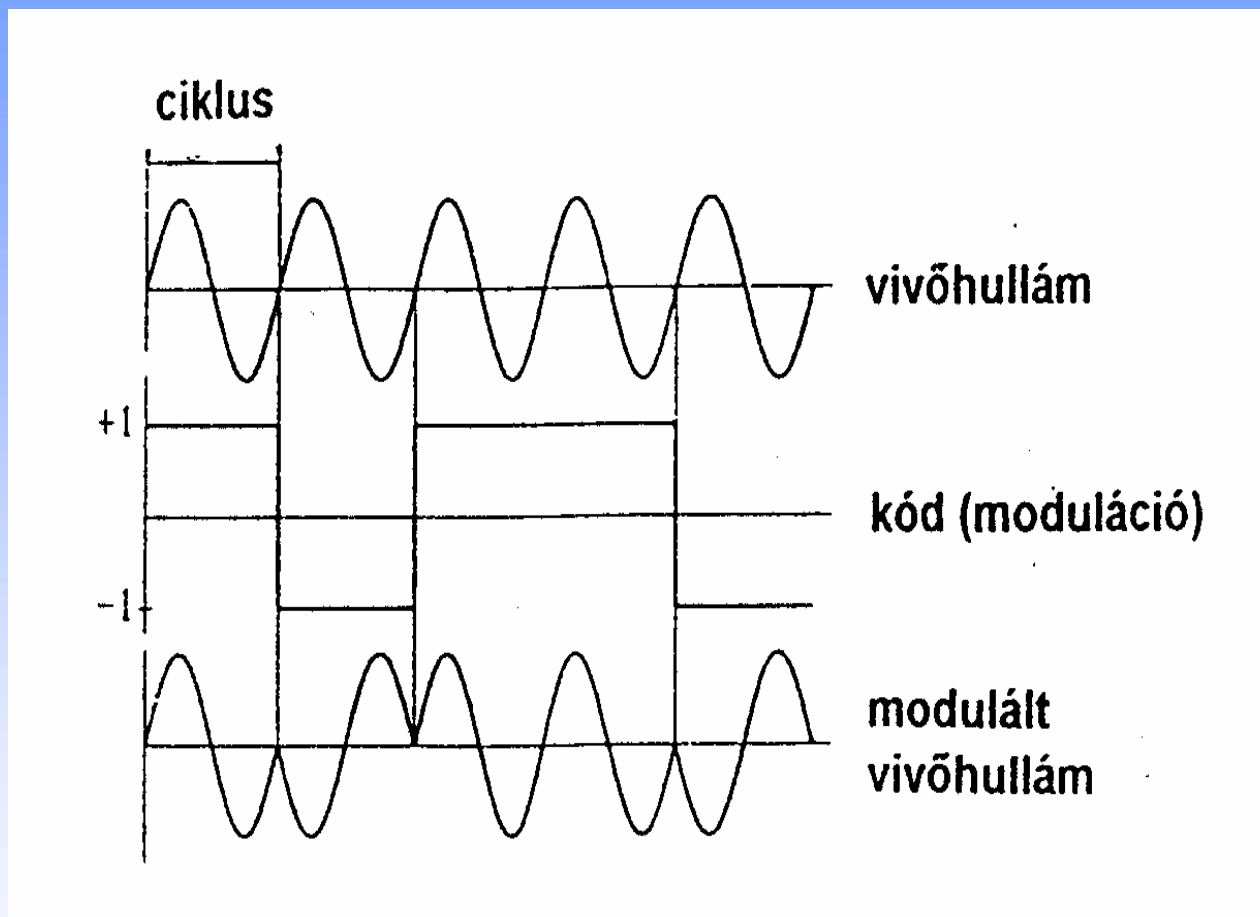
Az előbbieken előállított kétféle PRN kód mellett még küldenek a műholdak egy 1500 bitnyi információt tartalmazó navigációs üzenetet is 50 Hz frekvenciával, így a navigációs üzenet műholdanként 30 mp-ig tart.

A navigációs üzenet tartalmazza a műhold órájára, pályaelemeire, állapotára vonatkozó adatokat.

Az összes működő GPS holdról szóló üzenet vétele 12,5 percet vesz igénybe.

Ezt nevezzük almanacnak.

A kódok tulajdonképpen -1 és +1 értékekből álló sorozatok, melynek hatására a vivőhullám fázisa 180 fokkal eltolódik, ha a kód értéke változik.



A mért távolságokat azért nevezik **pszeudo-távolságoknak**, mivel értéküket a vevő órájának a műhold órájához viszonyított késése is befolyásolja.

Pseudotávolság meghatározása kódméréssel.

A C/A kód úgynevezett pseudo véletlen kód (bár meghatározott szabályok szerint készül mégis úgy néz ki mintha zaj lenne), tulajdonképpen +1 és -1 számok egymásutánja.

Egy kódelem frekvenciája $f_0/10$, azaz 1.023 MHz. A kódsorozat milliszekundumonként ismétlődik. Maga a kód 1023 bit hosszú.

(P kódnál a kódelem frekvenciája f_0 !)

A kód egy elemének a hossza C/A kód esetén tehát:

$2.99792458 \times 10^8 \text{ m/s} \times 0,001 \text{ s} / 1023 \text{ bit} = \mathbf{293.052}$
méter/bit, az egész kódsorozat pedig hosszban kifejezve $293.052 \times 1023 = 299792.458$ méter.

Ahol:

2.99792458×10^8 a fény terjedési sebessége m/s-ban.

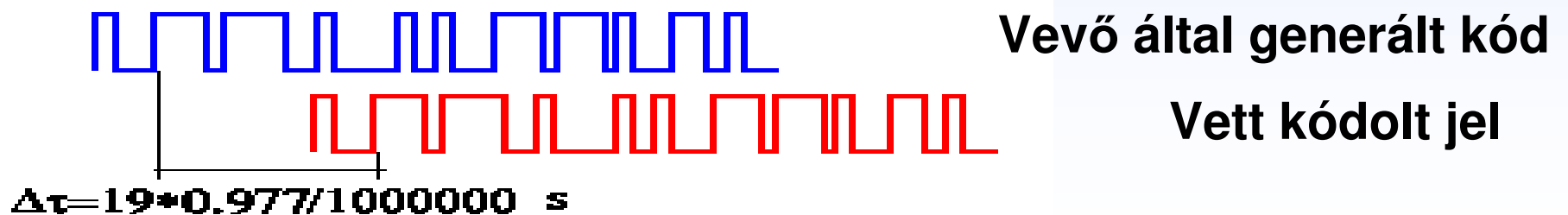
A kód mérés úgy történik, hogy a GPS vevő is előállítja azt a kódsorozatot (C/A, vagy P kód), amit a GPS műholdak sugároznak.

A vevő által generált és a vett kód egymáshoz képest eltolva jelentkezik a vevőben.

A vevő az általa generált kódsorozatot szinkronba hozza a vett kódsorozattal, azaz meghatározza azt, hogy hány kódbit eltérés van a generált és vett kódsorozat között.

Emlékeztetőül: egy kódbitnek ~ 300 méter távolság felel meg!

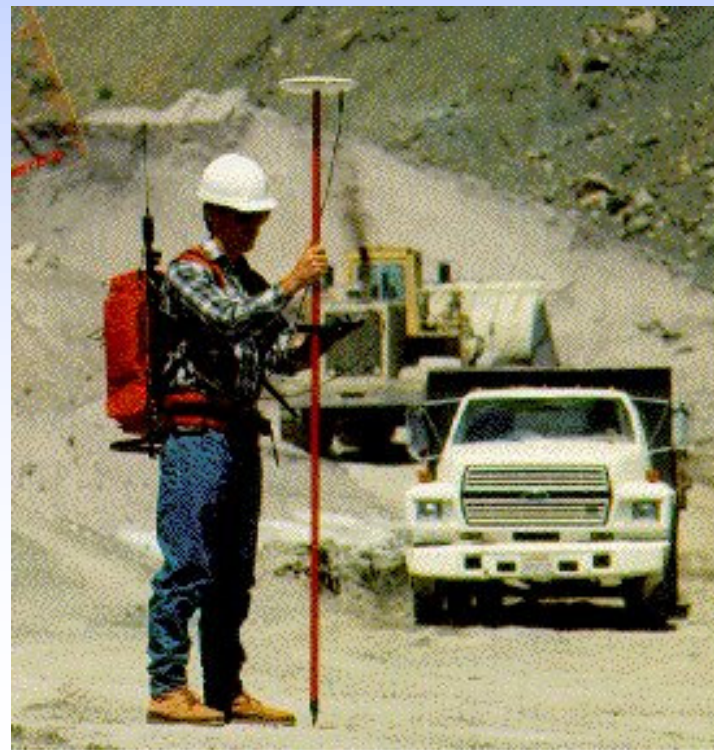
Ezt követően meghatározza a vevő az egy kódbiten belüli fáziseltérést, amit a jelenlegi eszközökkel 1% pontossággal végezhető el, azaz C/A kód esetén az elméleti pontosság ~ 3 méter, P kód esetében pedig – mivel ott egy kódelem frekvenciája f_0 , vagyis tízszerese a C/A kódénak – 30 cm.



A P - kód (*precision code*) frekvenciája megegyezik az f_0 alapfrekvenciával, és 266.4 naponta ismétlődik. A holdak azonosítását itt az teszi lehetővé, hogy a kód "mintája" minden hold esetében egyedi. A P - kód teljes, 266.4 napos ciklusának 7-7 napos darabját rendelték hozzá egy-egy GPS holdhoz. A kód generálása minden vasárnap éjfélkor, a GPS hét kezdetén újra indul.

Geometriai szempontból az álláspont ismeretlen koordinátái akkor számíthatók, ha ezek a mérések egyidejűleg **három műholdra** rendelkezésre állnak. Az **ismeretlen óra késést** egy **negyedik műholdra** végzett méréssel lehet meghatározni.

GPS vevő



Peszeudótávolság meghatározása vivőfázis (hordozófázis) méréssel

Fázismérésnél a műholdról a vevőbe érkező vivőfrekvencia (L1 és/vagy L2) fázisa és a vevő oszcillátora által előállított konstans frekvencia fázisa közötti különbséget mérik. Mivel a vivőhullám hullámhossza sokkal rövidebb, mint a kódok hullámhossza, a vivőfázis mérés sokkal pontosabb eredményt ad, mint bármely kóddal való mérés.

A fázismérés hátránya, hogy csak igen nehezen lehet az egész ciklusok számát (N = teljes hullámhosszak számát) meghatározni.

Azt az eljárást, amivel az N értékét meghatározzuk, nevezzük **inicializálásnak**.

Pontossági kérdések

A pszeudótávolság meghatározásának pontossága a következő "ökölszabály" segítségével határozható meg:

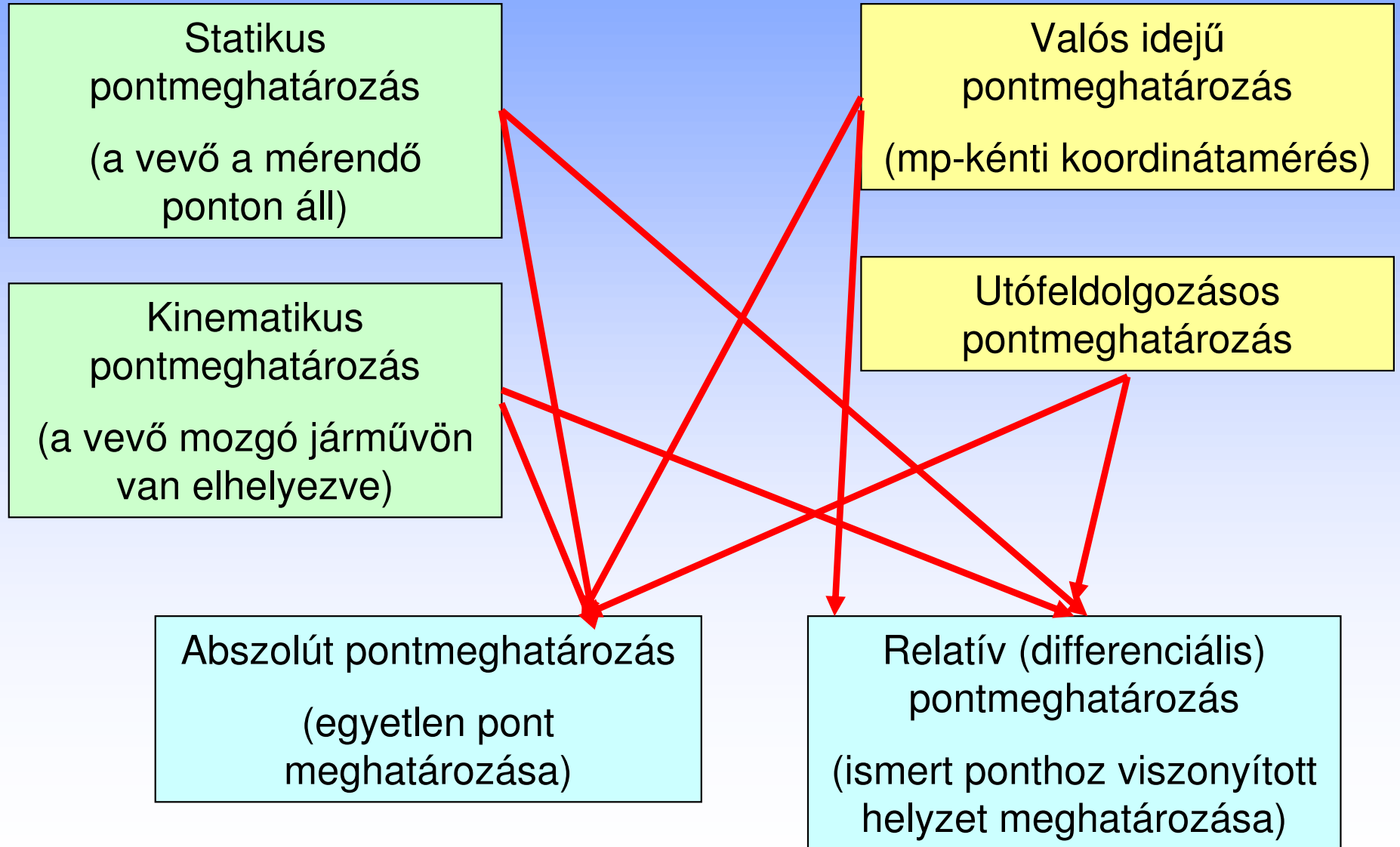
a pontosság a kód vagy vivőfázis periódusidejének megfelelő hullámhossz 1%-a,

➔ **C/A kód esetén $1,023 \text{ MHz}$ $300/100 \text{ m} = 3 \text{ m}$**

➔ **P-kód esetében $10,23 \text{ MHz}$ $30/100 \text{ m} = 30 \text{ cm}$**

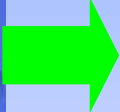
➔ **L1 vivőfázis esetén $19,05/100 \text{ cm} = 1,9 \text{ mm!}$**

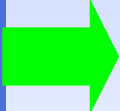
MÉRÉSI MÓDSZEREK.

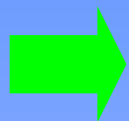


 **Statikus pontmeghatározás,** ha a vevő a mérendő ponton áll.

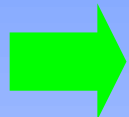
 **Kinematikus pontmeghatározás,** ha a vevő mozog.

 **Abszolút pontmeghatározás,** amikor egyetlen GPS antenna koordinátáit számítjuk ki GPS koordináta-rendszerben.

 **Relatív pontmeghatározás,** amikor legalább két ponton folynak fázismérések ugyanazokra a műholdakra. Az egyik pont koordinátái rendszerint nagy pontossággal ismertek (ez a referencia pont), a másiké ismeretlenek. A módszer tulajdonképpen a két pont közötti vektort adja meg.



Valós idejű (real time) mérés, amikor a pontmeghatározás "azonnal" mp-en belül történik.

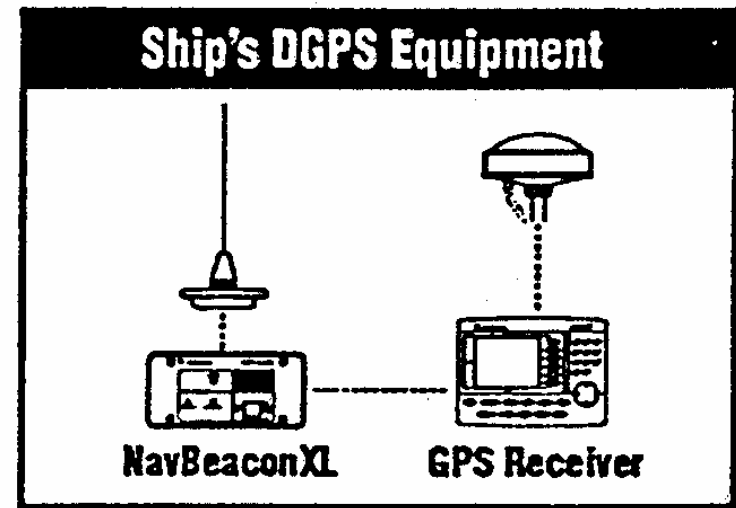
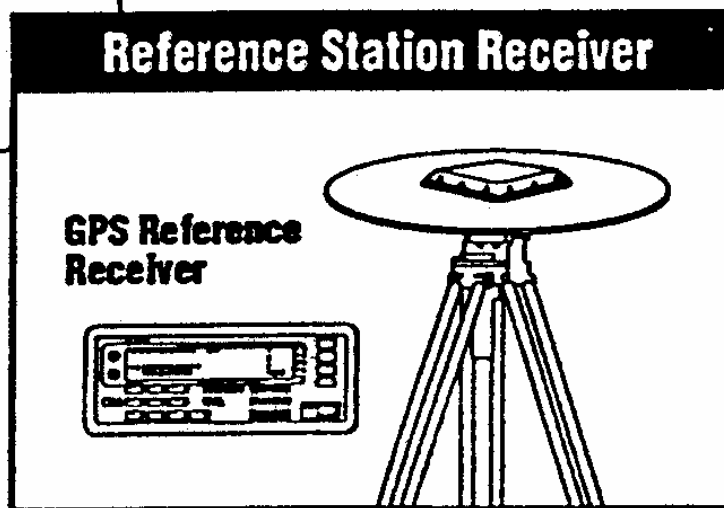
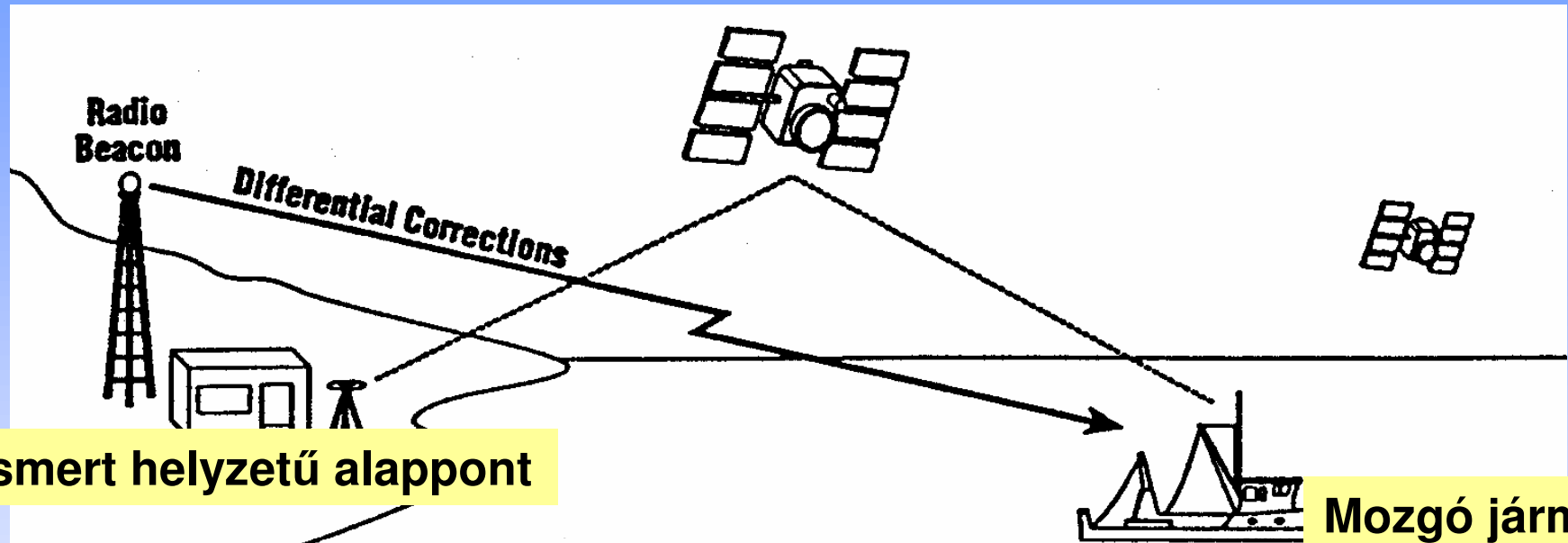


Utófeldolgozás (postprocessing), amikor a pontmeghatározás utólag, nagyobb pontossággal történik.

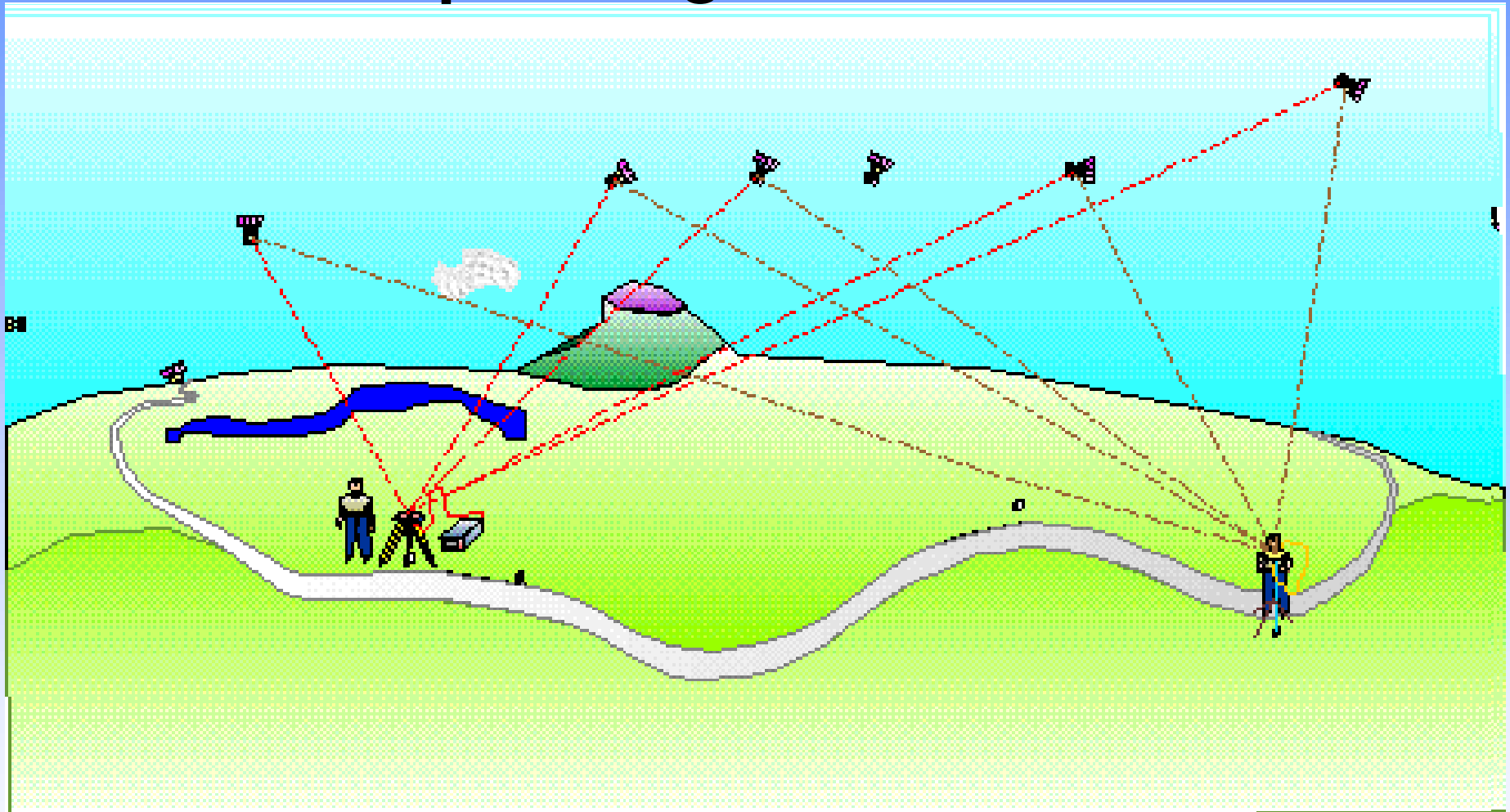
Itt - szélső pontosságra való törekvés esetén - fel lehet használni az ellenőrző állomások által közzétett műhold pályaadatokat is.

Ezek kombinációi adják a különböző mérési módszereket, pl. valós idejű kinematikus abszolút pontmeghatározás, vagy

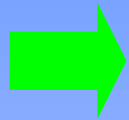
Valós idejű kinematikus differenciális helymeghatározás



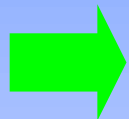
Valós idejű kinematikus differenciális pontmeghatározás



Mi is történik?



A referencia ponton ismertek az Y , X és mBf geodéziai koordináták.



A referencia ponton felállított GPS antenna mp-kénti t_i időpontban meghatározza a helyzetét és számítja a:

$$dy_i = Y_{\text{adott}} - Y_{\text{imeghatározott}}$$

$$dx_i = X_{\text{adott}} - X_{\text{imeghatározott}}$$

$$dm_i = M_{\text{adott}} - M_{\text{imeghatározott}}$$

koordináta különbségeket, amelyeket rádióon folyamatosan továbbít a mozgó GPS antenna felé.

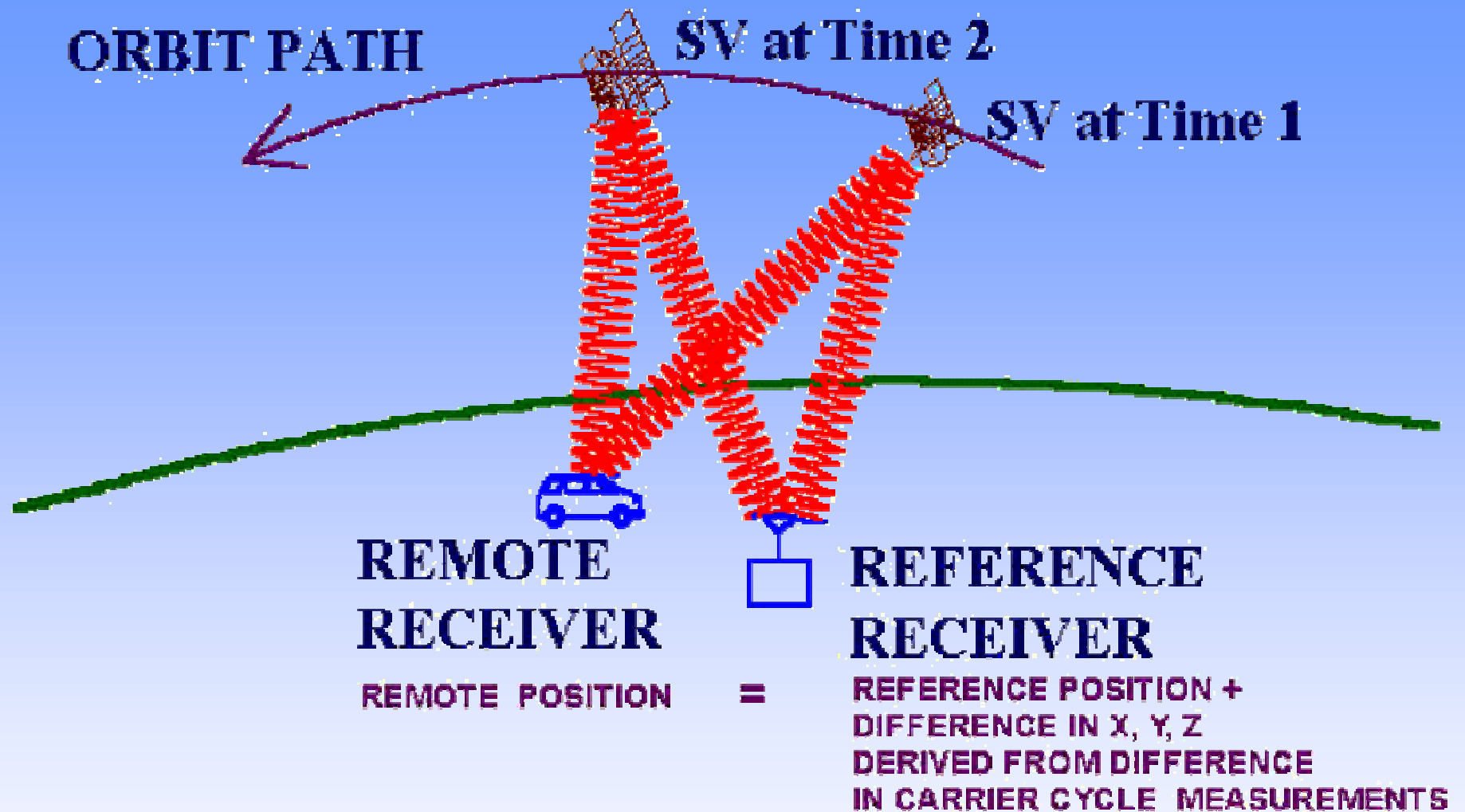


A mozgó GPS vevő a t_i időpontban mért pozícióját megjavítja a vett koordináta különbségekkel:

$$Y_i = Y_{\text{imeghatározott}} + dy_i$$

$$X_i = X_{\text{imeghatározott}} + dx_i$$

$$M_i = M_{\text{imeghatározott}} + dm_i$$



GPS CARRIER PHASE POSITIONING

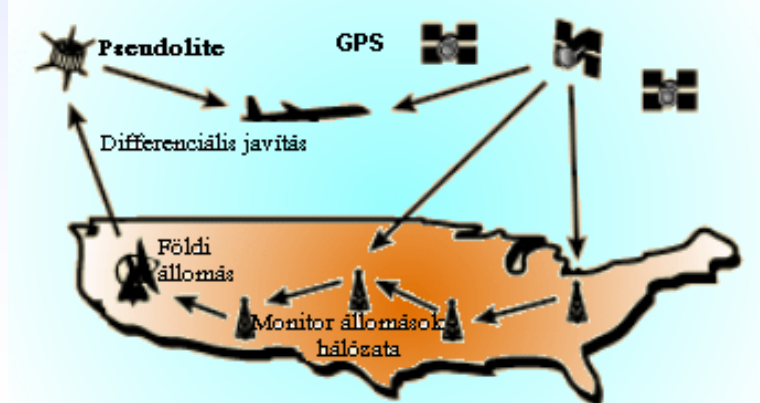
Valós idejű kinematikus differenciális pontmeghatározás
gépjármű útvonalának követésére.

Valós idejű kinematikus differenciális pontmeghatározás azon a feltevésen alapszik, hogy a referenciaállomáson telepített vevőkészülék és a tőle nem túl távol levő mozgó vevőkészülék(ek) ugyanazokat a GPS műholdakat „fogják be” és a mérés pontosságát zavaró tényezők is ugyanazok.

Először az USA-ban majd a világ többi országában is olyan szolgáltatást vezettek be, mely szükségtelessé teszi a felmérő csoportok számára referencia állomások telepítését. A referencia állomásokat ugyanis hozzákapcsolták a szolgálati vagy műsorszóró rádióadókhöz és a javításokkal ezek oldalsávját modulálják (hazánkban 1998 január elsején indul ilyen szolgáltatás).

Az első javításközvetítő hálózatot az USA Parti Őrsége telepített a hajókkal kapcsolatot tartó rövidhullámú rádióadó hálózat felhasználásával.

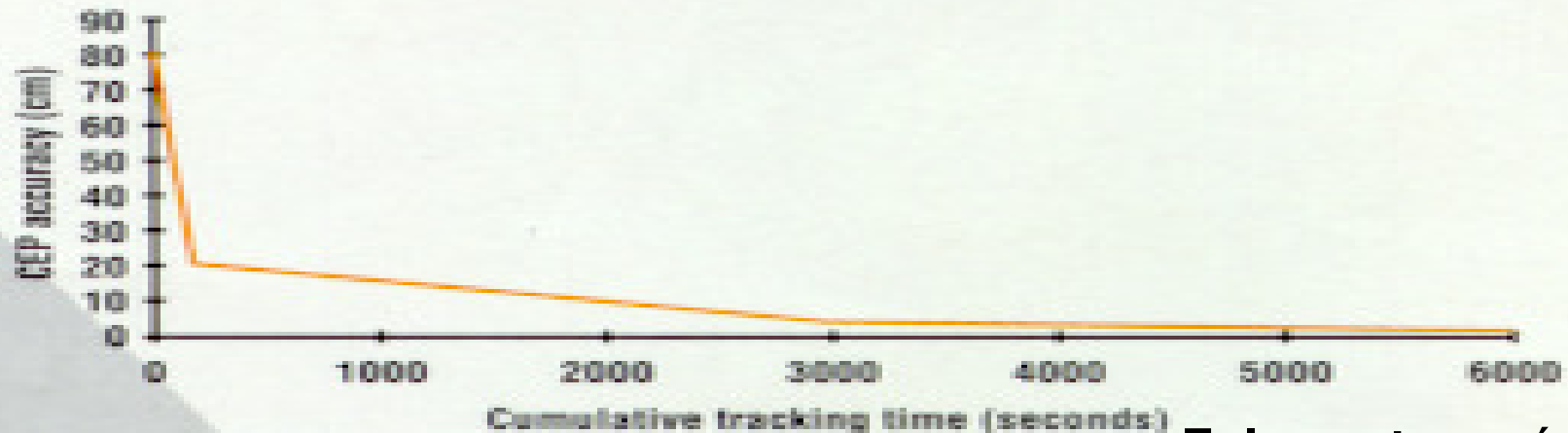
Az USA repülésirányítási hatósága (FAA) kidolgozta a WAAS projektet (nagy térségi javítórendszer angol szavai kezdőbetűiből képzett rövidítés), amely 24 db., az USA területén egyenletesen elosztott megfigyelő állomás adatait egy földi állomás a külön e célból fellőtt geostacionáris pályára állított műholdra továbbítja és az sugározza vissza a javításokat a repülőgép GPS vevőjének.



Az elérhető pontosság

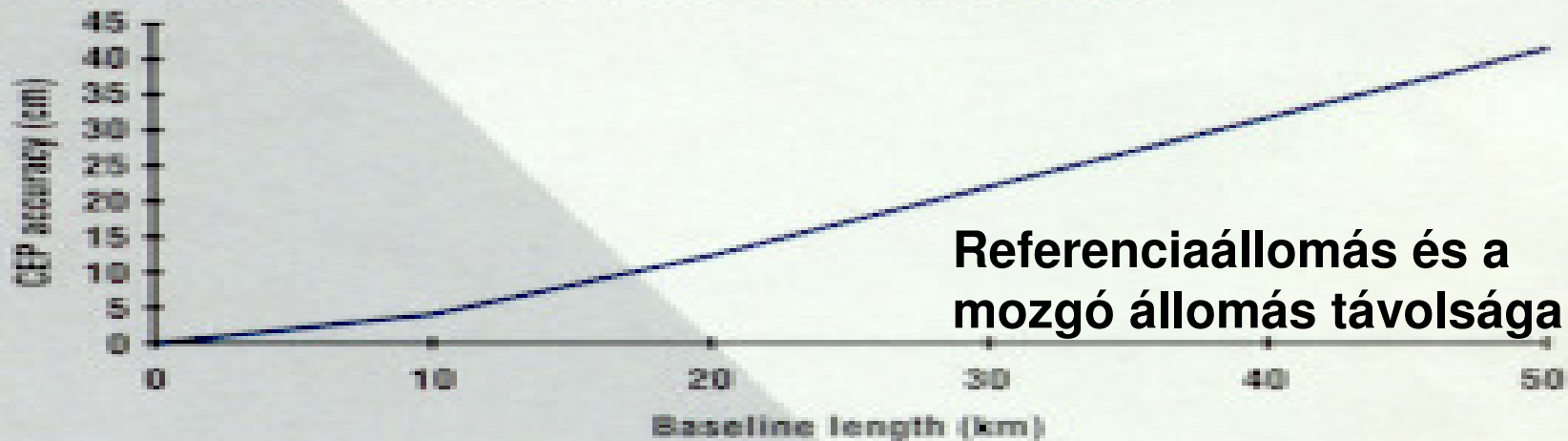
Typical Performance

RT-20⁺ Accuracy vs. Convergence Time



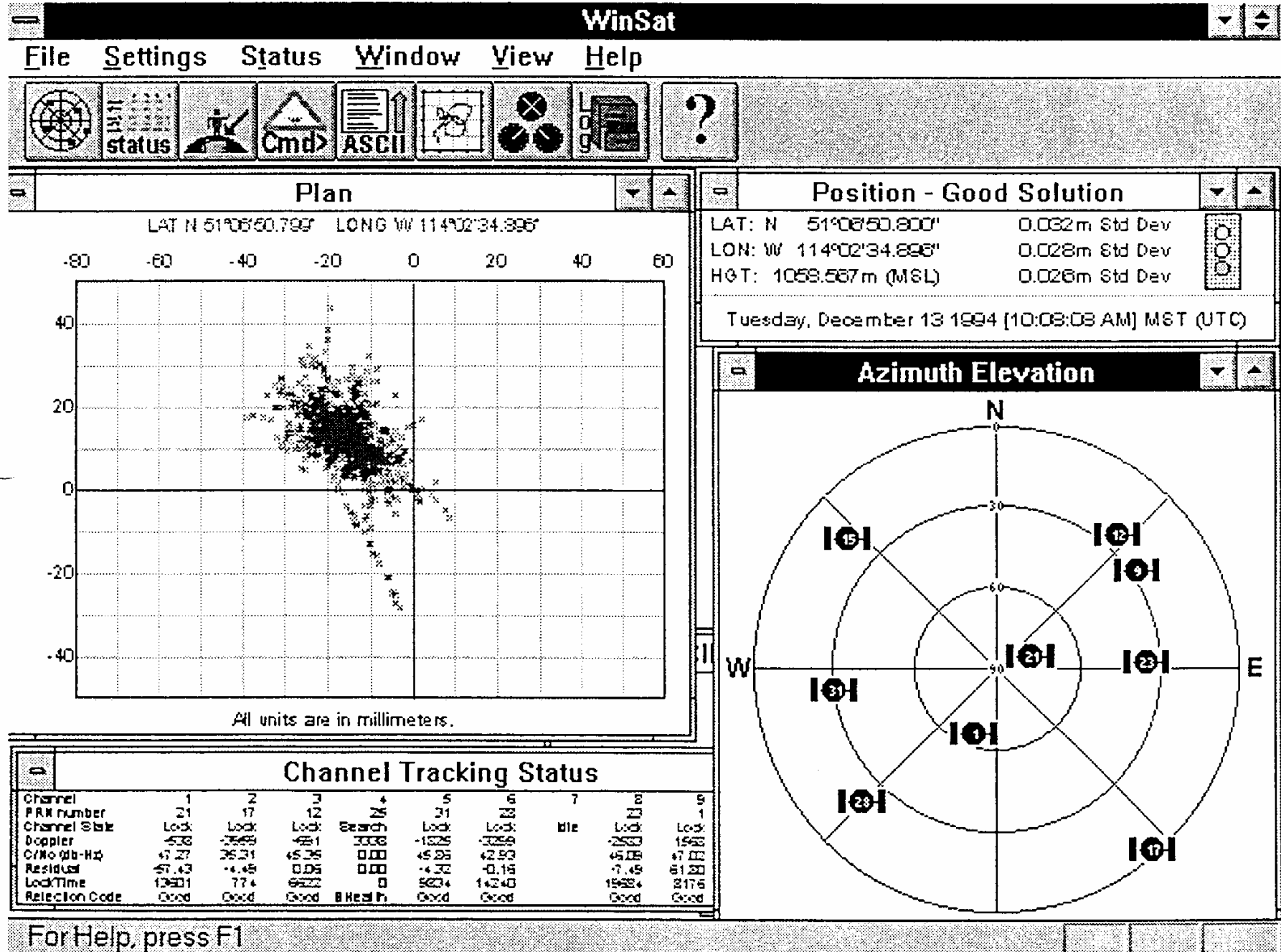
Folyamatos mérési idő

RT-20⁺ Accuracy vs. Baseline Length



Referenciaállomás és a mozgó állomás távolsága

Mérés GPS-el



MEZO#	TIPUS	ADAT LEIRASA	PÉLDA
1	\$RT20A	Bejegyzés-fejléc	\$RT20A
2	hét	GPS hét-szám	779
3	másodperc	GPS másodpercek a héten belül	237328.00
4	#sats	Használt műholdak száma (00-12)	9
5	szélesség	Az aktuális datum-ban a helyzet szélessége tizedes formátumú fokokban (DD.ddddddd).	51.11411137
6	hosszúság	Az aktuális datum-ban a helyzet hosszúsága tizedes formátumú fokokban (DD.ddddddd).	-114.04302707
7	magasság	A helyzet magassága az adott datumban az MSL ¹ -hez viszonyítva, méterben.	1058.601
8	hullámzás	A geoid eltérése méterben (1. ábra)	-16.263
9	datumID	Az aktuális datum azonsítója (1. tábl.)	61
10	szélstd	A szélesség standard deviációja méterben.	0.015
11	hosszstd	A hosszúság standard deviációja méterben.	0.016
12	magstd	A magasság standard deviációja méterben.	0.015
13	megostat	Megoldási státusz (2. táblázat)	0
14	rt20stat	RT20 státusz (3. táblázat)	0
15	állomásID	Diff. referenciaállomás azonosítója (0000-1023)	200
16	*xx	Ellenőrző összeg	*47
17	[CR][LF]	Mondat-végjel	[CR][LF]

Egy mért rekord

A GPS koordinátarendszerei.

Konvencionális Inerciális Rendszer. (CIS).

A koordinátarendszer kezdőpontja a Föld tömegközéppontja, alapsíkja az egyenlítő síkja. Az X-tengely a Tavaszpont irányába mutat, a Z-tengely a Föld forgástengelyével esik egybe, míg az Y-tengely merőleges mindkettőre, jobbsodrású rendszert képezve.

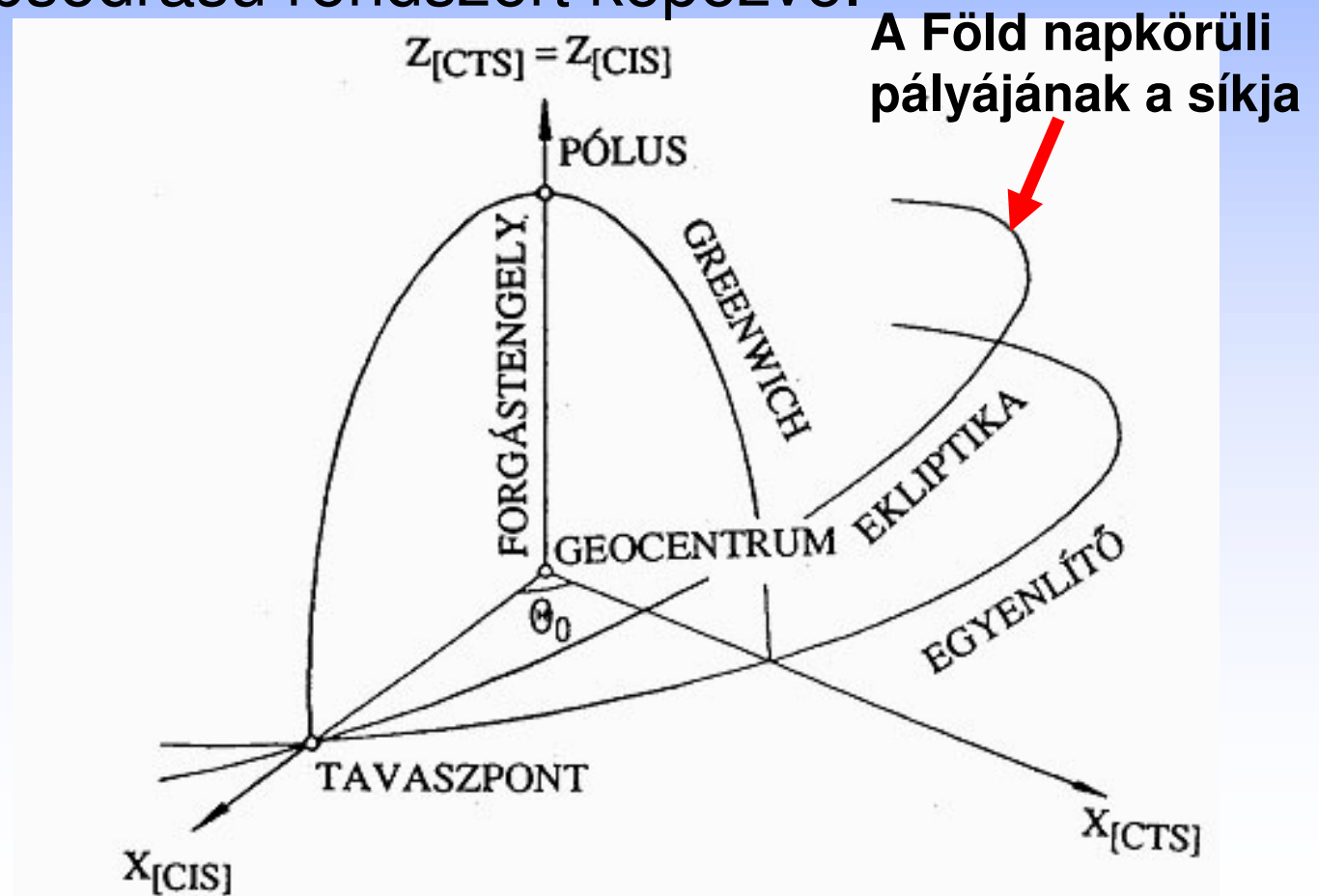
A Föld forgástengelyének precessziója és nutációja miatt az Egyenlítő síkja nem állandó, ezért a CIS-nél a 2000. év január 1--re vonatkozó Egyenlítő síkot vették alapul.

A Tavaszpont az Egyenlítő és az ekliptika síkjának azon metszéspontja az Éggömbön, amelyben a Nap tartózkodik a tavaszi Napéjegyenlőség idején.

Konvencionális Földi Rendszer. (CTS).

A koordinátarendszer kezdőpontja a Föld tömegközéppontja, alapsíkja az egyenlítő síkja.

Az X-tengely a Greenwich-i kezdőmeridián irányába mutat, a Z-tengely a Föld forgástengelyének 1900-1905 évek átlagos pozíciójának felel meg, míg az Y-tengely merőleges mindkettőre, jobbsodrású rendszert képezve.



**A CIS és CTS
rendszerek
kapcsolata**

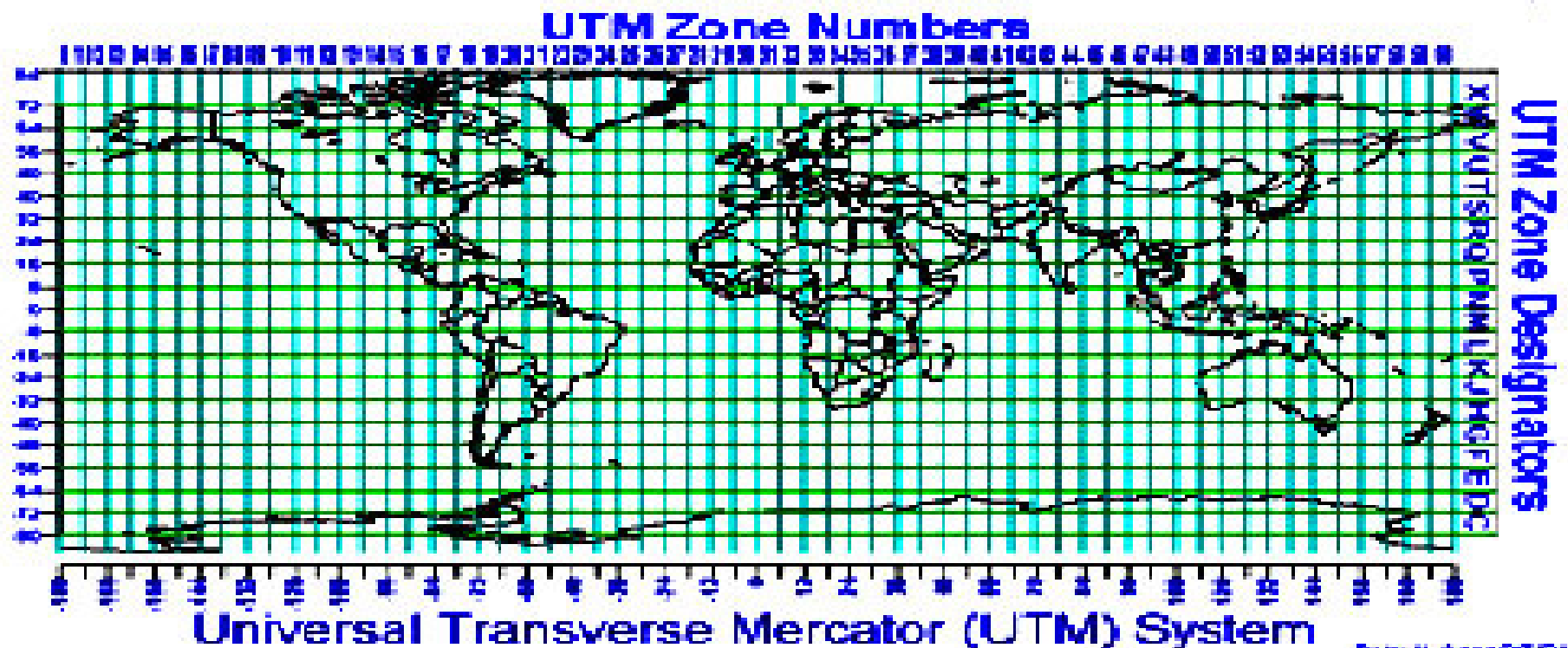
WGS84 rendszer.

A CTS rendszer derékszögű X, Y, Z koordinátái a gyakorlati életben nehezen használhatók.

A felhasználók földrajzi (λ , ϕ , h) földrajzi hosszúság és szélesség, valamint ellipszoid feletti magasság koordinátákat igényelnek, ezért a WGS84 rendszerhez tartozik egy referencia ellipszoid is a következő paraméterekkel:

	Ellipszoid paraméter	Értéke
a	fél nagytengely	6378137,0 m
f	lapultság	1/298,2572221
ω	forgási szögsebesség	7,292115*10 ⁻¹¹ rad/s

Universal Transverse Mercator (metsző eset) **A vetítés alapjául szolgáló ellipszoid a WGS84**



Az UTM rendszernél a Greenwich-el átellenes kezdőmeridiántól számítva keleti irányba indulva 6 fokos beosztással alakítottak ki zónákat. (Magyarország így a 192-216 hosszúsági fok közötti 33-34 zónába esik).

A GPS időrendszere.

A GPS-nek saját időrendszere van, az ún. GPS idő, amely jól meghatározott kapcsolatban van a többi időfogalommal.

→ **UT: Universal Time - Világidő.**

Az UT a Föld egyenetlen tengelykörüli forgásához kötődik, ezért futása is egyenetlen.

→ **TAI: International Atomic Time - Atomi világidő.**

Adott referencia állomásokon működő atomórák adatainak figyelembevételével előállított, egyenletes futású idő.

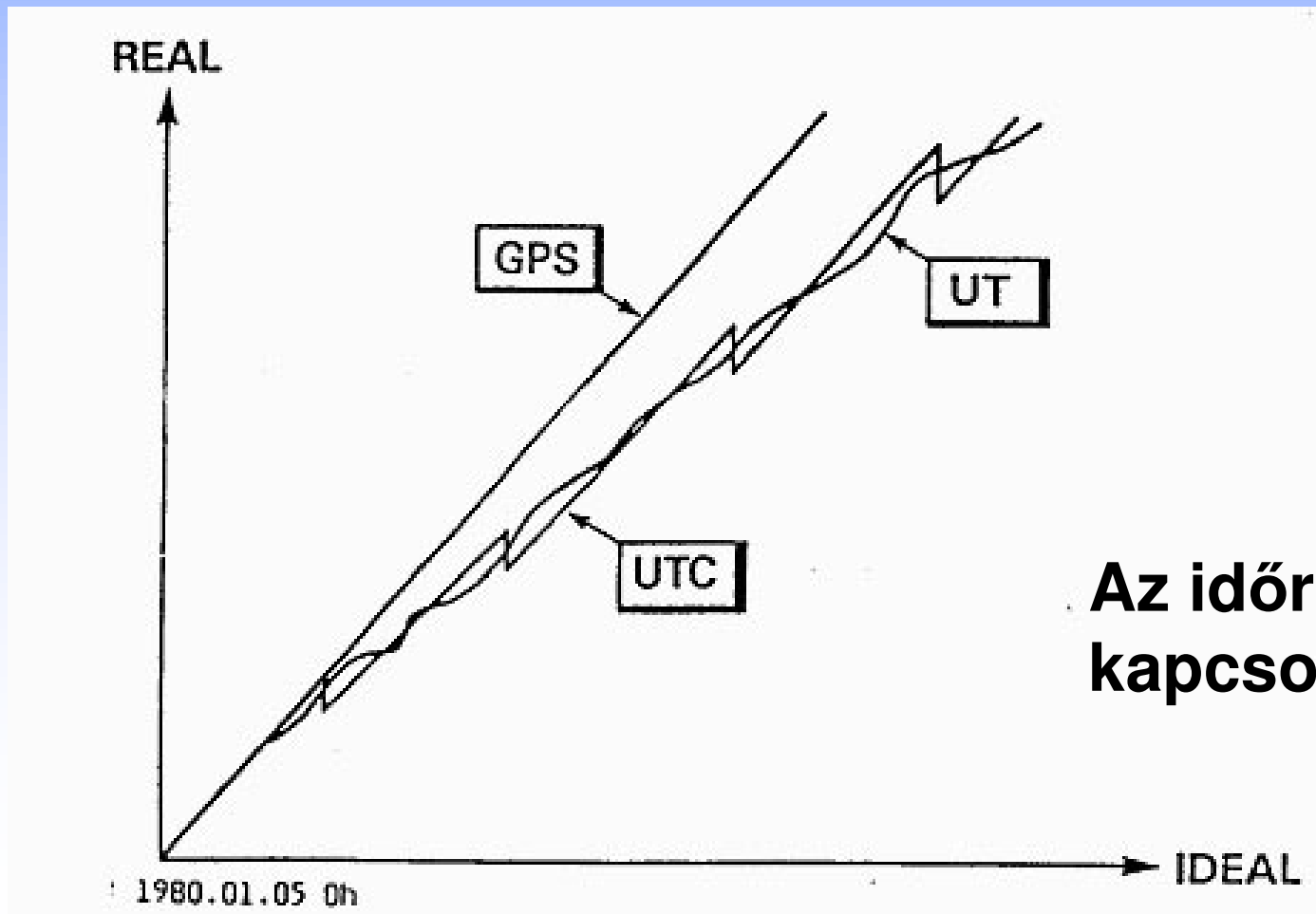
→ **UTC: Universal Time Coordinated - Korrigált világidő.**

A Föld egyenetlen tengelyforgása következtében az UT és a TAI egyre növekvő mértékben eltér egymástól. Az UTC úgy biztosítja közöttük az összhangot, hogy az eltérést rendszeres 1 mp-es ugrással mindig 1 mp-n belül tartja.

GPS idő.

Ez is atomi idő, amely a GPS időszámítás kezdetekor (1980. január 5.-én 000-kor megegyezett az UTC-vel.

A kezdő időponttól kiindulva a GPS naptár hetekben számol, a nap pedig 0 (vasárnap) - 6-ig terjedő sorszámot kap. Pl. 1993. december 6. : 726. GPS hét első napja.



Az időrendszerek kapcsolata

A GPS PONTOSSÁGÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

Hibaforrás	Nagyságrend	Kiküszöbölés módja
Műholdakhoz kapcsolódó hibák		
pályahibák	fedélzeti : 10 m precíz : 0.5 m	perturbáció modellezése és differenciálás
műhold órahibák	10 m	differenciálás
relativisztikus hatás	1 cm	korrekció
műhold geometria	-	mérés tervezés
Jelterjedést módosító hibák		
ionoszféra hatása	$z = 0^\circ - 50 \text{ m}$ $z = 75^\circ - 150 \text{ m}$	modellezés és differenciálás
troposzféra hatása	$z = 0^\circ - 2 \text{ m}$ $z = 75^\circ - 10 \text{ m}$	modellezés és differenciálás
többutas jelterjedés	10 m	antenna elhelyezése
Észlelési hibák		
vevő órahiba	300 m/ms	differenciálás
vevő elektronika	mm	-
fáziscentrum helye	1-10 cm	modellezés
szubjektív tényezők	0-1 m	körültekintő mérés
A pontosság mesterséges korlátozása		
SA : Selective Availability	100 m	differenciálás
A-S : Anti Spoofing	?	keresztkorreláció

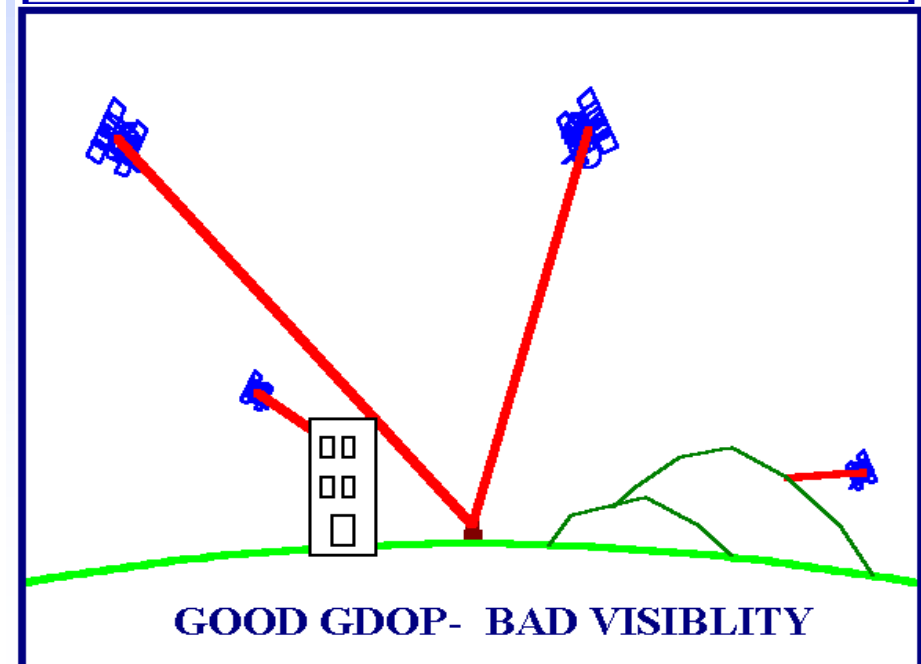
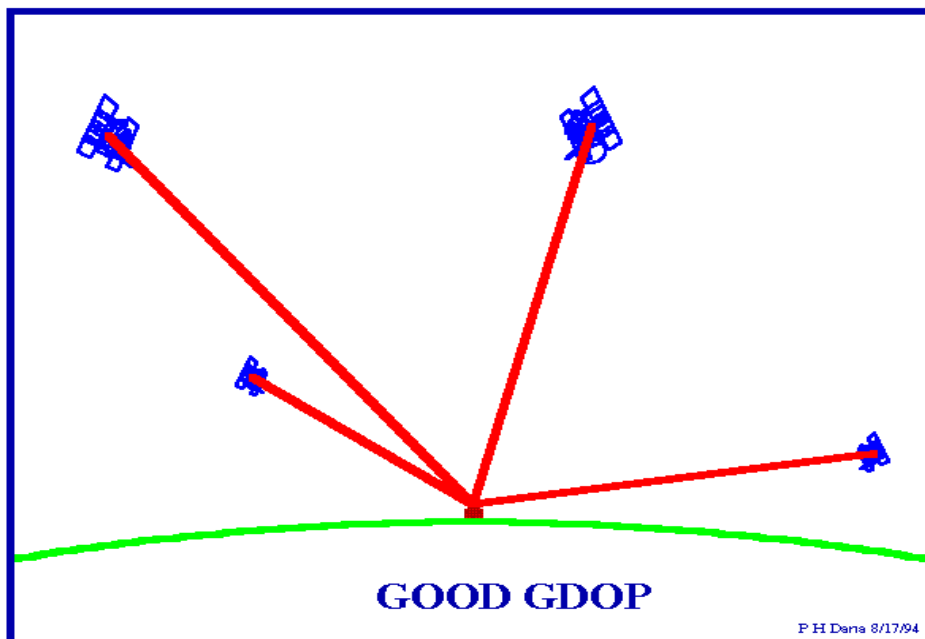
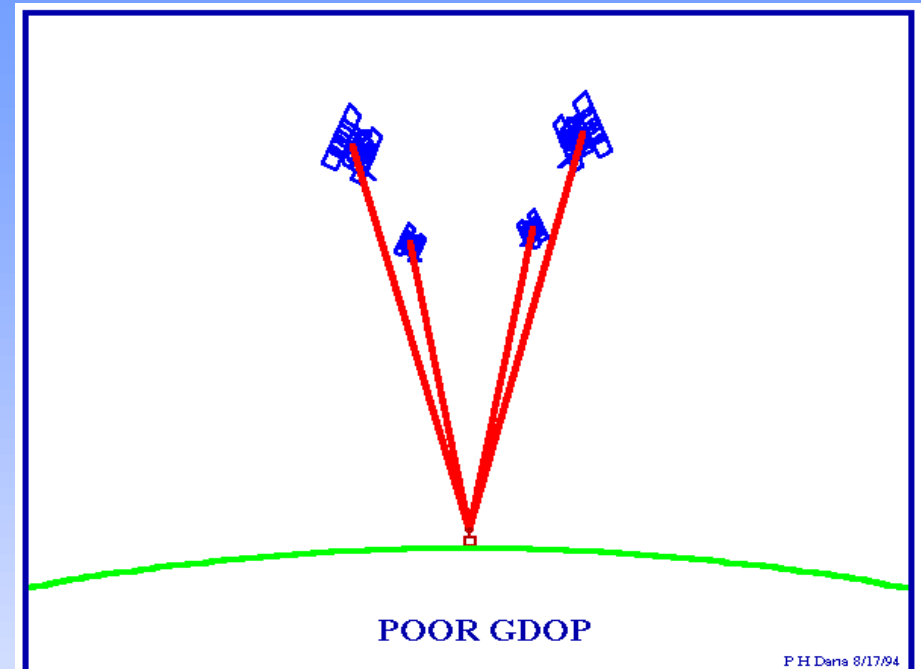
A GPS-el való mérés pontossága a műholdak geometria mérőszámai alapján:

GDOP: a térbeli helyzet és az idő középhibája.

PDOP: 3D középhibája.

HDOP: 2D középhibája.

Minél kisebbek az értékek, annál megbízhatóbb koordináták várhatók!



Egy mérési terv.



All-In-View PDOP vs Time

Station : Peac

Latitude : 47 47'23"N

Longitude : 19 16'54"E

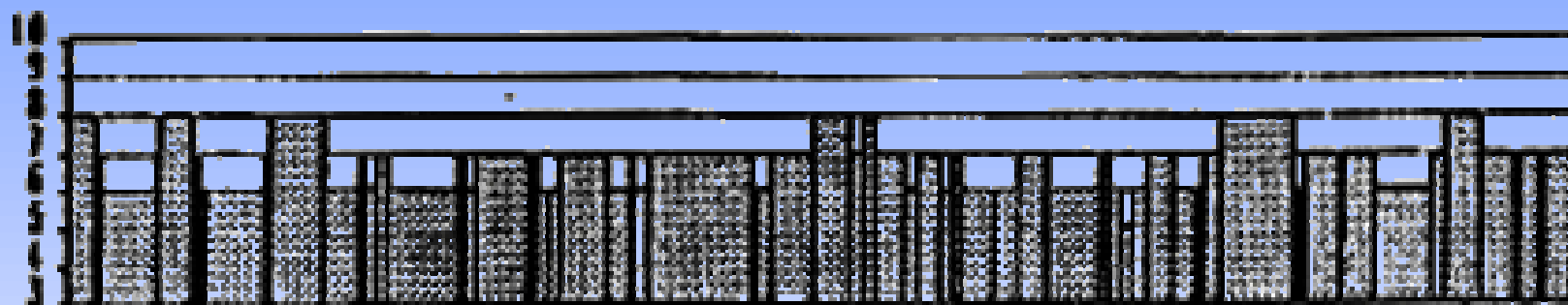
Date : 6 Dec 1993

Zone : 0:89

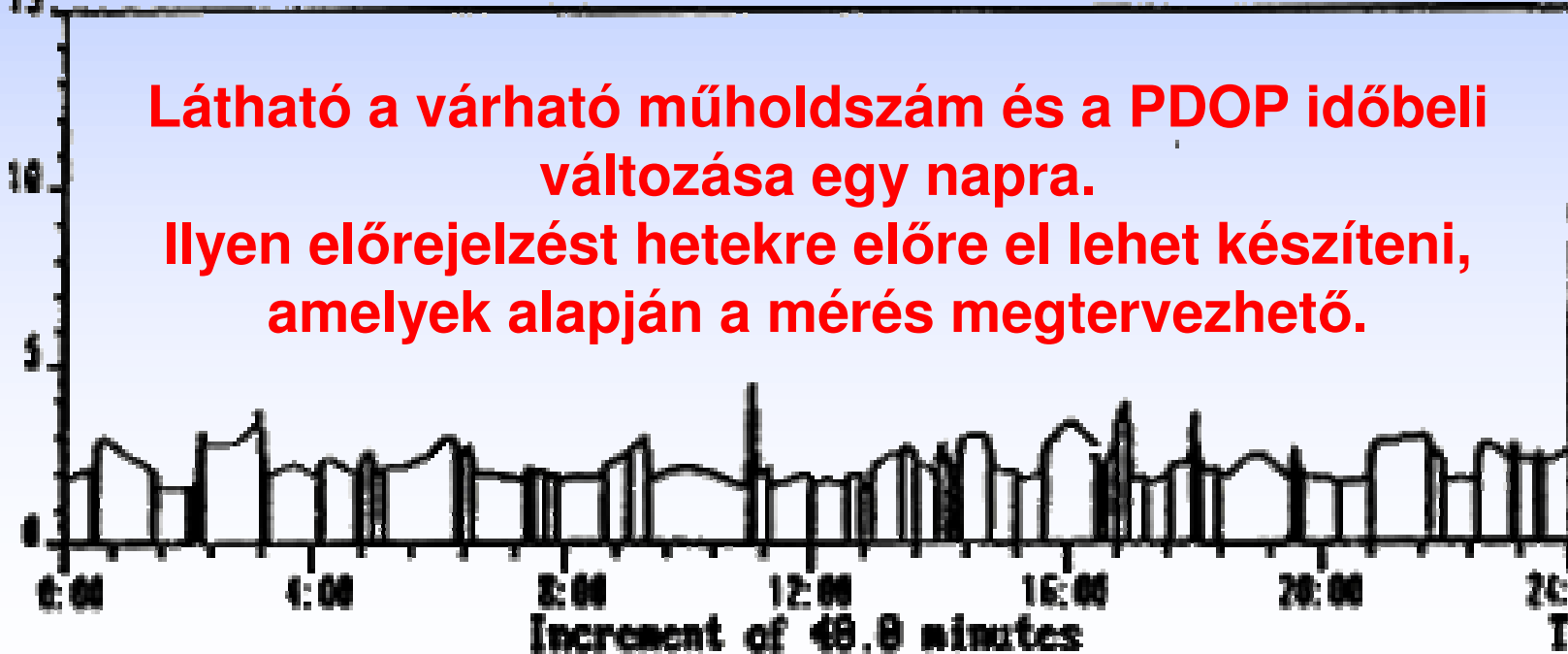
Out-off Elevation : 18

Number of Satellites

9 Channel Receiver



PDOP



Látható a várható műholdszám és a PDOP időbeli változása egy napra.

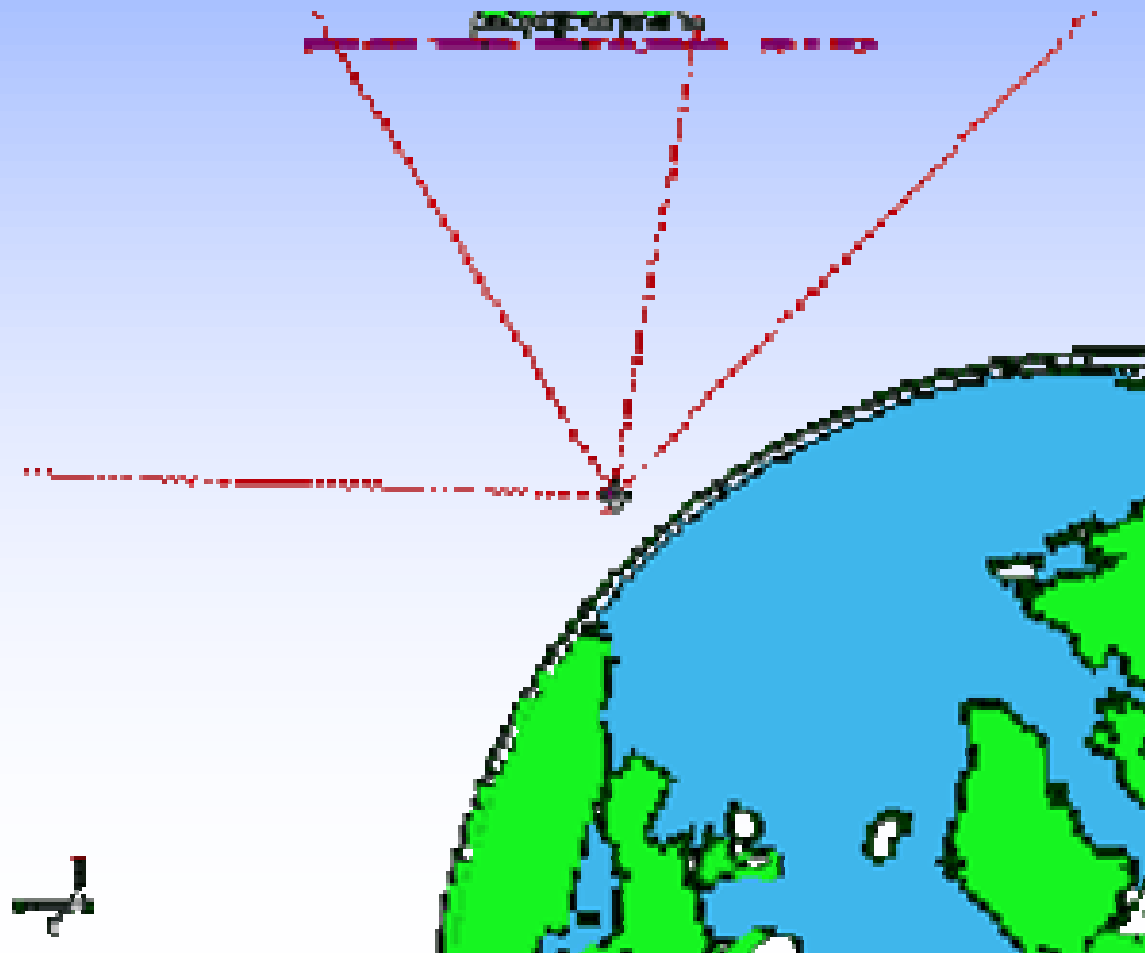
Ilyen előrejelzést hetekre előre el lehet készíteni, amelyek alapján a mérés megtervezhető.

A GPS eljárások alapvetően a vektoros térinformatikai rendszerek számára szolgáltatnak térbeli adatokat!

Raszteres rendszerek számára csak közvetve szolgáltatnak adatokat (lásd később az illesztőpontok meghatározásánál).

Egy speciális GPS alkalmazás

A Jet Propulsion Laboratory (JPL) kutatói azonban nem helymeghatározási célra szeretnék használni a GPS műholdakat. Két kis méretű, a Föld körül alacsony pályán keringő űreszköz segítségével a műholdak rádiójeleit vizsgálják a horizont közelében, amelyet GPS-okkultációs technikának neveznek.



A rádióhullámok beérkezési idejének rendkívül pontos mérése ugyanis óriási mennyiségű információt hordoz azon légköri részek fizikai viszonyairól, amelyen a jelek áthaladtak. Így nagy számú megfigyelésből az atmoszféra függőleges hőmérséklet-, nyomás, sűrűség- és víztartalom-profilja igen pontosan kirajzolódik, amelyekből ezen paraméterek globális eloszlása is megszerkeszthető.

Ez pedig óriási előrelépést jelenthet a légköri, óceáni és éghajlati folyamatok részletes megismerése felé, mert az említett profilok és térképek akár minden pillanatban frissíthetők a legújabb GPS-jelek alapján.

Szakirodalom:

**Detrekői Ákos – Szabó György: Térinformatika 2003.
[www.agt.bme.hu/tutor h/terinfor/tbev.htm](http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/tbev.htm)**