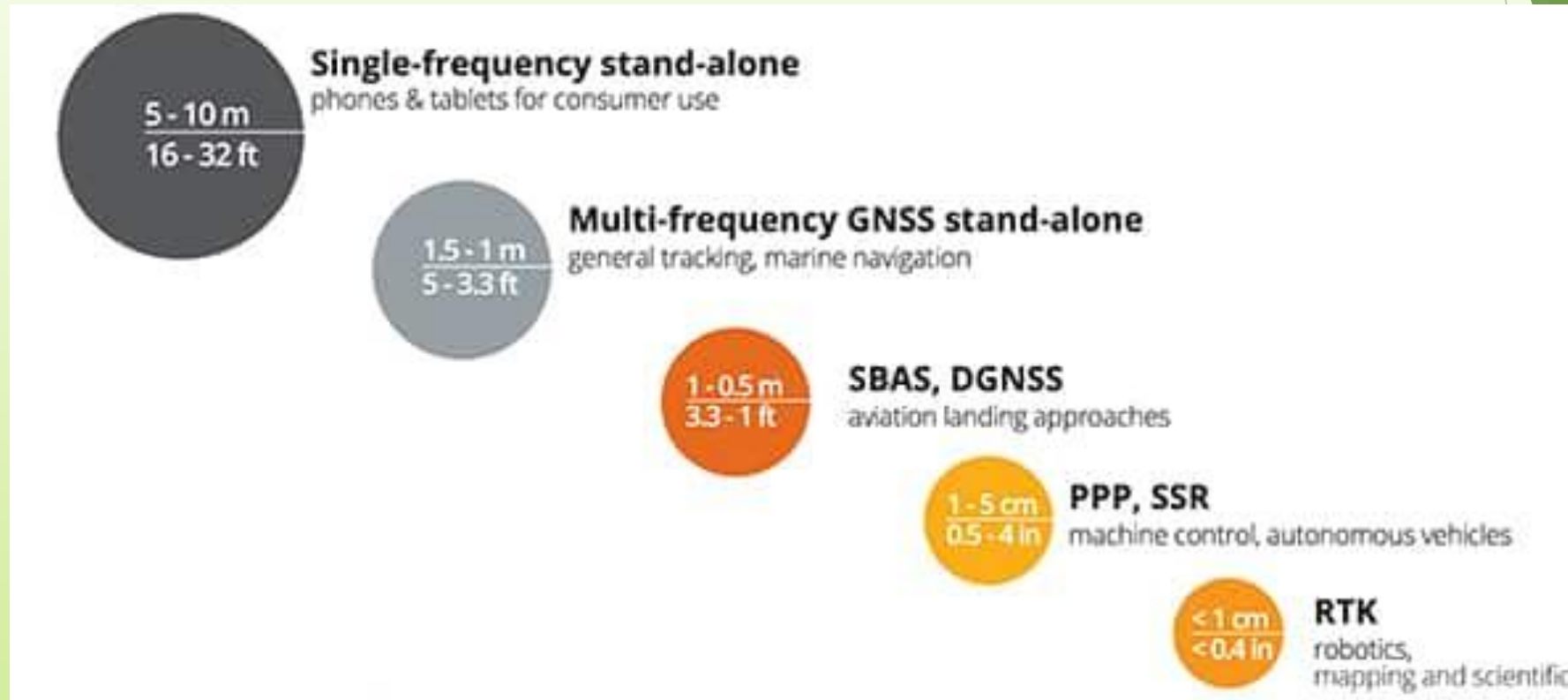


GNSS mérések végrehajtása aktív ionoszféra idején

1. A globális műholdas helymeghatározás elméleti alapjainak rövid áttekintése

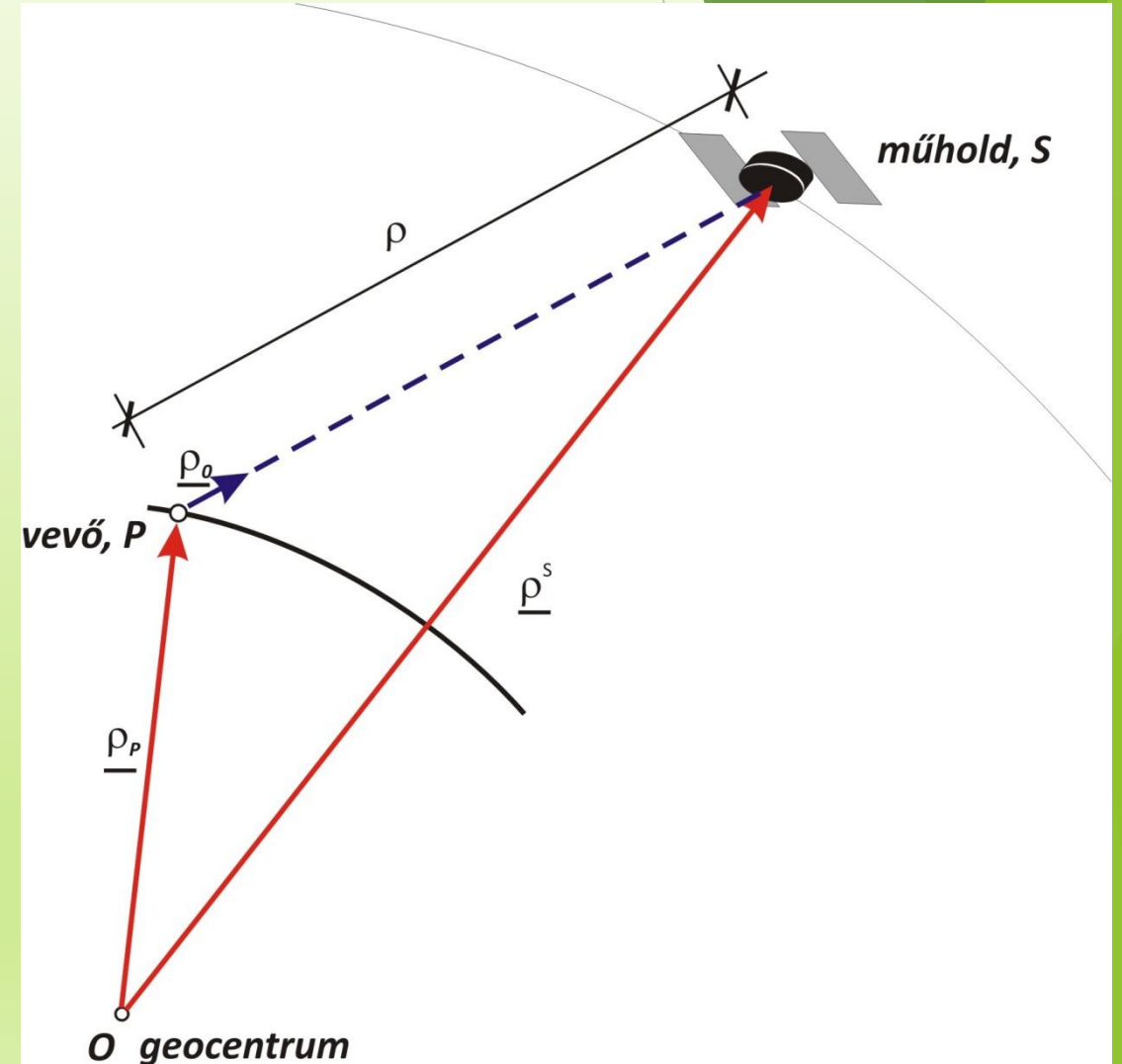
Pontossági igény:

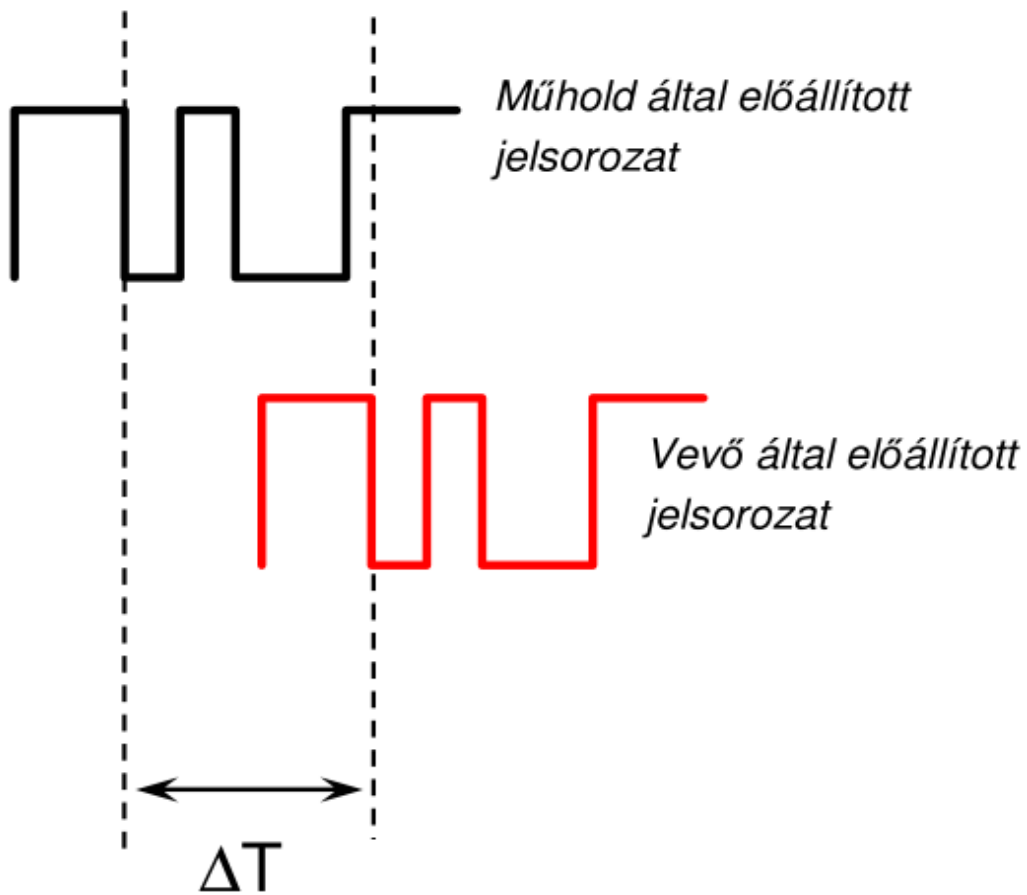


A GNSS pontossága a műholdas mérések és a kapcsolódó korrekciók elérhetőségétől és pontosságától függ. A nagy teljesítményű GNSS-vevőkészülékek több frekvencián követik a GNSS-jeleket, és több GNSS-konstellációt és különböző korrekciós módszereket használnak a szükséges pontosság és hibatűrés biztosítása érdekében. Az így létrejövő redundancia stabil működést tesz lehetővé még akkor is, ha a műholdas mérések és adatok egy része interferenciának van kitéve.

A globális helymeghatározó rendszerek alapelve:

- A műholdas trilateráció a rendszer alapja
- Műholdtól való távolság ismerete
- Pontos időmérés
- A műhold helyzetének ismerete
- Korrekciók (troposzféra, ionoszféra)





$$D = v (\Delta T)$$

Geometriai szempontból tehát 3 műholdról 3 távolságmérés szükséges a vevő helyének egyértelmű meghatározásához

A távolságot közvetett módon, az eltelt idő és a fény sebességének szorzataként határozzuk meg.

Minden műhold és minden vevőkészülék rendelkezik egy-egy órával. A műhold órája ezredmásodpercenként előállít egy jelsorozatot, amelyet elküld a vevőnek

A vevő órája szintén előállít egy jelsorozatot, hasonló gyakorisággal. A kibocsátott jel késése ebből meghatározható, az adatokból a távolság számítható!

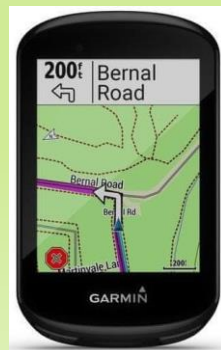
Az előzőekben feltételeztük, hogy a műhold és a vevő órája tökéletes szinkronban van, azonban ez igen bonyolult és költséges volna. Ezért az óra hibáját is meg kell határoznunk, mint ismeretlen állandót (δ)!

Így összesen 4 ismeretlent kell meghatároznunk (X, Y, Z és δ), azaz minimum 4 műhold szimultán észlelése szükséges a pontos helymeghatározáshoz!

Ez a módszer az ún. „kódmérés”.

Hátránya a geodéziai értelemben vett kis pontosság, amelyet a kódok frekvenciája okoz. 1 Mhz-es frekvencia esetén a jel mikroszekundumként érkezik, ezt az időt a fény sebességével megszorozva ~300 m pontosságot kapunk!

Minden egyéb pontosító tényező figyelembe vételével is csak néhány méteres pontosság érhető el!



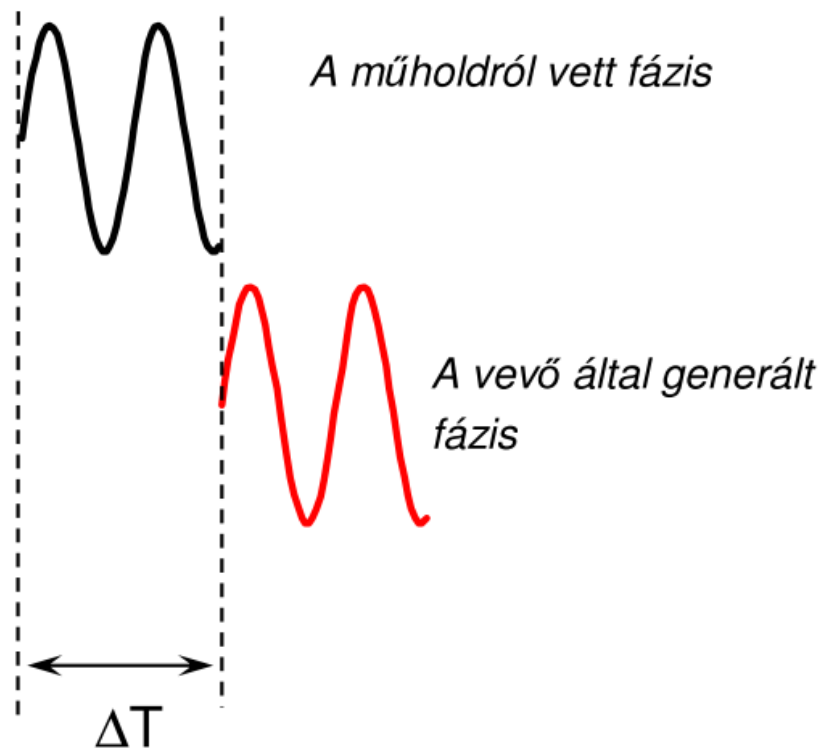
A pontosság növelése fázisméréssel lehetséges

A mérés elve hasonló a kódméréshez, de itt a vivőhullám fázisát hasonlítjuk össze a vevő által generált referenciajel fázisával. Ezzel jelentős pontosságnövekedést érhetünk el!

Az egyetlen probléma az egész hullámhosszok (λ) darabszámának meghatározása (N). Ezt nevezzük „fázis többértelműség” -nek.

A fázis többértelműség feloldása bonyolult matematikai-statisztikai modell segítségével lehetséges.

A fázismérés pontossága általában kb. 1%-a a hullámhossznak (1-2mm!)

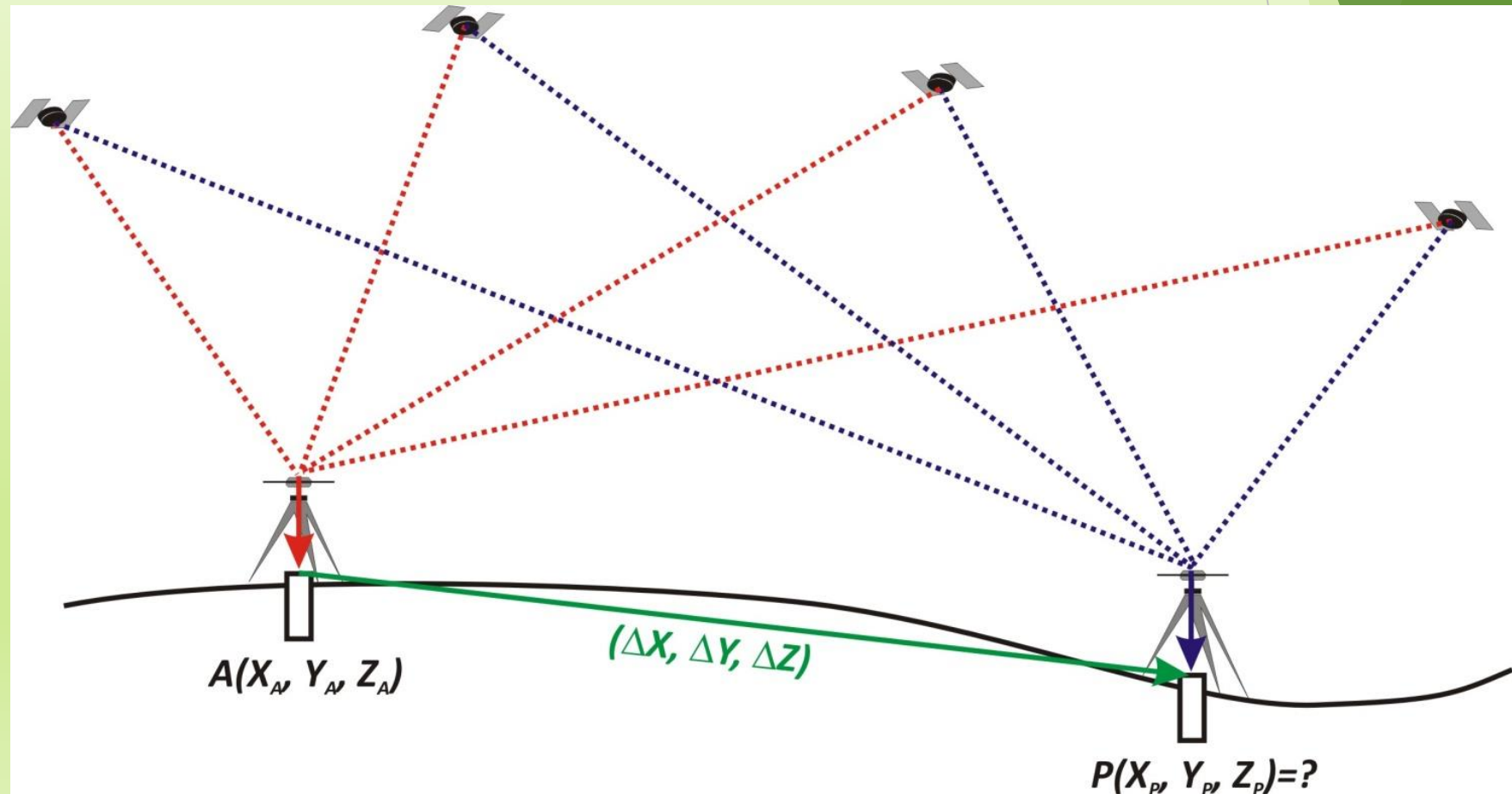


$$D = c \Delta T + \lambda N$$

Hogyan lehet az abszolút pontosságot növelni?

Differenciális GNSS méréssel (**relatív helymeghatározás**): egy rögzített helyzetű ponthoz képest határozzuk meg a további pontok ΔX , ΔY és ΔZ koordinátakülönbségeit

- két vevővel mérünk azonos időben, azonos műholdakra
- A műhold és a vevő órahibája kiejthető, a légköri hibák minimálisra csökkenthetők



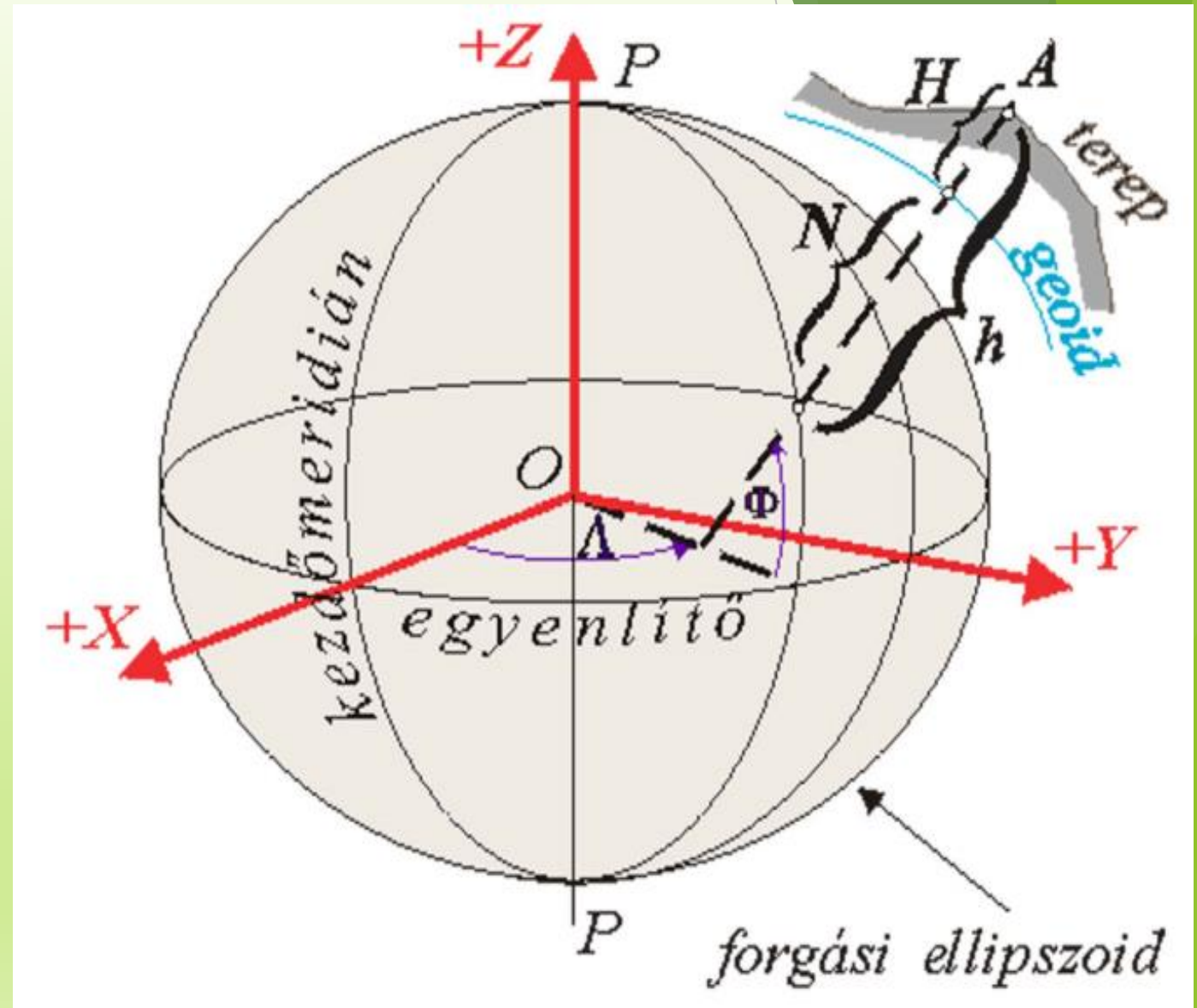
Koordinátarendszerek:

WGS84: World Geodetic System 1984

Geocentrikus térbeli koordinátarendszer:

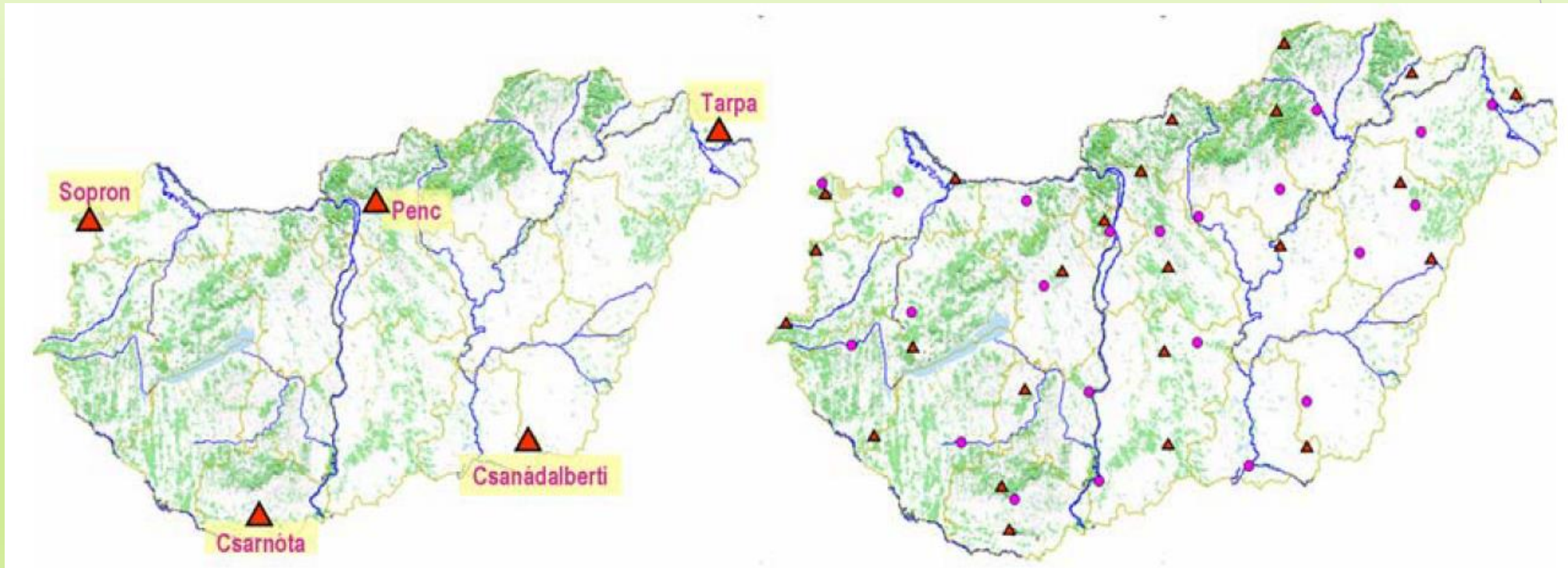
X, Y, Z vagy φ, λ, h

A GNSS vevővel mért adatok: φ, λ, h



ETRS89 azaz *European Terrestrial Reference System* az Európában kiépített EUREF térbeli kerethálózat vonatkozási rendszere. Gyakorlatilag megegyezik a WGS84 rendszerrel (kicsit eltérő ellipszoid az alapfelülete)

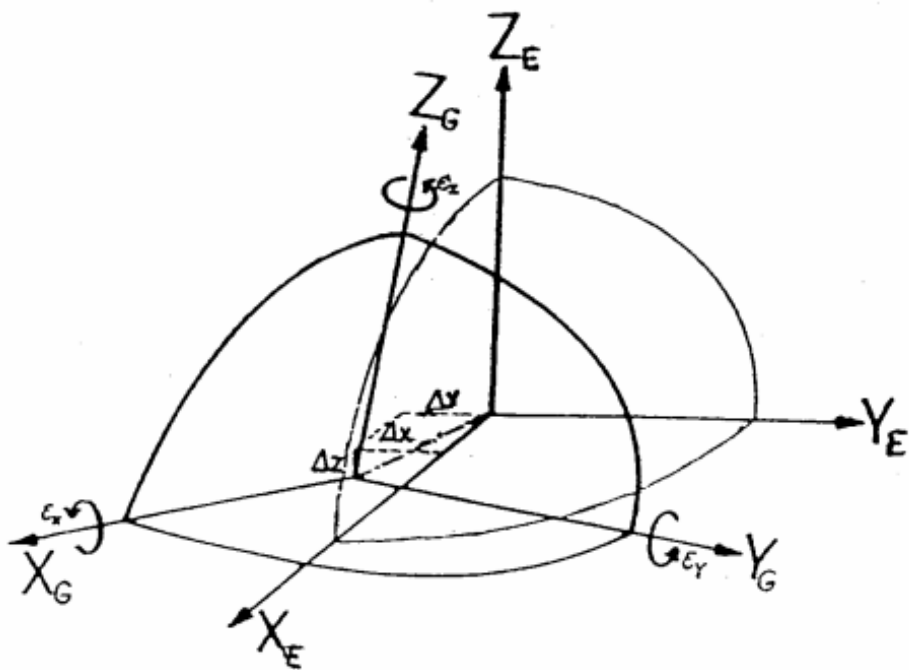
Mivel az eurázsiai kőzetlemez évi 2- 3 cm-rel mozog északkeleti irányban, az ETRS rendszert csak az európai táblán elhelyezkedő alappontok, az Európai Vonatkozási Keretpontok koordinátái és sebességei valósítják meg.



Az Országos GPS hálózat ETRF rendszerbe illesztéséhez felhasznált pontok 1995-ben és 2007-ben

WGS84 koordináták transzformálása EOY-be

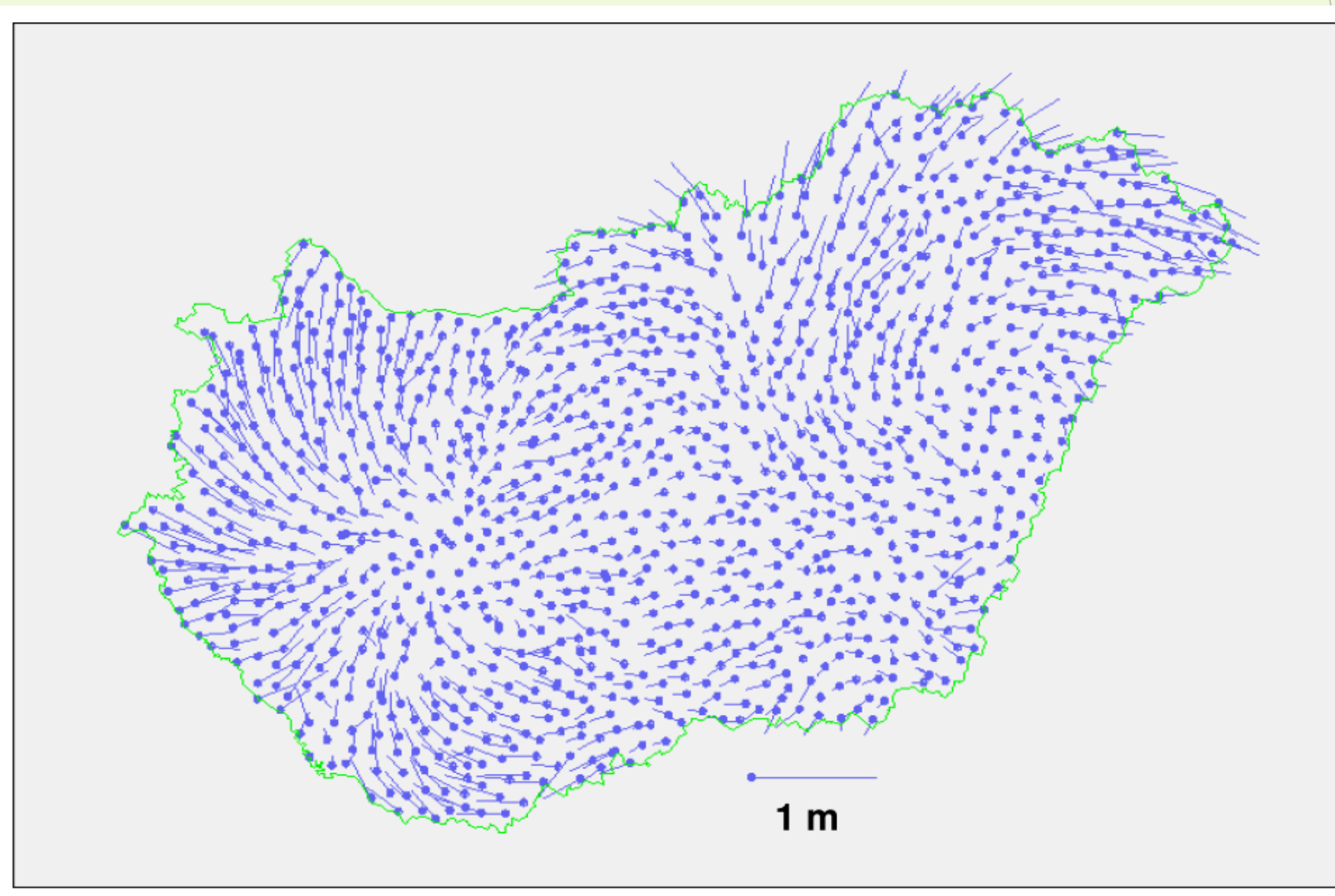
Térbeli Helmert (Bursa-Wolf) transzformáció - 7 paraméter (min. 3 közös pont)



$$\begin{bmatrix} X_E \\ Y_E \\ Z_E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta_X \\ \Delta_Y \\ \Delta_Z \end{bmatrix} + K \begin{bmatrix} 1 & \epsilon_z & -\epsilon_y \\ -\epsilon_z & 1 & \epsilon_x \\ \epsilon_y & -\epsilon_x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_G \\ Y_G \\ Z_G \end{bmatrix}$$

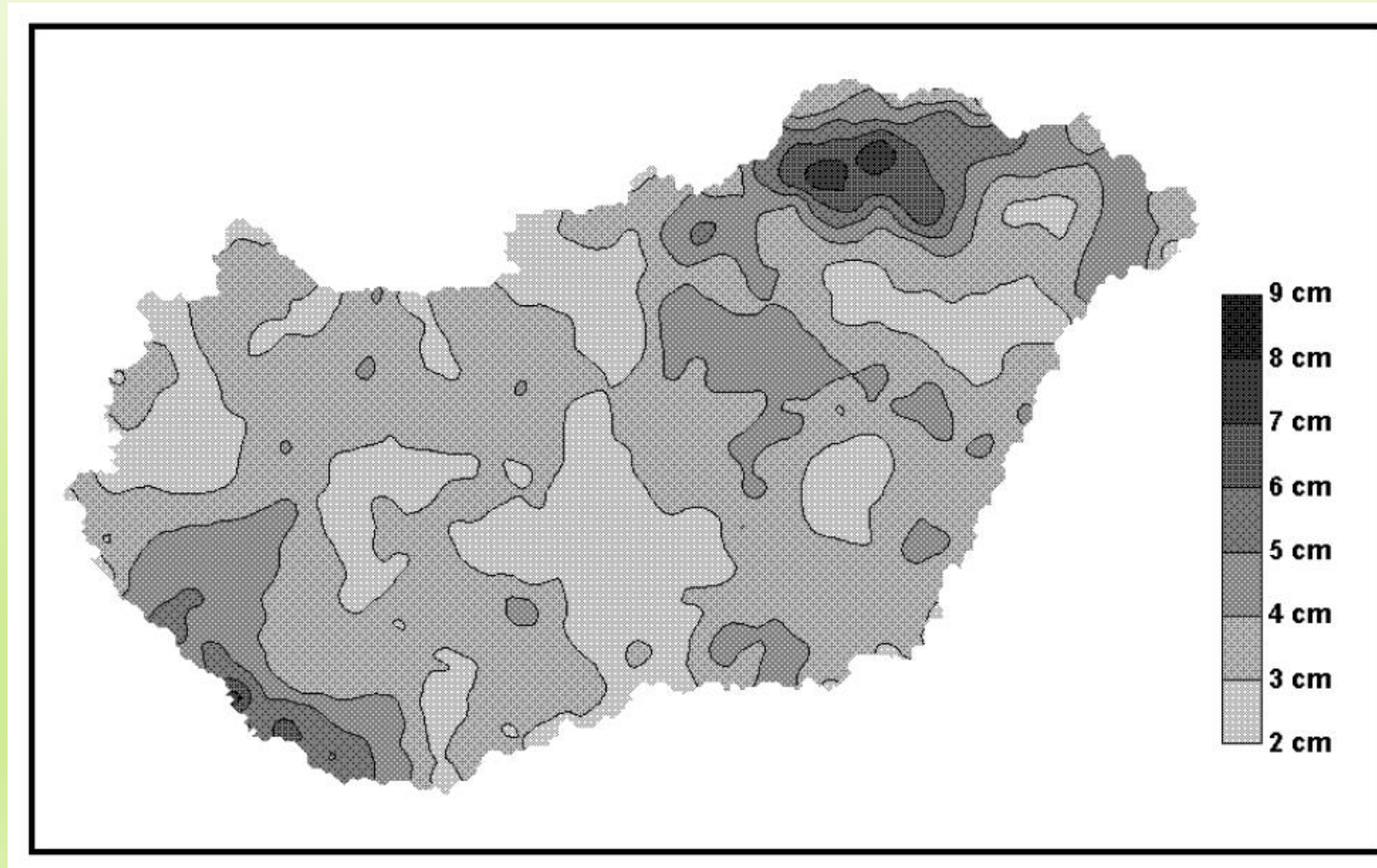
Országos transzformáció - egy paraméter készlettel nem kielégítő pontosságú

EOVA torzulásai az OGPSH alapján



Megoldás: lokális paraméterkészletek alkalmazása!

1991 - EHT² (EUREF-EOV Hivatalos Helyi Térbeli Transzformáció) - OGPSH pontok alapján



VITEL: Valós Idejű GNSS helymeghatározásnál használatos terepi Transzformációs ELjárás

A mért ETRS89 koordinátákból HD72 rendszerbe

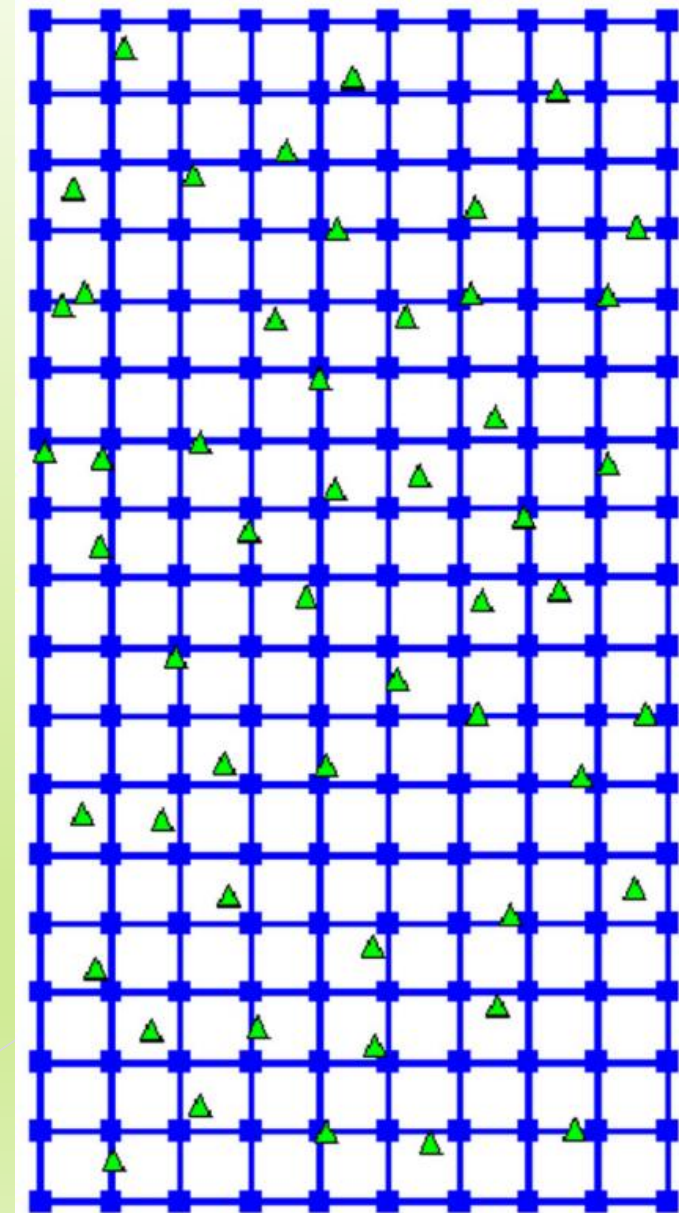
- Ellipszoidi földrajzi kooordináták (φ , λ , h) és előzetes síkkordináták (y_0 , x_0 , h_0) számítása vetületi egyenletek alapján
- Szomszédos rácspontok dy , dx , dh értékei alapján az előzetes koordináta helyére interpolálással kapjuk meg az aktuális korrekciókat
- A korrekciókat hozzáadva az előzetes koordinátákhoz, megkapjuk a végleges EOVS koordinátákat

OGPSH pontok alapján 5 x 5 km-es rácsháló: 105 x 67 = 7035 adat

Korrekciók meghatározása:

1. EOVS vetületi egyenletekkel és országos paraméter-készlettel a rácspontok kerek EOVS koordinátáit (y_0 , x_0 , h_0) átszámítjuk a WGS84 (ETRS89) rendszerbe (Y , X , Z). Magassági koordináta (h_0) minden pontban nulla!
2. A rácspontok így meghatározott (Y , X , Z) koordinátáit az EHT² programmal visszaszámítjuk az EOVS rendszerbe (y_L , x_L , h_L)
3. Minden rácsponton számítjuk $dy=y_L-y_0$, $dx=x_L-x_0$, $dh=h_L-h_0$ eltéréseket

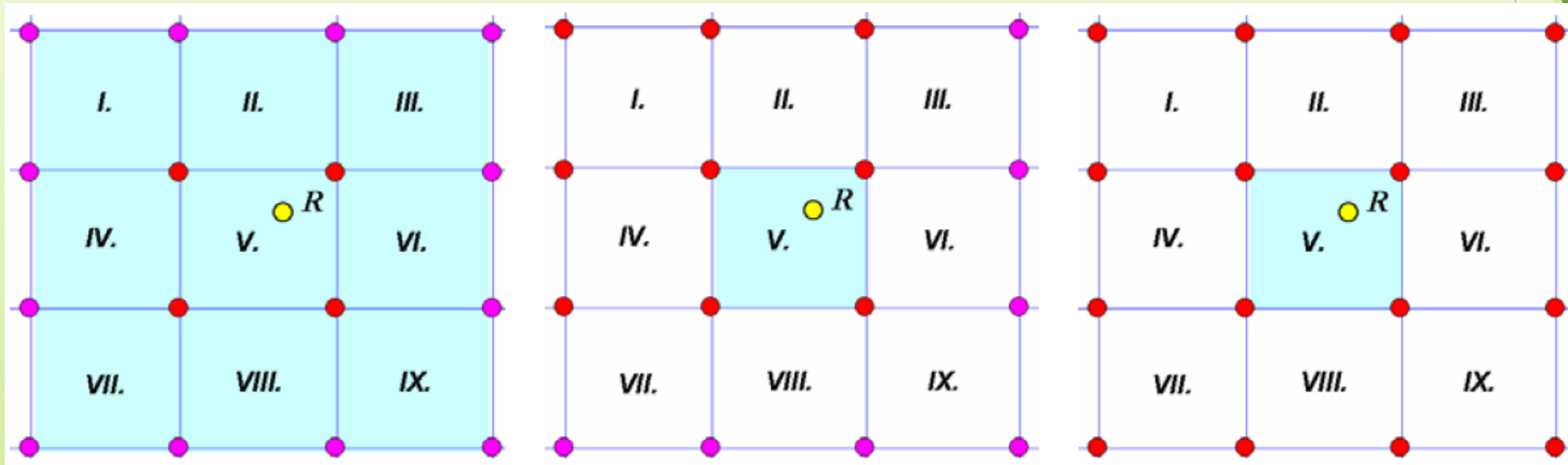
Megj.: országos paraméterek számításánál a helyi rendszerben $h=H$, azaz a geoidunduláció zérus!



VITEL 2006-tól (FÖMI-KGO)

Lehetővé teszi a transzformáció automatizálását

2007 májusától az RTCM üzenetben a rover beküldött pozíciója körüli 16 rácspont javításait továbbítja a rendszer:



lineáris

négyzetes

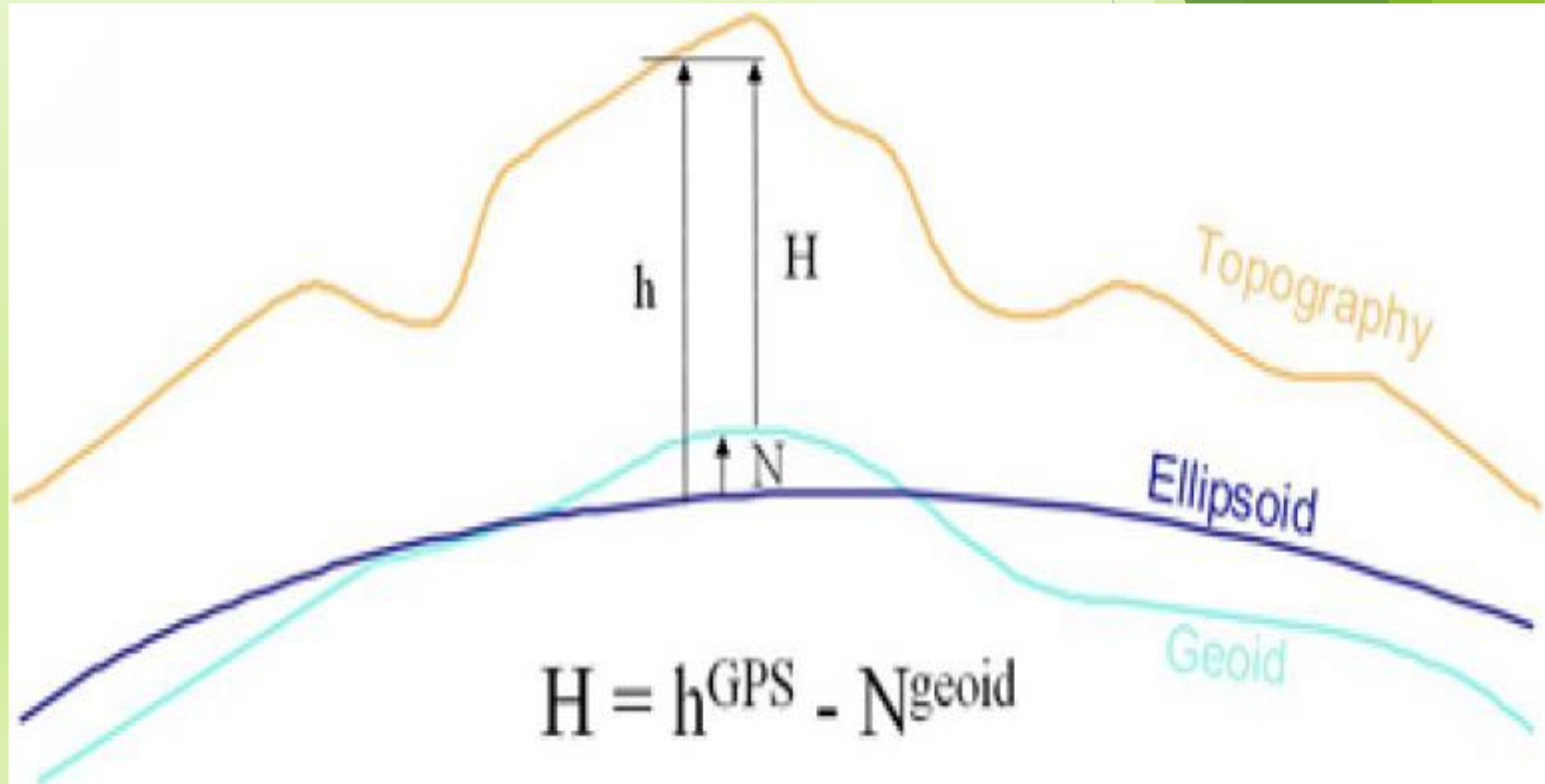
spline interpoláció

Magasságilag kevésbé jó a transzformáció, ehhez az kellene, hogy minden OGPSH pont rendelkezzen szintezett magassággal. 2024 tavaszára ígérik az új VITEL eljárás bevezetését - magasságilag is jobb lesz!

Magasság problémája:

A gyakorlatban a magasságon a pontok geoid feletti magasságát (H) értjük és nem a GPS-szel mérhető ellipszoid feletti (h) magasságot.

$h - H = (N)$ geoidunduláció



Magasság problémája:

„Ökölszabály”: A műholdgeometriából adódóan a magassági meghatározás hibája általában a vízszintes hiba kétszerese.

