

# GLOBÁLNE NAVIGAČNÉ SATELITNÉ SYSTÉMY (GNSS)

---

**PREDNÁŠKA 3**

# GNSS

## NAVSTAR GPS

### ŠTRUKTÚRA, PRINCÍP ČINNOSTI, ZÁSADY a OSOBITOSTI



## ČAS *GPS*

*systemový čas GPS*



- **Čas GPS (systémový čas GPS)** ako štvrtý rozmer časopriestoru má spolu s frekvenciou dôležitú úlohu vo všetkých satelitoch a prístrojoch (prijímačoch) GPS.
- **Čas GPS má dvojakú úlohu:**
  1. *umožňuje získať presné veľmi dlhé vzdialenosti*
  2. *dáva do vzájomného vzťahu súradnicový systém satelitov a polohu bodov na Zemi*



*Prvé atómové hodiny z roku 1955.*

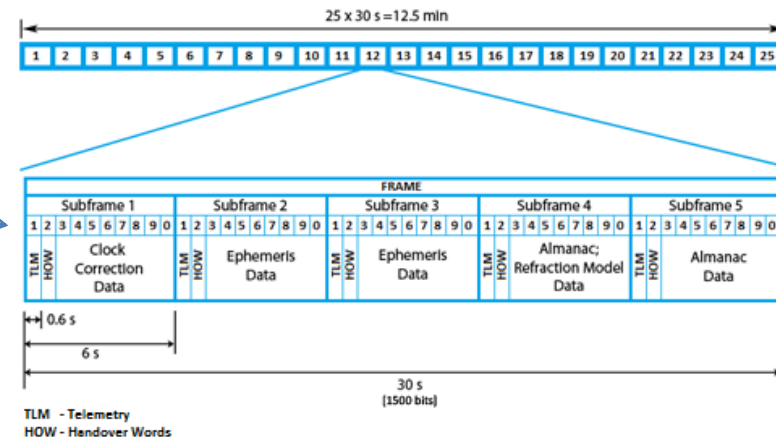
➤ **Systémový čas GPS** počíta čas týždňa a v týždni pomocou atómových sekúnd

- Atómová sekunda je kratšia ako sekunda odvodená od rotácie Zeme
- Jeden týždeň má teda **604 800 atómových sekúnd**
- Počiatok systémového času GPS bol položený do okamihu **0:00 hod. UTC dňa 6.1.1980**.
- Jeho vzťah k medzinárodnému atómovému času je **19 sekúnd** a k UTC platí od **1.1.1996 11 sekúnd**



*Atómové hodiny*

- **Systémový čas GPS – TGPS (Time GPS)** pozostáva z dvoch hodnôt:
  - *poradového čísla GPS týždňa*,
  - *počtu sekúnd v rámci GPS týždňa*
- **TPGS** sa riadi hlavnými kontrolnými hodinami (*Master Control Clock*)
- **TPGS** sa uvádza v **týždňoch** (*Time of Week*) a **sekundách**
- Je synchronizovaný s časom **UTC** s presnosťou na **jednu mikrosekundu**.
- Rozdiel je len v tom, že **TPGS** nemá zabudovaný mechanizmus prestupných sekúnd, a preto sa postupne oneskoruje za časom UTC. **Navigačná správa** každého satelitu obsahuje údaje, ktoré umožňujú prepočítať TGP na čas UTC a eliminovať tak toto oneskorenie.



A banner image at the top of the slide. On the left, a satellite is shown in orbit. On the right, a portion of the Earth is visible from space. The text 'GNSS' is written in large, bold, cyan letters on the left side of the banner.

# GNSS

## NAVSTAR GPS

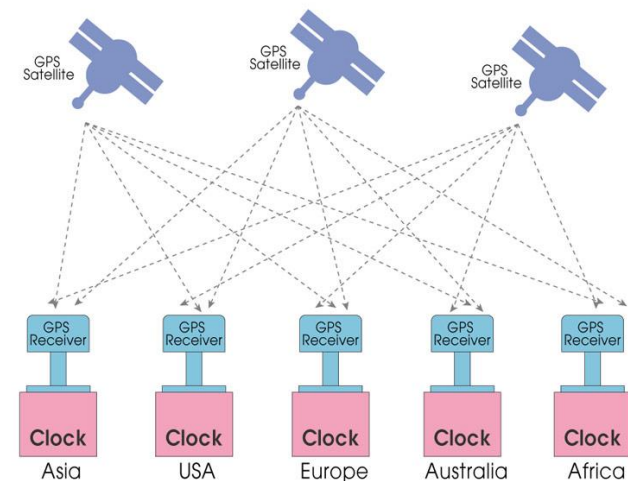
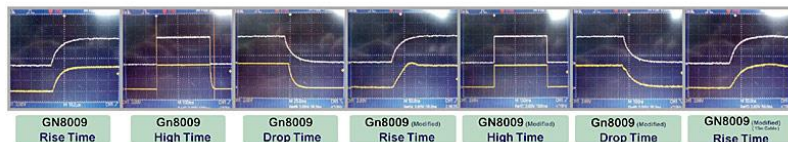
### ŠTRUKTÚRA, PRINCÍP ČINNOSTI, ZÁSADY a OSOBITOSTI



## TGPS (Time GPS)

<http://www.leapsecond.com/java/gpsclock.htm>

- „**Satelitný (družicový)**“ čas si udržiava každý satelit samostatne
- Každá družica vybavená až **4 atómovými hodinami** (2Cs + 2 Rb)
- Časy jednotlivých satelitov sú sledované **pozemnými monitorovacími stanicami** (**Master Control Clock**) a v prípade potreby koordinované tak, aby sa udržal rozdiel oproti **TGPS** pod **jednu milisekundu**
- Navigačná správa každého satelitu obsahuje údaje nevyhnutné pre korekciu posunu medzi **satelitným časom** a **TGPS**, t.j. eliminácia oneskorenia



# GNSS

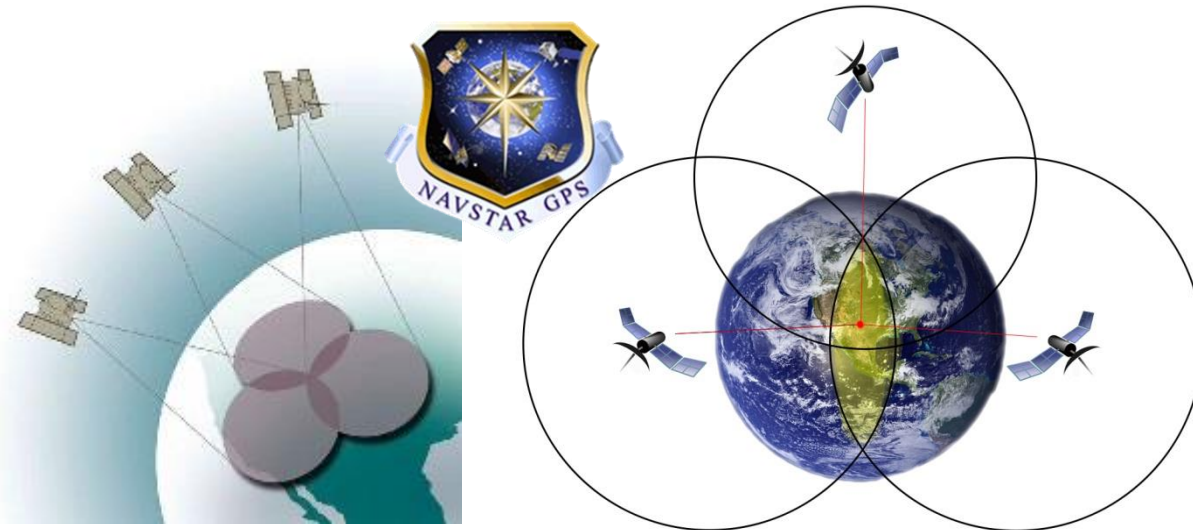
## NAVSTAR GPS

### ŠTRUKTÚRA, PRINCÍP ČINNOSTI, ZÁSADY a OSOBITOSTI



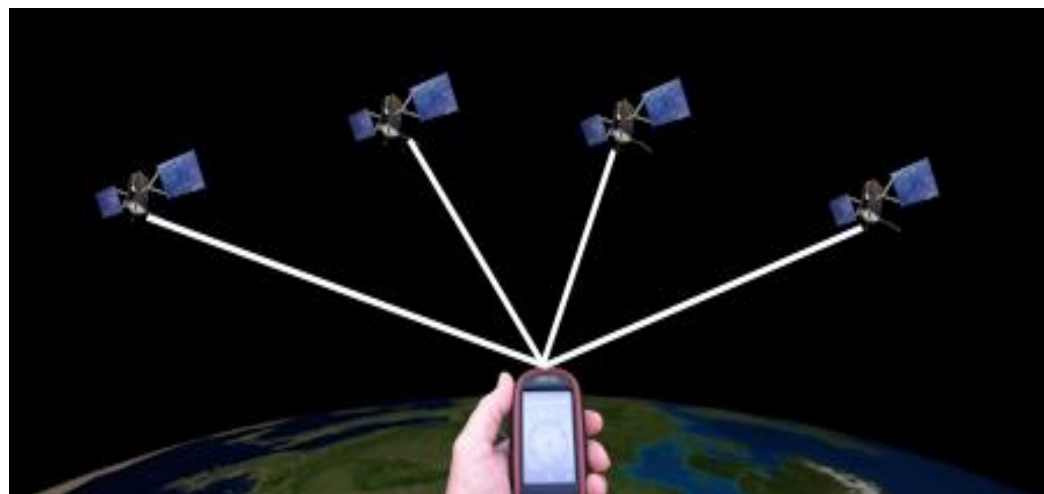
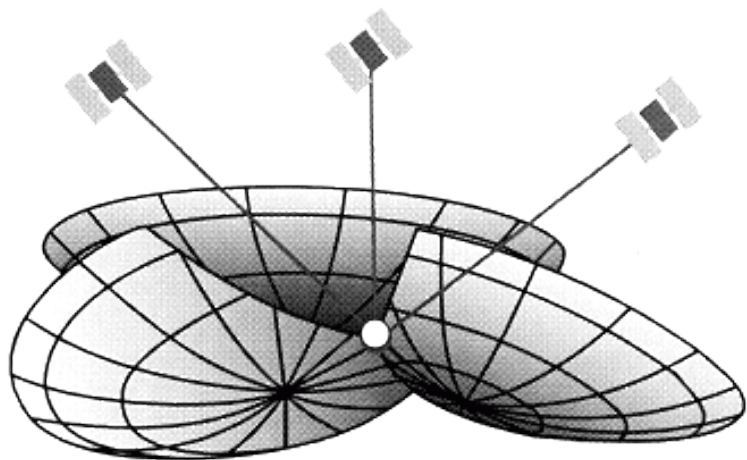
## ***PRINCÍP ČINNOSTI GPS***

*Princíp merania GPS*



## ➤ Ako GPS pracuje?

- V GPS prijímači - určovanie **polohy meraného bodu** z priesečníka guľových **plôch**, ktorých **polomer** je daný meranými vzdialenosťami: **satelit-prijímač**
- Meranou veličinou je **doba šírenia rádiového signálu** - nameraný čas sa prepočítava na **vzdialenosť - dĺžkomerný systém**
- Každý satelit v **navigačnej správe** vysiela i parametre svojej dráhy - **efemeridy**, z ktorých sa dá vypočítať poloha, t.j. **3D súradnice (x, y, z) družice**
- Rýchlosť šírenia signálu je rovná **rýchlosti svetla**  $c = 299\,792\,458\text{ m/s}$

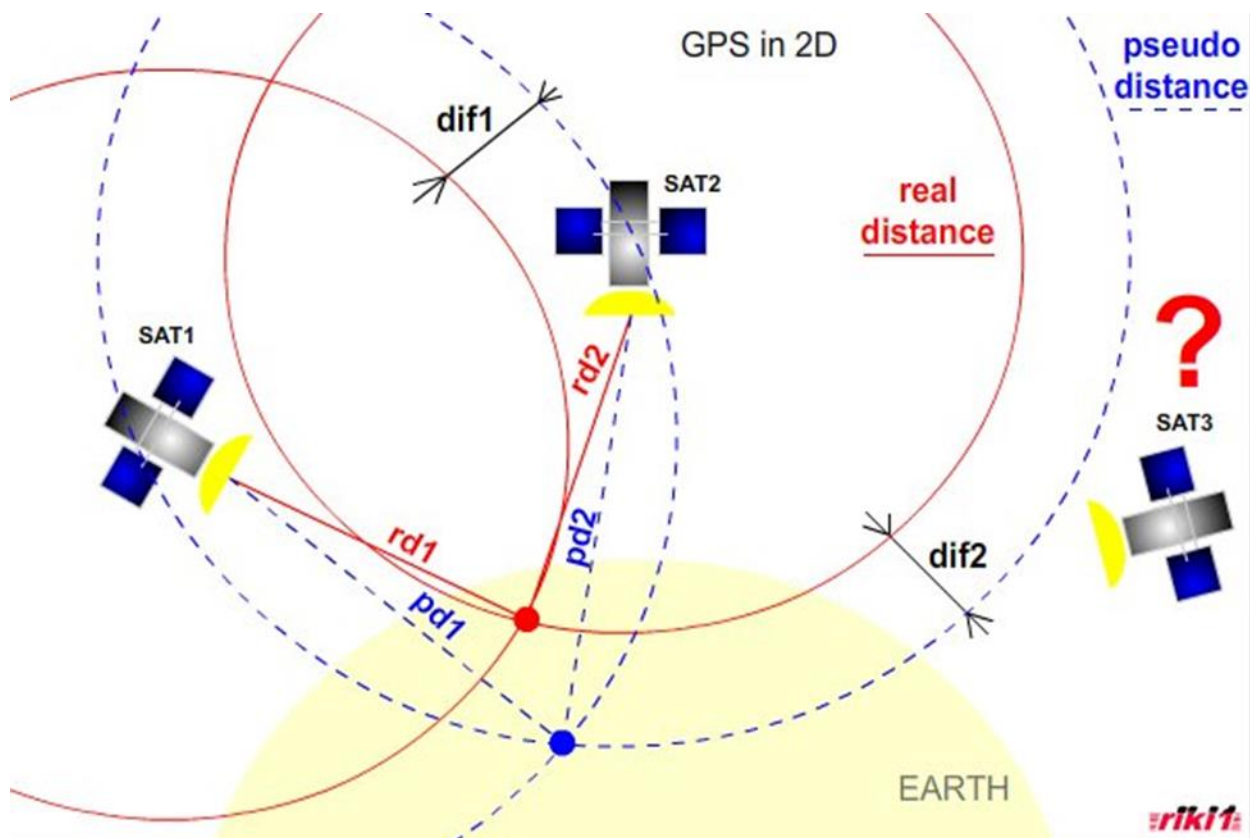


- Z **časového rozdielu** medzi časom vyslania rádiového signálu (vlny) z družice a časom jeho príjmu v prijímači GPS sa dá vypočítať tzv. **pseudovzdialenosť** (satelit-prijímač).
- Pojem **pseudovzdialenosť** sa používa z toho dôvodu, že určovaná vzdialenosť satelit-prijímač GPS je zaťažená istými chybami hodín na satelite a v prijímači GPS, resp. z „nesprávneho“ chodu hodín.

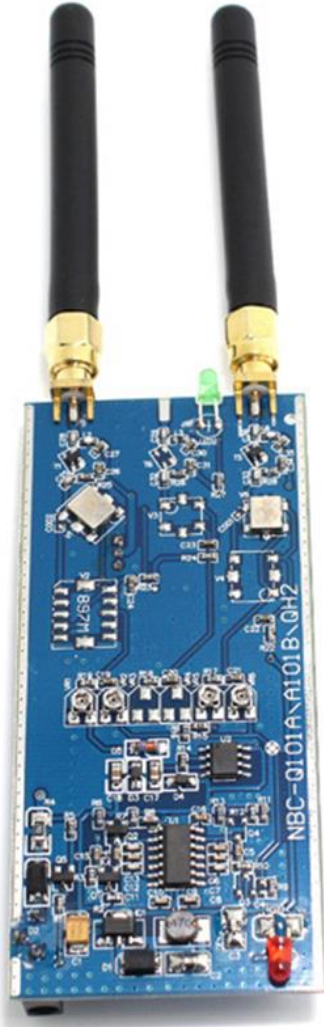
- **Pseudovzdialenosť**  $D$  (satelit–prijímač) sa určí zo vzťahu:

$$D = c(t_p - t_s) + c(dt_p - dt_s) = cdt$$

- $c$  - rýchlosť svetla
- $t_p$  - čas príjmu podľa hodín v prijímači GPS
- $t_s$  - čas vysielania podľa palubných hodín na satelite
- $dt_p, dt_s$  - opravy pozemných a palubných hodín (t.j. hodín na satelite a hodín v prijímači GPS) na spoločný etalónový čas



Názorný príklad. Skutočná vzdialenosť a pseudovzdialenosť medzi satelitom a prijímačom GPS.



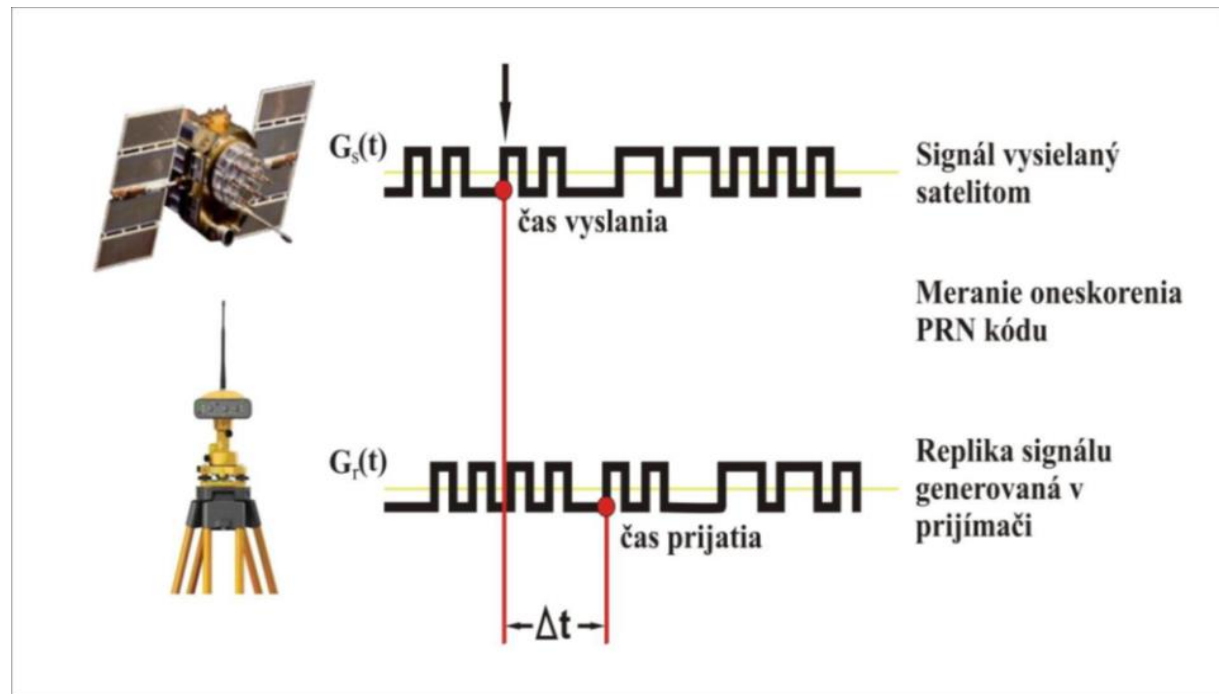
➤ **Základné princípy merania pseudovzdialenosti**

- Každý prijímač GPS obsahuje **vlastný generátor**, ktorý umožňuje generovať pre špecifický satelit odpovedajúci kód *C/A PRN-kód* rovnakou rýchlosťou
- Prijímač najprv musí pre neznámy satelit nájsť odpovedajúci *PRN-kód* a potom musí postupným posúvaním prijímačom generovanej sekvencie dosiahnuť úplnú zhodu obidvoch signálov
- To znamená, že v prijímači GPS sa **generuje elektromagnetické vlnenie**, ktoré je referenčné elektromagnetickému vlneniu vysielaného z príslušného satelitu (t.j. obe rádiové vlnenia majú rovnakú charakteristiku).

*Professional GPS Signal Generator Test Module w/ Antennas.*

## 1. Kódové meranie pseudovzdialenosti (tiež časové meranie)

- Oscilátor prijímača generuje referenčnú nosnú vlnu, ktorá je následne modulovaná replikou známeho *PRN*- kódu. Tento referenčný signál sa potom porovnáva v prijímači so signálom prijatým zo satelitu
- Keďže oba signály majú zhodný **PRN-kód** (*Pseudo Random Noise*), ich korelácia umožní nájsť ich vzájomný časový posun.
- V prijímači sa vytvorí replika referenčného signálu, ktorá sa posúva po bitoch a porovnáva sa s prijatým kódom



## 1. Kódové meranie pseudovzdialenosti (tiež časové meranie)

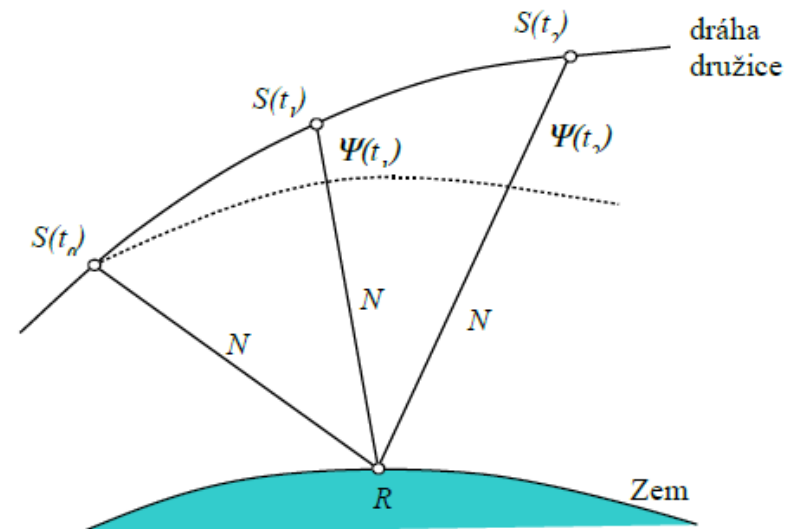
- Ide o základný princíp merania pseudovzdialeností z hľadiska primárnej koncepcie systému GPS, ktorý dovoľuje prácu v reálnom čase
- Na určenie polohy stačí samostatné meranie jedným prijímačom
- Výsledná presnosť závisí od toho, či ide o štandardnú polohovú službu (*Standard Positioning Service*) využívajúcu **C/A-kód**, ktorá zabezpečuje s 95 % pravdepodobnosťou polohovú presnosť **10 m**, alebo o presnú polohovú službu (*Precise Positioning Service*) s **P-kódom**, ktorá zabezpečuje s 95 % pravdepodobnosťou polohovú presnosť **1 m**.
- Merania kódov družíc GPS sa využívajú na **absolútne určovania polohy** a sú základom pre **navigačné aplikácie** systému. Prijímače GPS s nižšou presnosťou → navigačné GPS.



## 2. Fázové meranie pseudovzdialenosti

- V prijímači GPS nastáva **porovnanie fázy prijatého referenčného signálu** (emg. vlnenia) zo satelitu s **generovaným signálom** (emg. vlnenie) v prijímači GPS.
- Fázy oboch vlnení sa porovnávajú pre zistenie **fázového posuny  $\Delta\varphi$** .
- Je možné určenie počtu celých vln (integer ambiguity) na dráhe satelit-prijímač
- Pre veľmi presné GPS merania (geodetické prijímače GPS) na **GPS lokalizáciu**, t.j. pre veľmi presné určenie 3D polohy (s presnosťou niekoľkých centimetrov až milimetrov; **2-3 cm až 5 mm**).

*Dráha satelitu a zmena vzdialenosti (fázové meranie pseudovzdialenosti).*

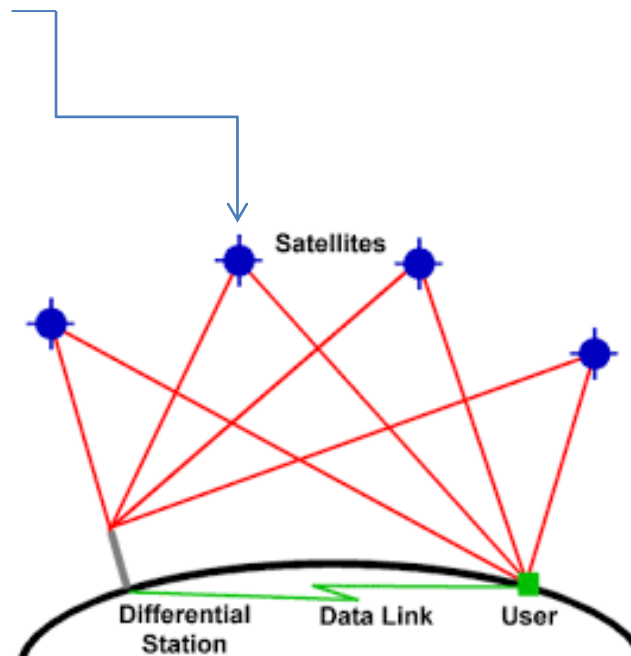
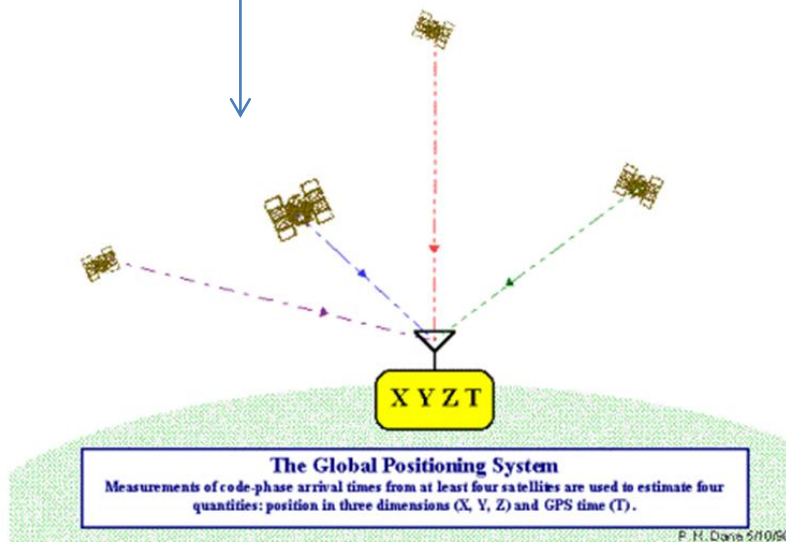


## GPS METÓDY URČOVANIA POLOHY BODU

➤ Konceptia GPS umožňuje určovanie polohy dvoma základnými metódami:

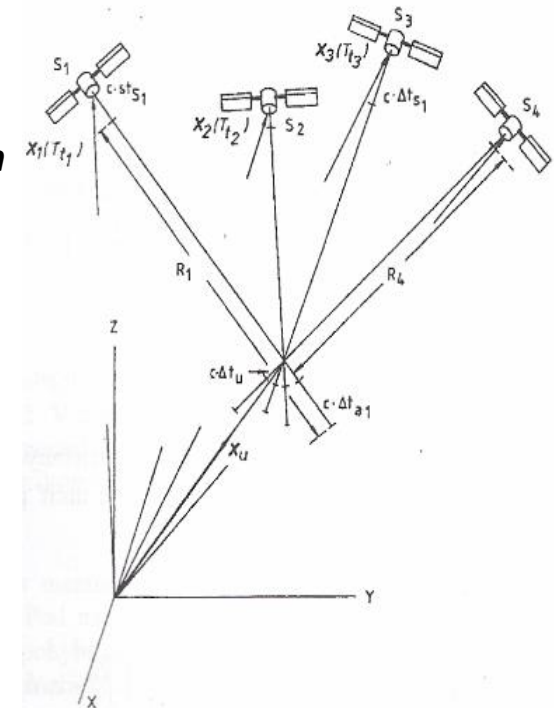
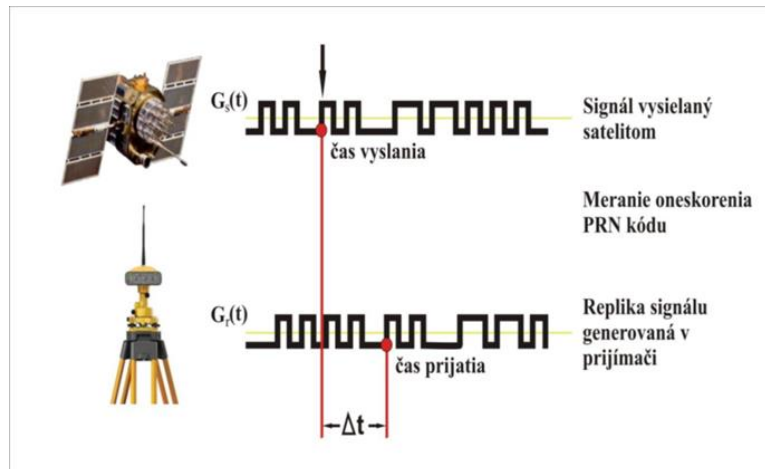
❑ **ABSOLÚTNE** určovanie polohy

❑ **RELATÍVNE** určovanie polohy



## ❑ ABSOLÚTNE URČOVANIE POLOHY (Point Positioning)

- Na meranie stačí **jedna** aparatúra.
- Na výpočet polohy sa využíva určovanie pseudovzdialenosti medzi satelitom a prijímačom pomocou **pseudonáhodných kódov** (tzv. **časové GPS meranie**).
- Je založené na meraní časového rozdielu  $\Delta t$  medzi časovým okamihom vyslania elektromagnetického vlnenia (signálu) satelitu a časovým okamihom prijatia tohto vlnenia v prijímači GPS na zemskom povrchu na základe porovnávania s generovaným vlnením v prijímači GPS.*

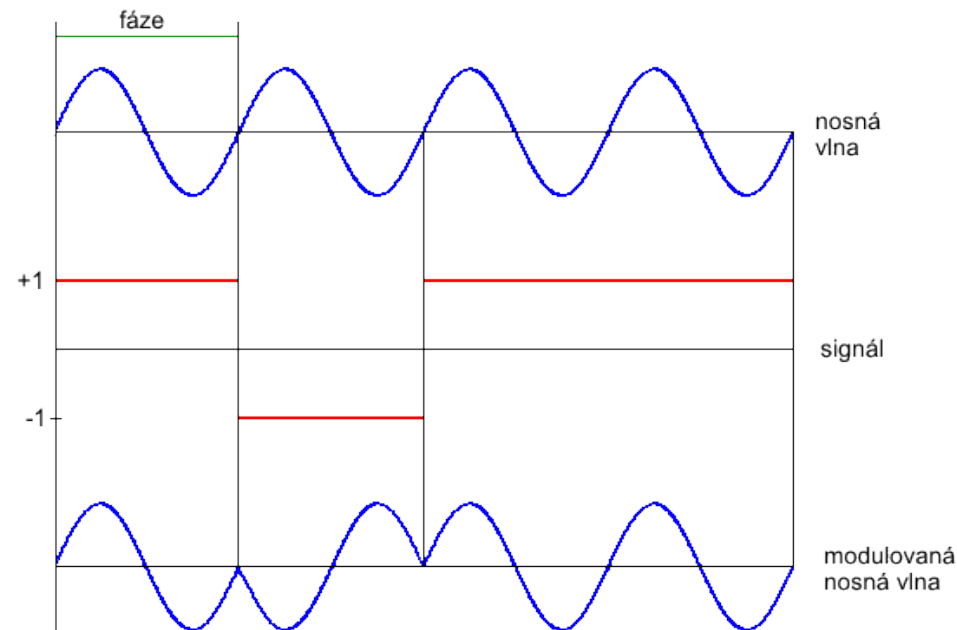


## ❑ RELATÍVNE URČOVANIE POLOHY

- Zaručuje vyššiu presnosť GPS.
- Princíp je rovnaký ako u elektronických diaľkometerov, t.j. určuje sa **fázový rozdiel** medzi vyslanou a prijatou (generovanou) vlnou, čo je základ relatívneho merania.

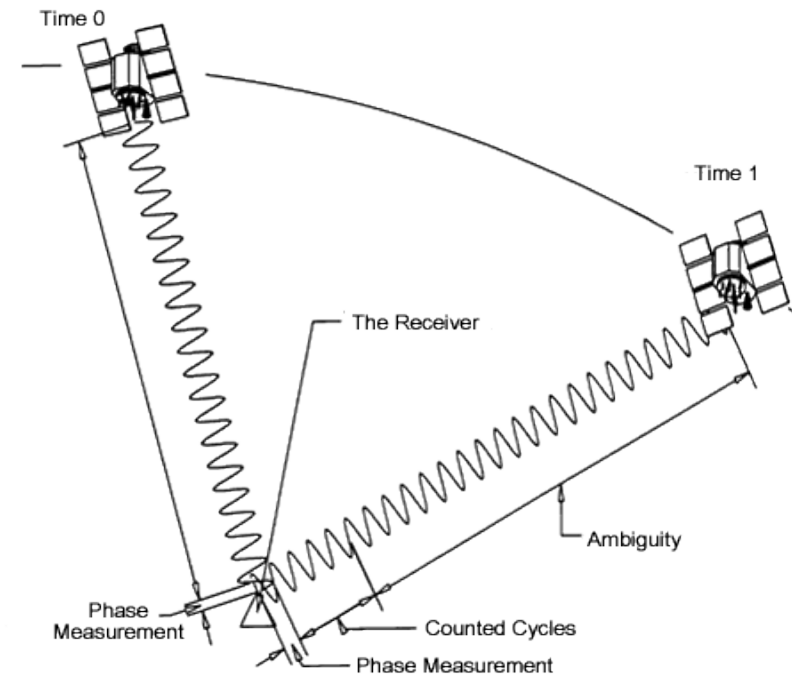
*Nosná vlna je modulovaná fázovou moduláciou, tzn. že kedykoľvek dôjde k zmene vysielaného binárneho kódu, (C/A a P-kód) posunie sa zároveň jej fáza o jednu polovicu vlnovej dĺžky. Binárna nula je reprezentovaná hodnotou -1, binárnej jednotke zodpovedá hodnota +1.*

*binárny = dvojčlenný.*



## ❑ RELATÍVNE URČOVANIE POLOHY

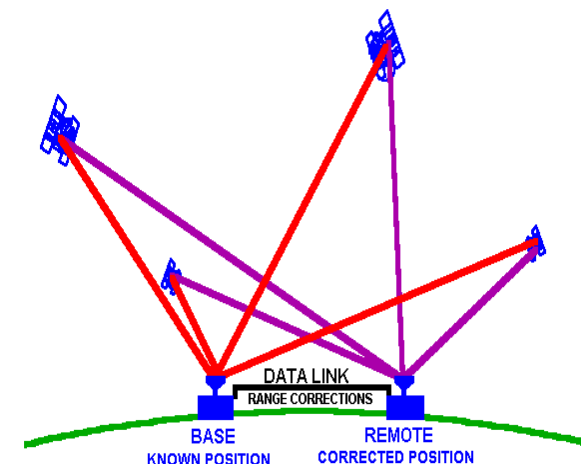
- Je založené na stanovení *fázového posunu* nosnej vlny. Fáza prijatého satelitného signálu je porovnávaná s referenčným signálom generovaným v prijímači GPS.
- Zo zisteného *fázového posunu* možno zistiť, ktorá časť vlny bola práve prijatá prijímačom GPS.
- Presnosť stanovenia tejto časti vzdialenosti je pritom rádovo v **milimetroch (až do 2 cm)**
- Čo však zo začiatku prijímač nepozná, je počet celých vlnových dĺžok, ktoré “ležia” medzi prijímačom a satelitom. Tento počet sa obvykle značí  $N$  (*ambiguita*, t.j. *neurčitost'*) a označuje sa ako celočíselná nejednoznačnosť (*integer ambiguity*).



Concept of ambiguity in phase based measurement.

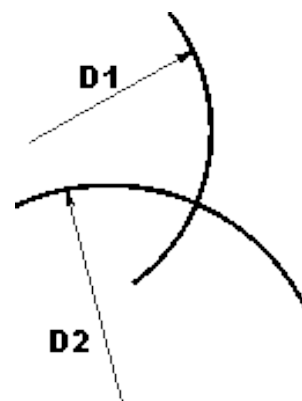
## ❑ RELATÍVNE URČOVANIE POLOHY

- Pri relatívnom určovaní polohy (**Relative positioning**) sa určujú súradnice nových bodov vzhľadom k polohe **referenčného bodu**, ktorého geocentrické súradnice sú známe.
- Potrebné sú simultánne merania **dvoma aparátúrami** - na referenčnom bode a na určovanom bode.
- Výsledkom merania a spracovania je **určenie smeru a veľkosti vektora spojnice oboch bodov** v geocentrickom súradnicovom systéme - tzv. základnice.
- Vychádza sa z merania fázy nosnej vlny GPS, pričom matematický model pri spracovaní nevyužíva priamo fázové merania, ale z nich vhodným spôsobom vytvorené diferencie - **jednoduché, dvojnásobné trojnásobné**.

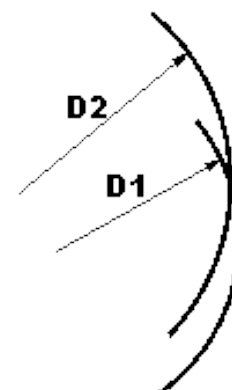


## GPS ABSOLÚTNE a RELATÍVNE URČOVANIE POLOHY BODU - presnosť

- **Presnosť získaných geocentrických súradníc z absolútneho aj relatívneho GPS merania** závisí od dĺžky observácie, počtu a konfigurácie satelitov.
- Presnosť u absolútneho určovania polohy zásadne ovplyvňuje skutočnosť, či sa využíva iba **C/A-kód** alebo aj **P-kód** a či je (resp. v minulosti bol) aktivovaný režim **SA**. Všeobecne **presnosť absolútneho určovania polohy** môžeme charakterizovať hodnotami v rozsahu **±10m až ±30m** pri režime **SA** a v rozsahu **±5m až ±10m**, ak režim **SA** nie je aktivovaný.
- **Relatívne určovania polohy** má primárny význam pre **geodetické aplikácie GPS**, nakoľko umožňujú merania, ktorých výsledky vedú k súradniciam s presnosťou niekoľkých mm až cm (**0,5 až 20-30 mm**).
- **Absolútnej určenie polohy** je základným poslaním **GPS** a využíva sa v rozličných oblastiach ľudskej činnosti, tam kde sa vyžaduje získavanie priestorových informácií. Môže ísť pritom o objekty statické alebo pohybujúce sa.

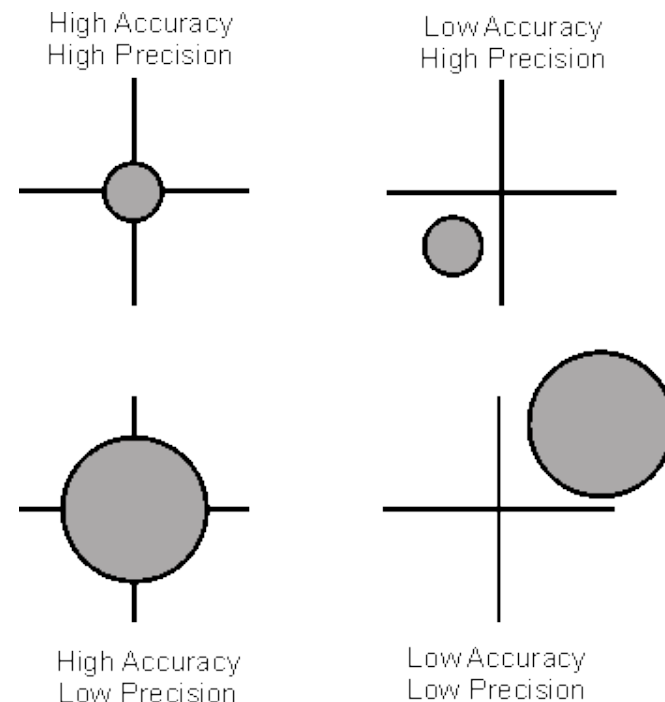


High accuracy



Poor accuracy

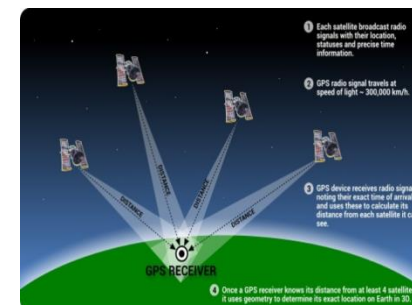
- Okrem stanovenia okamžitej polohy **absolútne určovania polohy** slúžia aj na určovanie rýchlosti pohybu prijímača a ich navigáciu na ploche alebo v priestore.
- Geodetické využitie **absolútneho určovania polohy** je pri získavaní informácií pre GIS a pri stanovení východiskových geocentrických súradníc pre referenčné body, potrebných pre relatívne určovanie polohy pomocou GPS, t.j. na **„hrubé“ - menej presné geodetické merania**.
- Pre presné a veľmi presné geodetické práce volíme **relatívne určovania polohy**.
  - ❑ **GPS accuracy:** *The accuracy refers to the degree of closeness the indicated readings are to the actual position.*
  - ❑ **GPS precision:** *Is the degree to which the readings can be made. The smaller the circle of unknown the higher the precision.*



*The difference between accuracy and precision.*

## OTÁZKY 2.7

- Pojem pseudovzdialenosť sa používa z toho dôvodu, že určovaná vzdialenosť satelit-prijímač GPS je zaťažená istými chybami:
  - A. hodín na satelite a UTC v Greenwich
  - B. hodín na satelite a v prijímači GPS
  - C. hodín v prijímači GPS
  - D. hodín na satelite
- Meranie pseudovzdialeností pomocou pseudonáhodných kódov PRN je založené na:
  - A. meraní rozdielu medzi časom odoslania a prijatia správy/ (zo satelitu do prijímača GPS)
  - B. meraní rozdielu medzi fázou odoslanej a prijatej vlny (zo satelitu do prijímača GPS)
  - C. meraní rozdielu medzi časom odoslanej a fázou prijatej správy (zo satelitu do prijímača GPS)
- Relatívne určenie polohy z GPS meraní je:
  - A. menej presné než absolútne určenie polohy
  - B. rovnako presné ako absolútne určenie polohy
  - C. oveľa presnejšie než absolútne určenie polohy



## GNSS

## NAVSTAR GPS

## ŠTRUKTÚRA, PRINCÍP ČINNOSTI, ZÁSADY a OSOBITOSTI



## SPRÁVNE ODPOVEDE 2.7

- Pojem pseudovzdialenosť sa používa z toho dôvodu, že určovaná vzdialenosť družica-prijímač GPS je zaťažená istými chybami:

- A. hodín na satelite a UTC v Greenwich
- B. hodín na satelite a v prijímači GPS**
- C. hodín v prijímači GPS
- D. hodín na satelite

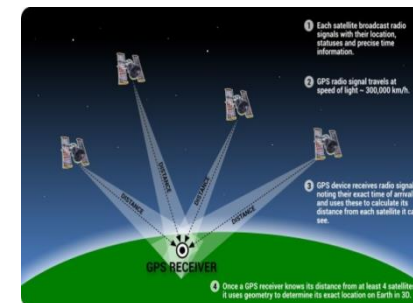


- Meranie pseudovzdialeností pomocou pseudonáhodných kódov PRN je založené na:

- A. meraní rozdielu medzi časom odoslania a prijatia správy (zo satelitu do prijímača GPS)**
- B. meraní rozdielu medzi fázou odoslanej a prijatej vlny (zo satelitu do prijímača GPS)
- C. meraní rozdielu medzi časom odoslanej a fázou prijatej správy (zo satelitu do prijímača GPS)

- Relatívne určenie polohy z GPS meraní je:

- A. menej presné než absolútne určenie polohy
- B. rovnako presné ako absolútne určenie polohy
- C. oveľa presnejšie než absolútne určenie polohy**



## *GPS metódy určenia polohy*

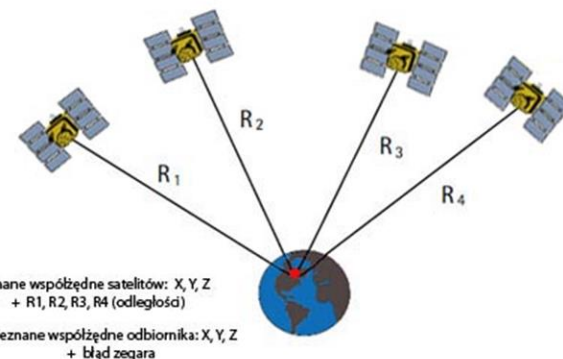


## ➤ Metódy absolútneho určenia polohy:

Pri absolútnom určovaní polohy (lokalizácie aj navigácie) z GPS meraní nediferencujú sa žiadne metódy, pretože metodika merania je rovnaká

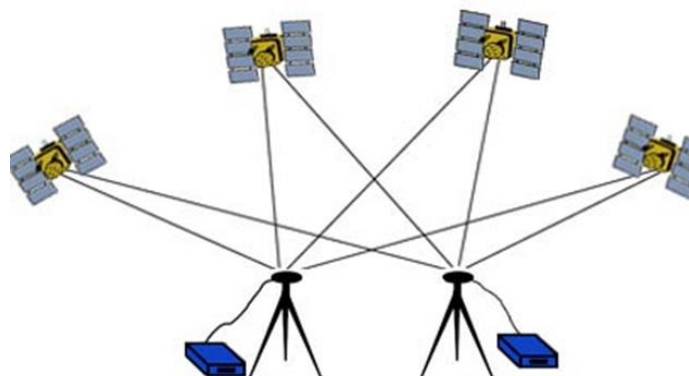
### Opakovanie:

- Jedná sa o absolútne určovanie polohy pomocou kódových meraní.
- Dovoľuje prácu v reálnom čase.
- Na určenie polohy stačí samostatné meranie jedným prijímačom.
- Výsledná presnosť závisí od toho, či ide o štandardnú polohovú službu (Standard Positioning Service) využívajúcu C/A-kód ktorá zabezpečuje s 95% pravdepodobnosťou polohovú presnosť 10 m alebo o presnú polohovú službu (Precise Positioning Service) s P-kódom ktorá zabezpečuje s 95% pravdepodobnosťou polohovú presnosť 1 m.



## ➤ Metódy relatívneho určenia polohy:

- Metóda DGPS
- Statická metóda
- Kinematická metóda
- Pseudokinematická metóda
- Rýchla statická metóda
- Stop & Go metóda
- Kontinuálna metóda
- RTK metóda
- OTF metóda

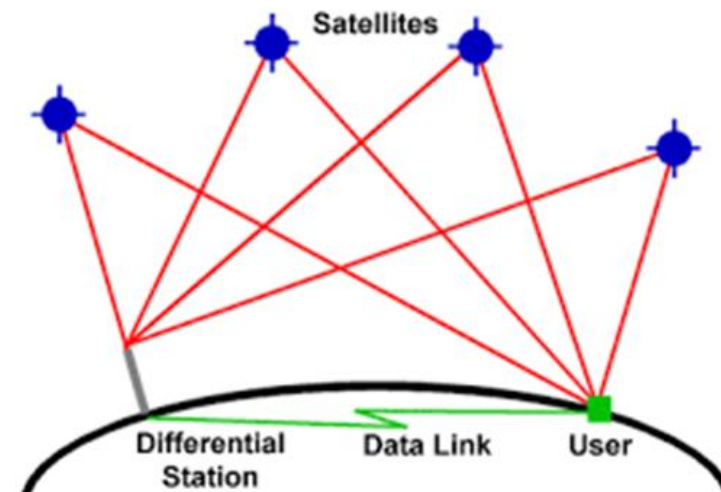


## ➤ METÓDA DGPS relatívneho určenia polohy

Diferenciálny GPS – DGPS (*Differential Global Positioning System*)

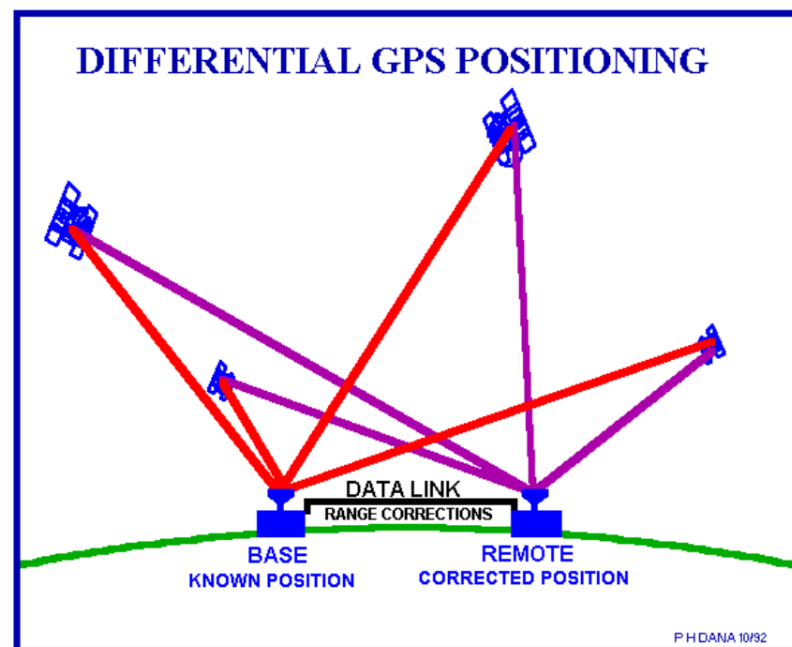
### Úvod do problematiky:

- US Air Force prevádzkuje GPS ako celosvetovú 24 hodinovú službu, ktorá umožňuje komukoľvek s GPS prijímačom určiť svoju 3D polohu.
- Pre civilných užívateľov je **(bola do 2.5.2000)** presnosť umelo degradovaná až na 100 metrovú úroveň v dôsledku tzv. výberovej dostupnosti SA (Selective Availability).
- Na získanie radovo metrovej či niekoľko centimetrovej až niekoľko milimetrovej presnosti musí užívateľ zaviesť **diferenciálne korekcie** za pomoci referenčnej stanice GPS a tak realizovať **metódu DGPS**.



## ➤ METÓDA DGPS relatívneho určenia polohy

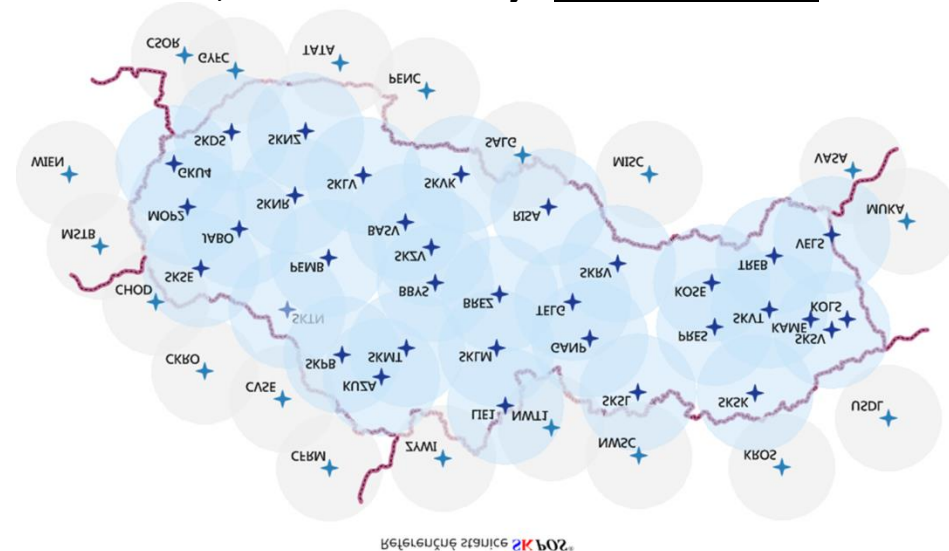
- **Diferenciálne korekcie** sú generované prijímačom GPS, ktorý je fixne inštalovaný na bode, ktorého poloha je známa. Takýto prijímač sa nazýva základný, hlavný alebo tzv. **referenčný** (*Base station*).
- Užívateľ (softvér) potom využije pre určenie svojej polohy údaje o polohe satelitu a polohe referenčnej GPS stanice.
- Tieto korekcie môžu byť aplikované na akýkoľvek iný prijímač (**druhý, vzdialený, podriadený alebo pohyblivý prijímač** – *Remote station*) v rámci určitej oblasti, ktorý staviame nad neznámym bodom(i), ktorého polohu chceme určiť.
- Týmto spôsobom sa redukujú chyby v dôsledku SA ako aj iné chyby vplývajúce na oba prijímače (*chyby určenia času na satelite, chyby určenia dráhy satelitu a chyby signálu v dôsledku zmien v atmosfére*).



# **METÓDA DGPS** relatívneho určenia polohy

## Použitie DGPS:

- Ak chcete použiť DGPS musíme alebo vlastniť referenčný prijímač GPS (teda mať aspoň dva prijímače GPS), alebo musíme mať prístup k diferenciálnej službe (napr. **SKPOS® Slovenská priestorová observačná služba**). *Diferenciálne služby poskytujú diferenciálne korekcie prostredníctvom telekomunikačných služieb za určitý poplatok.*
- **Diferenciálne korekcie sa zavádzajú dvomi spôsobmi:**
  1. **Korekcie** sa monitorujú zvyčajne cez telekomunikácie, a tak sa zavádzajú **v reálnom čase**.
  2. **Korekcie** sa zbierajú a ukladajú v referenčnom prijímači a aplikujú sa až po nameraní údajov v teréne do **následného spracovania** - tzv. **post-processing**.



## ➤ METÓDA DGPS relatívneho určenia polohy

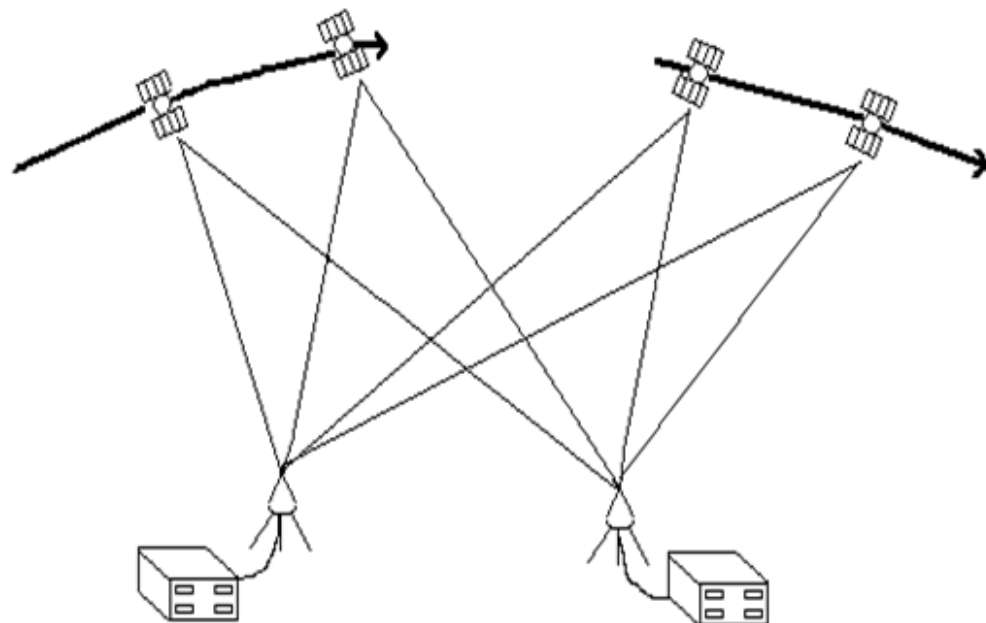
### Dosiahnuteľná presnosť merania DGPS je:

- **25 až 10 m:** jednoduché lacné ručné prijímače GPS (navigátori) so základným vybavením pre DGPS
- **5 až 1 m:** lepšie ručné prijímače GPS a prijímače určené pre mapovanie
- **1 m až 1 cm:** kvalitné prijímače GPS pre mapovanie a lacnejšie geodetické prijímače GPS
- **10 cm – sub-cm:** vysoko kvalitné geodetické GPS prijímače, ktoré používajú fázové meranie obvykle s využitím oboch frekvencií



## ➤ **STATICKÁ METÓDA** relatívneho určenia polohy

- **Statická metóda** GPS pomocou fázových meraní (relatívne určenie polohy) patrí k metódam, ktoré sú v súčasnej dobe najviac využívané a vedie k **najpresnejším výsledkom**.
- Statická metóda je založená na veľmi jednoduchom princípe, pri ktorom je jeden prijímač GPS umiestnený na **referenčnom bode (známom)**, resp. využívame služby **SKPOS®** a druhý (resp. ostatné) prijímače GPS na **pozorovaných (určovaných) bodoch**.
- Pri tejto metóde aparatury GPS prijímajú signály aspoň zo **štyroch satelitov**.



### ➤ **STATICKÁ METÓDA** relatívneho určenia polohy

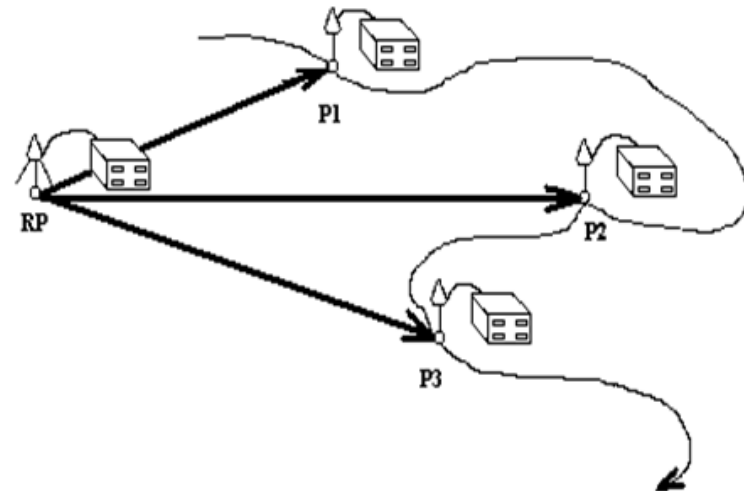
- S cieľom získať presné výsledky je doba merania (observácie) na jednom bode **45 až 60 min.**
- Po tomto meraní sa určované body môžu stať východiskom pre určovanie ďalších bodov.
- Vzdialenosti medzi referenčnou stanicou a určenými bodmi môžu byť od **niekoľko metrov** až po niekoľko **100 km.**
- Základnou podmienkou vykonania GPS pozorovaní je, aby vo výške vyše **15° až 20°** nad horizontom neboli žiadne prekážky, ktoré by bránili príjmu priamočiaro sa šíriacemu satelitného signálu.

*Ideálne podmienky observácie GPS (voľný priestor nad prijímačom GPS).*



## ➤ KINEMATICKÁ METÓDA relatívneho určenia polohy

- **Kinematická metóda GPS** určuje priestorový vektor od známeho bodu k určeným s presnosťou takmer rovnakou ako pri statickej metóde pri dobe merania na jednom bode cca **2 min**.
- Princíp merania je obdobný statickej metóde s nutnosťou **inicializácie merania**.
- Jeden prijímač GPS je na referenčnom bode o známych súradniciach, (resp. využívame služby **SKPOS®**). Druhý, resp. ďalšie prijímače GPS sledujú aspoň **štyri satelity**.
- Z dôvodu možného výpadku jedného satelitu zatienením antény (*cycle slip*) odporúča sa sledovať vždy **päť satelitov**.





## ➤ KINEMATICKÁ METÓDA relatívneho určenia polohy

- Nevýhodou kinematickej metódy je nutnosť **neustáleho kontaktu satelit-prijímač** (i počas presunu medzi jednotlivými určovanými bodmi).
- **Ak počet satelitov klesne pod štyri**, je potrebné vrátiť sa na predchádzajúci bod (so známymi súradnicami), alebo na známu základnicu a **opakovať inicializáciu**.

### Inicializácia merania sa dá vykonať troma spôsobmi:

- ❖ **Meraním na známej základnici:** Vychádzame zo známej základnice (známe sú súradnicové zložky  $\Delta x, \Delta y, \Delta z$  so strednou chybou  $\leq 0,05$ ).
- ❖ **Statickou metódou:** Určíme súradnicové zložky  $\Delta x, \Delta y, \Delta z$  známej základnice napr. statickou metódou.
- ❖ **Vymieňaním antén na krátkej základnici, tzv. anténa swap.** Najrýchlejší spôsob určenia súradnicových zložiek  $\Delta x, \Delta y, \Delta z$  výmenou antén prijímačov (maximálna vzdialenosť do 10 m v závislosti od dĺžky káblov).

### ➤ RTK METÓDA relatívneho určenia polohy

- RTK metóda GPS (*Real Time Kinematic Method*), tiež GPS-RTK metóda, je v podstate kinematická metóda určovania polohy v reálnom čase.
- To znamená, že prijímač GPS na určovanom bode **musí byť** nejakým komunikačným kanálom „**priamo napojený**“ na referenčnú stanicu, **alebo musíme využívať** služby **SKPOS®**).
- Princíp je podobný predošlým metódam, avšak táto metóda spadá svojím princípom do kinematickej, kedy ide o neprerušený kontakt (medzi prijímačmi GPS) počas transportu (presunu medzi určovanými bodmi).
- Jeden prijímač GPS je na referenčnom bode (resp. využívame služby **SKPOS®**), druhý sa pohybuje po určovaných bodoch.
- Významnou prednosťou je, že sú k dispozícii okamžité výsledky merania a tým je známa i presnosť, s ktorou sa určujú výsledky merania na daných bodoch.
- Metóda vyžaduje *inicializáciu merania* a neustále sledovanie minimálne štyri družice a musí byť vybavená softwarom a PC aparatúrou.

## ➤ RTK METÓDA relatívneho určenia polohy

- Umožňuje tiež navigáciu užívateľa do bodu, ktorý je objektom jeho záujmu, čo je výhodné pre vyhľadávanie bodov, vytyčovacie práce a podobné práce v stavebníctve, doprave a inom odvetví priemyslu, či iných ľudských činnostiach.
- Na rozdiel od tradičných kinematických metód **RTK metóda** umožňuje neustálu znalosť počtu preberaných satelitov prijímačmi GPS na referenčných i na objektových bodoch.
- Metóda si vyžaduje **rádio-modemy** (zariadenie pre bezdrôtový prenos dát medzi koncovými užívateľmi) pre príjem a prenos korekcií referenčného do participujúceho prijímača GPS (resp. využívame služby **SKPOS®**)
- **Táto metóda výrazne šetrí čas, pretože nevyžaduje následné spracovanie dát (**postprocessing**). Postprocessing odpadá aj u všetkých predošlých metódach reálneho GPS merania v prípade, ak využívame služby **SKPOS®** miesto referenčného GPS prijímača.**
- Ak sa stratí rádiový kontakt, prijímač GPS signalizuje kódové polohy a po obnovení kontaktu sú opäť vysielané presné fázové korekcie.

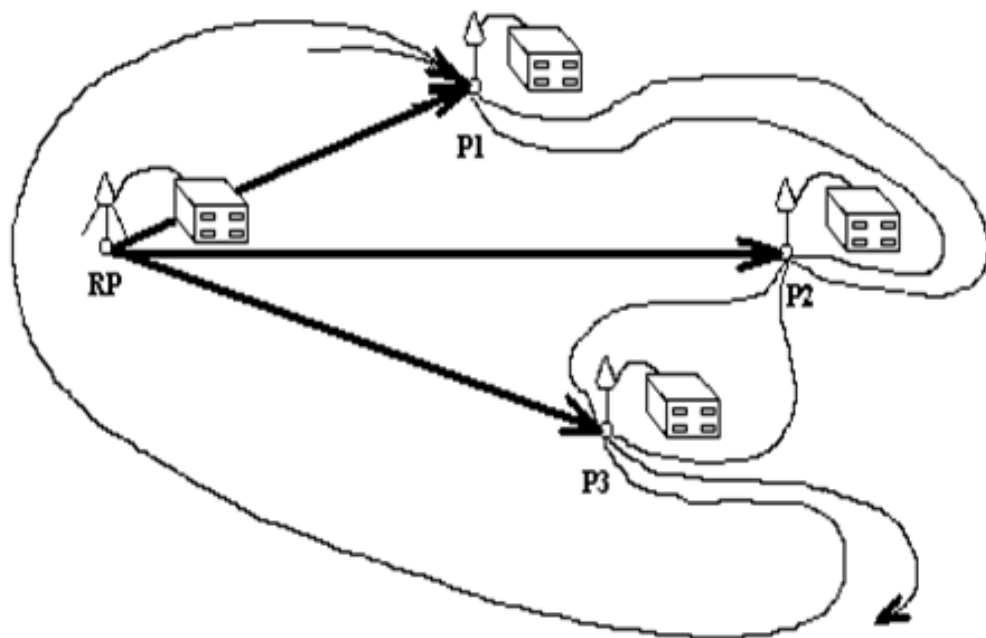
## ➤ RÝCHLA STATICKÁ METÓDA relatívneho určenia polohy

- Meračský postup pri **rýchlej statickej metóde GPS** je v zásade podobný **statickej metóde**, avšak pri výrazne **skrátenom čase** potrebnom na pozorovanie. Záleží však od geometrie a počtu družíc, ako aj od dĺžky meraného priestorového vektora.
- Presnosť tejto metódy je porovnateľná so statickou.
- Prednosťou tejto metódy je, že nevyžaduje neprerušený príjem signálu medzi meraniami na jednotlivých bodoch, teda počas presunu.
- Ďalšou výhodou je, že na bode stačí jedno postavenie prijímača.
- Pri optimálnej dĺžke pozorovacích sérií (**10 až 20 minút**) sa výsledky rýchlej statickej metódy nelíšia od klasickej statickej metódy o viac než **1 až 2 cm**.
- Uplatňuje sa najmä pri určovaní kratších priestorových vektorov (do 20 km). Pri dlhších zámerach sa rozdiel medzi statickou a rýchlou statickou metódou stráca. Pre priestorové vektory do 20 km platí:

| Počet družíc | Čas pozorovania v minútach |
|--------------|----------------------------|
| 4            | 20 a viac                  |
| 5            | 10 – 20                    |
| 6 a viac     | 5 - 10                     |

## ➤ PSEUDOKINEMATICKÁ METÓDA relatívneho určenia polohy

- **Pseudokinematická metóda GPS**, niekedy označovaná aj ako **pseudostatická metóda**, je kompromisom medzi statickou a kinematickou metódou.
- Používa sa v nepriaznivom teréne, kde pri prechode medzi jednotlivými bodmi nie je možné udržiavať príjem zo satelitov.
- Je rovnako presná ako statická metóda, no vyžaduje kratší čas merania na jednom bode: **5 až 10 minút**.
- Oproti kinematickej metóde táto metóda *nevyžaduje stály príjem zo satelitov*.





## ➤ **PSEUDOKINEMATICKÁ METÓDA** relatívneho určenia polohy

- Aj tu rozlišujeme referenčný príjem, ktorý počas celého merania zostáva na známom bode (referenčnom), resp. využívame služby **SKPOS®** a pohyblivý GPS prijímač, ktorým určujeme neznáme dátumy bodov.
- Každý určovaný bod musí byť zameraný **aspoň dvakrát**, pričom medzi jednotlivými meraniami (pozorovaniami) musí uplynúť aspoň **jedná hodina**, aby sa výrazne zmenila konštelácia satelitov.
- Zber meraných (pozorovaných) dát je potrebný z minimálne **štyroch satelitov**. V priebehu presunu nie je potrebné spojenie prijímačov so satelitmi. Nevýhodou je potreba opakovania pozorovaní na tom istom bode. Preto je táto technológia vhodná pre relatívne malé oblasti.

## ➤ RÝCHLA STATICKÁ METÓDA relatívneho určenia polohy

- Meračský postup pri **rýchlej statickej metóde GPS** je v zásade podobný **statickej metóde**, avšak pri výrazne **skrátrenom čase** potrebnom na pozorovanie. Záleží však od geometrie a počtu satelitov, ako aj od dĺžky meraného priestorového vektora.
- Presnosť tejto metódy je porovnateľná so statickou.
- Prednosťou tejto metódy je, že nevyžaduje neprerušený príjem signálu medzi meraniami na jednotlivých bodoch, teda počas presunu.
- Ďalšou výhodou je, že na bode stačí jedno postavenie prijímača.
- Pri optimálnej dĺžke pozorovacích sérií (**10 až 20 minút**) sa výsledky rýchlej statickej metódy nelíšia od klasickej statickej metódy o viac než **1 až 2 cm**.

## ➤ RÝCHLA STATICKÁ METÓDA relatívneho určenia polohy

- Uplatňuje sa najmä pri určovaní kratších priestorových vektorov (*do 20 km*). Pri dlhších zámerach sa rozdiel medzi statickou a rýchlou statickou metódou stráca.
- Pre priestorové vektory do 20 km platí:

| Počet družíc | Čas pozorovania v minútach |
|--------------|----------------------------|
| 4            | 20 a viac                  |
| 5            | 10 – 20                    |
| 6 a viac     | 5 - 10                     |

- Podmienkou pozorovania sú **dvojfrekvenčné** prijímače GPS vybavené *P*-kódom na druhej frekvencii *L2* a výhodná konfigurácia družíc (**5 až 6 družíc** s výškou **15°** nad horizontom) a rovnako musia mať nainštalované príslušné programové vybavenie.
- Na spracovanie nameraných údajov musí byť použitý špeciálny software

### ➤ STOP & GO METÓDA relatívneho určenia polohy

- **STOP and GO metóda GPS** má názov aj ako *polokinematická metóda*.
- Princíp je obdobný ako u predošlých dvoch metód.
- Metóda spočíva v postupnom pozorovaní na všetkých bodov jedným prístrojom GPS, kým referenčný prístroj zostáva stále na východiskovom bode, resp. využívame služby **SKPOS®**.
- Doba pozorovania je **1 až 2 minúty** bez nutnosti opakovania merania.
- Vyžadovaná je **inicializácia merania** a znalosť  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$  známej základnice.
- Vyžaduje sa nepretržité napojenie prijímačov na minimálne štyri satelity po celú dobu merania i v priebehu presunu.
- V prípade straty signálu je metóda nepoužiteľná.
- Mobilný prijímač musí byť spustený v *kinematickom režime* a referenčný prijímač bude v *statickom* alebo *kinematickom režime*, (resp. využívame služby **SKPOS®**).
- Metóda prichádza do úvahy len v otvorenom teréne bez akýchkoľvek prekážok, ktoré môžu zatieniť príjem satelitných signálov.



## ➤ **KONTINUÁLNA METÓDA** relatívneho určenia polohy

- Pri **kontinuálnej metóde GPS** jeden prijímač je na referenčnom bode (resp. využívame služby **SKPOS®**) a druhý, resp. ostatné prijímače GPS sú v nepretržitom pohybe bez možnosti zastavenia nad určenými bodmi.
- Tie tvoria body **trajektórie pohybu** prijímača GPS danej epochami záznamu (napr. každú sekundu).
- Metóda si vyžaduje **inicializáciu merania** a nepretržitý príjem minimálne zo štyroch satelitov.
- Doba pozorovania je závislá od epochy záznamu.



## ➤ **OTF METÓDA** relatívneho určenia polohy

- **OTF (*On The Fly*) metóda GPS** je kinematická metóda, ktorá umožňuje okamžité riešenie **ambiguít** za pohybu.
- Má veľmi vysoké nároky na hardvérovú a softvérovú podporu a vyžaduje taktiež vhodný výpočtový softvér pre rýchle numerické riešenie ambiguity.

## OTÁZKY 2.8

➤ **Sú v GPS metódy relatívneho určenia polohy:**

- A. nižšej presnosti než absolútne určenie polohy
- B. vyššej presnosti než absolútne určenie polohy
- C. rovnakej presnosti ako absolútne určenie polohy

➤ **Diferenciálne korekcie v DGPS sa zavádzajú spôsobmi:**

- A. Korekcie sa zbierajú a ukladajú v referenčnom prijímači a aplikujú sa až po nameraní údajov v teréne do následného spracovania (post-processing).
- B. Korekcie sa monitorujú zvyčajne metódou absolútneho GPS merania, ktoré predchádza DGPS.
- C. Korekcie sa zbierajú a ukladajú z inicializačných GPS meraní, ktoré musia predchádzať merania metódou DGPS.
- D. Korekcie sa monitorujú zvyčajne cez telekomunikácie, a tak sa zavádzajú v reálnom čase.

➤ **RTK metóda GPS je:**

- A. v podstate pseudokinematická metóda určovania polohy v reálnom čase, prijímač GPS na určovanom bode musí byť nejakým komunikačným kanálom priamo napojený na referenčnú stanicu a na rozdiel od pseudokinematickej metódy nemusí byť zabezpečený neprerušený kontakt počas transportu (presunu prijímača GPS medzi určenými bodmi).
- B. v podstate rýchla statická metóda určovania polohy v reálnom čase, prijímač GPS na určovanom bode musí byť nejakým komunikačným kanálom priamo napojený na referenčnú stanicu a musí byť zabezpečený neprerušený kontakt počas transportu (presunu prijímača GPS medzi určenými bodmi).
- C. v podstate kinematická metóda určovania polohy v reálnom čase, prijímač GPS na určovanom bode musí byť nejakým komunikačným kanálom priamo napojený na referenčnú stanicu a musí byť zabezpečený neprerušený kontakt počas transportu (presunu prijímača GPS medzi určenými bodmi).

## SPRÁVNE ODPOVEDE 2.8

### ➤ Sú v GPS metódy relatívneho určenia polohy:

- A. nižšej presnosti než absolútne určenie polohy
- B. vyššej presnosti než absolútne určenie polohy
- C. rovnakej presnosti ako absolútne určenie polohy



### ➤ Diferenciálne korekcie v DGPS sa zavádzajú spôsobmi:

- A. Korekcie sa zbierajú a ukladajú v referenčnom prijímači a aplikujú sa až po nameraní údajov v teréne do následného spracovania (post-processing).
- B. Korekcie sa monitorujú zvyčajne metódou absolútneho GPS merania, ktoré predchádza DGPS.
- C. Korekcie sa zbierajú a ukladajú z inicializačných GPS meraní, ktoré musia predchádzať merania metódou DGPS.
- D. Korekcie sa monitorujú zvyčajne cez telekomunikácie, a tak sa zavádzajú v reálnom čase.

### ➤ RTK metóda GPS je:

- A. v podstate pseudokinematická metóda určovania polohy v reálnom čase, prijímač GPS na určovanom bode musí byť nejakým komunikačným kanálom priamo napojený na referenčnú stanicu a na rozdiel od pseudokinematickej metódy nemusí byť zabezpečený neprerušený kontakt počas transportu (presunu prijímača GPS medzi určenými bodmi).
- B. v podstate rýchla statická metóda určovania polohy v reálnom čase, prijímač GPS na určovanom bode musí byť nejakým komunikačným kanálom priamo napojený na referenčnú stanicu a musí byť zabezpečený neprerušený kontakt počas transportu (presunu prijímača GPS medzi určenými bodmi).
- C. v podstate kinematická metóda určovania polohy v reálnom čase, prijímač GPS na určovanom bode musí byť nejakým komunikačným kanálom priamo napojený na referenčnú stanicu (resp. využívame služby **SKPOS®**) a musí byť zabezpečený neprerušený kontakt počas transportu (presunu prijímača GPS medzi určenými bodmi).

GNSS

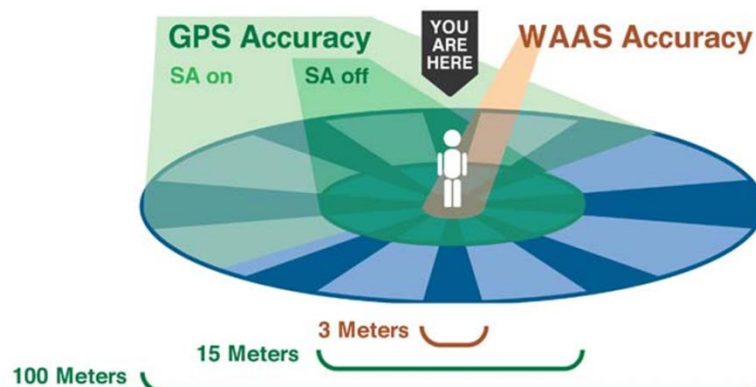
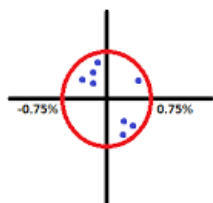
NAVSTAR GPS

ŠTRUKTÚRA, PRINCÍP ČINNOSTI, ZÁSADY a OSOBITOSTI



## GPS presnosť

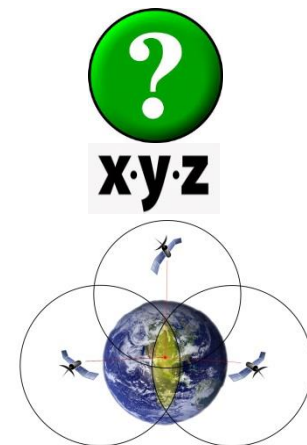
Accuracy



<https://www.uavnavigation.com/support/kb/general/inertial-navigation-system-and-estimation/global-navigation-satellite-system-gnss>

### ➤ PRESNOŠŤ GPS

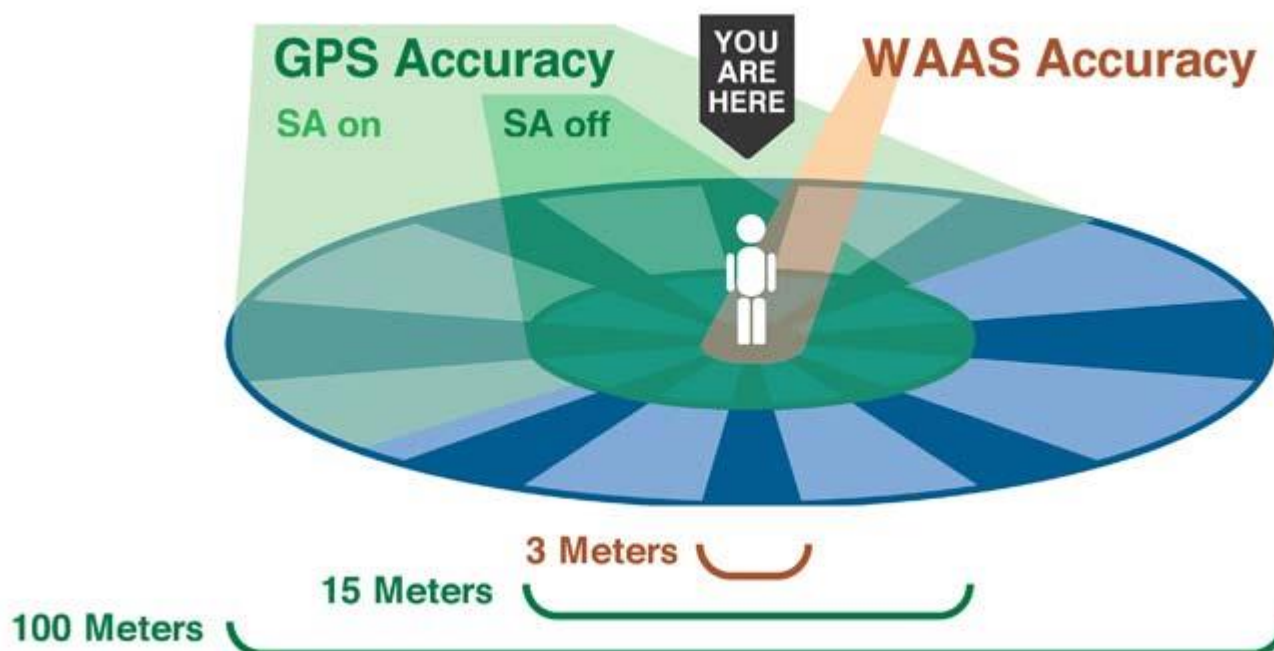
- Určenie **3D polohy** objektu/bodu pomocou GPS sa dá vysvetliť tak, že sa nachádza v *priesečníku guľových plôch*, ktorých polomer je daný meranými vzdialenosťami. Od presnosti tohto priesečníka sa odvíja aj presnosť GPS.
- K dosiahnutiu **vysokej presnosti** určenia polohy je teda dôležité, aby sme využívali čo najväčšieho počtu viditeľných satelitov, ktoré musia byť vhodne rozložené na horizonte. Celý kozmický segment je navrhnutý tak, aby bolo vždy „viditeľných“ (t.j. aby bol možný príjem signálov) najmenej z **5 až 8 satelitov**.
- Meračské technológie GPS (meračské metódy s GPS technikami) poskytujú **vysoкую presnosť** výstupných veličín.
- Výrobcovia veľmi presných geodetických aparátúr GPS udávajú **presnosť** v určení šikmej vzdialenosti  **$5 \div 10 \text{ mm} \pm (1 \div 5) \text{ ppm}$** , v určení prevýšenia  **$10 \div 20 \text{ mm} \pm (1 \div 2) \text{ ppm}$**  a v určení azimutu  **$1 \div 5''$  na 1 km** vzdialenosti.





**Ako zvýšiť presnosť GPS?**

*Presnosť GPS zvyšujú **SBAS: Satellite Based Augmentation Systems**, t.j. spresňujúce (podporujúce, posilňujúce) systémy, napr. **WASS: Wide Area Augmentation System**.*



*WASS: Wide Area Augmentation System, (SBAS -USA).*

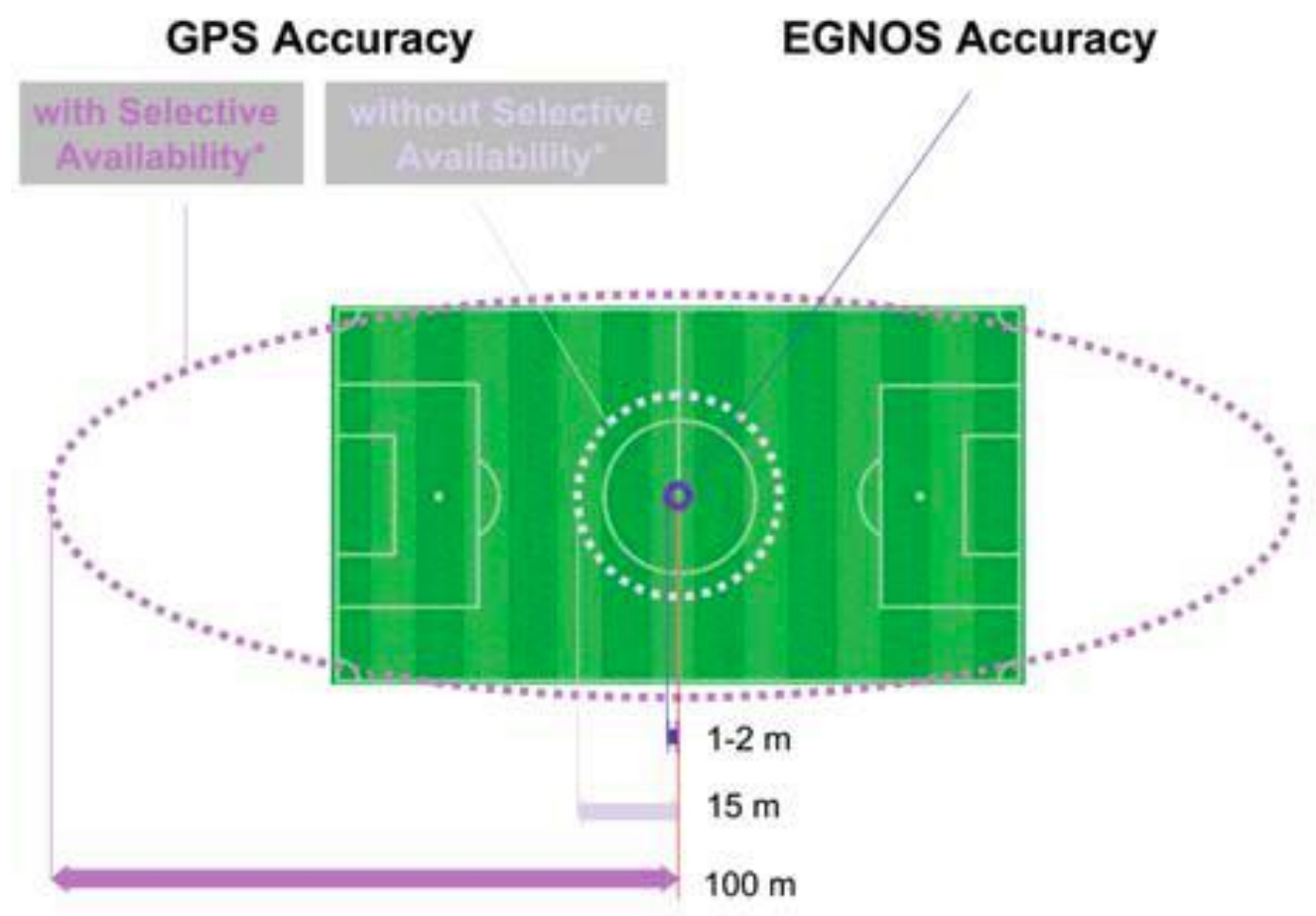


kde:

# GNSS

## NAVSTAR GPS

### ŠTRUKTÚRA, PRINCÍP ČINNOSTI, ZÁSADY a OSOBITOSTI



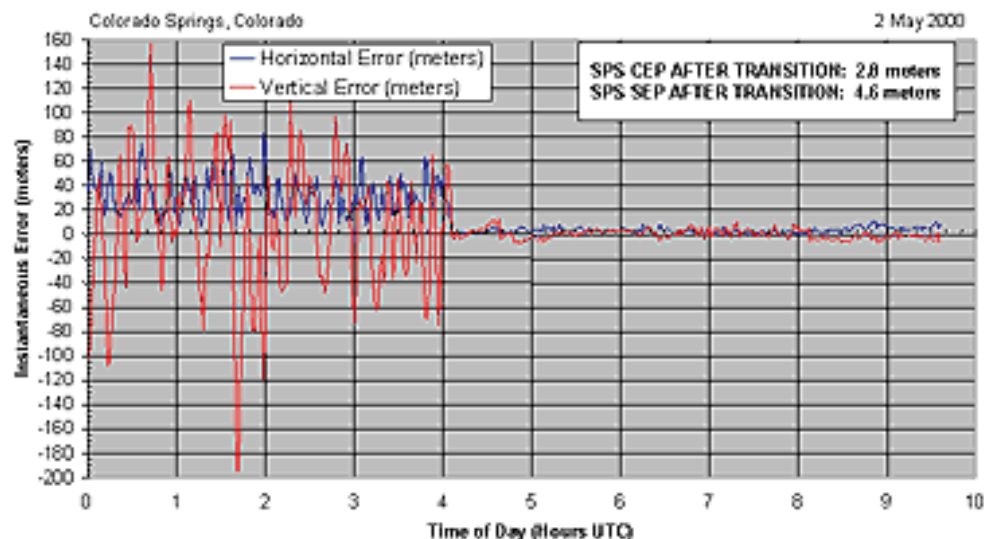
*EGNOS: European Geostationary Navigation Overlay Service, (SBAS – EU).*

## ➤ Čo má vplyv na presnosť GPS?

- Vplyvov na výslednú **presnosť** určenia polohy sú desiatky.
- Pri využití GPS pre navigáciu nemusíme o chybách vedieť takmer nič, presnosť bude so všetkými možnými vplyvmi vždy cca do **15 – 20 m**. U určovaní polohy (lokalizácii), kde sa snažíme o dosiahnutie čo **najvyššej presnosti** (cca **n.cm** alebo **n.mm** v závislosti od použitého prijímača GPS), je však dobré aspoň tušiť, čo všetko môže presnosť ovplyvniť.

| GPS SYSTEM                | EXPECTED GPS ACCURACY<br>(METRES) |
|---------------------------|-----------------------------------|
| GPS with S/A activated    | ±100                              |
| GPS without S/A activated | ±15                               |
| GPS with WAAS             | ±3                                |
| Differential GPS          | ±5                                |

- GPS bol pôvodne vyvinutý ako vojenský navigačný systém, a preto bolo už od začiatku rozhodnuté, že v ňom musí byť zabudovaný mechanizmus umožňujúci jeho zneprístupnenie neautorizovaným užívateľom. Jedným z takýchto mechanizmov je zavedenie **SA** do signálov satelitov.
- **Selektívnou dostupnosťou (Selective Availability - SA)** sa rozumie zámerné zavedenie umelých chýb do signálov vysielaných satelitmi.
- **Chyba z SA odstránená definitívne od r. 2000 (2.5.2000).**
  - *Metóda diferenciálneho GPS merania (DGPS) je pre elimináciu vplyvu chyby S/A dostatočne účinná. Stále viac sa zhoršujúca presnosť pre civilných užívateľov formou chyby S/A sa ukázala ako brzda ďalšieho vývoja.*
  - **Americký prezident Clinton už v roku 1996 naznačil skrátenie pôsobnosti SA, a preto za veľkej pozornosti verejnosti oznámil 2.5.2000 vypnutie zámerného rušenia S/A.**
  - *SA bolo zapnuté u všetkých satelitov GPS od 25.3.1990 a bolo najväčším zdrojom chyby pri kódovom meraní. Od jeho zrušenia si mnoho užívateľov GPS sľubuje podstatný pokles chýb a možnosť obísť sa bez DGPS.*



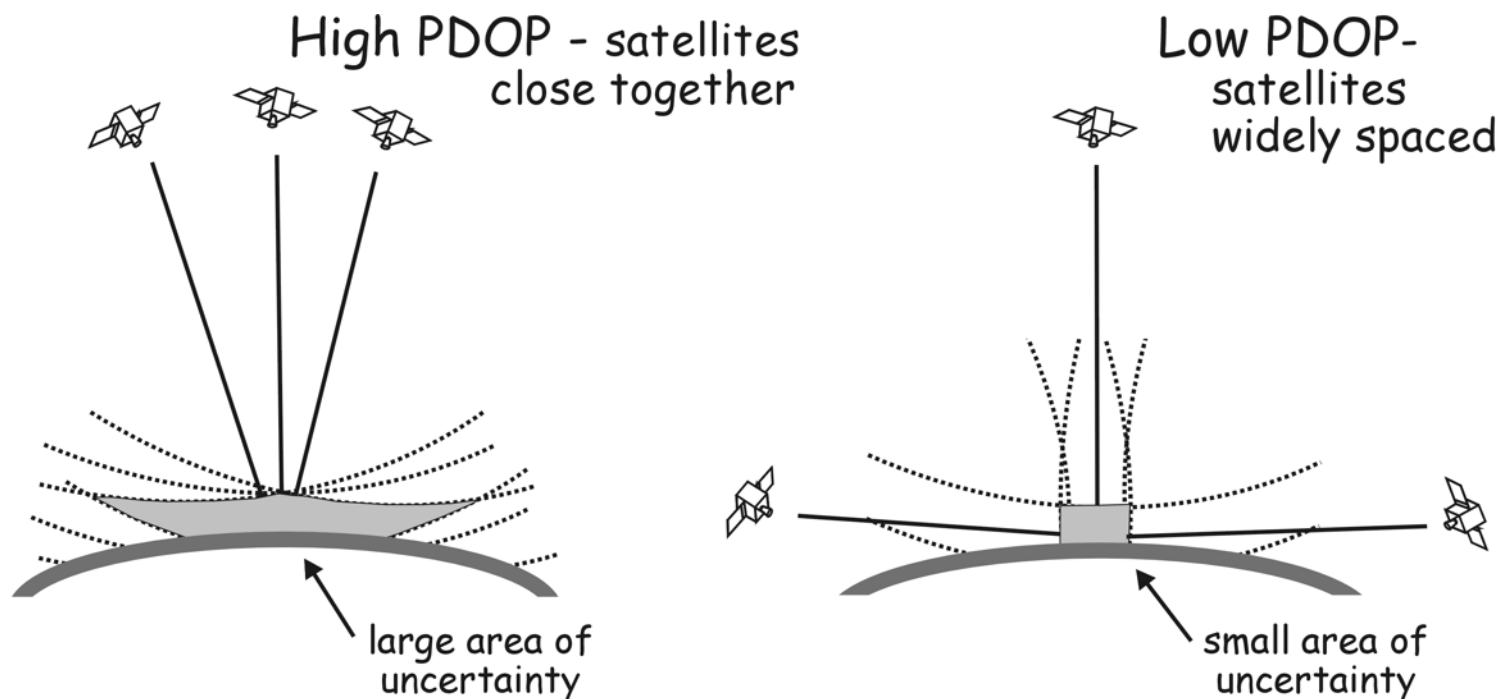


- GPS bol pôvodne vyvinutý ako vojenský navigačný systém, a preto bolo už od začiatku rozhodnuté, že v ňom musí byť zabudovaný mechanizmus umožňujúci jeho zneprístupnenie neautorizovaným užívateľom.
- **Jedným z takýchto mechanizmov bolo zavedenie **SA** do signálov satelitov.** (vid' predošlý slide).
- **Druhým mechanizmom je tzv. **Anti-spoofing (AS)**.**
- Ide o šifrovanie **P-kódu** proti možnému zneužitiu.
- Správca systému tak reaguje na možnosť, že by niekto vysielal podobné signály, ako má GPS a dochádzalo by tak ku klamaníu prístrojov (prijímačov GPS).
- **AS je na **P-kód** aktívny od r. 1994.**

# ➤ Čo vplýva na presnosť GPS?

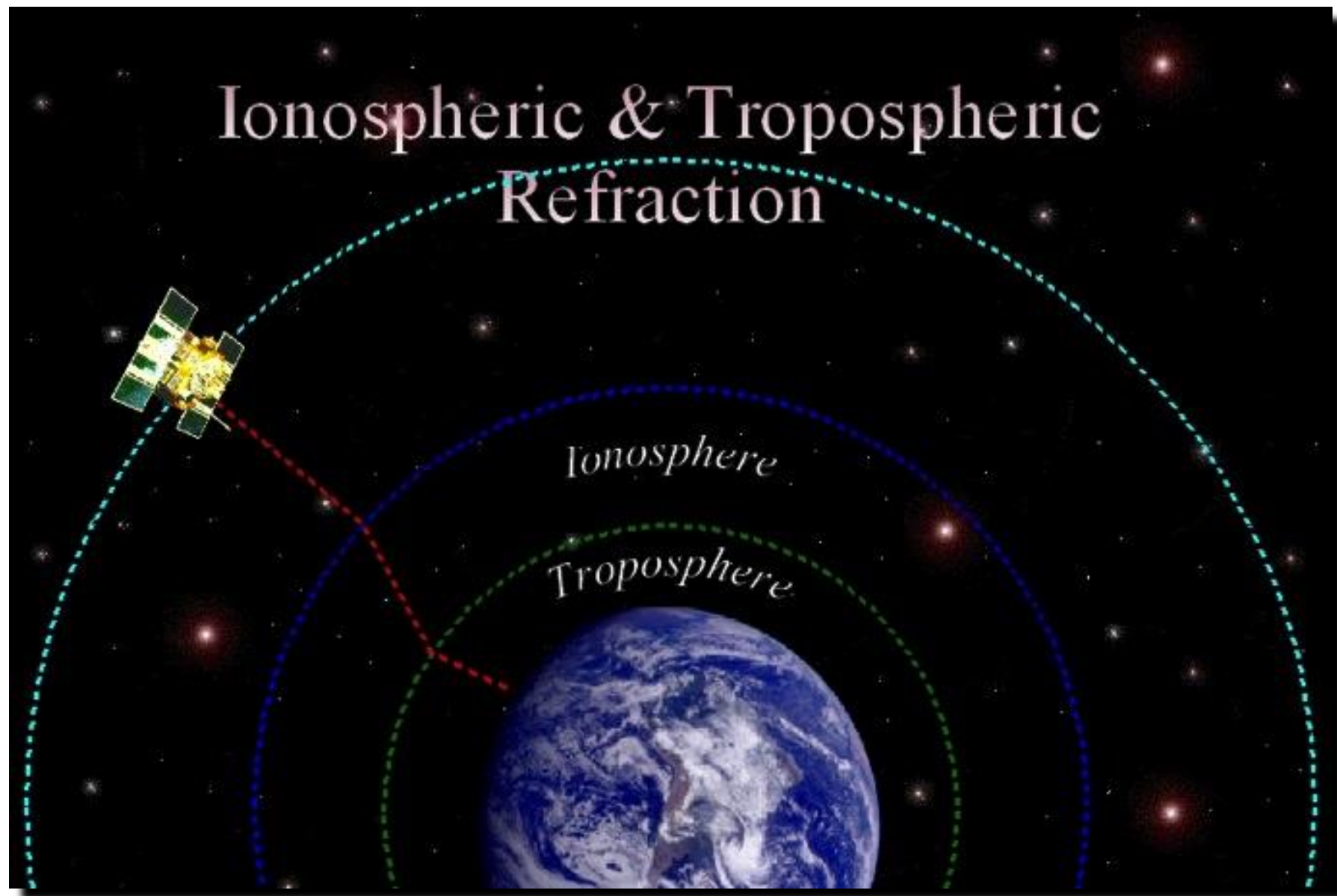
## 1. Konfigurácia satelitov nad miestom merania

- ❑ Ideálne je umiestnenie satelitov priamo nad pozorovateľom a ďalšie **15°÷20°** nad obzorom

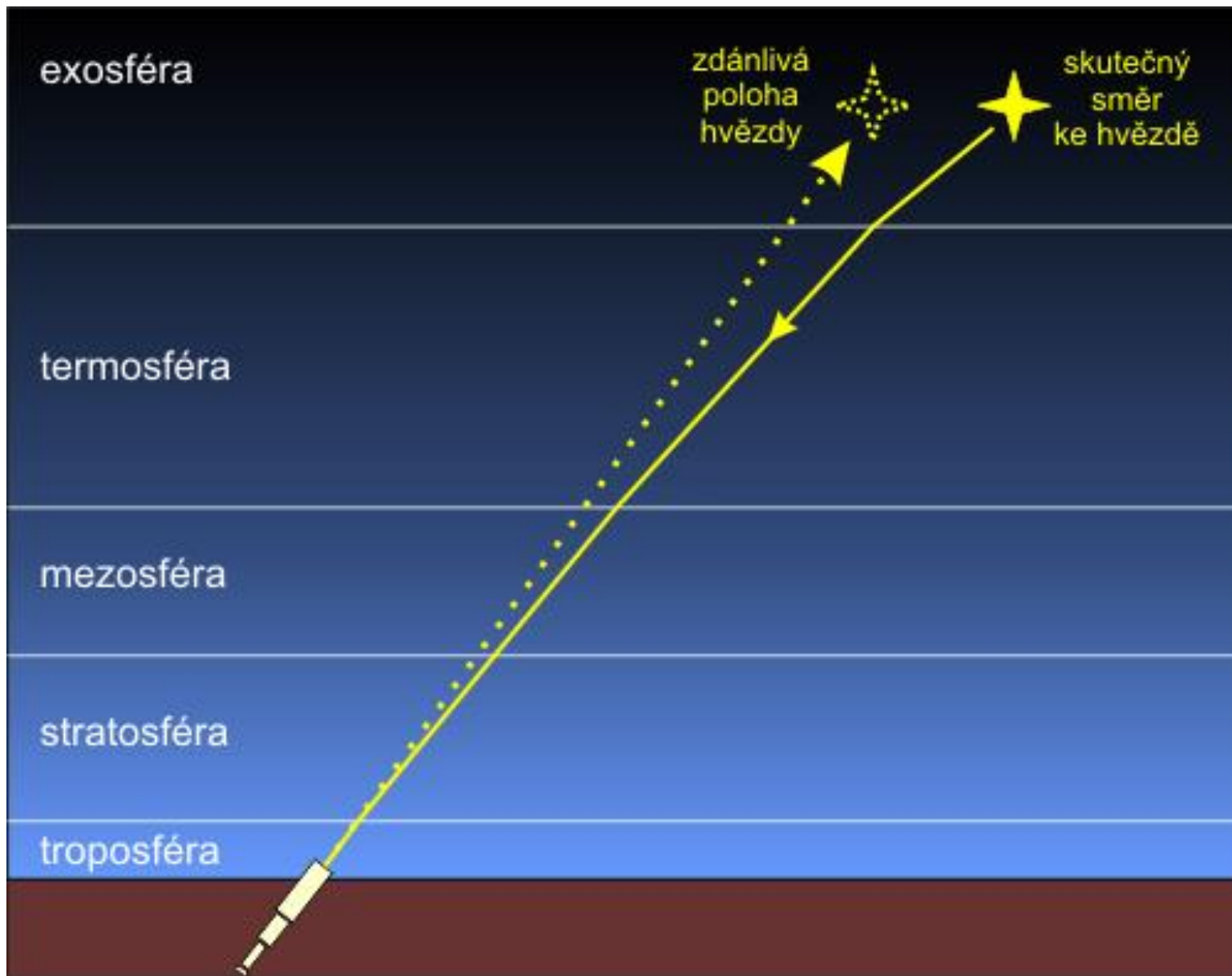


*PDOP = Positional Dilution of Precision*

## 2. Vplyv atmosféry



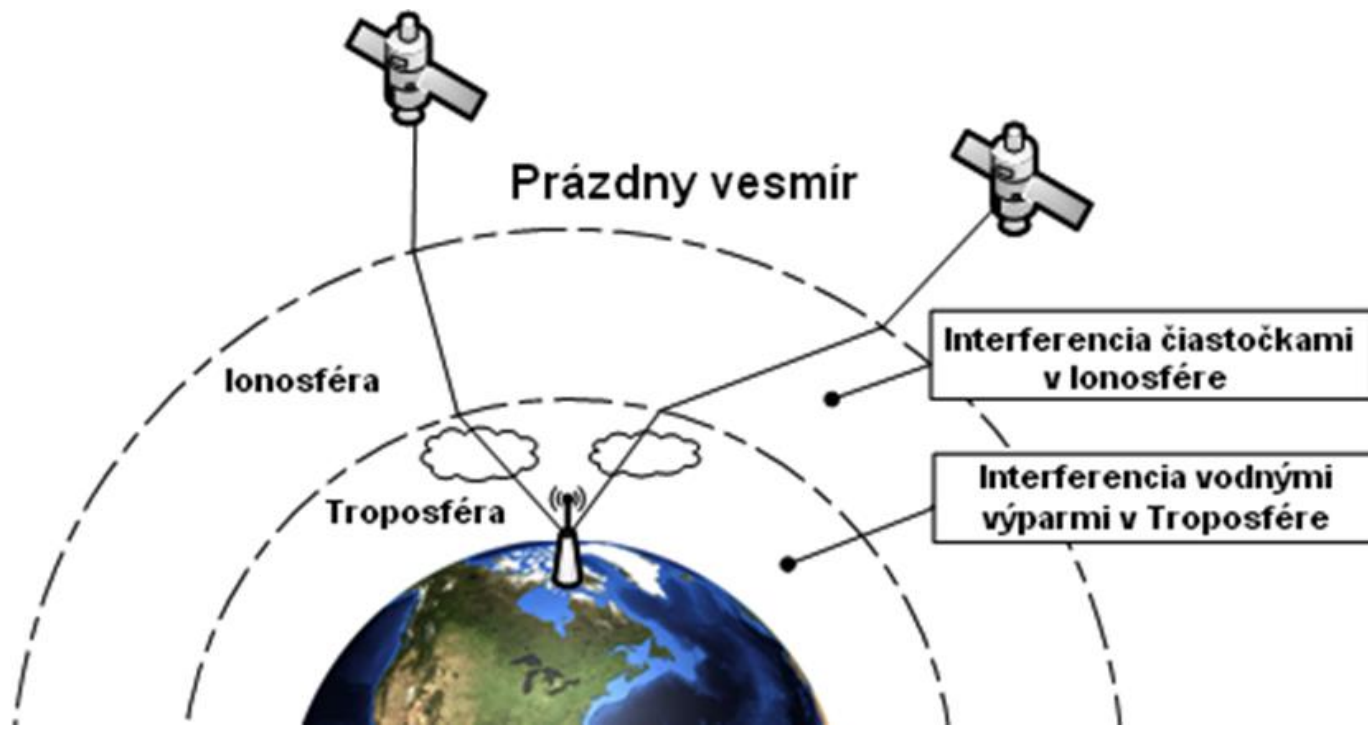
## 2. Vplyv atmosféry



## ➤ Čo má vplyv na presnosť GPS?

### 2. Vplyv atmosféry

- ❑ Jedno z najväčších obmedzení presnosti systému
  - prechod ionosférou (chyba až **30 m**) a troposférou (chyba až **3 m**)
- ❑ Vplyv troposféry sa dá matematicky odstrániť, vplyv ionosféry sa pri fázových meraniach odstraňuje meraním na dvoch frekvenciách
- ❑ Navigačná správa obsahuje dáta o aktuálnom stave ionosféry



kde:

# GNSS

## NAVSTAR GPS

### ŠTRUKTÚRA, PRINCÍP ČINNOSTI, ZÁSADY a OSOBITOSTI



#### GPS PRESNOSŤ



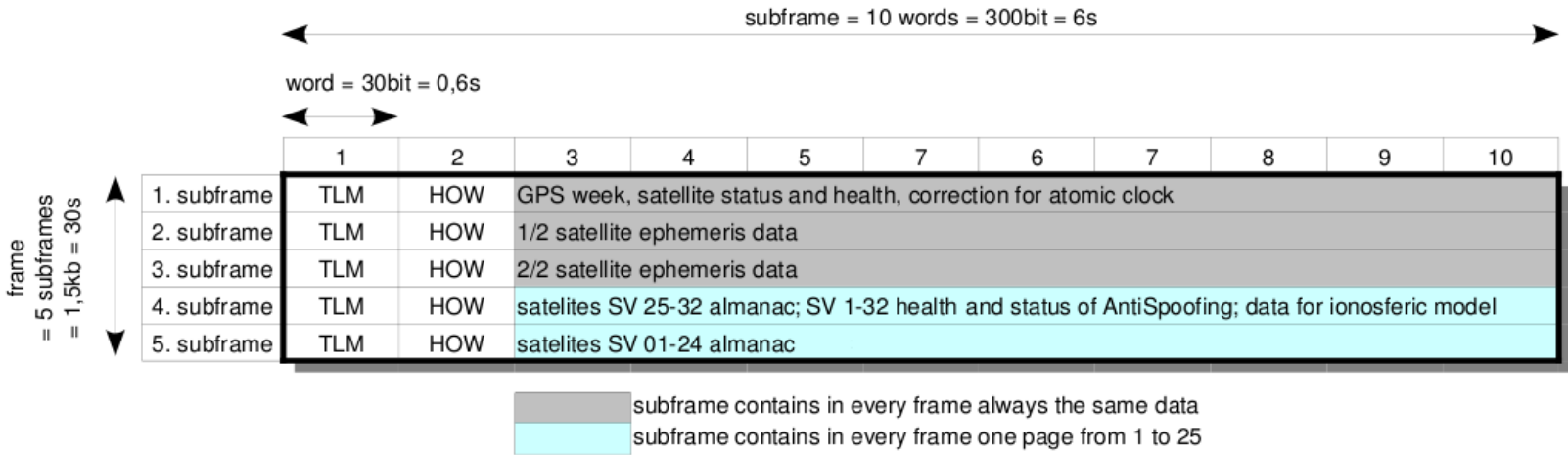
### ➤ Čo má vplyv na presnosť GPS?

### 3. Stav satelitov

- ❑ V **navigačnej správe**, ktorá putuje spolu so signálom od každého satelitu, je vysielaná správa o tom, či je možné satelit zahrnúť do výpočtu alebo nie.
- ❑ Typický príklad je údržba satelitov, korekcia dráh či testovanie, kedy satelit neposkytuje kvalitné dáta. Vtedy prijímač GPS družicu z výpočtu vylúči.

#### Navigation message

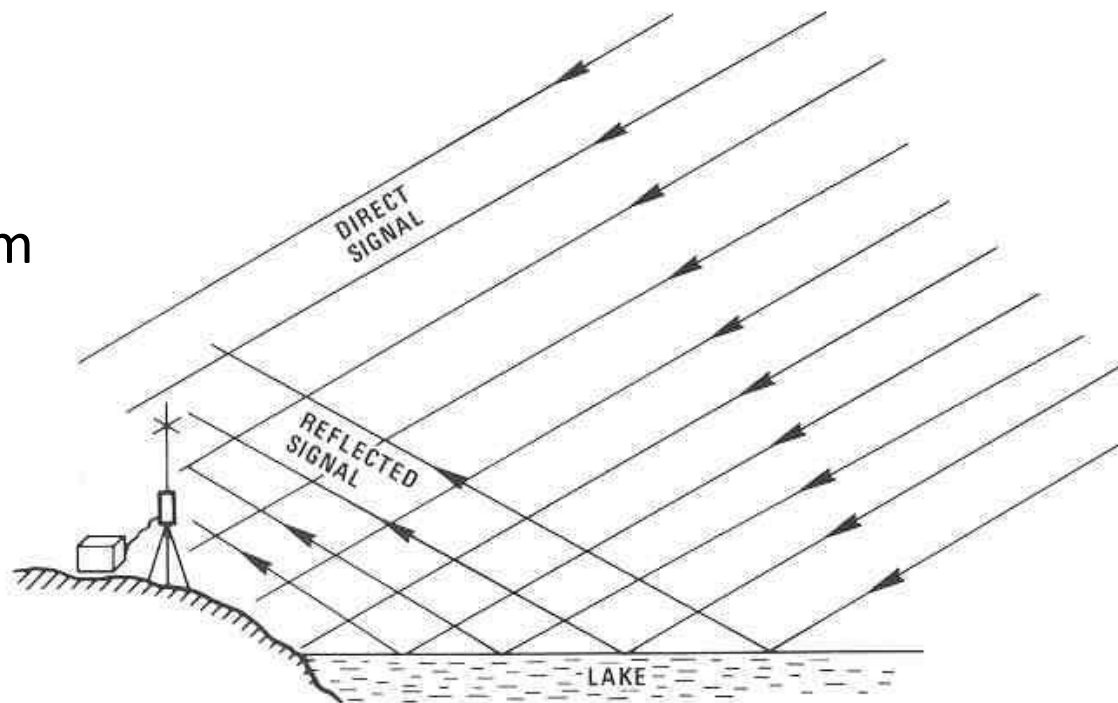
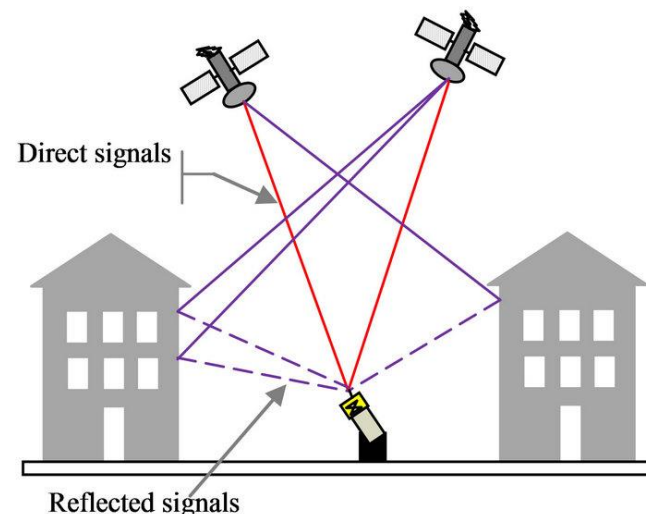
Navigation message = 25 frames = 125 subframes = 1250 words = 37,5kb = 12,5min



## ➤ Čo má vplyv na presnosť GPS?

### 4. Viaccestné (multipath) šírenie signálu

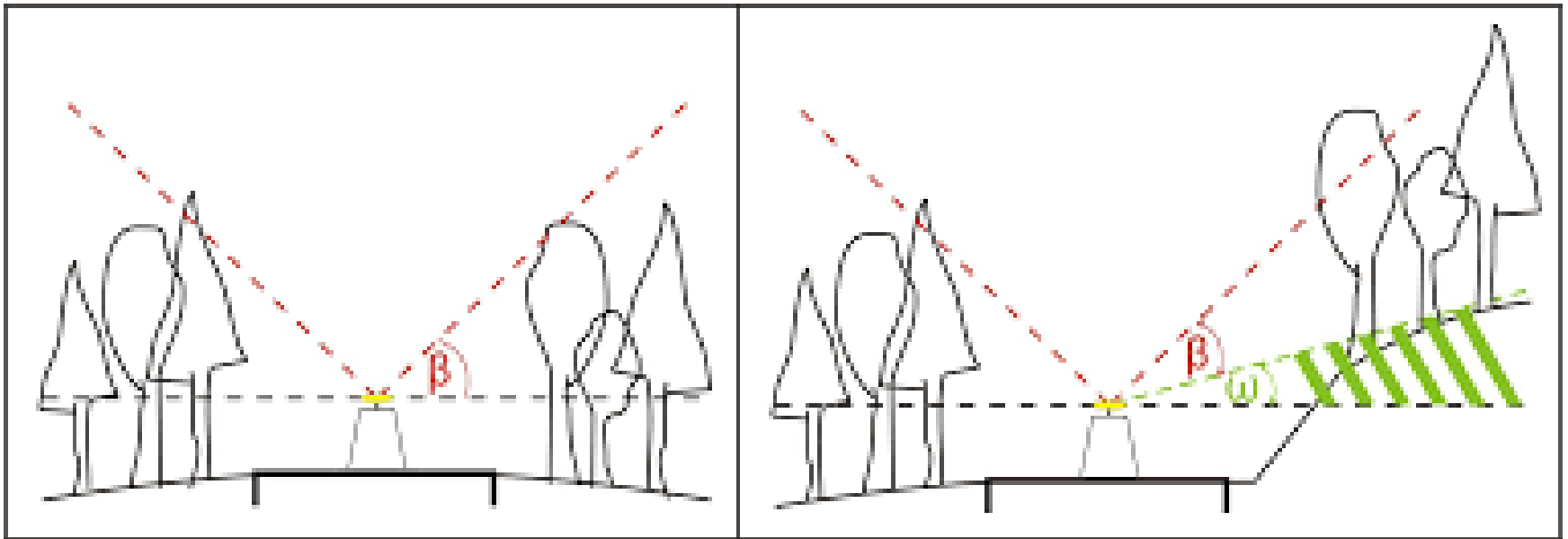
- ❑ Signál putujúci do prijímača sa cestou **odrazí** od prekážok a tranzitný čas je potom skreslený, do prijímača GPS sa dostávajú tzv. viaccestné, resp. odrazené signály
- ❑ Najviac sa prejavuje u satelitov letiacich nízko nad horizontom



## ➤ Čo má vplyv na presnosť GPS?

### 5. „Tienenie“ šírenia signálu vo vysokom poraste

- ❑ Signál putujúci do prijímača GPS je **tienený**, resp. **zaniká** v okolitom poraste
- ❑ Tranzitný čas je potom skreslený

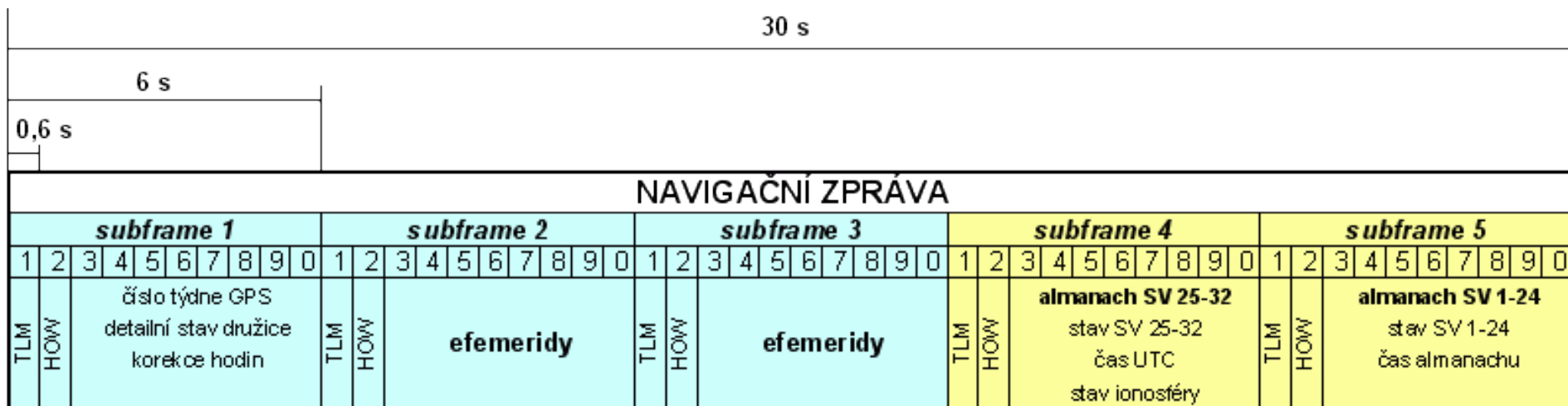


*Zmenšenie uhla príjmu neskreslených satelitných signálov voči horizontálnej rovine prijímača pod vplyvom lesných porastov (prekážok).*

## ➤ Čo má vplyv na presnosť GPS?

### 6. Kvalita parametrov vysielaných satelitmi

- ❑ Satelit vysielá v rámci signálu informácie o svojich parametroch (efemeridy) a ich kvalita môže významne ovplyvniť presnosť určenia polohy – tieto parametre nemôžete nijak ovplyvniť.



jedinečné pro každou družici  
společné u všech družic

## ➤ Čo má vplyv na presnosť GPS?

### 7. Typ prijímača

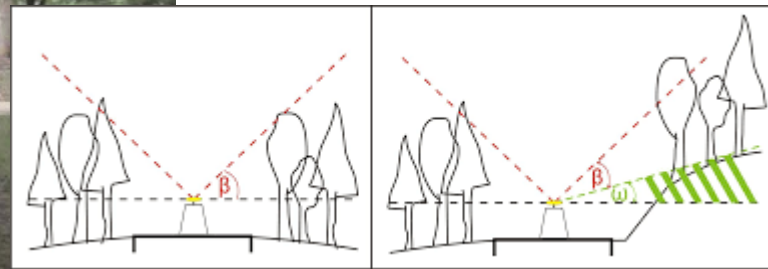
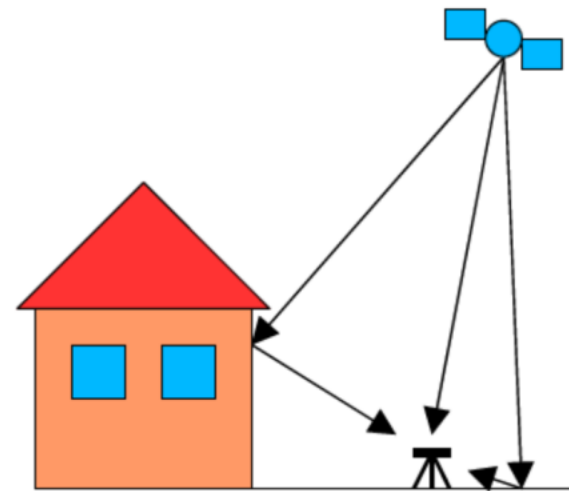
- ☐ V zásade je možné rozlíšiť medzi prijímačmi pre kódové (časové, t.j. absolútne GPS) merania alebo fázové (relatívne GPS) merania.
- ☐ Druhá skupina je cenovo omnoho drahšia než prvá a využíva sa hlavne pre geodetické práce.
- ☐ Prvou skupinou sú klasické ručné navigačné prístroje (prijímače).



# ➤ Čo má vplyv na presnosť GPS?

## 8. Šum signálu

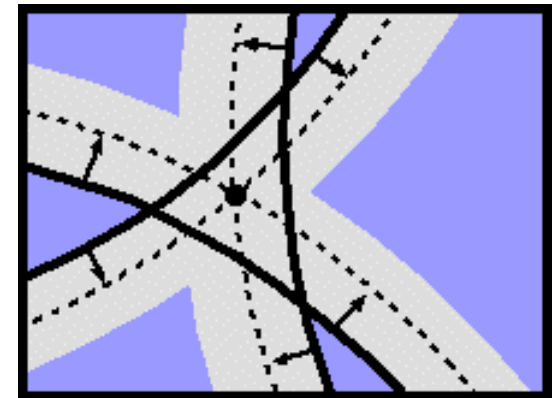
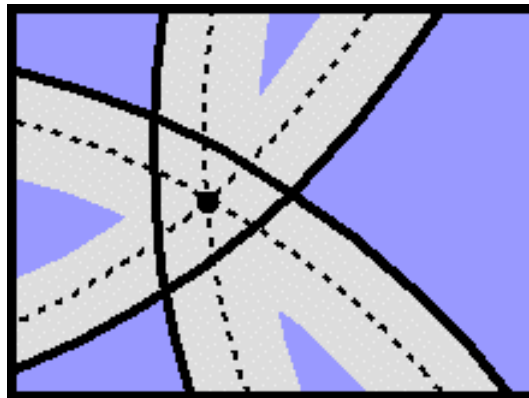
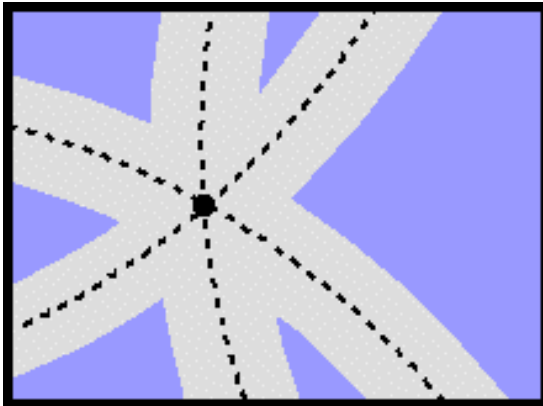
- ❑ Satelity obiehajú na dráhach približne 20 200 km nad rovníkom a signál putujúci do prijímača je teda veľmi slabý a nie je problém, aby bol rušený
- ❑ Typický príklad šumu je v prostredí zarastenom vegetáciou či pri nízkej polohe satelitu nad horizontom



## ➤ Čo má vplyv na presnosť GPS?

### 9. Chyba hodín

- ❑ Satelity GPS sú vybavené vysoko presnými hodinami, no i napriek tejto skutočnosti v rámci efemeríd sú vysielané i opravy týchto hodín
- ❑ Prijímače majú hodiny o niekoľko rádov menej presné - štvrtá neznáma - chyba hodín prijímača GPS



## ➤ Čo má vplyv na presnosť GPS?

| <b>Zdroj chýb</b>                            | <b>Max. veľkosť chyby</b> |
|----------------------------------------------|---------------------------|
| <b>satelitné hodiny / hodiny v prijímači</b> | 0,30-1,2 / 40 m           |
| <b>efemeridy satelitov</b>                   | 15 m                      |
| <b>obežná dráha</b>                          | 5 m                       |
| <b>S/A</b>                                   | 10 m                      |
| <b>vplyv ionosféry</b>                       | 12 m                      |
| <b>vplyv troposféry</b>                      | 3 m                       |
| <b>PRN šum</b>                               | 1 m                       |
| <b>šum prijímača</b>                         | 2 m                       |
| <b>odrazené signály</b>                      | 2 m                       |

- **Presnosť v určení 3D polohy z GPS meraní** je závislá hlavne od typu prijímača GPS, od metódy merania, od doby pozorovania, od rozloženia a počtu satelitov nad horizontom a od použitého softvéru (k spracovaniu meraní).
- Kvôli atmosférickým vplyvom nie je vhodné pozorovať satelity, ktoré sú nižšie ako **10÷15° (až 20°)** nad horizontom.
- Geometrickú konfiguráciu satelitov a staníc (prijímačov) GPS popisuje tzv. **faktor zníženia presnosti - DOP (Dilution Of Precision)**. Je definovaný ako pomer

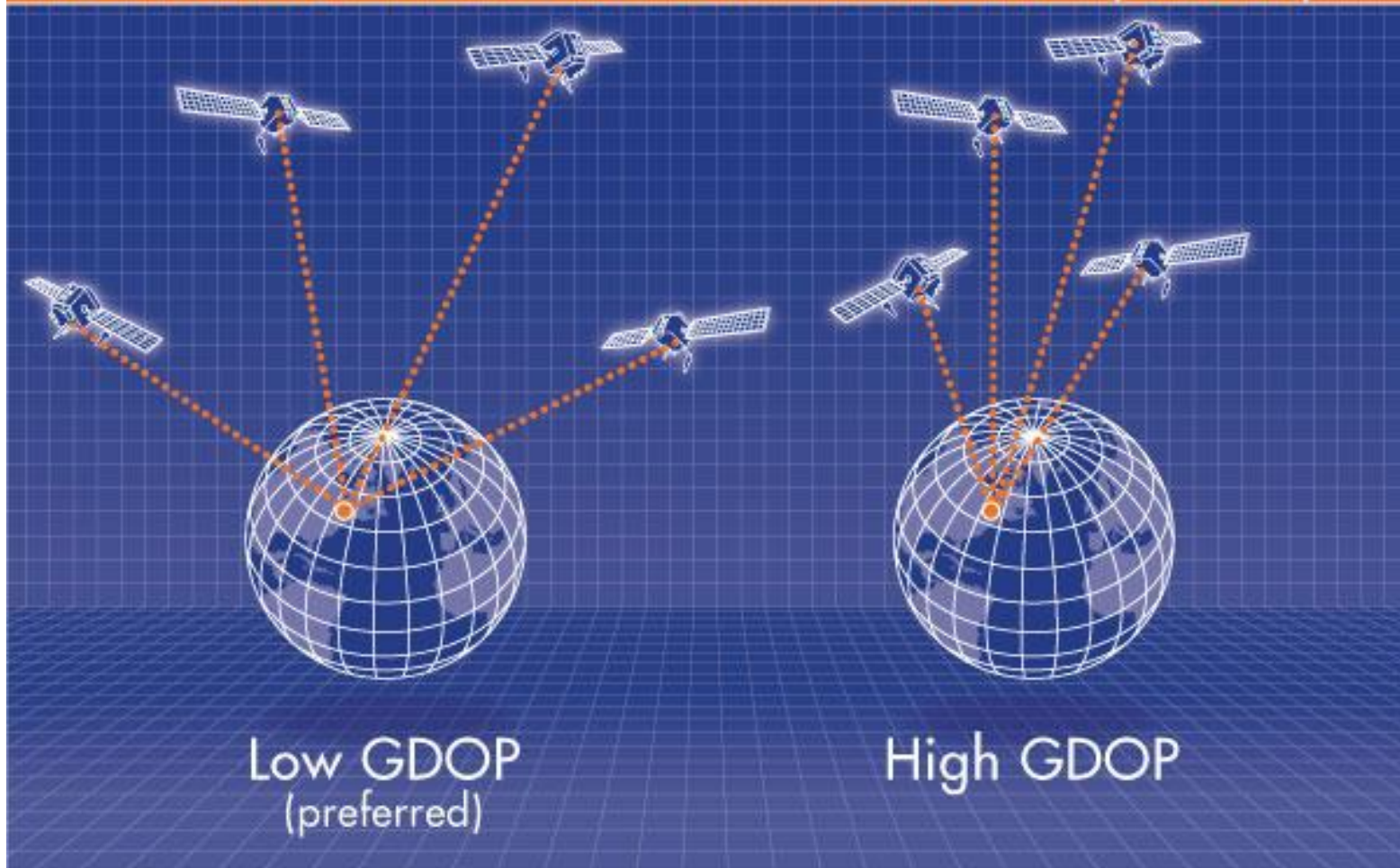
$$DOP = \frac{\sigma}{\sigma_0}$$

kde:  $\sigma$  je stredná chyba súradnice, času, polohy a pod.,  
 $\sigma_0$  je stredná chyba meraných pseudovzdialeností.

- Pre **hodnotenie presnosti** aplikovanej metódy GPS a konfigurácie prijímačov družicovej techniky sa používa **DOP** v rôznych modifikáciách:

- $PDOP = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2}$  ... polohový *DOP*
- $HDOP = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$  ... horizontálny *DOP*
- $VDOP = \sigma_z$  ... vertikálny *DOP*
- $TDOP = c \sigma_t$  ... časový *DOP*
- $GDOP = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 + c^2 \sigma_t^2}$  ... geometrický *DOP*

# GEOMETRIC DILUTION OF PRECISION (GDOP)



➤ **Všeobecne platí: čím menší *DOP*, tým lepšie výsledky**

- **$PDOP \leq 4$**  usporiadanie satelitov je vhodné - presné meranie
- **$PDOP = 5 \div 7$**  usporiadanie satelitov ešte akceptovateľné
- **$PDOP > 7$**  zlé usporiadanie satelitov

## OTÁZKY 2.9



➤ Selektívnou dostupnosťou (*Selective Availability - SA*) sa rozumie:

- A. Zámerné zavedenie chýb do prijímačov GPS výrobcom, chyba z SA na základe využívania korekcií z permanetných GNSS staníc (napr. SKPOS) odstránená definitívne od r. 2000.
- B. Zámerné zavedenie chýb do signálov vysielaných satelitmi správcom GPS, chyba z SA na základe politických rozhodnutí prezidenta USA odstránená definitívne od r. 2000.
- C. Náhodné zavedenie chýb do signálov vysielaných satelitmi vplyvom atmosféry, chyba z SA na základe spresnenia dát v navigačnej správe odstránená definitívne od r. 2000.

➤ Geometrickú konfiguráciu satelitov a staníc (prijímačov) GPS popisuje:

- A. faktor zvýšenia presnosti
- B. faktor zníženia presnosti
- C. faktor priblíženia presnosti



## SPRÁVNE ODPOVEDE 2.9

➤ Selektívnou dostupnosťou (*Selective Availability - SA*) sa rozumie: **(B)**

- A. Zámerné zavedenie chýb do prijímačov GPS výrobcom, chyba z SA na základe využívania korekcií z permanetných GNSS staníc (napr. SKPOS) odstránená definitívne od r. 2000.
- B. Zámerné zavedenie chýb do signálov vysielaných satelitmi správcom GPS, chyba z SA na základe politických rozhodnutí prezidenta USA odstránená definitívne od r. 2000.
- C. Náhodné zavedenie chýb do signálov vysielaných satelitmi vplyvom atmosféry, chyba z SA na základe spresnenia dát v navigačnej správe odstránená definitívne od r. 2000.

➤ Geometrickú konfiguráciu satelitov a staníc (prijímačov) GPS popisuje: **(B)**

- A. faktor zvýšenia presnosti
- B. faktor zníženia presnosti
- C. faktor priblíženia presnosti



### ***GPS** výhody, nevýhody, aplikácie*





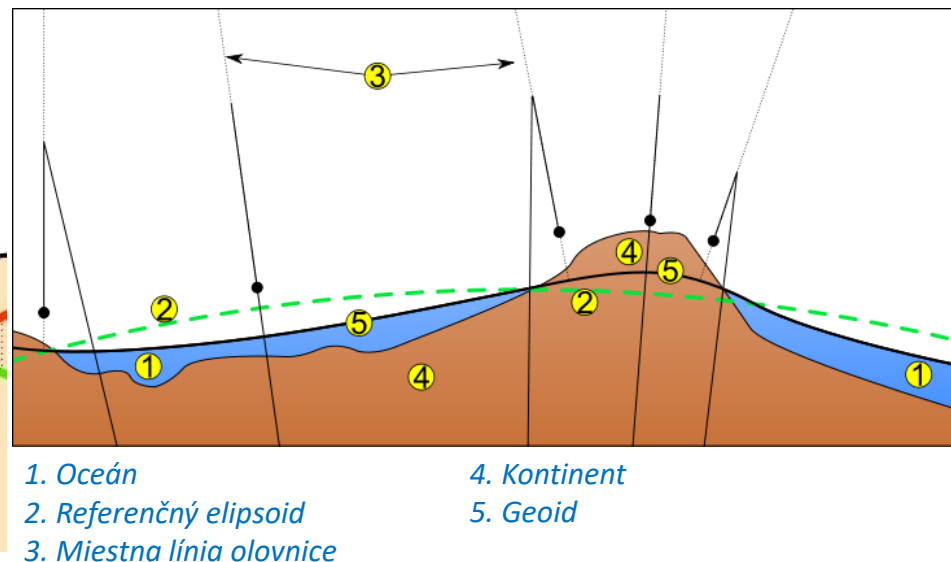
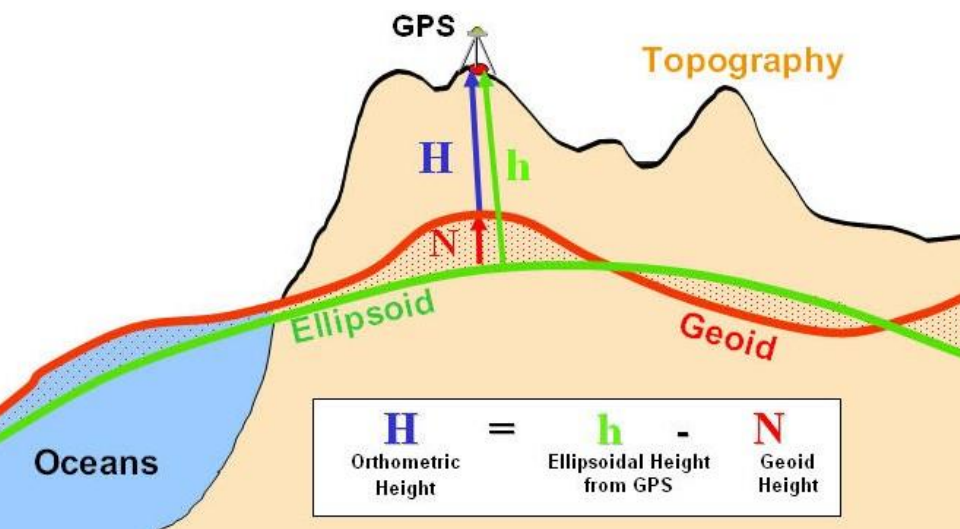
- **Výhody GPS** *(najmä pre využitie GPS v geodézii):*
- medzi jednotlivými meranými bodmi nemusí byť priama viditeľnosť
  - je vysoko presný
  - poskytuje výsledky v jednotnom svetovom súradnicovom systéme / **WGS 84**
  - poskytuje trojrozmerné súradnice
  - pracuje bez ohľadu na počasie cez dennú i nočnú dobu, v každom ročnom období

- **World Geodetic System 1984** (skr. **WGS84; WGS 84; WGS-84**)
- **Svetový geodetický systém 1984**, je svetovo uznávaný geodetický štandard (súradnicový rámec) vydaný Ministerstvom obrany USA r. 1984, ktorý definuje súr. systém a referenčný elipsoid pre **NAVSTAR GPS**.
- Odchýlky od referenčného elipsoidu popisujú **geoid EGM84** (*Earth Gravitational Model z r. 1984*).
- V r. 1996 bol rozšírený o spresnenú definíciu **geoidu EGM96**.
- Bol vytvorený na základe meraní pozemných staníc družicového polohového systému **TRANSIT\*** a nahrádza skorší systémy WGS 60, WGS 66 a WGS 72.

*\*Transit, niekedy taktiež NAVSAT (Navy Navigation Satellite System), bol historicky prvý družicový polohový systém užívaný medzi r. 1964–1996 vojenským námorníctvom USA, s ktorého pomocou bolo možno určiť polohu s presnosťou prvých stoviek metrov a presný čas kdekoľvek na Zemi. Presnosť systému bola neskôr zvyšovaná až na desiatky metrov a bol uvoľnený i pre civilných užívateľov.*



- **Geoid** je fyzikálny model povrchu Zeme pri strednej (odpozorovaná „nulová“ hladina) hladine svetových oceánov a morí.
- Je definovaný ako **ekvipotenciálna plocha** kolmá voči gravitácii, to jest plocha s rovnakou (konštantnou) hodnotou **tiažového potenciálu** ( $W_0 = \text{konšt.}$ ), na ktorú je vektor tiažového zrýchlenia kolmý.
- Hodnota  $W_0$  geopotenciálu, ktorú prijala **IAU**, je  **$62636856 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$** .





kde:

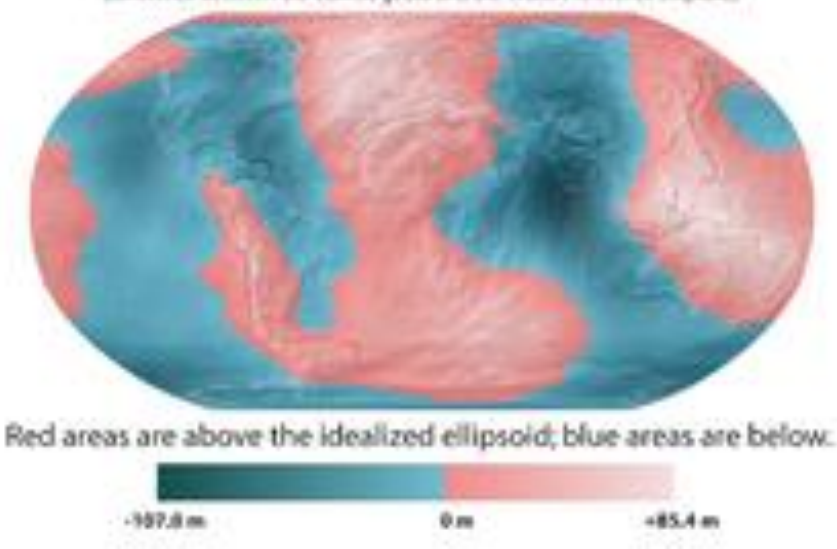
# GNSS

## NAVSTAR GPS

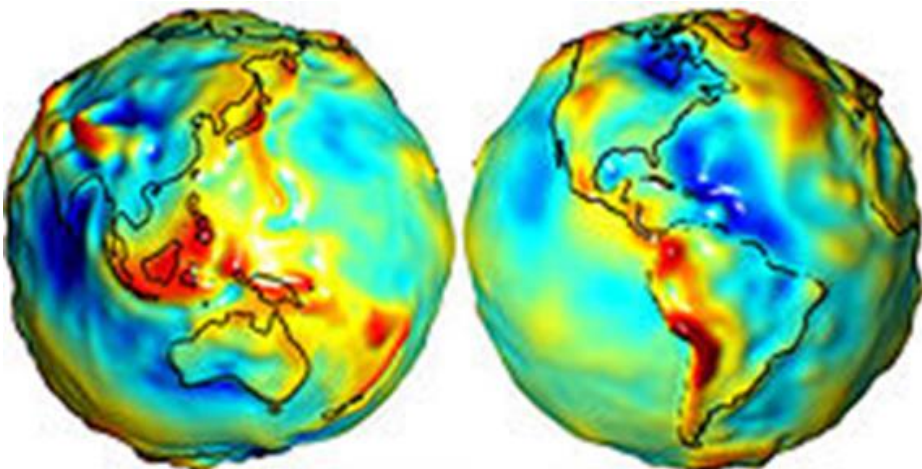
### ŠTRUKTÚRA, PRINCÍP ČINNOSTI, ZÁSADY a OSOBITOSTI



Deviation of the Geoid from the idealized figure of the Earth  
(difference between the IGM96 geoid and the WGS84 reference ellipsoid)



Mapa zvlňenia geoidu v metroch (na základe gravitačného modelu EGM96 a referencií WGS84 elipsoidu).



Earth's Gravity Field Anomalies (milligals)  
-50 -40 -30 -20 -10 0 10 20 30 40 50

3D vizualizácia zvlňenia geoidu v gravitačných jednotkách.

kde:

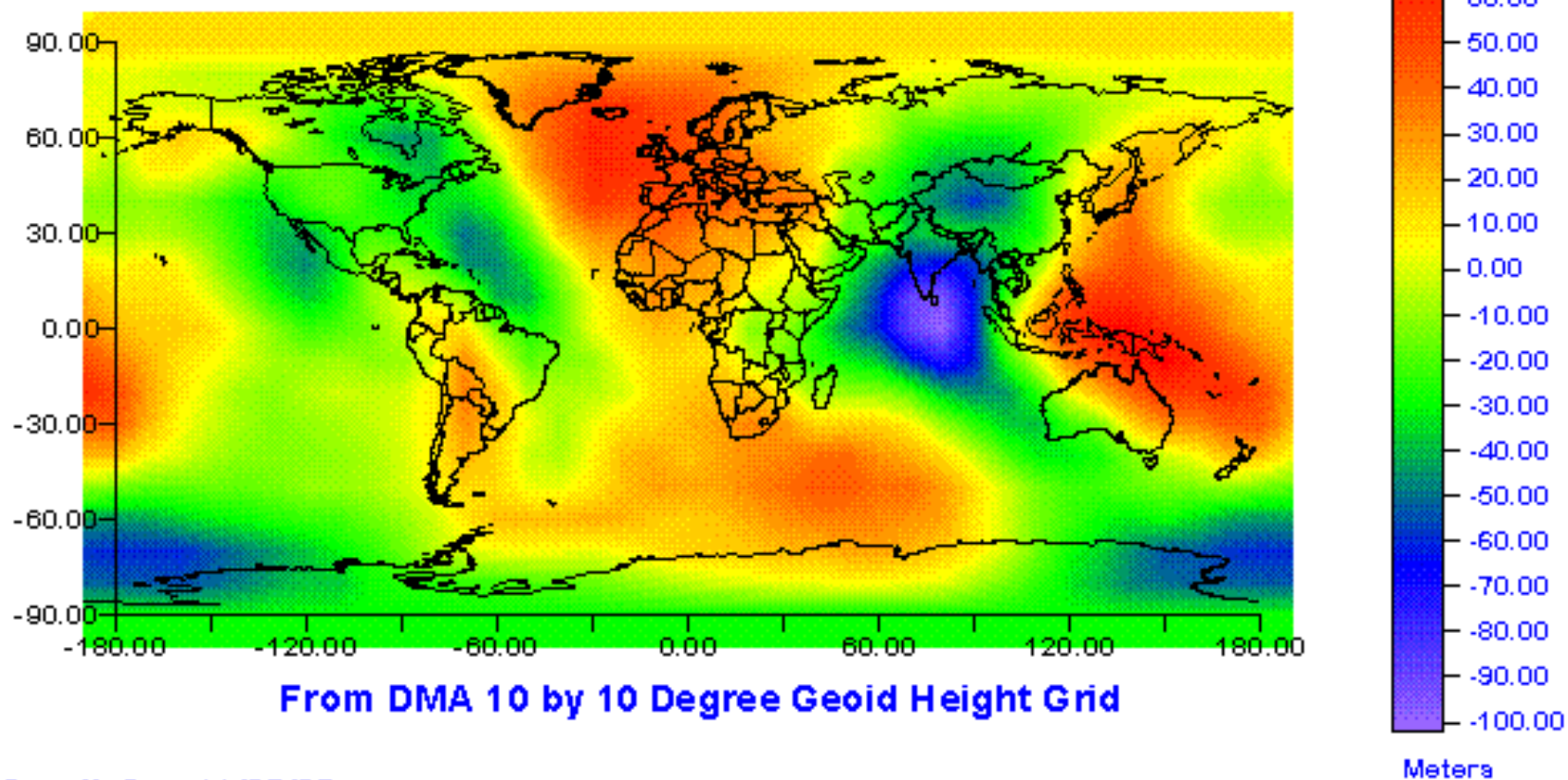
# GNSS

## NAVSTAR GPS

### ŠTRUKTÚRA, PRINCÍP ČINNOSTI, ZÁSADY a OSOBITOSTI

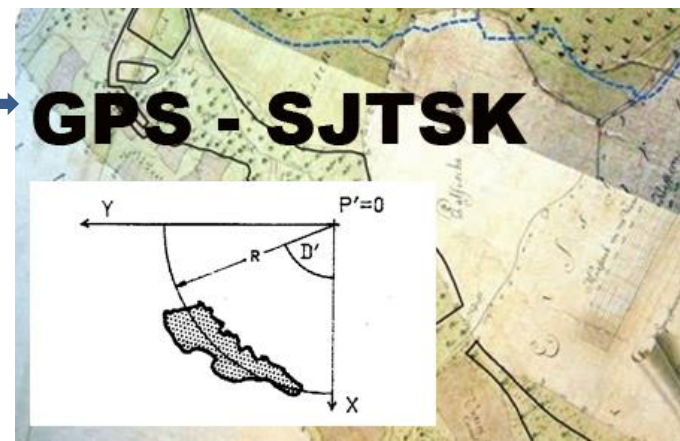


## WGS-84 Geoid Height



### ➤ **Nevýhody GPS** (najmä pre využitie GPS v geodézii):

- nemožnosť merania v podzemí
- horšie výsledky pri meraní v hustom poraste (napr. v lese)
- je potrebná priama viditeľnosť na satelity (z meraného bodu by mala byť obloha viditeľná od  $15^{\circ}$ - $20^{\circ}$  nad obzorom vyššie všetkými smermi)
- problémy s meraním v husto zastavaných oblastiach (napr. mesto s úzkymi uličkami)
- problémy s meraním v úzkych údoliach
- **má niektoré významné odlišnosti:**
  1. všetky diferenčné výpočty medzi stanicami sú robené na matematickom elipsoide WGS 84 a nie v lokálnej rovine
  2. všetky merania je potrebné transformovať do platného súradnicového systému pre SR (S-JTSK) →
  3. vypočítaná vzdialenosť medzi stanicami nie je vzdialenosťou "na povrchu", ale priama vzdialenosť "naprieč zemské teleso" (presnejšie skrz vyššie elipsoid WGS 84)



kde:

# GNSS

## NAVSTAR GPS

### ŠTRUKTÚRA, PRINCÍP ČINNOSTI, ZÁSADY a OSOBITOSTI



#### GPS APLIKÁCIE

➤ **GPS** sa dá využiť:

- *na pevnine*
- *na mori*
- *vo vzduchu*



**PRISMA 4 - sonar + GPS  
+ elektromotor**



- motor**
- 2 rýchlosti dopredu
  - 2 rýchlosti dozadu
  - loď do 500kg



- loďka**
- uloženie 8 GPS bodov
  - 2 komory a 2 montáže
  - kapacita 1,5kg



obj.č.:  
1 A0094

➤ V zásade je použiteľný všade,  
výnimku tvoria miesta, kde nie  
je prístupný satelitný signál  
(*jaskyne, tunely, podzemie, pod  
vodou a pod.*).



➤ **Medzi najbežnejšie aplikácie GPS patria:**

- Geodézia
- Geografia
- GIS
- stavebníctvo
- geofyzikálne a geologické výskumy
- turistika
- cestovanie
- cyklistika
- lov a rybolov
- automobilová, letecká a lodná doprava
- logistika
- pôdohospodárstvo
- lesné a vodné hospodárstvo
- rekreačná plavba
- zábava
- šport atď.



➤ **GPS poslúži každému, kto potrebuje vedieť, kde sa práve nachádza, alebo chce nájsť cestu k stanovenému cieľu.**

## ➤ Zábava s GPS

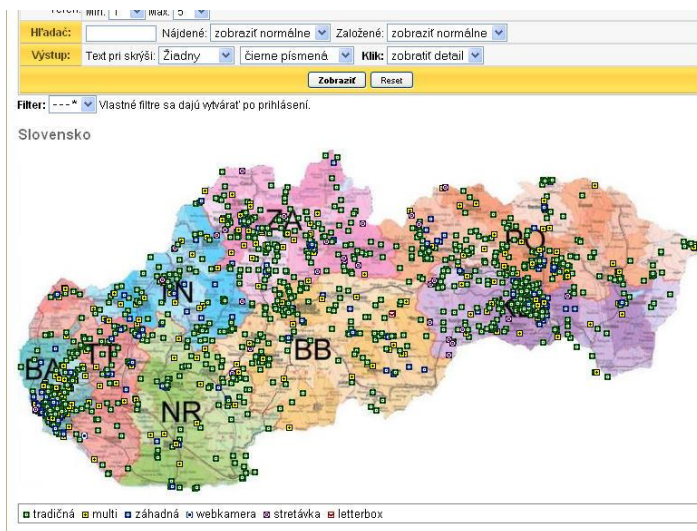
- S navigačnými zariadeniami GPS je možné zažiť aj veľa zábavy.
- Najznámejší spôsob zábavy s GPS je tzv. **Geocaching**, kde nadšenci vytvárajú rôzne skrýše (poklady či tzv. „cache“ (úkryt, skrýša; z angl. cache), ktoré je možné nájsť len s pomocou navigátora GPS.
- Ak hľadač skrýšu nájde, môže si z nej niečo zobrať, ale vhodné je aj niečo vložiť.
- Obvykle sú „cache“ umiestnené na zaujímavých miestach, takže väčšinou je hľadanie spojené s turistikou a pekným zážitkom.



„Kešky“

## GPS APLIKÁCIE

## ➤ Zábava s GPS



<http://geocaching.freemap.sk/#p=48.72776|21.26233|15|T>

### 3 Steps to Begin Your Adventure:

#### ❖ Step 1: Create a free geocaching account.

Explore, find and log geocaches around the world. You can also get access to more tools to make geocaching even better with a Geocaching Premium membership.

#### ❖ Step 2: Find a geocache.

Use Geocaching.com or the official Geocaching Intro apps for iPhone and Android to pick a geocache and navigate to its location.

#### ❖ Step 3: Share your experience.

Once you find it, sign and date the logbook, re-hide the geocache exactly how you found it, and share your experience online.

## OTÁZKY 2.10



➤ **GPS poskytuje výsledky v jednotnom svetovom súradnicovom systéme:**

- A. ETRF 84 (European Terrestrial Reference Frame 1984)
- B. ITRS 84 (International Terrestrial Reference System 1984)
- C. WGS 84 (World Geodetic System 1984)

➤ **GPS má aplikácie aj v geografii a GIS:**

- A. len čiastočne
- B. áno
- C. nie



## SPRÁVNE ODPOVEDE 2.10



➤ GPS poskytuje výsledky v jednotnom svetovom súradnicovom systéme: (C)

- A. ETRF 84 (European Terrestrial Reference Frame 1984)
- B. ITRS 84 (International Terrestrial Reference System 1984)
- C. WGS 84 (World Geodetic System 1984)



➤ GPS má aplikácie aj v geografii a GIS: (B)

- A. len čiastočne
- B. áno
- C. nie



# Ďakujem za pozornosť

---

**PREDNÁŠKA 3**