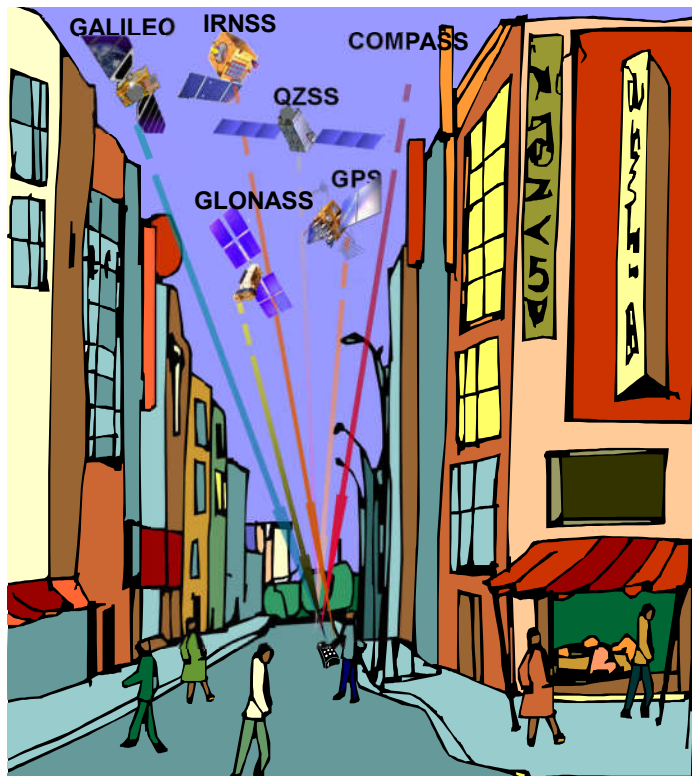


GNSS "Global Navigation Satellite Systems"

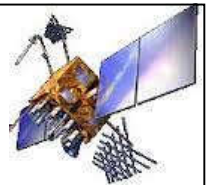


Želja: popolna interoperabilnost različnih navigacijskih sistemov. Navigacija s pomočjo različnih signalov z enim sprejemnikom (brez dodatnih stroškov in kompleksnega rokovanja).

M. Kuhar: Detajlna izmera, 1. del

1

Kaj je GNSS?



● Global Navigation Satellite System

● ZDA

GPS (Global Positioning System)

● Rusija

● GLONASS (*Globalnaya*

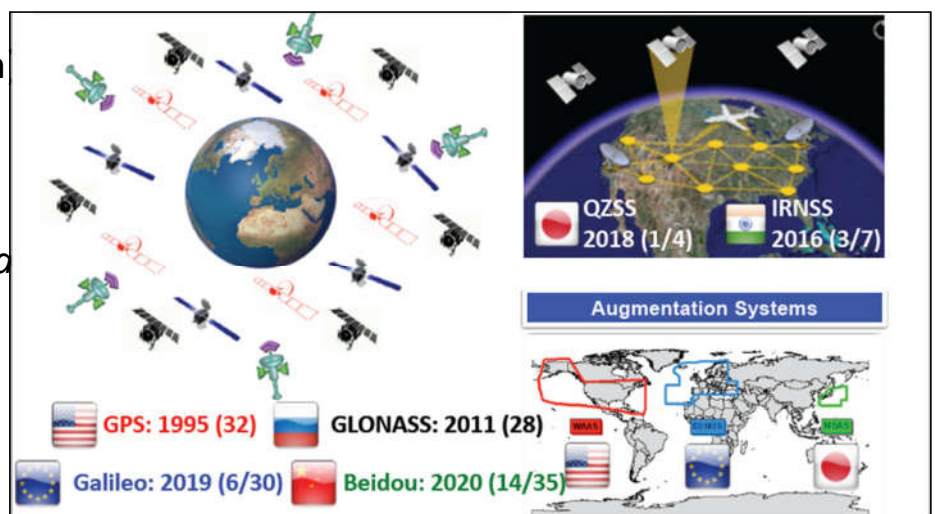
● *navigatsionnaya sputnikovaya*

● EU

● Galileo

● Kitajska

● BeiDou (COMPASS) – Kitajska



2

Zgodovina tehnologije GNSS

- **1957:** Sovjetska zveza utiri Sputnik; ugotovijo, da lahko določijo položaj objekta na Zemlji s satelitskimi tehnikami
- **1960:** Pentagon utiri TRANSIT, sistem satelitske navigacije za uporabo v pomorstvu.
- **1973:** Ameriška mornarica in zračne sile združijo sisteme navigacije v t. i. NAVSTAR – začetek GPS-ja.
- **1982:** izstrelitev prvega satelita GLONASS.
- **1983:** po sestrelitvi korejskega letala nad Sovjetsko zvezo, predsednik R. Reagan ukazal odprtje sistema tudi za civilno rabo; prvi instrument GPS, namenjen komercialni uporabi.
- **1995:** V celoti je tehnologija operativno pričela delovati v aprilu 1995.
- **2000:** Ameriško obrambno ministrstvo izključi motnjo omejene dostopnosti SA (angl. Selective Availability).
- **2022:** 8 satelitov GLONASS, 2011 – 24 satelitov.
- **2007:** sporočijo, da nova generacija GPS III ne bo več vključevala motnje omejene dostopnosti.

GNSS danes

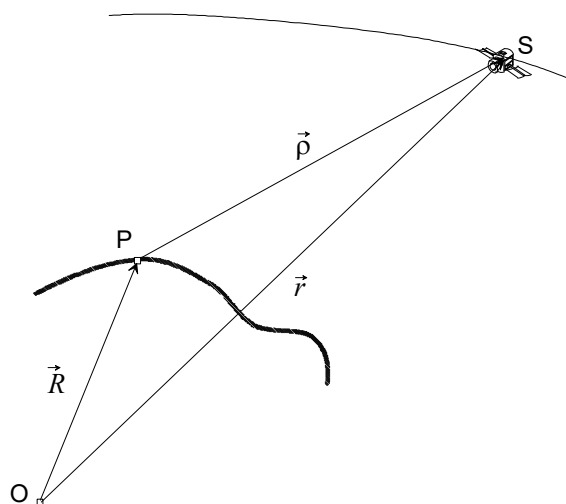
- Princip satelitske navigacije:

$$\mathbf{r}(t) = \mathbf{R}(t) + \rho(t)$$

$\mathbf{r}$ - geocentrični krajevni vektor satelita S,

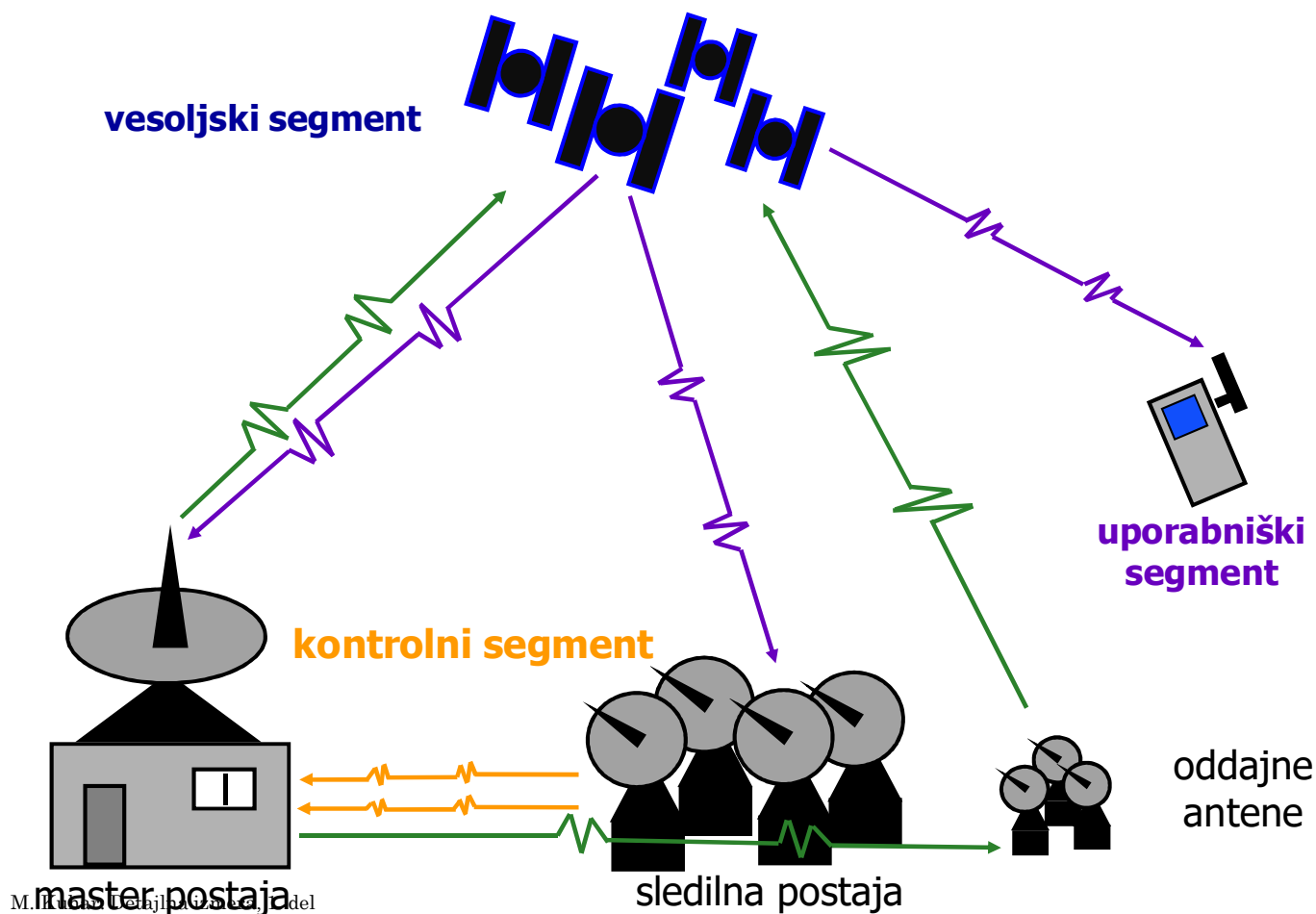
$\mathbf{R}$ - geocentrični krajevni vektor opazovališča P,

ρ – topocentrični vektor satelita S (opazovana razdalja).



- $\mathbf{r}$ znano (efemeride satelitov), ρ merjeno, $\mathbf{R}$ neznano (izračunamo).
- Za enolično rešitev potrebujemo opazovanja do saj 4 satelitov.

Trije segmenti GNSS



M. Hvala, Učitelj fizike in matematike

5

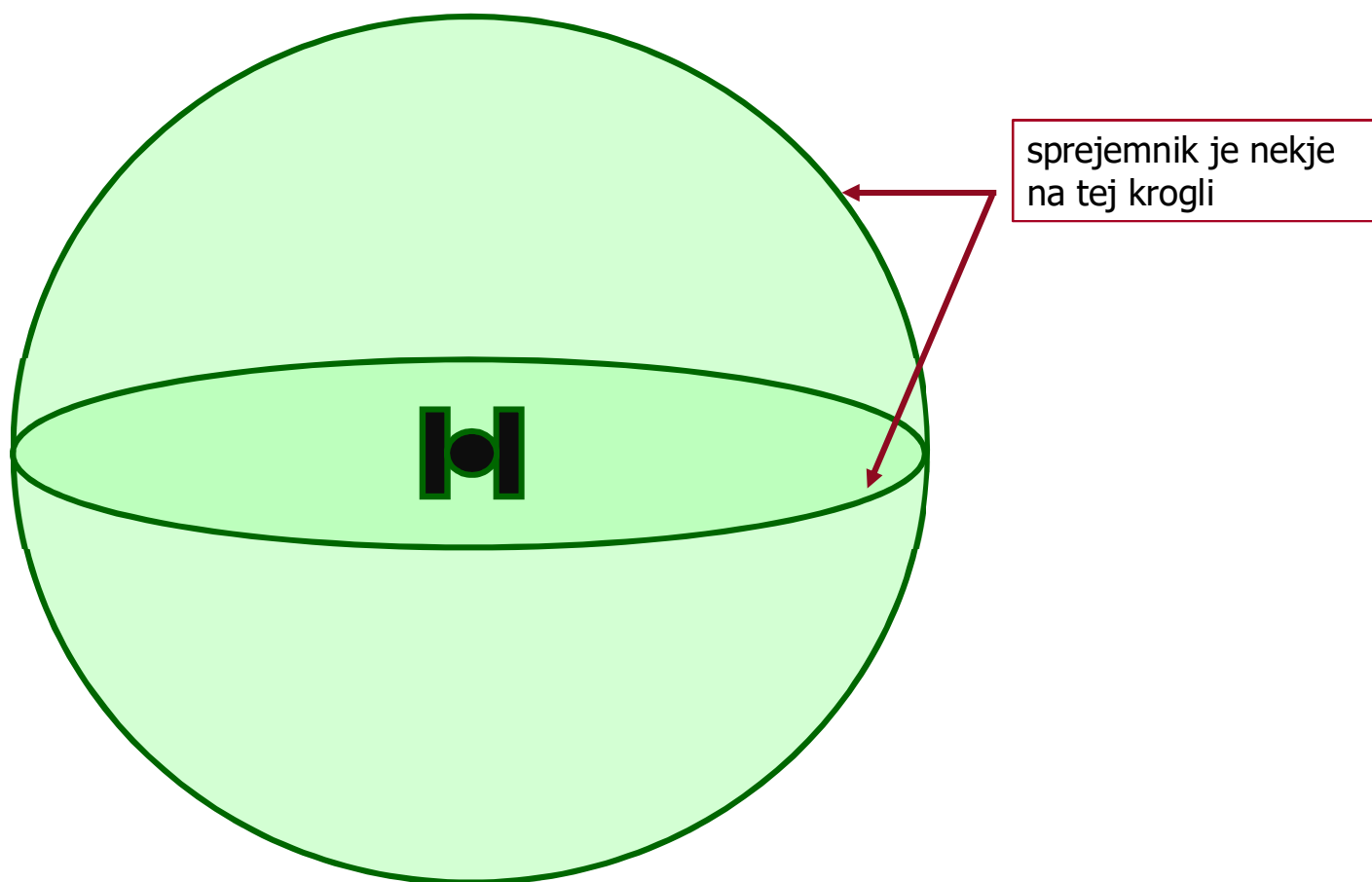
Lastnosti GNSS



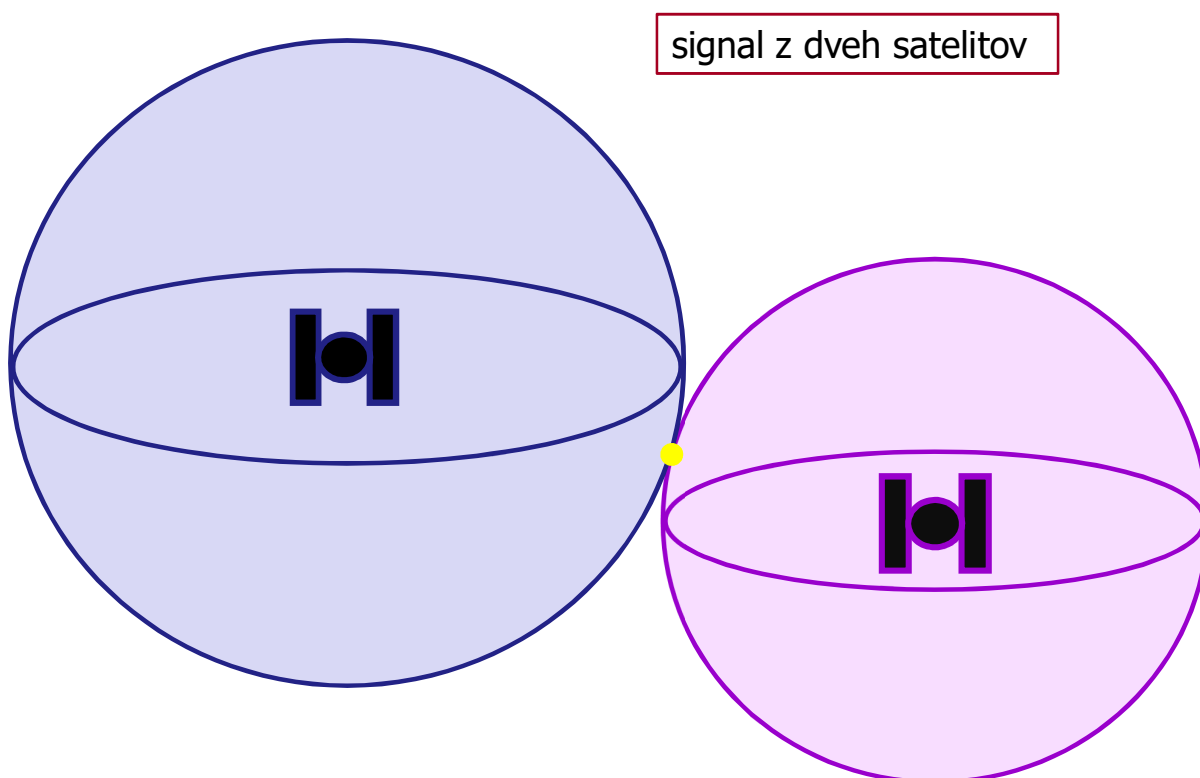
	GPS	GLONASS	GALILEO	COMPASS
Število satelitov	21 + 3	21 + 3	27 + 3	30 + 5 GEO
Število orbitalnih ravnin	6	3	3	?
Velika polos tirnice	26600 km	25440 km	29600 km	? 21500 km
Obhodni čas	11:58 H	11:15 H	14:07 H	? 12:35 H
Inklinacija	55 deg	64 deg	56 deg	? 55 deg
Masa satelita	1100 kg (IIR)	1400 kg	700 kg	? 2200 kg
Površina sončnih panelov	14 m ²	23 m ²	13 m ²	???

6

Princip satelitske navigacije (1)

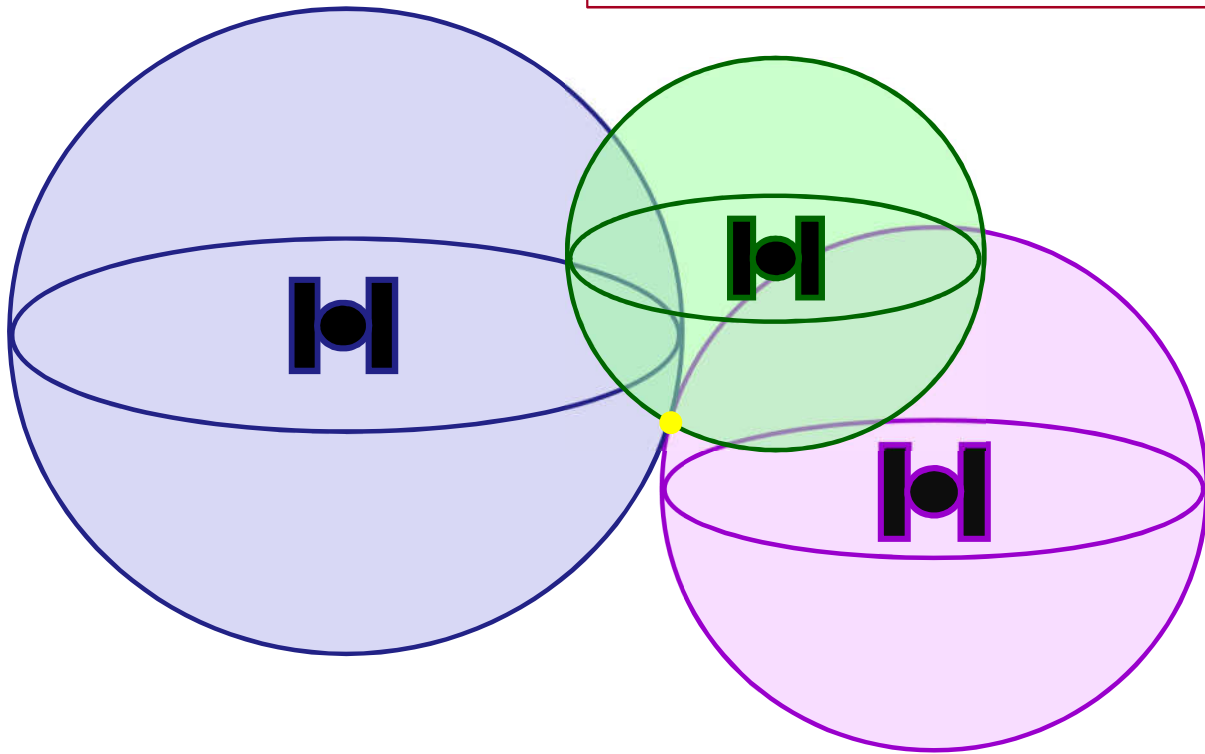


Princip satelitske navigacije (2)



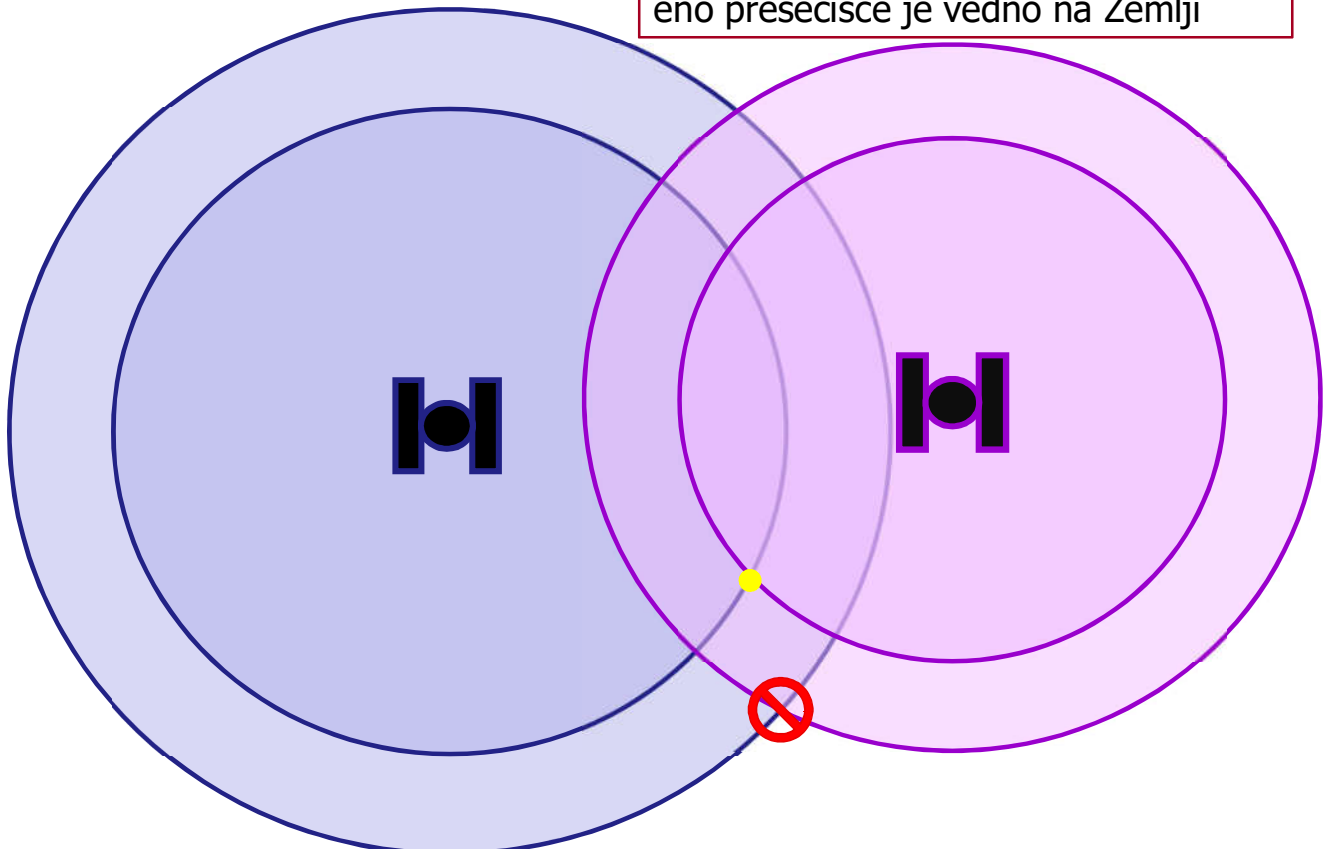
Satelitska navigacija - princip trilateracije

signal s treh satelitov (2D položaj)

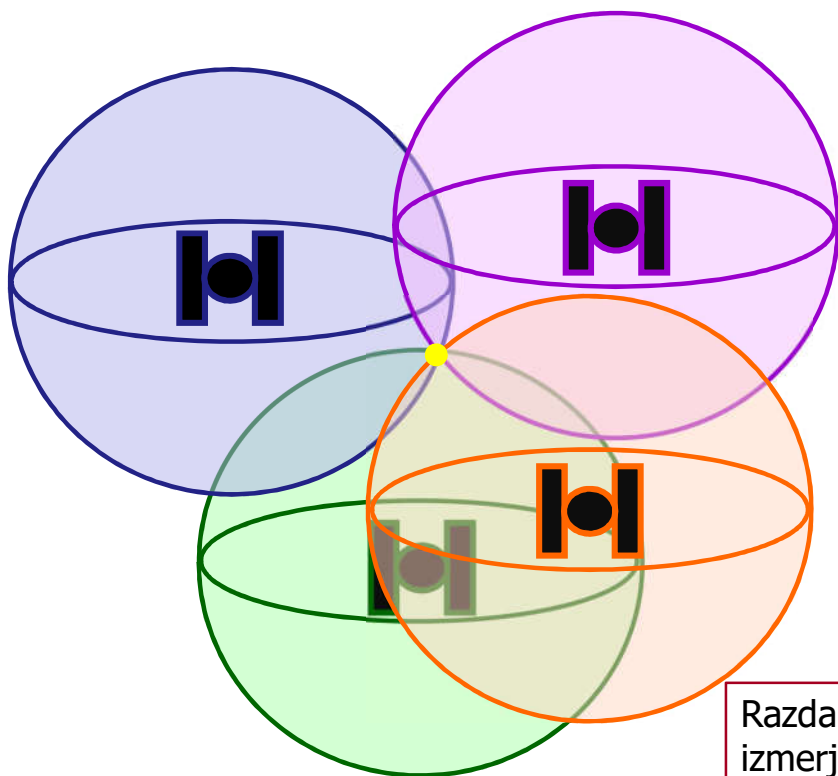


Princip trilateracije (2)

eno presečišče je vedno na Zemlji



3D določitev položaja



Razdalje določamo na osnovi izmerjenega časa potovanja signala. Četrty satelit potrebujemo za popravek ure sprejemnika.

Osnovni tipi opazovanj

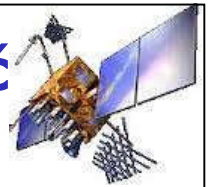
- Osnovni tipi opazovanj:
 - Kodne psevdo razdalje,
 - fazna opazovanja,
 - Dopplerjeva opazovanja.
- **Psevdo razdalja** predstavlja razdaljo med sprejemnikom in satelitom in vključuje tudi pogreške položaja satelita, urin stanj satelitove in sprejemnikove ure, vplive atmosfere in elektromagnetni šum $\Rightarrow$ Uporabljajo se za absolutno določanje položaja ($\sim$ m).
- **Fazna opazovanja** predstavljajo razliko med fazo sprejetega signala in fazo signala, ki ga ustvari sprejemnik $\Rightarrow$ uporabljajo se za geodetsko določanje položaja (cm).
- Dopplerjev efekt je posledica relativne spremembe razdalje med sprejemnikom in satelitom in se kaže v spremembi frekvence valovanja.

Ure na krovu satelita in v sprejemniku

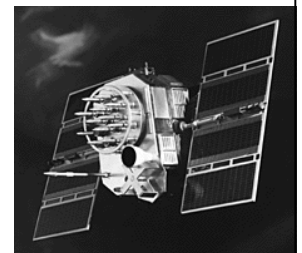
- Ura na krovu satelita
 - 2 Cezijevi in 2 Rubidijevi,
 - \$100,000-\$500,000 vsaka.
- Ure v sprejemniku:
 - Podobne kvarčnim uram.
 - Vedno obstaja razlika med uro na satelitu in uro v sprejemniku (Δt).
- Potrebujemo 4 satelite da določimo x , y , z in Δt .



Določanje položaja temelji na merjenju č



Oddaja signala s satelita v trenutku
"T"



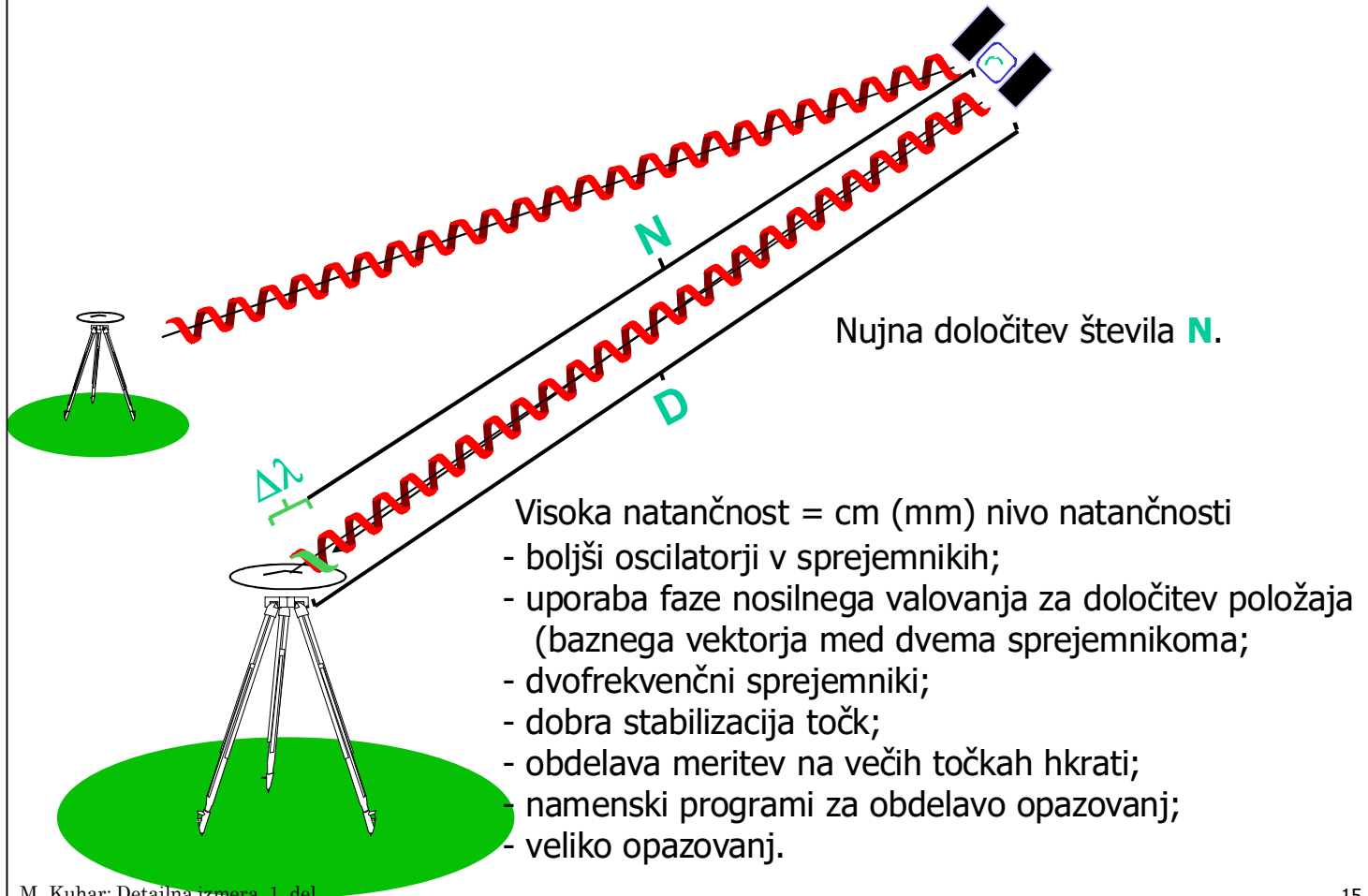
T + Δ

Sprejem signala v trenutku: "T + Δ "



Razdalja med satelitom in sprejemnikom = "D krat hitrost svetlobe" $\rightarrow PR = c \cdot D$

Geodetska natančnost - uporaba faze valovanja



M. Kuhar: Detajlna izmera, 1. del

15

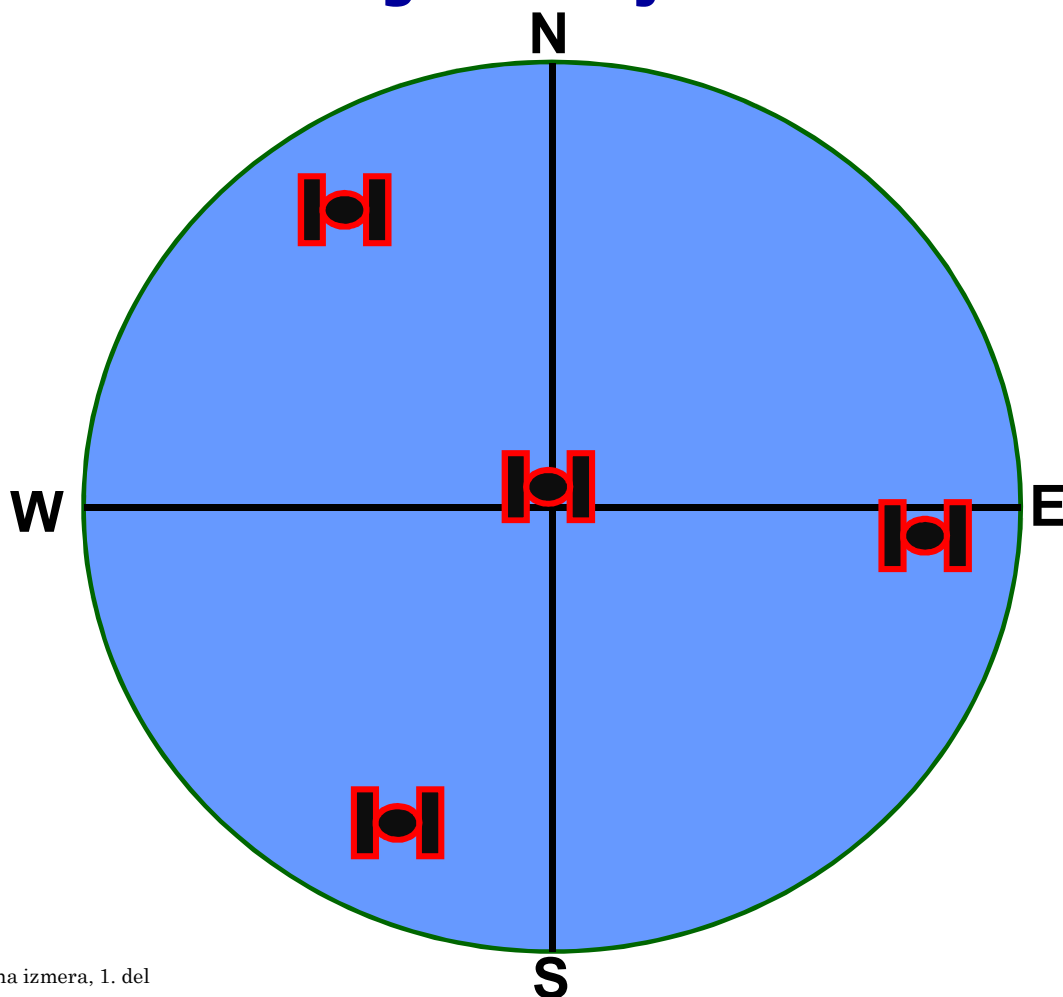
Vplivi na opazovanja

- Tirnice satelitov (oddane efemeride "broadcast", natančnost do 5 m).
 - odpravimo z uporabo preciznih efemerid.
- Pogreški satelitove ure (kontrolni segment skrbi za to), sama nenatančnost ure posameznega satelita vsebovana v navigacijskem sporočilu.
- Pogreški sprejemnikove ure:
 - odpravimo z metodo obdelave opazovanj (samo v relativnem načinu).
- Prehod signala skozi ozračje:
 - ionosferska refrakcija (uporaba modelov, dvofrekvenčni sprejemniki);
 - tropsferska refrakcija (modeli), večja se večanjem zenitne razdalje.
- Večpotje - "multipath": odboj signala od okoliških površin.
- Šum sprejemnika.
- Fazni center antene.
- Geometrija satelitov.

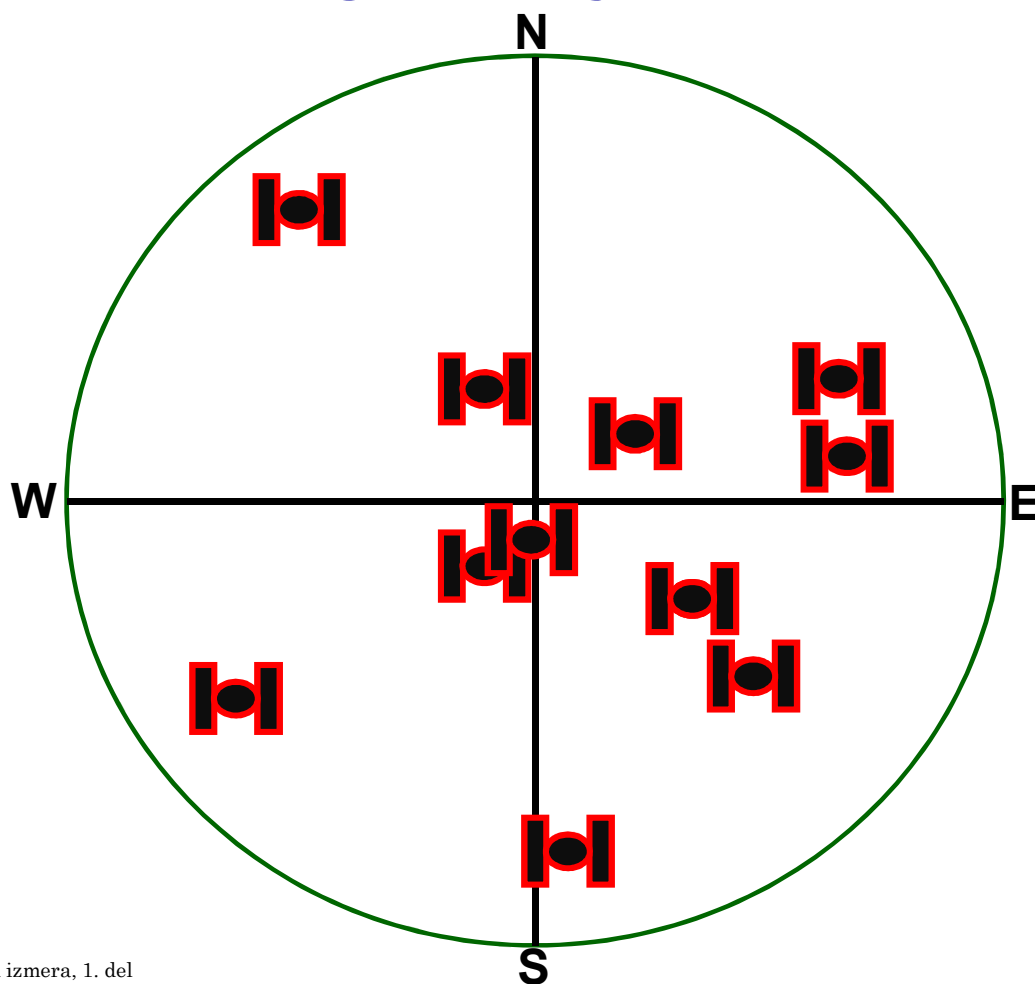
M. Kuhar: Detajlna izmera, 1. del

16

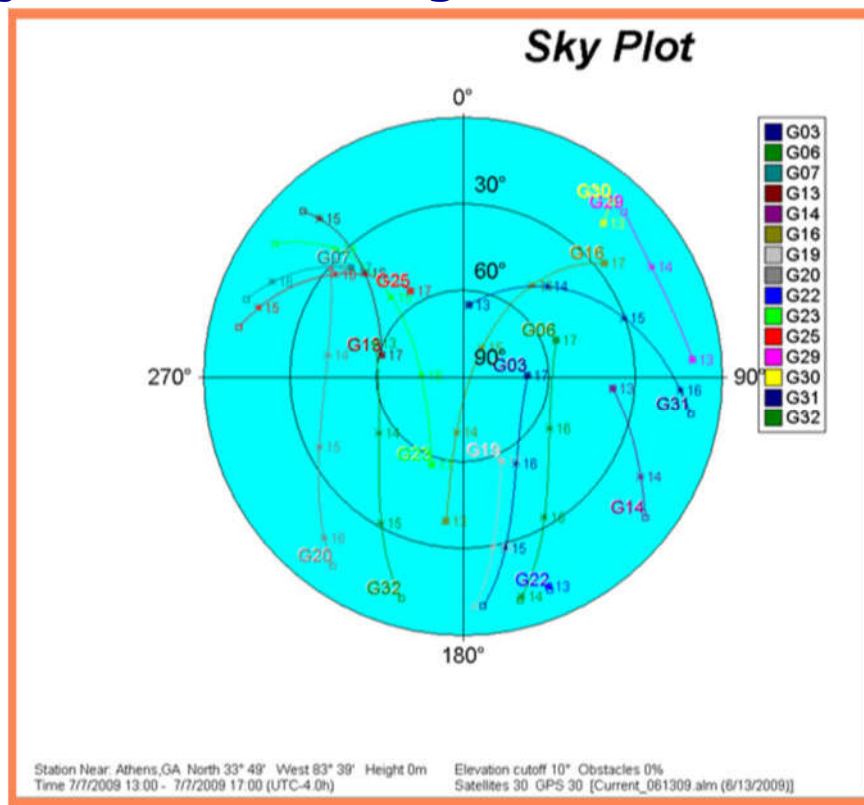
Idealna geometrija satelitov



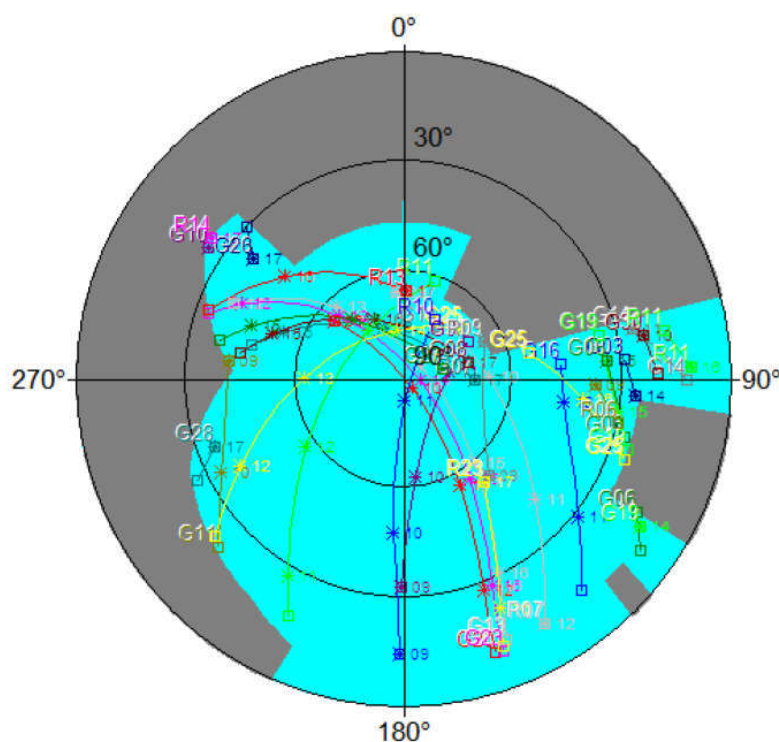
Slaba geometrija satelitov



Planiranje izmere GNSS - graf satelitov na obzorju



Planiranje izmere GNSS - ovire



- Spletne aplikacije za izračun vidnosti satelitov:
- <http://resources.ashtech.com/GNSSPlanningMobile/en.html>
- <http://gnssmissionplanning.com/>