



Univerzitet u Beogradu – Građevinski  
fakultet [www.grf.bg.ac.rs](http://www.grf.bg.ac.rs)

Studijski program:

**GRAĐEVINARSTVO**

Modul:

**MASTER STUDIJE**

Godina/Semestar:

**1 godina / 1 semestar**

Naziv predmeta (šifra):

**Geoinformacioni sistemi u  
saobraćajnicama (M2S1GI)**

Nastavnik:

**Aleksandar Sekulić**

Naslov predavanja:

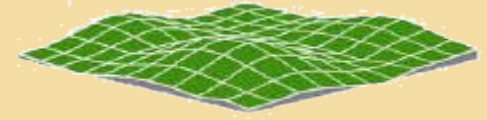
**GNSS**

Datum :

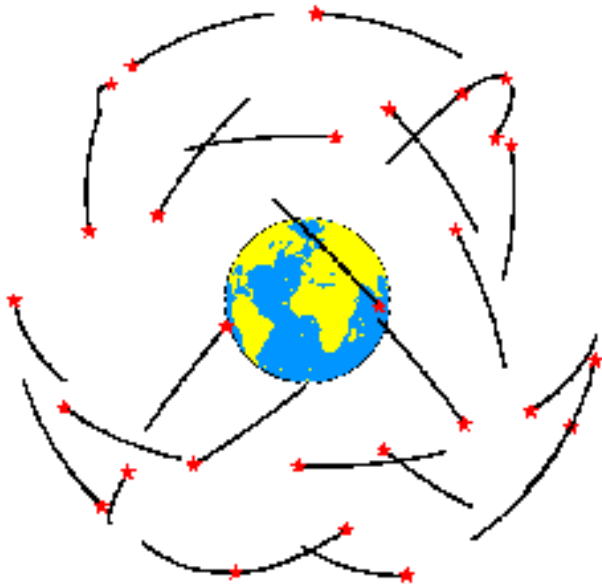
10.11.2021.

*Beograd, 2021.*

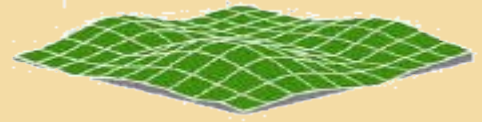
*Sva autorska prava autora prezentacije i/ili video snimaka su zaštićena. Snimak ili prezentacija se mogu koristiti samo za nastavu na daljinu studenta Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu u školskoj 2021/2022. i ne mogu se koristiti za druge svrhe bez pismene saglasnosti autora materijala.*



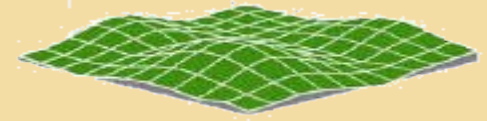
- **GPS = Globalni Pozicioni Sistem**
  - Prvi i najpoznatiji sistem
- **GNSS = Globalni Navigacioni Satelitski Sistemi**
  - Zajedničko ime za sve navigacione sisteme
  - GPS je deo GNSS, kao i GLONASS, Galileo, BeiDou i drugi.



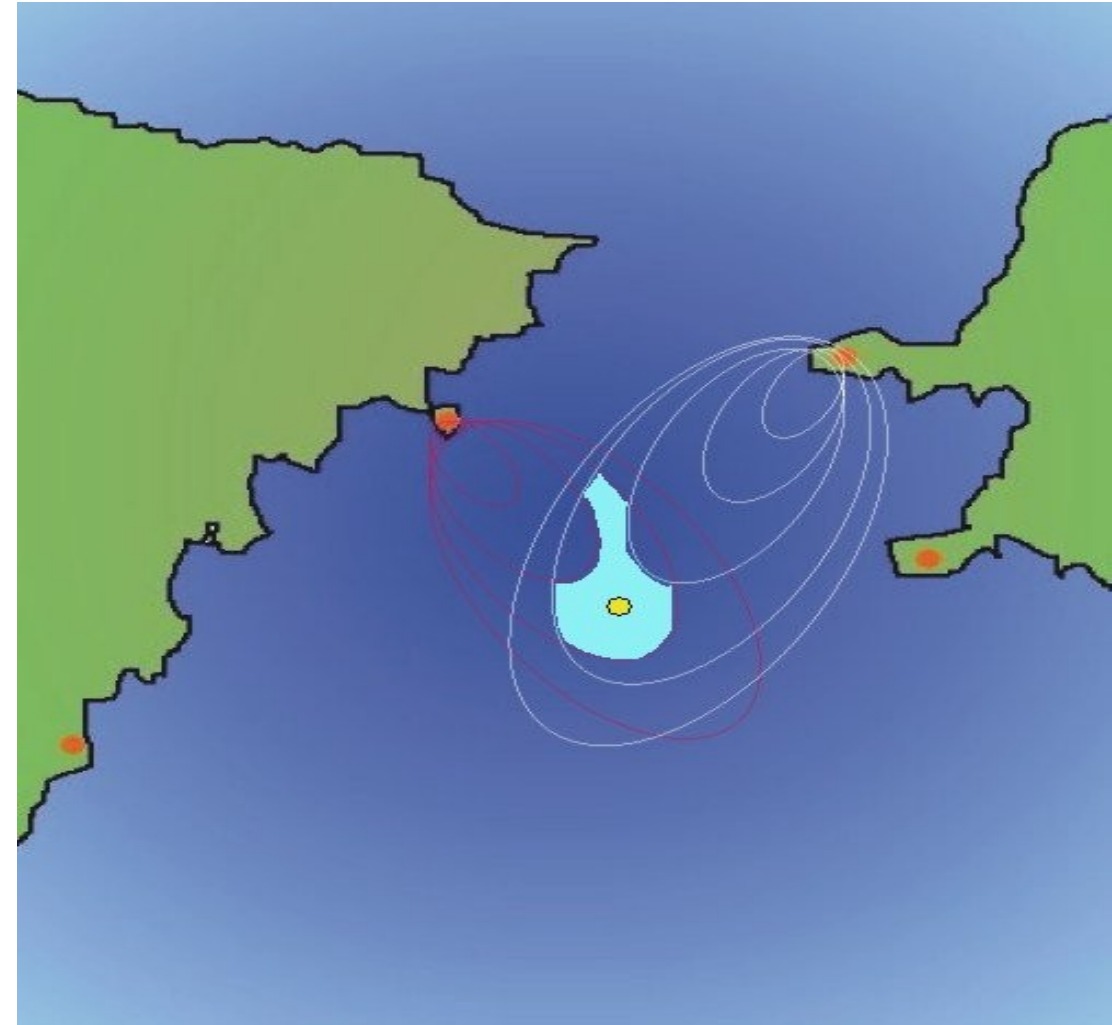
# GPS



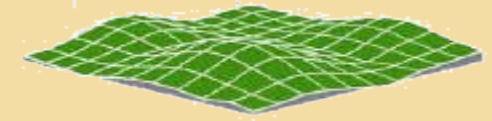
# Kratka istorija GPS...



- LORAN-C  
(Long Range Aid to Navigation)
- brodska navigacija
- Korišćene su bove radio predajnici duž obala
- Niska tačnost lokalizacije ~ 200m.

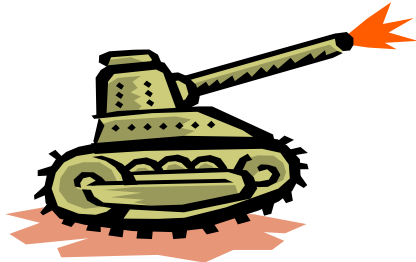


# Kratka istorija GPS...

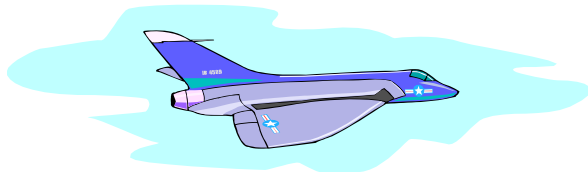


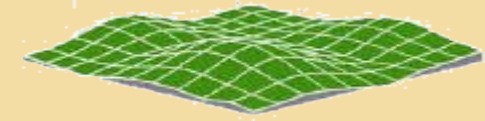
- TRANSIT: razvijen od strane U. S. Navy. Koristio je 6 satelita, sa niskim orbitama. Pokrivao je celu Zemlju i nudio visoku tačnost (ispod 1 m), ali je zahtevao više sati rada.

- SECOR

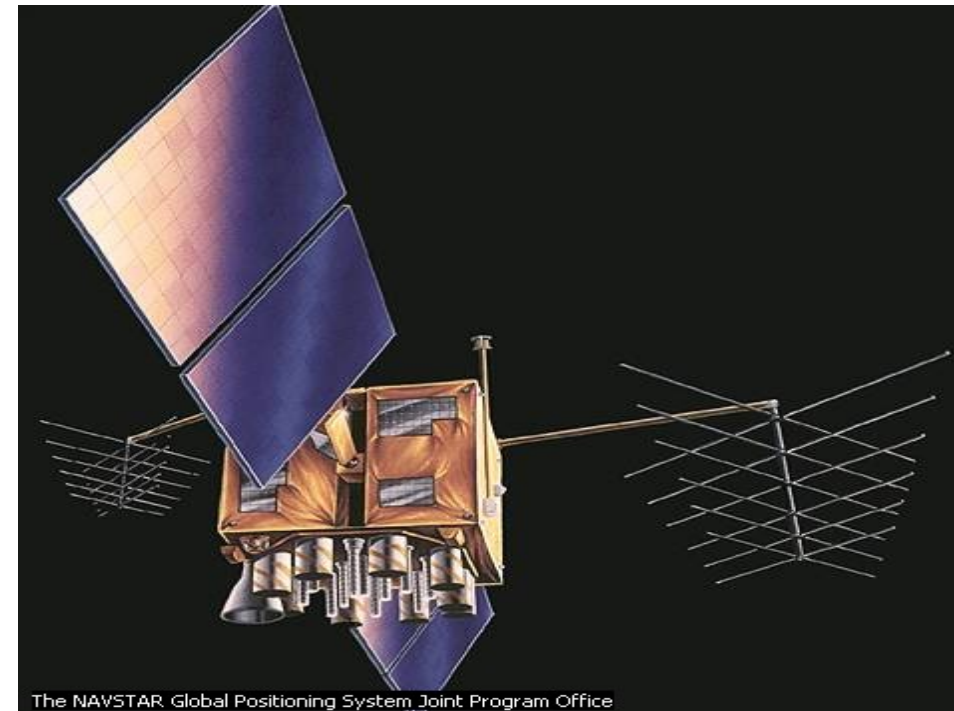


- System 621B

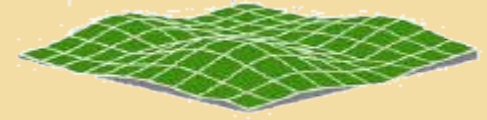




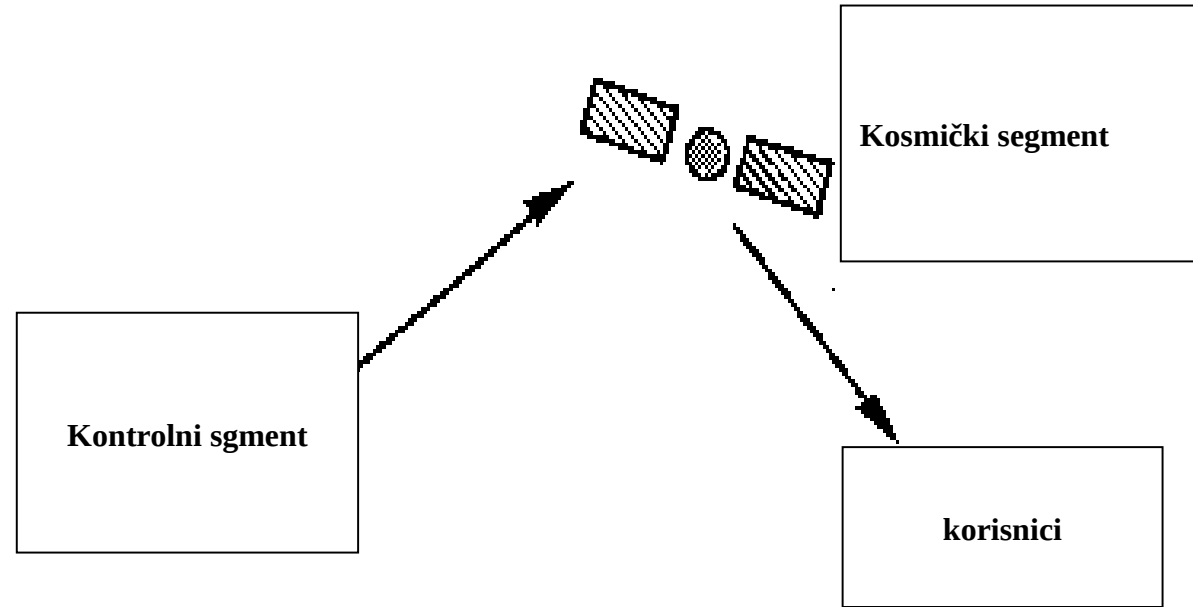
- Ministarstvo odbrane USA je utvrdilo da je tokom 70-tih godina oko 120 navigacionih sistema bilo u upotrebi. Tada je predloženo uvođenje jedinstvenog sistema NAVSTAR (NAVigation System with Timing And Ranging)



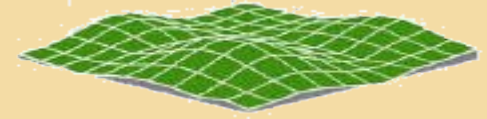
# Segmenti GPS-a



- Kosmički
- Kontrolni
- Korisnički
- Terestički



# Kosmički Segment

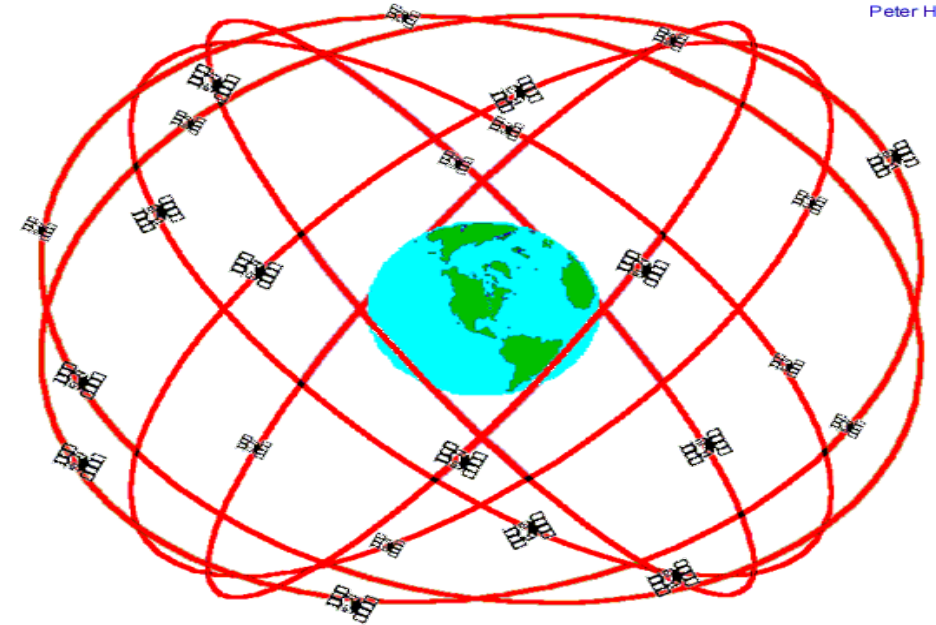


Peter H. Dana 9/22/98

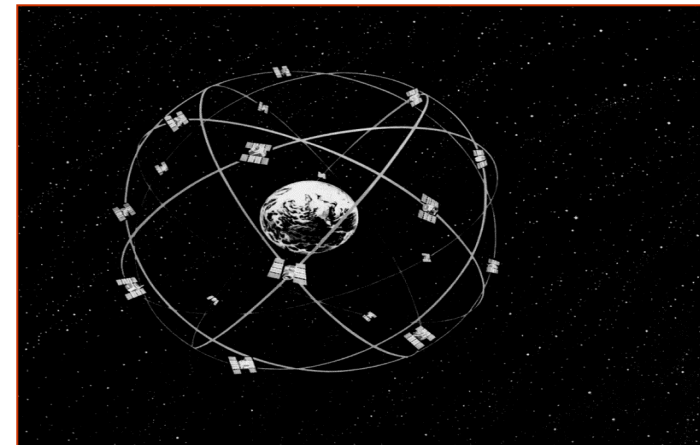
- Čine ga sateliti
- Minimum 24 operativna satelita (7 rezervnih)
- Na udaljenosti oko 20000 km od Zemlje.

## GPS konstalacija satelita:

- 6 orbita, svakom satelitu je potrebno 12 sati da obiđe Zemlju
- 4 satelita u svakoj orbiti
- Orbite satelita su projektovane tako da se najčešće signali sa šest satelita mogu primiti na bilo kojoj tački Zemlje

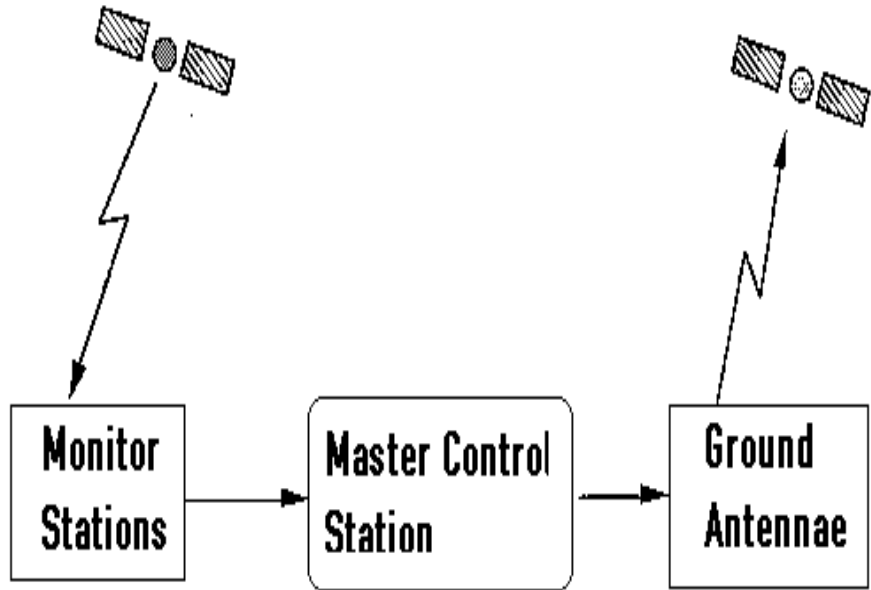
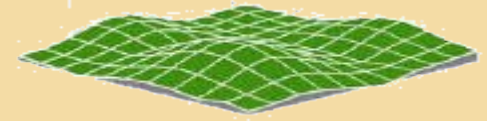


**GPS Nominal Constellation**  
**24 Satellites in 6 Orbital Planes**  
**4 Satellites in each Plane**  
**20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination**



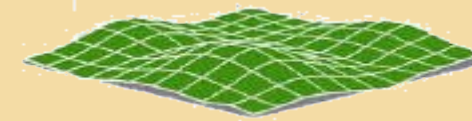


# Kontrolni Segment

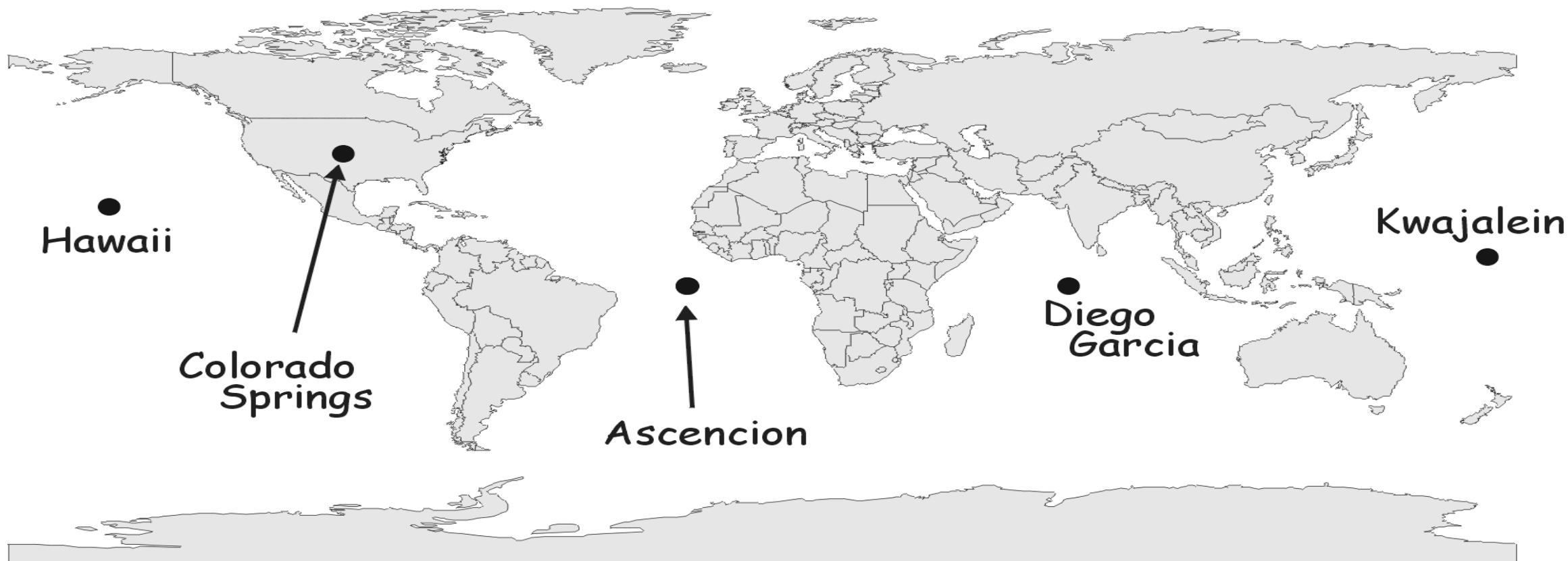


- Četiri kontrolne stanice locirane na Zemlji;
- 1) Hawaii u Pacifiku;
- 2) Diego Garcia u Indijskom Okeanu,
- 3) Ascension Island u Atlanskom Okeanu,
- 4) Colorado Springs u Coloradu

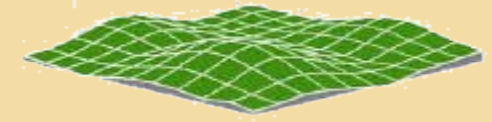
- Glavna kontrolna stanica je u Schriever (Falcon) Air Force Base u Colorado Springsu, Colorado..



## GPS Control Segment Stations

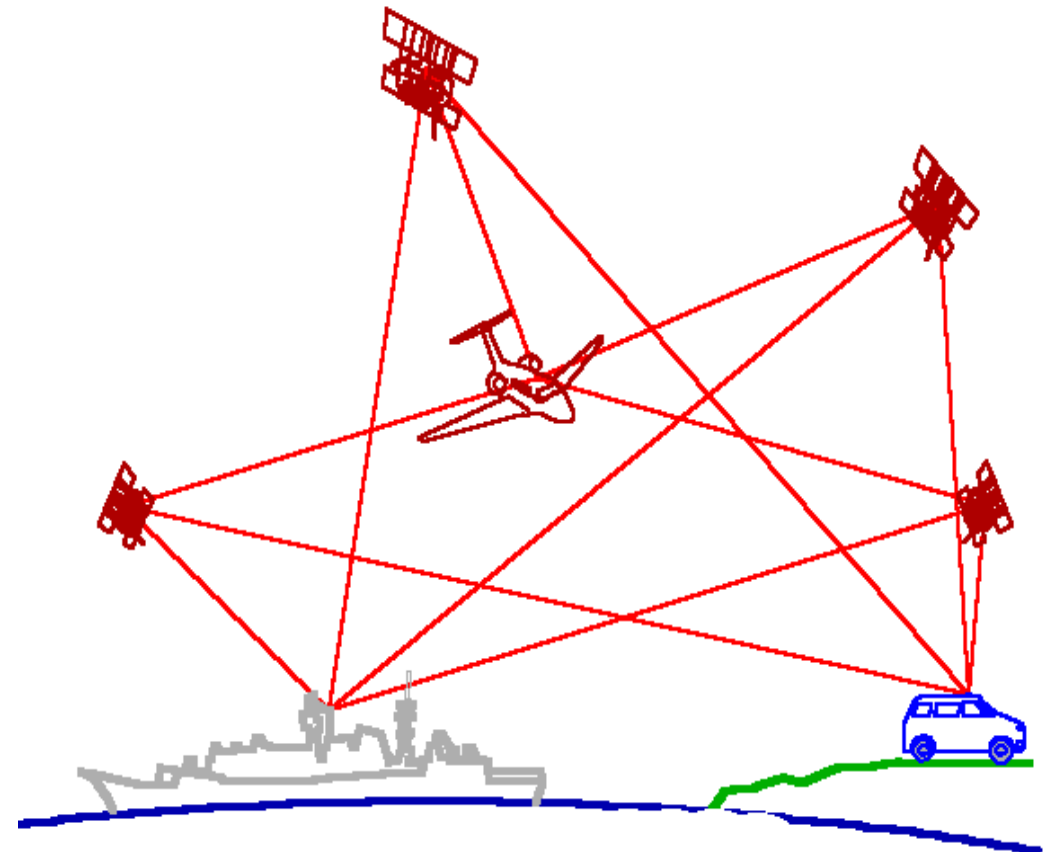


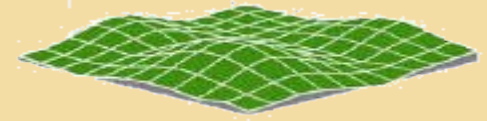
# Korisnički segment



GPS risiveri - mogu se nositi u ruci ili biti instalirani na prevoznim sredstvima.

## MC-GPS





- **Globalni Navigacioni Satelitski Sistemi**

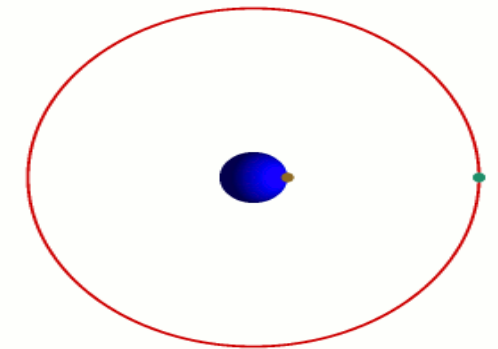
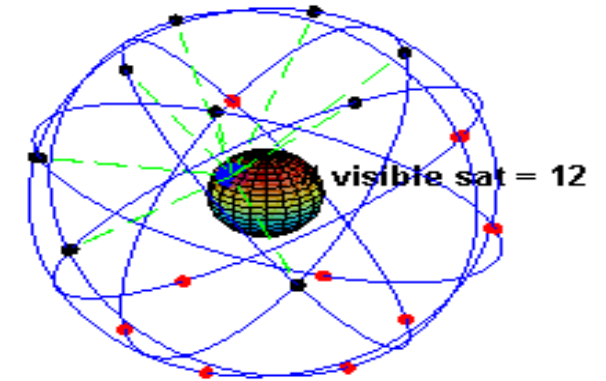
- Sateliti se oko Zemlje kreću po orbitama
- Njihovi signali su dostupni svuda na Zemlji

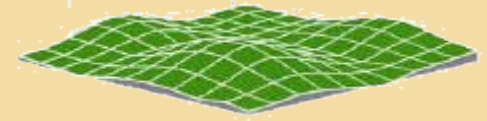
- **Regionalni Satelitski Sistemi**

- Sateliti se kreću po orbitama
- Pokrivaju samo određene oblasti

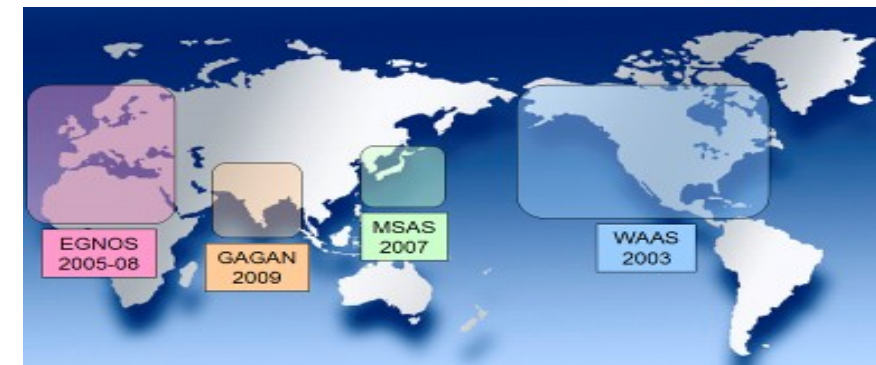
- **Geostacionarni Satelitski Sistemi**

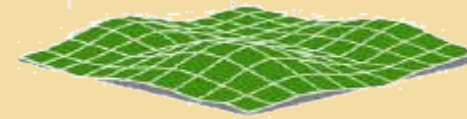
- Sateliti se kreću po orbitama brzinom koja je jednaka brzini rotacije Zemlje
- Posmatrano sa Zemlje izgleda kao da stoje u mestu
- Pokrivaju samo određene oblasti





- **Globalni Navigacioni Sistemi**
  - GPS
  - GLONASS
  - GALILEO
  - BeiDou (BeoDou-2 ili poznatiji kao COMPASS)
- **Regionalni sistemi**
  - BeiDou-1
  - QZSS
  - IRNSS
- **Pomoćni sistemi (korekcioni)**
  - WAAS
  - MSAS
  - EGNOS
  - GAGAN





- **GPS**

- Globalni sistem pozicioniranja
- GPS NAVSTAR
- Prvi sateliti lansirani 1978. godine
- Potpuno komercijalno orijentisani od 1994. godine

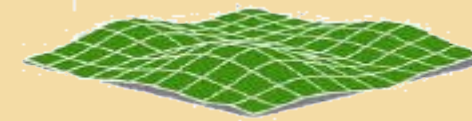
- **Trenutna konstelacija:**

- 11 x Block I (nijedan nije u funkciji)
- 19 x Block IIA (8 u funkciji)
- 12 x Block IIR (svi su u funkciji)
- 8 x Block IIRM (7+1 za testiranje orbita)
  - sa L2C civilnim signalom
- 12 x Block IIF (svi su u funkciji)
  - Sa L5 signalom (treća frekvencija)

- **Sledeća planirana lansiranja:**

- 5 x Block IIIA (u naredne dve godine, od ukupno 12)
  - novi signali jače snage, duži životni vek: ~15 godina





- **Karakteristike GPS satelita Block IIF**

- Treći civilni signal (L5)
- Životni vek 12 godina

- **Karakteristike GPS satelita Block III**

- Četvrti civilni signal (L1C)
- 4x bolji kvalitet signala
- Bolja sinhronizacija sa ostalim sistemima
- Životni vek 15 godina

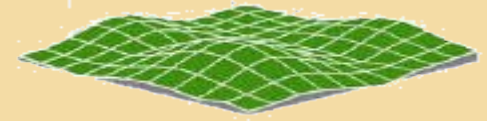
- 2014. godine krenulo se u obnavljanje zemaljskih stanica za kontrolu i praćenje satelita

2010  
GPS IIF



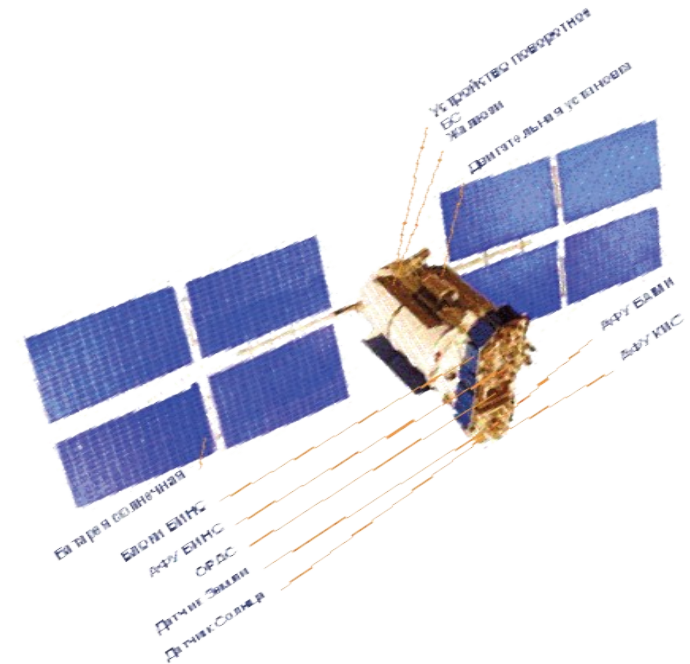
2014 - 2025  
GPS III



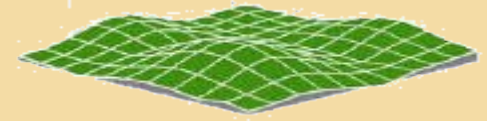


## ● GLONASS (ГЛОНАСС)

- ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система = GLObalni NAvigacioni Satelitski Sistem
- Rusija
- Program razvoja započet 1972. godine u SSSR-u
- Prvi sateliti su lansirani 1982., a puna konstalacija ostvarena je 1996. godine
- Sistem obuhvata 21 aktivni i 3 rezervna satelita
- Nalaze se na udaljenosti od 19 000 km
- Inklinacija 64.8 stepeni







- **Galileo**

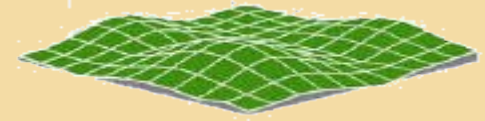
- Od 1999. godine je u razvoju
- EU
- Prvi satelit lansiran 2005. god.
- Krenuo je sa uslugama 2016. god.

- **Trenutno stanje:**

- 26 satelita od planiranih 30 (24 operativna i 6 rezervnih) je u orbiti.
- Potpuna operativnost očekuje se 2020. god.
- 2 kontrolna centra (Oberpfaffenhofen-Nemačka i Fucino- Italija)



# BeiDou (Beidou-2 ili ranije COMPASS)



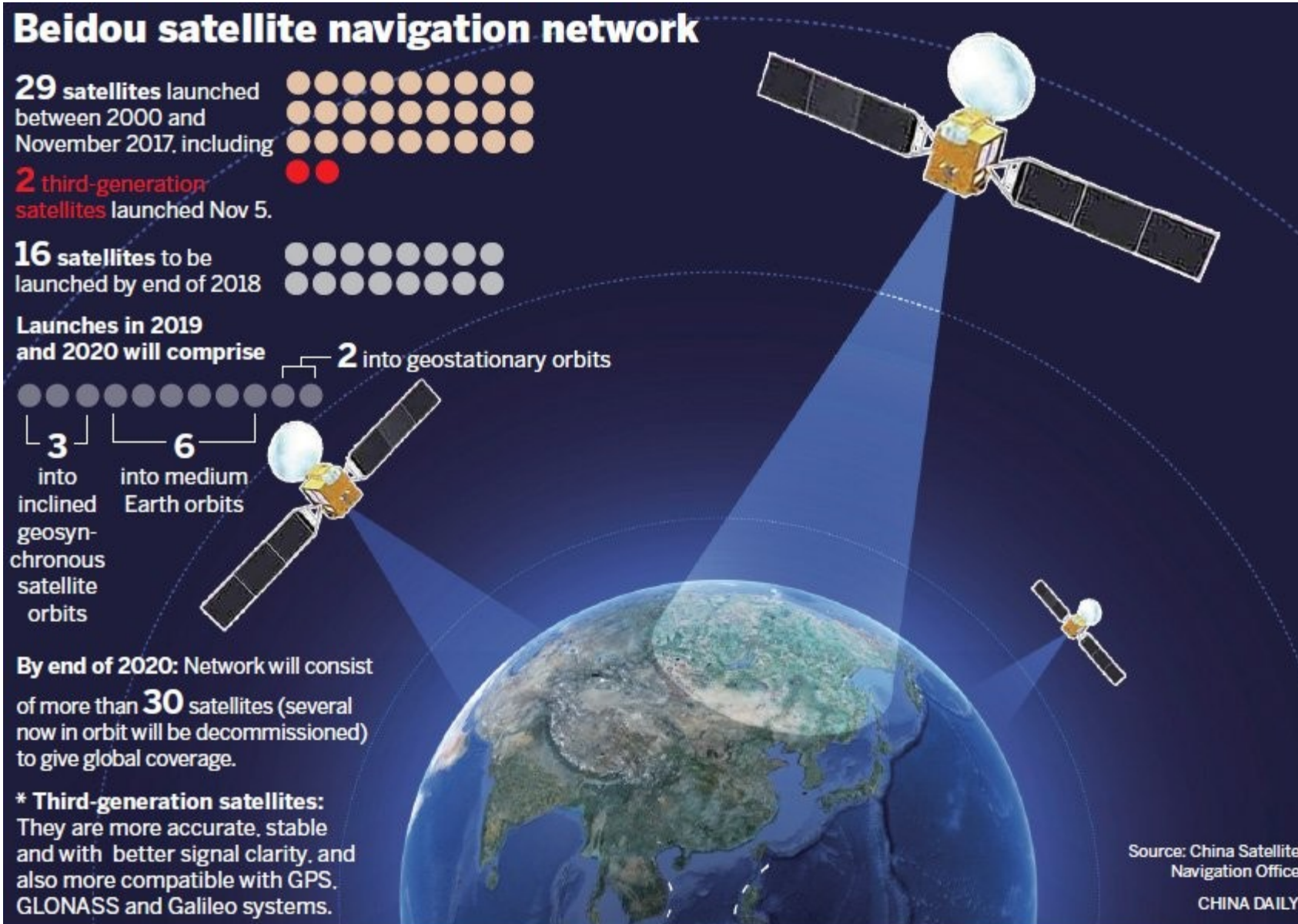
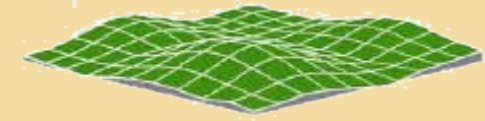
- **BeiDou**

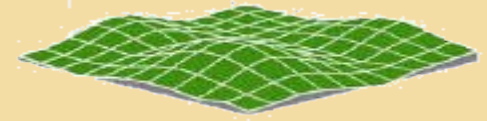
- Poznat i kao **Beidou-2**, BD2
- BeiDou-2 nije proširenje postojećeg Beidou-1 sistema, BD1
- Postao je operativan 2011. godine (sa 10 satelita)
- Namenjen je korisnicima u Azijsko-Pacifičkom regionu

- **Beidou-3**

- Prvi lansiran marta 2015. godine
- Trebalo bi da ima 35 operativnih satelita do kraja 2020. godine
- 2016. objavljeno je da ima milimetarsku tačnost u post procesingu







- **Regionalni satelitski sistemi**

- BEIDOU-1 (2001., Kina, 3 geostacionarnih satelita)
- QZSS (Japan, 4 satelita, Puna operativnost ~ 2018)
- IRNSS (2015., Indija, 7 geostacionarnih satelita)

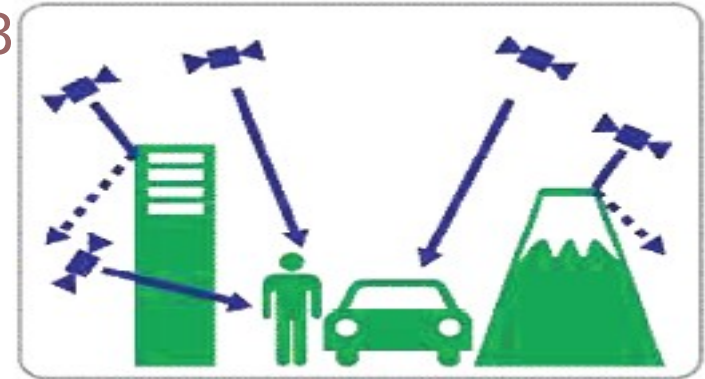
- **Glavne prednosti**

- Nezavisnost
- Preciznost i lokalna dostupnost zbog velike elevacije ( $70^\circ$  umesto standardnih  $45^\circ$ )

- **Glavne slabosti**

- Prijem samo u lokalu
- Odnos Cena / Dostupnost

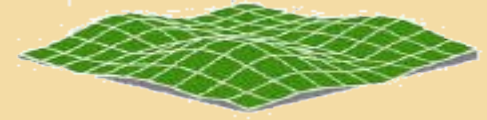
Globalni Sistemi



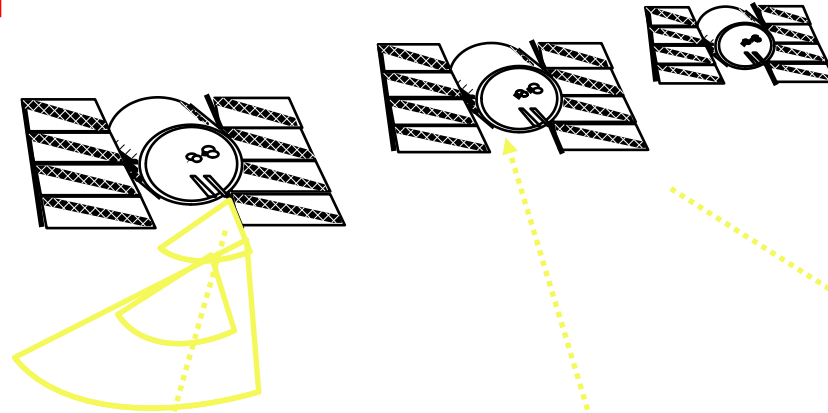
Regionalni Sistemi



# Kako GNSS funkcioniše

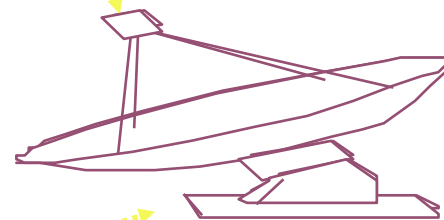
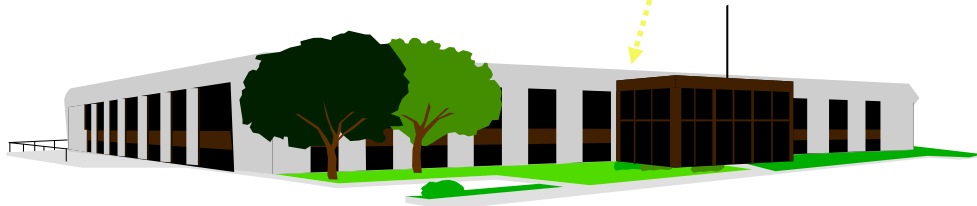


**Kosmički Segment**  
**24+ Satelita**



## Kontrolne Stanice

Diego Garcia  
Ascension Island  
Kwajalein  
Hawaii  
Colorado Springs

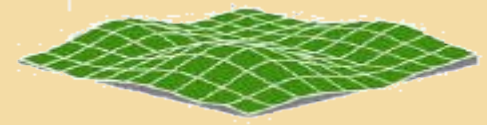


**GPS Kontrol**  
**Colorado Springs**



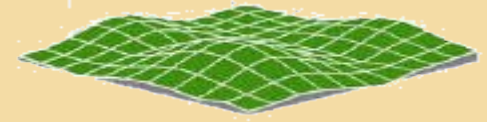
**Korisnik**

# Karakteristike GPS

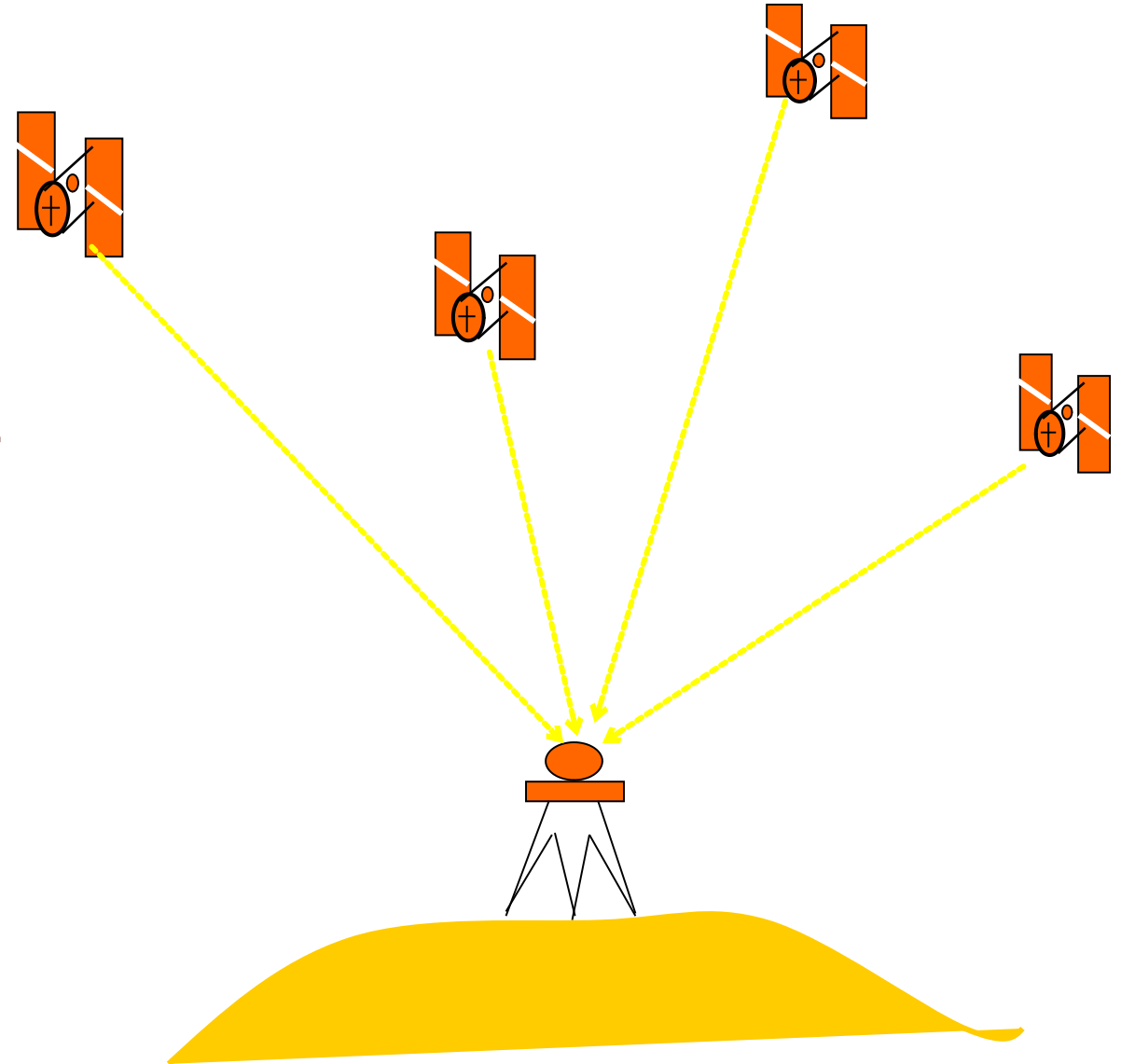


- Funkcioniše u svim vremenskim uslovima,
- Visoka tačnost 3D pozicioniranja,
- 24 sata dnevno operativan,
- Velika primena u inženjerstvu i geo-naukama,
- GPS oprema je izuzetno skupa.

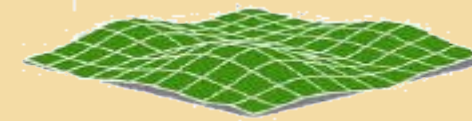
# Pozicioniranje GPS-om



- 1) Potrebno najmanje 4 satelita.
- 2) 4 satelita - 4 rastojanja.
- 3) računanje XYZ koordinata GPS vremena.
- 4) XYZ koordinate - u odnosu na centar Zemlje.
- 5) Transformacija u geografske koordinate - latituda, longituda, elipsoidna visina.



# Kako funkcioniše GPS? *(u 5 koraka)*

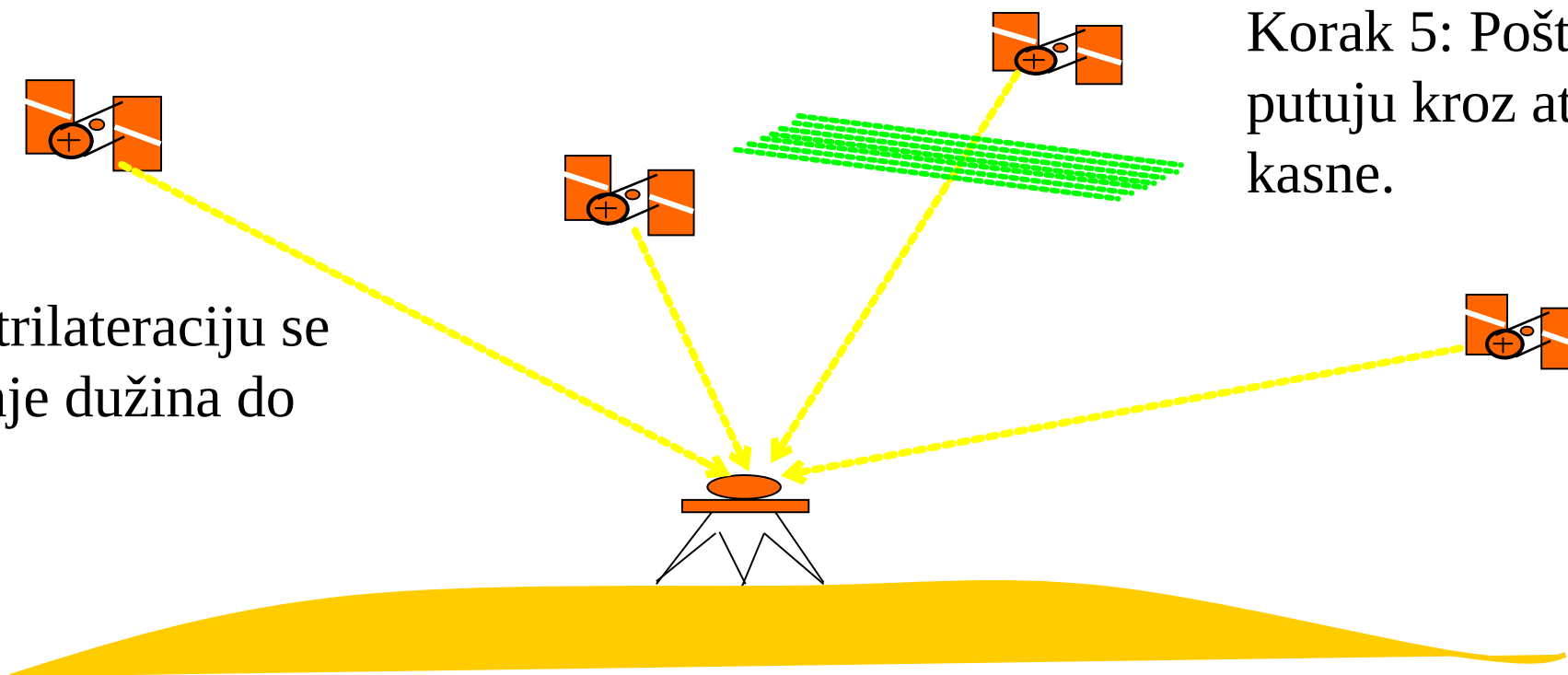


Korak 3: Za merenje vremena koje putovanja signala potrebni su tačni časovnici.

Korak 4: Uz određivanje rastojanja do satelita potrebno je znati i njegove koordinate u prostoru.

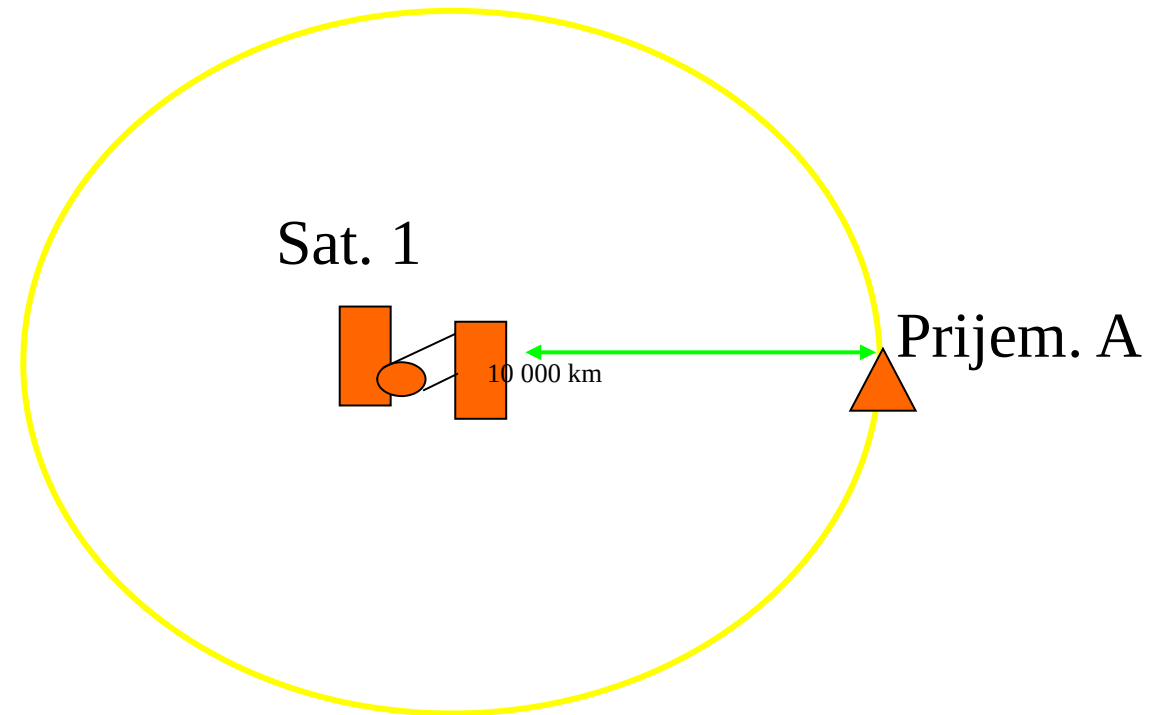
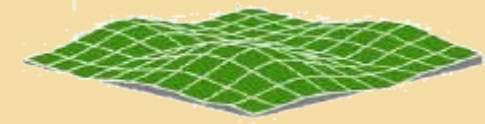
Korak 5: Pošto GPS signali putuju kroz atmosferu, oni i kasne.

Korak 2: Za trilateraciju se koristi merenje dužina do satelita.



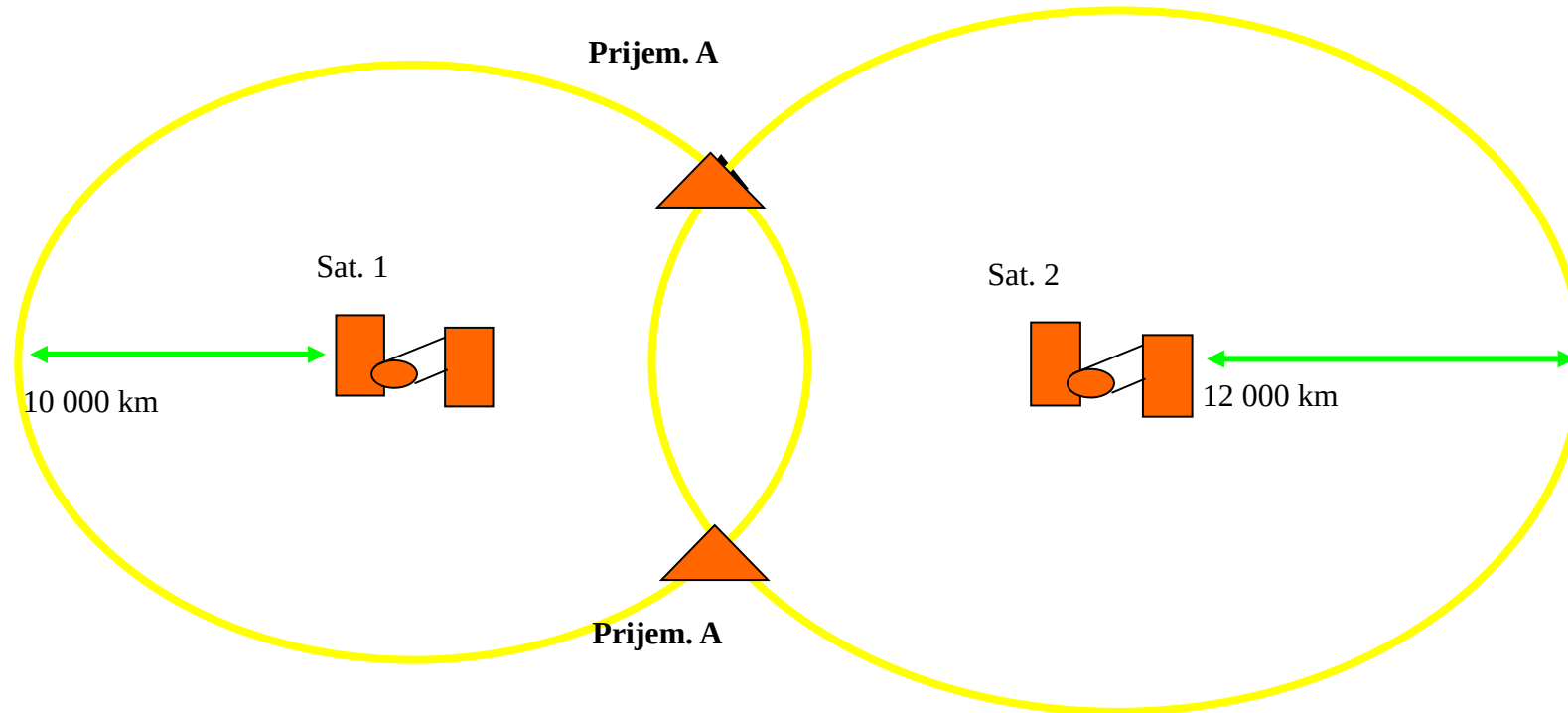
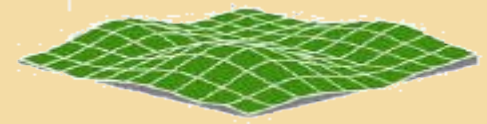
Korak 1: Osnovu čini trilateracija GPS satelita.





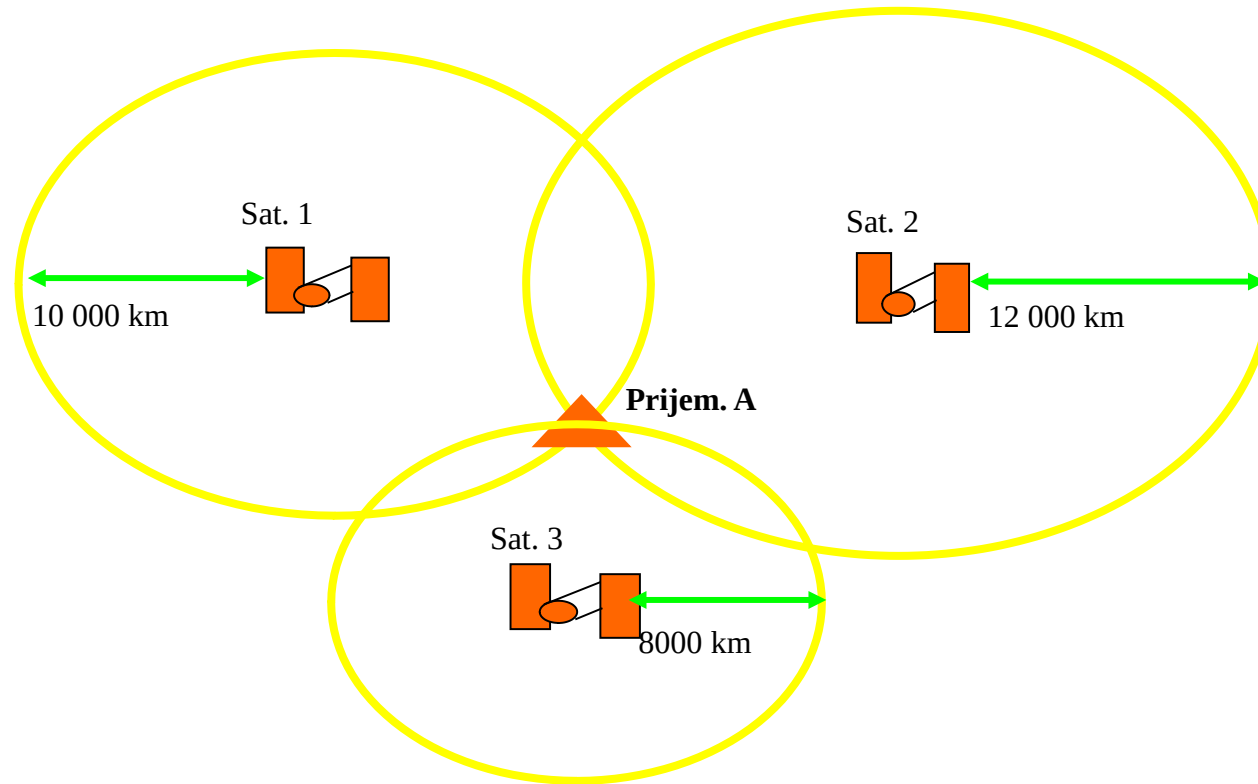
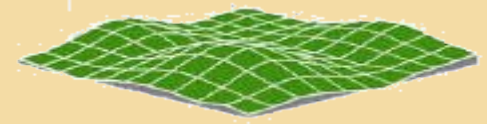
**Prijemnik se nalazi negde na obodu kruga poluprečnika 10 000km**

# Pozicioniranje sa dva satelita



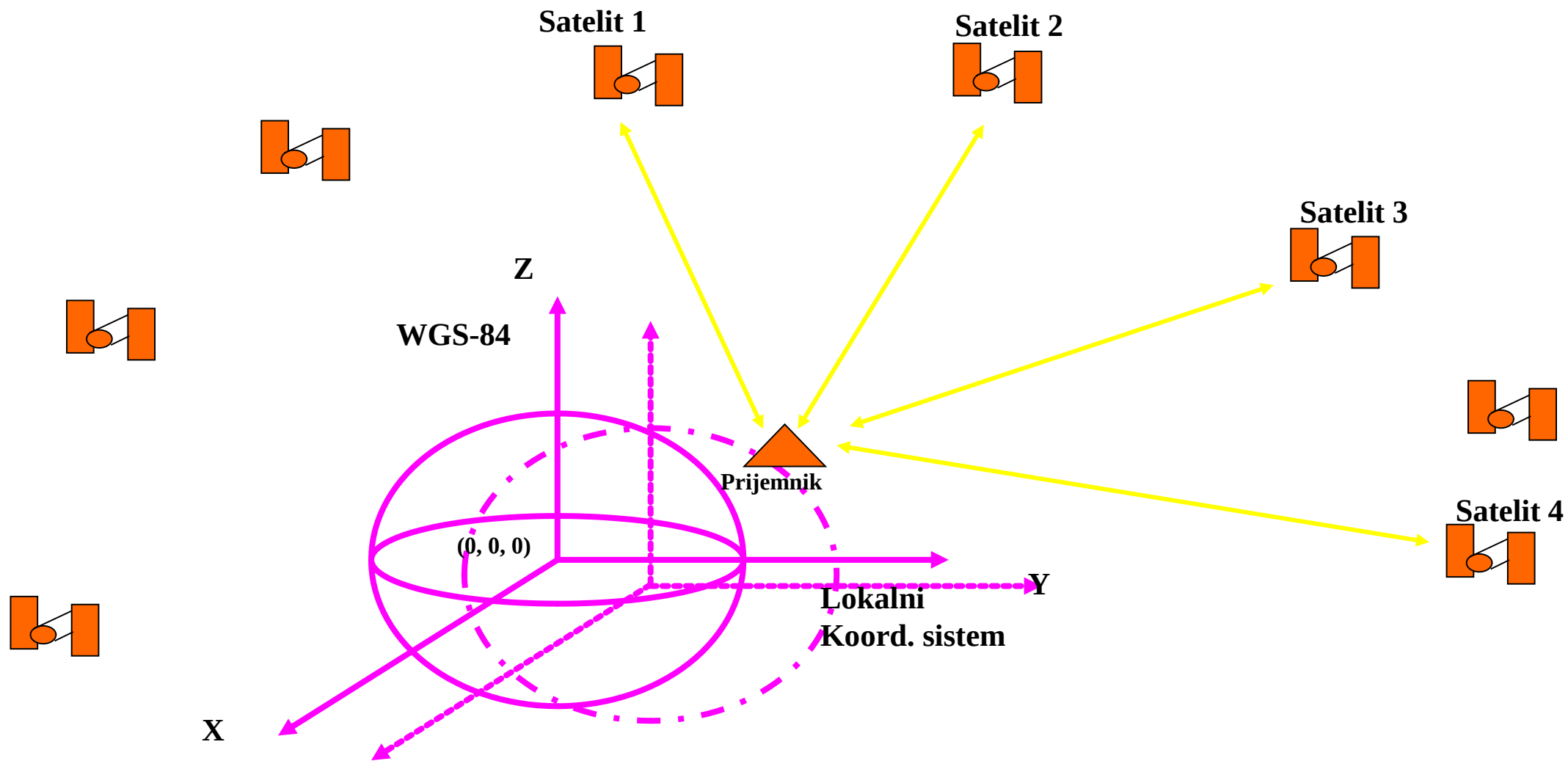
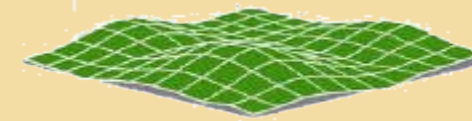
**Prijemnik se može nalaziti na jednoj od ove dve pozicije**

# Pozicioniranje sa tri satelita

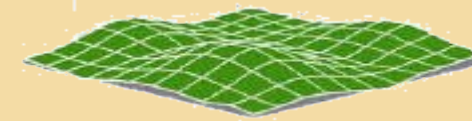


**Prijemnik je jednoznačno pozicioniran**

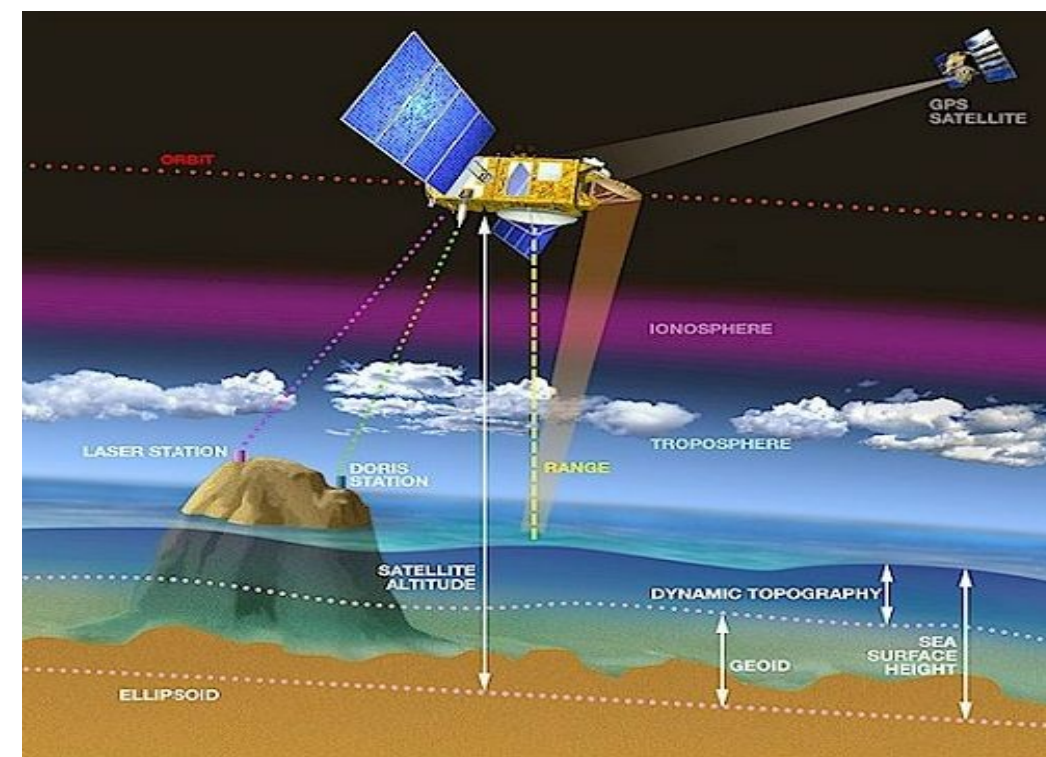
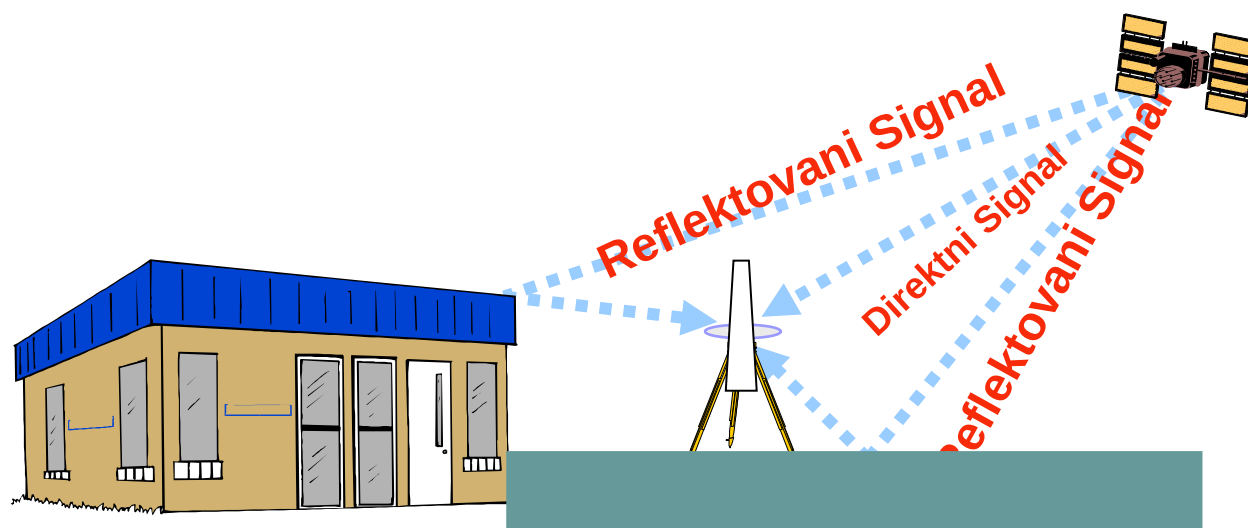
# Pozicioniranje na osnovu četiri satelita



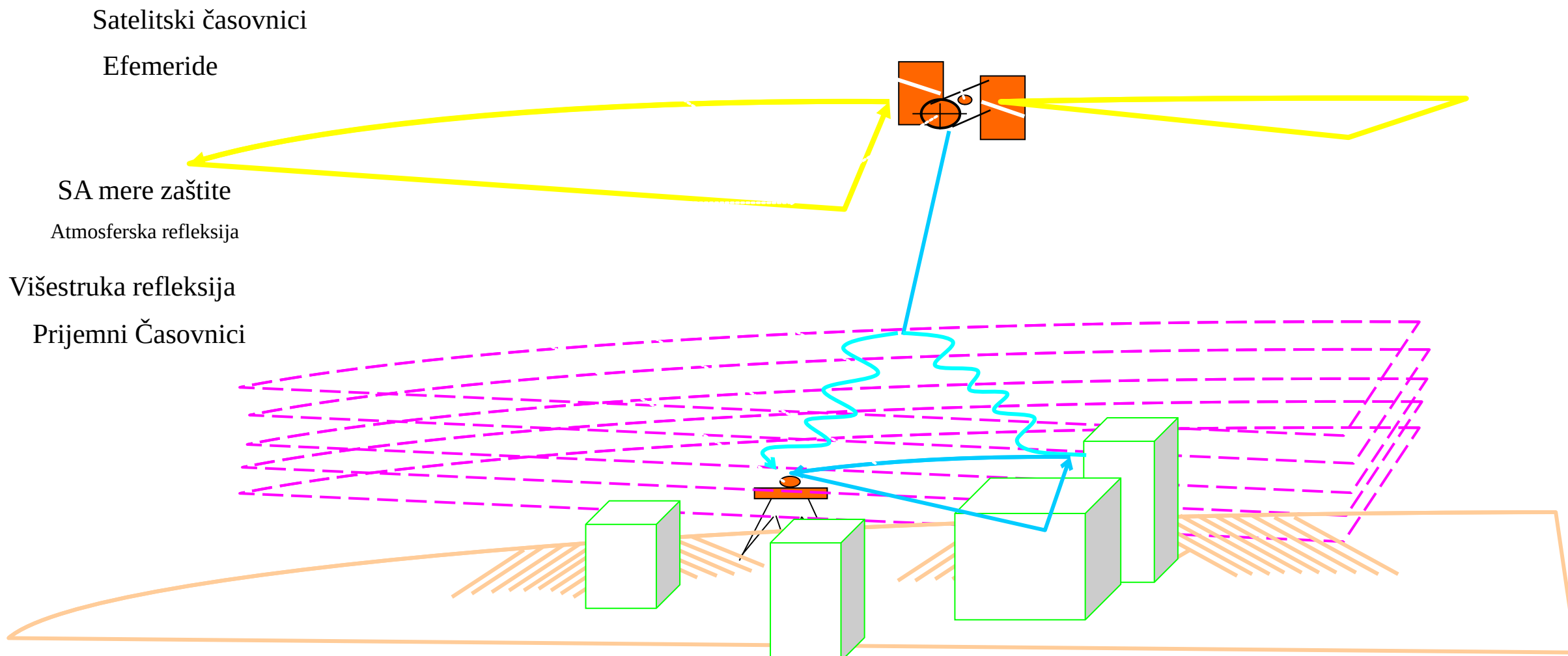
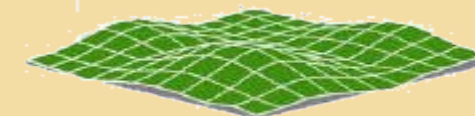
# Izvori grešaka GPS



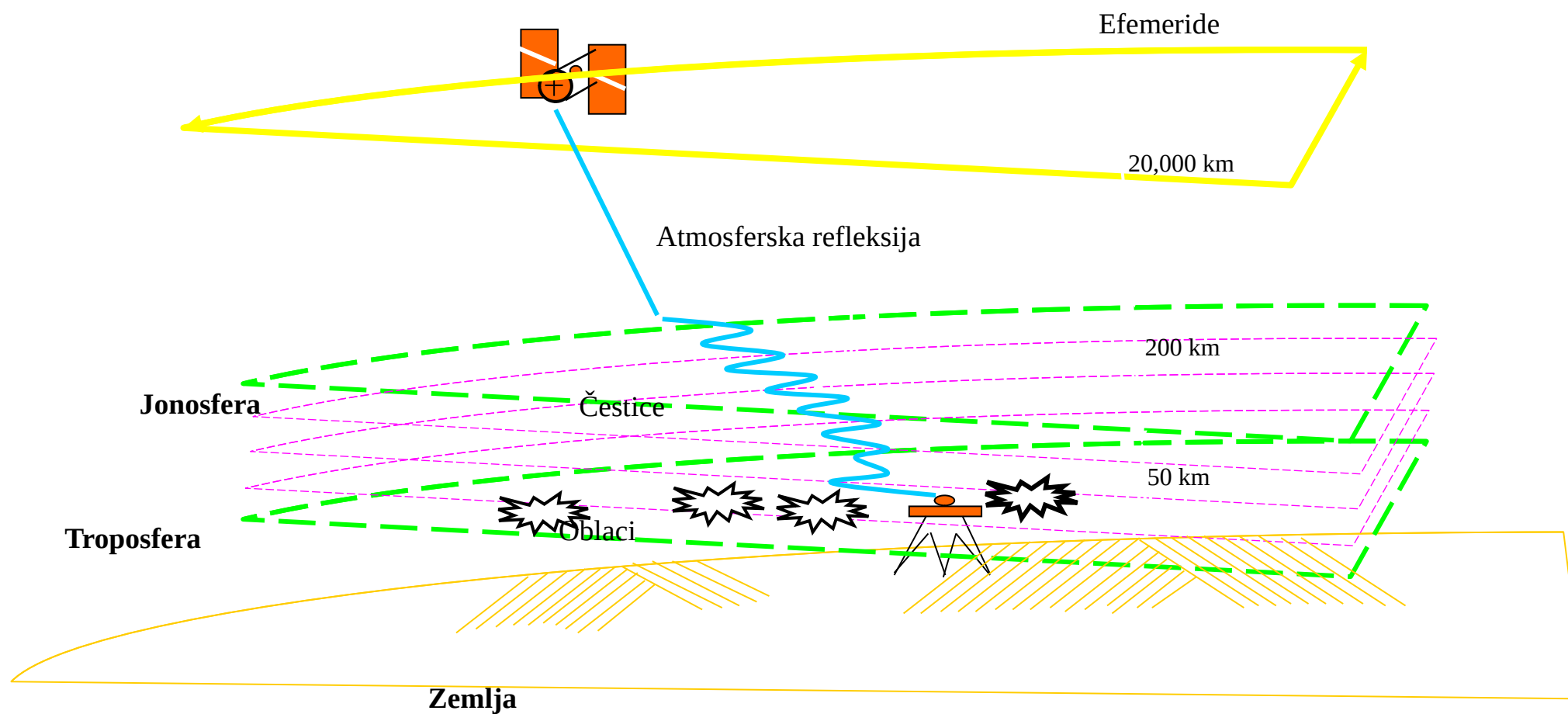
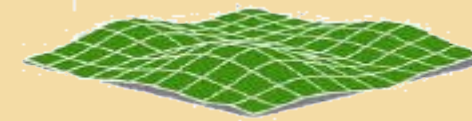
- Greška časovnika
  - Razlike između časovnika u satelitu i prijemniku
- Jonosfersko kašnjenje
  - Kašnjenje GPS signala prilikom prolaska kroz jonosferski omotač.
- Višestruka refleksija
  - Izazvana refleksijom od susjednih objekata



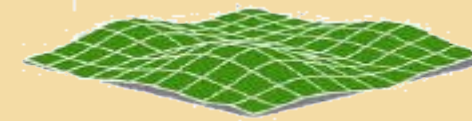
# Izvori grešaka GPS



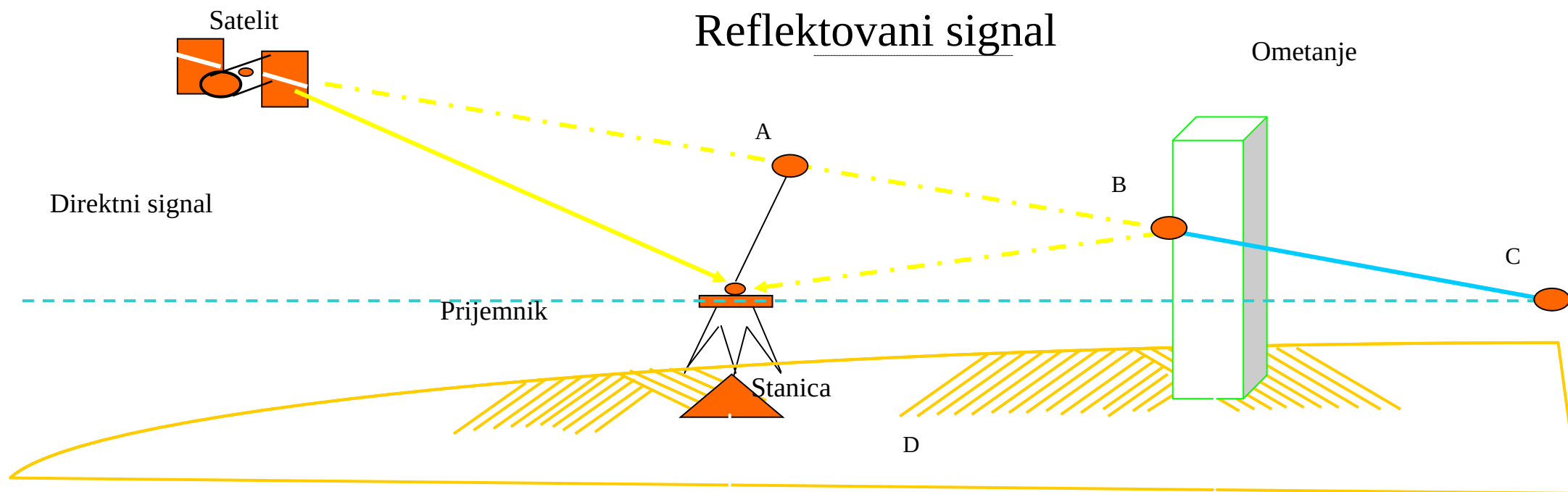
# Atmosferski uticaji



# Višestruka refleksija



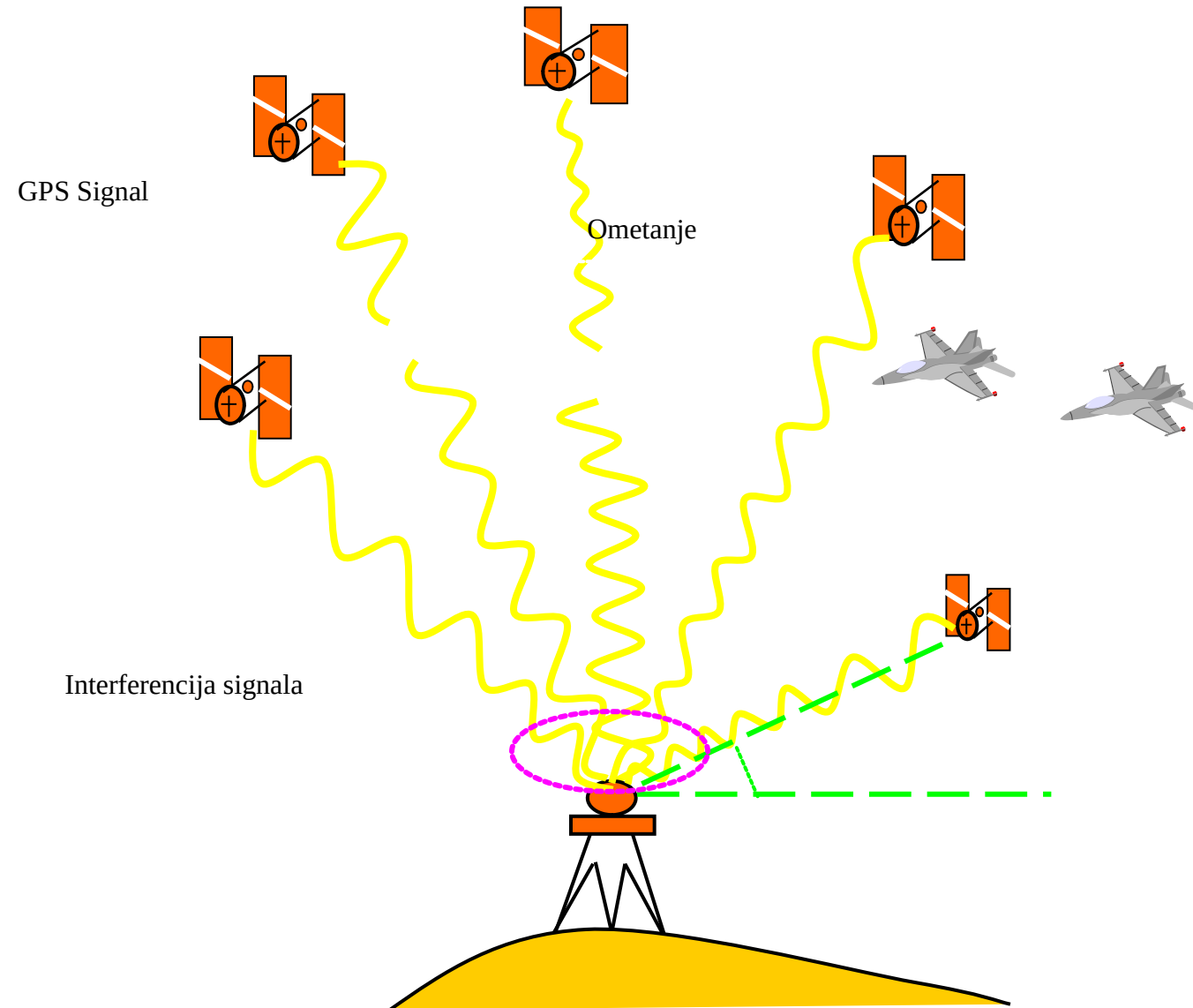
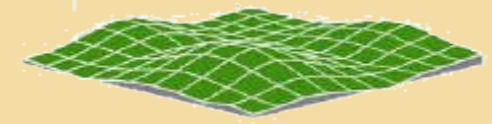
## Reflektovani signal



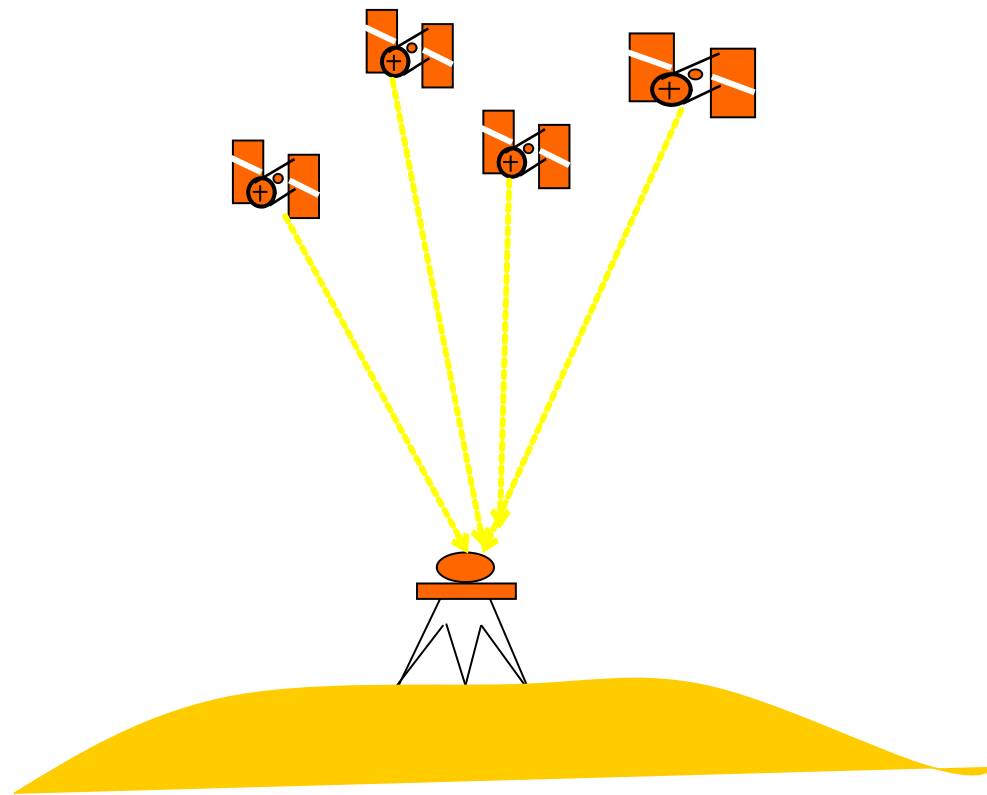
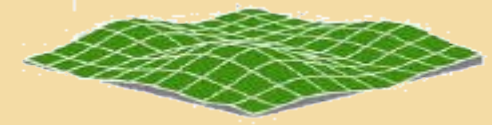
Višestruka refleksija =  $AB + BC$



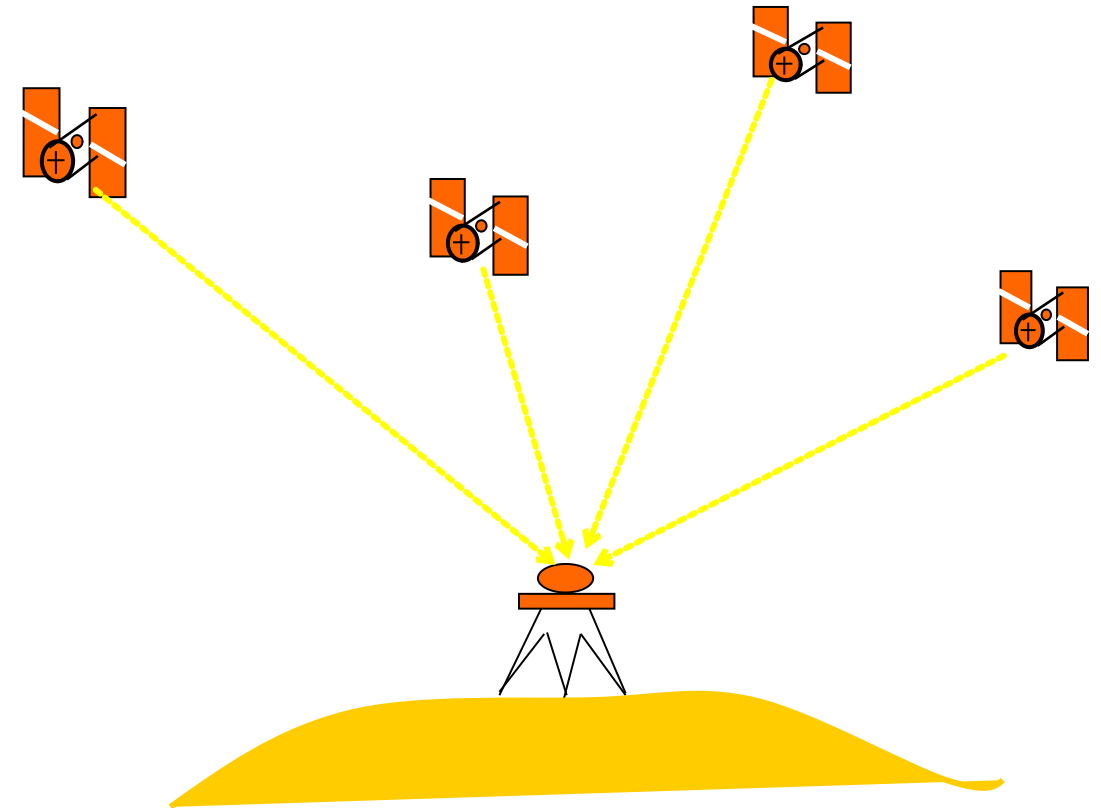
# Greška faznog skoka



# Pokazatelj kvaliteta satelitske geometrije GDOP

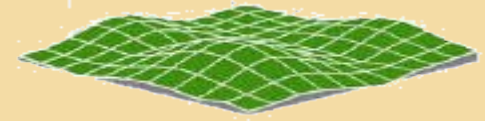


loš GDOP  $\times 20$



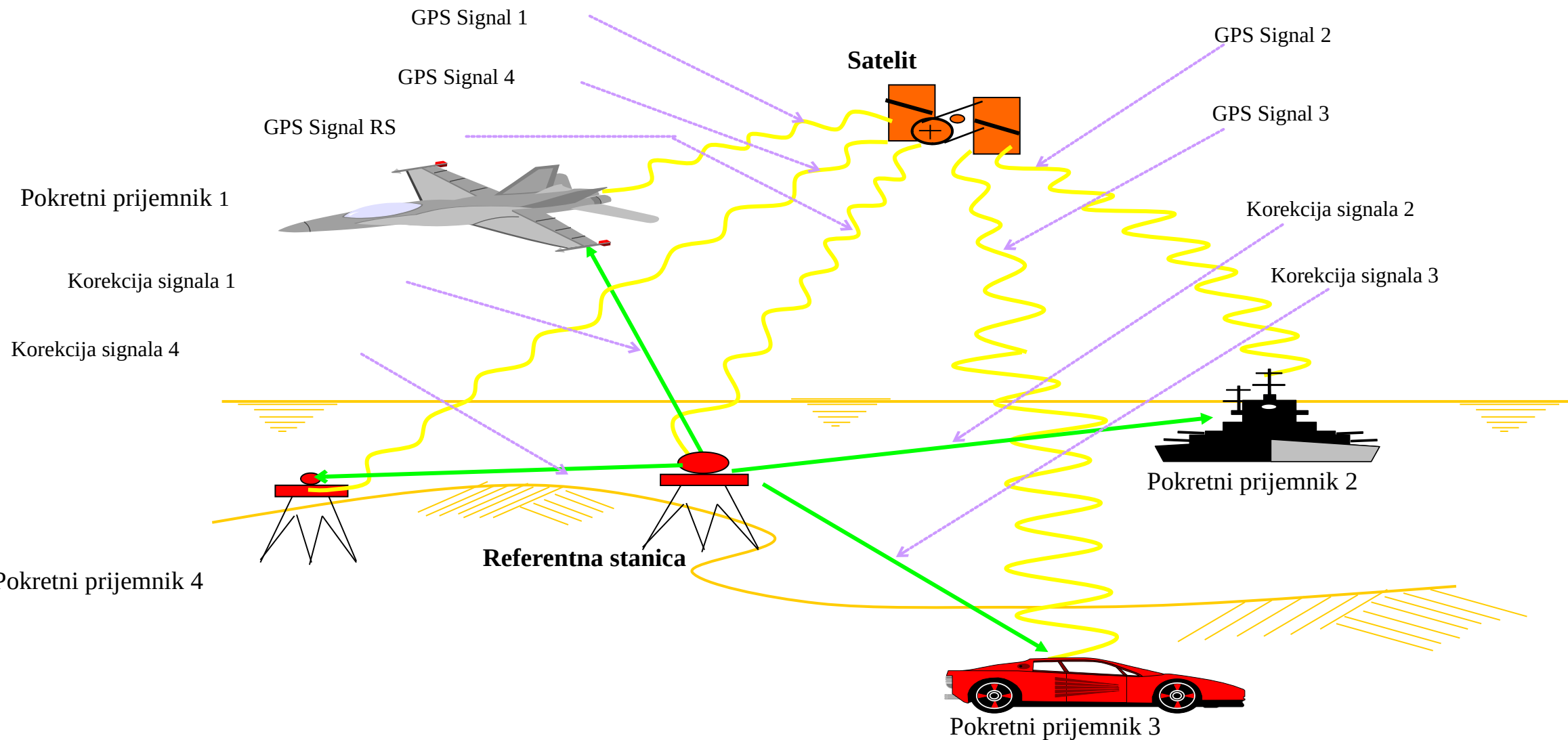
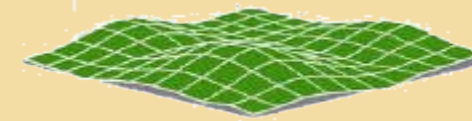
dobar GDOP  $\times 2$

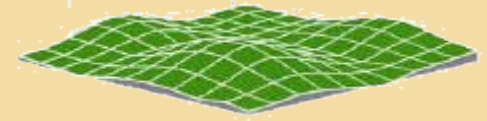
# Diferencijalni GPS (DGPS)



- DGPS omogućuje veću tačnost pozicioniranja.
- DGPS koristi koordinate poznatih tačaka, kako bi se izvršila korekcija tačnosti na merenim tačkama.
- DGPS korekcije mogu se primeniti na GPS podatke u realnom vremenu korišćenjem radio modema. Ili kasnije u post obradi podataka.

# Diferencijalni GPS (DGPS)



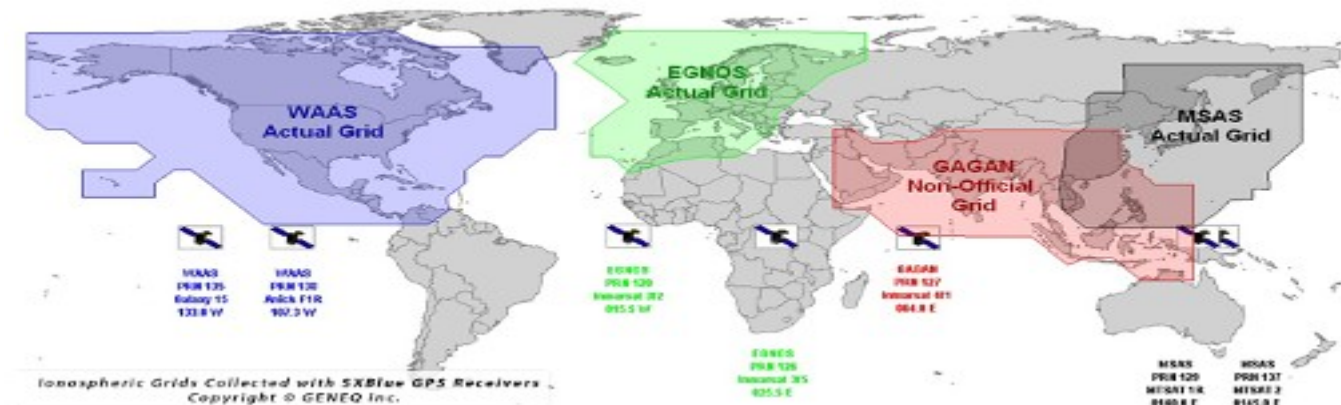


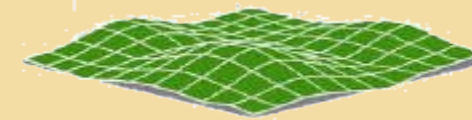
- **Pomoćni sistemi - korekcioni (SBAS)**

- SBAS = Satellite Based Augmentation System
- Za GNSS diferencijalnu korekciju
- Velika pokrivenost
- Preciznost je prosečno oko 7m (ali ide i do 1m)

- **Pokrivenost**

- WAAS (USA / Kanada)
- MSAS (Japan)
- EGNOS (Evropa, Severna Afrika)
- GAGAN (Indija)



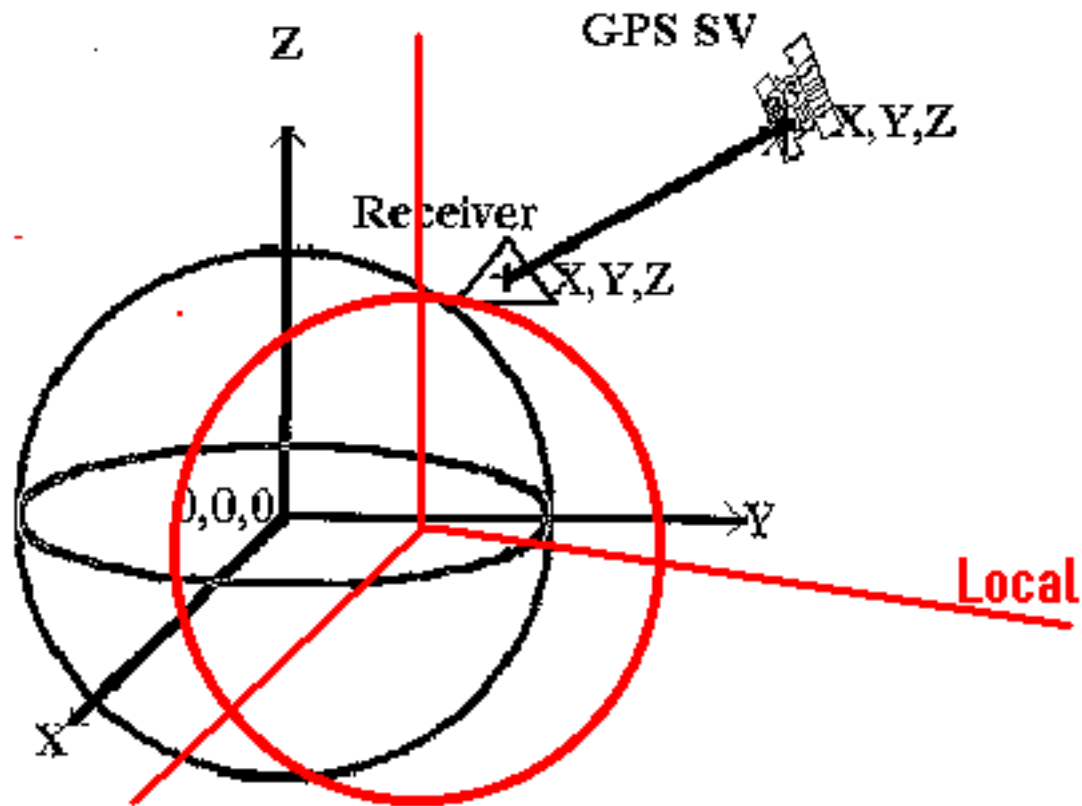
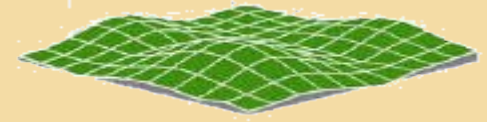


## Aktivna geodetska referentna osnova Srbije

- 32 Permanentne stanice
- Rastojanje oko 70km
- 2 kontrolna centra
- Uspostavljena je po fazama od 2003. god. do 16.12.2005. god.

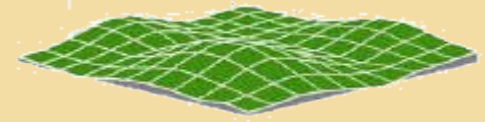


# Koordinatni sistemi



- **Satelitski sistem (WGS84).**
- **Lokalni sistem**
- **Transformacioni parametri.**

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} Local = \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix} + R \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} WGS84$$

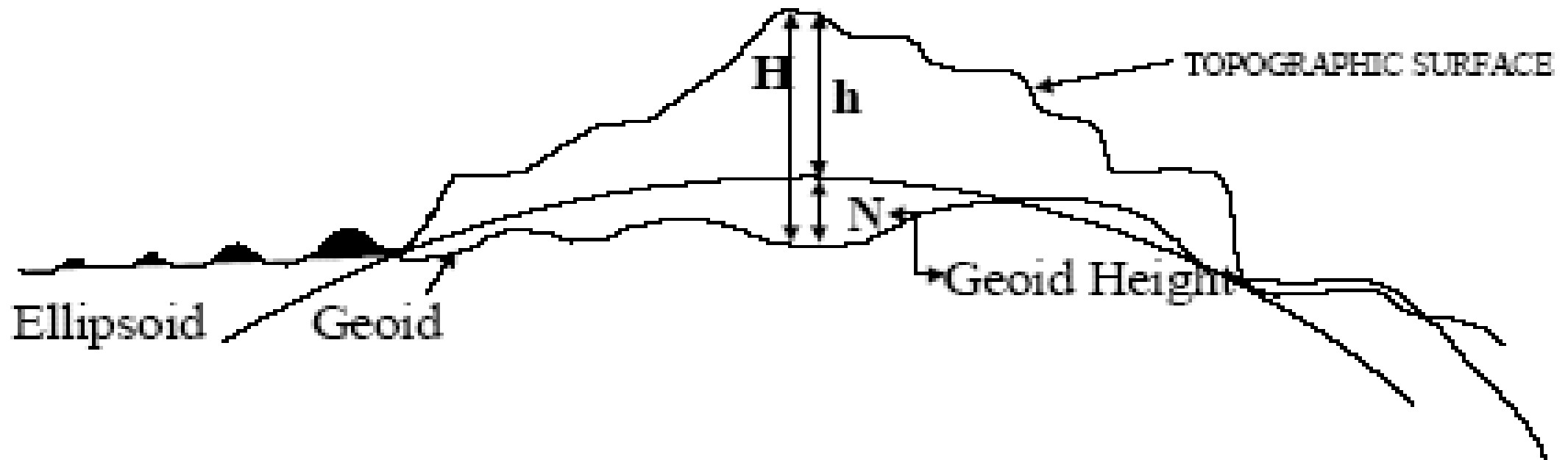


**H = Orthometric Height**

**h = Ellipsoidal Height**

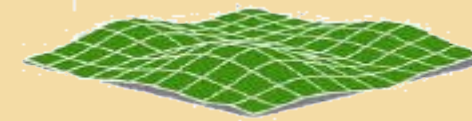
**N = Geoid Height**

$$H = h - N$$

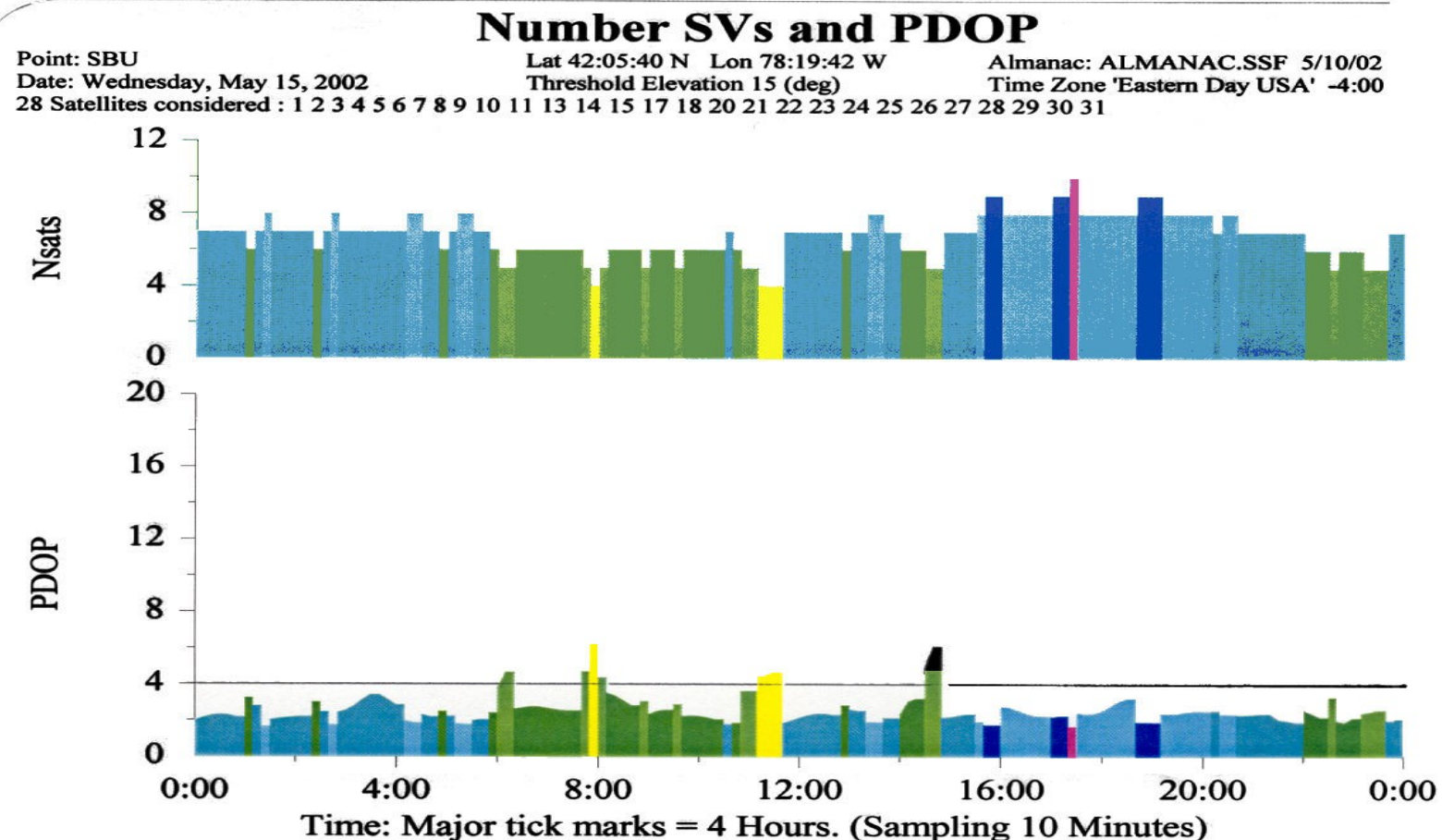


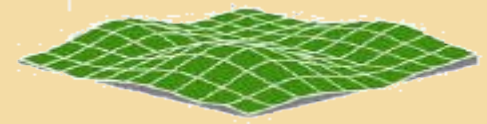


# Povećanje tačnosti GNSS-a



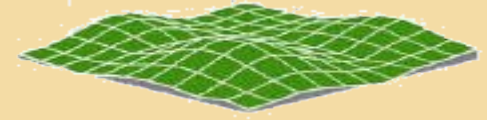
- Planiranje merenja
- Diferencijalni GPS
- Primena prijemnika visoke tačnosti



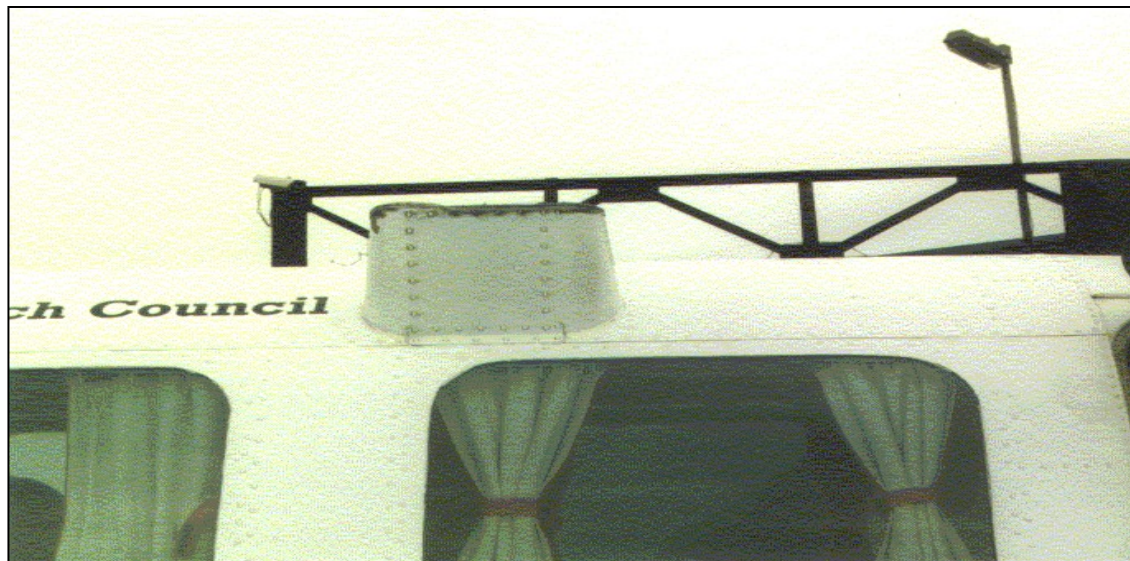
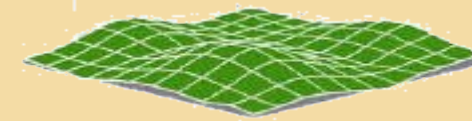




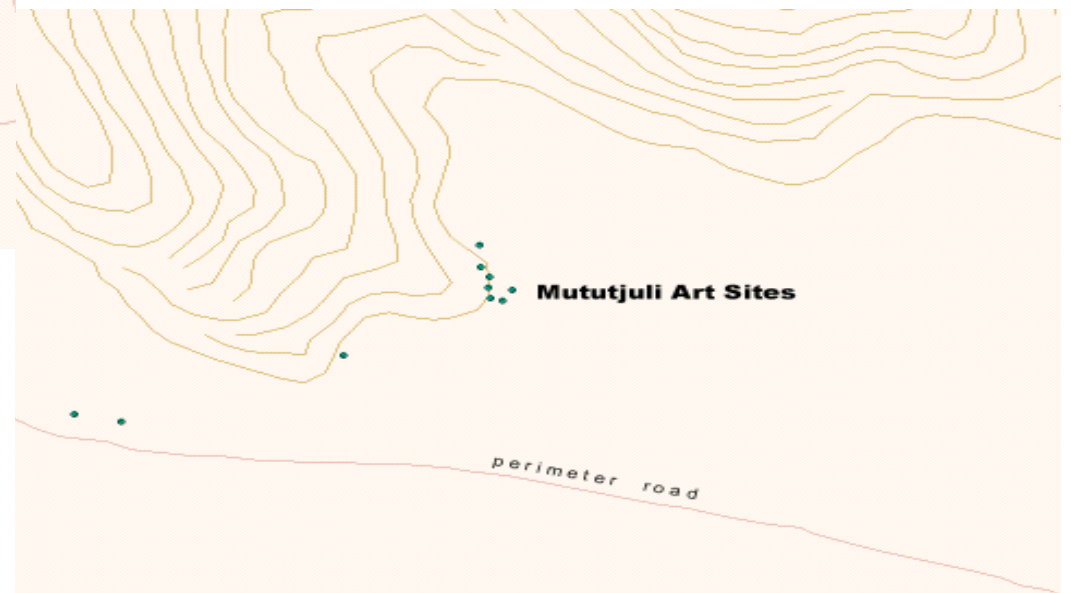
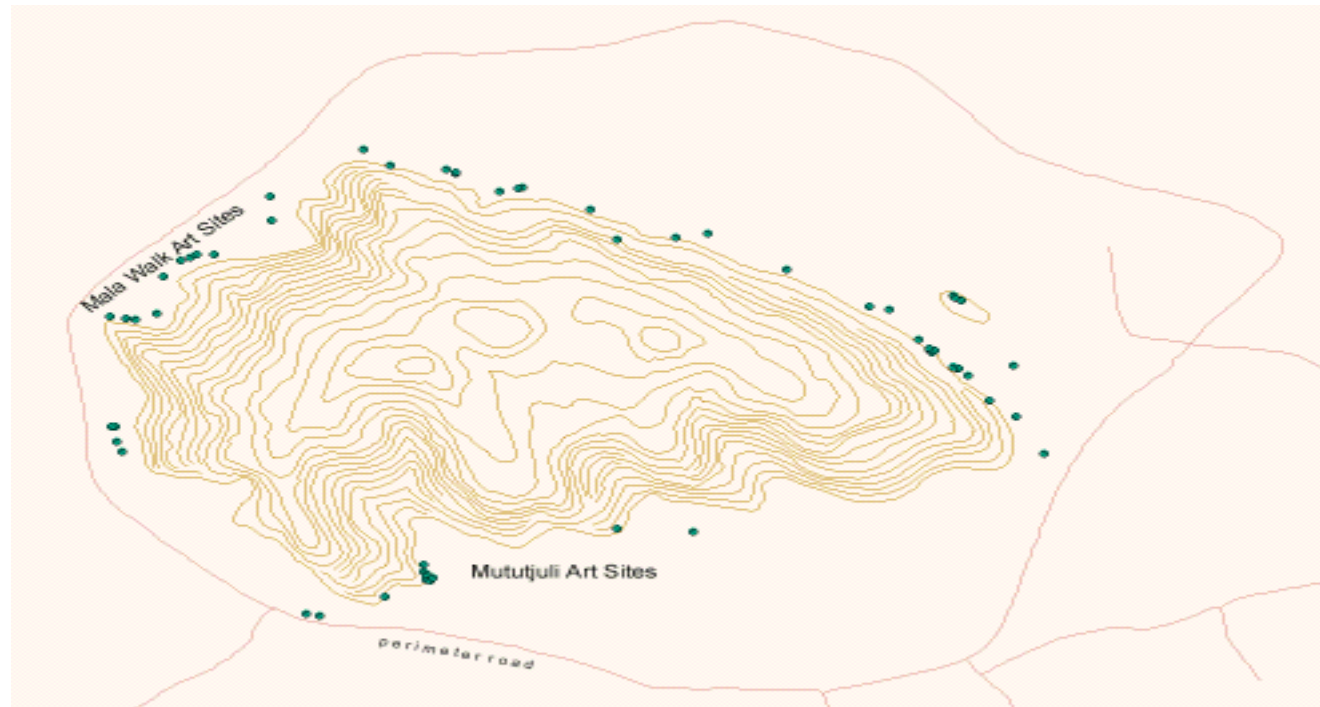
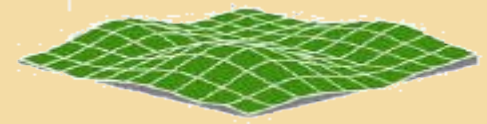
# Primena - vođenje mašina



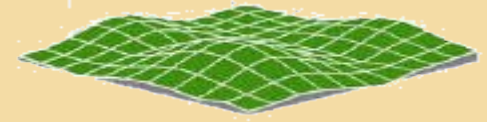
# Primena - navigacija aviona i vozila

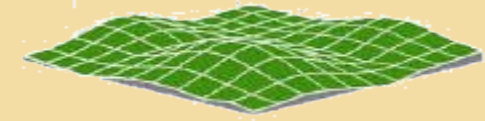


# Primena - kartiranje

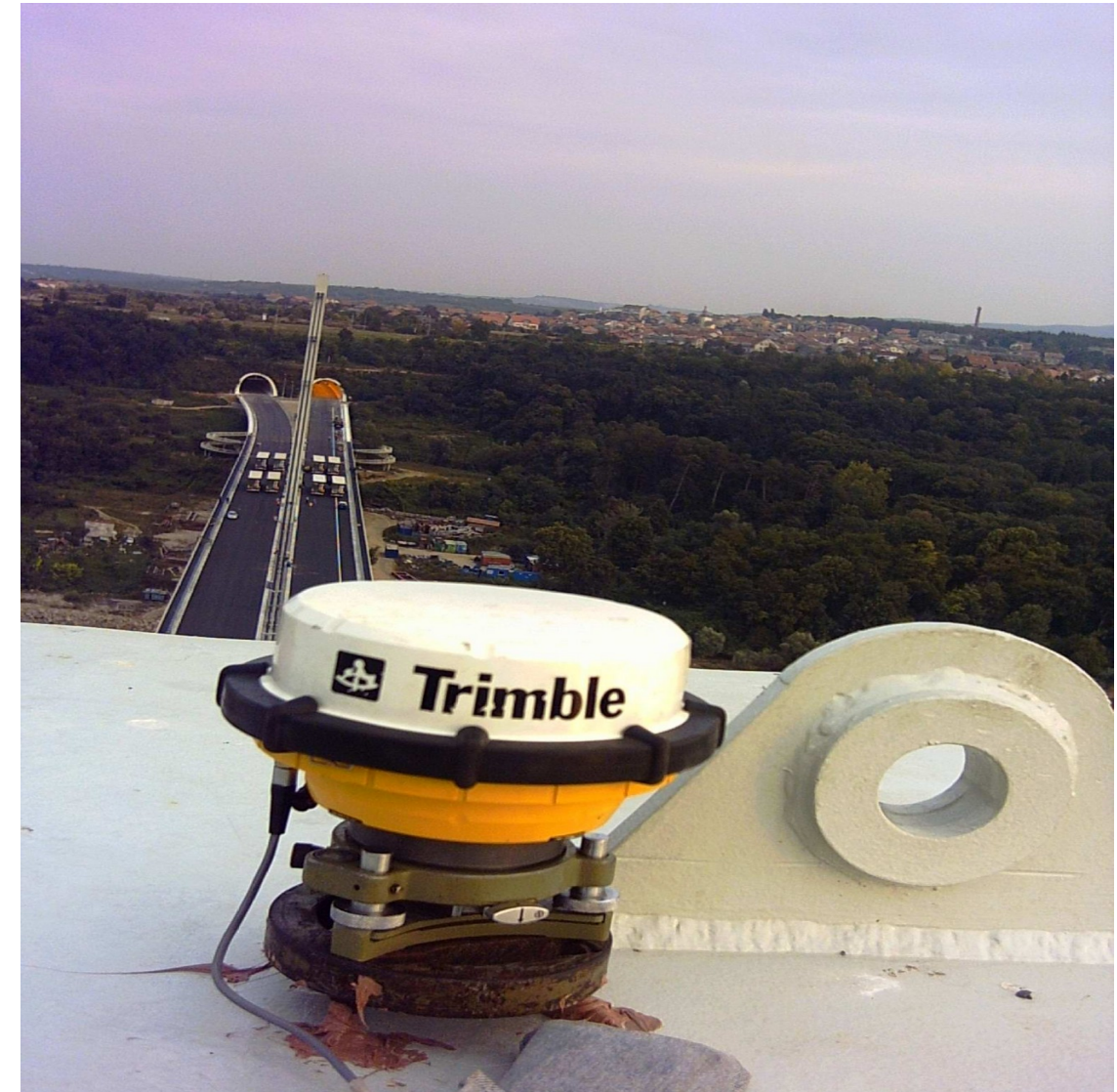


# Primena - deformaciona opažanja objekata

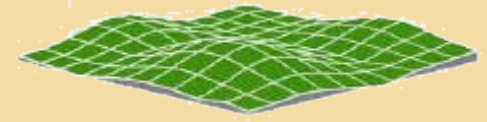




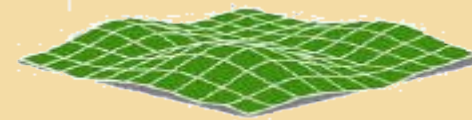
## Most u Novom Sadu







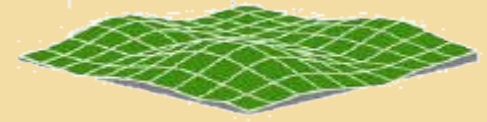
# Zašto se GPS koristi u premeru?

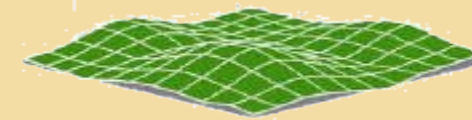


- Povećana tačnost premera.
- Povećana brzina skupljanja podataka.
- Povećana fleksibilnost premera.
- Smanjeni troškovi.



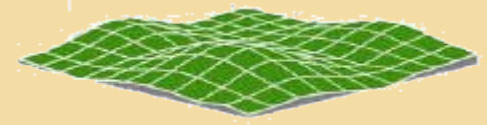
# GPS u GIS-u





- Statička metoda, Brza statička metoda, Kinematička metoda sa naknadnom obradom, Kinematička metoda u realnom vremenu

Method	Horizontal Max	Horizontal Min	Vertical Max	Vertical Min	Application
<b>Static</b>	1.5cm	1 cm	6cm	4 cm	<i>Survey Project Control, Survey Measurements</i>
<b>Fast Static</b>	3cm	2 cm	9cm	6 cm	<i>Survey Project Control, Survey Measurements</i>
<b>Post Processed Kinematic Redundant</b>	6cm	4 cm	9cm	6 cm	<i>Survey Measurements</i>
<b>Real Time Kinematic Redundant</b>	6cm	4 cm	9cm	6 cm	<i>Survey Measurements</i>
<b>Post Processed Kinematic</b>	Unknown	4 cm	Unknown	6 cm	<i>Data acquisition for topographic / contour maps</i>
<b>Post Processed Kinematic Continuous</b>	Unknown	4 cm	Unknown	6 cm	<i>Data acquisition for topographic / contour maps</i>
<b>Real Time Kinematic</b>	Unknown	4 cm	Unknown	6 cm	<i>Data acquisition for topographic / contour maps</i>
<b>Real Time Kinematic Continuous</b>	Unknown	4 cm	Unknown	6 cm	<i>Data acquisition for topographic / contour maps</i>
<b>Differential GPS Resource Grade</b>	Unknown	See manufacturer Specifications	Unknown	See manufacturer Specifications	<i>Resource grade mapping only</i>



- Smanjen uticaj vojnog servisa
- Integracija sa Ruskim GLONASS-om
- Razvoj Evropskog Galileo programa
- Integracija sa GIS aplikacijama
- Lakše povezivanje lokalnih i međunarodnih geodetskih mreža