



# GNSS MÚLTJA, JELENE ÉS JÖVŐJE

# A kezdetek

A XX. Század közepén abszolút helymeghatározás csak csillagászati módszerekkel volt elérhető.

A hajózás, továbbá a légitözlekedés fejlődése - és persze a hadiipar – igénye alapján, földfelszínen ismert ponton elhelyezett rádióadók segítségével, ívmetszésekkel képesek számítani repülőgépek, vízi járművek helyzetét. A megoldás pontosságát az alkalmazott rádiójel frekvenciája befolyásolja: magasabb frekvencia a Föld görbülete miatt rövidebb hatótávolságban, de pontosabb meghatározást eredményez.

A valódi igényeket az 1950-es években a módszer nem tudja kiszolgálni.

# Űrkorszak – 1957 október 4.

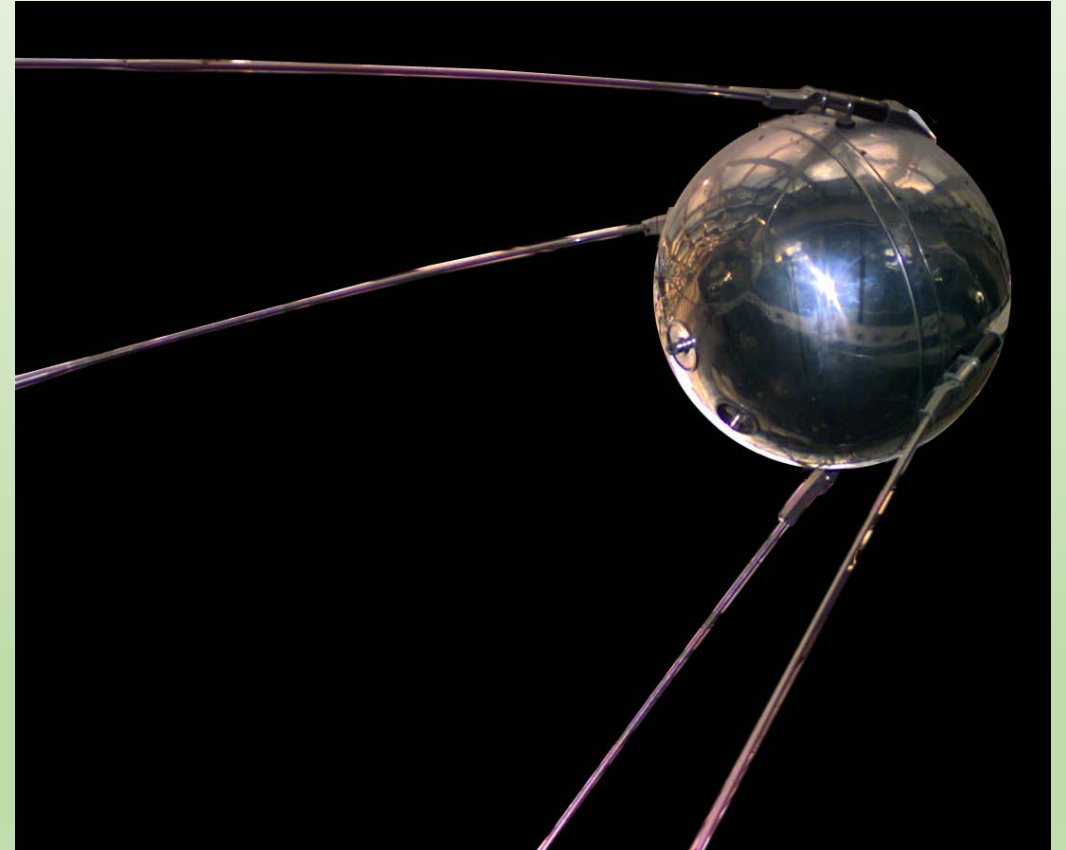
Szputnyik fellövése = az űrkorszak kezdete

Pályamagasság: 215 / 939 km

Tömeg: 83,6 kg

Élettartam: 3 hónap

Egyetlen rádióadó, 1 watt teljesítmény két különböző frekvencián. Folyamatosan „bip-bip-bip” csipogó jeleket sugárzott

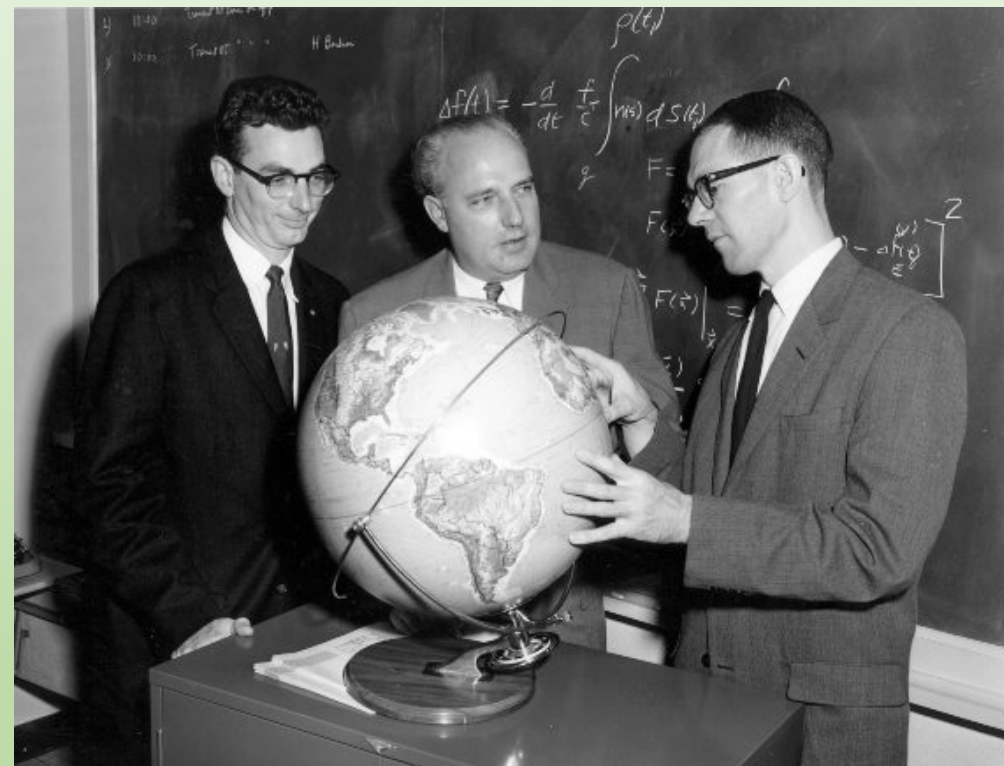


# Szputnyik válság - USA reakció

Fordulópont a hidegháborúban, a Szovjetunió technológiai előnybe került? Valóban az űrből jön a jel?

Két napon belül kiszámították a Szputnyik röppályáját.

A megoldást William Guier és George Weiffenbach (APL's Research Center) találta meg. A kutatók nem csak azt bizonyították, hogy a Szputnyik Föld körüli alacsony pályán kering, de a pontos pályaadatokat is számítani tudták. A vevő ismert helyzete alapján valamint a műhold rádiójelei Doppler-eltolódásának mérésével meg tudták határozni a mesterséges hold pályaelemeit.





# TRANSIT (NNSS) rendszer

Természetesen ez fordítva is működött: ha a műhold pályája ismert, a rádiójelek Doppler-eltolódásának mérésével meg lehet határozni a jeleket vevő készülékek helyzetét. Ezzel a tudással már hadihajók, tengeralattjárók helyzetének meghatározása is lehetségessé vált. A haditengerészet az ötlet mögé állt és 1958-ban megkezdődött a TRANSIT (más néven: NNSS) rendszer fejlesztése.



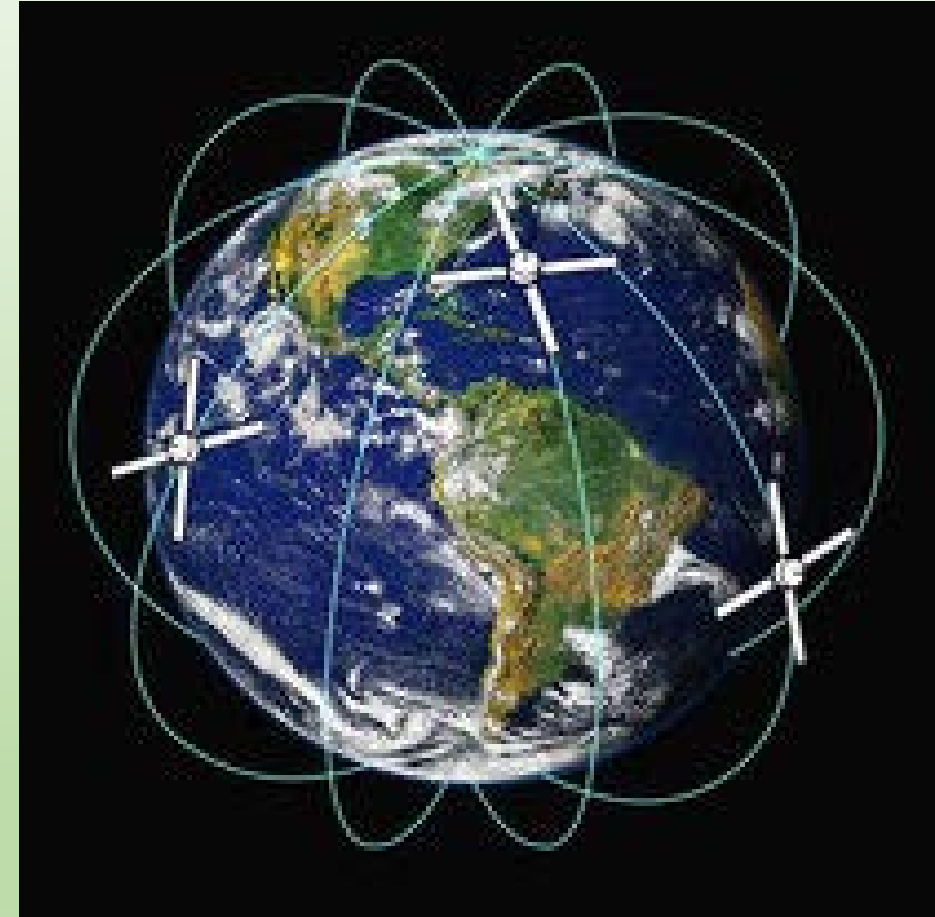
# TRANSIT (NNSS) rendszer

Indulás 1960-ban, 1100 km pályamagasság

Két UHF adóval közölt kétpercenként idő- és pályaelem adatokat. A rendszer kiépítése 1964-ben fejeződött be összesen 5 műholddal, de ezt később megduplázták, így teljes kiépítettségében 10 műholddal.

A meghatározás pontossága 10-20 perces mérési idővel 50 méter volt.

1967-től a polgári célú alkalmazást is lehetővé tették, így a hajózásban általánossá vált a használata.

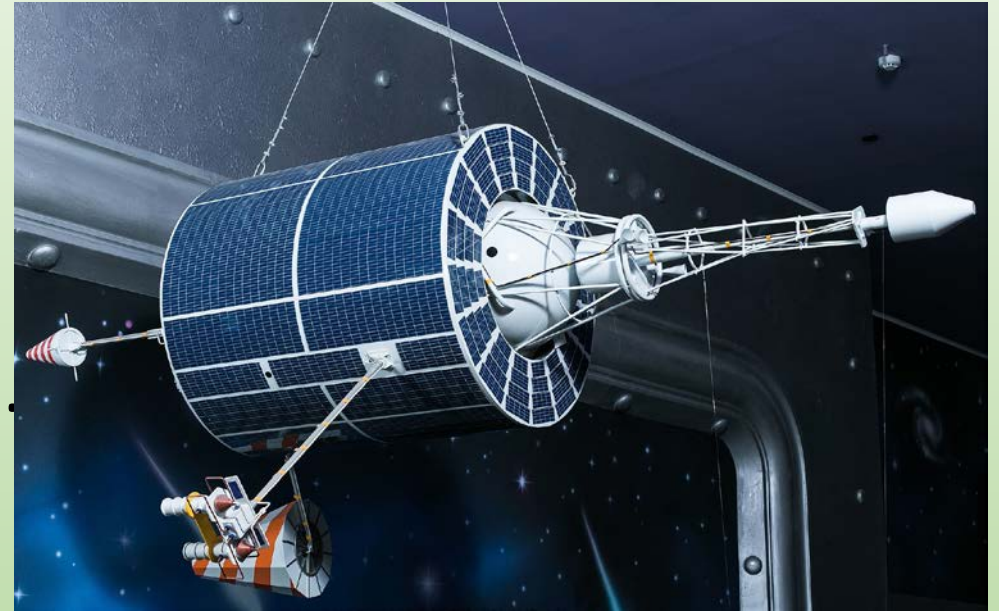


# CIKLON – Cikada rendszer

A Szovjetunió is megalkotta saját Doppler-elven működő műholdas navigációs rendszerét CIKLON néven.

800-1000 kilométeres magasságban keringő műholdakból állt, 1971 tesztüzem, 1976-ban rendszeresítették a szovjet Vörös Hadseregben.

Polgári célú használata nem került engedélyezésre, helyette Cikada néven önálló műholdas navigációs rendszert építettek ki.

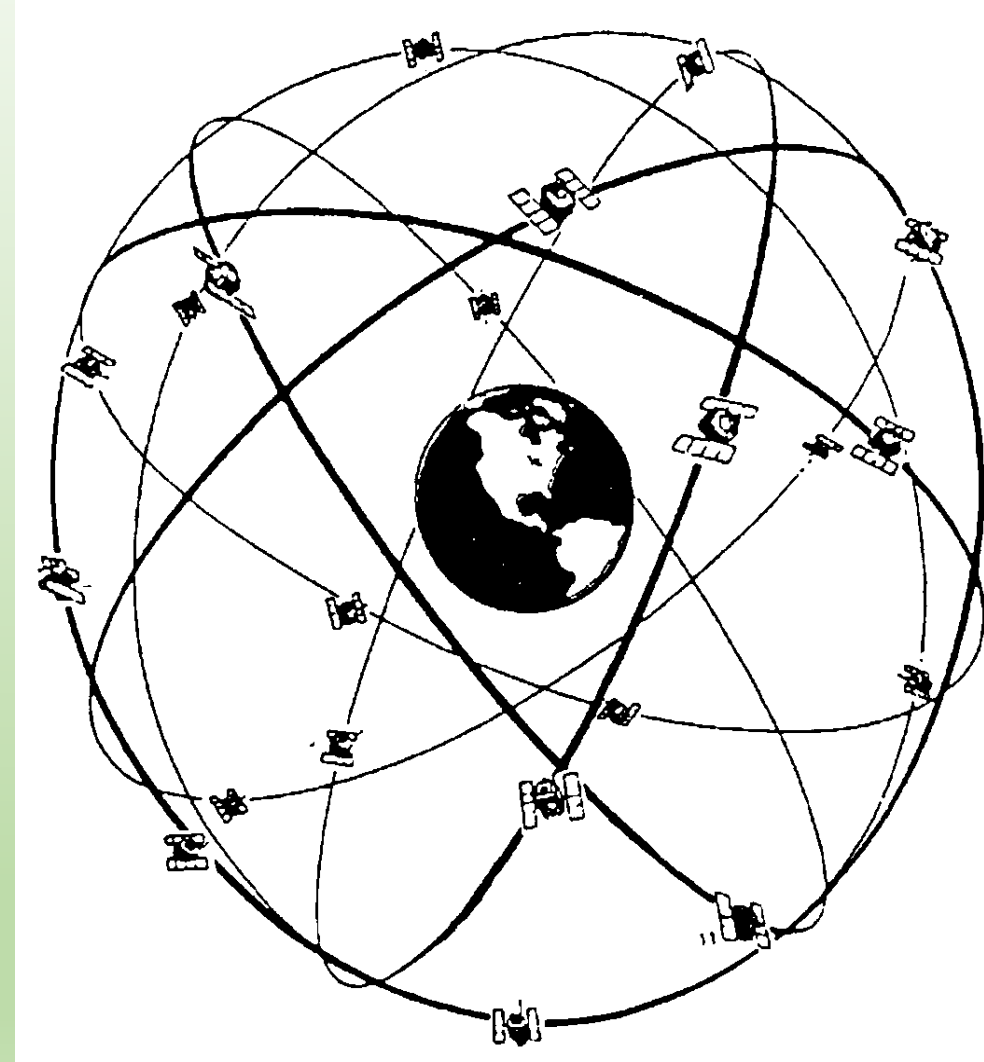


# GPS (NAVSTAR) rendszer

A Doppler-elven működő rendszerek a hajózásban beváltak, de a nagy sebességgel mozgó rakéták, repülőgépek navigációjához nem képesek pozíciót számítani. Hátrányuk a hosszú mérési idő, és a néhány tíz méteres pontosság.

1973-ban indul a NAVSTAR globális helymeghatározó rendszer (Global Positioning System, azaz GPS) fejlesztése.

Igény, hogy a nap 24 órájában a Föld felszínén és légterének bármely pontján időjárástól függetlenül, megfelelő pontossággal lehessen pozíciót, időt illetve sebességet számítani.





# Csillagháborús terv - SDI

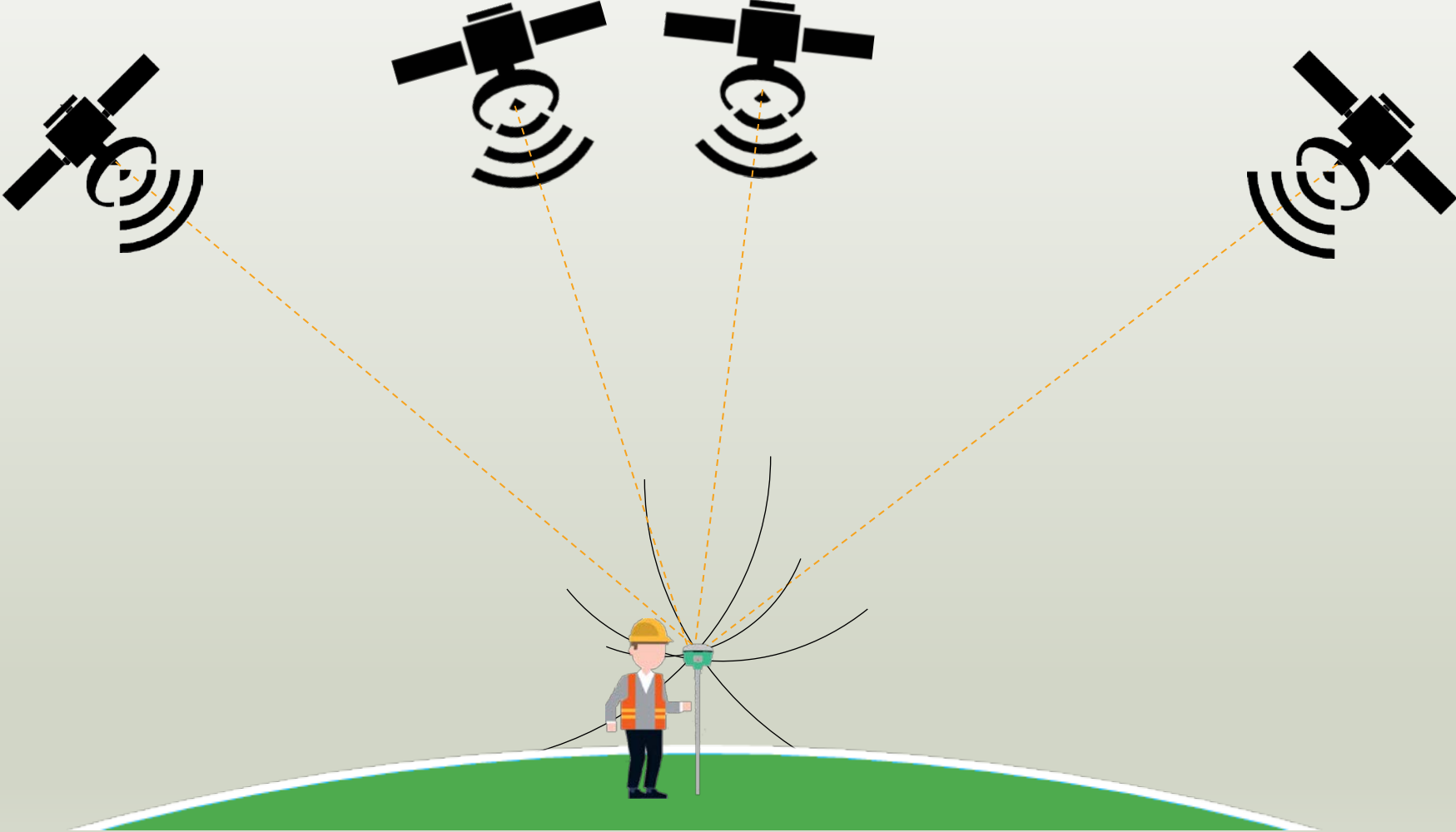
Ronald Reagan USA elnök kezdeményezésére, Teller Ede közreműködésével 1983-ban indult program.

Az SDI célja földi és űrbéli telepítésű fegyverek használata volt stratégiai atomfegyvereket hordozó ballisztikus rakéták ellen.

A GPS fejlesztéséhez a program nagymértékben hozzájárult, lényegében az egyetlen megvalósult eleme lett.



# GNSS elve



# GNSS megvalósítása



1993-ban indult, 24db (32db/38db) műhold 6 db közepes magasságú Föld körüli pályán azaz MEO (*Medium Earth Orbit*) körülbelül 20 200 km magasságban. SA (selective availability) 2000-ben megszüntetésre kerül.



1995-ben indult, de 2011-ben lett készen, 24db (26) műhold 3 db MEO pályán körülbelül 19 100km magasságban.

# GNSS megvalósítása



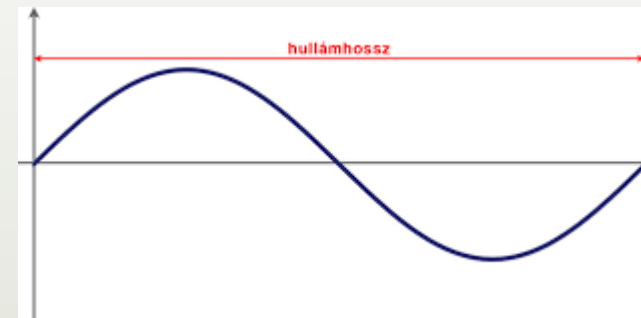
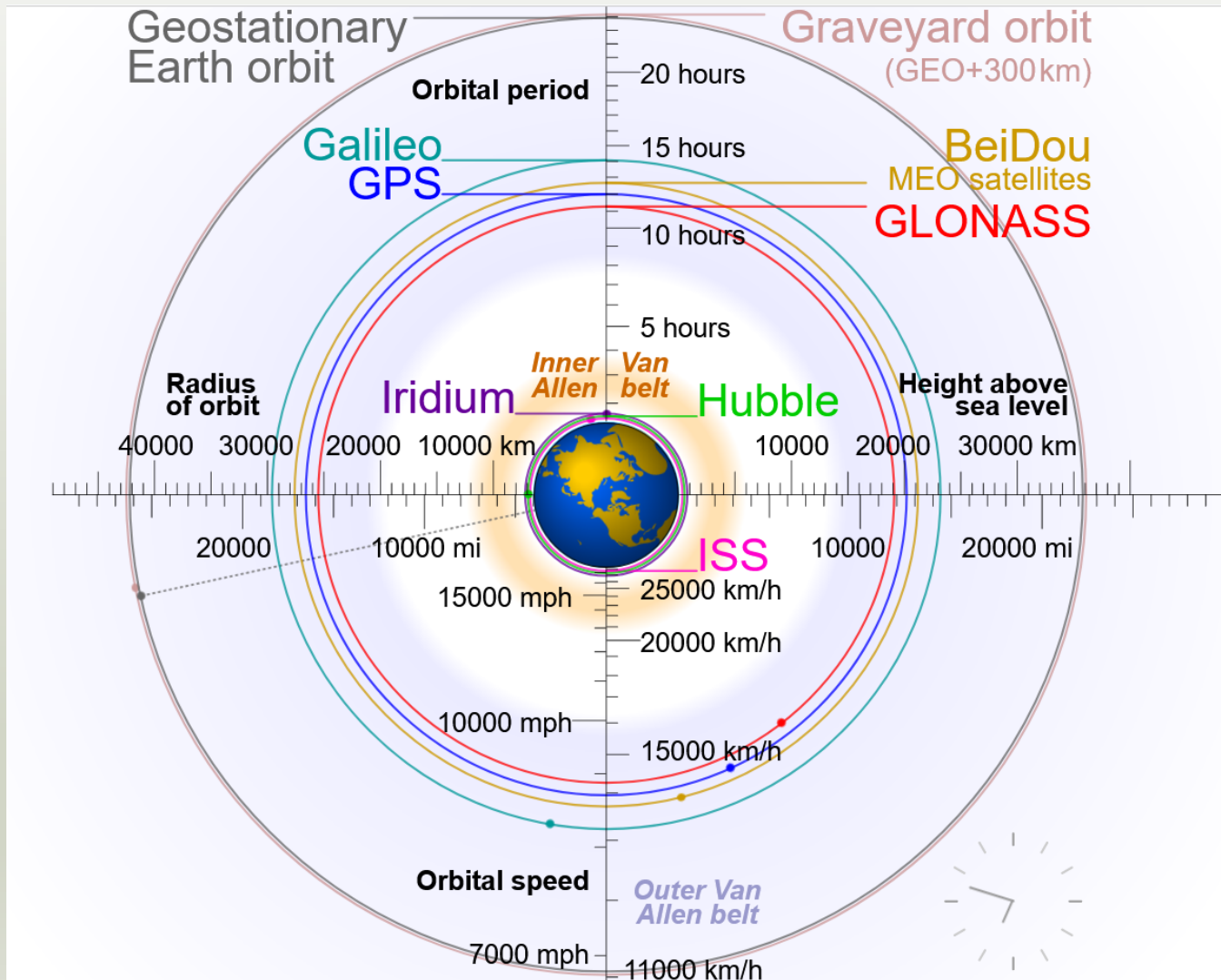
2002-ban indult program, 2021-ben lett készen. 30db műhold  
3 db közepes magasságú Föld körüli pályán azaz MEO  
(*Medium Earth Orbit*) körülbelül 23 600 km magasságban.



2000-ben indult, de 2020-ben lett készen, BeiDou-1 3db,  
Compass 2012-ben 16db, BeiDou-3 35 db műhold.  
5db Geostacionárius Föld körüli pálya (GEO), 3db ferde  
geoszinkron pálya (IGSO) és 27db közepes magasságú Föld  
körüli pályán (MEO) pályán körülbelül 20 000km  
magasságban.



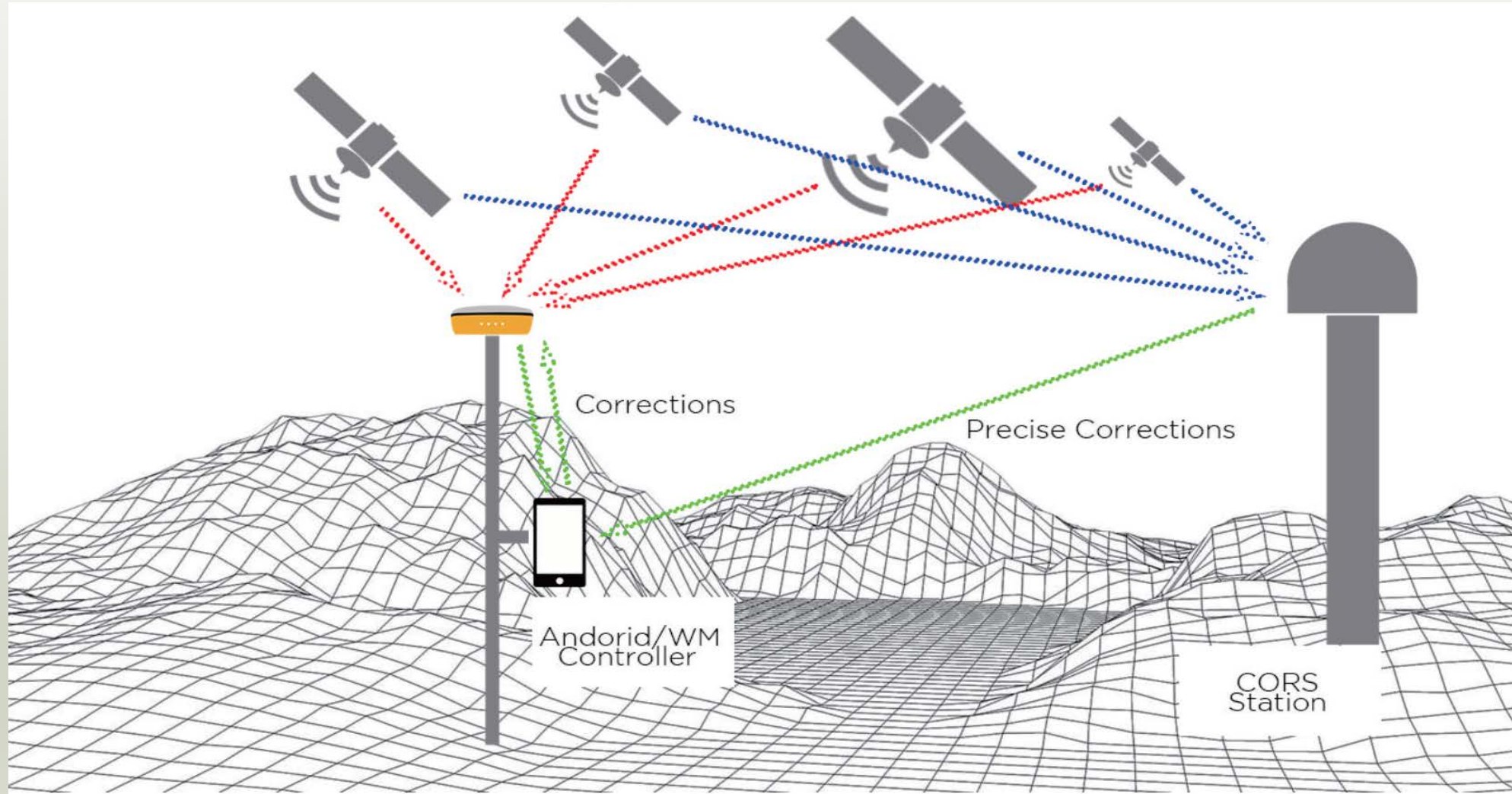
# GNSS elve



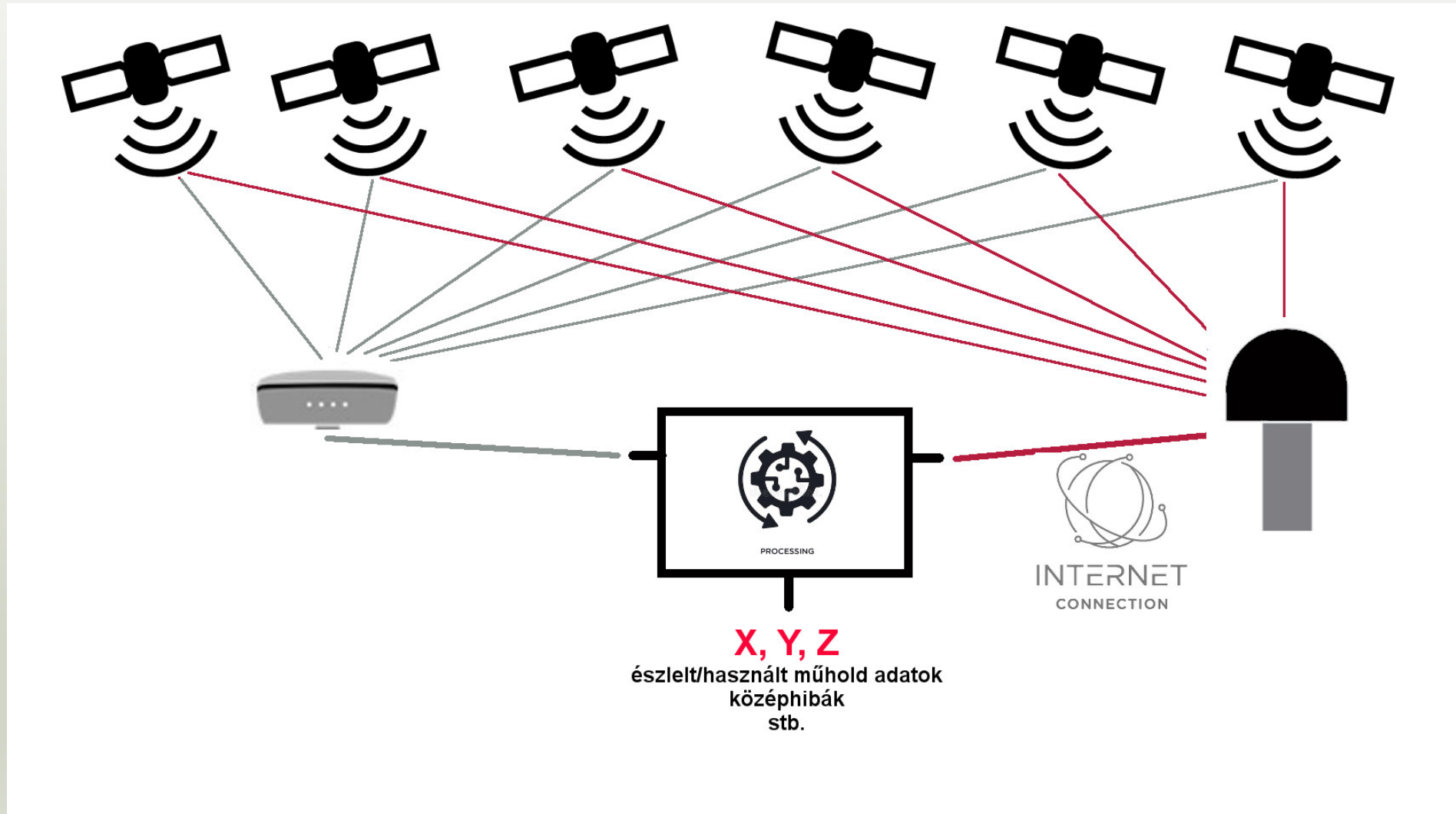
	E1-I	E1-Q	E5a	E5b	E6-I	E6-Q
Galileo hullámhossz (mm)	1575.42	1575.42	1176.45	1207.14	1278.75	1278.75

Példa: ~ 150 000 000 egész fázis + maradék

# Korrekción



# Korrekción – board



# Korrekción

**GNSS KORREKCIÓ**

**$\neq$**

**JAVÍTÁSI ÉRTÉK**

**GNSS KORREKCIÓ**

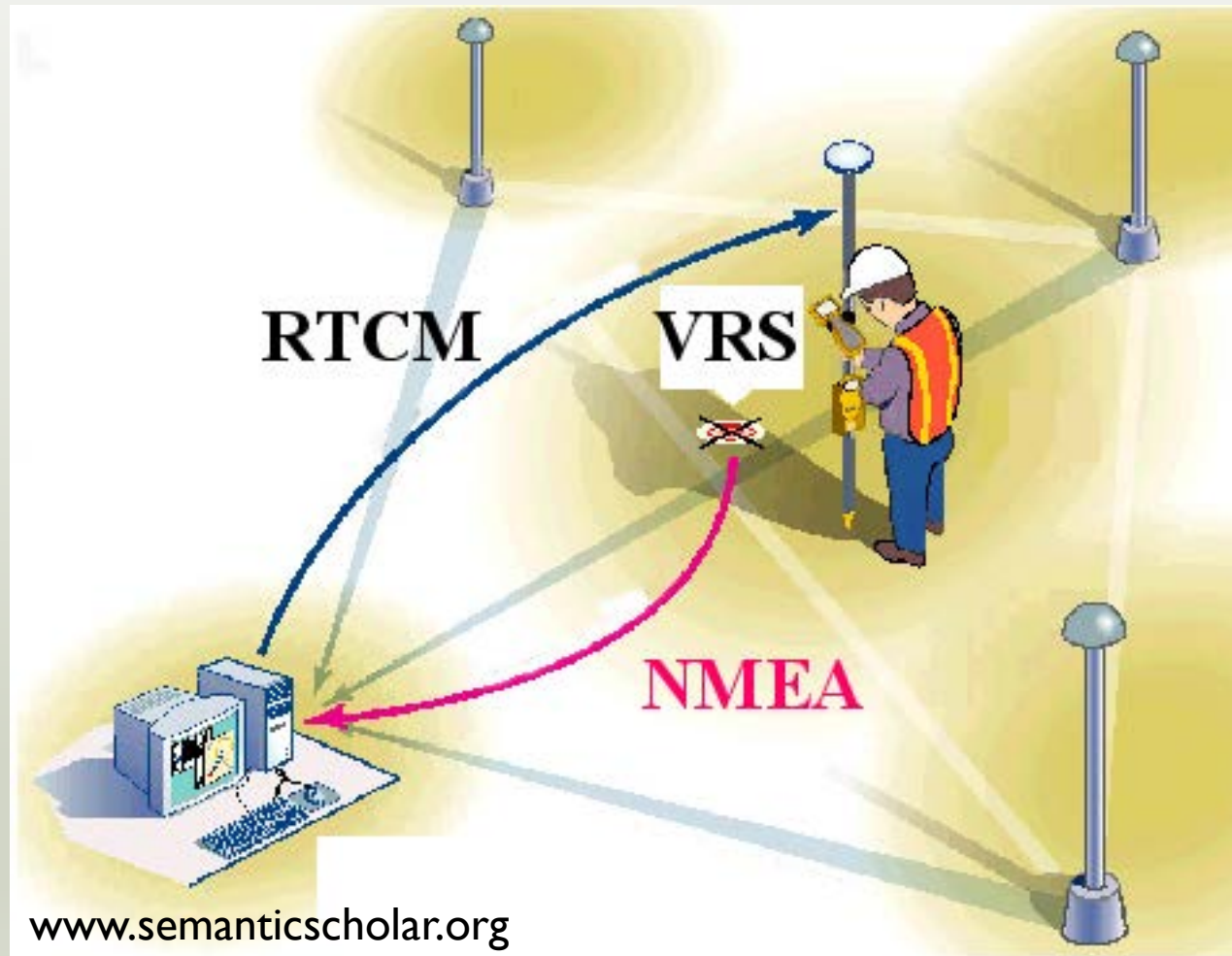
**=**

**MÓDOSÍTÁS NÉLKÜLI TOVÁBBÍTÁS**

- MŰHOLD ÉSZLELÉSI ADATOK
- BÁZIS ANTENNA ADATOK
- BÁZIS KOORDINÁTA ADATOK



# Hálózatos RTK azaz CORRIGO esetén VRS





# Referenciamérés mérőállomással

Mi legyen az összehasonlítva?

Problémák:

EOVA / EOMA hálózat hibái

VITEL transzformáció hibái

Megoldás:

Nem EOVA/EOMA koordinátákat/magasságot vizsgálunk, hanem a mért pontok közötti távolságokat és magasságkülönbségeket, így az eltérést kizárólag a mérési módszer okozza.

Azaz nem abszolút, hanem relatív mérési eredményeket hasonlítunk össze.



# GNSS mérések

## Mérési módszerek:

Utófeldolgozás, statikus észlelési adatokból

RTK – saját bázis, pár méteres bázishossz

VRS – CORRIGO AUTOSWITCH-MSM (GPS+GLO+GAL+BDS)

RTK – CORRIGO AUTO\_RTCM3I (GPS+GLO)

## Paraméterek:

Legközelebbi CORS (bázisállomás) ~ 11 km

10 fokos magassági kitakarás

Statikus mérés: 30 perces észlelési idő, 5mp rögzítési gyakoriság

Valós idejű mérések: 10 epocha észlelés



# Eredmények vizsgálata – referencia értékek:

vízszintes távolság					
TS	11	12	13	14	15
11		7.486	15.718	14.458	16.452
12	7.486		10.954	13.840	19.274
13	15.718	10.954		8.214	16.475
14	14.458	13.840	8.214		8.311
15	16.452	19.274	16.475	8.311	

magasságkülönbség					
TS	11	12	13	14	15
11		-0.068	0.056	-0.081	-0.234
12	0.068		0.124	-0.013	-0.166
13	-0.056	-0.124		-0.137	-0.290
14	0.081	0.013	0.137		-0.153
15	0.234	0.166	0.290	0.153	



# Eredmények vizsgálata – statikus mérés:

vízszintes eltérés					
statikus	11	12	13	14	15
11		-0.003	0.000	0.000	-0.002
12	-0.003		-0.001	-0.002	-0.004
13	0.000	-0.001		0.000	-0.001
14	0.000	-0.002	0.000		0.000
15	-0.002	-0.004	-0.001	0.000	
<b>átlag:</b>	<b>0.001</b>				

magassági eltérés					
statikus	11	12	13	14	15
11		0.000	-0.003	-0.001	0.000
12	0.000		-0.003	-0.001	0.000
13	0.003	0.003		0.002	0.003
14	0.001	0.001	-0.002		0.001
15	0.000	0.000	-0.003	-0.001	
<b>átlag:</b>	<b>0.001</b>				



# Eredmények vizsgálata – saját bázis használata:

vízszintes eltérés					
saját bázis	11	12	13	14	15
11		-0.003	0.000	0.003	0.001
12	-0.003		-0.001	0.000	-0.003
13	0.000	-0.001		0.000	0.000
14	0.003	0.000	0.000		0.001
15	0.001	-0.003	0.000	0.001	
<b>átlag:</b>	<b>0.001</b>				

magassági eltérés					
saját bázis	11	12	13	14	15
11		-0.004	-0.003	0.000	0.000
12	0.004		0.001	0.004	0.004
13	0.003	-0.001		0.003	0.003
14	0.000	-0.004	-0.003		0.000
15	0.000	-0.004	-0.003	0.000	
<b>átlag:</b>	<b>0.002</b>				



# Eredmények vizsgálata – VRS GPS+GLO+GAL+BDS:

vízszintes eltérés					
CORR MSM	11	12	13	14	15
11		-0.001	0.000	-0.002	-0.006
12	-0.001		-0.002	-0.005	-0.007
13	0.000	-0.002		0.000	0.001
14	-0.002	-0.005	0.000		0.002
15	-0.006	-0.007	0.001	0.002	
<b>átlag:</b>	<b>0.002</b>				

magassági eltérés					
CORR MSM	11	12	13	14	15
11		0.004	0.007	0.014	0.005
12	-0.004		0.003	0.010	0.001
13	-0.007	-0.003		0.007	-0.002
14	-0.014	-0.010	-0.007		-0.009
15	-0.005	-0.001	0.002	0.009	
<b>átlag:</b>	<b>0.006</b>				



# Eredmények vizsgálata – RTK GPS+GLO:

vízszintes eltérés					
CORR RTK	11	12	13	14	15
11		-0.008	0.001	-0.001	-0.007
12	-0.008		0.020	0.005	0.000
13	0.001	0.020		-0.019	-0.010
14	-0.001	0.005	-0.019		0.008
15	-0.007	0.000	-0.010	0.008	
<b>átlag:</b>	<b>0.008</b>				

magassági eltérés					
CORR RTK	11	12	13	14	15
11		-0.025	-0.009	-0.008	-0.023
12	0.025		0.016	0.017	0.002
13	0.009	-0.016		0.001	-0.014
14	0.008	-0.017	-0.001		-0.015
15	0.023	-0.002	0.014	0.015	
<b>átlag:</b>	<b>0.013</b>				



# Eredmények vizsgálata

	vízszintes eltérések átlaga	magassági eltérések átlaga
statikus	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>
saját bázis	<b>0.001</b>	<b>0.002</b>
CORRIGO MSM	<b>0.002</b>	<b>0.006</b>
CORRIGO RTK	<b>0.008</b>	<b>0.013</b>



# Referenciamérés mérőállomással

vízszintes távolság					
TS	1	2	3	4	5
1		3.929	7.418	12.685	14.638
2	3.929		5.204	11.656	15.254
3	7.418	5.204		6.647	11.336
4	12.685	11.656	6.647		6.315
5	14.638	15.254	11.336	6.315	

magasságkülönbség					
TS	1	2	3	4	5
1		-1.172	-2.517	-3.713	-1.715
2	1.172		-1.345	-2.541	-0.543
3	2.517	1.345		-1.196	0.802
4	3.713	2.541	1.196		1.998
5	1.715	0.543	-0.802	-1.998	



# Eredmények vizsgálata – statikus mérés:

vízszintes eltérés					
statikus	1	2	3	4	5
1		0.002	0.001	0.008	0.014
2	0.002		0.007	0.018	0.024
3	0.001	0.007		0.012	0.018
4	0.008	0.018	0.012		0.005
5	0.014	0.024	0.018	0.005	
<b>átlag:</b>	<b>0.006</b>				

magassági eltérés					
statikus	1	2	3	4	5
1		0.004	0.000	-0.011	-0.014
2	-0.004		-0.004	-0.015	-0.018
3	0.000	0.004		-0.011	-0.014
4	0.011	0.015	0.011		-0.003
5	0.014	0.018	0.014	0.003	
<b>átlag:</b>	<b>0.009</b>				



# Eredmények vizsgálata – saját bázis:

vízszintes eltérés					
saját bázis	1	2	3	4	5
1		0.005	0.008	-0.004	-0.003
2	0.005		0.000	-0.009	-0.007
3	0.008	0.000		-0.007	-0.003
4	-0.004	-0.009	-0.007		-0.004
5	-0.003	-0.007	-0.003	-0.004	
<b>átlag:</b>	<b>0.004</b>				

magassági eltérés					
saját bázis	1	2	3	4	5
1		-0.049	-0.039	-0.033	-0.040
2	0.049		0.010	0.016	0.009
3	0.039	-0.010		0.006	-0.001
4	0.033	-0.016	-0.006		-0.007
5	0.040	-0.009	0.001	0.007	
<b>átlag:</b>	<b>0.021</b>				



# Eredmények vizsgálata – VRS GPS+GLO+GAL+BDS:

vízszintes eltérés					
CORR MSM	1	2	3	4	5
1		0.016	0.009	0.014	0.008
2	0.016		0.005	0.016	0.016
3	0.009	0.005		0.010	0.008
4	0.014	0.016	0.010		-0.001
5	0.008	0.016	0.008	-0.001	
<b>átlag:</b>	<b>0.004</b>				

magassági eltérés					
CORR MSM	1	2	3	4	5
1		-0.019	-0.007	-0.003	-0.008
2	0.019		0.012	0.016	0.011
3	0.007	-0.012		0.004	-0.001
4	0.003	-0.016	-0.004		-0.005
5	0.008	-0.011	0.001	0.005	
<b>átlag:</b>	<b>0.009</b>				



# Eredmények vizsgálata – RTK GPS+GLO:

vízszintes eltérés					
CORR RTK	1	2	3	4	5
1		0.006	-0.007	-0.016	-0.011
2	0.006		0.007	0.004	0.015
3	-0.007	0.007		-0.003	0.008
4	-0.016	0.004	-0.003		0.010
5	-0.011	0.015	0.008	0.010	
<b>átlag:</b>	<b>0.008</b>				

magassági eltérés					
CORR RTK	1	2	3	4	5
1		0.012	0.003	0.012	-0.013
2	-0.012		-0.009	0.000	-0.025
3	-0.003	0.009		0.009	-0.016
4	-0.012	0.000	-0.009		-0.025
5	0.013	0.025	0.016	0.025	
<b>átlag:</b>	<b>0.012</b>				





Mikoviny Sámuel Szakkollégium 2023.05.16.





Mikoviny Sámuel Szakkollégium 2023.05.16.





Mikoviny Sámuel Szakkollégium 2023.05.16.



# Referenciamérés mérőállomással



vízszintes távolság					
TS	1	2	3	4	5
1		6.845	14.638	16.584	28.354
2	6.845		7.879	11.437	21.516
3	14.638	7.879		7.285	13.804
4	16.584	11.437	7.285		16.371
5	28.354	21.516	13.804	16.371	

magasságkülönbség					
TS	1	2	3	4	5
1		1.148	1.169	1.516	1.377
2	-1.148		0.021	0.367	0.228
3	-1.169	-0.021		0.346	0.207
4	-1.516	-0.367	-0.346		-0.139
5	-1.377	-0.228	-0.207	0.139	



# Eredmények vizsgálata – saját bázis:



vízszintes eltérés					
saját bázis	1	2	3	4	5
1		-0.001	-0.007	0.002	-0.010
2	-0.001		-0.004	0.011	-0.009
3	-0.007	-0.004		0.001	-0.001
4	0.002	0.011	0.001		-0.002
5	-0.010	-0.009	-0.001	-0.002	
<b>átlag:</b>	<b>0.004</b>				

magassági eltérés					
saját bázis	1	2	3	4	5
1		0.027	0.005	0.040	0.052
2	-0.027		-0.022	0.012	0.024
3	-0.005	0.022		0.034	0.046
4	-0.040	-0.012	-0.034		0.012
5	-0.052	-0.024	-0.046	-0.012	
<b>átlag:</b>	<b>0.028</b>				



# Eredmények vizsgálata - VRS GPS+GLO+GAL+BDS:



vízszintes eltérés					
CORR MSM	1	2	3	4	5
1		-0.001	-0.007	-0.009	-0.027
2	-0.001		-0.006	-0.003	-0.026
3	-0.007	-0.006		0.003	-0.019
4	-0.009	-0.003	0.003		-0.010
5	-0.027	-0.026	-0.019	-0.010	
<b>átlag:</b>	<b>0.008</b>				

magassági eltérés					
CORR MSM	1	2	3	4	5
1		0.012	0.009	-0.010	0.042
2	-0.012		-0.003	-0.023	0.029
3	-0.009	0.003		-0.020	0.032
4	0.010	0.023	0.020		0.052
5	-0.042	-0.029	-0.032	-0.052	
<b>átlag:</b>	<b>0.023</b>				



# Eredmények vizsgálata - RTK GPS+GLO:



vízszintes eltérés					
CORR RTK	1	2	3	4	5
1		0.010	-0.011	0.006	-0.026
2	0.010		-0.020	0.012	-0.035
3	-0.011	-0.020		0.026	-0.016
4	0.006	0.012	0.026		-0.010
5	-0.026	-0.035	-0.016	-0.010	
<b>átlag:</b>	<b>0.016</b>				

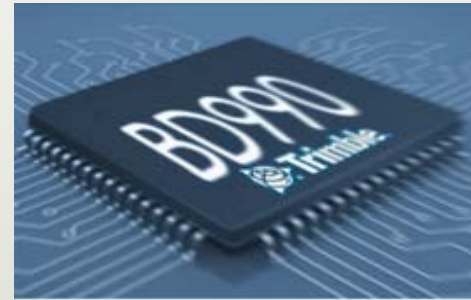
magassági eltérés					
CORR RTK	1	2	3	4	5
1		0.028	0.021	0.036	0.035
2	-0.028		-0.007	0.007	0.006
3	-0.021	0.007		0.014	0.013
4	-0.036	-0.007	-0.014		-0.001
5	-0.035	-0.006	-0.013	0.001	
<b>átlag:</b>	<b>0.017</b>				



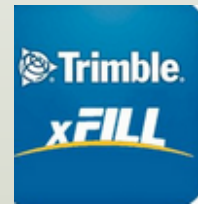
# A teszthez használt rover:



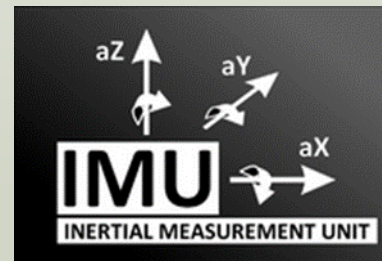
**RUIDE  
RENO1 PRO**



✓ GPS	L1, L2, L5
✓ GLONASS	L1, L2, L3
✓ BeiDou	B1, B2, B3
✓ Galileo	E1, E5A, E5B, E6
✓ SBAS	L1, L5



Az internetkapcsolat megszakadás esetén az xFill szolgáltatás átmenet nélkül, önműködően, a felhasználó számára észrevehetetlenül műholdas korrekcióval 5 percig a földi korrekcióval azonos megbízhatóságú RTK-Fix-et biztosít.



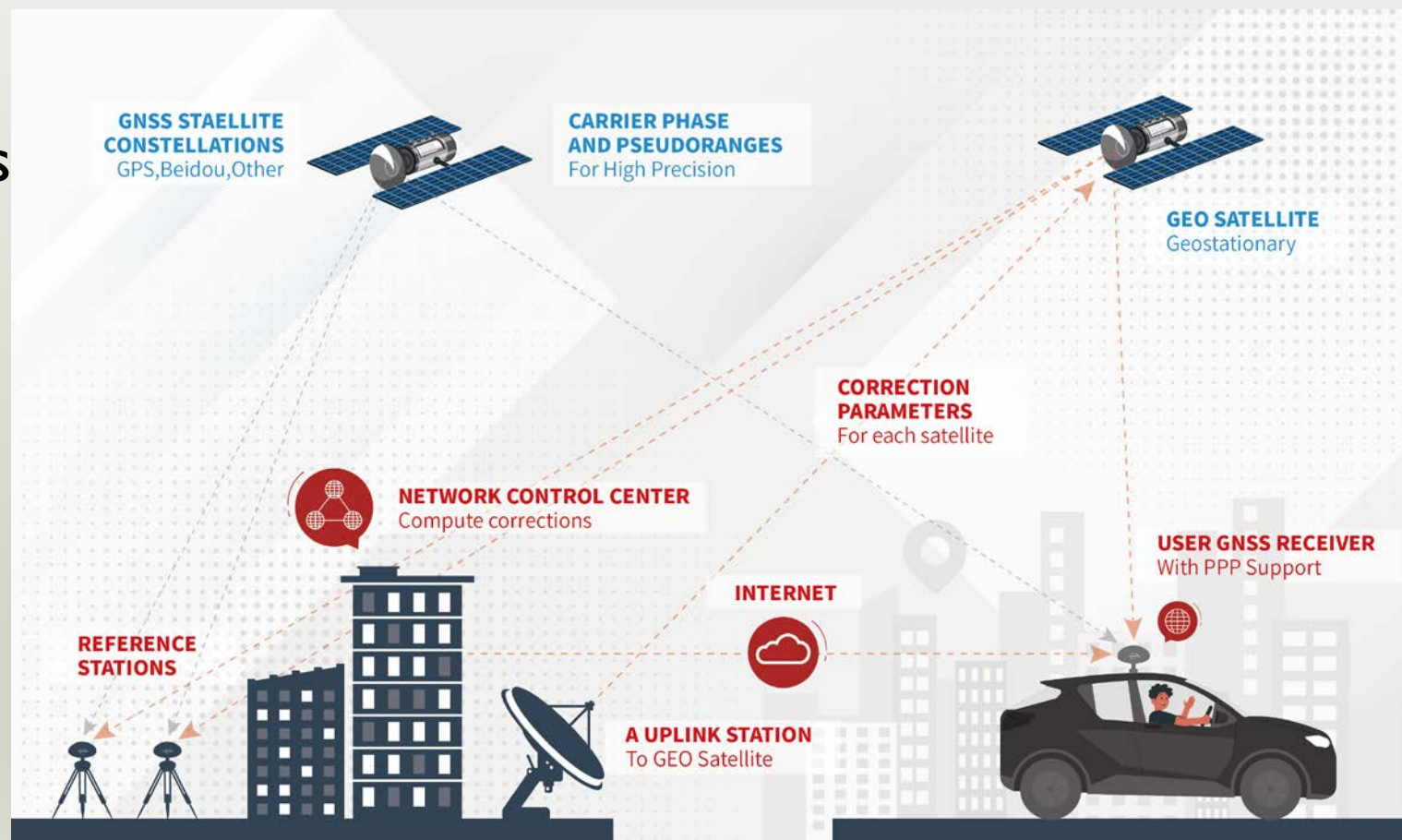
Mágneses zavaroktól illetve a dőlésszögek korlátozásától mentesen, a RENO1 megméri azokat a pontokat is, ahol az árbócot lehetetlen függőleges helyzetbe hozni. Például közvetlenül megmérheti a ház sarkait.



# GNSS jövő / jelen?

## PPP – szabatos abszolút helymeghatározás

Szerver globális vagy regionális referenciaállomásokat használ a műholdpálya hibáinak, órahibáinak stb. valós idejű becsléséhez, és közvetlenül a végfelhasználóhoz műholdon vagy az interneten keresztül sugározza azt.



# GNSS jövő / jelen?

## PPP – szabatos abszolút helymeghatározás



### **Trimble CenterPoint® RTX**

2cm vízszintes, 5cm magassági megbízhatóság












inicializálási idő: 1 perc (15 perc)

ár: 3 hónap 1200EUR ; 1 év: 2000EUR



# GNSS jövő / jelen?

## Galileo High Accuracy Service (HAS)

	Service Level 1 (SL1)	Service Level 2 (SL2)		Service Level 1 (SL1)	Service Level 2 (SL2)
 Coverage	Global	European Coverage Area (ECA)	 Corrected Frequencies	Galileo E1/E5a/E5b/E6/E5 AltBOC GPS L1/L5/L2C	
 Corrections	Orbit, clock, biases (code and phase)	Orbit, clock, biases (code and phase) + atmospheric corrections	 Horizontal Accuracy (95%)	<20cm	<20cm
 Format	Open format similar to Compact- CSSR		 Vertical Accuracy (95%)	<40cm	<40cm
 Dissemination	Galileo E6B using 448 bits per satellite per second / terrestrial (internet)		 Convergence Time	<300s	<100s
 Constellations	Galileo and GPS		 Availability	99%	99%
			 User HelpDesk	24/7	24/7

# Köszönöm a figyelmet!

**Előadó: Forgó Zoltán**

**FORGEO Kft**

<http://forgeo.hu>

[zoltan.forgo@forgeo.hu](mailto:zoltan.forgo@forgeo.hu)

**+36 70 337 1015**