

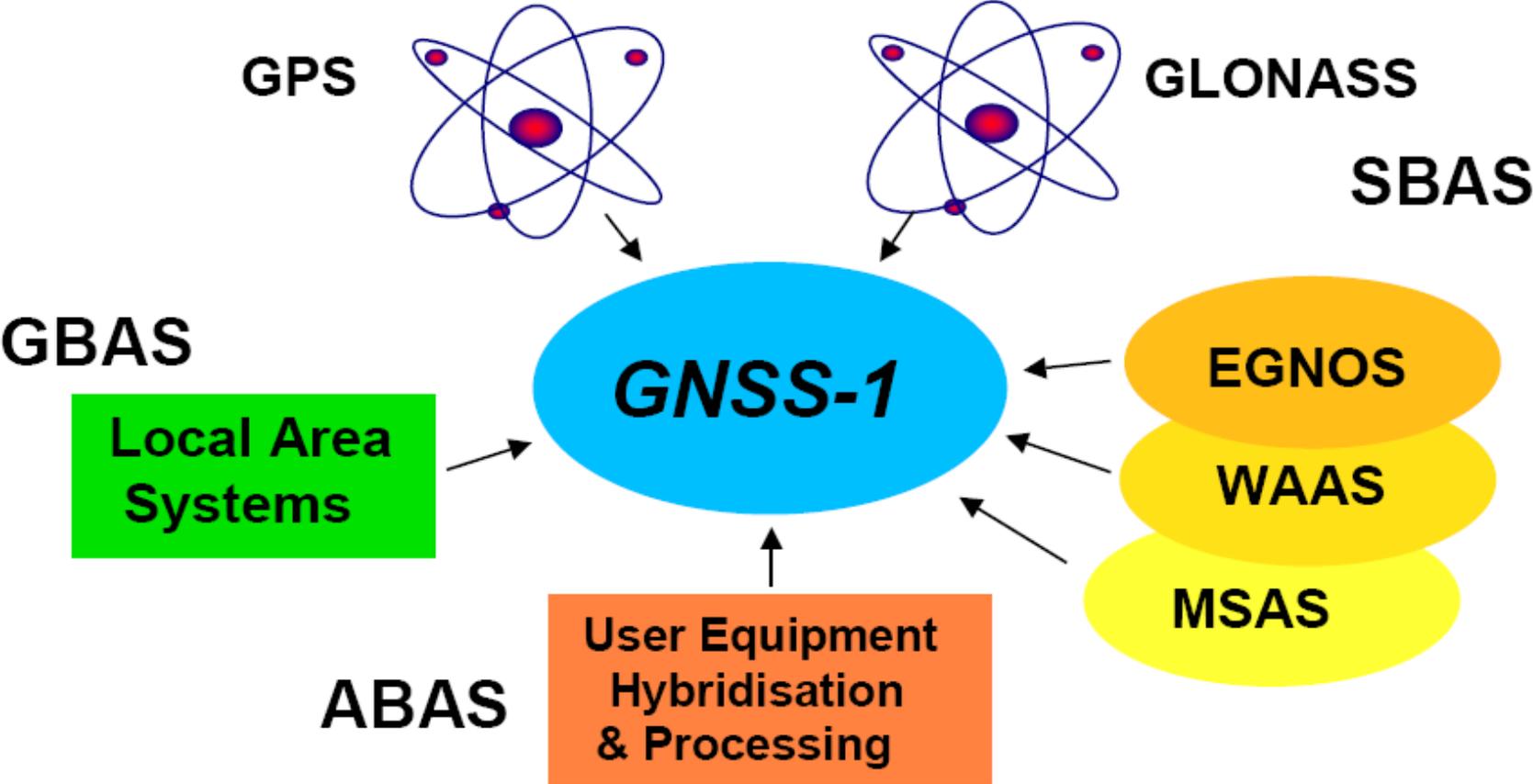
# Metodologie innovative 3D GNSS (Global Navigation Satellite System) per il rilievo ed il monitoraggio di strutture e infrastrutture dell'Ingegneria Civile e di dinamiche ambientali



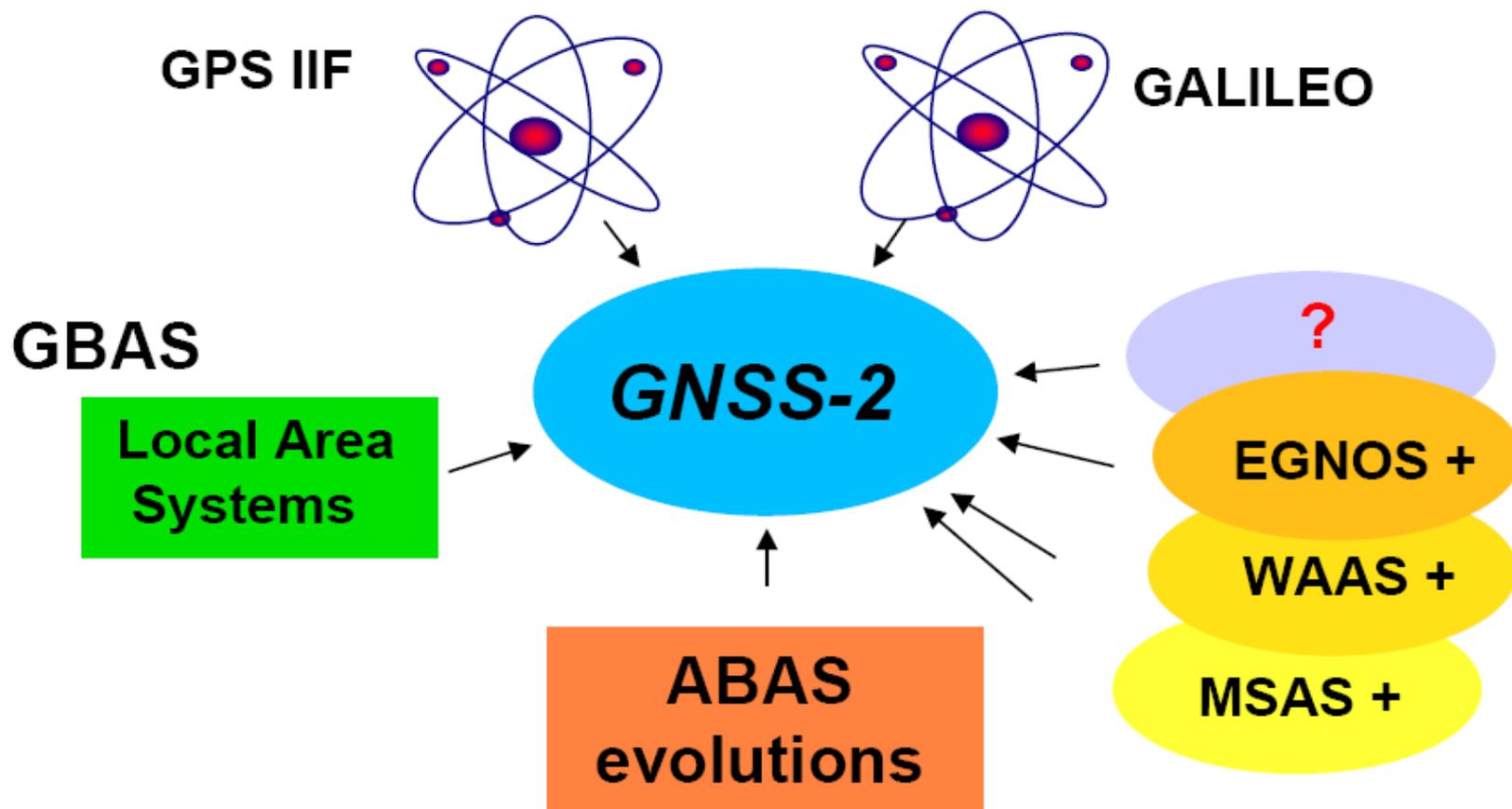
Prof. ing. Raffaella Cefalo  
GeoSNAV Laboratory – DIA Università' di Trieste  
[raffaella.cefalo@dia.units.it](mailto:raffaella.cefalo@dia.units.it)



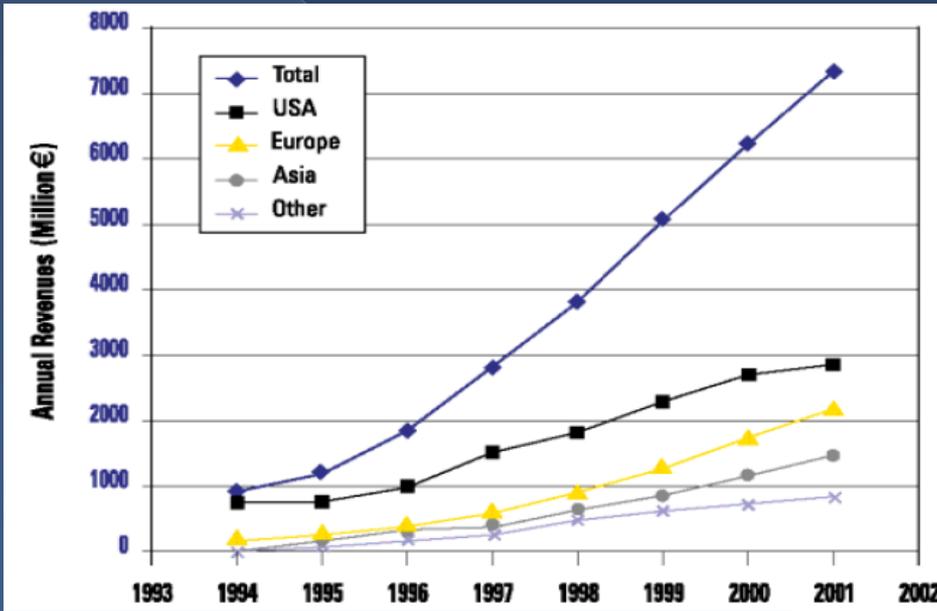
# Cosa è il GNSS-1



## Cosa sarà il GNSS-2

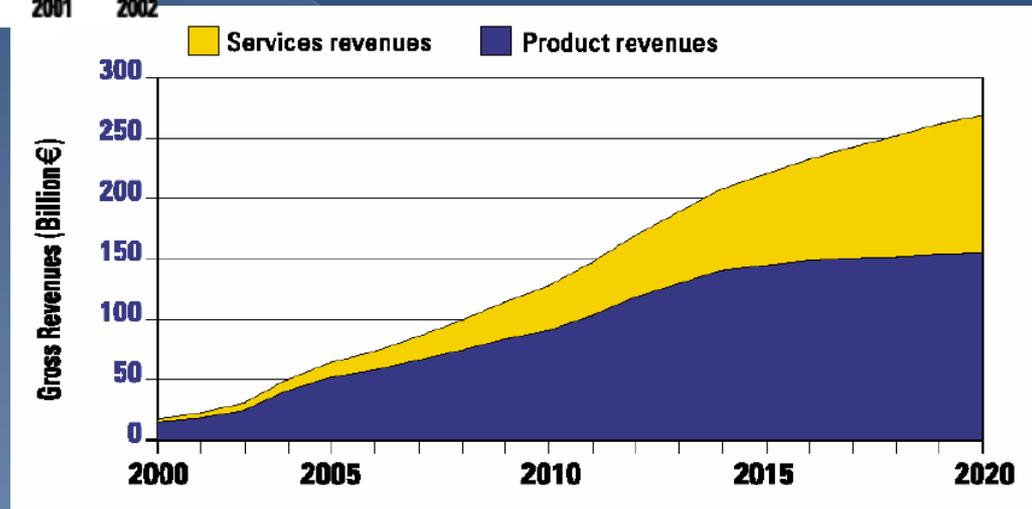


# Mercato della Navigazione Satellitare

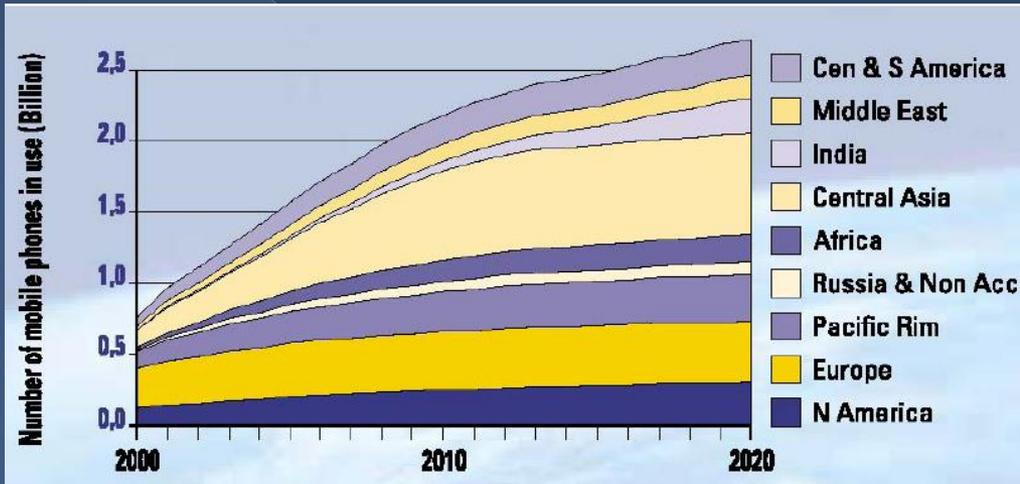


Proiezioni - Vendite Servizi e Prodotti - in Be

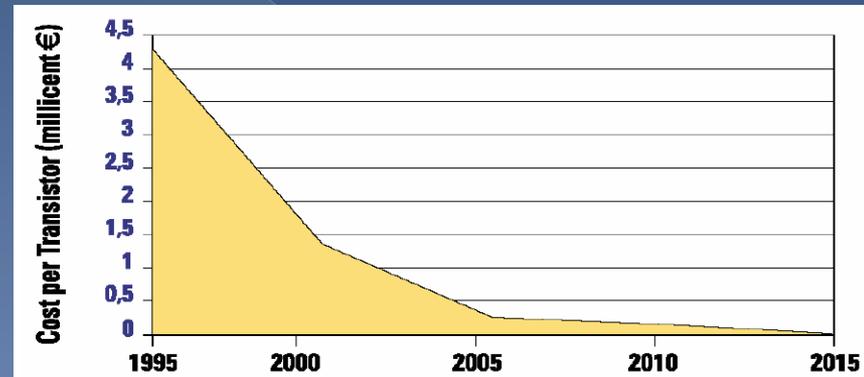
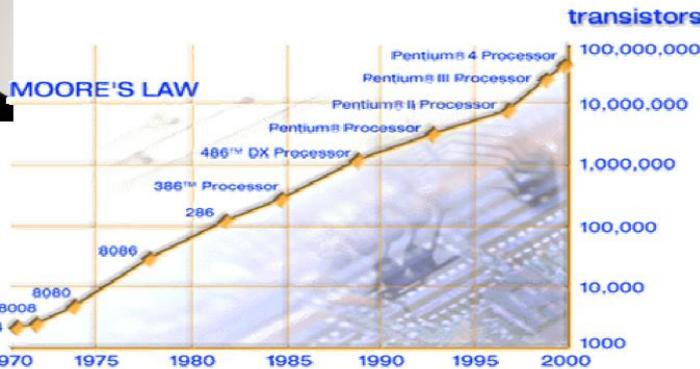
Vendite annuali in Me



# Trend – un esempio

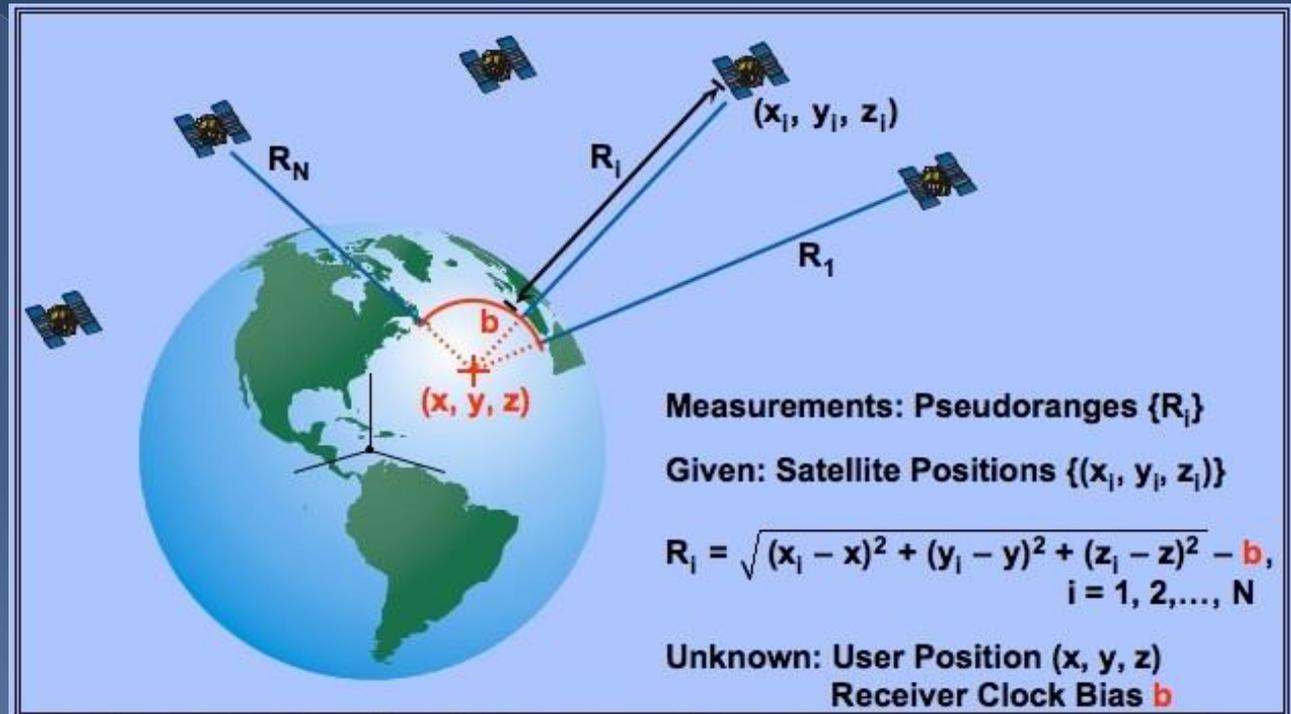


Un esempio –  
numero di cellulari utilizzati



# GPS Posizionamento 3D

Intersezione in  
avanti spaziale al  
punto a terra di  
coordinate  
incognite da un  
certo numero di  
satelliti di  
posizione nota  
(almeno 4 per il  
**posizionamento  
tridimensionale**)

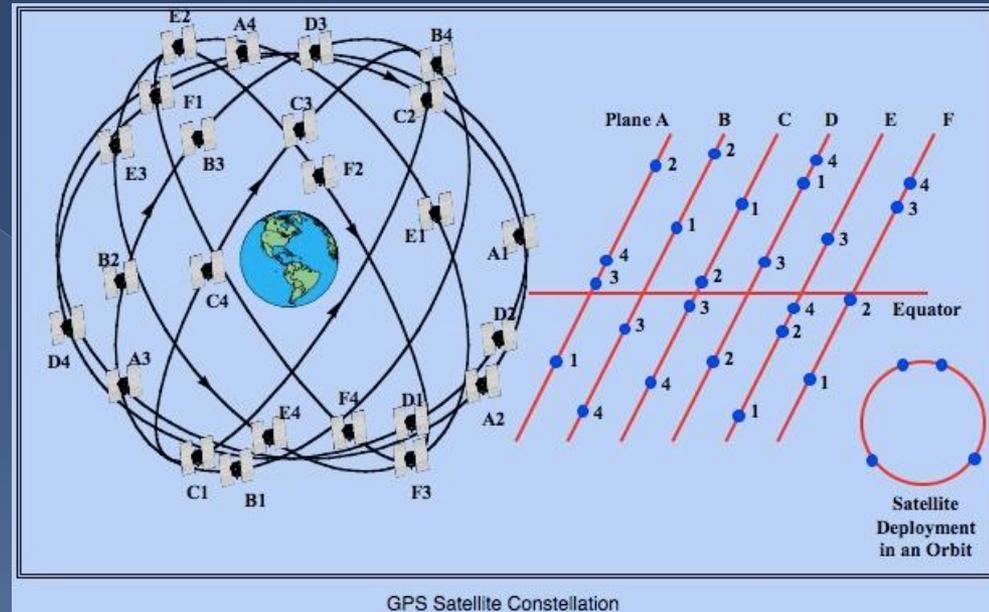


# Segmento spaziale

24 satelliti  
NAVSTAR-GPS

6 orbite inclinate di  $55^\circ$   
rispetto al piano  
equatoriale

percorrono in circa 12 ore  
orbite quasi circolari ad  
un'altezza nominale di  
20183 km



# Segmento di controllo

Monitoraggio e controllo dei satelliti

Calcolo delle orbite dei satelliti

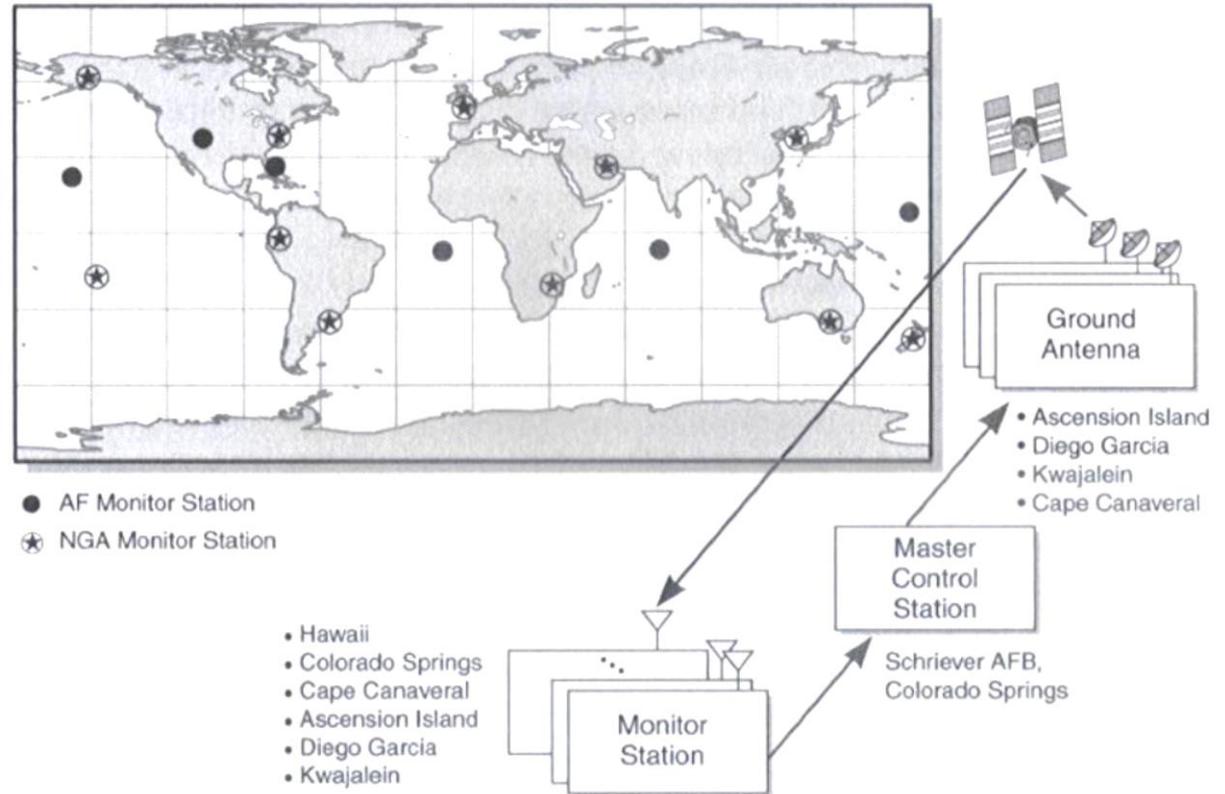


Figure 2.2 The elements of the GPS Control Segment and their functions.

# Segmento utente

Ricevitori/antenne  
a Terra che  
acquisiscono ed  
elaborano i  
segnali ricevuti  
dai satelliti

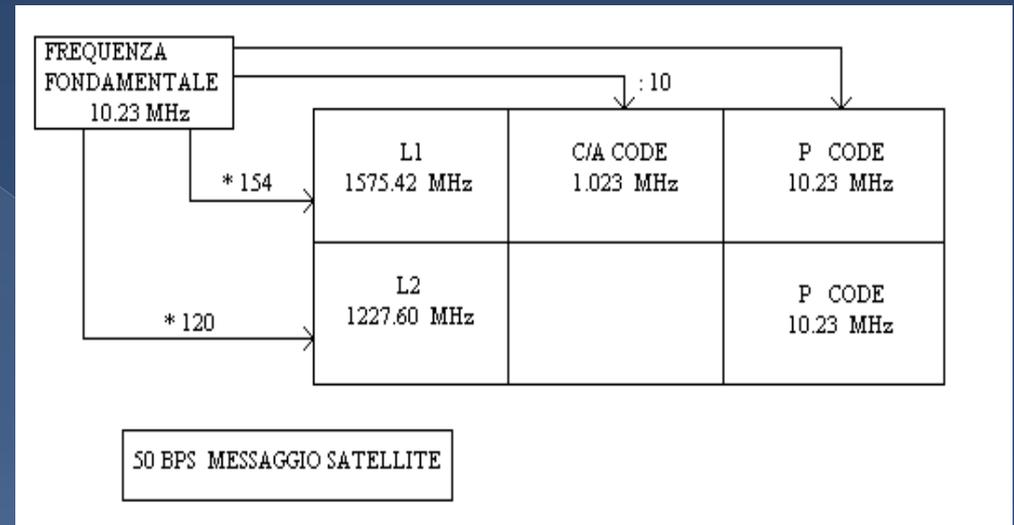


# Segnali trasmessi

- Ciascun satellite trasmette in continuazione due portanti radio:

L1 1575.42 MHz

L2 1227.60 MHz.



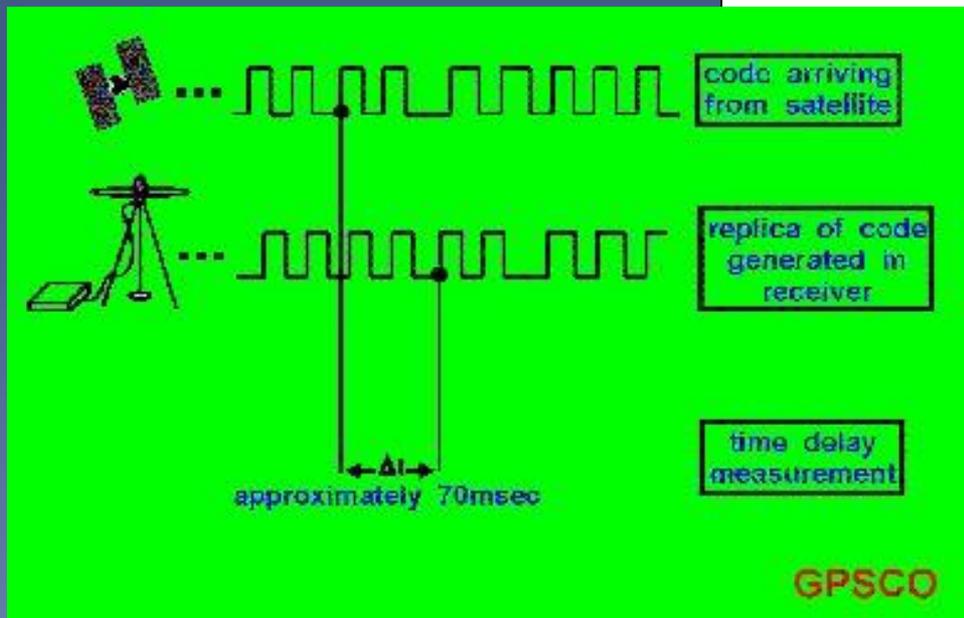
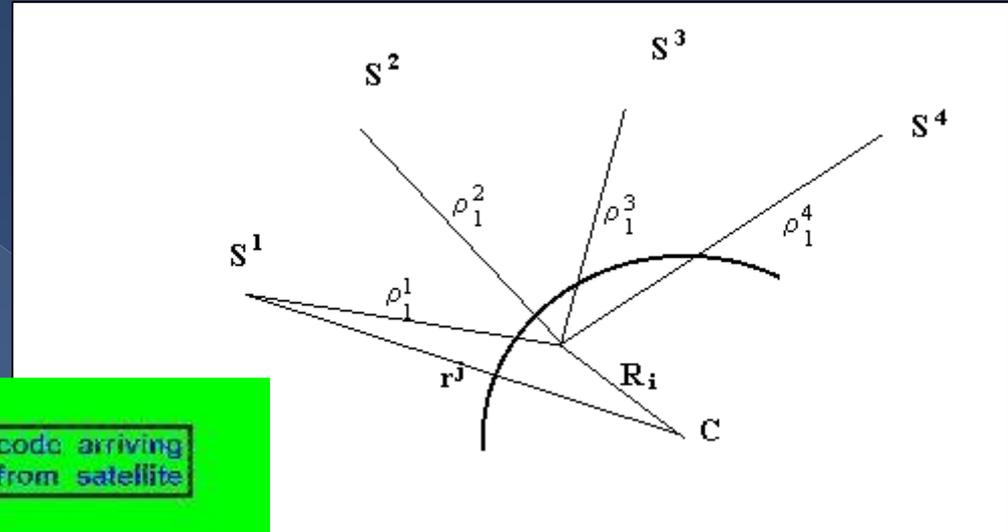
Tali frequenze sono ricavate dalla frequenza fondamentale di 10.23 MHz dell'oscillatore di alta stabilità del satellite

# Codici C/A e P

- Le fasi delle portanti sono modulate da due codici pseudo-casuali:
- **codice C/A**, Coarse Acquisition, ad accesso civile (L1)
- **codice P**, Precise, o **Y** ad accesso riservato (L1, L2)
- e da un messaggio navigazionale.
- Le frequenze e le modulazioni sono controllate da orologi atomici installati a bordo dei satelliti.

# Misure di codice pseudorange

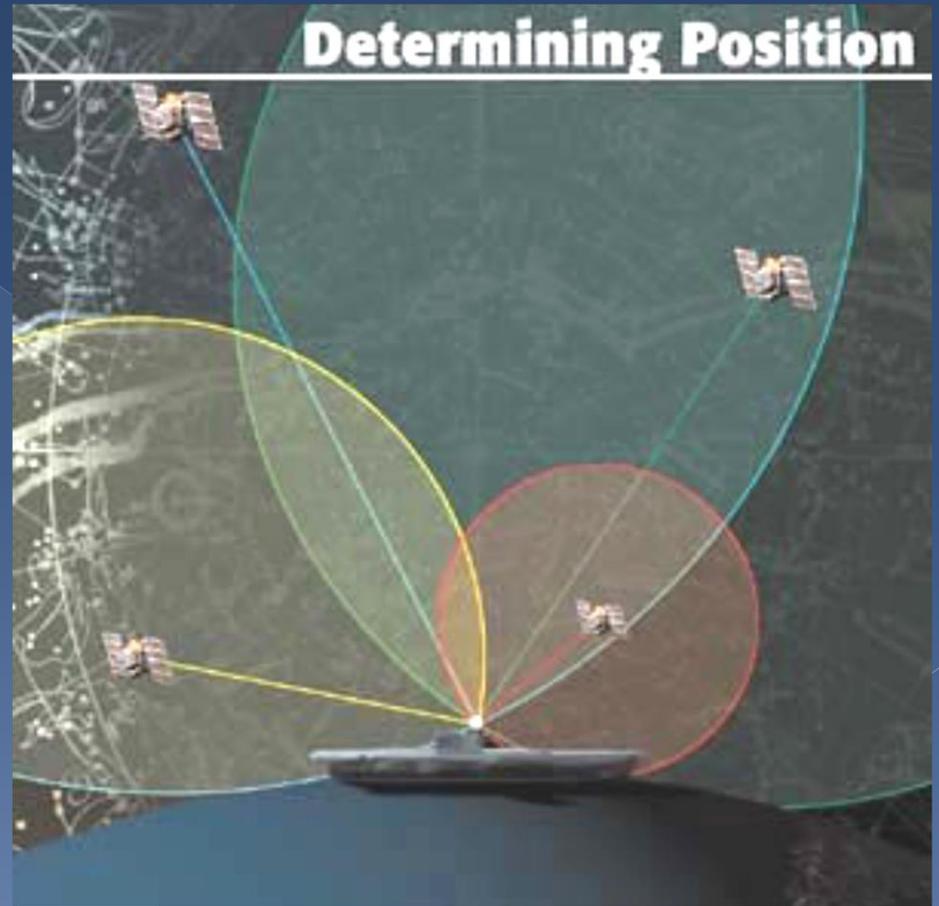
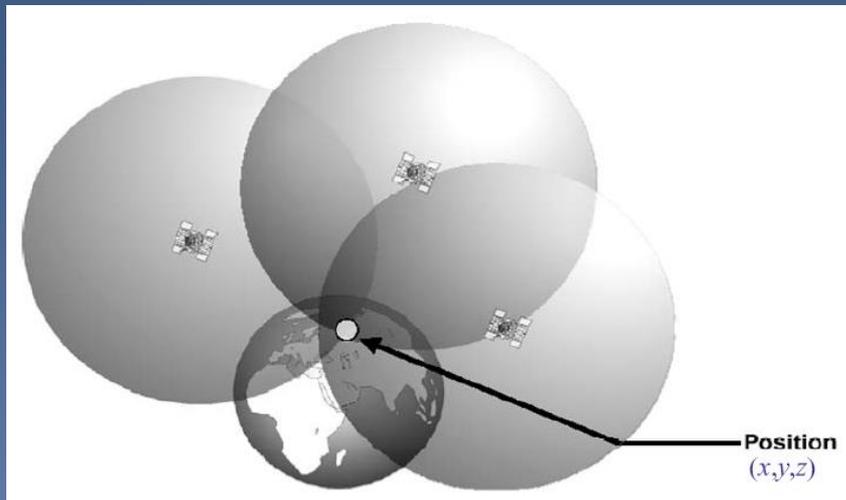
Posizionamento  
3D  
necessari almeno  
4 satelliti



# Posizionamento 3D

4 incognite ( $X, Y, Z, \Delta t$ )

sono necessari i segnali  
da almeno 4 satelliti



# GPS interferenziale - misure di fase

- La modalità interferenziale prevede la **misura del ritardo di fase** della portante L1 (o delle due portanti L1 ed L2), accumulato nel percorso satellite - antenna a terra, e calcolato rispetto una sinusoide di uguale frequenza generata nel ricevitore della stazione stessa.
- Il sistema di misura di fase risolve un ciclo di fase ( $2\pi$ ) in circa 360 parti cosicché la distanza satellite - stazione viene misurata con **un'incertezza strumentale dell'ordine del mm.**

# Tipologia dei ricevitori GPS

- Ricevitori **NAVIGAZIONALI** o di CODICE



- Ricevitori **GEODETICI** o INTERFERENZIALI



Easy-to-use menu for configuring the receiver and network settings, and for checking status

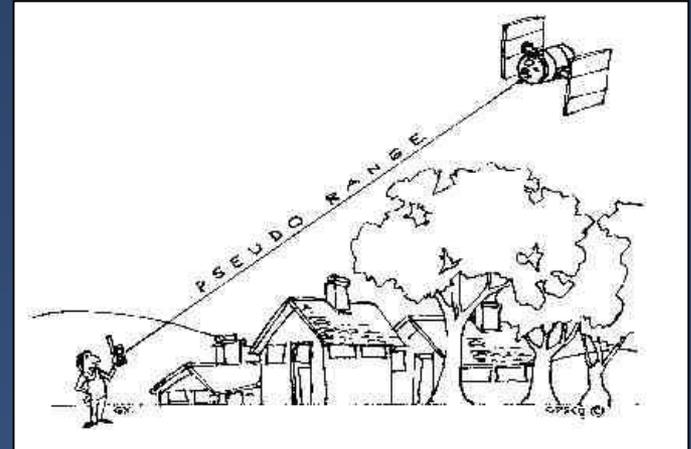
Long-life battery provides 10 hour operation



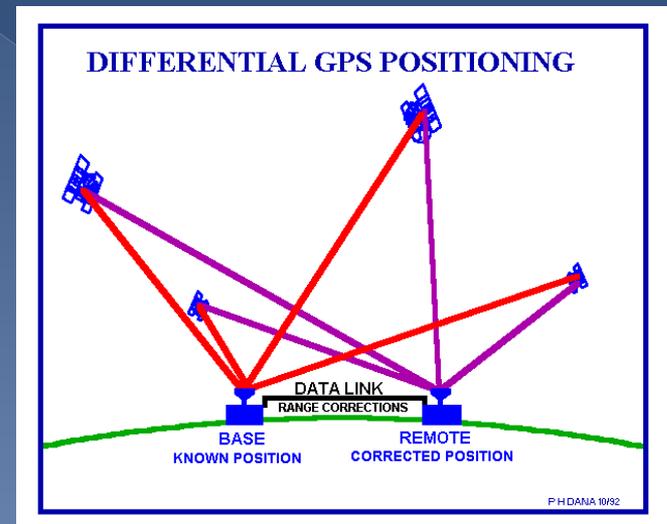
Automatically sets up on a previously set point using Autobase™ technology

# Modalita' di POSIZIONAMENTO

- Single Point Positioning  
Stand/Alone  
precisioni: 10 – 15 m

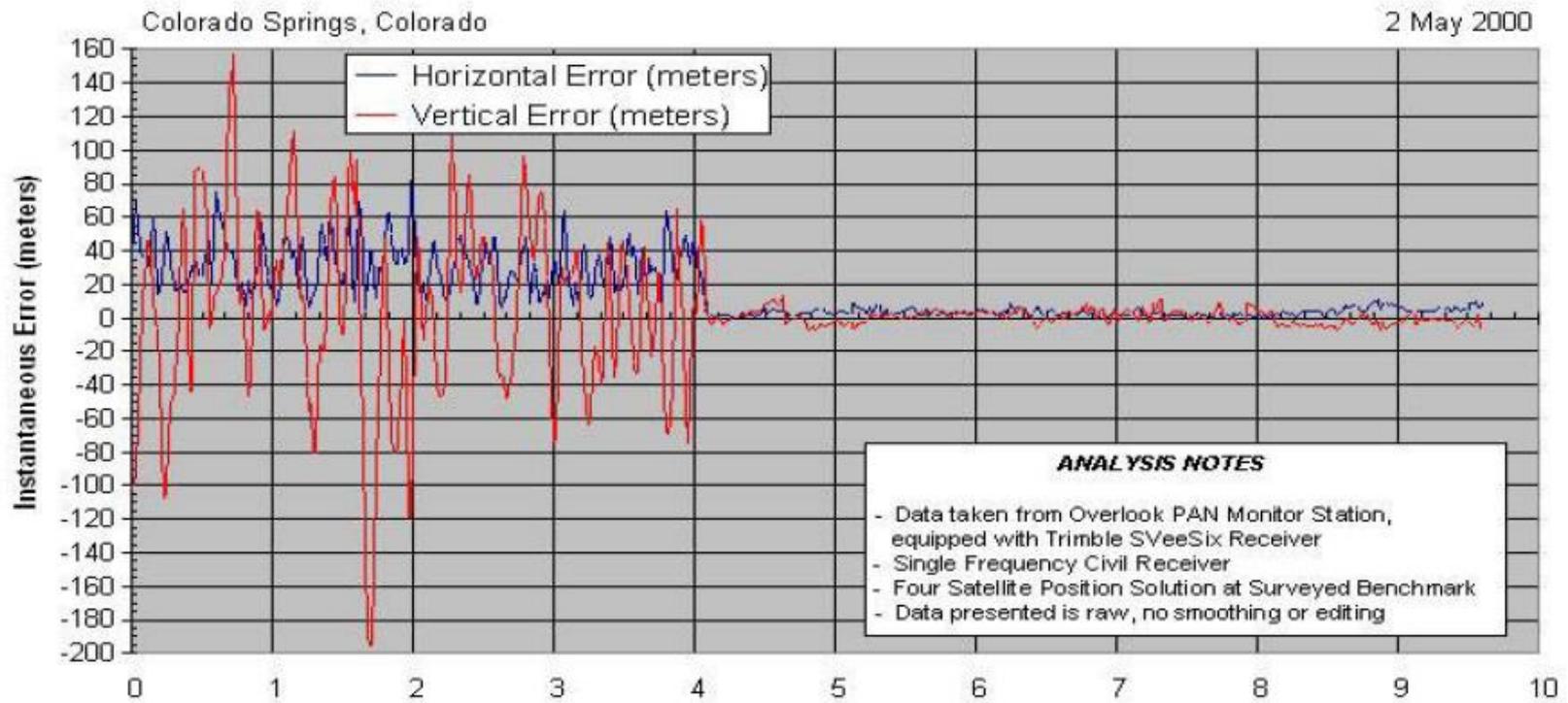


- DIFFERENTIAL GPS  
(DGPS)  
precisioni: 2 – 5 m



# Colorado Springs, 2 Maggio 2000

## Accuratezza del GPS prima e dopo la disattivazione della S/A

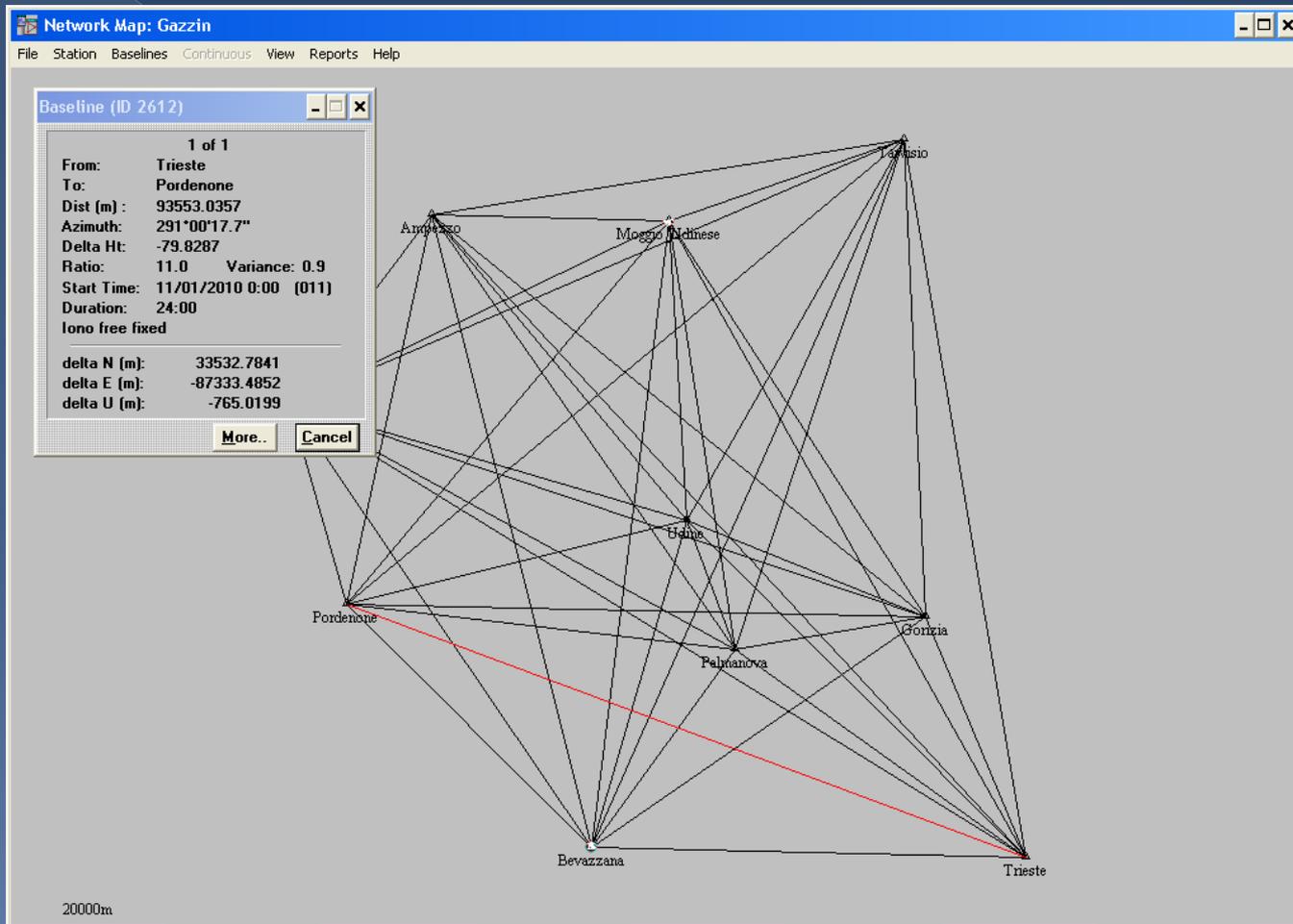


# GPS geodetico - Rilievi STATICI

Due o piu' ricevitori fissi di cui almeno uno in un punto di coordinate note

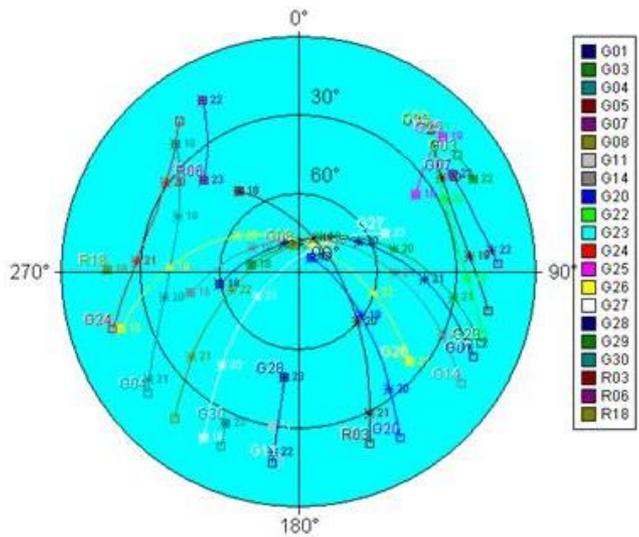


# Reti

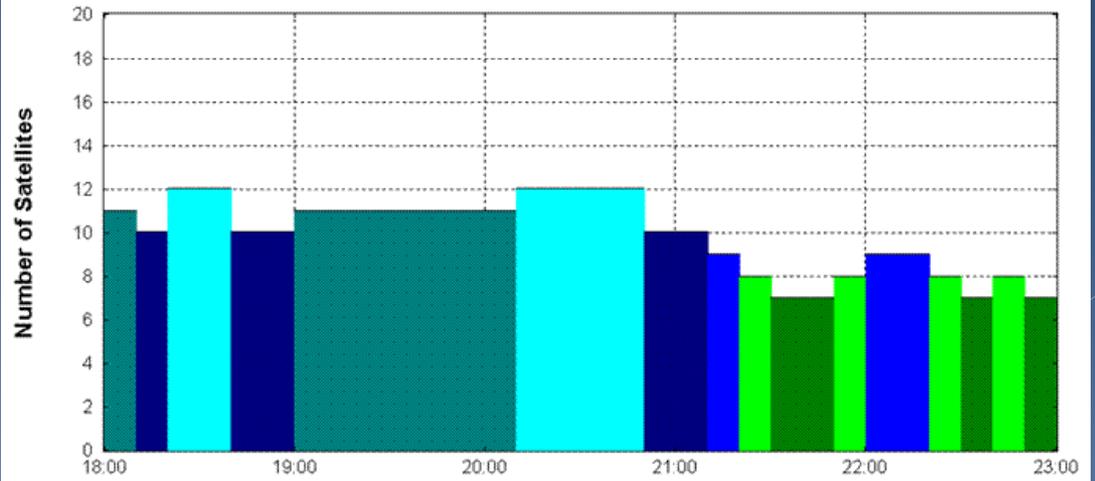


# Planning

*Sky Plot*



*Visibility*



# TECNICHE CINEMATICHE

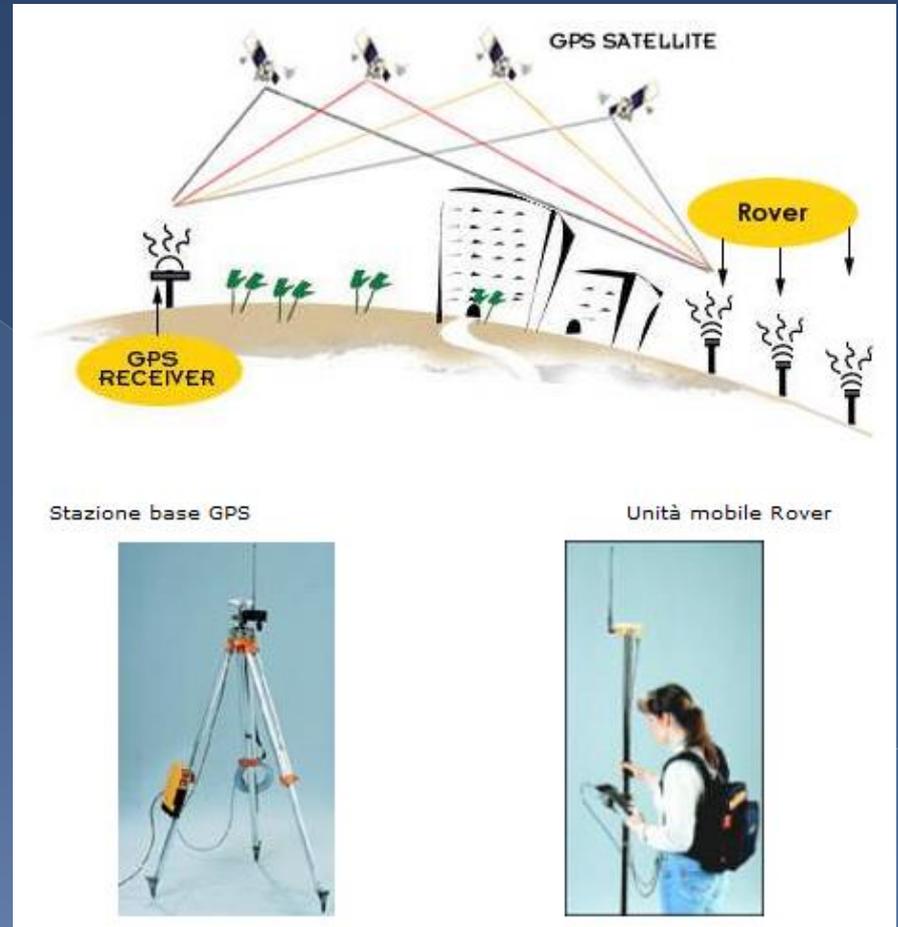
- Cinematico continuo
- Cinematico Stop & Go
- Elaborazione in differita (post processing)
- Elaborazione in tempo reale  
RTK (Real Time Kinematic)

**PRECISIONI : 2-5 cm**

# Rilievi CINEMATICI

Una **stazione fissa**  
in un punto di  
coordinate note  
(**MASTER**)

Una o più **stazioni**  
**mobili (ROVER)**



- Queste applicazioni ad elevate precisioni possono essere soddisfatte solamente con l'utilizzo di **dati GPS di fase, tecniche GPS interferenziali**, dove il ricevitore di riferimento (MASTER) è localizzato in una stazione di coordinate note in un **sistema di riferimento geocentrico**



**Necessita' di Reti di Stazioni fisse**

# Reti di Stazioni Permanenti

- **Reti di riferimento formate da stazioni permanenti che operano su base continua con ricevitori GNSS (Global Navigation Satellite System)**
- infrastruttura fondamentale per incontrare le necessità non solo di geodeti e geofisici, ma anche di utenti professionali GPS/GNSS nell'area del rilievo, cartografia e navigazione.

# RETI di STAZIONI PERMANENTI

- Diverse centinaia di ricevitori GPS e GPS+GLONASS distribuiti globalmente operano su base continua, molti da più di 10 anni, fornendo dati ai centri di analisi e ad altri utenti.
- Rete globale IGS: tipicamente le stazioni IGS si trovano a centinaia e fino a un migliaio di km di distanza fra loro.

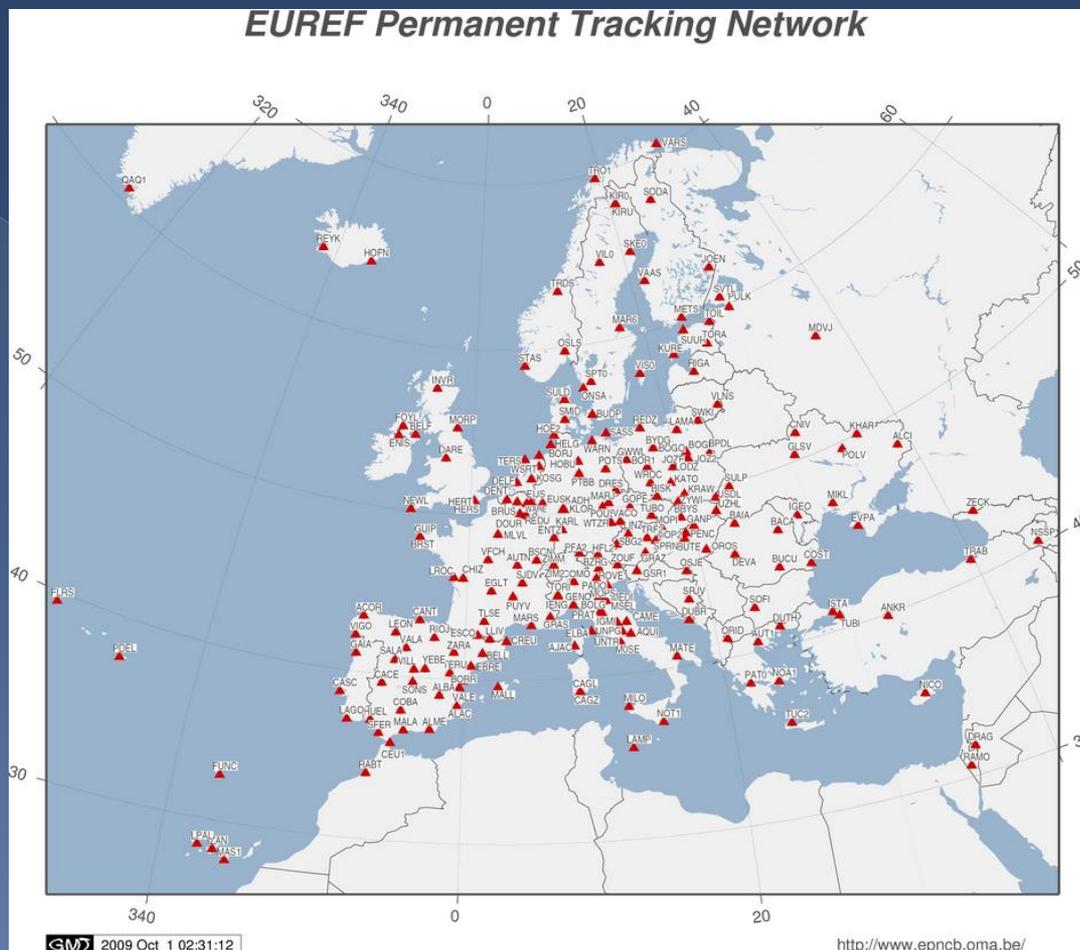


# Stazioni IGS Europee



# Rete di stazioni permanenti EUREF

- EUREF è la **IAG Reference Frame Sub-Commission for Europe**
- **TWG**
- **>200 Stazioni**
- **15 centri di analisi**
- **1 centro di combinazione**
- **Soluzioni di rete giornaliere e settimanali**
- **Realizzazione di ETRS89: attualmente ETRF2000**
- **EVRS: EUVN-DA**



# RETI LOCALI (FVG)

## Rete GPS FVG "A. Marussi"

### 10 Stazioni Permanenti

#### Servizi

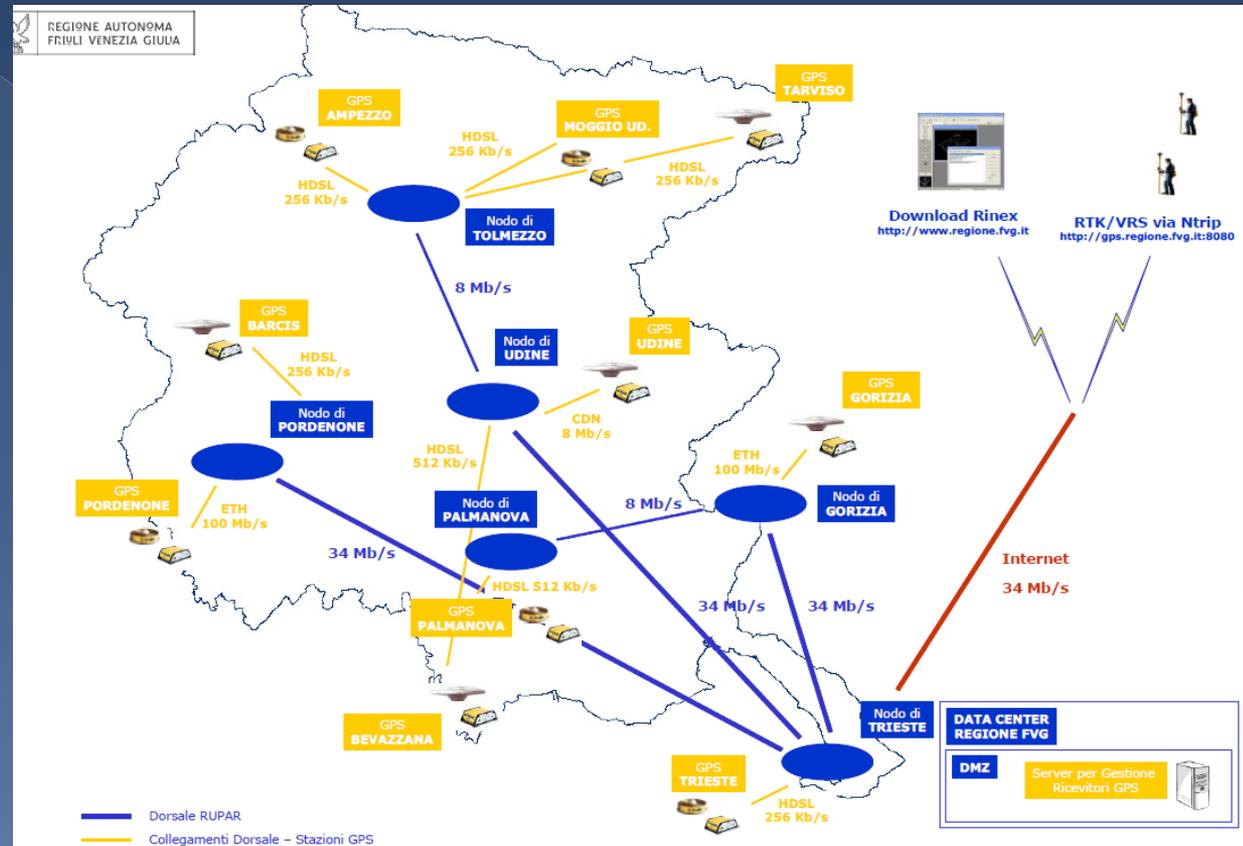
Servizi offerti via Internet in modo gratuito anche all'utenza privata:

- fornitura di file Rinex
- invio di correzioni in tempo reale via internet RTK e RTCM (DGPS)
- servizio **VRS in tempo reale**



# Reti telematiche

- ricezione del segnale per la correzione in tempo reale dalle stazioni permanenti, implementazione del servizio VRS e sua distribuzione tramite rete internet utilizzando il protocollo Ntrip



# Rete FredNet (Ogs)

Malborghetto (UD),  
Cortina D'Ampezzo (BL),  
Caneva (PN)  
Codroipo (UD),  
Tolmezzo (UD),  
Torreano di Cividale (UD),  
Medea (GO),  
Forgaria del Friuli (UD),  
Palazzolo dello Stella (UD)  
Sgonico (TS),  
Cussignacco, (UD)  
Noventa di Piave (VE)  
Cervignano (UD)

## Monitoraggio delle deformazioni crostali nel Friuli Venezia Giulia

### Obiettivo principale:

- rilevamento dei movimenti delle placche tettoniche nella zona di sutura del Friuli;
- questi movimenti possono dare indicazioni utili, a livello quantitativo, sulla **pericolosità sismica**

# Network RTK

- A partire dalla fine degli anni '90 è stata introdotta una tecnica alternativa al “single-base” RTK: l'approccio chiamato “network-RTK”
- Gli errori atmosferici correlati spazialmente e gli errori d'orbita dei satelliti possono essere meglio mitigati utilizzando molti ricevitori che operano contemporaneamente attorno al ricevitore Rover

- Queste tecniche hanno consentito di ottenere posizionamenti in tempo reale a livello centimetrico con distanze maggiori fra ricevitore Master e Rover (dell'ordine di 50-100 km) (Rizos and Han 2003).

# Virtual Reference Station (VRS)

L'utilizzatore manda le sue coordinate approssimate ad un server che utilizza i dati grezzi GNSS per generare e trasmettere un set di correzioni differenziali in formato RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services)

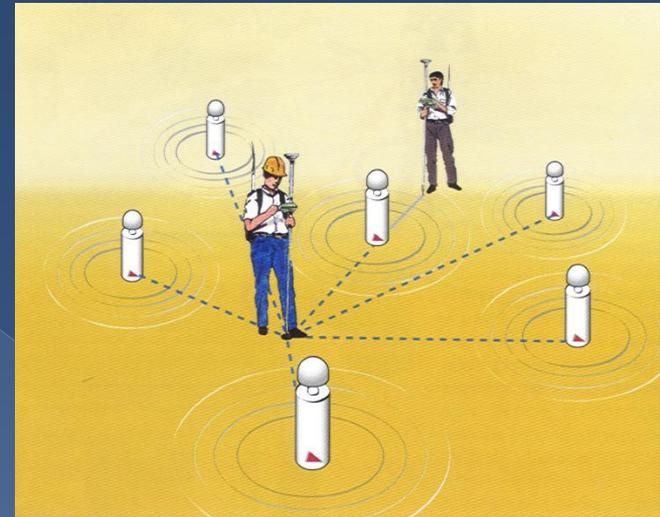
- Questa tecnica network-RTK, basata sulla trasmissione all'utente di messaggi RTCM, è anche nota come tecnica "Virtual Reference Station" (VRS).

# Metodologia VRS (Virtual Reference Station)

- La tecnica VRS è una **soluzione di rete che utilizza il dato ricevuto da tutte le** stazioni permanenti attive della rete per stimare e calcolare la correzione migliore da fornire all'utente sul campo, piuttosto che operare trasmettendo i dati provenienti dalla stazione permanente più vicina.
- Necessita:
- Strumentazione predisposta;
- Collegamenti Telematici tra ricevitori e centro di controllo **stabili, continui e con bassi tempi di latenza;**

# VRS

Un'elaborazione da parte del sw del centro di controllo, a partire dal segnale ricevuto dalle stazioni permanenti della rete, calcola una **stazione virtuale** in prossimità del ricevitore rover.



# Test RTK

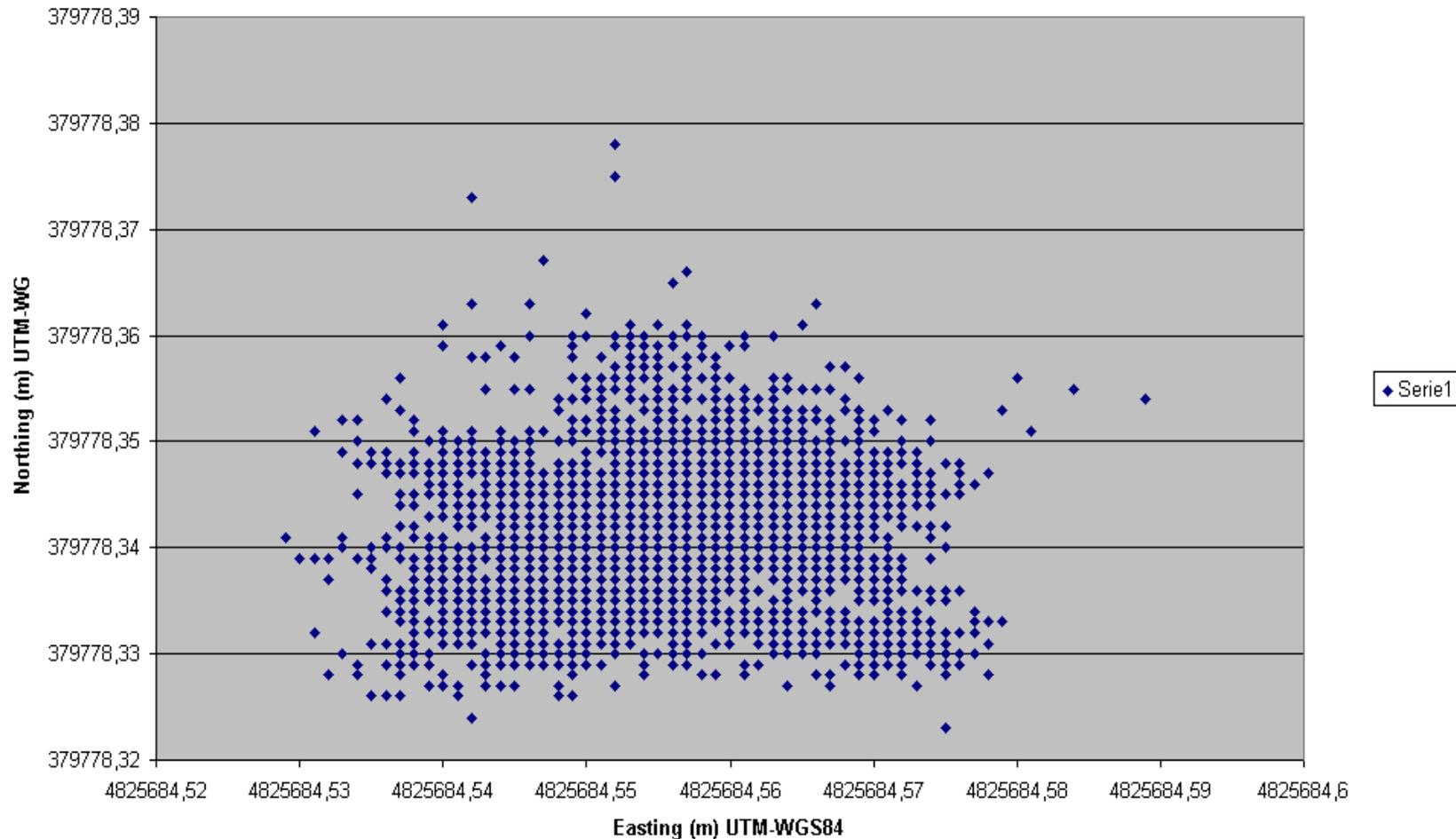
- Alcune ore di registrazione - antenna fissa elaborazione cinematica real-time (RTK).
- tutti i risultati sono stati ottenuti con le ambiguita' fissate al valore intero (FIX).
- E' stata utilizzata la modalita' VRS (la stazione più vicina era a circa 40 Km).

# Dati registrati in modalità RTK - VRS

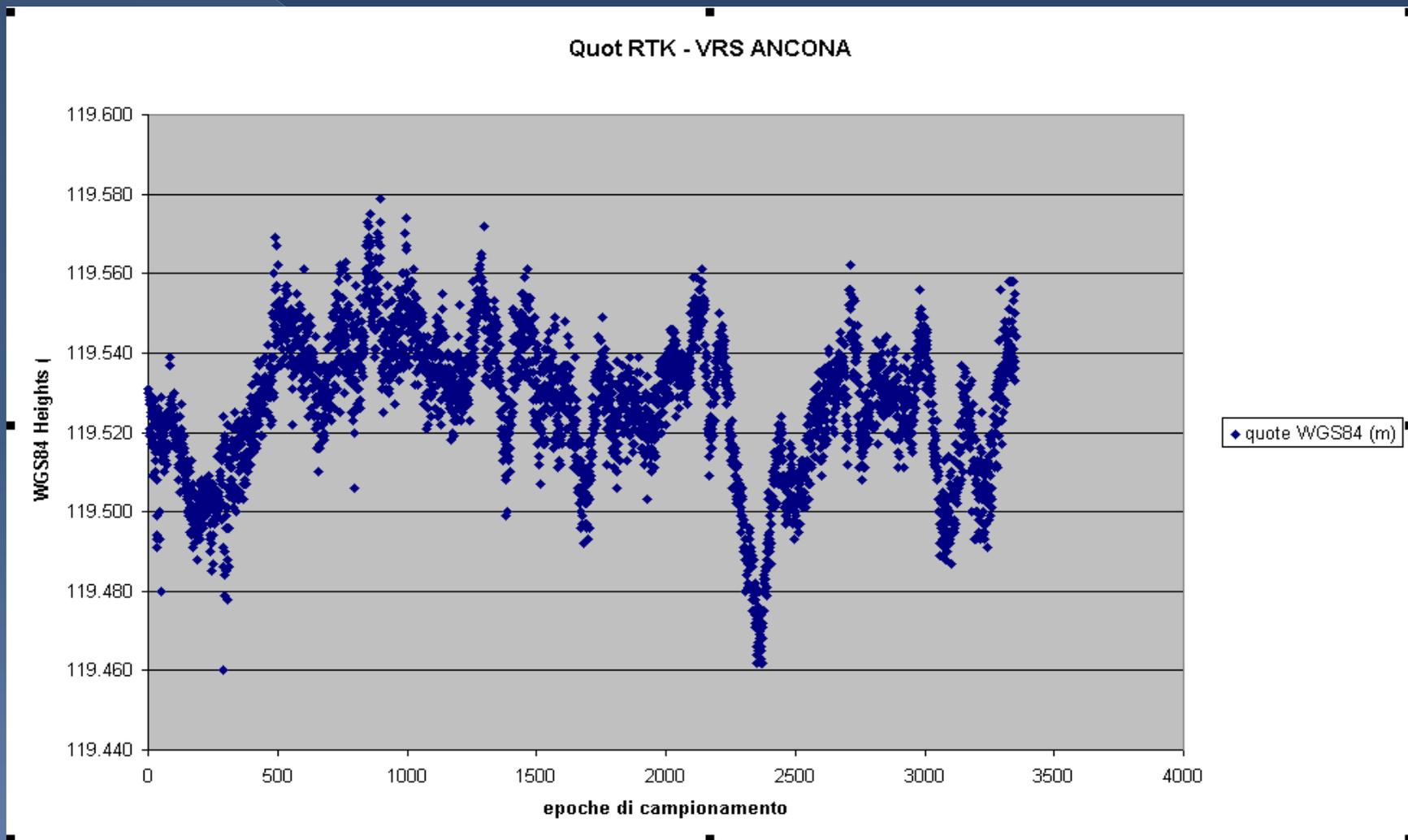
Latitudine	Longitudine	Quota	Soluzione	Nord	Est	Sqm Oriz.	Sqm Vert.	Pdop	Gdop	Punto	Data	ora	Sat GPS	Sat Glonass
43°34'27.95603"N	13°30'39.96838"E	119.531	PD Fixed	4825684,574	379778,339	0,014	0,016	1,652	2,004	100	06/10/09	8.12.30	8	4
43°34'27.95575"N	13°30'39.96885"E	119.530	PD Fixed	4825684,565	379778,349	0,014	0,016	1,651	2,003	101	06/10/09	8.12.35	8	4
43°34'27.95578"N	13°30'39.96889"E	119.521	PD Fixed	4825684,566	379778,35	0,013	0,015	1,651	2,003	102	06/10/09	8.12.40	8	4
43°34'27.95580"N	13°30'39.96861"E	119.527	PD Fixed	4825684,567	379778,344	0,014	0,016	1,65	2,002	103	06/10/09	8.12.45	8	4
43°34'27.95568"N	13°30'39.96895"E	119.519	PD Fixed	4825684,563	379778,352	0,012	0,015	1,65	2,001	104	06/10/09	8.12.50	8	4
43°34'27.95577"N	13°30'39.96886"E	119.520	PD Fixed	4825684,565	379778,35	0,012	0,014	1,649	2,001	105	06/10/09	8.12.55	8	4
43°34'27.95572"N	13°30'39.96875"E	119.529	PD Fixed	4825684,564	379778,347	0,012	0,015	1,649	2	106	06/10/09	8.13.00	8	4
43°34'27.95556"N	13°30'39.96870"E	119.528	PD Fixed	4825684,559	379778,346	0,012	0,015	1,649	1,999	107	06/10/09	8.13.05	8	4
43°34'27.95584"N	13°30'39.96860"E	119.524	PD Fixed	4825684,568	379778,344	0,012	0,015	1,648	1,999	108	06/10/09	8.13.10	8	4
43°34'27.95577"N	13°30'39.96902"E	119.525	PD Fixed	4825684,565	379778,353	0,012	0,015	1,648	1,998	109	06/10/09	8.13.15	8	4
43°34'27.95583"N	13°30'39.96878"E	119.525	PD Fixed	4825684,567	379778,348	0,014	0,016	1,647	1,997	110	06/10/09	8.13.20	8	4
43°34'27.95583"N	13°30'39.96919"E	119.517	PD Fixed	4825684,567	379778,357	0,013	0,015	1,647	1,997	111	06/10/09	8.13.25	8	4
43°34'27.95581"N	13°30'39.96881"E	119.519	PD Fixed	4825684,566	379778,349	0,013	0,016	1,646	1,996	112	06/10/09	8.13.30	8	4
43°34'27.95584"N	13°30'39.96869"E	119.529	PD Fixed	4825684,568	379778,346	0,013	0,015	1,646	1,996	113	06/10/09	8.13.35	8	4
43°34'27.95580"N	13°30'39.96896"E	119.517	PD Fixed	4825684,566	379778,352	0,013	0,015	1,645	1,995	114	06/10/09	8.13.40	8	4
43°34'27.95566"N	13°30'39.96889"E	119.524	PD Fixed	4825684,562	379778,35	0,012	0,015	1,645	1,994	115	06/10/09	8.13.45	8	4
43°34'27.95574"N	13°30'39.96876"E	119.525	PD Fixed	4825684,564	379778,347	0,013	0,016	1,644	1,994	116	06/10/09	8.13.50	8	4
43°34'27.95577"N	13°30'39.96895"E	119.509	PD Fixed	4825684,565	379778,352	0,013	0,015	1,644	1,993	117	06/10/09	8.13.55	8	4
43°34'27.95564"N	13°30'39.96892"E	119.522	PD Fixed	4825684,561	379778,351	0,012	0,015	1,643	1,992	118	06/10/09	8.14.00	8	4
43°34'27.95574"N	13°30'39.96891"E	119.526	PD Fixed	4825684,564	379778,351	0,012	0,015	1,643	1,992	119	06/10/09	8.14.05	8	4
43°34'27.95580"N	13°30'39.96885"E	119.522	PD Fixed	4825684,566	379778,349	0,012	0,015	1,642	1,991	120	06/10/09	8.14.10	8	4
43°34'27.95577"N	13°30'39.96901"E	119.519	PD Fixed	4825684,565	379778,353	0,013	0,015	1,642	1,99	121	06/10/09	8.14.15	8	4
43°34'27.95578"N	13°30'39.96911"E	119.516	PD Fixed	4825684,565	379778,355	0,012	0,015	1,641	1,99	122	06/10/09	8.14.20	8	4
43°34'27.95564"N	13°30'39.96890"E	119.524	PD Fixed	4825684,561	379778,35	0,013	0,015	1,641	1,989	123	06/10/09	8.14.25	8	4
43°34'27.95574"N	13°30'39.96881"E	119.519	PD Fixed	4825684,564	379778,349	0,014	0,016	1,64	1,989	124	06/10/09	8.14.30	8	4
43°34'27.95574"N	13°30'39.96909"E	119.515	PD Fixed	4825684,564	379778,355	0,013	0,015	1,64	1,988	125	06/10/09	8.14.35	8	4
43°34'27.95594"N	13°30'39.96881"E	119.510	PD Fixed	4825684,571	379778,349	0,015	0,017	1,639	1,987	126	06/10/09	8.14.40	8	4
43°34'27.95574"N	13°30'39.96897"E	119.513	PD Fixed	4825684,564	379778,352	0,014	0,017	1,639	1,987	127	06/10/09	8.14.45	8	4

# RTK – VRS Tests

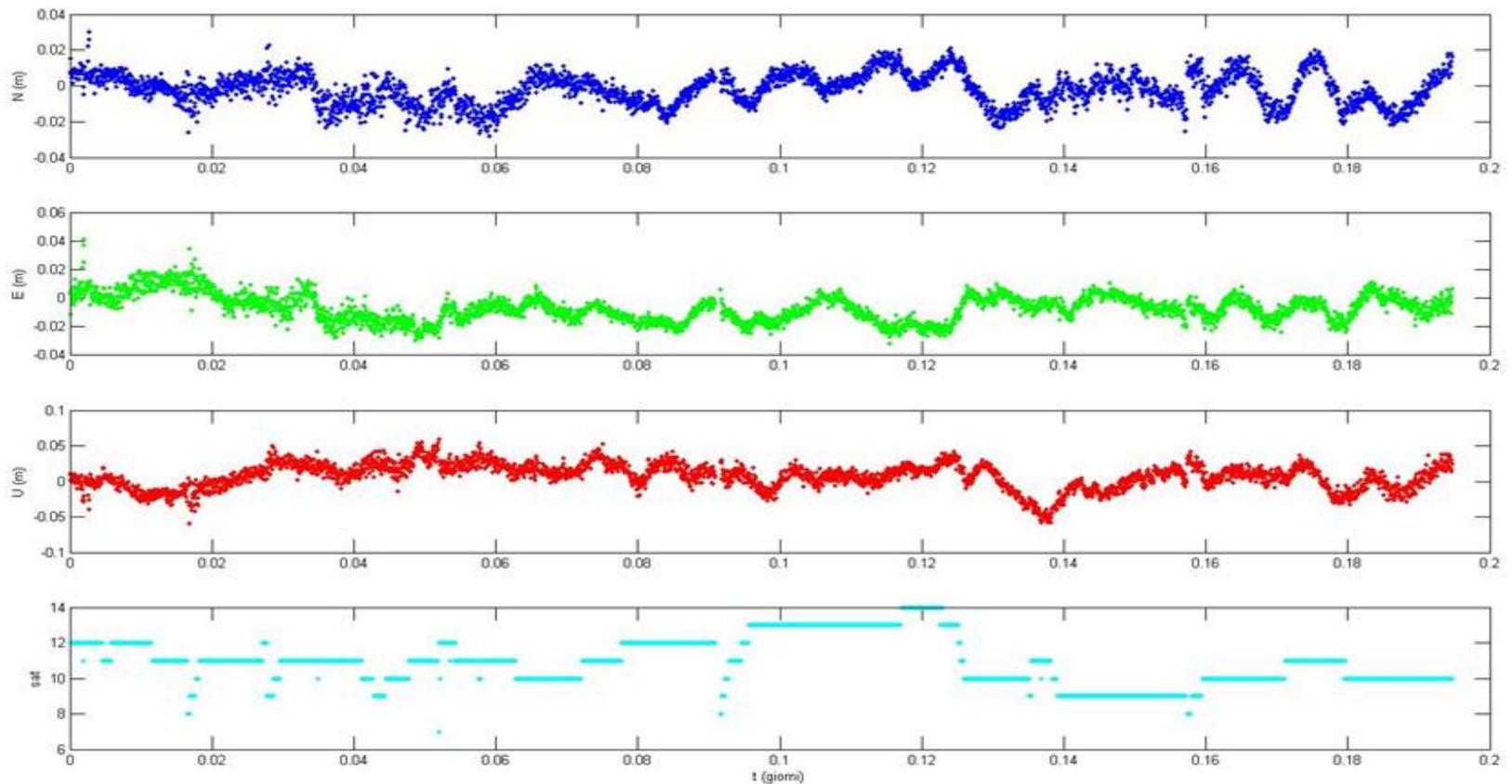
RTK - VRS ANCONA dati planimetrici



# Quote RTK

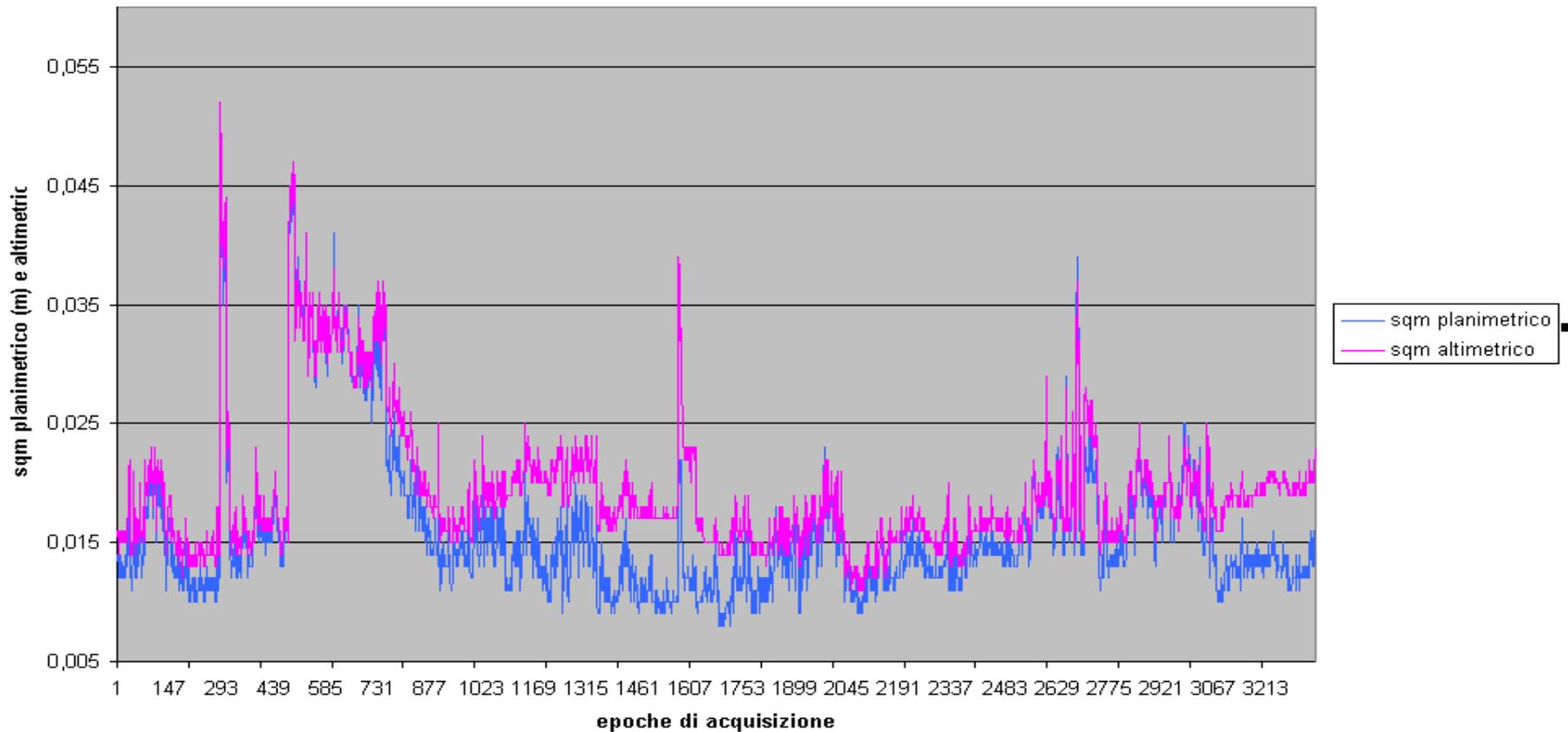


# Componenti Nord, Est, Quota e numero di satelliti

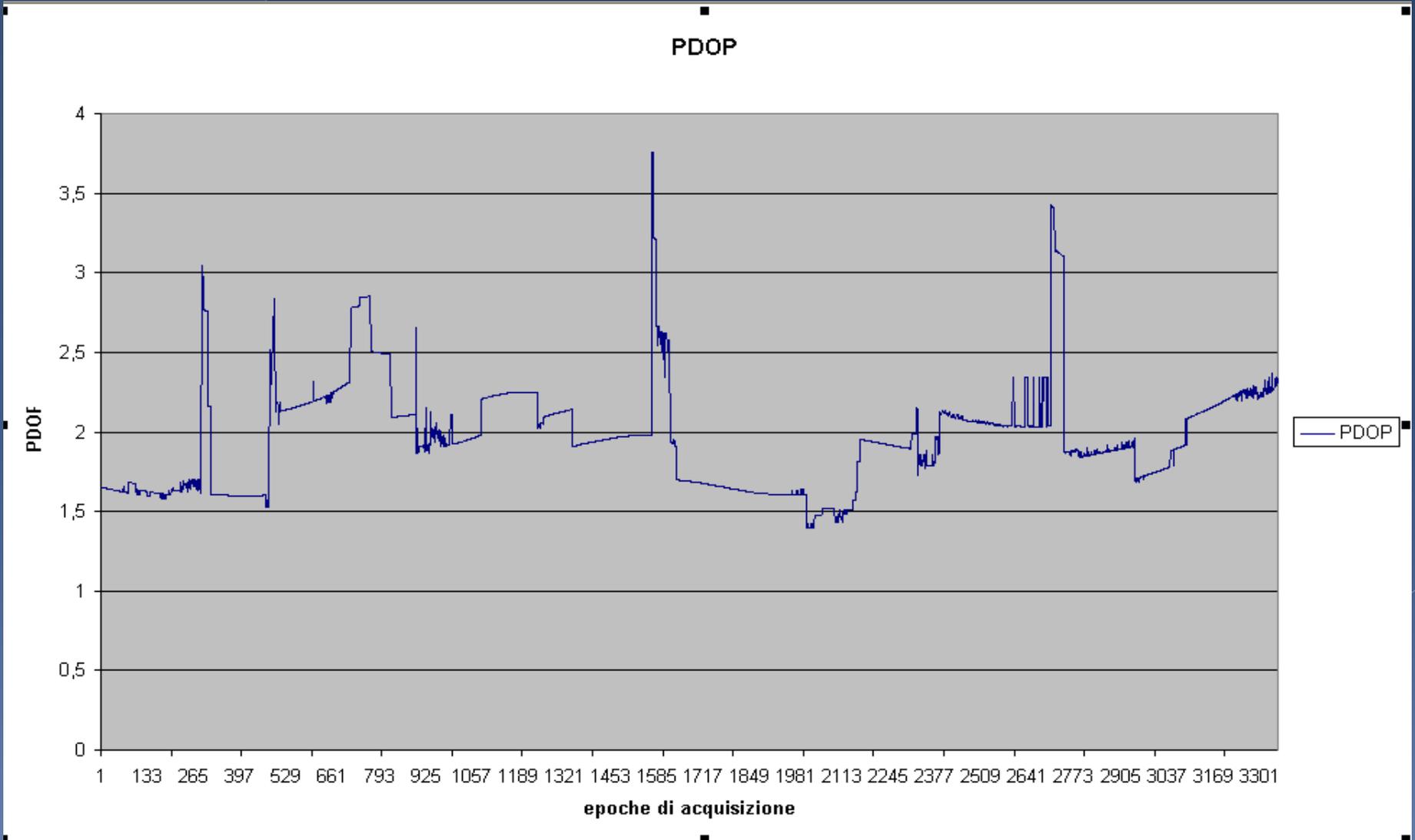


# SQM PLANIMETRICI ED ALTIMETRICI

sqm planimetrici ed altimetrici



# PDOP



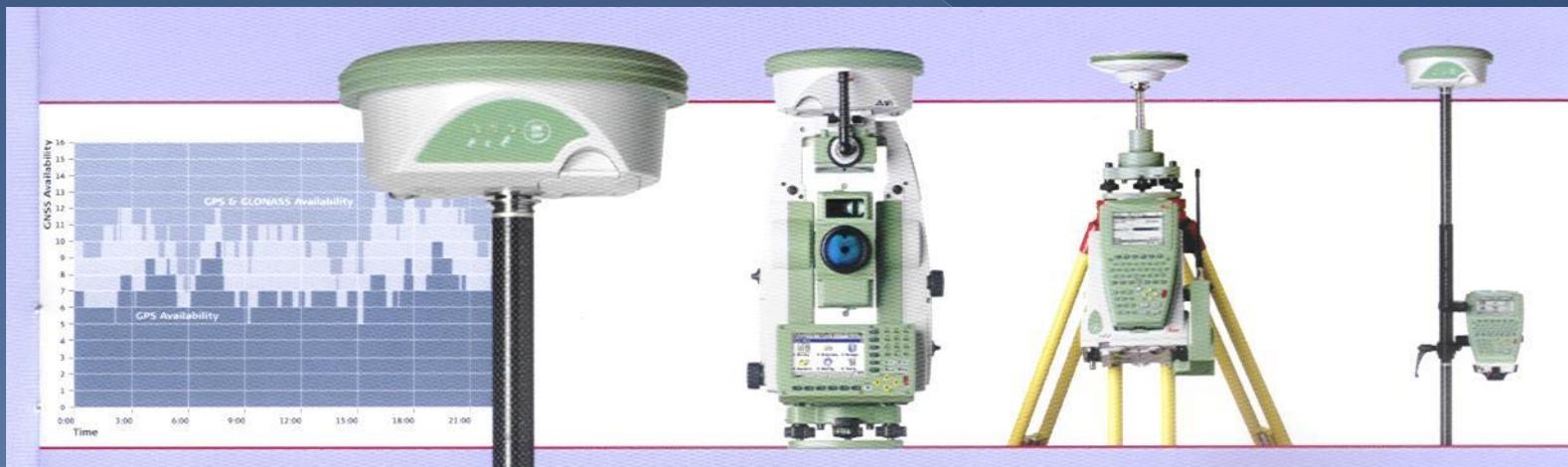
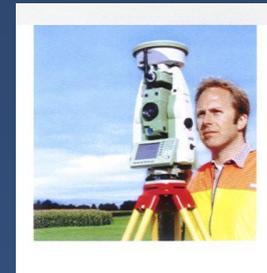
# Strumentazione di rilievo satellitare

- GPS
- GPS + GLONASS
- GPS + WAAS/EGNOS
- GPS + GLONASS + GALILEO



# Strumentazione integrata

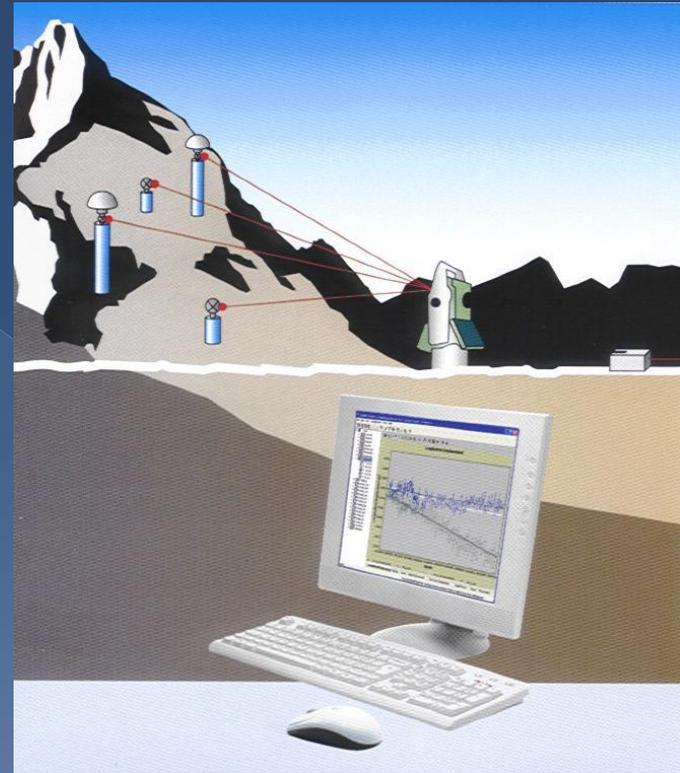
Total Station + GPS



# Monitoraggio continuo



- Monitoraggio continuo
- Elaborazione dei dati presso una stazione remota



# Monitoraggio

Controllo di deformazioni



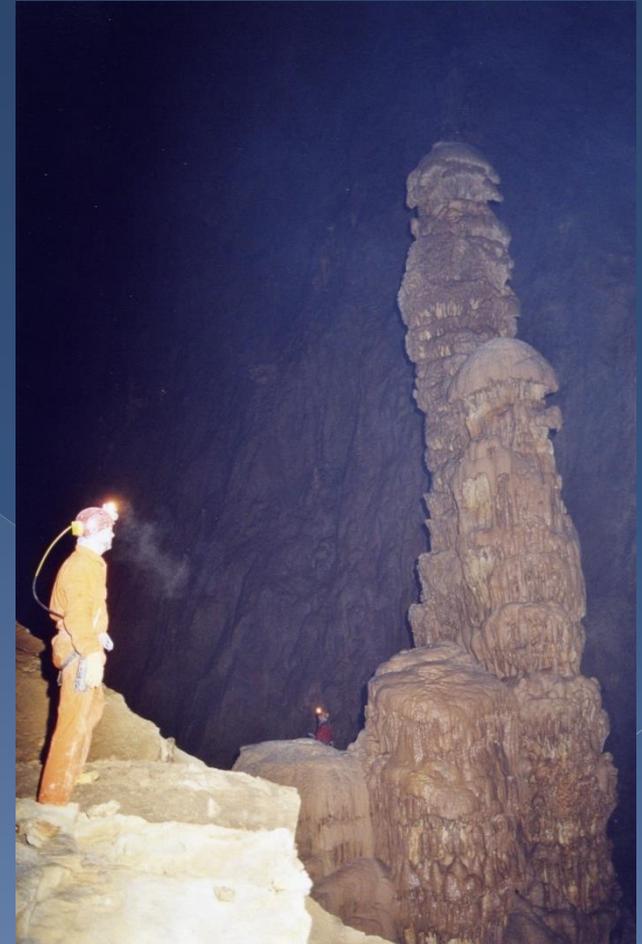
Monitoraggio  
di strutture



# Applicazioni integrate

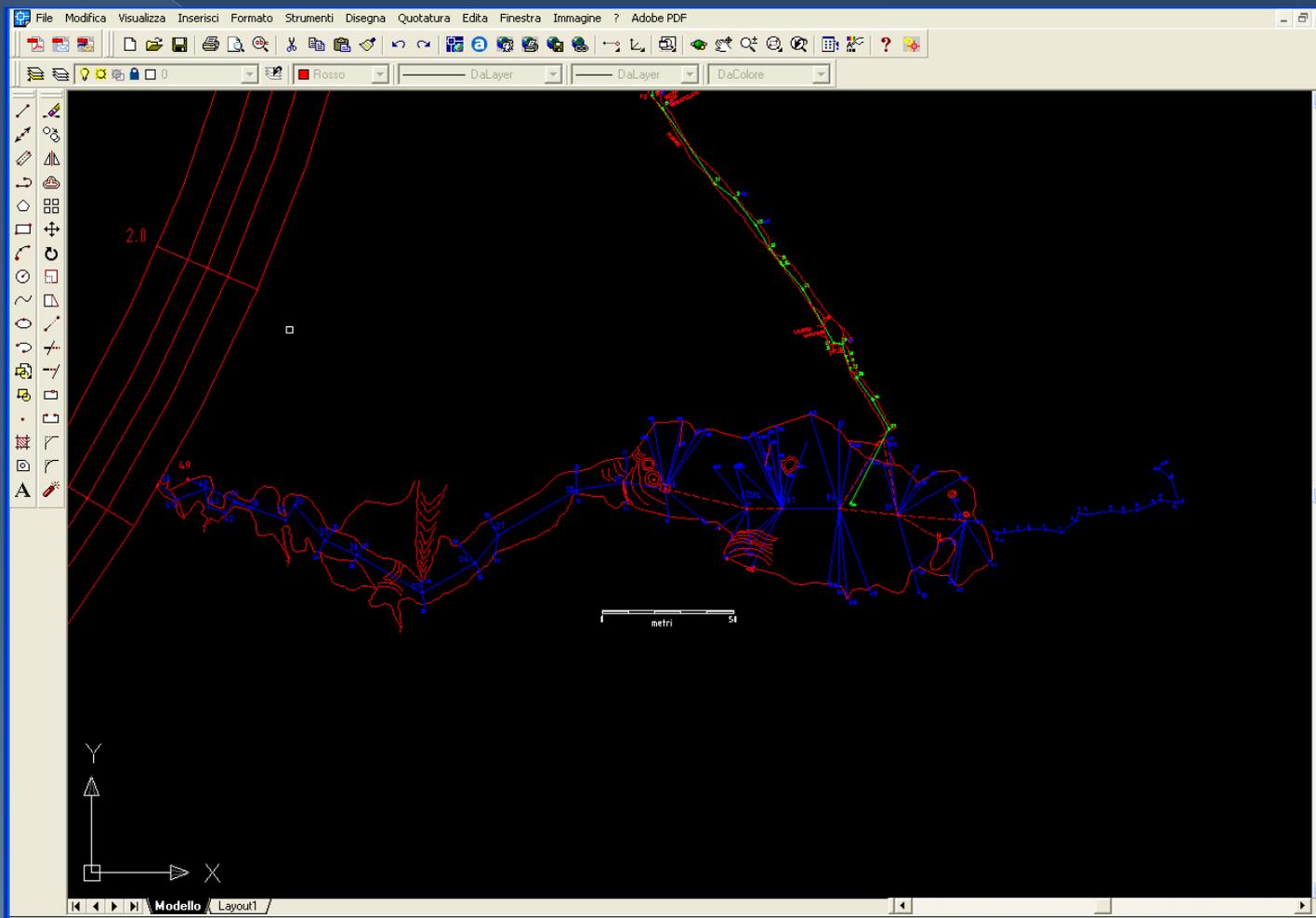
Indagini sulla nuova Grotta Carsica:  
la “Grotta Impossibile”

Stage di formazione e ricerca  
in collaborazione fra i Dipartimenti  
di Ingegneria Civile e Ambientale  
e di Scienze della Terra



# Grotta Impossibile

## Rilievo plano altimetrico



# Rilievi



Rilievi gravimetrici  
Gravimetro Lacoste & Romberg

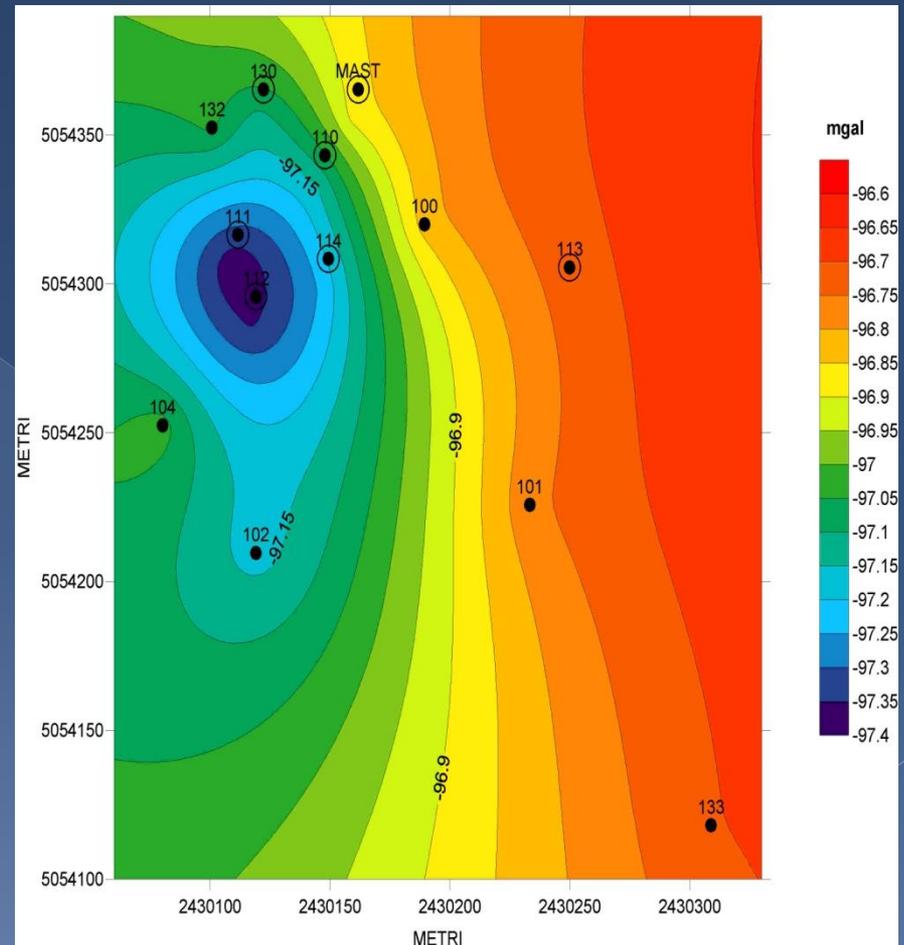
Rilievi GPS interferenziali  
statici e Stop&Go



# Rilievi GPS e Gravimetrici

I rilievi GPS e di Gravità eseguiti in superficie identificano la volumetria della cavità

Anomalia gravitazionale di Bouguer (Prof. Carla Braitenberg)



# Rilievo di ghiacciai

Rilievi GPS in  
accoppiamento  
con rilievi  
geofisici

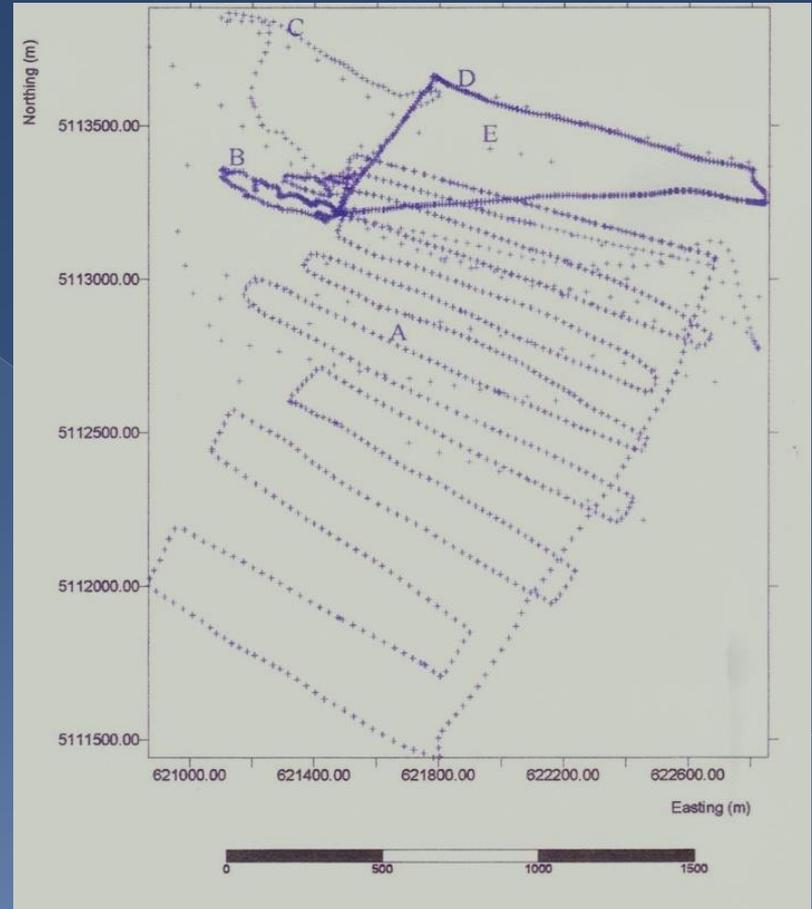
- Gravimetria
- Georadar
- Sismica

Bilancio di  
massa del  
ghiacciaio



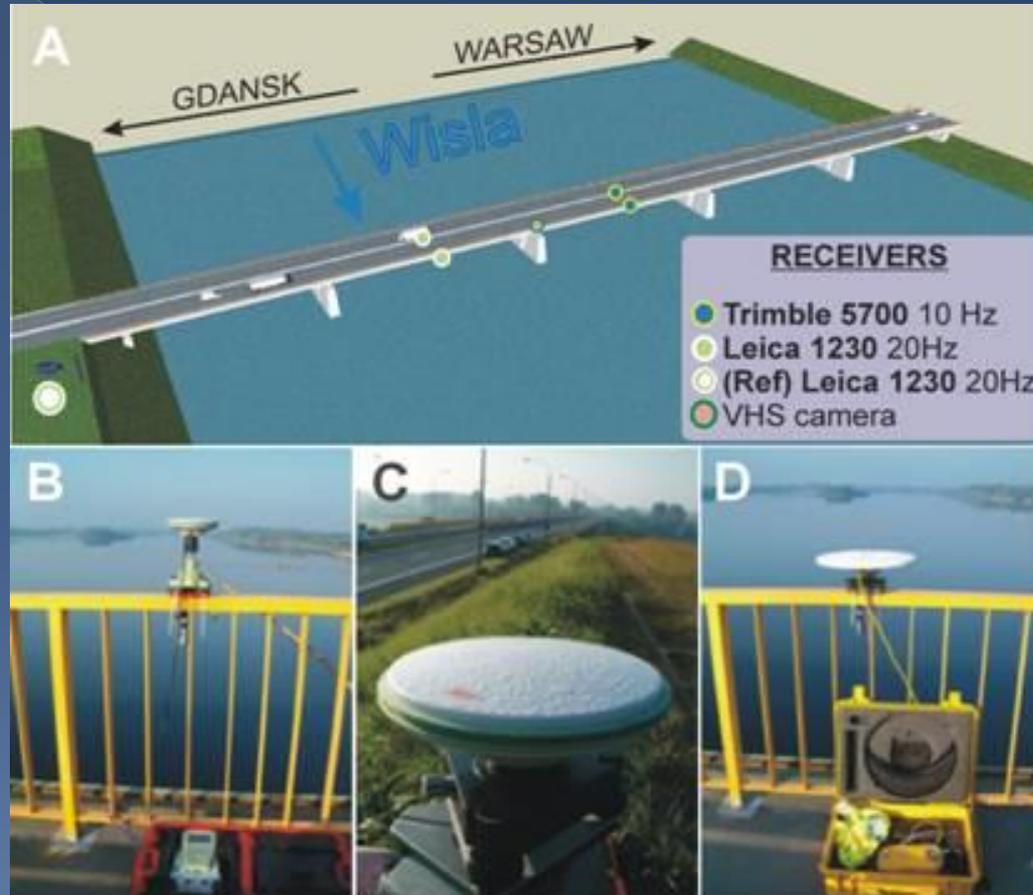
# Rilievi cinematici

- A rilievo **cinematico continuo** con motoslitta
- B rilievo cinematico **Stop & Go** delle rocce affioranti
- C rilievo cinematico
- D rilievo **Stop & Go** del limite settentrionale del ghiacciaio
- E rilievo **Fast Static** in corrispondenza a punti gravimetrici





# Monitoraggio di strutture - ponti



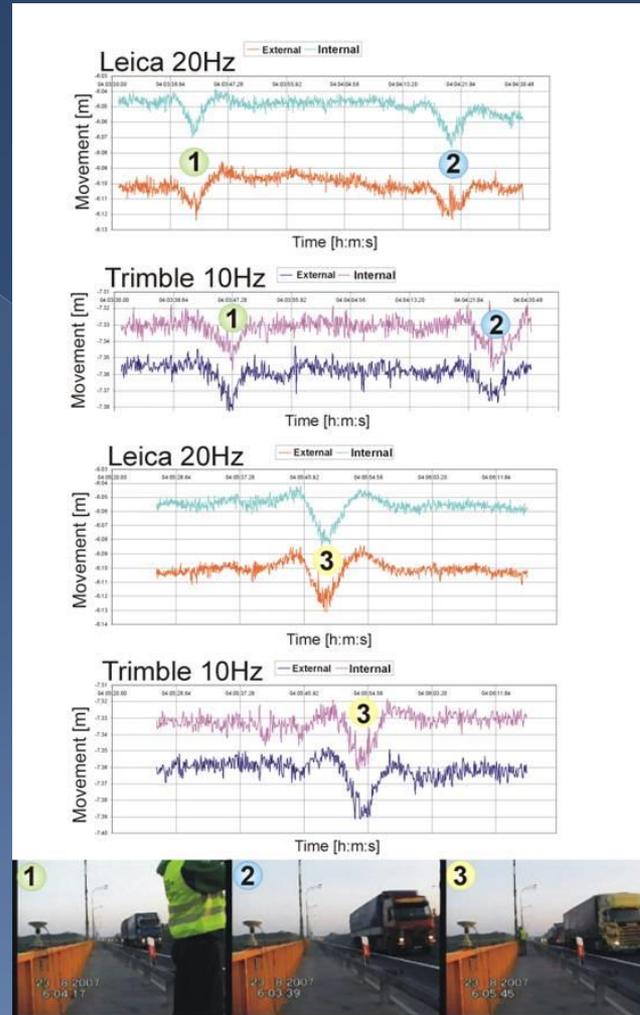
M. Figurski et al.

# Monitoraggio di strutture - ponti

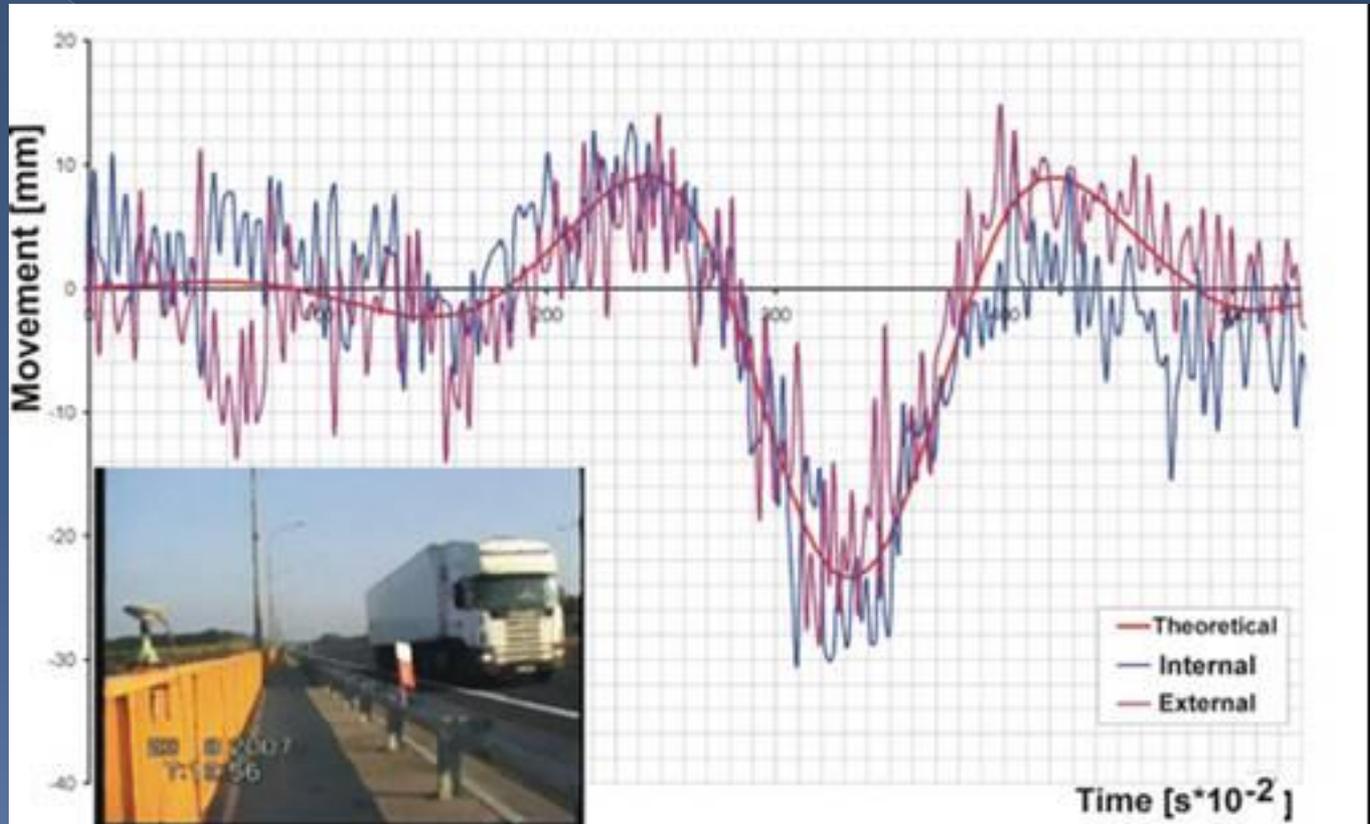
Campionamenti  
a frequenze  
elevate

10 Hz

20 Hz

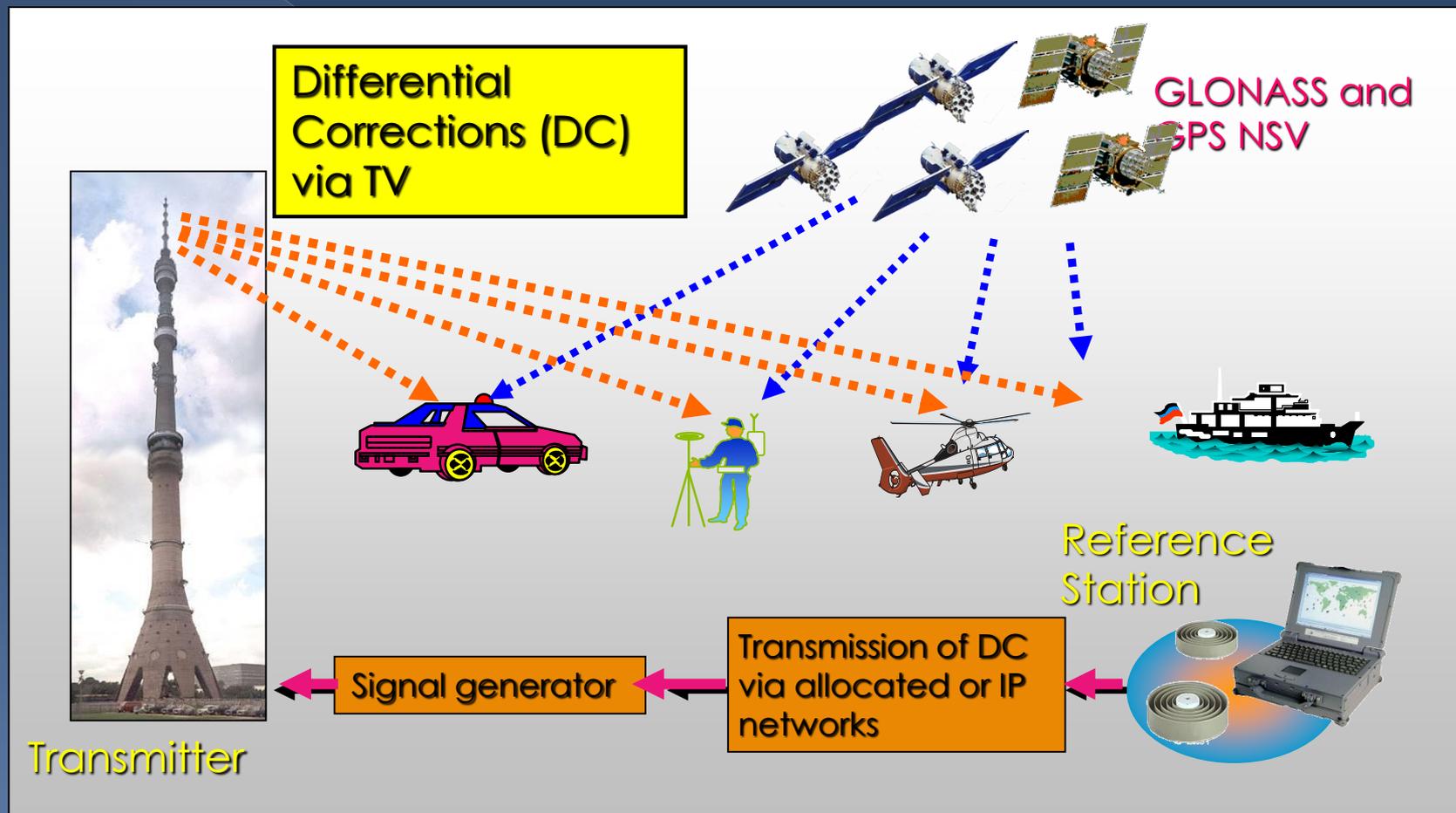


# Monitoraggio di strutture - ponti



M. Figurski et al.

# GLONASS (GLObal NAVigation Satellite System)



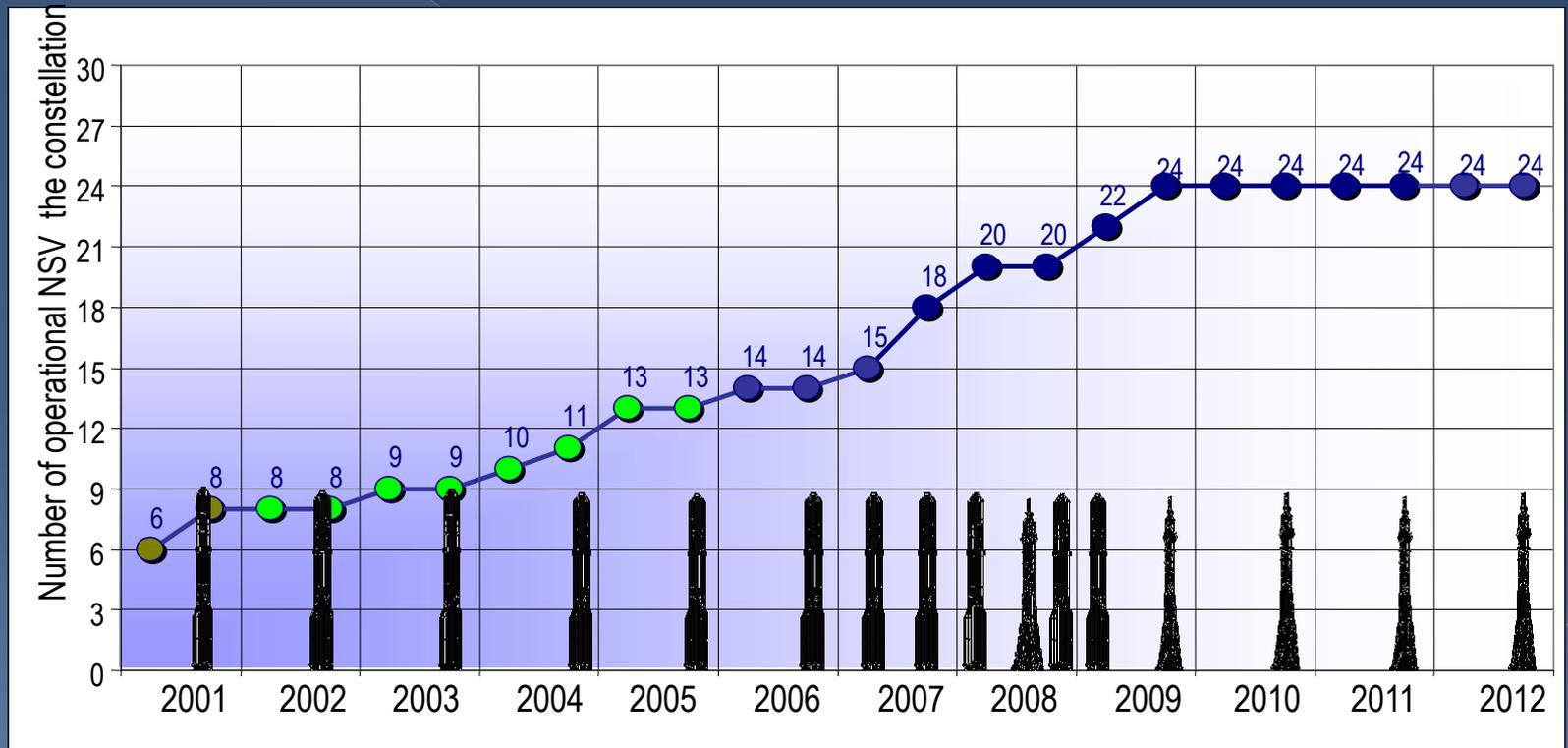
# GLONASS

- $L1 = 1602 \text{ MHz} + (n \times 0.5625) \text{ MHz}$   
n = the frequency channel number (n = 0, 1, 2 ...)
- Ciascun satellite GLONASS trasmette un segnale ad una propria frequenza, separata da multipli di 0.5625 MHz dalla frequenza degli altri satelliti

# Confronto GPS GLONASS

PARAMETRI		GLONASS	GPS
Number of Satellites		24	24
Number of Orbital Planes		3	6
Orbital Inclination (angle with the Equator)		64,8°	55°
Orbital Altitude		19130 Km	20192 Km
Revolution Period		11h 15m 40s	11h 58m 00s
Time Reference		UTC (Russia)	UTC (U.S. Naval Observatory)
Signal		FDMA	CDMA
Carrier Frequencies	L <sub>1</sub>	1602.0 - 1614.94 MHz	1575.42 MHz
	L <sub>2</sub>	(7 / 9) * L <sub>1</sub>	1227.6 MHz (60 / 77 * L <sub>1</sub> )
Code Length	C/A	511	1023
	P	5110000	2.35·10 <sup>14</sup>
Code Rate	C/A	0.511 Mbit/s	1.023 Mbit/s
	P	5.11 Mbit/s	10.23 Mbit/s
Navigation Data	Data Rate	50 bit/s	50 bit/s
	Modulation	BPSK Manchester	BPSK NRZ
	Subframe Length	30 sec	6 sec
	Total Length (25 Pages)	2 min 30 sec	12 min 30 sec (25*5 Subfr.)

# Satelliti operativi - planning



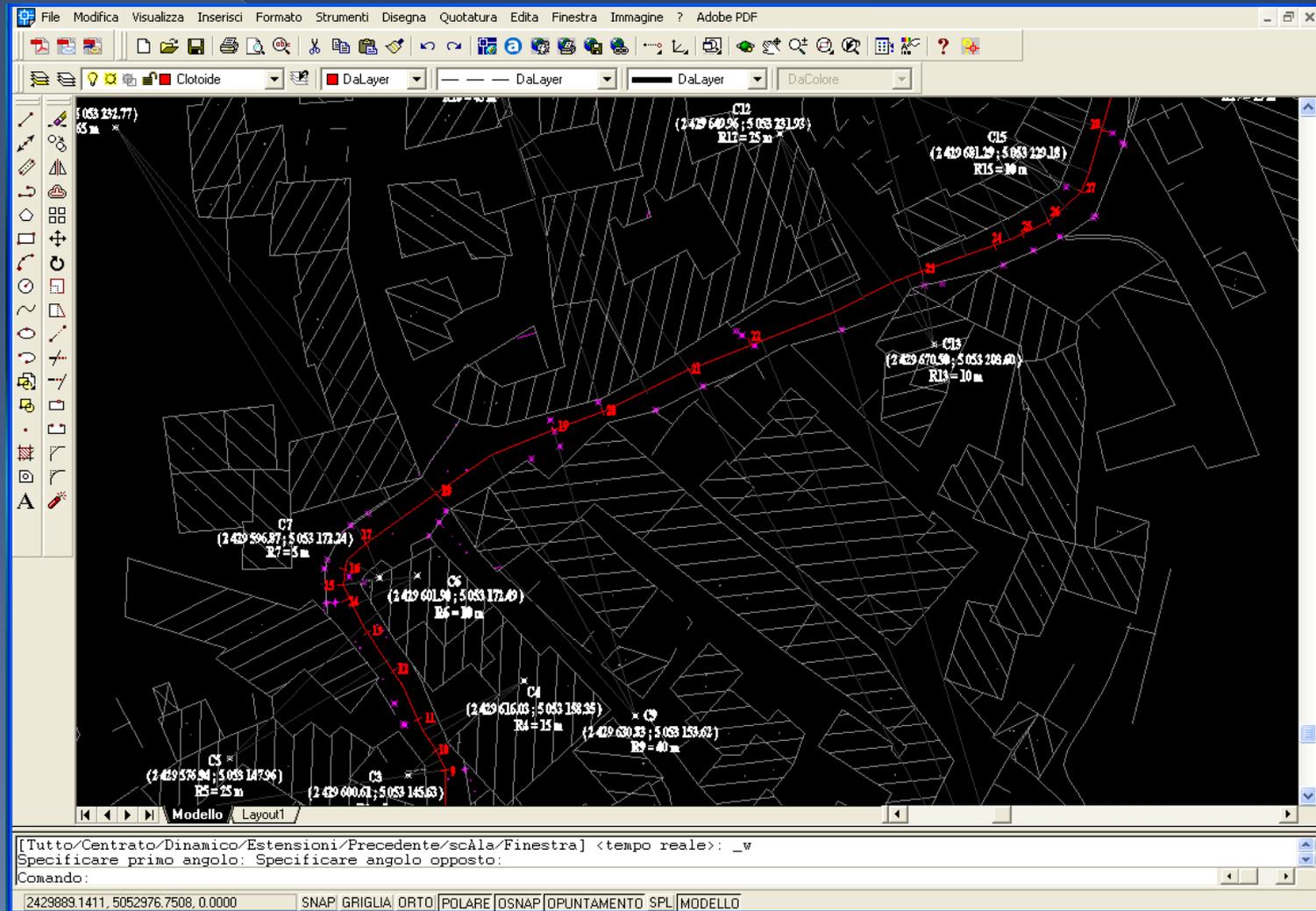
# Strumentazione GPS + GLONASS

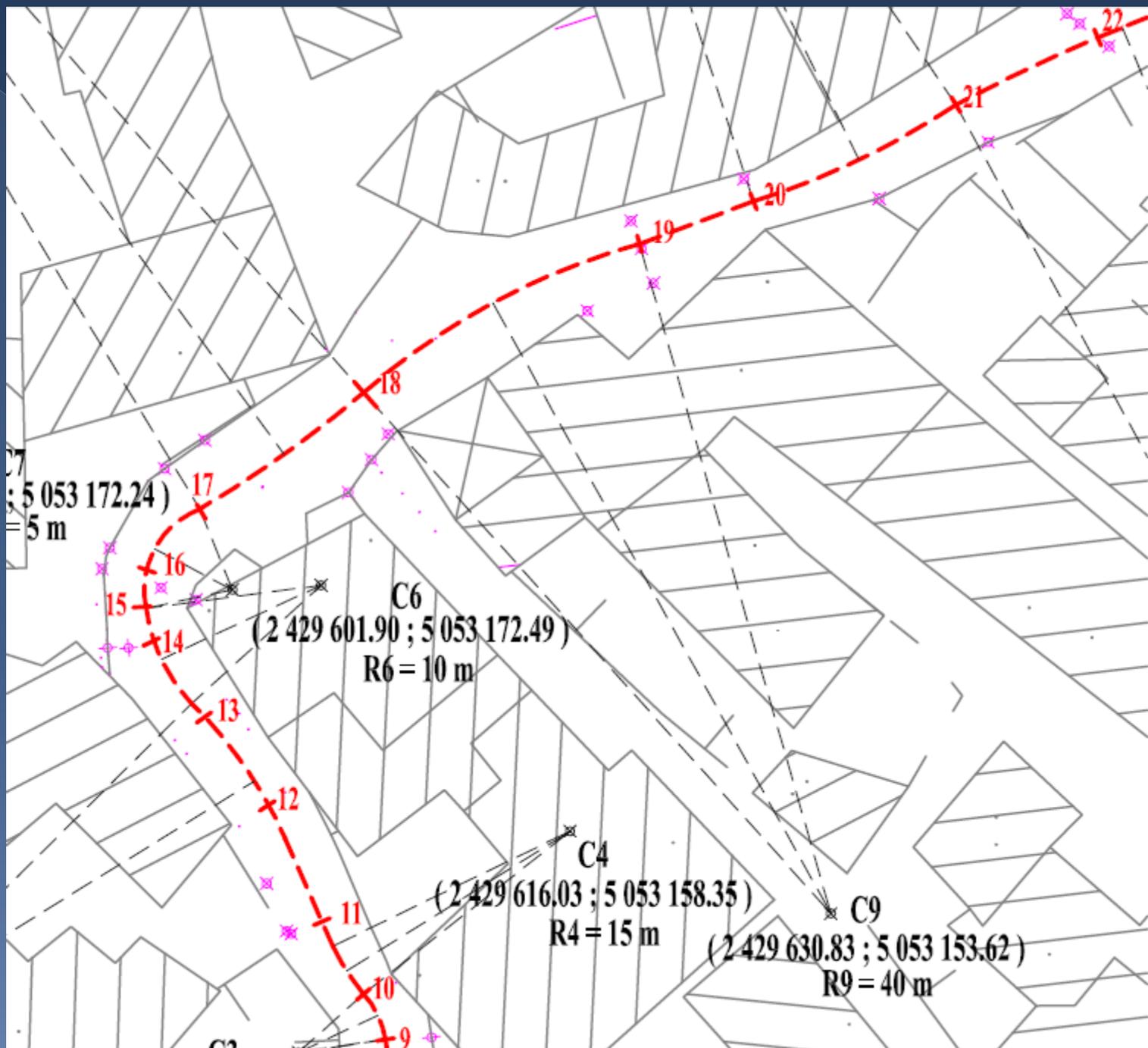


ROVER

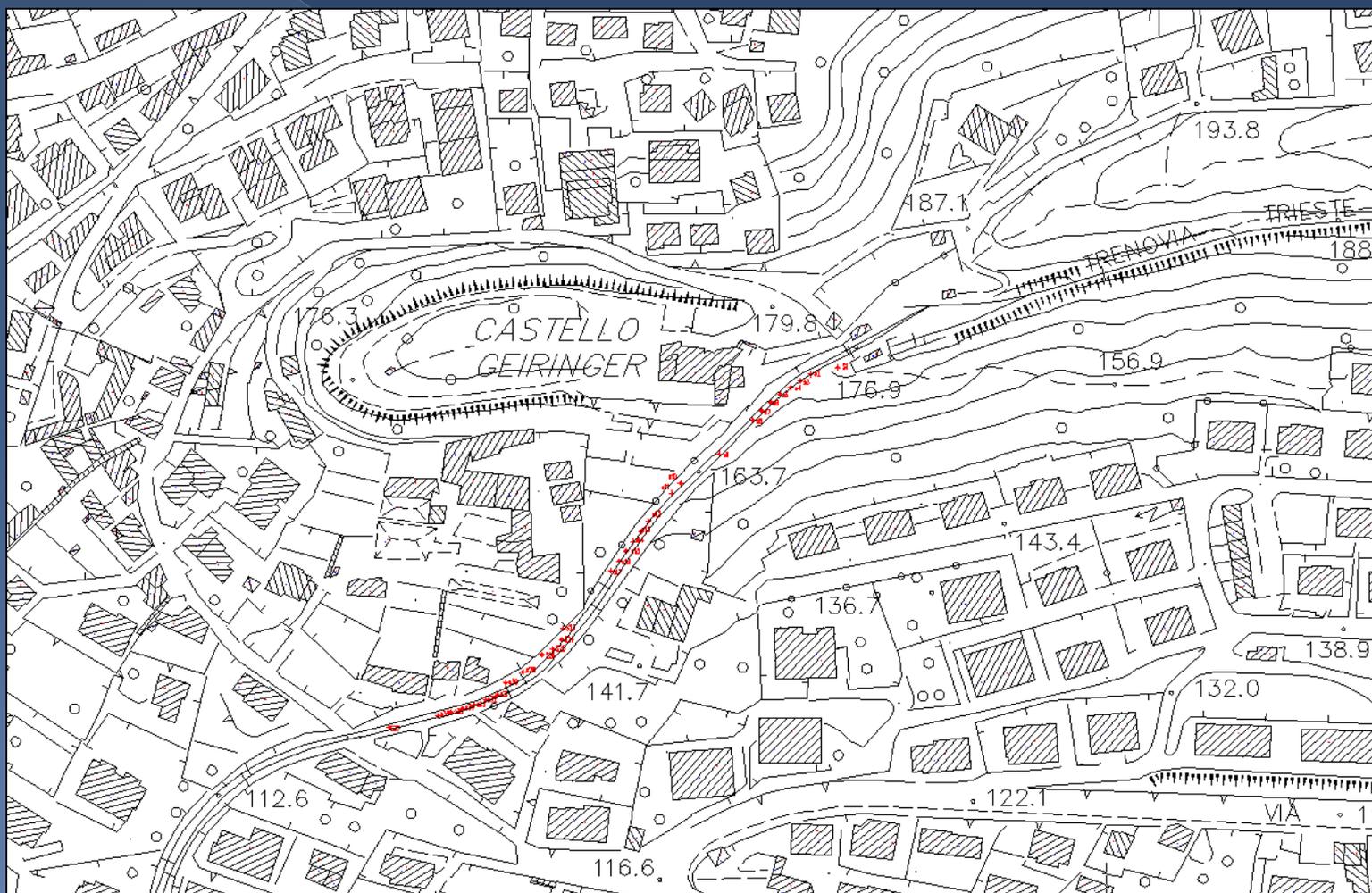
MASTER

# GPS + GLONASS - Applicazioni al rilievo di infrastrutture stradali





# Rilievi scartamento Trenovia di Opicina, Trieste



# Dettaglio – rilievo Stop & Go



# Coordinate punti rilevati

Punto GPS	Lat. WGS84	Lon. WGS84	h ellis. (m)	Lat. ROMA40	Lon. ROMA40	H geoid. (m)	Est (GB) (m)	Nord (GB) (m)
TRAM0001	45°39'45.5587"	13°46'50.0888"	220.986	45°39'43.2245"	1°19'42.2196"	175.909	2425011.448	5057313.283
TRAM0002	45°39'45.4636"	13°46'49.6006"	219.580	45°39'43.1294"	1°19'41.7315"	174.504	2425000.841	5057310.509
TRAM0003	45°39'45.3774"	13°46'49.4086"	219.000	45°39'43.0432"	1°19'41.5395"	173.924	2424996.645	5057307.912
TRAM0004	45°39'45.2842"	13°46'49.2187"	218.295	45°39'42.9500"	1°19'41.3496"	173.220	2424992.492	5057305.098
TRAM0005	45°39'45.1878"	13°46'49.0360"	217.644	45°39'42.8536"	1°19'41.1670"	172.569	2424988.495	5057302.183
TRAM0006	45°39'45.0841"	13°46'48.8604"	216.900	45°39'42.7499"	1°19'40.9914"	171.825	2424984.646	5057299.041
TRAM0007	45°39'44.9709"	13°46'48.6914"	216.023	45°39'42.6367"	1°19'40.8224"	170.948	2424980.936	5057295.603
TRAM0008	45°39'44.8463"	13°46'48.5325"	214.608	45°39'42.5121"	1°19'40.6635"	169.534	2424977.439	5057291.810
TRAM0009	45°39'44.3919"	13°46'47.9141"	210.868	45°39'42.0577"	1°19'40.0452"	165.794	2424963.845	5057277.990
TRAM0010	45°39'43.9952"	13°46'47.2051"	206.171	45°39'41.6611"	1°19'39.3362"	161.098	2424948.315	5057265.984
TRAM0011	45°39'43.8655"	13°46'47.0528"	204.839	45°39'41.5313"	1°19'39.1839"	159.767	2424944.958	5057262.028
TRAM0012	45°39'43.4875"	13°46'46.6246"	201.070	45°39'41.1534"	1°19'38.7557"	155.998	2424935.514	5057250.506
TRAM0013	45°39'43.3517"	13°46'46.4868"	199.736	45°39'41.0175"	1°19'38.6180"	154.665	2424932.470	5057246.358
TRAM0014	45°39'43.2187"	13°46'46.3525"	198.484	45°39'40.8845"	1°19'38.4836"	153.413	2424929.499	5057242.297

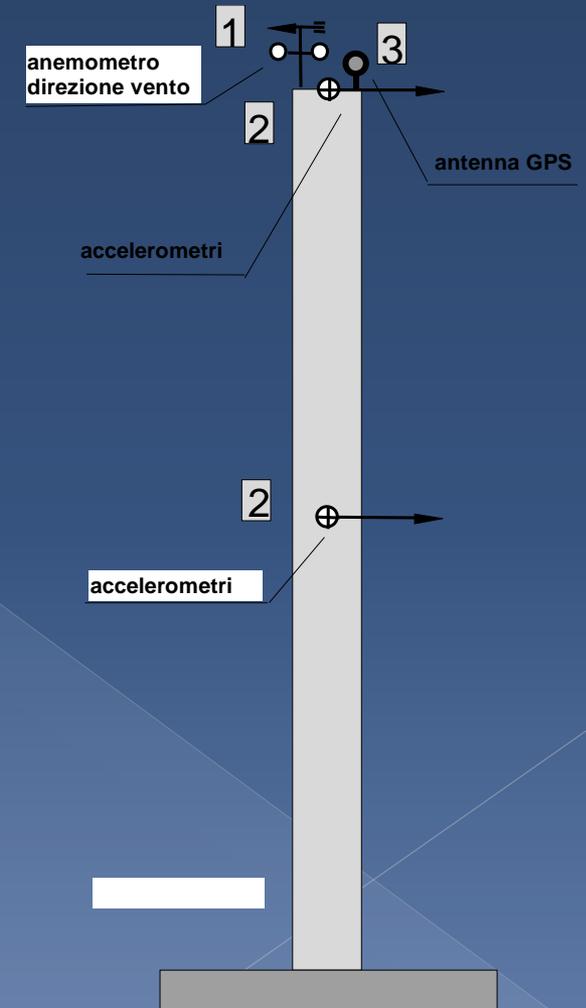
# Monitoraggio ciminiera inceneritore di Trieste



- $H = 100 \text{ m}$
- $D = 6.3 \text{ m}$
- $f_n = 0.375 \text{ Hz}$
- $V_{w \text{ crit}} = 11.6 \text{ m/s}$   
( $St=0.2$ )

# Strumentazione utilizzata

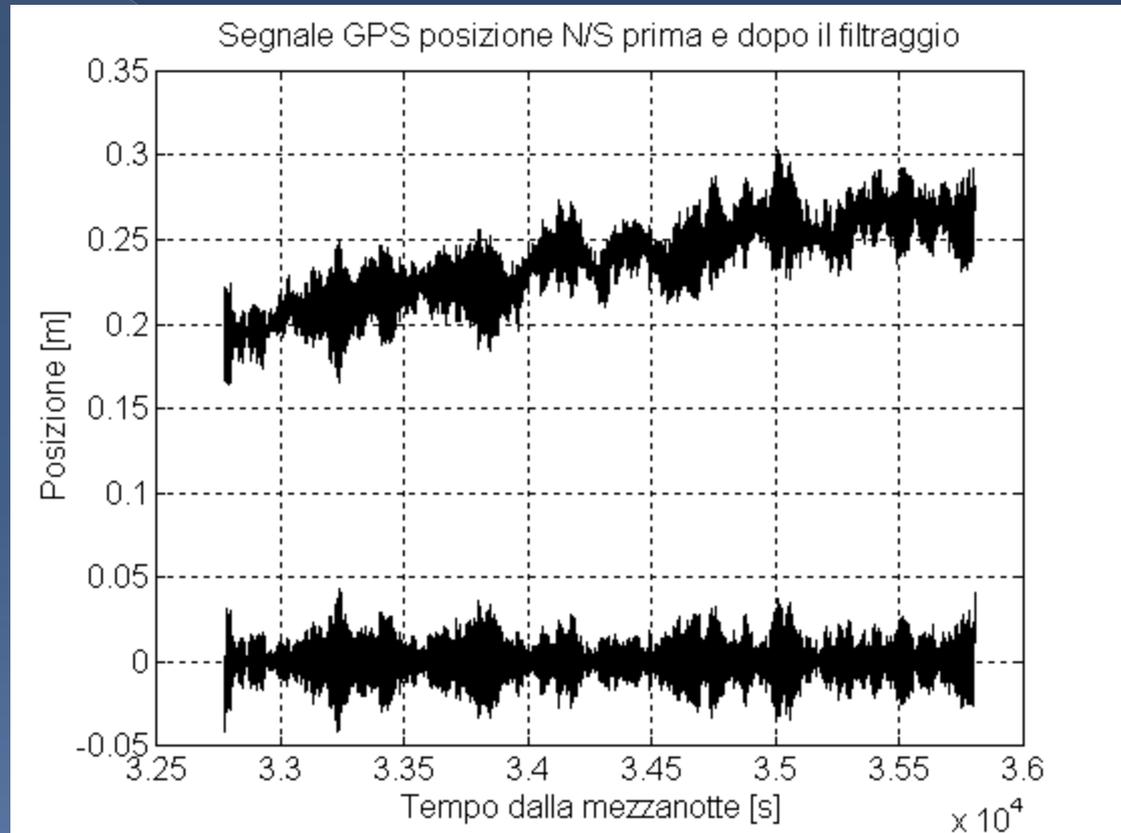
- Sistema dati vento e accelerazione:  
Accelerometri : PCB 393B12  
Anem./direz.vento : Young 05103
- Sistema dati posizione GPS  
Ricevitori : Trimble SSE  
Antenna: Trimble Dome  
Cavo di antenna: L=110 m con amplificatore



# Strumentazione utilizzata

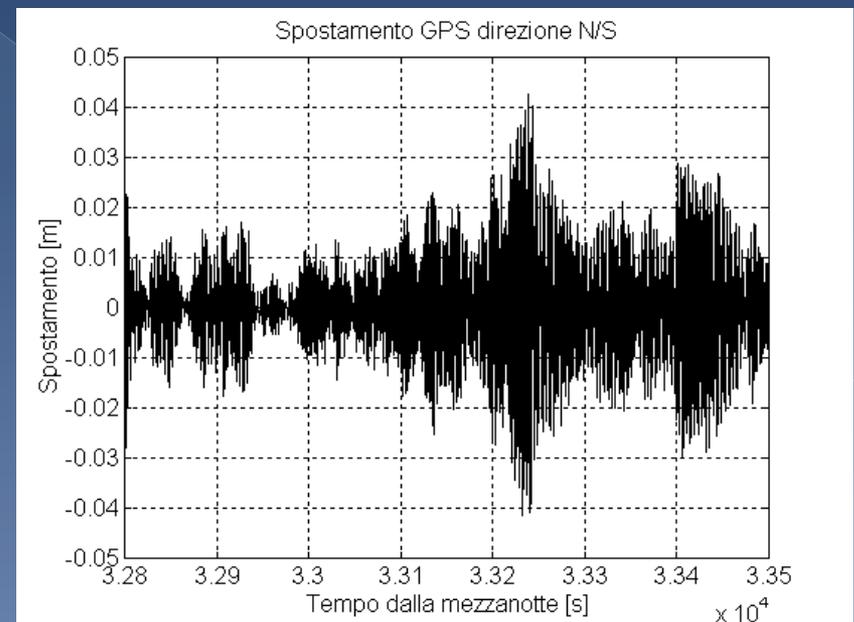
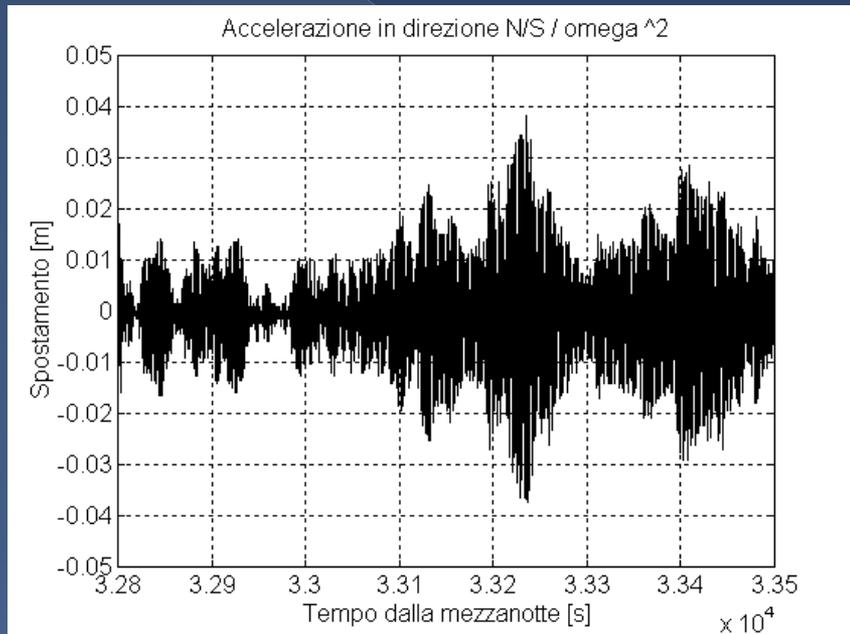


# Elaborazione dei segnali di posizione GPS

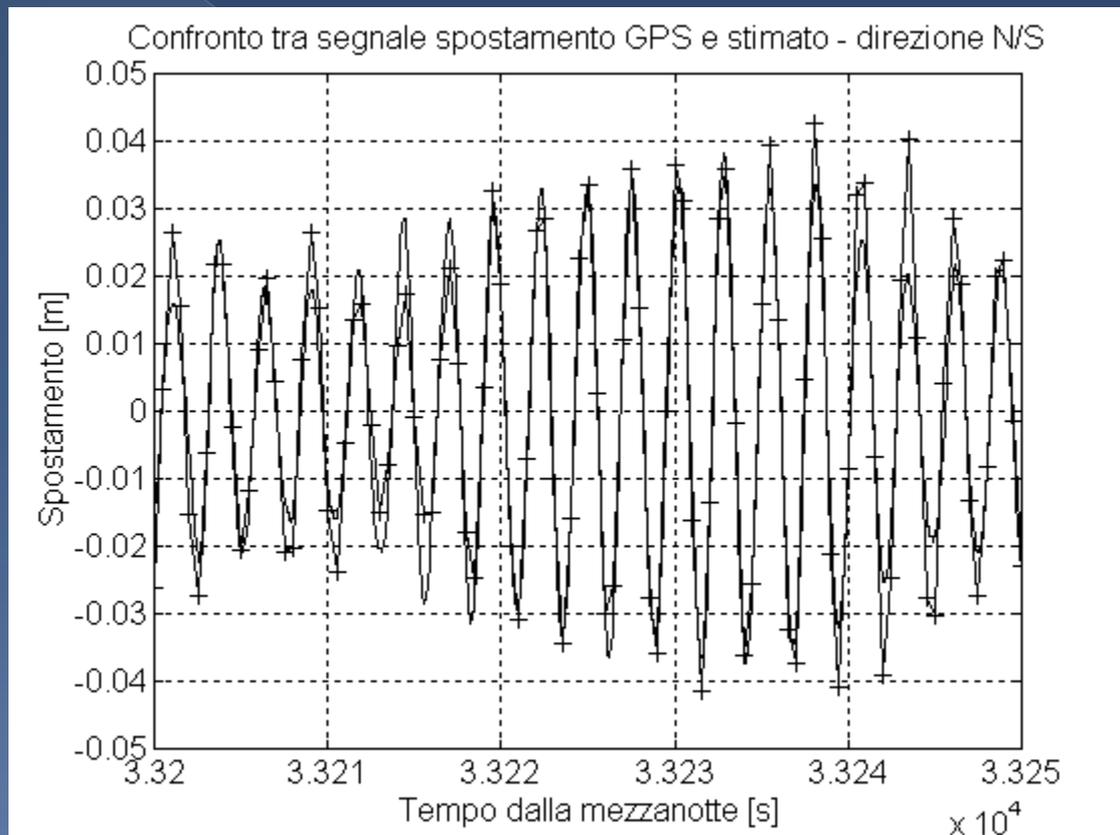


filtro numerico con banda passante 0.15 - 3.00 Hz

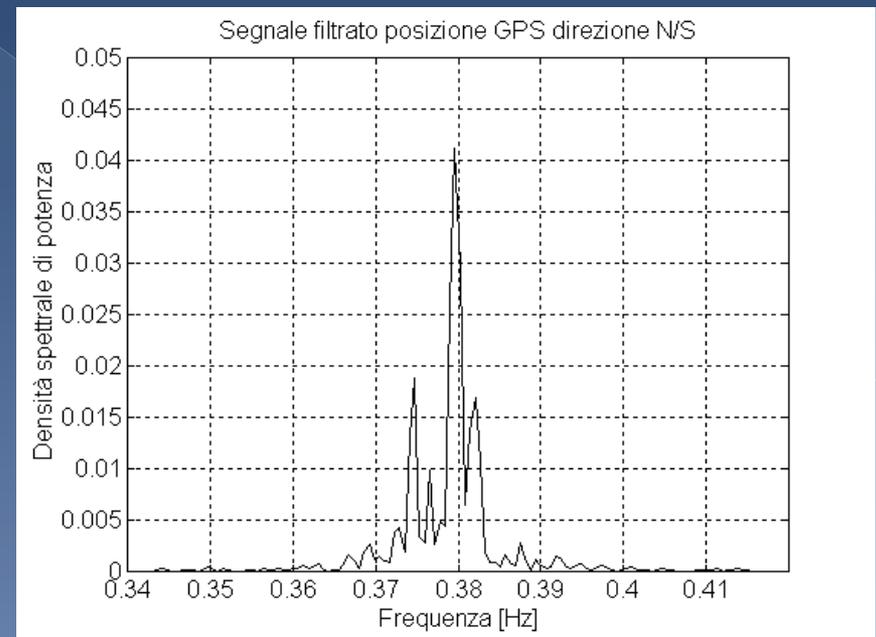
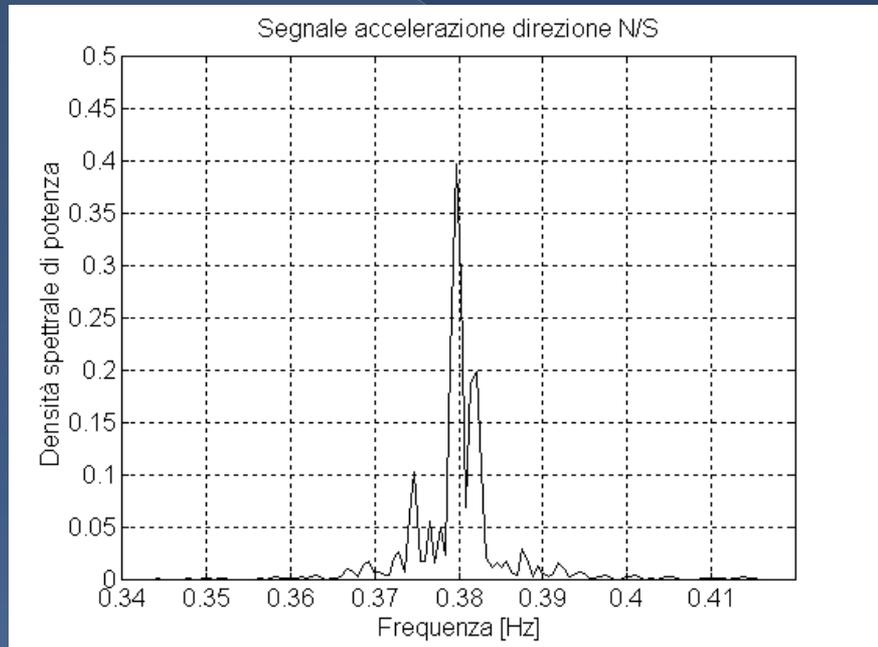
# Confronto tra dati accelerometrici e dati di posizione GPS - 1



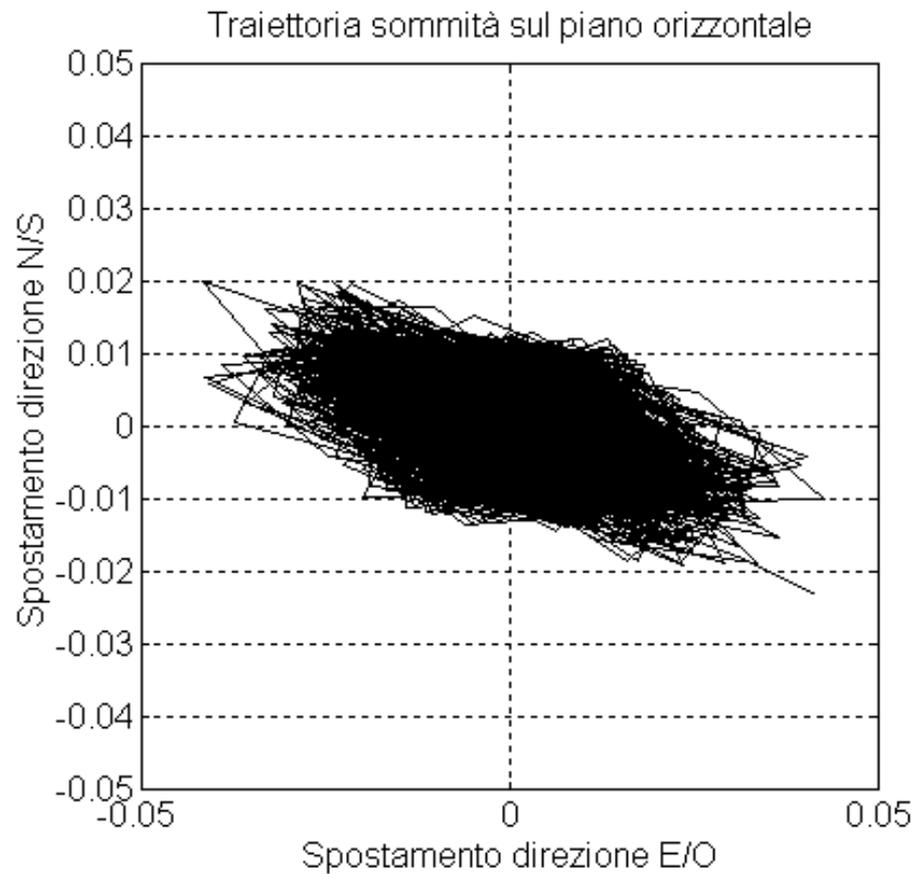
# Confronto tra dati accelerometrici e dati di posizione GPS - 2



# Confronto tra dati accelerometrici e dati di posizione GPS - 3



# Spostamenti planimetrici - dati GPS



# Progetto PRIN AEROGEN 2008

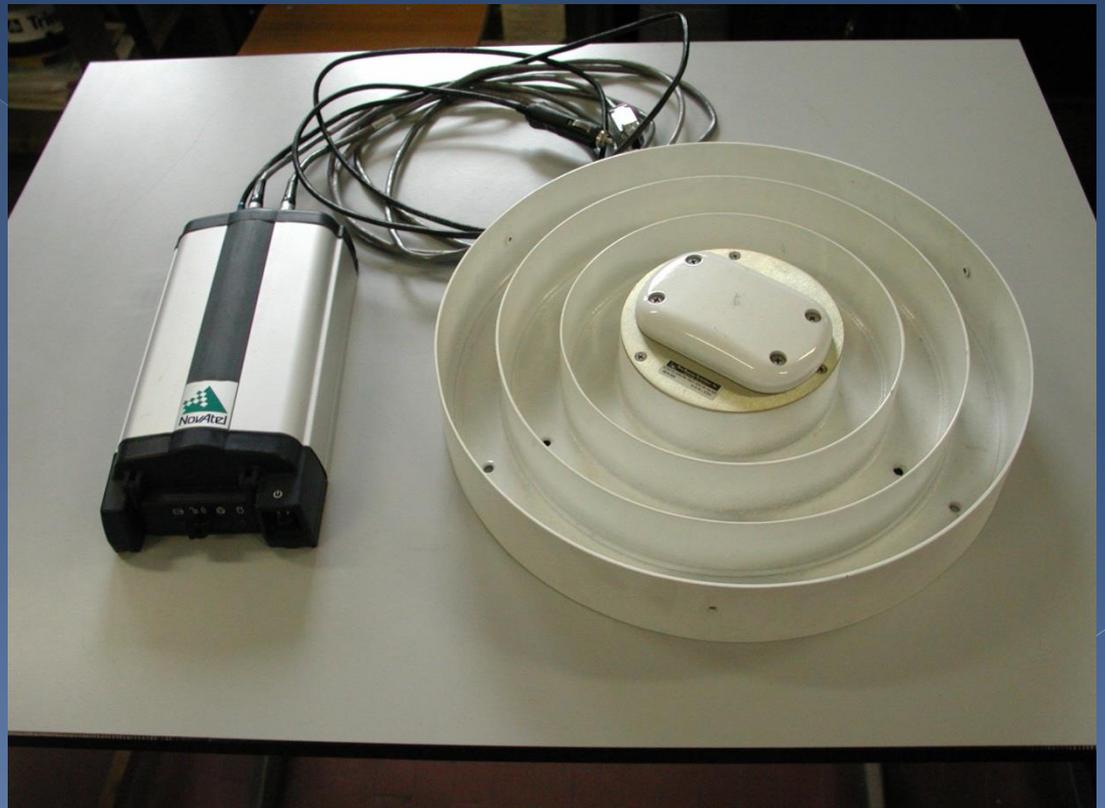
## Programma di Ricerca

- **L'obiettivo è la messa a punto delle metodologie di posizionamento satellitare più adatte al monitoraggio permanente delle strutture delle torri di generazione eolica, tenendo conto della particolare specificità del problema** *in particolare legate alla presenza delle pale rotanti e alla rotazione della sommità.*
- Nei tests cinematici previsti durante la fase di sperimentazione, verranno studiate ed ottimizzate le **tecniche di acquisizione e di elaborazione dei dati, sia in tempo reale (real-time) che in differita (post-processing)** per un monitoraggio permanente delle deformazioni e degli spostamenti delle torri di generazione eolica.
- Inoltre verranno studiate tecnologie di trasmissione senza cavi mediante l'impiego di connessioni wireless per l'invio dei dati presso un server centrale, oppure per la trasmissione dei dati dal master al rover o dal rover al master per l'RTK (Real Time Kinematic) e l'eventuale visualizzazione degli spostamenti in tempo reale presso un centro di controllo.
- Per l'analisi delle precisioni dei risultati è previsto il confronto con tecniche alternative sia tradizionali (accelerometri e misure estensimetriche) che innovative di altra natura, come tecniche basate sull'interferometria radar.

# Tests cinematici - MASTER

Ricevitore GPS Novatel  
MiLLEnnium DL

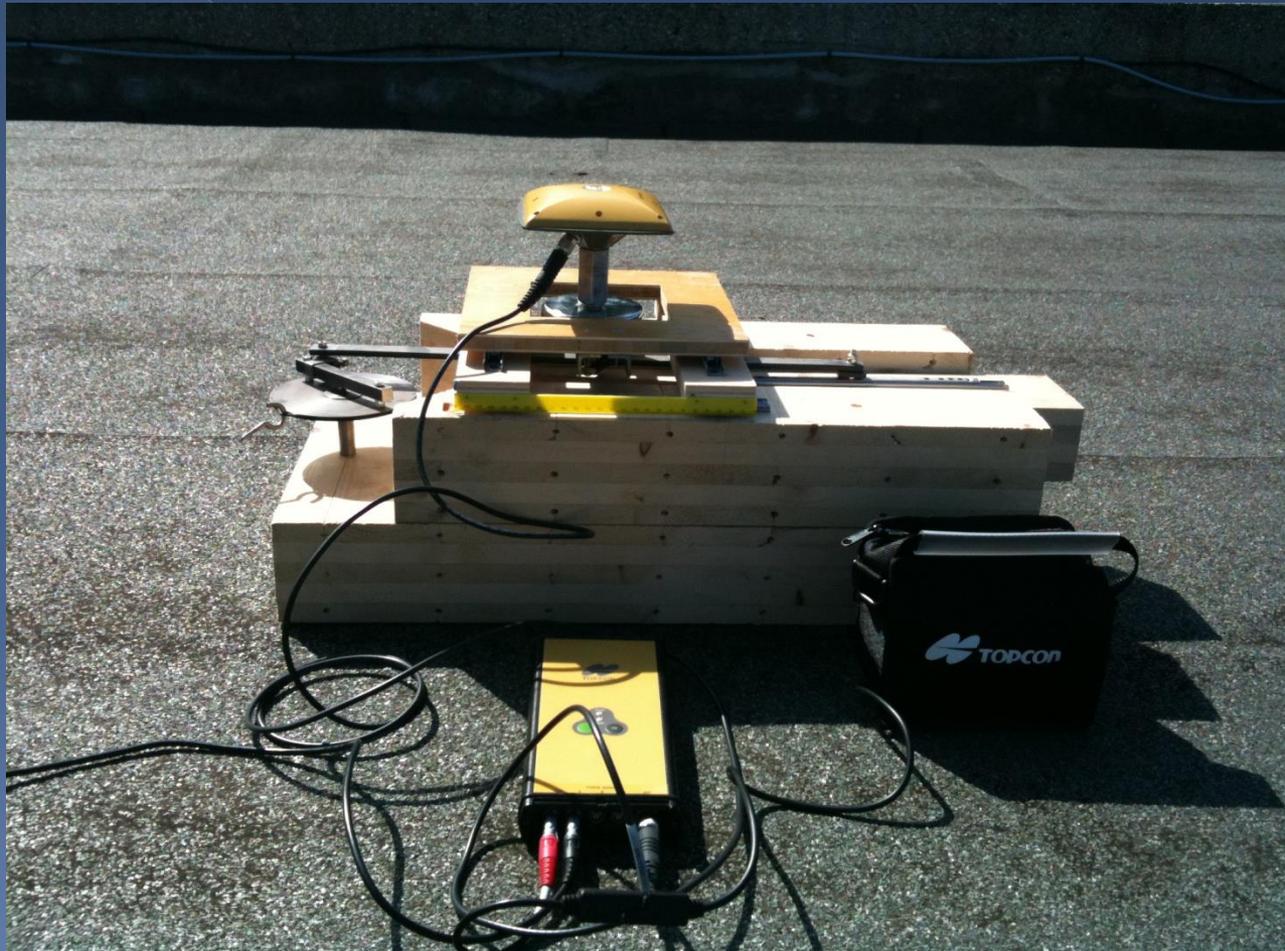
Antenna geodetica  
choke ring



# ROVER - Ricevitore Topcon Legacy GPS+GLONASS - acquisizione 20 Hz



# Apparecchiatura utilizzata per i tests



# Output dei dati su pc



# Antenna ricevitore MASTER (Novatel MiLlennium DL)



# Configurazione Master - Rover





# Novatel MiLlennium - Logging Control

GPSolution - Com1\_57600 - [Channel Tracking Status [Com1\_57600]]

Channel	0A	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A
PRN number	9	2	11	28	5	4	7	6	1	10	6	3
Chan State	Search	Lock	Search	Lock	Lock	Search	Lock	Lock	Search	Lock	Wide	Narrow
Doppler	-4	-2947	-3001	2937	799	3492	-1932	-32	220	-2677	294	3875
C/No(dB-Hz)	0.00	41.85	0.00	46.44	50.19	0.00	49.33	50.44	0.00	49.56	0.00	0.00
Residual	0.00	-3.16	0.00	-1.15	3.53	0.00	-3.78	0.92	0.00	3.38	0.00	0.00
LockTime	0	148	0	40	147	0	148	147	0	147	0	0
Reject Code		Good		Good	Good		Good	Good		Good	NoEphm	NoEphm
System-Corr	GPS-T											
Freq - Code	L1-C/A											

Channel	0B	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B
PRN number	9	2	11	28	5	4	7	6	1	10	6	3
Chan State	Idle	Lock	Idle	Lock	Lock	Idle	Lock	Lock	Idle	Lock	Idle	Idle
Doppler	-3	-2296	-2339	2289	618	2721	-1506	-25	171	-2066	229	3019
C/No(dB-Hz)	0.00	31.34									0.00	0.00
Residual	0.00	0.00									0.00	0.00
LockTime	0	99									0	0
Reject Code	NoEphm	L2	NoE								NoEphm	NoEphm
System-Corr	GPS-T	GPS-T	GPS-T	GPS-T	GPS-T	GPS-T	GPS-T	GPS-T	GPS-T	GPS-T	GPS-T	GPS-T
Freq - Code	L2-Y	L2-Y	L2-Y	L2-Y	L2-Y	L2-Y	L2-Y	L2-Y	L2-Y	L2-Y	L2-Y	L2-Y

**Logging Control [Com1\_57600]**

Favorite Logs	Output	Log	Trigger	Description
	RTCM53A	ONCHANGED	RTCM type 59 differential correctio	
	RGE8	ONTIME 0.05	Channel range measurements	
	GPGGG	ONTIME 1.0	NMEA Global Position System Fix C	

**Edit Logs:** ASCII, Binary, NMEA, Clear All

**Log Settings:** Save, Recall

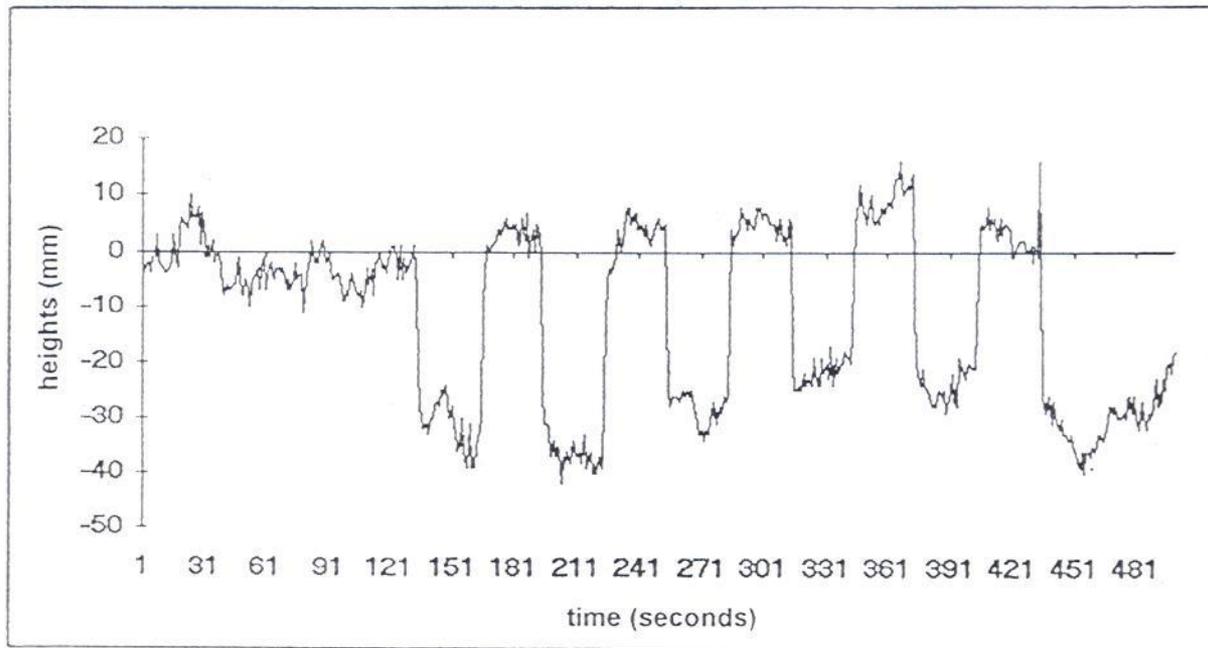
**Max File Size:** 0 KB

**File Options:** File: base\_10hz.asc, Dir: C:\Documents and Settings\517

**Time Windowing:** Start: 80/01/06 01:00, Stop: 80/01/06 01:00

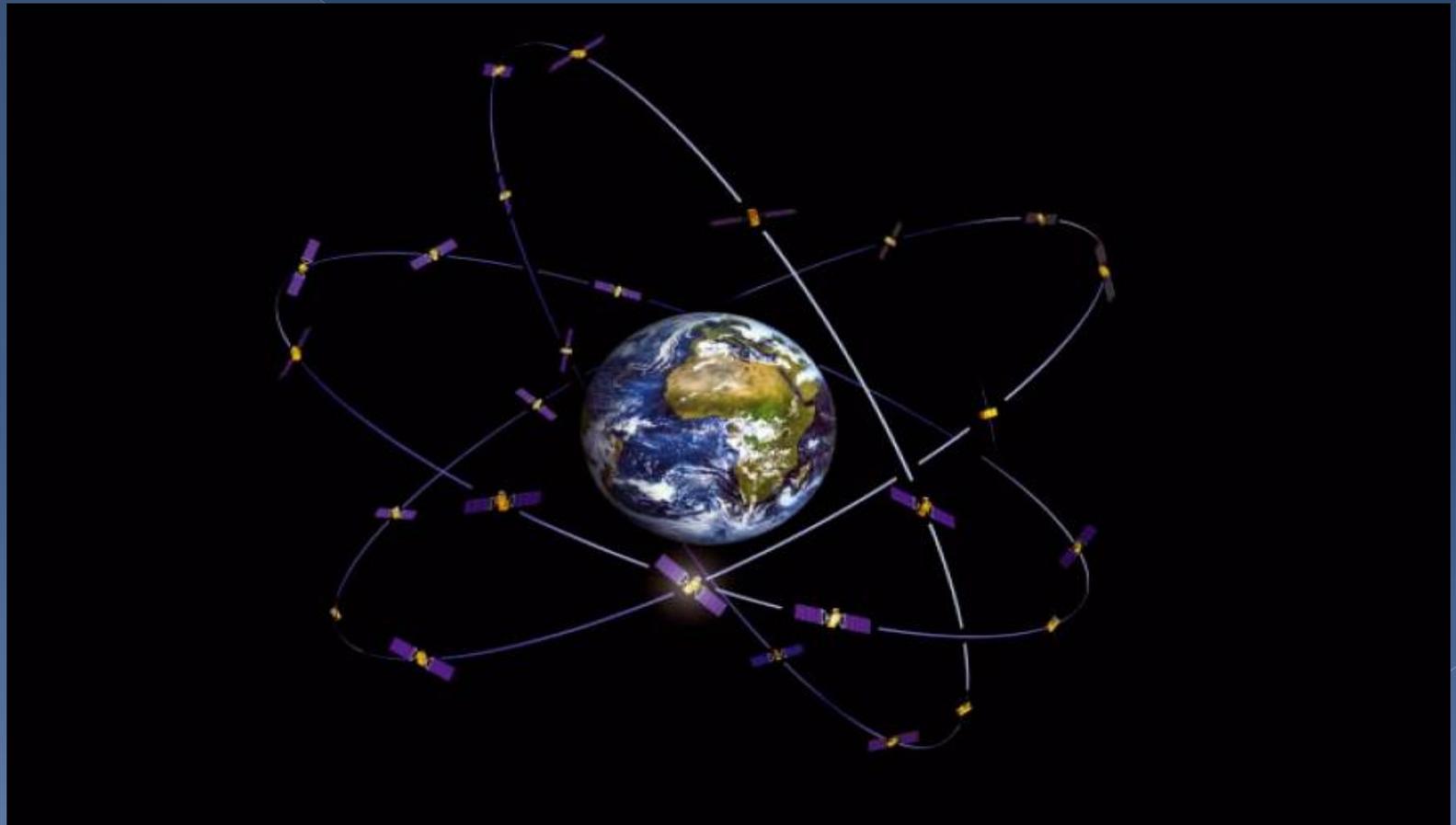
Buttons: Start Log, Stop Log, Close, Help

# Rilievo RTK (Real Time Kinematic)



*Fig. 2 - Real time display of the height variations moving the rove antenna of  $\pm 33$  mm*

# Il Sistema Europeo GALILEO



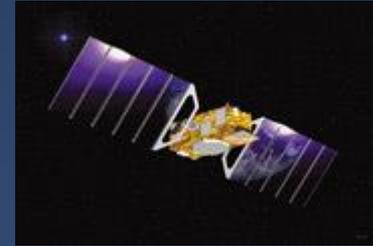
# GALILEO

Sistema di posizionamento  
EUROPEO

30 satelliti in Medium Earth  
Orbit (MEO) ad un'altezza  
di 23 222 chilometri.

3 piani orbitali inclinati di  
 $56^\circ$  rispetto al piano  
equatoriale

Interoperabilita' con i  
sistemi GPS e GLONASS



# GALILEO

- Utilizzando due frequenze, il sistema offrirà un posizionamento in tempo reale con esattezza a livello metrico (unico ricevitore).
- Esso inoltre garantirà la disponibilità del servizio sotto qualsiasi condizione, anche le più critiche, ed informerà gli utenti di eventuali malfunzionamenti di qualsiasi satellite entro pochi secondi.

- Questo aspetto renderà il sistema particolarmente idoneo ad applicazioni nelle quali la sicurezza è prioritaria, come nelle applicazioni alla guida di treni veloci, alla guida di veicoli e per l'atterraggio di aerei.
- Satelliti GIOVE-A GIOVE-B  
fase GSTB (Galileo System Test Bed)

- I primi 4 satelliti operativi per operazioni di test dei segmenti spaziale e terrestre del Sistema – fase IOV (In-Orbit Validation)
- Una volta completata questa fase verranno installati i rimanenti satelliti della costellazione per raggiungere la fase FOC (Full Operational Capability)

# Il Segmento terrestre

- 2 GCC (Galileo Control Centres)  
controllo dei satelliti e gestione della missione di navigazione
- 20 GSS (Galileo Sensor Stations)  
forniranno i dati che verranno inviati ai Centri di Controllo (GCC) attraverso una rete ridondante di comunicazione
- I GCC utilizzeranno i dati delle GSS per calcolare le informazioni di “integrity” e sincronizzare i segnali di tempo dei satelliti e degli orologi delle stazioni di terra.

- Lo scambio dei dati fra i Centri di controllo ed i satelliti avverrà mediante l'utilizzo di stazioni di "up-link"
- Inoltre GALILEO fornirà una funzione globale detta SAR (Search and Rescue), basata sul sistema operativo Cospas-Sarsat.

# EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service)

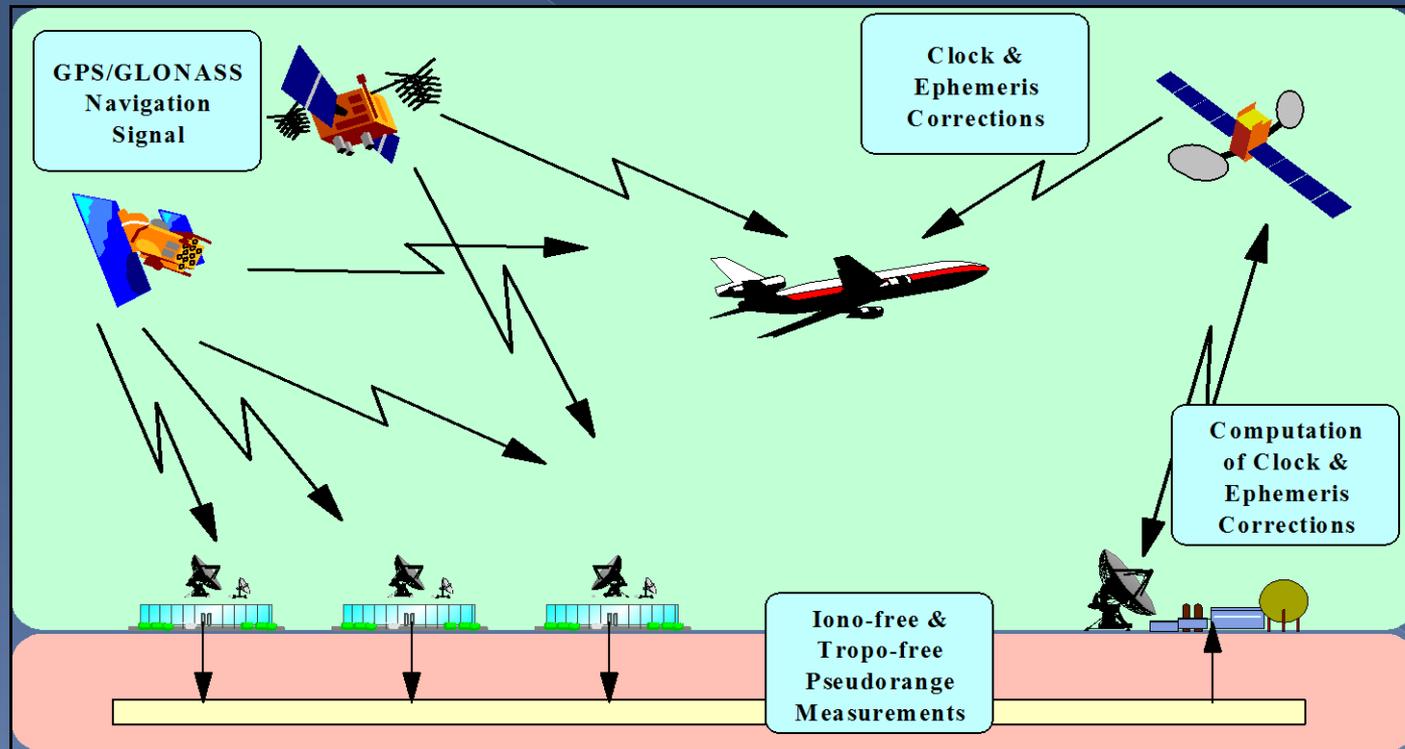
Sistema SBAS  
(Satellite Based  
Augmentation  
System)

Importanti  
applicazioni alla  
navigazione aerea,  
terrestre, marittima

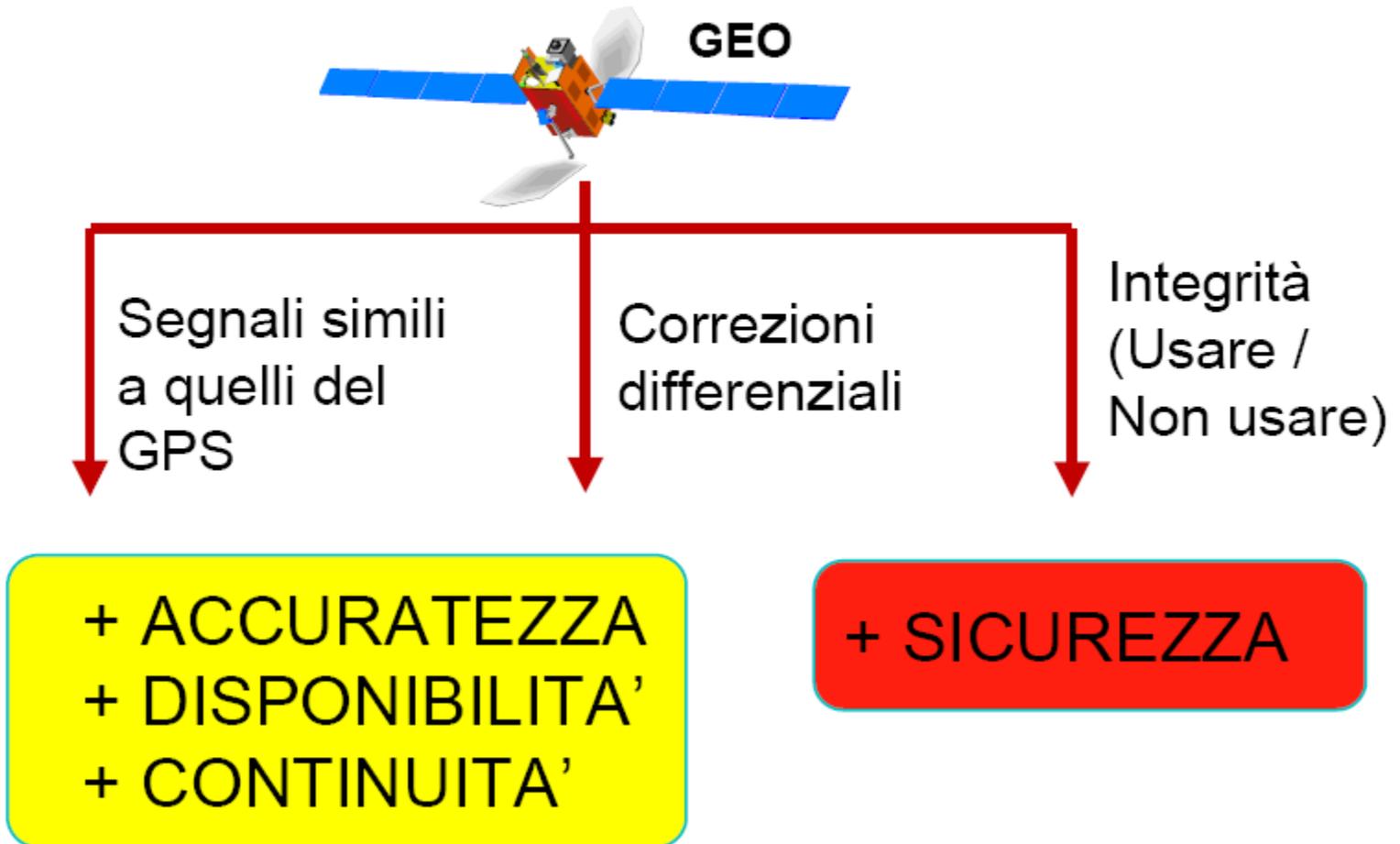


# EGNOS

EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) consente la navigazione in tempo reale con una **precisione planimetrica di 1 - 2 m**

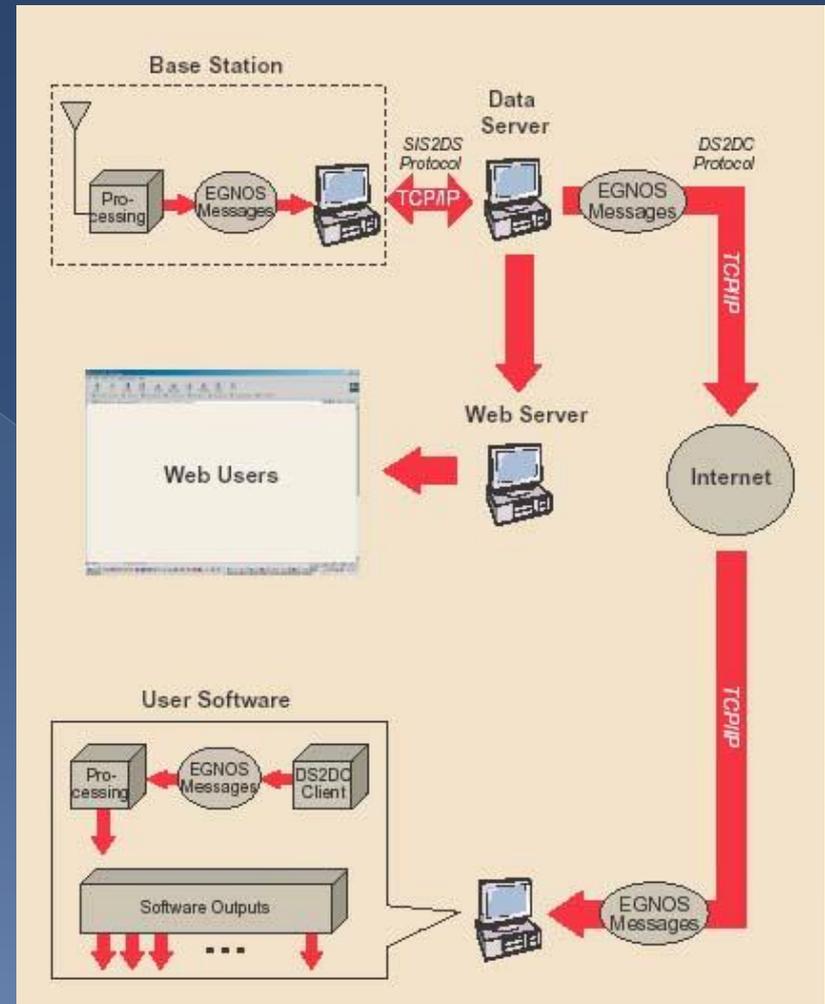


## Servizi di navigazione forniti da EGNOS



# SISNeT

La Tecnologia SISNeT (Signal In Space through InterNet) è stata studiata dall'ESA per migliorare e potenziare l'accessibilità ai messaggi di EGNOS



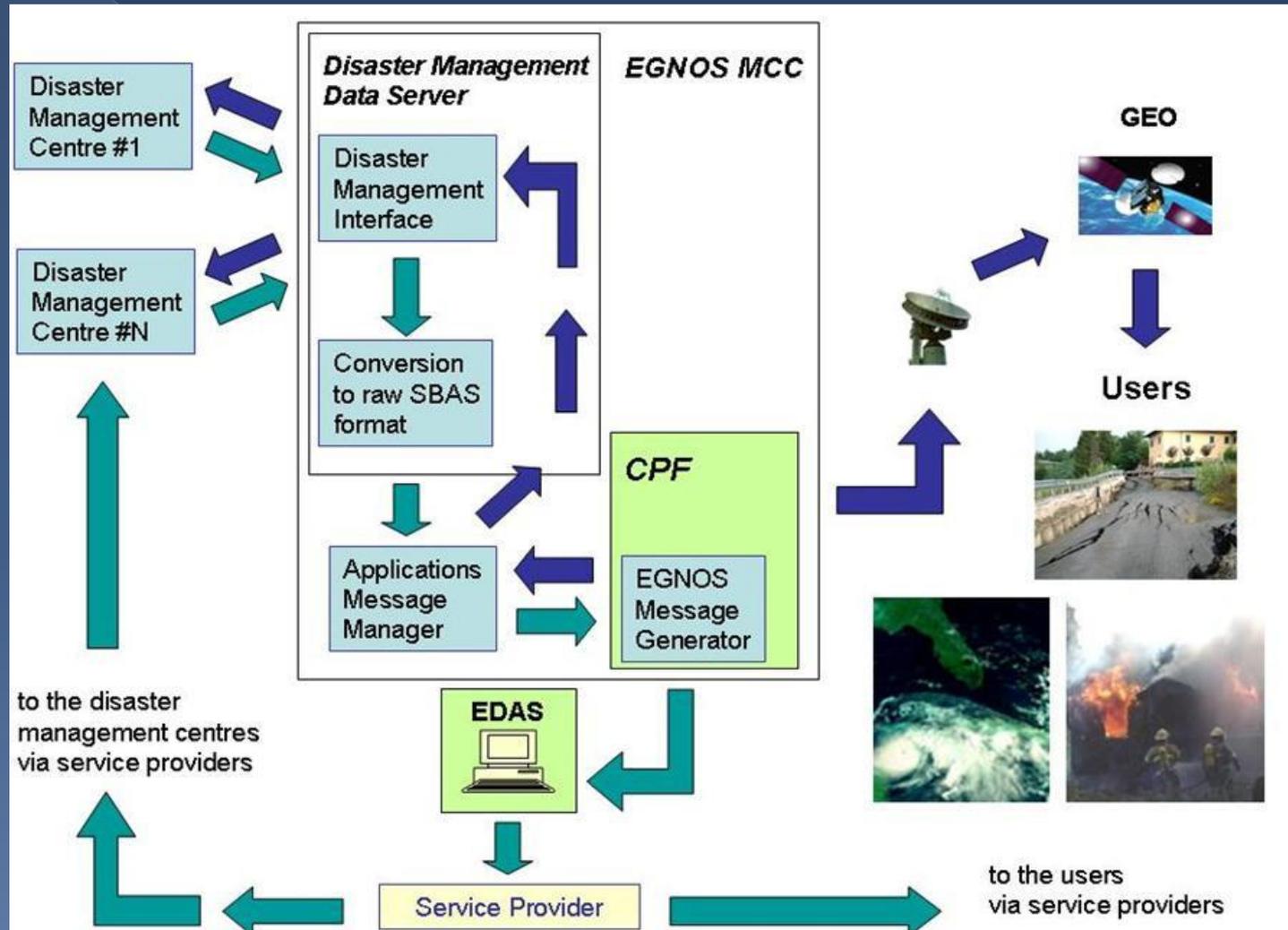
# Applicazioni innovative di EGNOS per la gestione delle emergenze ambientali

**Prevenzione e gestione di emergenze ambientali naturali e antropiche**



- Invio di messaggi di allerta utilizzando i sistemi SBAS: concetto **ESA ALIVE**
- **ALIVE ALert Interface Via EGNOS for Disaster Prevention and Mitigation.**
- Interfaccia fra un certo numero di Disaster Management Centers e gli utenti

# ESA ALIVE Architecture



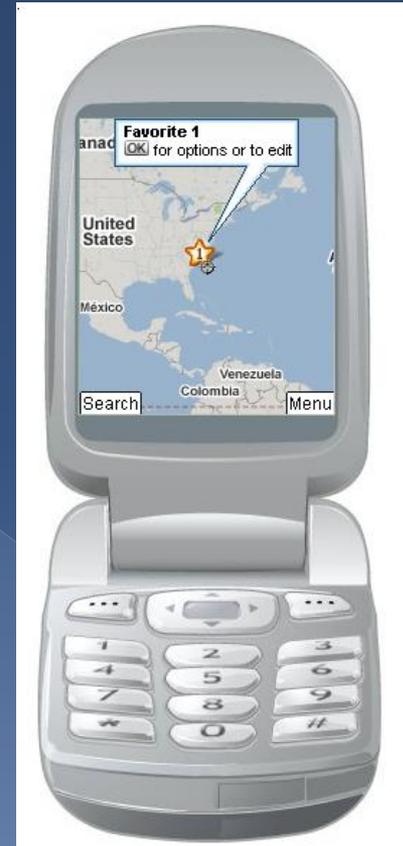
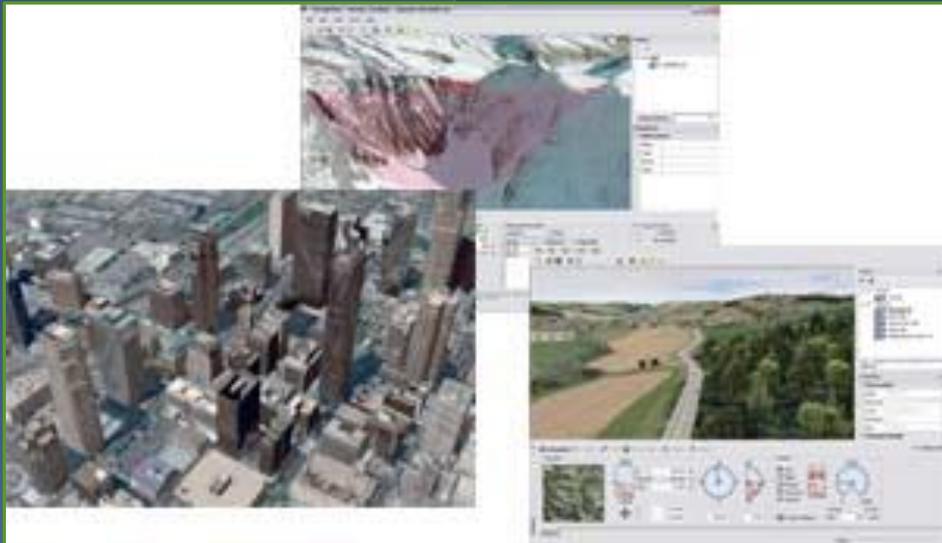
# Obiettivi

- Integrazione di tecniche di posizionamento e di comunicazione satellitare con sistemi di rilievo dallo spazio per la **prevenzione e la gestione delle emergenze ambientali (naturali e antropiche)**
- Sviluppo di una **Piattaforma Utente** che utilizzi infrastrutture integrate di comunicazione/navigazione/osservazione.

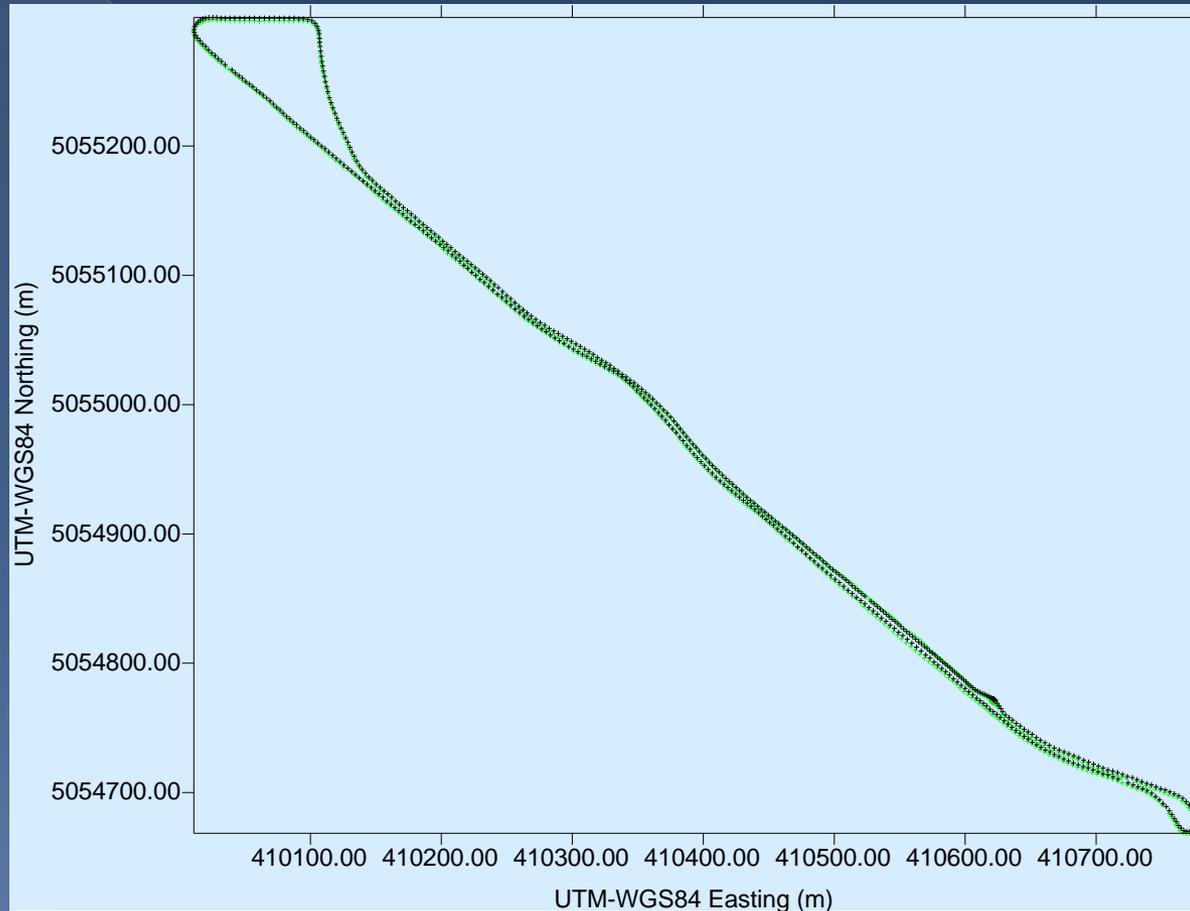
# Vantaggi

- **puo' essere utilizzato in zone dove non vi sono infrastrutture o ove queste non siano operative**
- i ricevitori SBAS ricevono il messaggio di allerta e hanno contemporaneamente il proprio dati di posizione. Solamente gli utenti interessati dall'emergenza vengono allertati
- i Sistemi SBAS operano con garanzie di servizio: Safety of Life, controllo istituzionale, 24 ore non Stop; messaggi di conferma

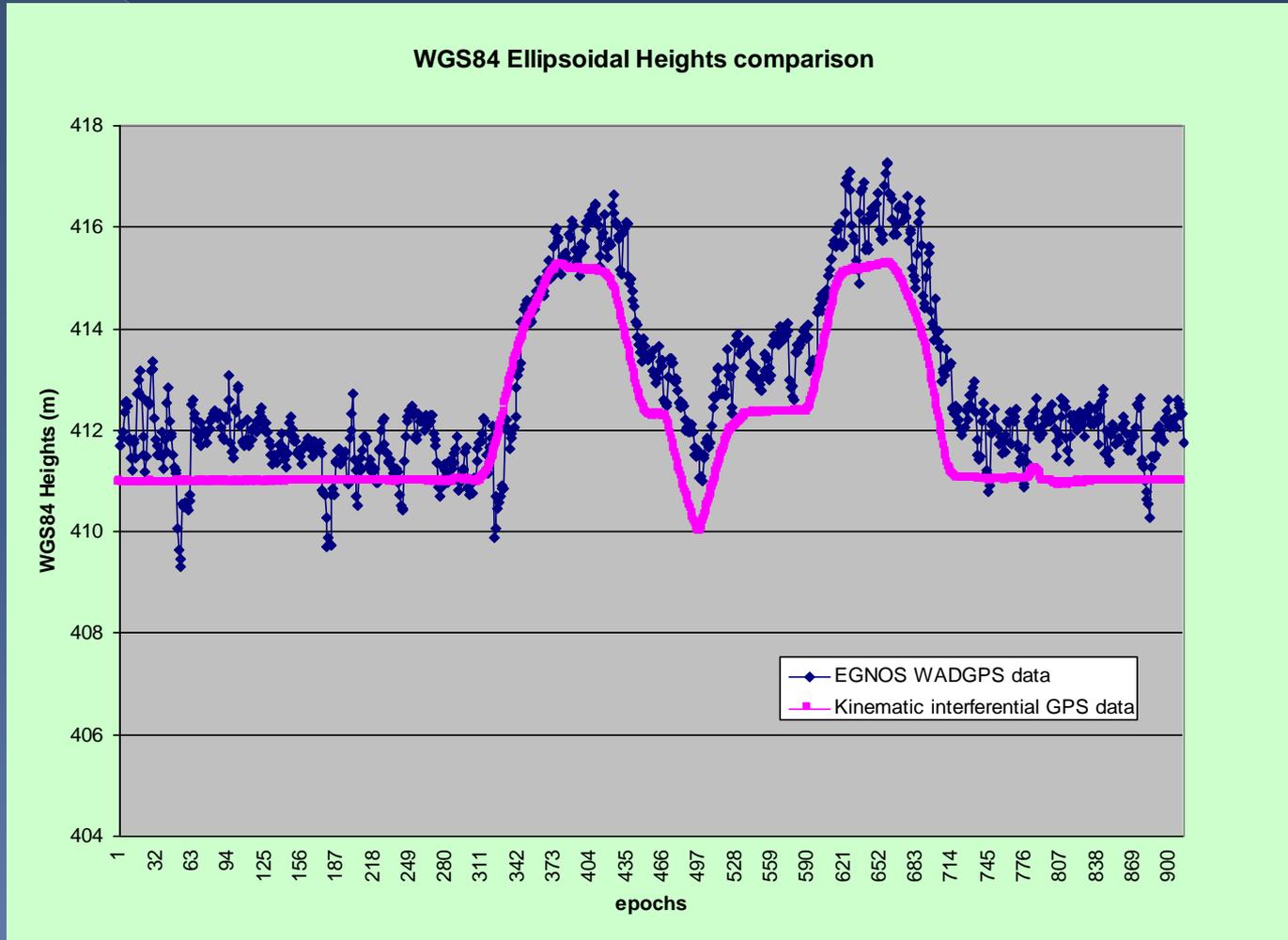
# Terminale utente: Visualizzazione 3D in tempo reale



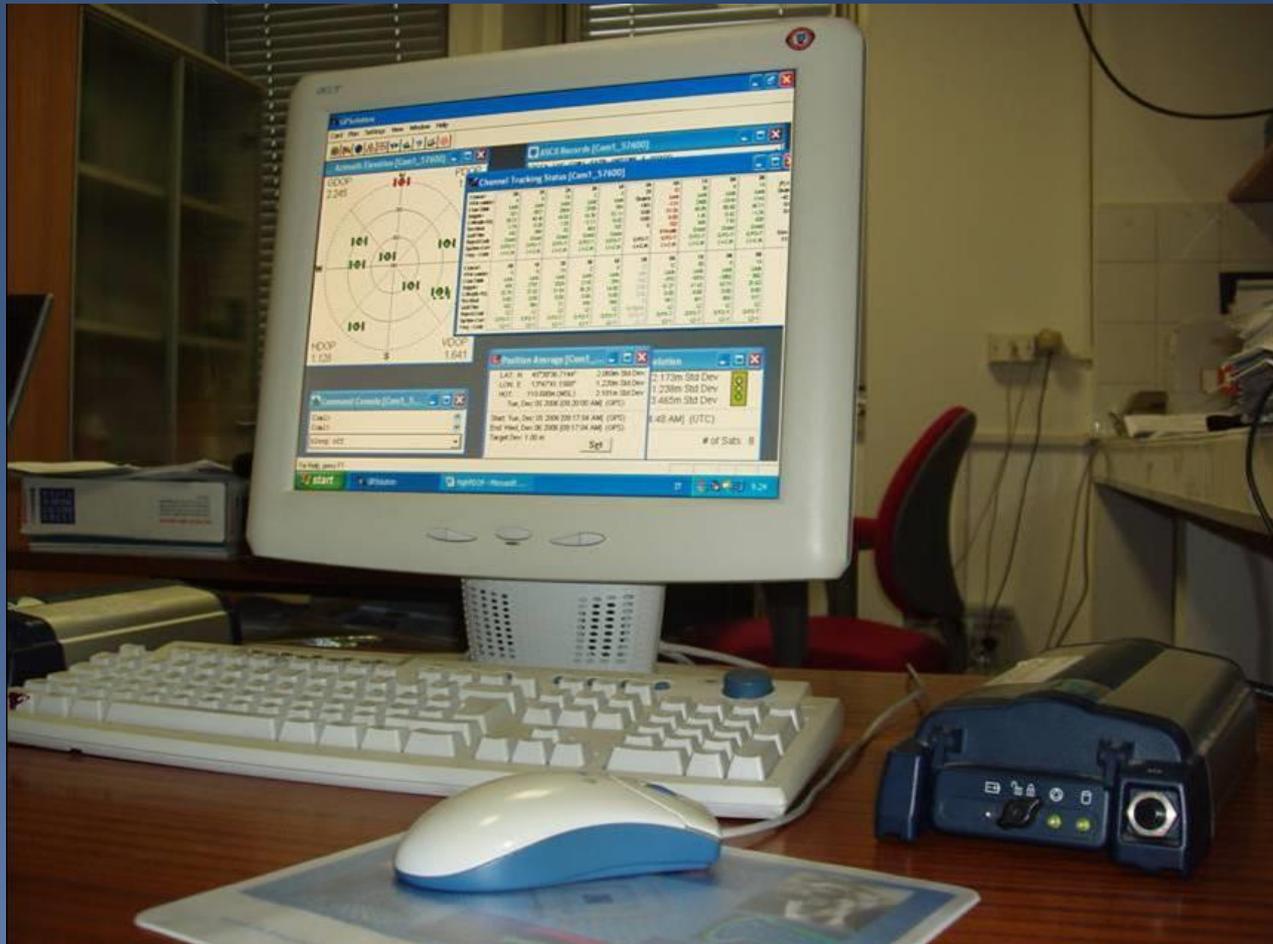
# Rilievi cinematici GPS/EGNOS



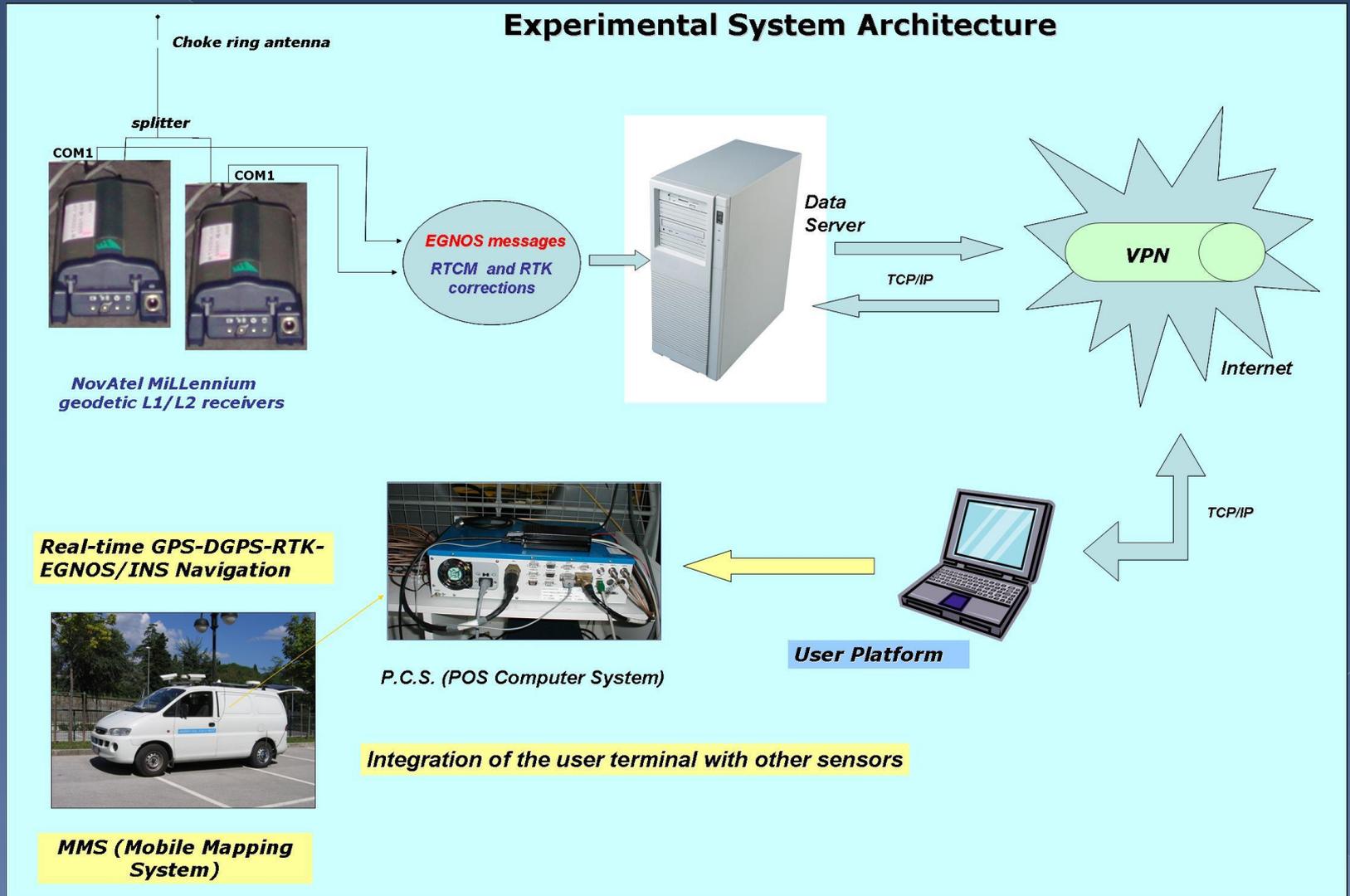
# GPS cinematico/EGNOS



# Server per applicazioni RTK/EGNOS real time



# Architettura sperimentale Client/Server





# EGNOS/ generazione di correzioni RTK

