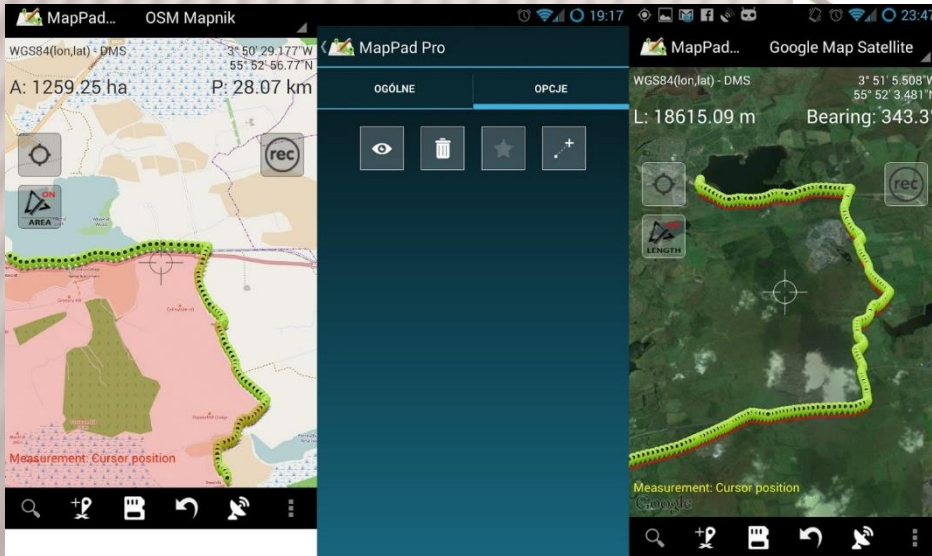


a cura di S. Furlani

GLOBAL POSITIONING SYSTEM



II GPS

ARGOMENTI DELLA LEZIONE

OBIETTIVI DELLA LEZIONE

- ✘ Cos'è il GPS
- ✘ Brevi cenni storici
- ✘ Il sistema (triangolazione nello spazio, tempi e distanze dai satelliti, ecc)
- ✘ Il segmento spaziale, il segmento di controllo, il segmento utente
- ✘ GPS e la teoria della relatività
- ✘ Aumento della precisione (la modalità DGPS-IP)
- ✘ Applicazioni nelle Scienze della Terra
- ✘ Sistemi alternativi
- ✘ Il nuovo sistema di riferimento geodetico italiano ETRF2000 (2008.0)

BIBLIOGRAFIA AGGIUNTIVA

✘ [http://gpsworld.com/
category/latest-
news/](http://gpsworld.com/category/latest-news/)

✘ <https://www.gps.gov/>

The screenshot shows the homepage of GPS World. At the top, there is a blue banner with the text "SUCCEED IS A 7-LETTER WORD" and the URL "novatel.com/succeed". Below this, the main header features the "GPS WORLD" logo, navigation links for "OEM", "UAV", "Survey", and "Mapping", and a search bar. The main content area is divided into two columns. The left column has a section titled "UAV/UGV" with a sub-heading "DOT plans 3-year, 5+ participants for drone pilot program" and a date of "November 2, 2017 By Tracy Cozzens". The right column has a section titled "TODAY'S NEWS" with a sub-heading "Swift Navigation offers Piksi Multi firmware update" and a date of "November 2, 2017 By Tracy Cozzens".

The screenshot shows the homepage of GPS.gov. At the top, there is a blue banner with the text "GPS.gov" and the URL "Official U.S. government information about the Global Positioning System (GPS) and related topics". Below this, the main header features the "GPS.gov" logo, navigation links for "Home", "What's New", "Systems", "Applications", "Governance", "Multimedia", and "Support", and a search bar. The main content area is divided into two columns. The left column has a section titled "INFORMATION FOR THE GENERAL PUBLIC" with a sub-heading "How to Correct Your Address in GPS Devices, Apps, & Online Maps" and a date of "November 1, 2017 By Tracy Cozzens". The right column has a section titled "FOR GPS PROFESSIONALS" with a sub-heading "What's HOT for Pros" and a date of "November 1, 2017 By Tracy Cozzens".

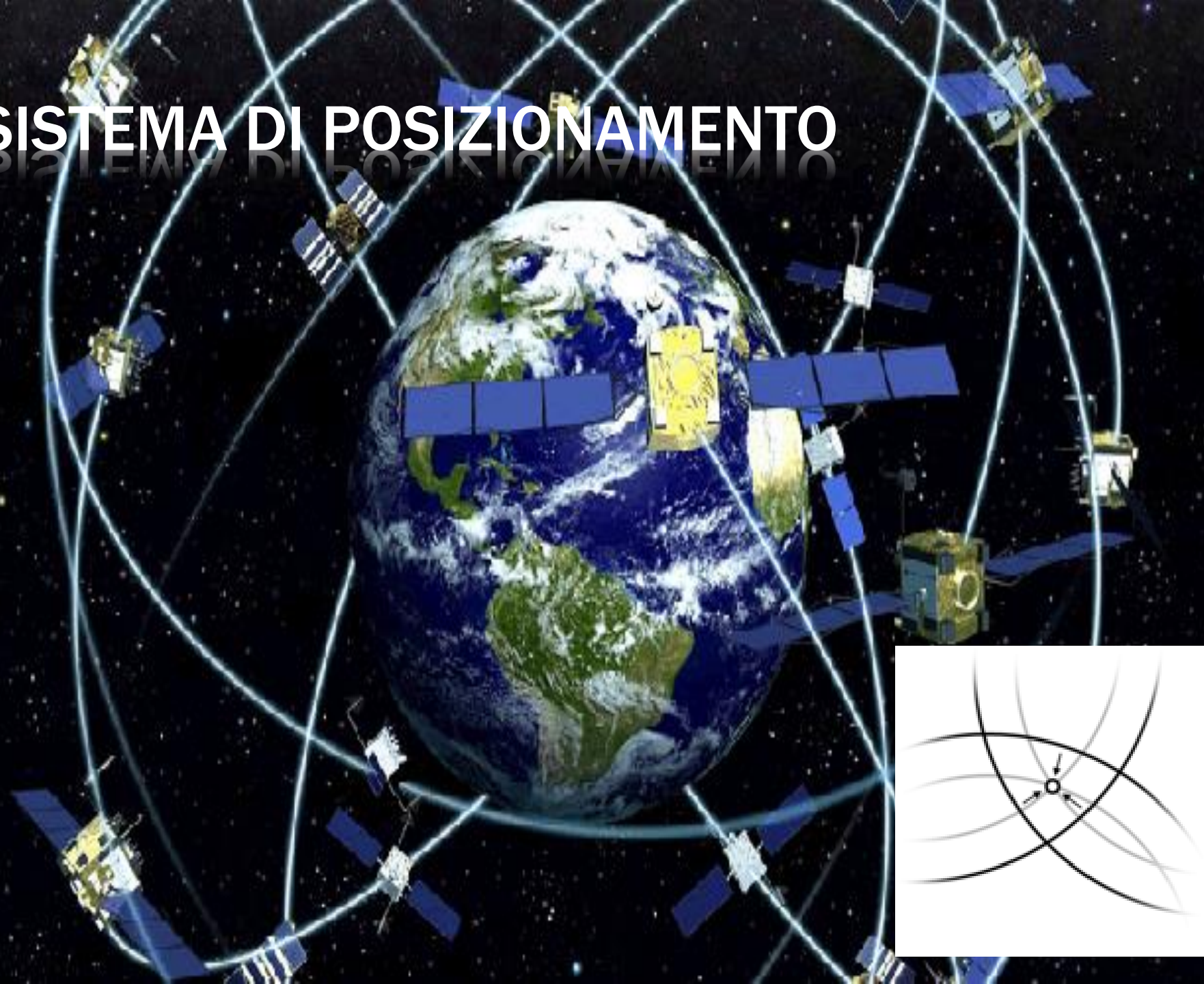
Principi di funzionamento del GPS

COS'È IL GPS

COS'È IL GPS?

- ✘ Il GPS è un sistema di posizionamento globale (*Global Positioning System*), abbreviazione di NAVSTAR GPS (*NAVigation Satellite Time and Ranging Global Positioning System*).
- ✘ E' un sistema di navigazione e posizionamento satellitare che, attraverso una rete dedicata di satelliti artificiali in orbita, fornisce ad un ricevitore (o terminale mobile) informazioni sulle coordinate geografiche e l'orario.
- ✘ La posizione viene calcolata dal terminale GPS attraverso l'elaborazione dei segnali ricevuti da almeno quattro satelliti, in zone di contatto privo di ostacoli.
- ✘ Oggi sono numerosissimi i dispositivi che contengono all'interno un GPS.

SISTEMA DI POSIZIONAMENTO



IL SISTEMA GPS

- ✘ Il sistema è gestito dal governo USA ed è di libero accesso a chiunque possieda un terminale GPS.
- ✘ Il grado di accuratezza attuale è dell'ordine dei metri e dipende da:
 - + condizioni meteorologiche,
 - + dagli effetti della relatività,
 - + dalla qualità e tipo di ricevitore,
 - + dal numero di satelliti disponibili rispetto al ricevitore,
 - + dagli effetti di radiopropagazione nella ionosfera e nella troposfera.

CENNI STORICI

- ✘ Il GPS è stato creato in sostituzione del sistema Transit, precedentemente usato per il posizionamento.
- ✘ Il progetto GPS è stato sviluppato nel 1973 per superare i limiti dei precedenti sistemi di navigazione (es. LORAN).
- ✘ E' stato creato e realizzato dal Dipartimento della Difesa statunitense ed originariamente disponeva di 24 satelliti. Il sistema è diventato pienamente operativo nel 1994.

SISTEMI DI POSIZIONAMENTO



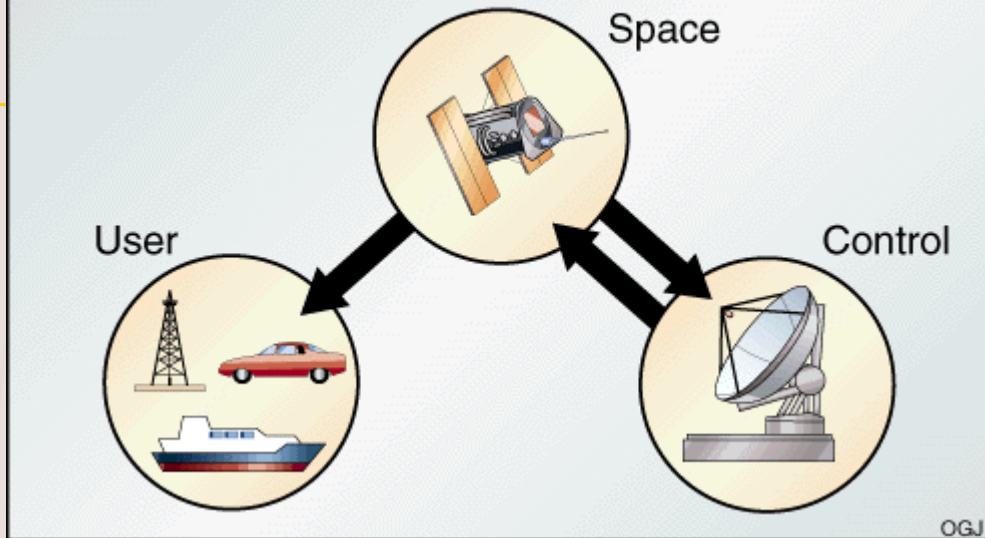
IL SEGNALE GPS

- ✘ Nel 1991 gli USA aprirono al mondo il servizio con il nome **SPS** (Standard Positioning System) per usi civili, con specifiche differenziate da quello riservato all'uso delle forze militari USA denominato **PPS** (Precision Positioning System).
- ✘ Il segnale civile era intenzionalmente degradato attraverso la Select Availability (**SA**) che introduceva errori nei segnali satellitari allo scopo di ridurre l'accuratezza della rilevazione, max 100–150 m.
- ✘ Questo errore è stato disabilitato in maggio 2000, grazie ad un decreto del presidente degli Stati Uniti Bill Clinton. **La precisione attuale è di circa 10–20 m (anche se tra i due sistemi permangono delle differenze).**
- ✘ Nei modelli per **uso civile** sono presenti alcune **limitazioni**: massimo 18 km per l'altitudine e 515 m/s per la velocità, per impedirne il montaggio sui missili. Questi limiti possono essere superati ma non contemporaneamente.

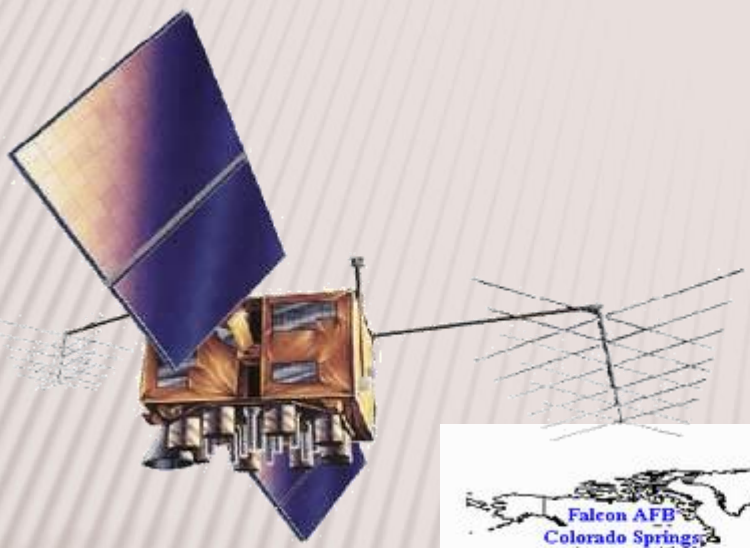
IL SISTEMA GPS

- ✘ Il sistema di posizionamento si compone di tre segmenti: **il segmento spaziale** (*space segment*), **il segmento di controllo** (*control segment*) ed **il segmento utente** (*user segment*).
- ✘ L'Aeronautica militare degli Stati Uniti sviluppa, gestisce ed opera il segmento spaziale ed il segmento di controllo.
 - + Il **segmento spaziale** comprende da 24 a 32 satelliti.
 - + Il **segmento di controllo** si compone di una stazione di controllo principale, una stazione di controllo alternativa, varie antenne dedicate e condivise e stazioni di monitoraggio.
 - + Il **segmento utente** infine è composto dai ricevitori GPS.

GPS COMPONENTS



I SEGMENTI GPS



SATELLITI GPS

- ✘ Attualmente sono in orbita 31 satelliti attivi nella costellazione GPS (più alcuni satelliti dismessi, alcuni dei quali riattivabili in caso di necessità).
- ✘ I satelliti supplementari migliorano la precisione del sistema permettendo misurazioni ridondanti.
- ✘ Al crescere del numero di satelliti, la costellazione è stata modificata secondo uno schema non uniforme che si è dimostrato maggiormente affidabile in caso di guasti contemporanei di più satelliti.

SATELLITE GPS



PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

- ✘ Il funzionamento del GPS si basa su un metodo di **posizionamento sferico** (trilaterazione), che parte dalla misurazione del tempo impiegato da un segnale rapido a percorrere la distanza satellite-ricevitore.
- ✘ Poiché il ricevitore non conosce quando è stato trasmesso il segnale dal satellite, per il calcolo della differenza dei tempi il segnale inviato dal satellite è di tipo orario, grazie all'orologio atomico presente sul satellite:
- ✘ il ricevitore calcola l'esatta distanza di propagazione dal satellite a partire dalla differenza (dell'ordine dei microsecondi) tra l'orario pervenuto e quello del proprio orologio sincronizzato con quello a bordo del satellite, tenendo conto della velocità di propagazione del segnale.

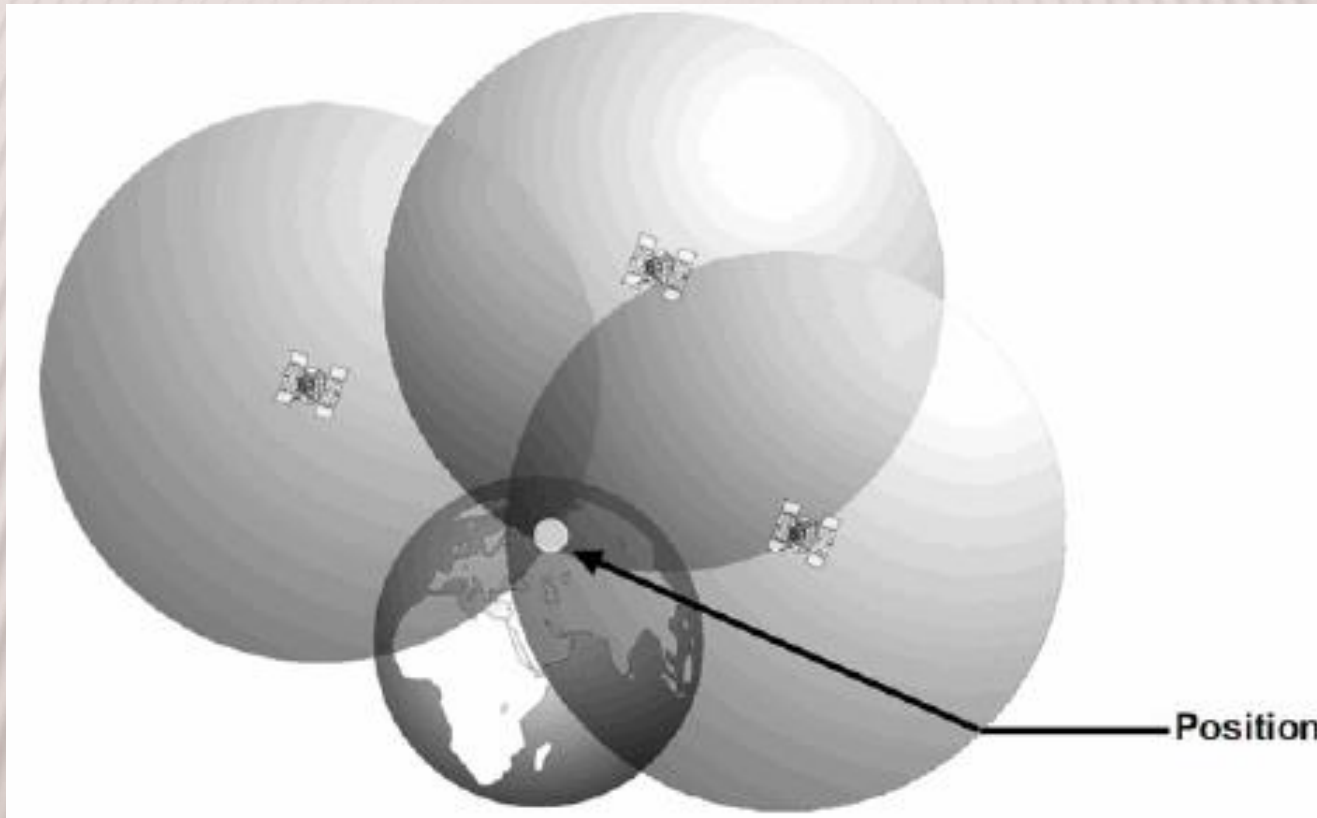


La triangolazione, graficamente



Posizione individuata in base alla distanza da 3 punti di riferimento

OPERAZIONE PER IL CALCOLO DEL PUNTO

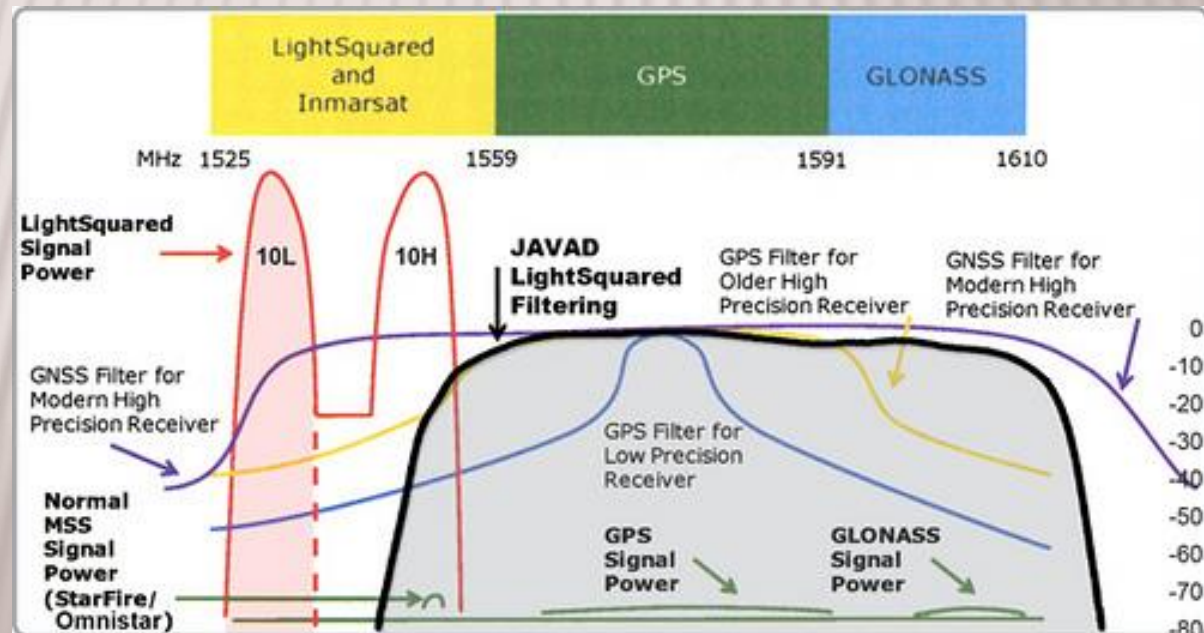


SINCRONIZZAZIONE

- ✘ L'orologio a bordo dei ricevitori GPS è però molto meno sofisticato di quello a bordo dei satelliti e quindi, non essendo altrettanto accurato sul lungo periodo, deve dunque essere corretto frequentemente.
- ✘ Se il ricevitore avesse anch'esso un *orologio atomico al cesio* perfettamente sincronizzato con quello dei satelliti basterebbero le informazioni fornite da 3 satelliti, ma nella realtà non è così e dunque il ricevitore deve risolvere un sistema di 4 incognite (*latitudine, longitudine, altitudine e tempo*) e per riuscirci necessita dunque di 4 equazioni (3 non sono sufficienti).

CANALI E FREQUENZE

- ✘ Ciascun satellite emette su due canali, L1, l'unica fornita al servizio SPS (per uso civile), ed L2 per il servizio PPS (uso militare), con frequenze portanti di 1575,42 MHz e 1227,6 MHz rispettivamente,
- ✘ Negli ultimi 5-10 anni alcuni modelli di ricevitori GPS per uso civile in campo ingegneristico hanno la possibilità di usufruire del secondo canale L2 permettendo così di raggiungere un margine di precisione centimetrico.



IL SEGMENTO SPAZIALE

- ✘ Dal 2010 il sistema è costituito da una costellazione di **31 satelliti NAVSTAR** (*navigation satellite timing and ranging*), disposti su sei piani orbitali con una inclinazione di 55° sul piano equatoriale. Seguono un'orbita praticamente circolare (con eccentricità massima tollerata di 0,03) con raggio di circa 26 560 km viaggiando in 11 h 58 min 2 s, o metà giorno siderale. I satelliti, osservati da terra, ripetono lo stesso percorso nel cielo dopo un giorno siderale.



- ✘ Ciascun piano orbitale ha almeno 4 satelliti, e i piani sono disposti in modo tale che ogni utilizzatore sulla terra possa ricevere i segnali di almeno 5 satelliti. Ogni satellite, a seconda della versione, possiede un certo numero di orologi atomici (al cesio o al rubidio).
- ✘ In orbita vi sono un minimo di 24 satelliti per la trasmissione di dati GPS, più 3 di scorta per garantire copertura globale del servizio. Ciascun satellite dispone di razzi per effettuare le correzioni di orbita e di pannelli solari per la produzione di energia elettrica con una batteria per garantire l'energia per le operazioni anche quando il sole è eclissato.



INDICE DEI SATELLITI

Serie	Periodo di lancio	Lanciatore				Attualmente in orbita e funzionante
		SUCCESSO	INSUCCESSO	In preparazione	Pianificato	
I	1978-1985	10	1	0	0	0
II	1989-1990	9	0	0	0	0
IIA	1990-1997	19	0	0	0	10
IIR	1997-2004	12	1	0	0	12
IIR-M	2005-2009	8	0	0	0	7
IIF	2010-2016	6	0	9	0	6
IIIA	2016-?	0	0	0	12	0
IIIB	Teorico	0	0	0	8	0
IIIC	Teorico	0	0	0	16	0
Totale		64	2	10	36	31

(Ultimo aggiornamento: 9 luglio 2014)

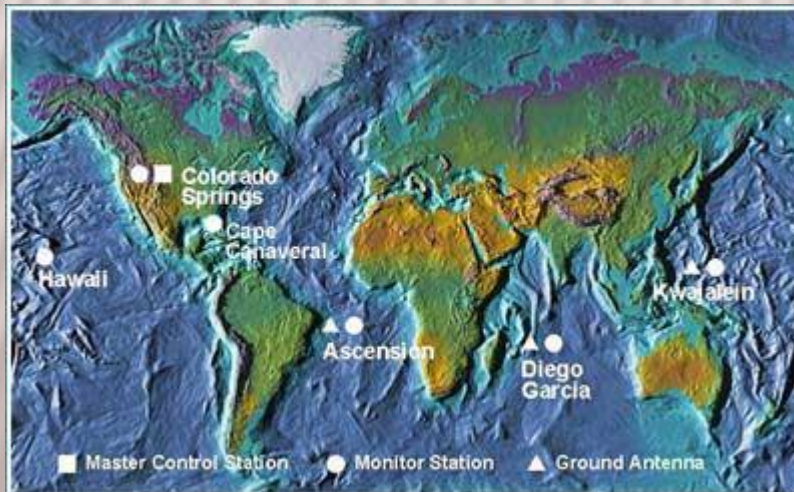
PRN 01 della Serie IIR-M non è in servizio

PRN 25 della Serie IIA non è in servizio

PRN 32 della Serie IIA non è in servizio

IL SEGMENTO DI CONTROLLO

- ✘ Il segmento di controllo è composto da:
 - + una stazione di controllo principale (*master control station*);
 - + una stazione di controllo principale alternativa (*alternate master control station*);
 - + Quattro antenne terrestri dedicate;
 - + sei stazioni di controllo dedicate;
- ✘ Le traiettorie dei satelliti vengono rilevate da apposite stazioni **dell'Aeronautica militare**



IL SEGMENTO UTENTE

- ✘ Il segmento utente è composto dai ricevitori militari (che usano il PPS) e i ricevitori degli utenti civili (commerciali e scientifici che fanno uso del SPS).
- ✘ In generale i ricevitori si compongono di una antenna, un microprocessore e una sorgente di tempo (come un oscillatore al quarzo). Possono anche includere un display per fornire le informazioni all'utente.
- ✘ Un ricevitore viene spesso descritto dal numero di canali di cui dispone che indica il numero di satelliti che è in grado di monitorare simultaneamente.

RICEVITORI GPS

- ✘ Esistono in commercio ricevitori GPS ("esterni"), interfacciabili mediante porta USB o connessioni senza fili come il Bluetooth, che consentono di realizzare navigatori GPS su vari dispositivi, tra cui laptop e telefoni cellulari.
- ✘ Per la navigazione esistono software appositi, proprietari o open source che utilizzano una cartografia, che può essere anch'essa pubblica o proprietaria.
- ✘ I dati di navigazione vengono generalmente forniti all'utente attraverso il protocollo NMEA 0183. Malgrado il protocollo sia ufficialmente definito dalla National Marine Electronics Association (NMEA), sono disponibili molte informazioni pubbliche che hanno permesso lo sviluppo di vari strumenti software (anche open source).
- ✘ Esistono anche protocolli proprietari come SiRF o MTK o UBX specifici del produttore.

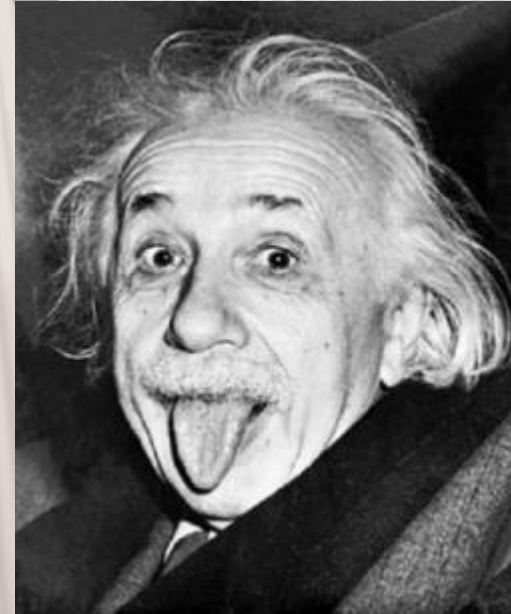
ES: PROTOCOLLI IN GOOGLE EARTH

The image shows the Google Earth desktop application. The main window displays a 3D view of the Earth. A dialog box titled "Google Earth - Importazione GPS" is open in the foreground. The dialog has two tabs: "Importa" (selected) and "Tempo reale". Under "Importa", there are two radio buttons for "Seleziona protocollo": "NMEA" (selected) and "Garmin PVT". Below this, there are two spinners: "Limite importazione punto rotta:" set to 10 and "Intervallo di polling (sec):" set to 4. There is a checkbox for "Segui percorso automaticamente" which is unchecked. At the bottom of the dialog, there is a "Monitoraggio in tempo reale:" label and a button labeled "inizio".

The background interface includes a search bar with the text "es.: Riparazione computer nelle vicinanze di Milano", a left sidebar with "Luoghi" and "Livelli" sections, and a top menu bar with "File", "Modifica", "Visualizza", "Strumenti", "Aggiungi", and "Guida". The system tray at the bottom shows the date and time as 16:24 on 15/11/2015.

GPS E TEORIA DELLA RELATIVITÀ

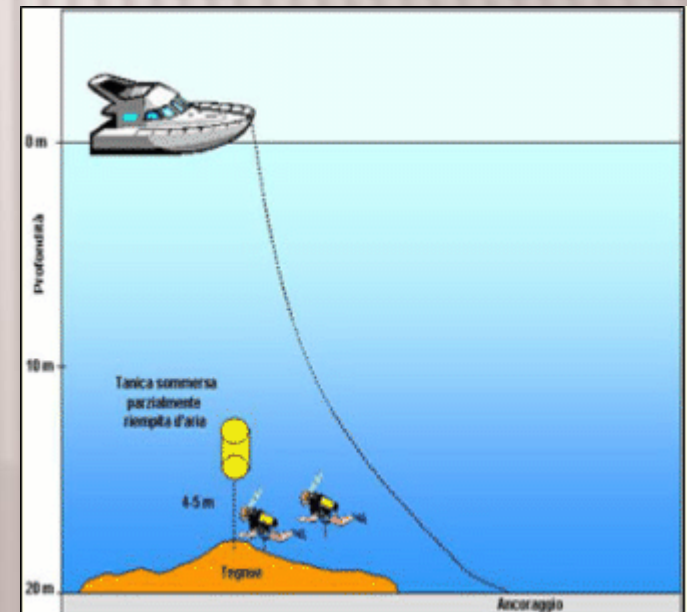
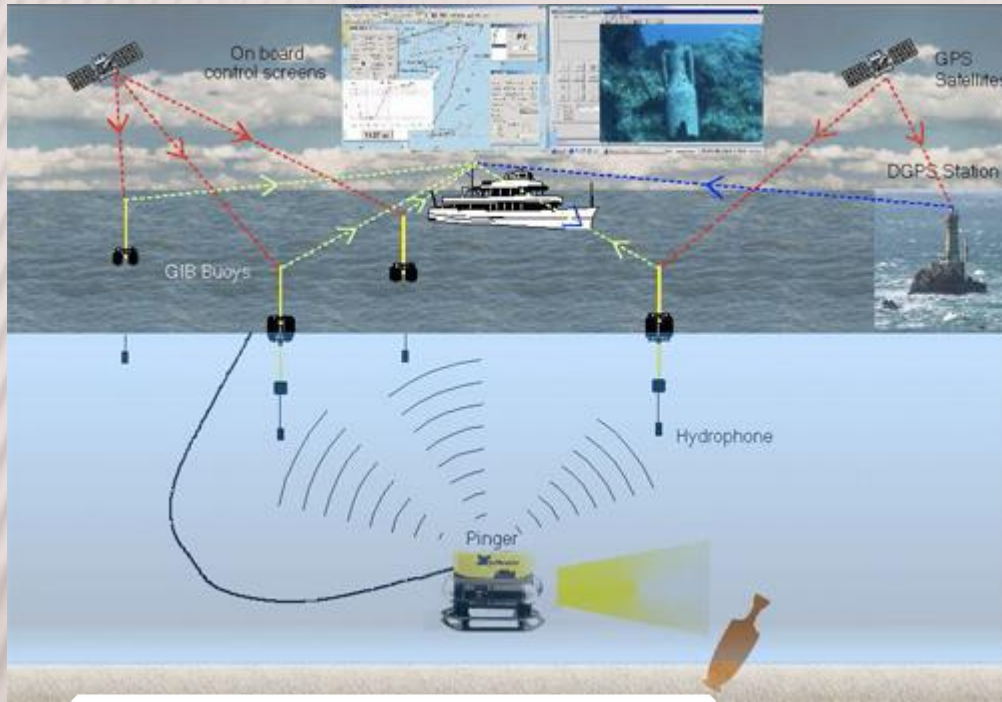
- ✘ Gli orologi satellitari sono affetti dalle conseguenze della teoria della relatività.
- ✘ A causa degli effetti combinati della velocità relativa, che rallenta il tempo sul satellite di circa 7 microsecondi al giorno, e della minore curvatura dello spaziotempo a livello dell'orbita del satellite, che lo accelera di 45 microsecondi, il tempo sul satellite scorre ad un ritmo leggermente più veloce che a terra, causando un anticipo di circa 38 microsecondi al giorno, e rendendo necessaria una correzione automatica da parte dell'elettronica di bordo.
- ▶ L'effetto relativistico rilevato è esattamente corrispondente a quello calcolabile teoricamente, almeno nei limiti di accuratezza forniti dagli strumenti di misura attualmente disponibili.
- ▶ È di fondamentale importanza sottolineare che quello che permette al GPS di raggiungere la precisione utile sono proprio le correzioni di relatività generale; quelle della relatività ristretta (7 microsecondi), che ignorerebbero l'effetto sugli orologi dei satelliti, darebbero incertezze dell'ordine del chilometro che renderebbero il sistema del tutto inutile o comunque molto meno preciso.



AUMENTO DELLA PRECISIONE

- ✘ Le caratteristiche chiave del sistema GPS possono essere incrementate grazie all'uso di sistemi di GNSS Augmentation.
- ✘ Tali sistemi possono basarsi su satelliti geostazionari (*Satellite Based Augmentation Systems*) come il WAAS (statunitense) o l'EGNOS (europeo), oppure su collegamenti radio terrestri per distribuire agli utenti le informazioni correttive da applicare durante il calcolo della posizione.
- ✘ Nel caso di collegamenti radio terrestri ci si riferisce a sistemi *Ground-based augmented systems* (GBAS). La modalità DGPS-IP sfrutta invece la rete internet per l'invio di informazioni di correzione.

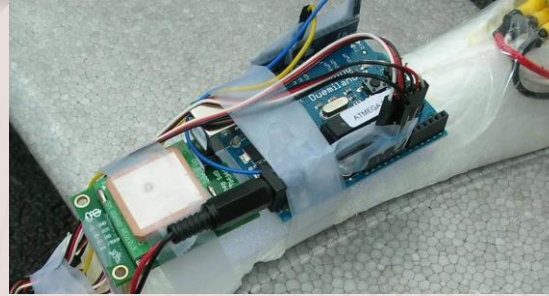
GPS UNDEWATER?



RICEVITORI GPS

- ✘ Negli ultimi anni è stato introdotto negli smartphone il sistema *Assisted GPS*, detto anche "A-GPS", con cui è possibile ovviare a problemi di lentezza del sistema:
- ✘ si fanno pervenire al terminale GPS, attraverso la rete di telefonia mobile, le informazioni sui satelliti visibili dalla cella radio a cui l'utente è agganciato. In questo modo un telefono A-GPS può in pochi secondi ricavare la propria posizione iniziale, in quanto si assume che i satelliti in vista dalla cella siano gli stessi visibili dai terminali sotto la sua copertura radio.
- ✘ Tale sistema è molto utile anche come servizio d'emergenza, ad esempio per localizzare mezzi o persone ferite in seguito ad un incidente.

RICEVITORI GPS: ESEMPI



IL SISTEMA DI RIFERIMENTO DEL GPS: WGS84

- ✘ Il risultato finale di un rilievo, effettuato col metodo GPS, è sostanzialmente rappresentato dalle coordinate tridimensionali di punti sulla superficie terrestre, in un sistema di riferimento geocentrico, fisso rispetto alla terra, convenzionalmente indicato con l'acronimo WGS84 (*World Geodetic System*);
- ✘ tale sistema è stato definito nel 1984, dal Dipartimento della Difesa degli U.S.A., sulla base dei dati geodetici disponibili in quella data.
- ✘ Al sistema è associato un ellissoide geocentrico

WGS84

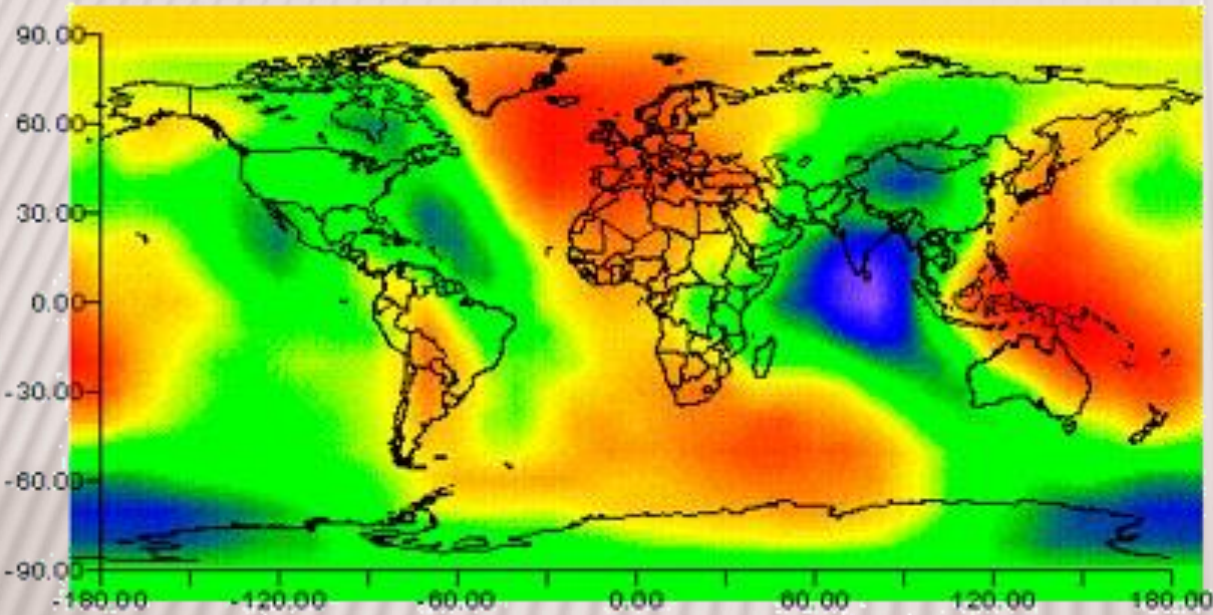
- ✘ Il centro e l'asse di rotazione dell'ellissoide coincidono rispettivamente con l'origine e l'asse Z del sistema cartesiano; quindi la posizione di un punto, determinata con osservazioni GPS, può essere espressa sia mediante le coordinate cartesiane (X,Y,Z) che con le coordinate ellissoidiche (f,l,h), rispettivamente latitudine, longitudine e quota ellissoidica.
- ✘ Il vantaggio di utilizzare questi sistemi di coordinate è la possibilità di esprimere gli elementi geodetici e le coordinate cartografiche di qualunque zona della Terra in un unico riferimento.
- ✘ Quindi il GPS supera uno dei grandi limiti dei metodi geodetici e topografici tradizionali nei quali le coordinate sono riferite ad un ellissoide nazionale, mentre la quota (ortometrica H) è riferita al geoide.
- ✘ Per la componente altimetrica, si pone un problema analogo: il GPS fornisce le *quote ellissoidiche* (rispetto all'ellissoide WGS84); invece, nel sistema geodetico si adottano le *quote ortometriche*, ossia l'altezza del punto rispetto al livello medio del mare, (definito per l'Italia dal mareografo di Genova).

AGGIORNAMENTI DEL SISTEMA WGS84

- ✘ Il WGS84 è periodicamente aggiornato. Le sue realizzazioni sono indicate con WGS84 (GXXX), dove G indica che le misure sono effettuate con il GPS e XXX indica la settimana GPS in cui la realizzazione è resa disponibile.
- ✘ Es. il WGS84 (G730) è corrisponde all'inizio della settimana GPS 730, cioè il 2 gennaio 1994.
- ✘ Inoltre vengono pubblicati i vettori velocità relativi ad ogni stazione, che hanno spostamenti orizzontali massimi dell'ordine di 7 cm/anno.

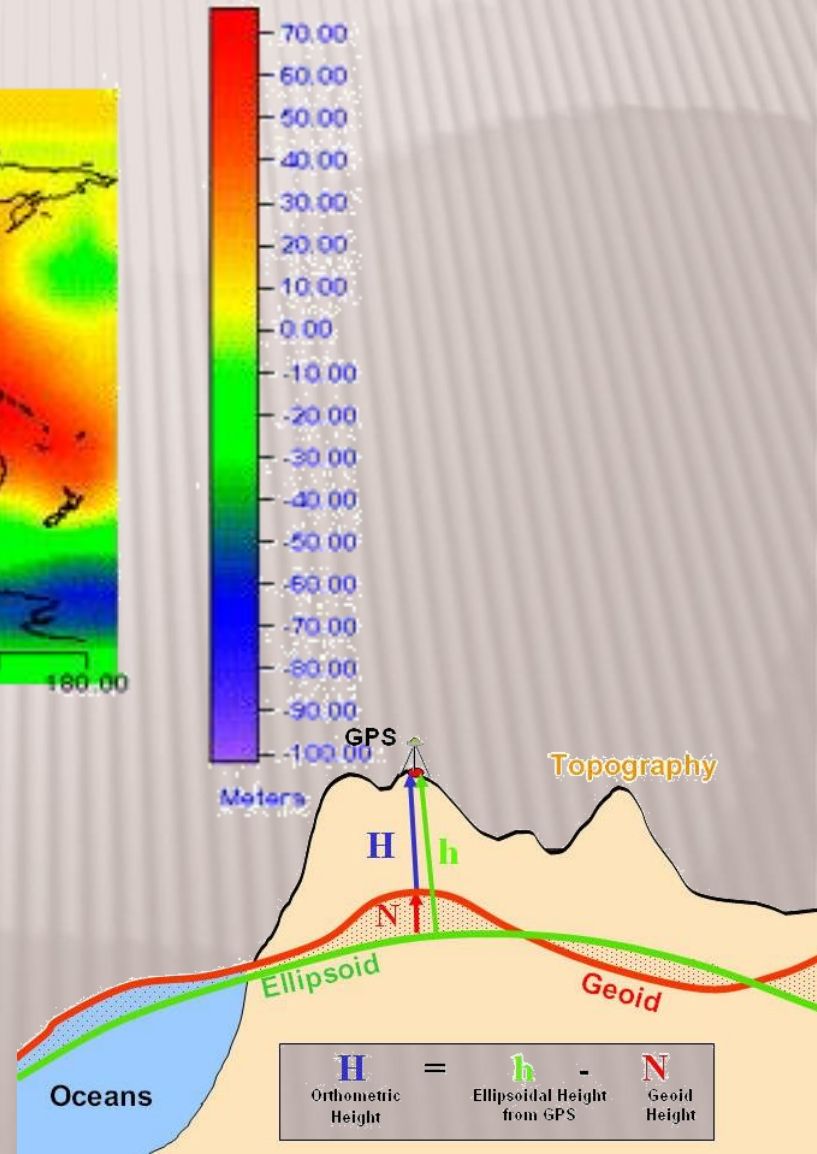
DIFFERENZE GEOIDE - WGS84

WGS-84 Geoid Height



From DMA 10 by 10 Degree Geoid Height Grid

Peter H. Data 11/05/95



$$H = h - N$$

Orthometric Height = Ellipsoidal Height from GPS - Geoid Height

QUOTA ORTOMETRICA E QUOTA ELISSOIDICA

- × Lo scostamento della superficie geoidica rispetto alla superficie ellissoidica rappresenta l'*ondulazione del geoide* N , che viene calcolata con diversi metodi, su scala globale, e raffinata, a livello locale, per tener conto di anomalie e dell'orografia. Quindi in un punto P l'ondulazione del geoide è la differenza tra la sua quota geodetica h e la corrispondente quota ortometrica H , ovvero sia:
$$N = h - H$$
- × L'ondulazione del geoide, naturalmente va rapportata all'ellissoide considerato; per avere un ordine di grandezza dello scostamento geoide-ellissoide WGS84 si fa presente che, in Italia, il valore è uguale a qualche decina di metri (circa 50 m).



APPLICAZIONI TERRESTRI

- ✘ Il GPS viene utilizzato anche frequentemente per scopi topografici e cartografici. In Italia esiste una rete di punti determinati dall'IGM chiamata **IGM95**, determinati con la precisione planimetrica di 2 cm e altimetrica di 4 cm.
- ✘ Solitamente per le applicazioni topografiche si usa un altro metodo per determinare la propria posizione con sufficiente precisione (la precisione di 10 metri, conseguibile nei normali ricevitori, è inaccettabile in topografia), ovvero la misura di fase dell'onda portante L1.
- ✘ Con metodi piuttosto complessi si arriva a una precisione anche di 2 ppm, ovvero 1 millimetro su un chilometro.

SISTEMI ALTERNATIVI AL GPS

- ✘ Il russo *Global Navigation Satellite System* (**GLONASS - ГЛОНАСС; ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система; Global'naja Navigacionnaja Sputnikovaja Sistema**) è stato impiegato solamente dai militari russi e sovietici, fino al 2007. Alcuni moderni smartphone, es l'iPhone dal 4S di Apple, presenta un'antenna in grado di ricevere sia i segnali GPS che GLONASS.
- ✘ La Cina ha realizzato il Sistema di posizionamento Beidou, per uso civile esteso a tutta l'Asia, ed il Sistema di navigazione **COMPASS** (2020).
- ✘ L'India ha pianificato il sistema di navigazione regionale **IRNSS**, che copre l'India e l'Oceano Indiano.
- ✘ L'Unione Europea ha quasi finito (2020) il completamento del sistema di posizionamento **Galileo**. Sarà estremamente performante (precisione del cm) e sarà indirizzato ad uso esclusivamente civile.

ALTRI SISTEMI DI POSIZIONAMENTO

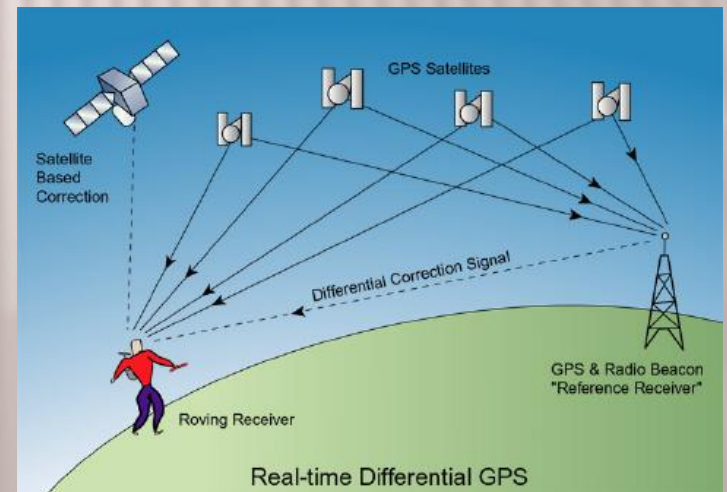


Giove-B, Galileo



IL GPS DIFFERENZIALE

- ✘ Il GPS differenziale è un sistema che permette di migliorare il posizionamento basato sul GPS. Questa tecnica si basa sulla costruzione di particolari combinazioni di osservazioni fra due ricevitori, ottenendo l'eliminazione di errori e di disturbi del segnale.



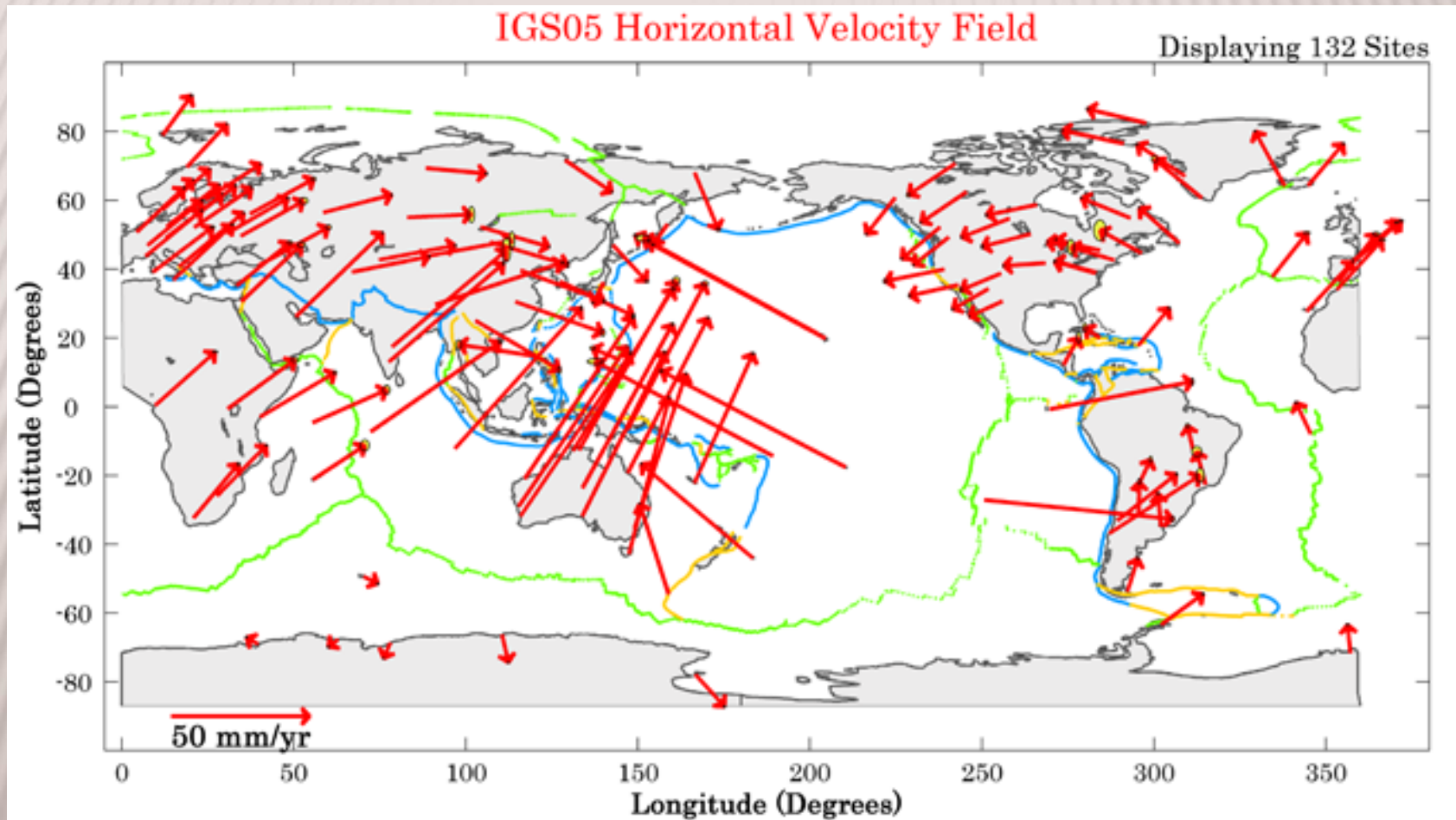
FUNZIONAMENTO DEL DGPS

- ✘ Oltre ad una “stazione mobile”, usa anche una “stazione di riferimento”;
- ✘ La stazione di riferimento è composta da un ricevitore GPS di altissima qualità, posto in un punto di coordinate note;
- ✘ Essa confronta la posizione determinata dal suo ricevitore GPS con quella attesa, calcola le correzioni per annullare la differenza e le diffonde tramite il proprio apparato radio-trasmittente;
- ✘ La stazione mobile riceve le correzioni e le applica al punto determinato autonomamente. La precisione aumenta notevolmente, fino ad arrivare a pochi metri;
- ✘ In cartografia e topografia, utilizzando strumenti e tecniche particolari, si raggiungono precisioni dell’ordine di pochi centimetri.

APPLICAZIONI COMUNI

- ✘ Le applicazioni più comuni di un sistema di posizionamento e navigazione satellitare GPS sono la navigazione assistita:
 - + **passiva**, con semplice rilevazione delle coordinate geografiche,
 - + **attiva**, con la possibilità, a partire dalla posizione locale, di ricevere indicazioni stradali o semplicemente seguire determinate rotte aeree e nautiche nella.
- ✘ Altre importanti applicazioni sono in caso di emergenza/soccorso ovvero segnalazioni incidenti, infortuni, incendi e come radionavigazione nelle tipiche attività sportive all'aria aperta (es. trekking, alpinismo, cicloturismo, podismo, vela, ecc...).

VELOCITÀ DELLE PLACCHE



MISURE GPS NEL MEDITERRANEO

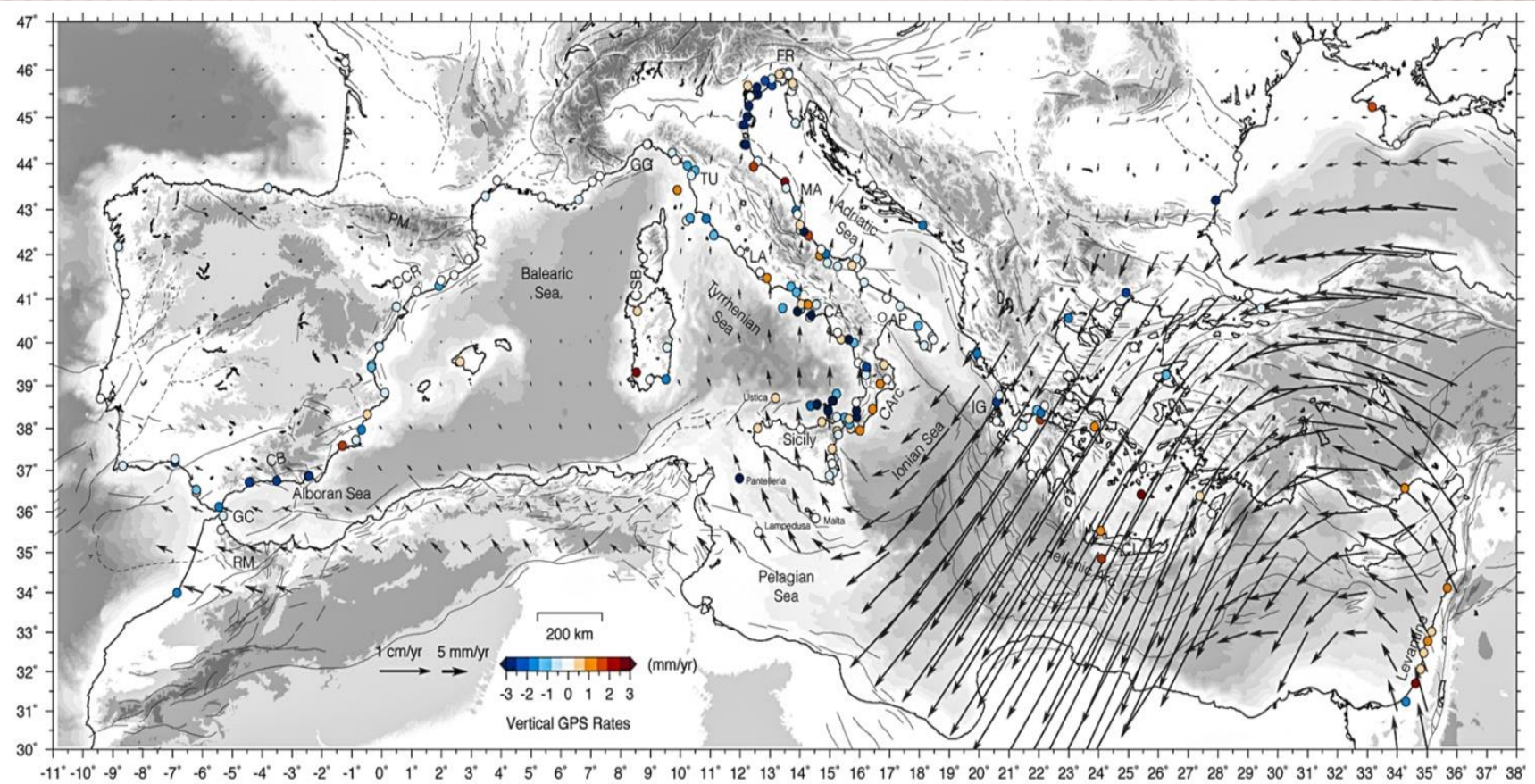
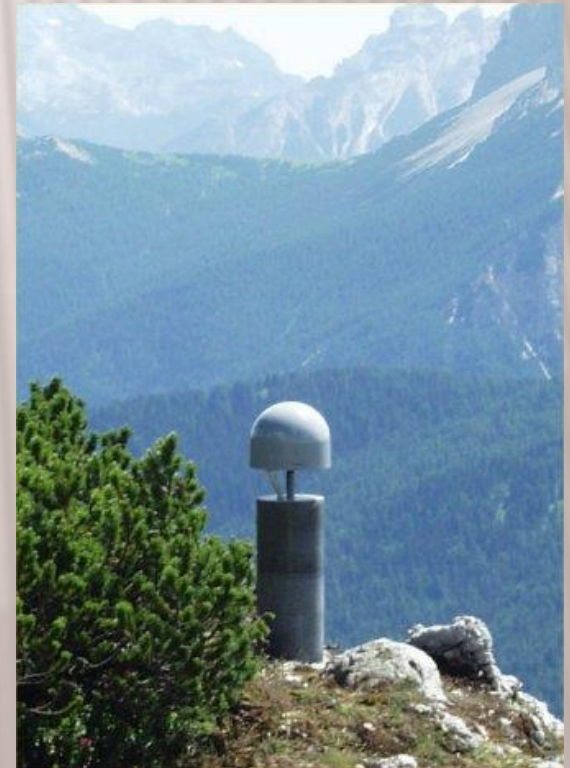
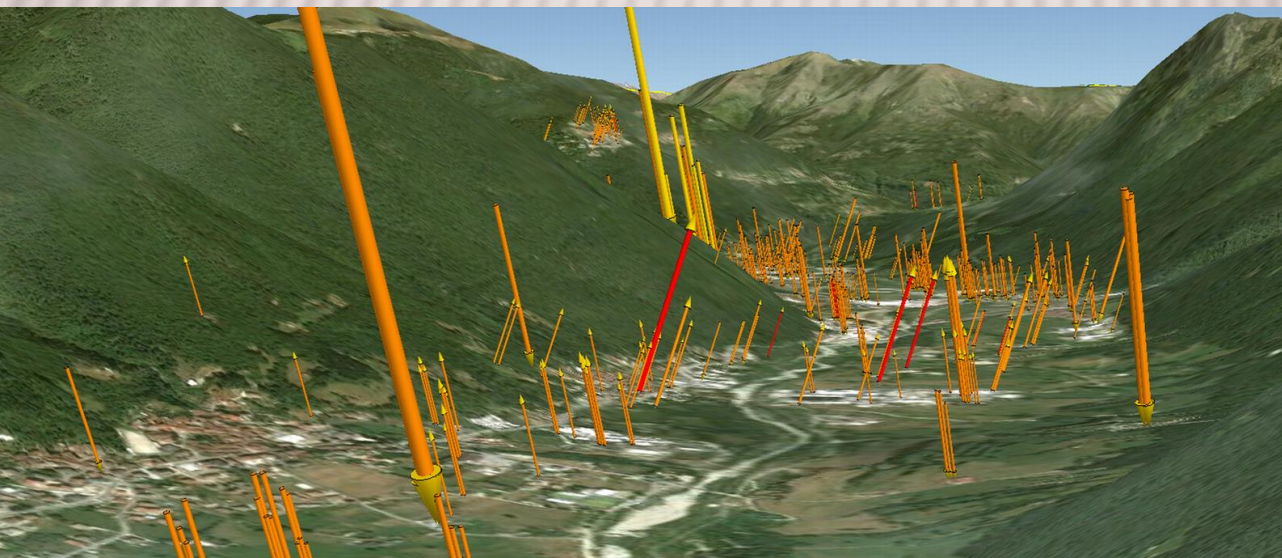


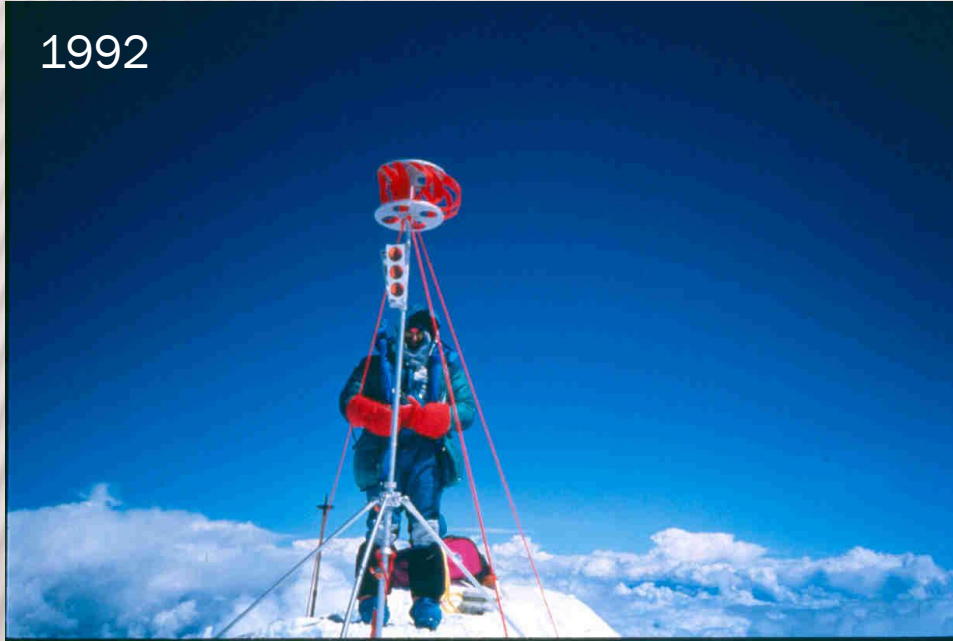
Fig. 8. Plot of the vertical velocities (coloured circles) of cGPS stations located less than 20 km from coastlines, together with a smoothed horizontal velocity field (with respect to a fixed Eurasian frame) interpolated over a regular grid. RM, Riff Mountains; GC, Gulf of Cadiz; CB, Cordillera Betica; CCR, Catalan Coastal Range; PM, Pyrenees Mountains; GG, Gulf of Genoa; TU, Tuscany; LA, Latio-Abruzzi; CA, Campania; CArc, Calabrian arc; AP, Apulia; MA, Marche-Abruzzi; FR, Friuli; IG, Ionian Greece; CI, Crete.

GPS NELLE SCIENZE DELLA TERRA



GPS ED ALTIMETRIA DELL'EVEREST

1992



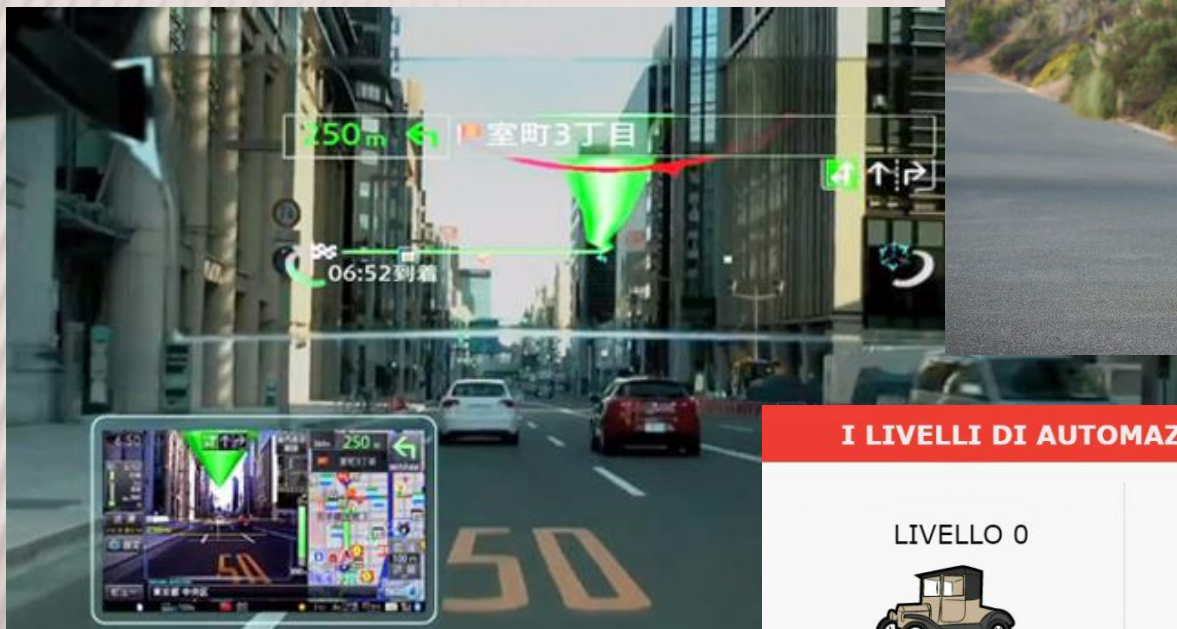
2004



Foto: K. Unterkirker



GUIDA SENZA PILOTA



I LIVELLI DI AUTOMAZIONE DELLE AUTO A GUIDA AUTONOMA

LIVELLO 0



Non ci sono prestazioni autonome

LIVELLO 1



Possono gestire un compito per volta, per esempio la frenata automatica

LIVELLO 2



Veicoli con almeno due funzioni automatizzate

LIVELLO 3



Gestiscono alcune "funzioni di guida dinamica", ma possono comunque richiedere un intervento da parte dell'uomo

LIVELLO 4



Auto senza pilota in alcuni ambienti (per esempio in autostrada)

LIVELLO 5



Auto a guida completamente autonoma, che non richiedono la presenza del guidatore

GPS E DRONI



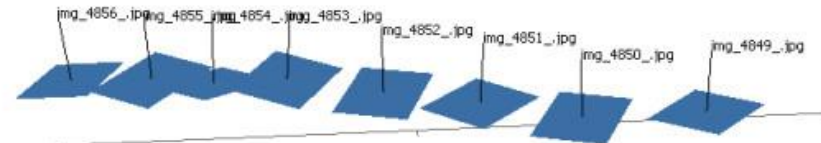
FLIGHT DATA FLIGHT PLAN SPIRAL SETUP CONFIGURING SIMULATOR TERMINAL HELP DONATE

Distance: 0.789 km
 Prev: 522.46 m AZ: 67
 Home: 452.84 m

Waypoints

WP	Radius	Order	Priority	Default Alt	Absolute Alt	Verify Height	Add Settings	Alt	Home				
1	WAYPOINT	0	0	0	35.9407028	117.8277898	100	X	Up	Down	0.0	194.0	7
2	WAYPOINT	0	0	0	35.9405786	117.8265410	100	X	Up	Down	0.0	199.7	215
3	WAYPOINT	0	0	0	35.9417229	117.8261612	100	X	Up	Down	0.0	143.2	215
4	WAYPOINT	0	0	0	35.9428386	117.8259873	100	X	Up	Down	0.0	145.1	149
5	WAYPOINT	0	0	0	35.9427716	117.8278832	100	X	Up	Down	0.0	194.9	14

Home Location
 Lat: 35.9415229
 Long: 117.8277843
 Alt: 452.84

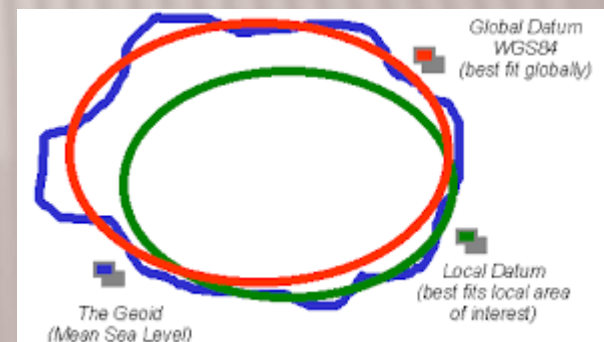


Nuovi sistemi di riferimento

IL GPS E LA CARTOGRAFIA

ETRF2000 (2008.0) – PERCHÉ?

- ✘ Sulla G.U. n.48 del 27 febbraio 2012 è stato pubblicato il DM con cui è stato adottato un nuovo sistema di riferimento denominato ETRF2000.
- ✘ In 100 anni 4 sistemi:
 - + Roma40 (Gauss-Boaga o Monte Mario)
 - + ED50 (European Datum 1950 o UTM)
 - + ETRF89 (WGS84) – European Terrestrial Reference Frame 1989
 - + ETRF2000 (2008.0)



PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI

DECRETO 10 novembre 2011

Adozione del Sistema di riferimento geodetico nazionale.

(Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27/02/2012 - Supplemento ordinario n. 37).

IL MINISTRO PER LA PUBBLICA AMMINISTRAZIONE E L'INNOVAZIONE

di concerto con

IL MINISTRO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

Visto il decreto legislativo 7 marzo 2005, n. 82, recante Codice dell'amministrazione digitale, così come modificato con il decreto legislativo 30 dicembre 2010, n. 235;

Visto, in particolare, l'art. 59, comma 5, del decreto legislativo 7 marzo 2005, n. 82, e successive modificazioni, che demanda ad uno o più decreti la definizione, tra l'altro, delle regole tecniche per la formazione, la documentazione e lo scambio dei dati territoriali detenuti dalle singole amministrazioni competenti;

Visto il decreto legislativo 30 marzo 2001, n. 165, e successive modificazioni;

Visto il decreto legislativo 24 gennaio 2006, n. 26, attuativo

IGM95 ED ETRF89

- ✘ Per oltre 10 anni la rete IGM95 ha materializzato (con una rete di circa 1200 punti, ogni 20 km) il Sistema Globale in Italia, consentendo di sfruttare a pieno le potenzialità del GPS
- ✘ Basata su 9 stazioni EPN (EUREF Permanent Network)
- ✘ La precisione delle stazioni EPN è di 2,5 cm in planimetria, 4 cm in quota

LA RETE ITALIANA



Rete IGM95



Rete Dinamica Nazionale
(RDN)



EUREF Permanent Network

EPN CB HOME

EUREF PERMANENT NETWORK



ORGANISATION	NETWORK & DATA	PRODUCTS & SERVICES	DOCUMENTATION	NEWS, EVENTS & LINKS
About Components Working groups Management Contributors Collaborations Site map	Station list Maps Tracking status Data access Proposed stations Station log submission Station picture submission	Data analysis Daily/weekly positions Positions & velocities Tropospheric delays ETRF/ITRF transformation Position time series Satellite orbit & clock correction streams	Formats Guidelines Equipment & calibration Papers FAQ	News Mails Calendar Workshops FTP server Web history Links

WELCOME !

EUREF PERMANENT NETWORK

The European Terrestrial Reference System 89 (ETRS89) is used as the standard precise GPS coordinate system throughout Europe. Supported by EuroGeographics and endorsed by the EU, this reference system forms the backbone for all geographic and geodynamic projects on the European territory both on a national as on an international level.



The ETRS89 is maintained by the IAG sub-commission EUREF and it is accessed through the EUREF Permanent Network (EPN), a science-driven network of continuously operating GPS reference stations with precisely known coordinates in the ETRS89.

All contributions to the EPN are voluntary, with more than 100 European agencies/universities involved, and the reliability of the network is based on redundancy and extensive guidelines guaranteeing the quality of the raw GPS data to the resulting station positions. Next to its key role in the maintenance of the ETRS89, the EPN data are also used for a wide range of scientific applications such as the monitoring of ground deformations, sea level, space weather and

numerical weather prediction.
[Download EPN flyer.](#)

EPN CENTRAL BUREAU

This web site is part of the EPN Central Bureau Information System, providing both EPN member organizations and the public with information about the EPN organization, the EPN network of stations,

QUICK LINK TO SITE INFORMATION

LAST UPDATED/NEW PAGES

- 2015-10-27 : [Minutes](#) of the 9th EUREF LAC Workshop have been added.
 - 2015-03-17 : The [guidelines](#) for the EPN Data Centres & EPN Broadcasters have been updated.
 - 2015-03-12 : "GNSS Data" section modified in the individual station web pages (e.g. BRUX).
- [More ...](#)

NEWS

- 2015-11-09 : [New EPN station PASA00ESP](#)
 - 2015-11-09 : [New EPN station GRAC00FRA](#)
 - 2015-09-28 : [New EPN station KNJA00SRB](#)
- [More ...](#)

JOB OPPORTUNITIES

- 2015-09-27 : [Postdoc position in the research area Reference Systems at DGFI](#)
- 2015-09-16 : [Post-doctoral position at SYRTE/Observatoire de Paris](#)

NEXT MEETINGS

- [Simposio SIRGA 2015 y VII Escuela SIRGAS es Sistemas de Referencia](#)
- 2015-11-16/2015-11-20

NETWORK & DATA > MAPS

INTERACTIVE MAP

Legend

Station status (active, inactive, former) ▾

Active Inactive Former

Locate station on map

- Select a station - ▾

Station criteria selection

Receiver manufacturer: AOA ASHTECH JAVAD ▾

Antenna manufacturer: 3S NAVIGATION AOA ASHTECH ▾

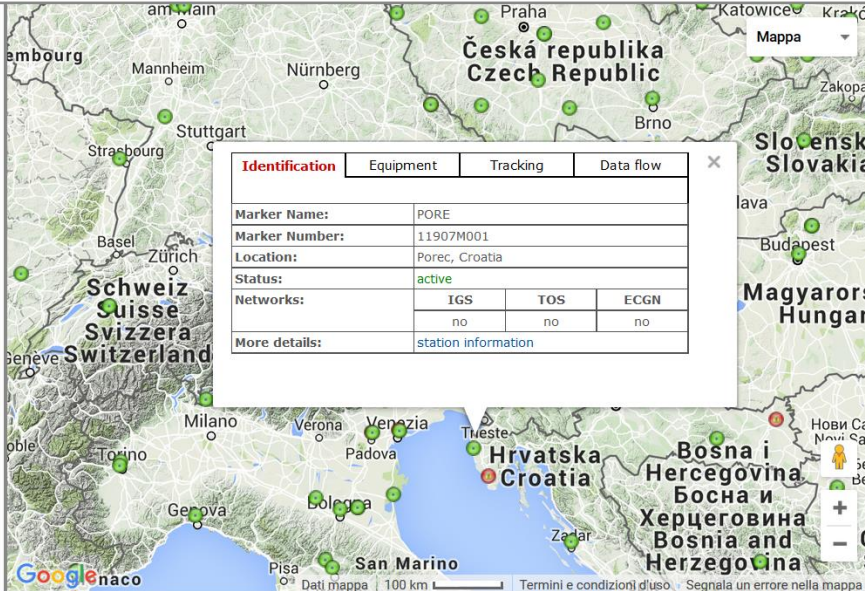
Satellite system: GPS GLONASS GALILEO ▾

Status: ACTIVE INACTIVE FORMER ▾

Data: DAILY HOURLY REAL-TIME ▾

hold down CTRL for multiple selection

Update map



DOWNLOADABLE MAPS

	Station labels					
	with		without			
Daily data availability - during the last 28 days (at least 90%, between 80% and 89%, less than 80%)	PNG	PDF	PS	PNG	PDF	PS
Hourly data latency - below 10 minutes during the last 7 days (at least 90%, between 80% and 89%, less than 80%)	PNG	PDF	PS	PNG	PDF	PS
Tracking network	PNG	PDF	PS	PNG	PDF	PS
Stations submitting hourly data	PNG	PDF	PS	PNG	PDF	PS
Stations making available meteo data	PNG	PDF	PS	PNG	PDF	PS
Stations belonging to the IGS network	PNG	PDF	PS	PNG	PDF	PS
Stations participating to the TIGA pilot project	PNG	PDF	PS	PNG	PDF	PS

ETRF2000

- ✘ Il sistema è materializzato in Italia dalla Rete Dinamica Nazionale (RDN), costituita da 100 punti permanenti GPS;
- ✘ Le stazioni sono localizzate prevalentemente in zone tettonicamente e morfologicamente stabili, a distanze tra 100 e 150 km;
- ✘ Sono incluse 13 stazioni EUREF (incluse anche stazioni ASI, INGV, ecc)
- ✘ Precisione di 1 cm in planimetria e 1,5 cm in quota

IMPATTO DEL SISTEMA

- ✘ Non si tratta di un vero e proprio cambio di sistema, ma di un cambio della realizzazione nell'ambito dello stesso sistema
 - + Da ETRF89 a ETRF2000
- ✘ La rete IGM95 è stata ricalcolata per mezzo di un forte collegamento con l'RDN
- ✘ Oggi ci sono oltre 4000 punti statici (dato 2008) della rete IGM95, collegata con la rete dinamica

LA RETE ETRF2000



La stazione permanente dell'IGM

Rete Dinamica Nazionale



Collegamento IGM95
RDN

DIFFERENZE TRA ETRF2000 ED ETRF89

ETRF2000-ETRF89	Latitudine	Longitudine	h Ellissoidica		
Differ. media (val. ass.)	0.0016''	4.9 cm	0.0011''	2.6 cm	5.4 cm
Differenza massima	0.0038''	11.4 cm	0.0056''	12.8 cm	22.0 cm