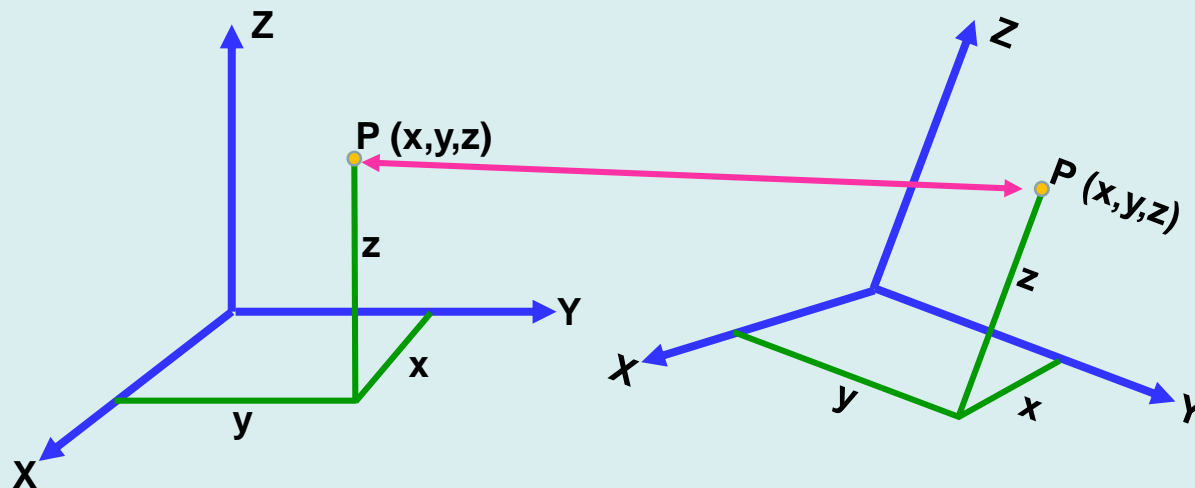
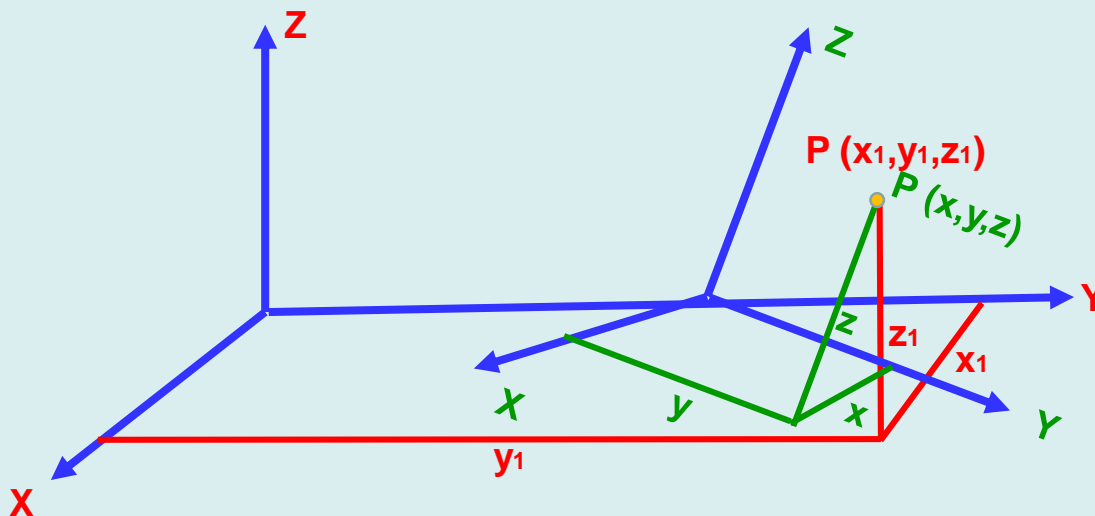


Sistemi di riferimento e posizione di un punto

Diversa posizione spaziale di un punto di date coordinate $P(x,y,z)$ in funzione del sistema di riferimento adottato



Diverse coordinate di un punto di data posizione spaziale in funzione del sistema di riferimento adottato



Sistemi di riferimento geodetici

Per definire la posizione dei punti sulla superficie terrestre (e quindi permetterne la rappresentazione cartografica) è necessario definire un sistema di riferimento per le coordinate (planimetriche e altimetriche).

Il sistema di riferimento può essere:

locale (relativo ad una porzione limitata della superficie terrestre)

globale (relativo a tutta la superficie terrestre).

Il sistema di riferimento per le coordinate planimetriche viene stabilito tramite la definizione di un **Datum planimetrico (o geodetico)** (locale o globale).

Il sistema di riferimento per le quote viene stabilito tramite la definizione di un **Datum altimetrico** (locale o globale).

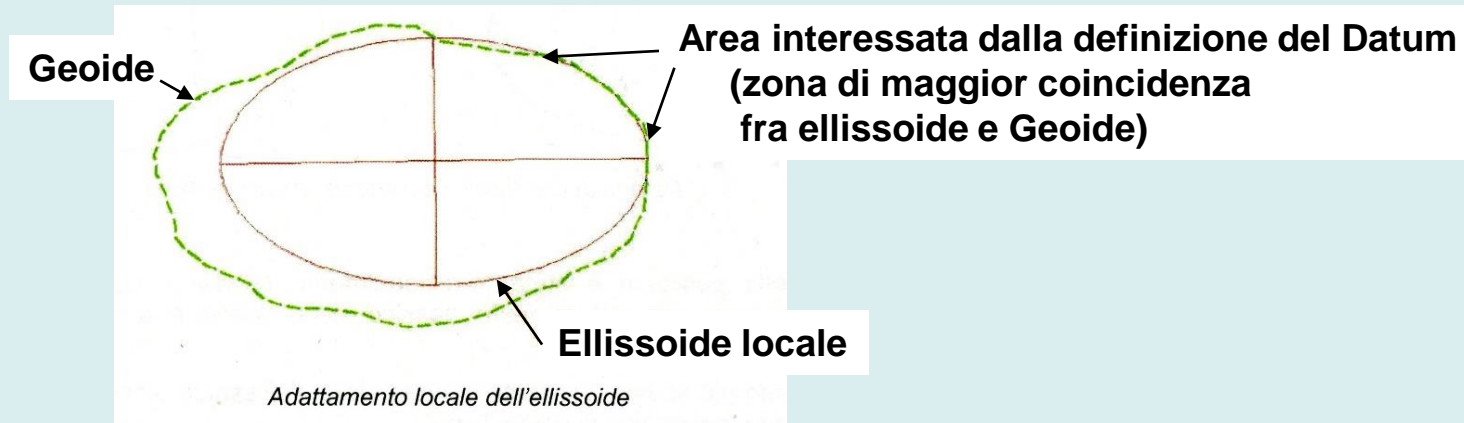
Datum planimetrico locale:

Il Datum planimetrico locale è un insieme di parametri che definiscono:

- 1) Il tipo di **ellissoide** (semiassi a e b)
- 2) L'**orientamento (posizionamento) dell'ellissoide** in modo che coincida il più possibile con il **Geoide** nell'area di interesse

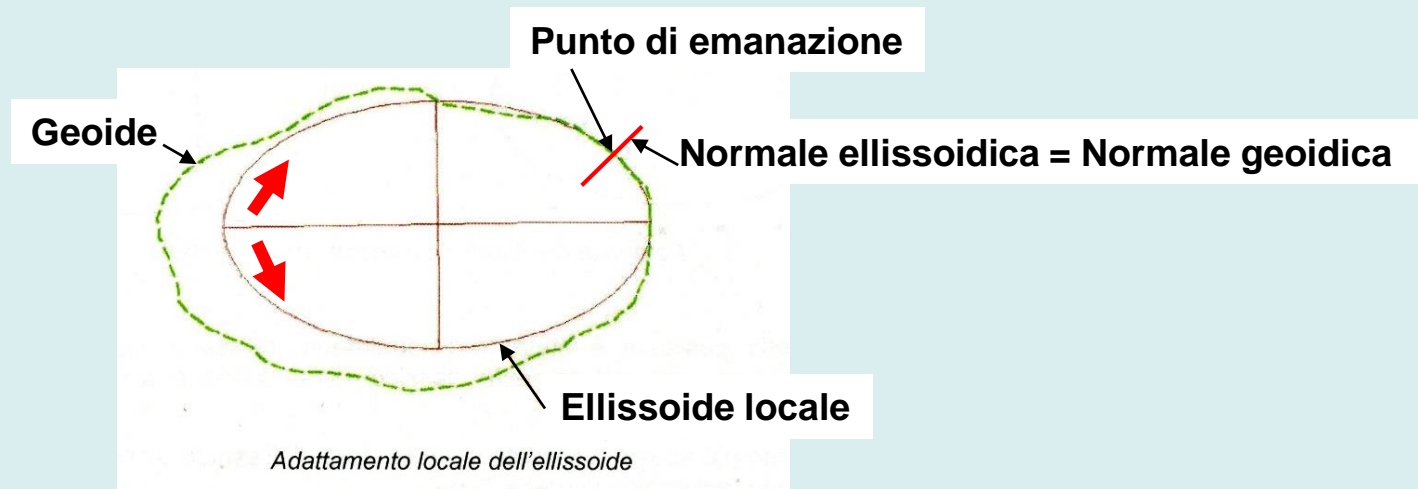
1) Tipo di ellissoide.

Viene scelto l'ellissoide fra quelli più recenti (all'epoca della definizione del Datum) che, quando opportunamente orientato, meglio si adatta al **Geoide** nell'area considerata (nazione o gruppo di nazioni).



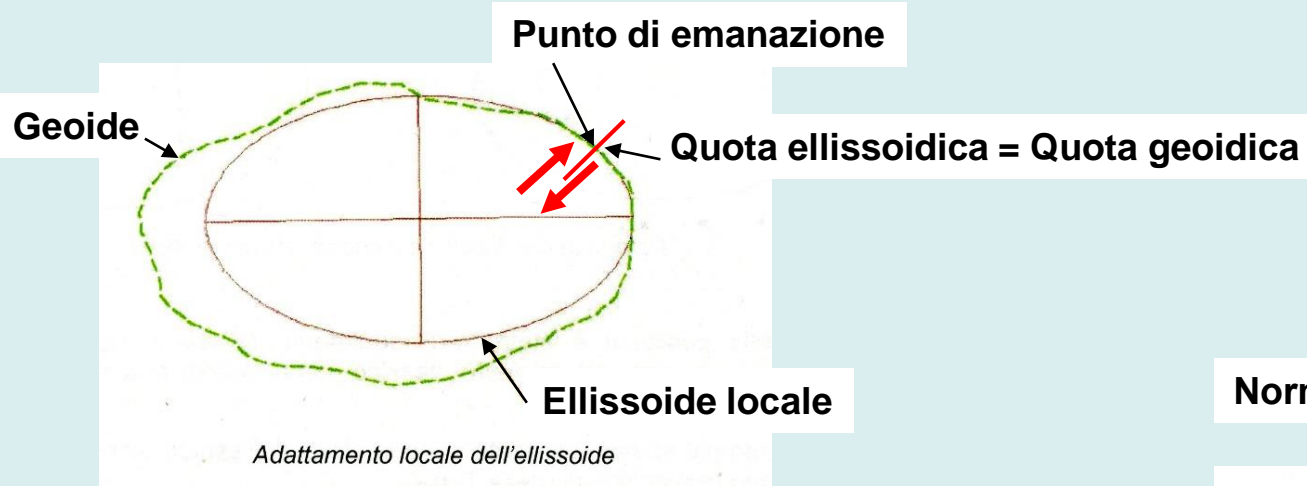
2) Orientamento (posizionamento) dell'ellissoide sulla superficie terrestre che viene effettuato in corrispondenza di un punto (punto di emanazione) in posizione centrale nell'area di interesse

- a) La normale all'ellissoide nel punto di emanazione (verticale vera o normale ellissoidica) deve essere coincidente con la verticale al geoide (verticale del filo a piombo o normale geoidica).



Questa condizione blocca l'inclinazione dell'ellissoide rispetto al geoide.

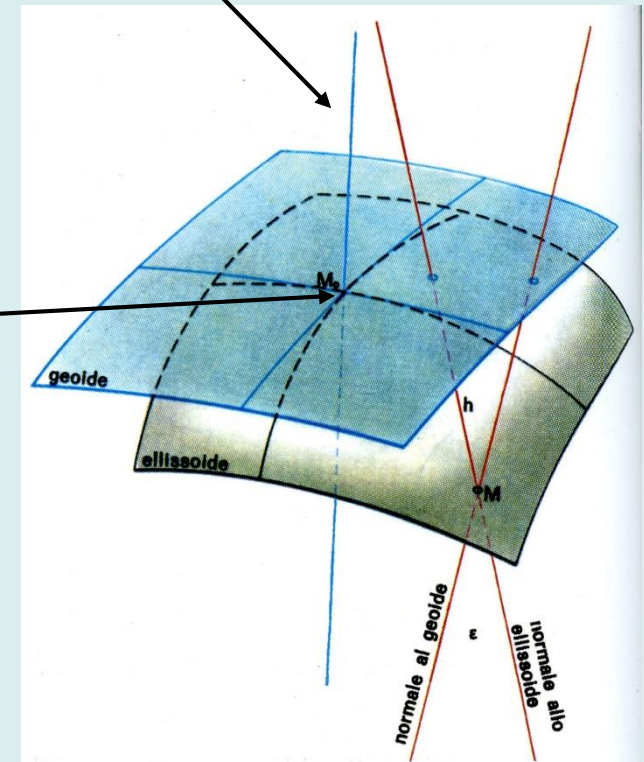
b) La quota dell'ellissoide nel punto di emanazione deve coincidere con la quota del geode (ellissoide e geode sono tangenti nel punto di emanazione).



Questa condizione blocca l'altezza dell'ellissoide rispetto al geode.

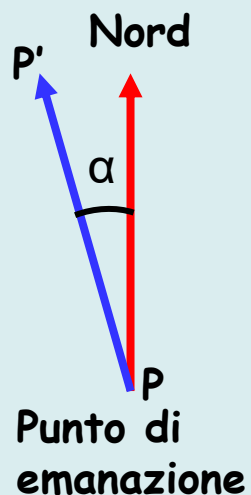
Punto di emanazione
(tangenza fra ellissoide e geode)

Normale all'ellissoide e al geode



c) La direzione del meridiano ellissoidico che passa per il punto d'emanazione deve essere coincidente con la direzione del meridiano astronomico (deve avere direzione N-S).

Operativamente, si misura l'angolo azimutale (orizzontale) che una direzione fra due punti sul terreno (di cui uno è il punto di emanazione) forma con la direzione del nord astronomico (direzione che deve avere il meridiano ellissoidico).



Il meridiano dell'ellissoide che passa per il punto di emanazione P e che deve avere direzione N-S, forma l'angolo azimutale α con la direzione dell'allineamento P-P'.

Es. Datum "Roma 40"
Ellissoide di Hayford (o Internazionale)
Punto di emanazione Monte Mario (Roma)
Azimut da M. Mario verso M. Soratte
(45 km a nord di Roma) = $6^{\circ} 35' 00,88''$



Questa condizione blocca la direzione dell'ellissoide rispetto al geoide.

Riassumendo

1) Scelta dell'ellissoide

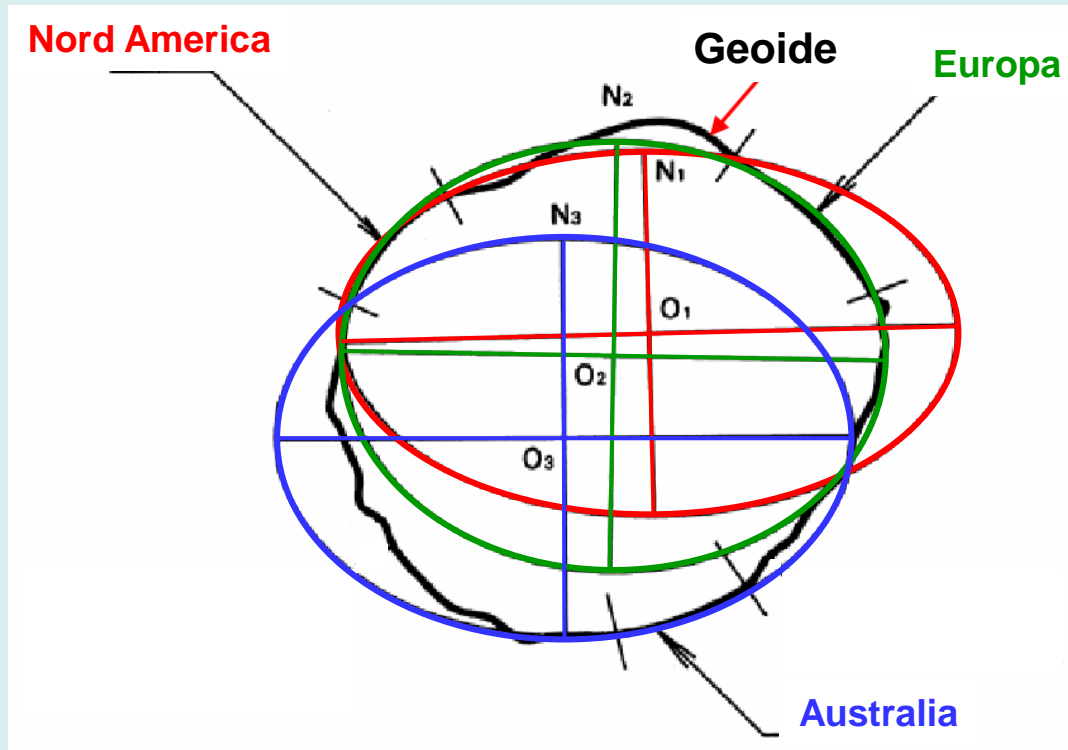
2) Posizionamento dell'ellissoide

- a) Coincidenza fra verticale geoidica e verticale ellissoidica
- b) Coincidenza fra quota geoidica e quota ellissoidica
- c) Definizione della direzione del meridiano ellissoidico

Datum che utilizzano ellipsoidi diversi e/o diversamente orientati sono Datum (e quindi sistemi di riferimento) diversi.

E' sempre necessario specificare il Datum quando si utilizzano o si assegnano coordinate di punti, in quanto un punto ha coordinate diverse in riferimento a Datum diversi.

Sulla superficie terrestre esistono più di 200 Datum planimetrici locali diversi



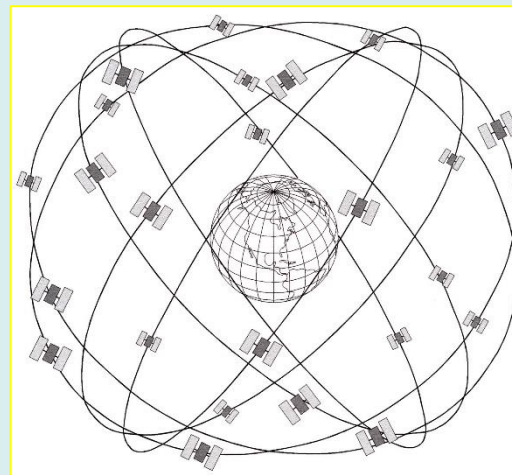
Considerazioni: l'asse minore dell'ellissoide non coincide con l'asse di rotazione terrestre e non passa per il centro della Terra.

I **GNSS** (*Global Navigation Satellite System*) Sistema Satellitare Globale di Navigazione

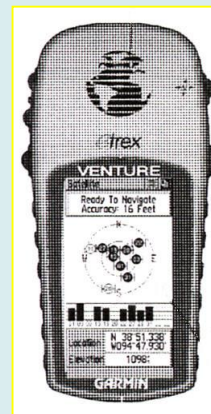
Sistemi che consentono di definire la posizione di punti sulla superficie terrestre tramite i segnali inviati da un insieme di satelliti costantemente in orbita attorno alla Terra

Il sistema è composto da:

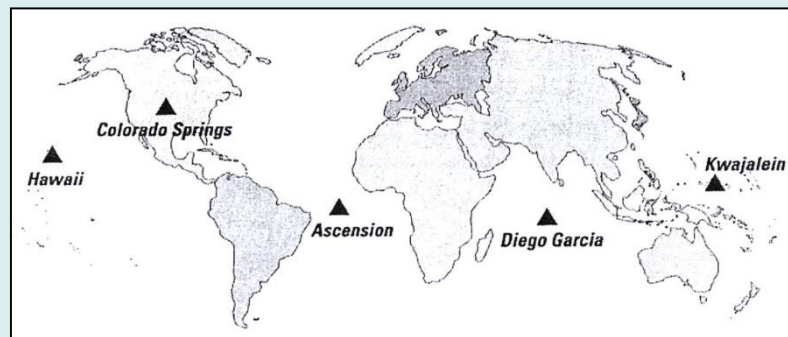
1. Sezione orbitante
(satelliti)



2. Sezione terrestre
(ricevitore)



3. Sezione di controllo
(stazioni a terra)



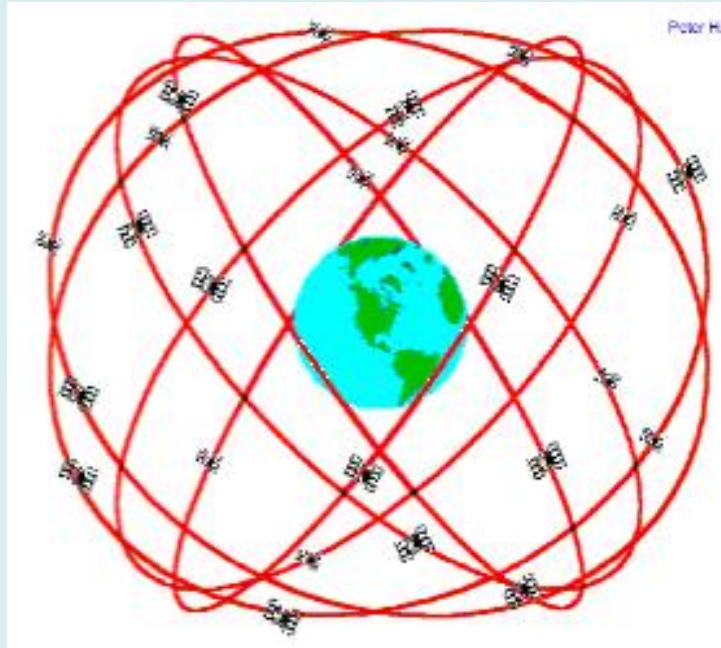
I principali Sistemi satellitari

NAVSTAR GPS

NAVigation Satellite Time And Ranging Global Positioning System (USA)

Iniziato nel 1973, dal 1991 esteso ad usi civili (dal 2000 non criptato).
32 satelliti (24 in uso ed 8 di riserva) disposti su 6 differenti piani orbitali (4 per ogni piano), inclinati di 55° sul piano equatoriale, ad una quota di 20.200 km . Orbita in 11h 58min 2s.

Il GPS è il primo sistema satellitare di navigazione e ancora il più usato nel mondo.



GLONASS

Global'naja **NA**vigacionnaja **S**putnikovaja **S**istema (Federazione Russa)

Pienamente operativo dal 2012.

31 satelliti (24 operativi) disposti su tre piani orbitali (otto satelliti su ogni piano), inclinati di $64,8^\circ$ sul piano equatoriale, ad una quota di 19100 km. I tre piani sono separati di 120° ed i satelliti di uno stesso piano distanziati 45° tra loro. Orbita in 11 ore e un quarto.

Beidou (Lett: Mestolo del Nord. Grande Carro o Orsa Maggiore) (Rep. Pop. Cinese)

Attualmente operativo sul territorio cinese e aree limitrofe (Area del Pacifico).

Copertura globale (30-35 satelliti) prevista per il 2020.

Galileo (Europa)

Entrata in servizio prevista per la fine del 2019. Previsti 30 satelliti (18 attivi nel dicembre 2016) orbitanti su 3 piani inclinati rispetto al piano equatoriale terrestre di circa 56° e ad una quota di 23.222 km.

Principio di funzionamento

Misurazione del tempo impiegato da un segnale radio a percorrere la distanza satellite-ricevitore

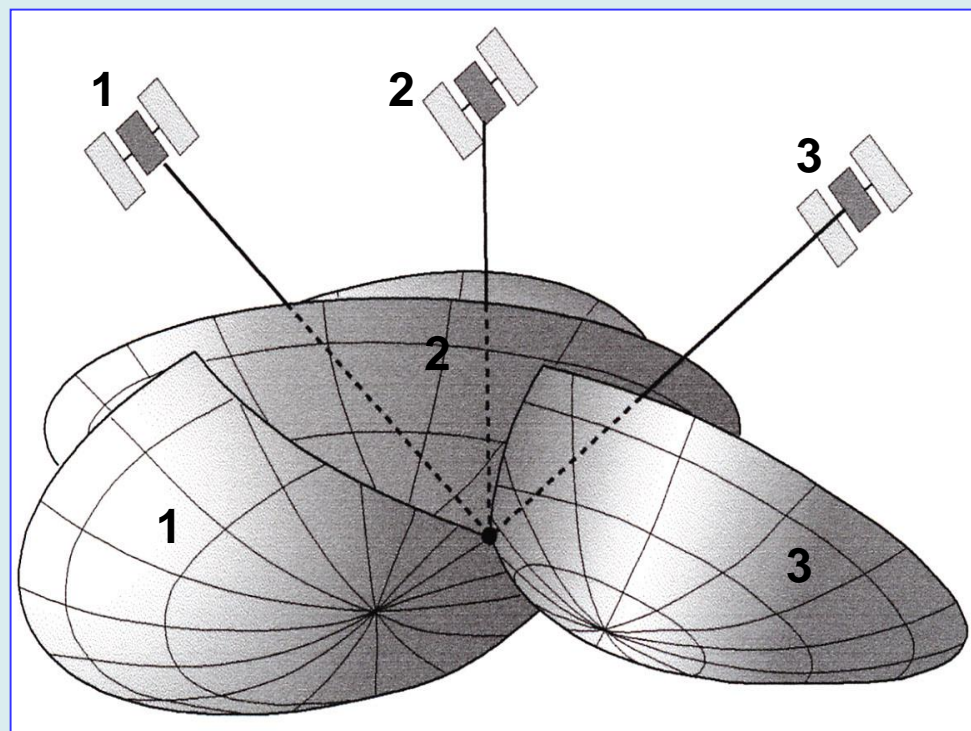
Velocità di spostamento del segnale radio: 300.000 km/sec (nel vuoto)

Distanza del satellite $D = T \times V$

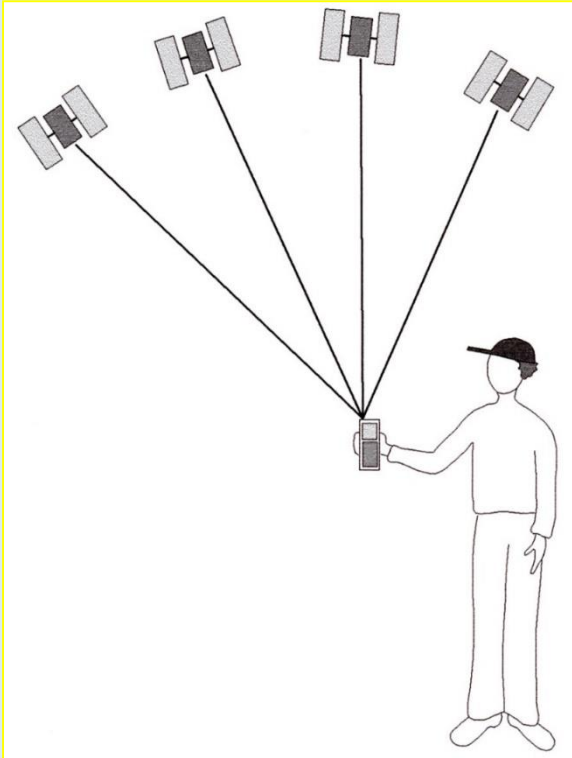
Una singola misura definisce una superficie sferica con al centro il satellite e con il raggio uguale alla distanza misurata.

Due misure definiscono due superfici sferiche che intersecandosi definiscono una circonferenza.

Tre misure definiscono tre superfici sferiche che intersecandosi definiscono il punto.



Un quarto satellite è necessario per correggere l'errore di sincronismo fra satellite e ricevitore.

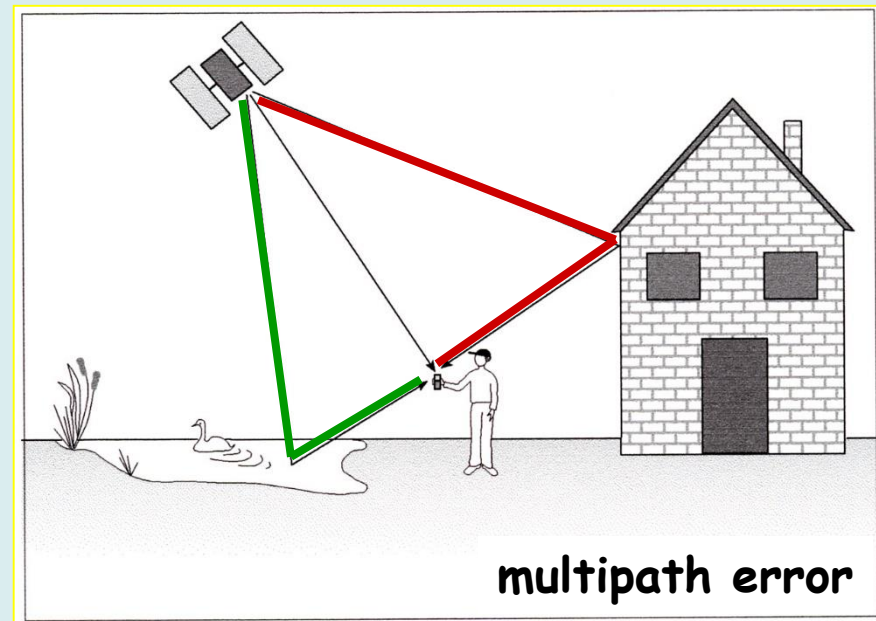
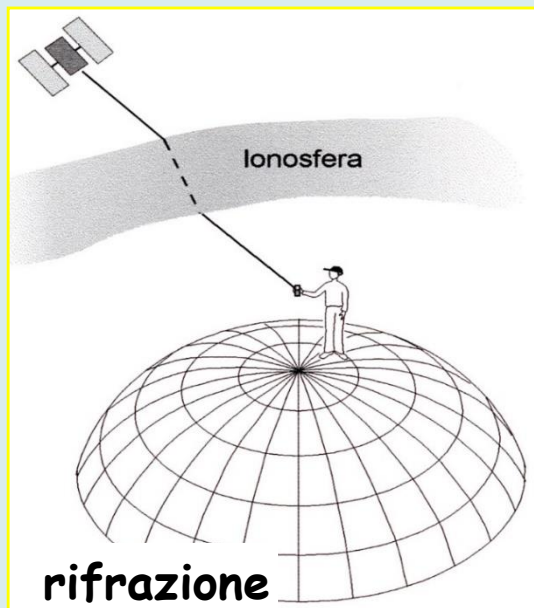


La posizione planimetrica e altimetrica di un punto è definita con riferimento all'ellissoide. Quindi la quota (quota ellissoidica) deve essere corretta in base all'ondulazione geoidica per essere riferita al geoide.

Precisione del sistema GPS "normale" (qualche metro)

Dipende da:

- . numero e posizione dei satelliti "visibili" dal ricevitore
- . rifrazione dei segnali satellitari attraverso la ionosfera
- . impedimenti naturali o antropici alla ricezione dei segnali
- . errore multipercorso (multipath error)

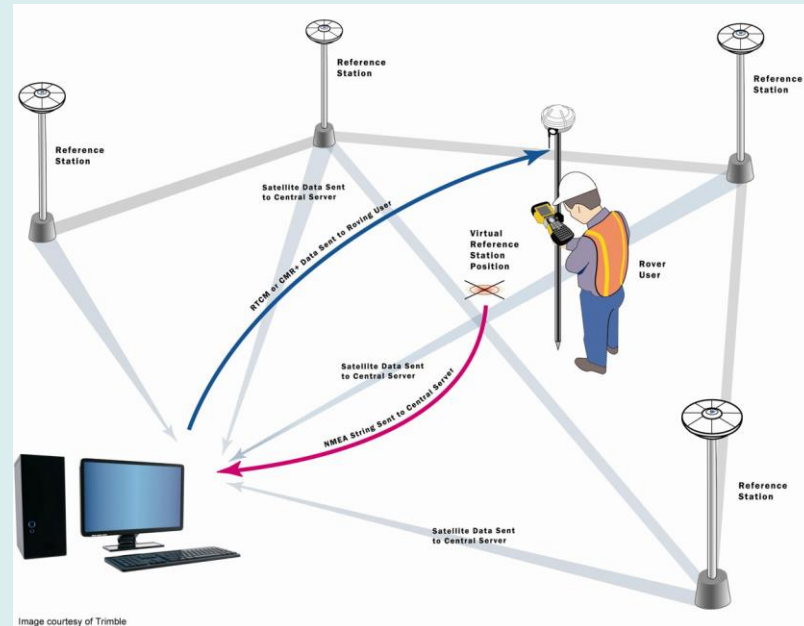


Il GPS differenziale (basato su una rete GPS) (errore con misurazione statica prolungata: <1 cm)

Rete GPS:

Insieme di 4 o più stazioni GPS fisse e permanenti, omogenee per precisione e qualità, collegate fra di loro e la cui posizione è definita con la precisione del cm.

I ricevitori della rete GPS ricevono i segnali dai satelliti e calcolano gli errori nella posizione definita dai satelliti. Questi errori vengono trasmessi ai ricevitori mobili che utilizzano l'informazione per correggere le distanze satellitari.



Definizione di un Datum planimetrico globale

- 1) Il tipo di ellissoide globale geocentrico (semiassi a e b)
- 2) L'orientamento (posizionamento) dell'ellissoide globale

1) Tipi di ellissoide globale

World Geodetic System (U.S. Department of Defense)

WGS60 WGS66 WGS72 WGS84

Geodetic Reference System (Intern. Union of Geodesy and Geophysics (IUGG))

GRS80

GRS80 (1980)	6378,137	6356,752314140	1/298,257222...
WGS84 (1984)	6378,137	6356,752314245	1/298,257223...

Diff.= 0,105 mm

2) Orientamento (posizionamento) dell'ellissoide globale

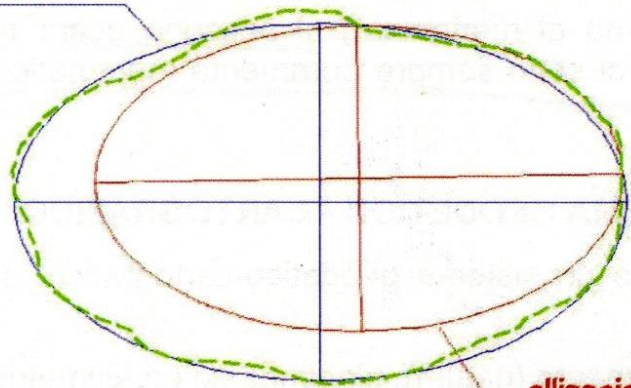
Centro nel baricentro terrestre (sistema geocentrico)

Asse Z coincidente con l'asse di rotazione terrestre

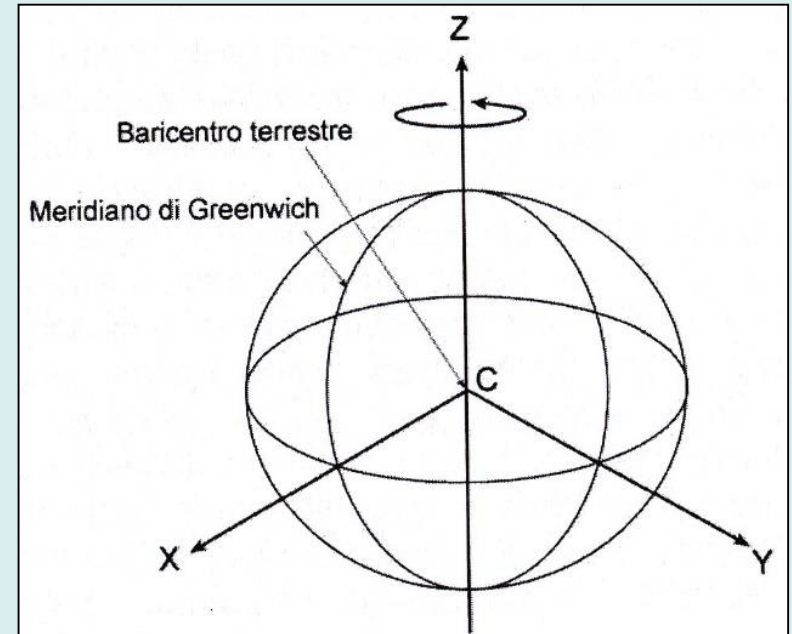
Asse X definito dall'intersezione del piano equatoriale con il meridiano di Greenwich

Asse Y a 90° dagli assi precedenti

ellissoide geocentrico



ellissoide locale

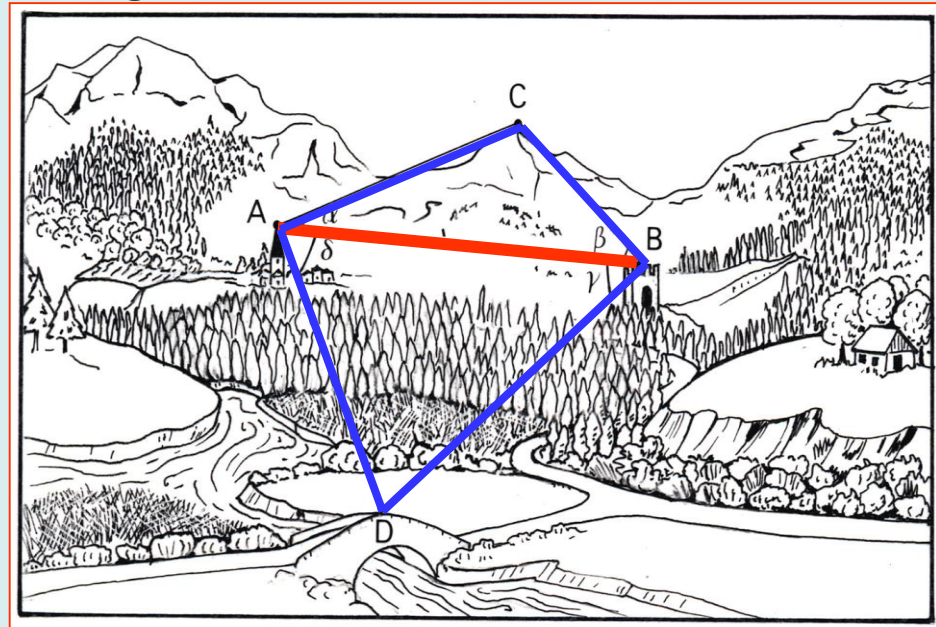
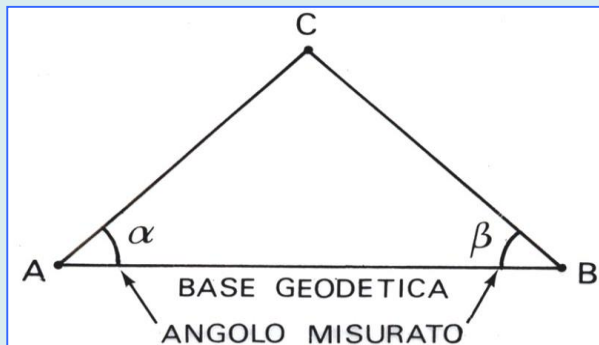


Il sistema geodetico globale viene utilizzato come sistema di riferimento sia nella gestione dei GNSS (*Global Navigation Satellite System*), che nei campi della Geodesia e Cartografia.

Realizzazione (materializzazione) di un Datum planimetrico

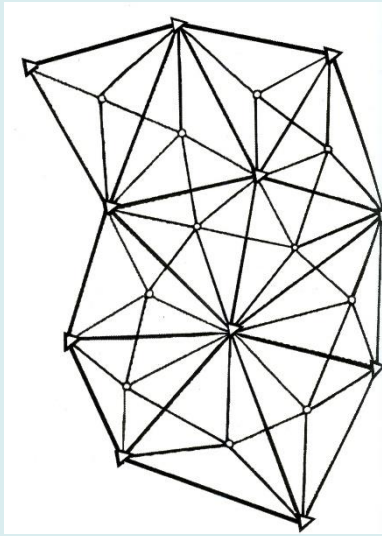
Individuazione di un insieme fisico di punti sulla superficie terrestre, di cui vengono misurate le posizioni, ovvero assegnate le coordinate planimetriche (e altimetriche) relativamente al Datum (tipo e orientamento dell'ellissoide). Questo insieme di punti, definiti 'Vertici trigonometrici', prende il nome di «rete di inquadramento» o «rete geodetica».

La prima Rete geodetica italiana (di I°, II°, III° e IV°) è stata realizzata (fra il 1862 e il 1919) mediante «triangolazione» costituita da misure dirette sul terreno di distanze ed angoli.



Nella realizzazione della prima rete geodetica italiana sono state definite mediante "triangolazione" le coordinate planimetriche (ed altimetrica) di 30.000 punti trigonometrici (vertici dei triangoli).

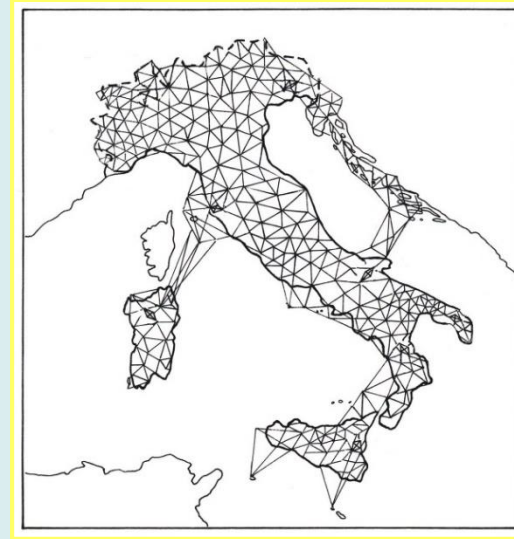
Rete di I° (Δ) e II° (O) ordine



Materializzazione di un Punto trigonometrico sul terreno



Rete geodetica italiana di I° ordine



Rappresentazione di un Punto trigonometrico sulla carta



1940 Ridefinizione (Ellissoide di Hayford, orientato a Roma «M.Mario»)

1950 Ridefinizione (Ellissoide di Hayford, orientato a Potsdam «ED50»)

Realizzazione dei Sistemi di riferimento globali

Vantaggi dei sistemi riferimento globali:

- 1) Un riferimento globale rappresenta un sistema di riferimento unico per tutta la superficie terrestre
- 2) Consente una rapida e precisa acquisizione delle coordinate tramite i sistemi satellitari

Problemi nella realizzazione del Datum in quanto i punti di riferimento sul terreno ubicati su placche continentali diverse sono soggetti ad un continuo spostamento reciproco (la placca Euroasiatica si muove verso NE rispetto alla Placca Africana di circa 2cm/anno) e richiedono un frequente ricalcolo della loro posizione.

I Sistemi di riferimento globali e la loro realizzazione

Il sistema **WGS84** è materializzato presso le stazioni del NIMA (National Imagery and Mapping Agency - USA)

La materializzazione viene periodicamente aggiornata e 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. Ad esempio il WGS84 (G1762) corrisponde all'inizio della settimana GPS1762, cioè il 16/10/2013.

La realizzazione dei Sistemi di riferimento globali (non USA) è gestita dallo **IERS** (International Earth Rotation Service).

Nel 1984 lo IERS ha definito il Datum denominato **ITRS** (International Terrestrial Reference System) adottando il Datum **WGS84**.

Il Datum **ITRS/WGS84** è unico ma ha numerose e diverse realizzazioni (**globali/internazionali, continentali e nazionali**) che vengono continuamente aggiornate in modo da considerare gli spostamenti continui (tettonica delle placche) a cui sono soggetti i punti che rappresentano la materializzazione sul terreno del Datum.

Realizzazioni globali/internazionali

La realizzazioni globali del Datum ITRS sono definite ITRF (International Terrestrial Reference Frame).

Un ITRF è definito dalle coordinate di punti sul terreno e dalla velocità di spostamento dei punti ed è espresso nella forma $ITRF_{YY}(t_0)$.

In cui:

t_0 indica l'anno (denominato epoca) di stima (misura) delle coordinate dei punti;
 YY indica l'anno in cui vengono calcolate (ricalcolate), in base alla velocità di spostamento, le coordinate dei punti.

Ad es.:

la realizzazione denominata $ITRF90(88)$ indica che il calcolo delle coordinate è avvenuto nel 1990 utilizzando le stime (misure) effettuate nell'epoca 1988;
la realizzazione $ITRF91(88)$ indica che il calcolo è avvenuto nel 1991, sempre utilizzando le stime del 1988.

E' anche possibile calcolare le coordinate per un anno precedente a quello delle stime: ad es. $ITRF92(94)$ contiene le coordinate dei punti riferite al 1992 calcolate utilizzando le stime del 1994.

Realizzazione europea (continentale)

Spostamento verso NE dei punti di riferimento collocati in Europa (20cm nei 9 anni fra il 1992 e il 2000).



Realizzazione di una rete europea solidale con la placca euro-asiatica gestita dalla **EUREF** (**EU**ropean **RE**ference **F**rame) che ne ha definito il sistema di riferimento nel 1989, chiamato **ETRS89** (coincidente con ITRS).

La realizzazione **ETRF89** coincide con la realizzazione ITRF89.

(La rete è stata successivamente ampliata verso nord e est per includere gran parte dei paesi dell'ex URSS (ETRF96)).

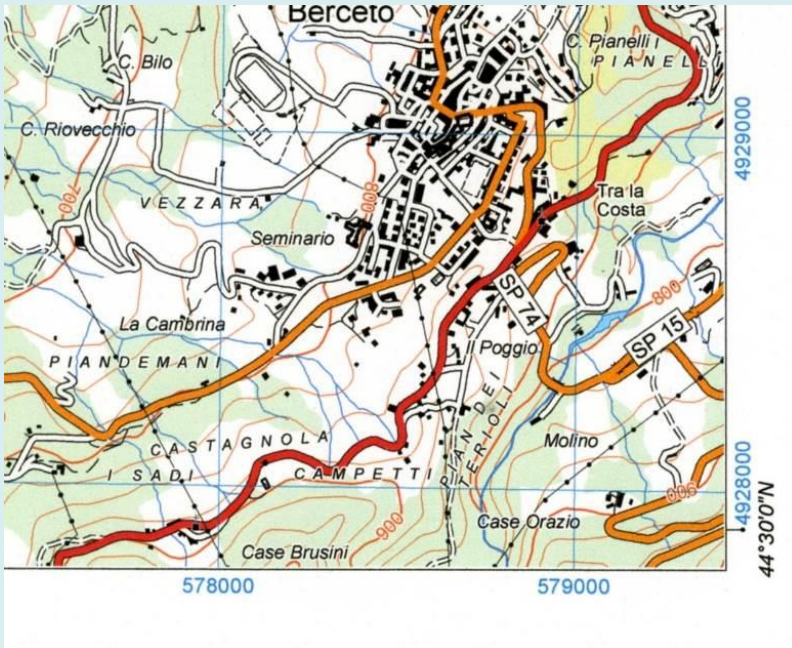
Realizzazione **ETRF89** →

In Italia sono presenti 9 punti della rete.

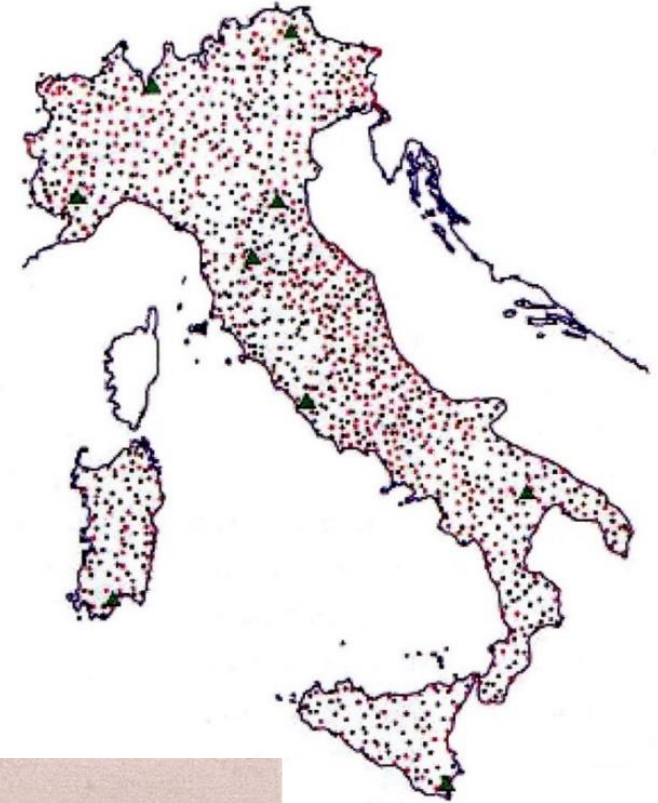


Realizzazione italiana dell'ETRF89

E' rappresentata dalla rete **IGM95** (realizzata fra il 1992 e il 1996)
Costituita da circa 2000 punti (raffittimento delle rete europea) + 3000 punti di raffittimento regionale.



Rete IGM95



COORDINATE

570000

coordinate e reticolo cartografico in proiezione ETRS89 - UTM fuso 32N, maglia di 1.000 m

9°52'30"E

referimenti e coordinate geografiche del sistema ETRS89 - UTM fuso 32N

Ultima realizzazione dell'ETRF è l'ETREF2000(2008)

La realizzazione italiana dell'ETREF2000(2008) e' rappresentata dalla **RDN** (Rete Dinamica Nazionale) realizzata nel 2008 e costituita da 99 stazioni GPS differenziale permanenti.

Errori: < 1 cm in planimetria
< 1,5 cm in altimetria

Ricalcolo della rete IGM95



Ufficializzazione dell'ETRF2000(2008)

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)**

Art. 1

omissis

Art. 2

Sistema di Riferimento Geodetico Nazionale

A decorrere dalla data di pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana del presente decreto, **il Sistema di riferimento geodetico nazionale adottato dalle amministrazioni italiane e' costituito dalla realizzazione ETRF2000 - all'epoca 2008.0 - del Sistema di riferimento geodetico europeo ETRS89, ottenuta nell'anno 2009 dall'Istituto Geografico Militare, mediante l'individuazione delle stazioni permanenti, l'acquisizione dei dati ed il calcolo della Rete Dinamica Nazionale.**

Art. 3

Formazione di nuovi dati

A decorrere dalla data di pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana del presente decreto, **le amministrazioni utilizzano il Sistema di riferimento geodetico nazionale per georeferenziare le proprie stazioni permanenti, nonché per i risultati di nuovi rilievi, le nuove realizzazioni cartografiche, i nuovi prodotti derivati da immagini fotografiche aeree e satellitari, le banche dati geografiche e per qualsiasi nuovo documento o dato da georeferenziare.**

Revisione della RDN (RDN2) Maggio 2014

- a) Inserimento di 55 nuove stazioni
 - 21 in sostituzione di quelle dismesse
 - 34 di raffittimento della rete
- b) Calcolo delle coordinate

Riassumendo:

Sistemi di riferimento (Datum) globali

WGS84 (per misure satellitari NAVSTAR GPS)

ITRS (International Terrestrial Reference System)

Sistema di riferimento europeo

ETRS (European Terrestrial Reference System)

Nota: in campo cartografico le differenze fra WGS84, ITRS e ETRS sono trascurabili.

Errore massimo: errore che si commette nel rilevare dalla Carta la posizione di un punto = 0,2 mm moltiplicato per il denominatore della scala.

Scala 1:10.000 $0,2 \text{ mm} \times 10.000 = 2 \text{ metri} > 20\text{cm}$ (1992-2000)

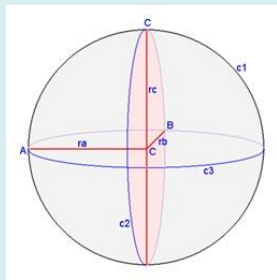
Definizione di un Datum altimetrico locale

Superficie terrestre

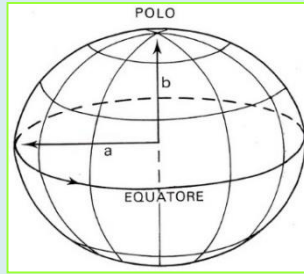


Forma semplificata come riferimento delle coordinate planimetriche

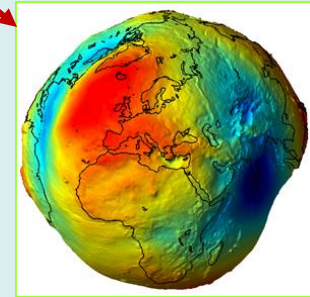
Forma fisica di riferimento per la definizione della coordinata altimetrica



SFERA



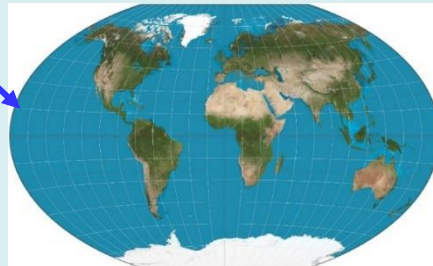
ELLISSOIDE



GEOIDE

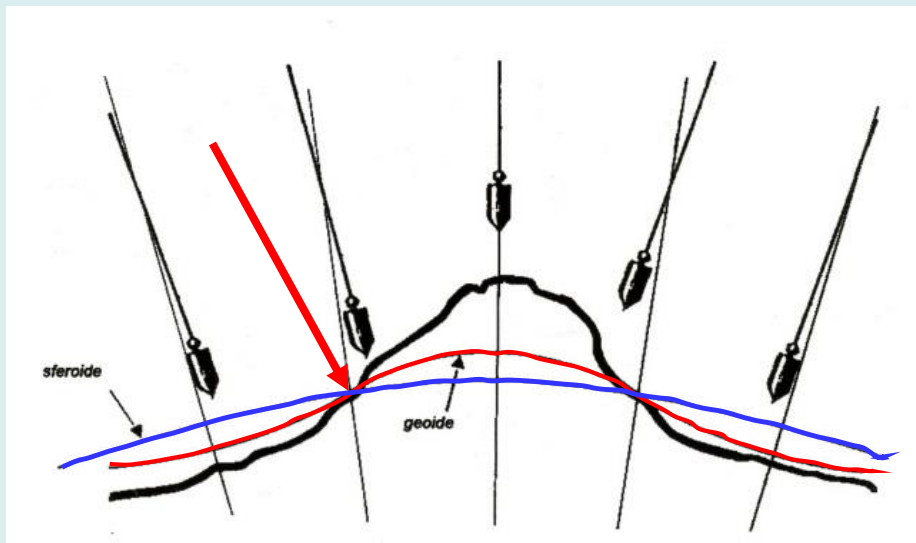
Proiezione su di un piano

Inserimento altimetria



Carta

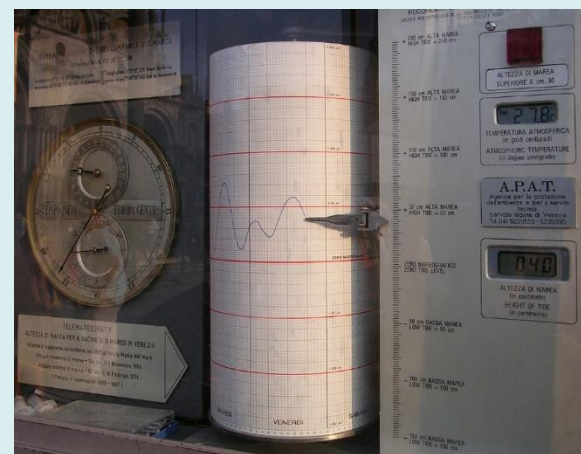
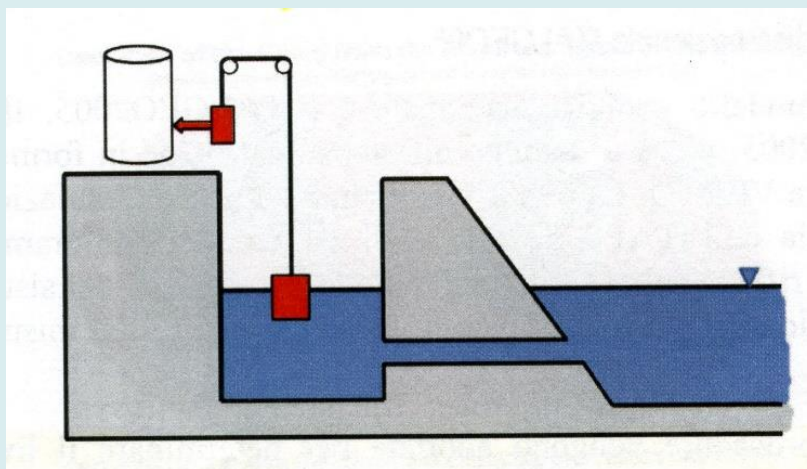
Geoide: superficie che, partendo dal livello medio del mare, si mantiene costantemente perpendicolare alla direzione del filo a piombo.



Riscontro fisico: perpendicolarità in ogni punto alla direzione del filo a piombo.

Posizionamento altimetrico: quota zero del geoid in corrispondenza del livello medio del mare.

Mareografo



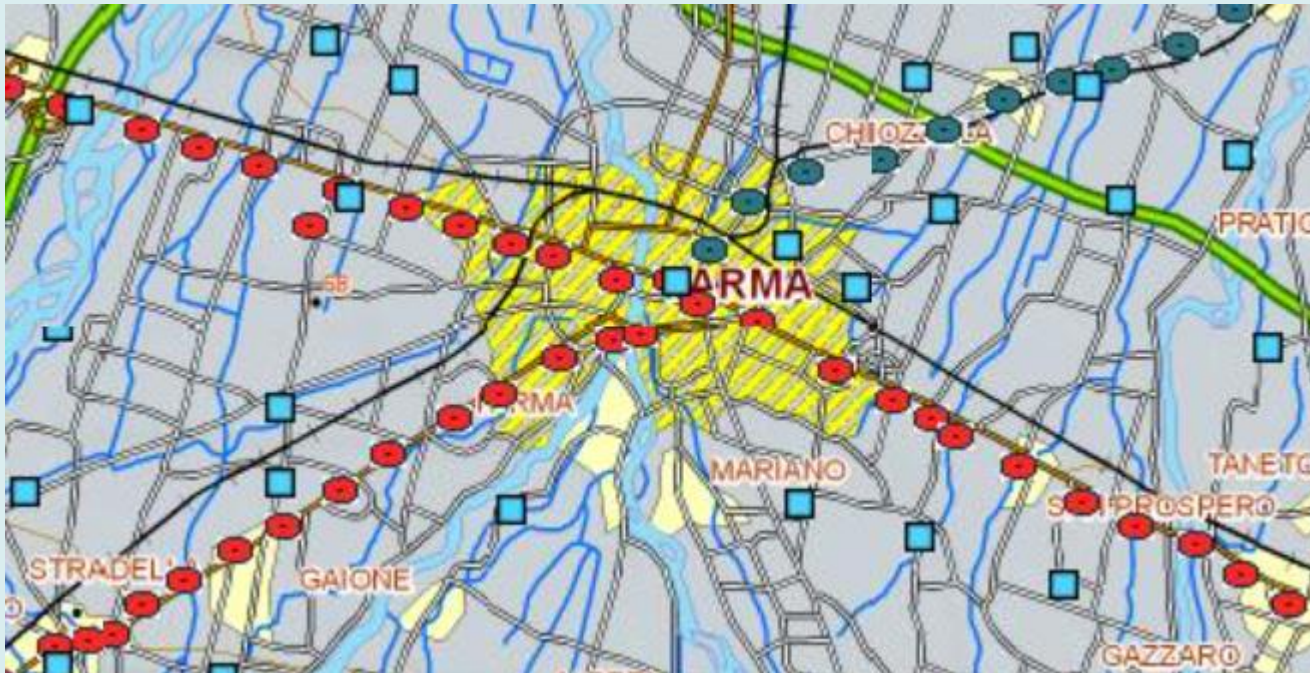
Livello medio del mare per l'Italia fissato al mareografo di Genova mediante misure condotte dal 1937 al 1946 (denominato 'Genova 1942')




Mareografo di Genova



Realizzazione del Datum altimetrico locale:

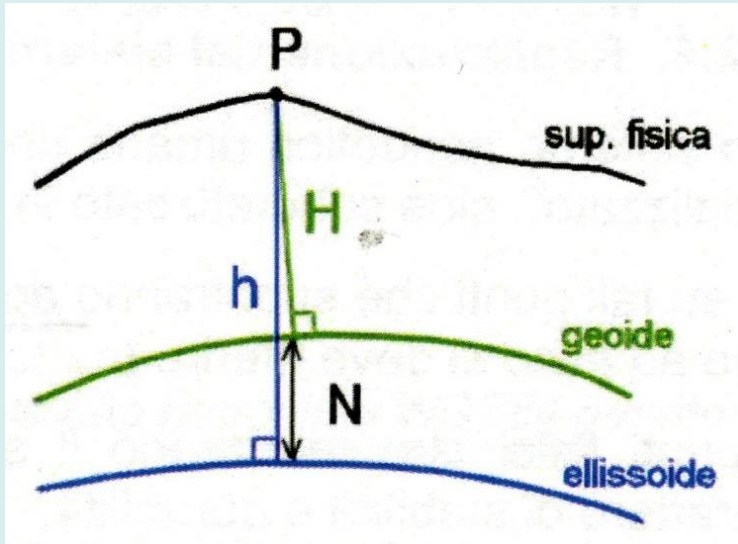
- Definizione delle quote, determinate tramite 'livellazione trigonometrica', in corrispondenza dei vertici trigonometrici
- Definizione delle quote, determinate tramite una 'Livellazione geometrica' in corrispondenza di punti specifici definiti 'Capisaldi di livellazione' distribuiti lungo le principali strade di comunicazione italiane



	Trigonometrici
	Capisaldi (misurati dopo il 1996)
	Capisaldi

Determinazione della quota tramite misure satellitari

Tramite le misure satellitari la quota viene definita rispetto all'ellissoide 'quota ellissoidica' e deve essere corretta dell'ondulazione geoidica per essere trasformata in 'quota ortometrica'.



h = quota ellissoidica (misura satellitare)

N = ondulazione geoidica

$H = h - N =$ Quota ortometrica (o geoidica)

In Italia, il modello ITALGEO (Politecnico di Milano e IGM) definisce i valori dell'ondulazione geoidica (rispetto alle quote ellissoidiche WGS84/ETRS89) in corrispondenza di un sottoinsieme dei vertici dell'IGM95.

Il modello è continuamente aggiornato: ITALGEO95, ITALGEO99 e ITALGEO2005.

Modelli di Datum altimetrico globale

Esistono diversi modelli di geoidi a scala globale, definiti in modo analitico mediante una lunga serie di armoniche sferiche, denominati EGM (Earth Gravitational Model), associati al sistema WGS84, che presentano però una bassa risoluzione:

l'EGM84 (32.757 armoniche, risol. ~100km)

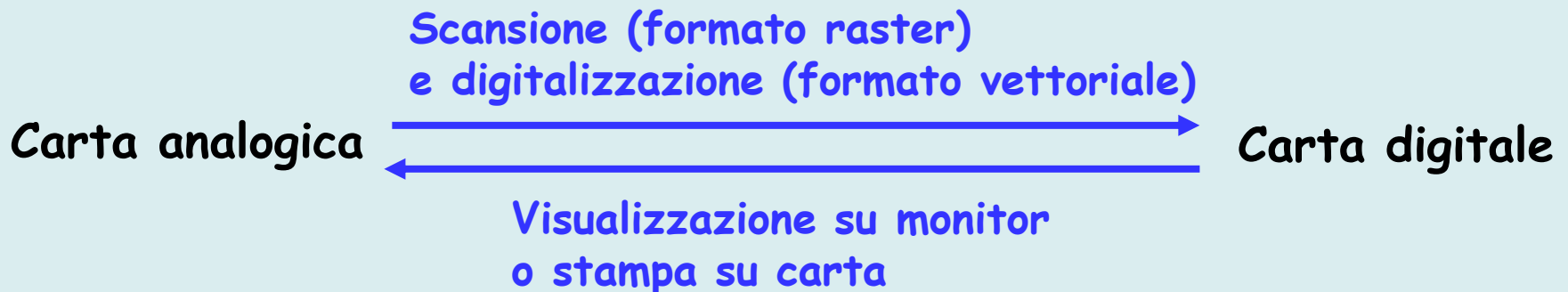
l'EGM96 (130.317 armoniche, risol. ~55km)

l'EGM2008 (4,6 milioni di armoniche, risol. ~10km)

Cartografia analogica e digitale

Una Carta topografica classica (su supporto cartaceo) è una carta analogica in quanto gli elementi in essa contenuti (ad es. la distanza fra due punti) sono misurabili su scala continua rapportandoli (quindi per analogia) alle lunghezze definite su uno strumento fisico di misura (ad es. un righello).

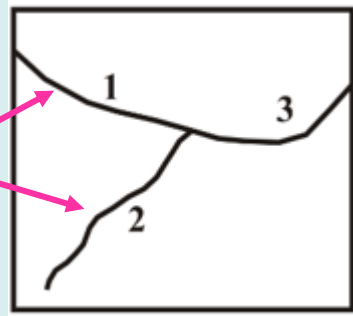
Una carta digitale ha un contenuto (caratteristiche del territorio) espresso in forma numerica in uno o più files (ed è pertanto passibile di elaborazione tramite strumenti informatici, ad es. un GIS)



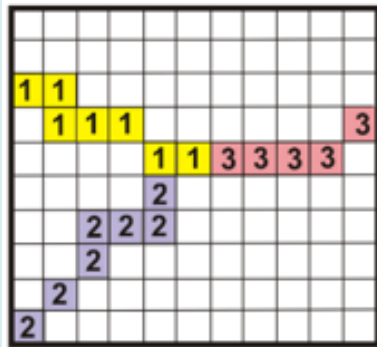
Formato (rappresentazione) raster e vettoriale

Situazione sul terreno

Corsi d'acqua



Formato raster

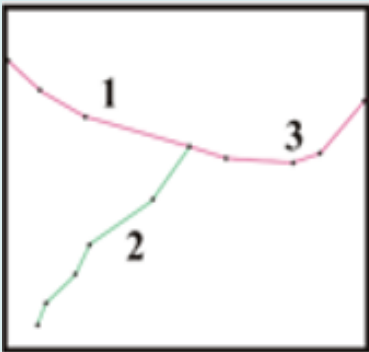


File con la matrice dei dati

```

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 1 0 0 0 0 0 0 0 0
0 1 1 1 0 0 0 0 0 3
0 0 0 1 1 3 3 3 3 0
.....
    
```

Formato vettoriale



File con le coordinate dei vertici

```

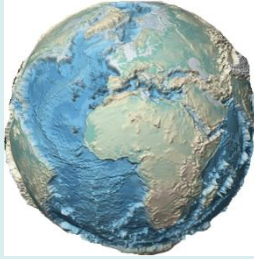
1  0,33 4,30 10,27 23,22
2  4,2 5,5 9,8 10,11 19,17 23,22
3  23,22 28,21 35,20 38,21 44,28
    
```

File degli attributi

```

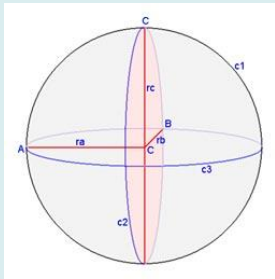
1  Attributo 1  .....
2  Attributo 2  .....
3  Attributo 3  .....
    
```

Superficie terrestre

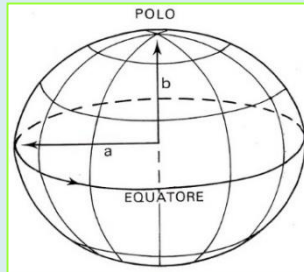


Forma semplificata come riferimento delle coordinate planimetriche

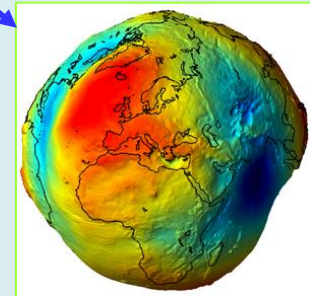
Forma fisica di riferimento per la definizione della coordinata altimetrica



SFERA



ELLISSOIDE



GEOIDE

Proiezione su di un piano

Inserimento altimetria



Carta

Il rilevamento cartografico

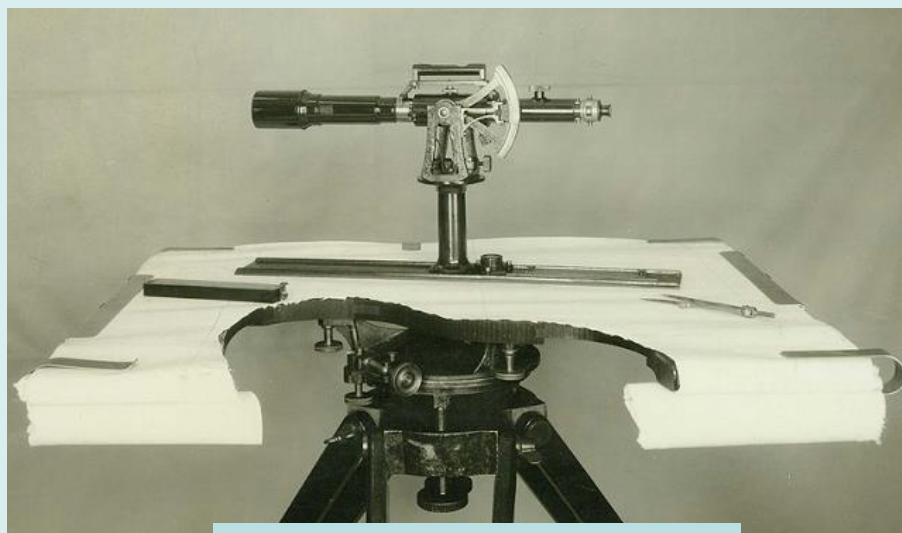
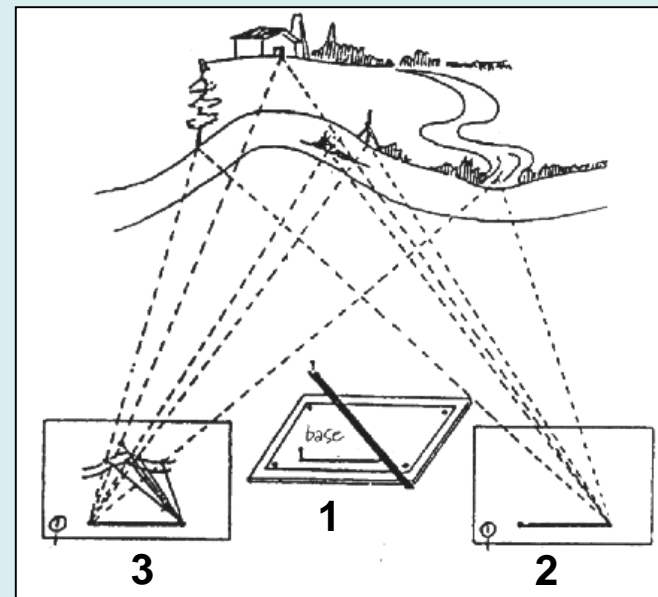
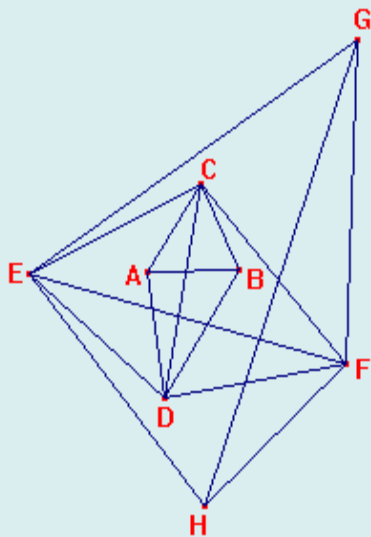
**Acquisizione delle caratteristiche del terreno (riferite all'ellissoide)
da rappresentare sulla Carta**

- 1) Rilevamento diretto sul terreno (Tecniche topografiche)**
- 2) Rilevamento da foto aeree (Tecniche aerofotogrammetriche)**
- 3) Rilevamento da satellite (Tecniche satellitari)**

Rilevamento diretto sul terreno (Tecniche topografiche)

a) Riferimento (appoggio) ai punti trigonometrici di I-II-III-IV ordine

b) Definizione della posizione e della quota degli elementi sul terreno tramite misura di distanze e angoli

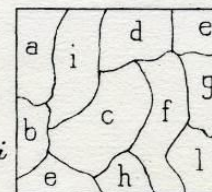


Tavoletta pretoriana

Istituto geografico militare

Operatore
 a | Top.^{fo} *Giua*
 b | " *Filippi*
 Capo sezione
 1° Top.^{fo} *Bellandi*
 c | Cap.^{no} *Blotta*
 d | Ter.^{to} *Zugaria*
 e | " *Cerri*
 f | Cap.^{no} *Cappellotti*
 g | Ter.^{to} *Magrini*
 h | Cap.^{no} *Dusi*
 Capo sezione
 Cap.^{no} *Duri*
 i | Cap.^{no} *Martelli*
 l | " *Bocci*

Rilievo del 1928



Aggiornamenti:

Ricogn.ⁿⁱ parziali 1934
 (Rotabili e particolari importanti)

1° Cap.^{no} *Martelli*

Ter.^{to} *Bartolucci*

Rilevamento da foto aeree (Tecniche aerofotogrammetriche)

Dal 1° febbraio 1957 viene sancito ufficialmente l'utilizzo esclusivo delle foto aeree per l'esecuzione della cartografia IGM

Basato sulla visione tridimensionale (visione stereoscopica) dovuta alla visione dello stesso oggetto da due punti di vista diversi.

Nell'aerofotogrammetria viene fotografata da un aereo la stessa porzione di superficie terrestre da due punti diversi.

Ogni fotografia (analogica o digitale) viene denominata **fotogramma**

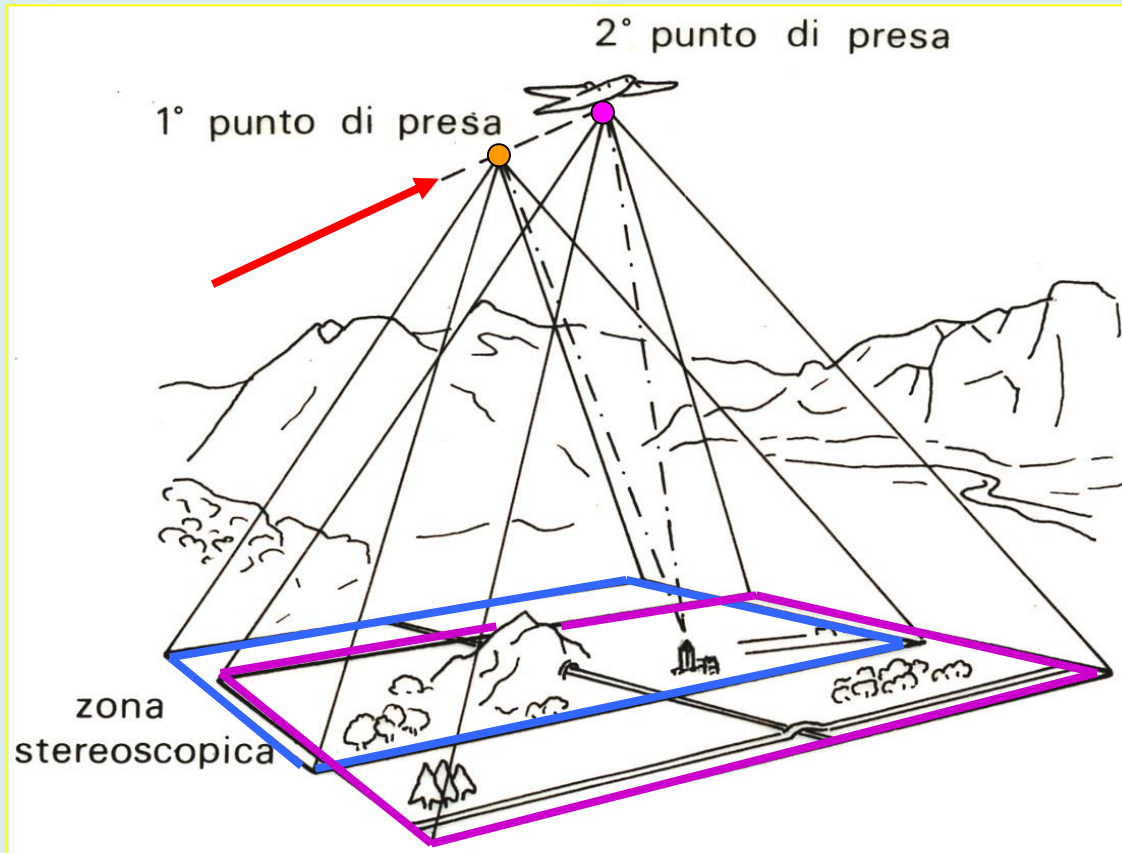


Fasi per la costruzione di una carta :

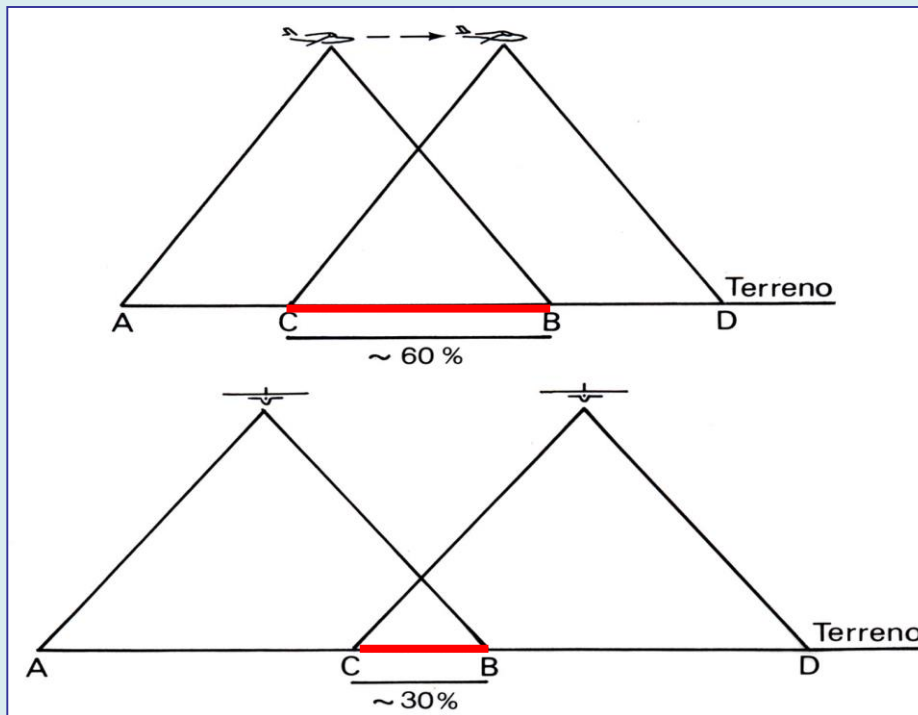
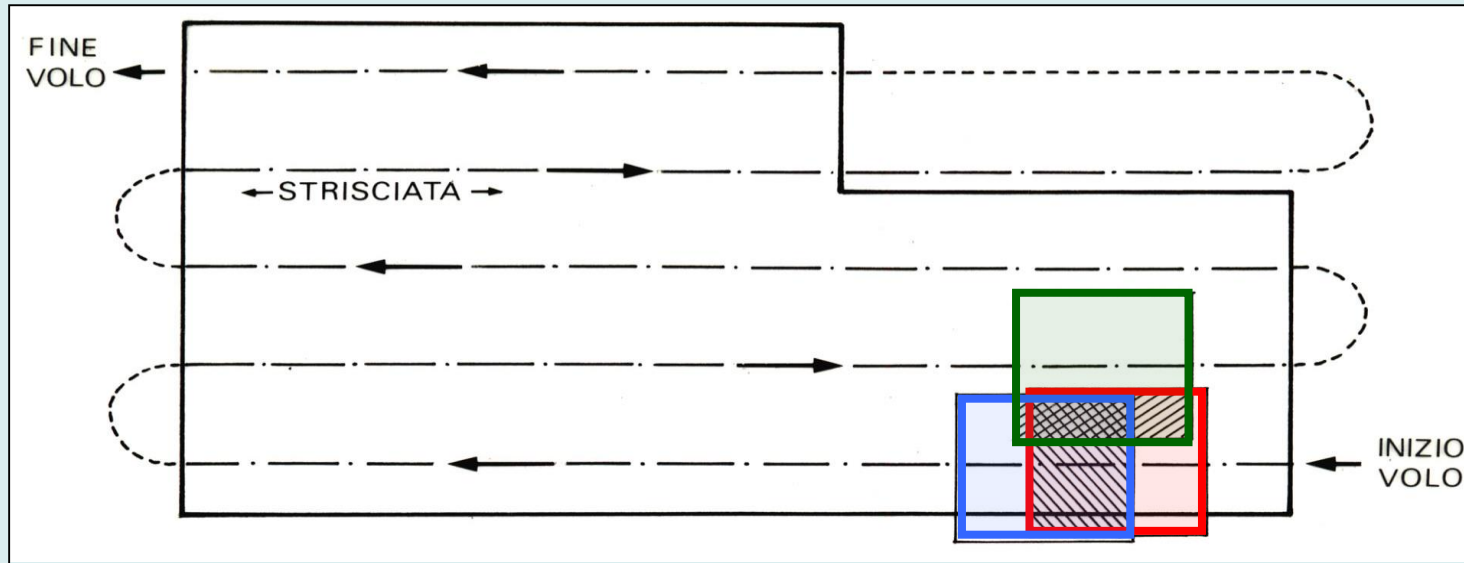
- a) *Ripresa aerofotogrammetrica*
- b) *Costruzione di una rete di punti di appoggio sul terreno*
Definizione di punti sul terreno di cui sono note le coordinate spaziali
- c) *Restituzione fotogrammetrica*
Acquisizione, tramite due fotogrammi stereoscopici, della forma e delle dimensioni degli oggetti presenti sul terreno
- d) *Ricognizione topografica diretta sul terreno*
Individuazione di particolari o informazioni non visibili dall'alto
(zone in ombra, toponomastica)
- e) *Editing grafico e alfanumerico, ed (eventualmente) stampa della carta*

a) ripresa aerofotogrammetrica

I fotogrammi vengono acquisiti lungo percorsi dell'aereo, definiti strisciate, in modo tale che ogni fotogramma includa circa il 60% del fotogramma precedente, che rappresenta l'area di visione stereoscopica



Strisciate e sovrapposizione longitudinale e laterale tra fotogrammi



Sovrapposizione longitudinale

Sovrapposizione laterale

Immagini per visione stereoscopica





Foto storica IGM (1920-30)



Camera fotogrammetrica digitale



Flotta CGR
(Compagnia Generale Riprese aeree - Parma)



Drone [AerDron](http://AerDron.com)

b) costruzione di una rete di punti di appoggio

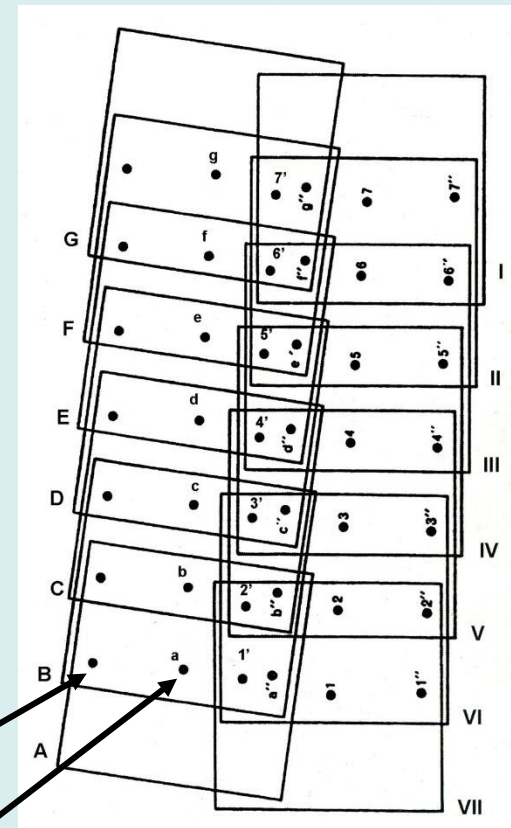
Determinazione sul terreno delle coordinate planimetriche e altimetrica di punti ben visibili sui fotogrammi a cui riferire la posizione degli oggetti rilevati dai fotogrammi durante la successiva fase di restituzione (con strumenti topografici o mediante GPS)



Tacheometro



Ricevitore GPS

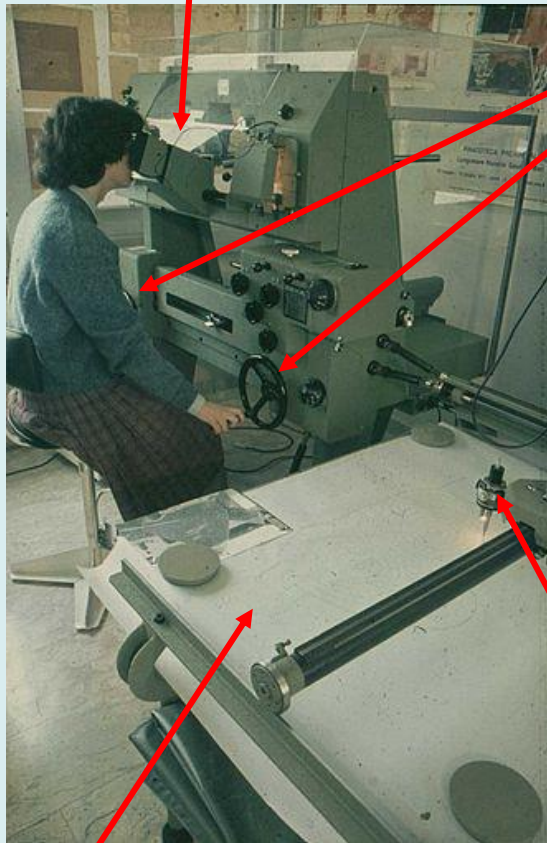


Punti di appoggio

c) Restituzione fotogrammetrica

Fotorestitutore analogico (immagini fotografiche)

Visione stereoscopica



Manovelle per lo spostamento della marca sull'immagine stereoscopica

Pennino

Pantografo

Modalità operative:

Ricostruzione dell'orientamento relativo dei fotogrammi stereometrici

Osservazione stereoscopica della stessa coppia di fotogrammi, su ognuno dei quali viene proiettata una marca di riferimento mobile

Posizionamento sul terreno tramite coincidenza delle marche dei due fotogrammi

Utilizzando manovelle manovrate manualmente, si seguono con la marca gli oggetti sul terreno. I movimenti della marca vengono trasmessi ad un pantografo per il disegno della carta

Fotorestitutore digitale (immagini digitali)

E' costituito da un computer e da un software capace di rilevare le coordinate dai fotogrammi (ottenuti da immagini digitali o da scansione di fotogrammi su pellicola) e fornire le coordinate spaziali dei punti individuati dalla marca mobile azionata tramite il mouse.



Per la visione tridimensionale viene utilizzato uno stereoscopio a specchi applicato ad uno schermo panoramico o, in alternativa, occhiali elettronici 3D a cristalli liquidi

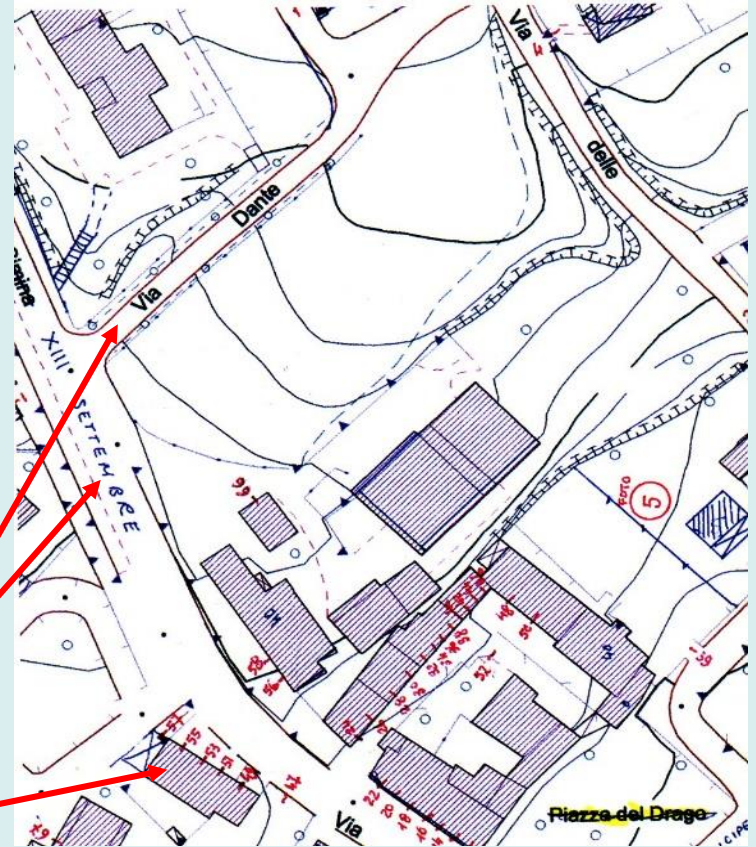
L'output è digitale (raster o vettoriale)

d) Ricognizione topografica diretta sul terreno

Individuazione di particolari o informazioni non visibili dall'alto



Sponda fluviale non visibile



Nome delle strade

Numeri civici

Toponomastica

e) Editing grafico e alfanumerico, ed (eventualmente) stampa della carta

Correzione ed integrazione dei dati.

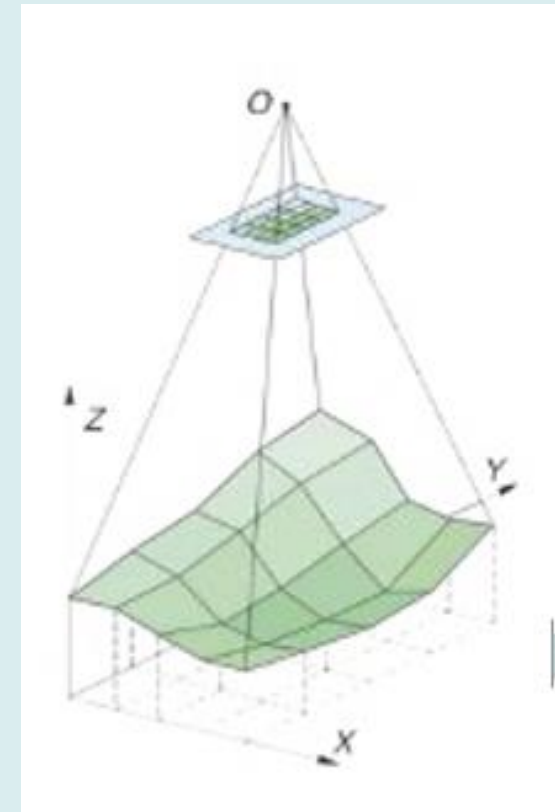
Vestizione grafica con inserimento della simbologia e della legenda.

Stampa della carta.

Ortofotopiano e ortofotocarta

Rappresentazione non deformata (vista ortogonale) di una foto aerea mediante "raddrizzamento differenziale" dell'immagine aerofotogrammetrica digitalizzata (con deformazione prospettica)

Combinano le caratteristiche dell'immagine fotografica con le qualità geometriche della rappresentazione cartografica



Ortofotopiano



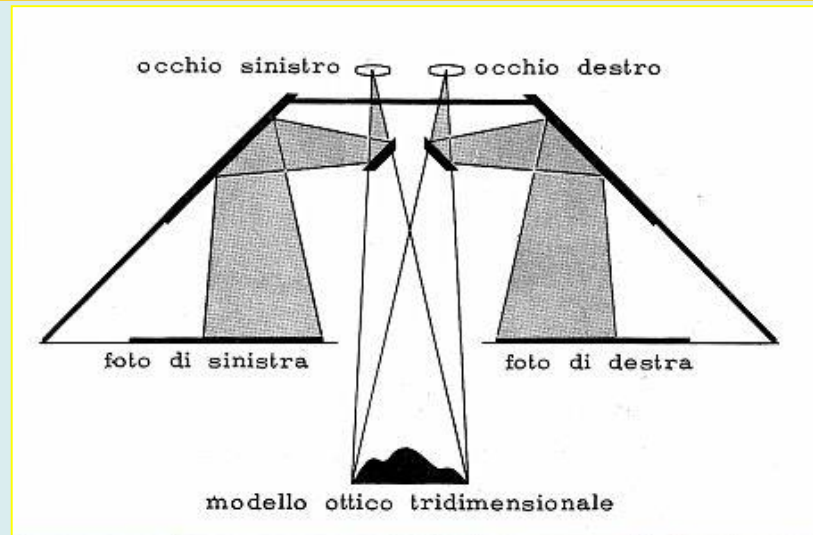
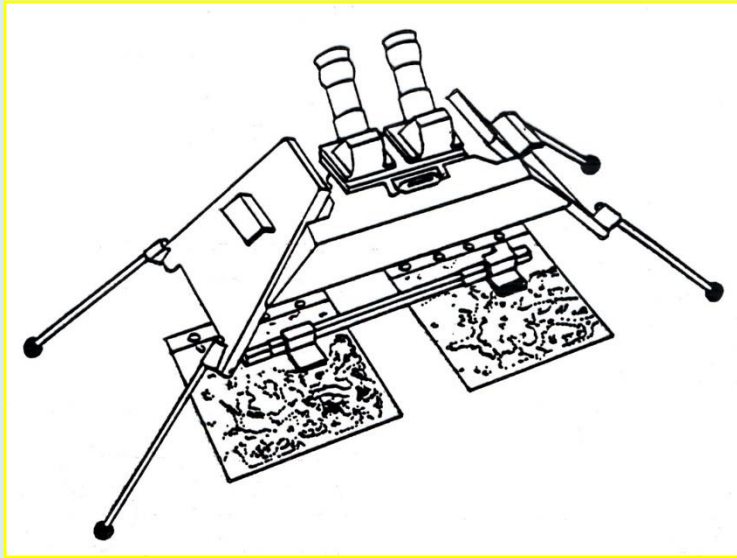
Ortofotocarta: Ortofotopiano con l'indicazione di elementi toponomastici, dei riferimenti altimetrici (quote e isoipse), del reticolato geografico e chilometrico.



Il Vesuvio (CGR)



Analisi del territorio tramite visione delle immagini stereoscopiche



Geomorfologia e fotointerpretazione (III anno)
Riconoscimento delle forme elementari del rilievo
mediante foto interpretazione

Rilevamento da satellite (Tecniche satellitari)

Ad es. satelliti Landsat, QuickBird, IKONOS o RapidEye

QuickBird è un satellite artificiale commerciale per telerilevamento ad alta risoluzione spaziale (60-70cm in pancromatico) orbitante ad una quota di circa 600 km, di proprietà della DigitalGlobe, lanciato nel 2001.

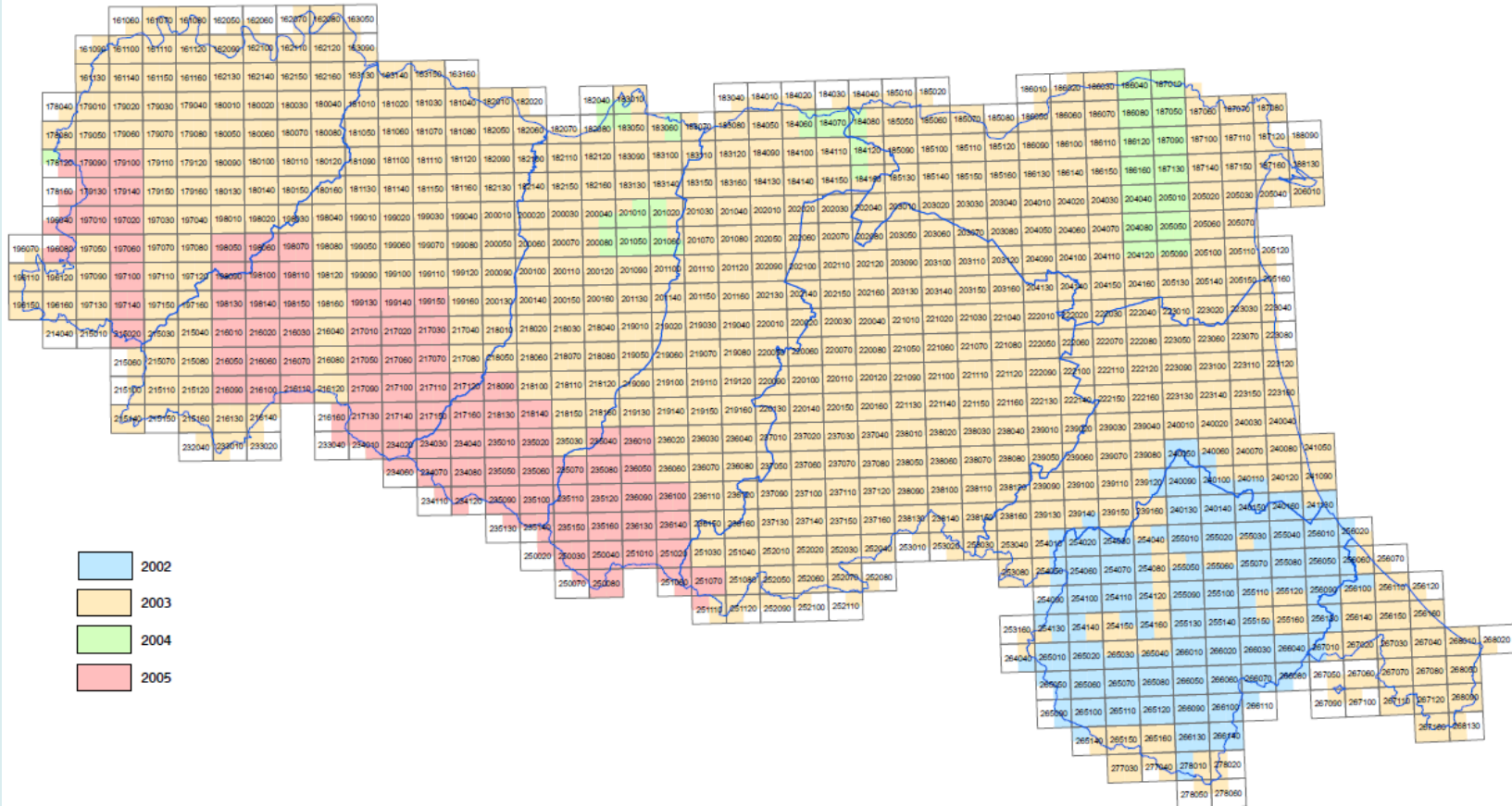


**Ortofoto QuickBird 1:10000 (163090.ECW)
(R.E.R - AGEA Agenzia per le Erogazioni in
agricoltura)**

oggetto: Ortofoto Quick Bird

situazione visualizzata: Date di ripresa delle foto aeree

alla data: 1 marzo 2011



Ortofoto QuickBird utilizzate per la costruzione della carta dell'uso del suolo dalla Regione Emilia-Romagna (1:25000)