

Corso TOPOGRAFIA A.A 2020-21

Alberto Pellegrinelli

alberto.pellegrinelli@unife.it

Orario lezioni:

**mar 8:30-11:00 (streaming); mer 11:00-13:30 (streaming);
gio 11:00-13:30 (videoregistrate o streaming); gio 14:00-
16:30 (streaming o lezioni in presenza F7/F8 con streaming
+ eserc. in esterno (piccoli gruppi 2-3 persone));**

codice Google meet per lo streaming:

meet.google.com/prf-djth-eii

Cartella condivisa in Google drive (link inviato via mail)

Inviatemi una mail se non avete ricevuto il link

**Ogni lezione in streaming verrà registrata e messa sulla cartella
condivisa**

**tutor didattico: ing. Alessandro Zappaterra
(alessandro.zappaterra@edu.unife.it)**

**collaboratore: Ing. Yuri Taddia
(yuri.taddia@unife.it)**

Materiale didattico anche sul minisito del corso:

<http://www.unife.it/ing/civile/insegnamenti/topografia/homepage>

Testi di riferimento:

- Folloni, Principi di Topografia, Patron.**
- Inghilleri, Topografia generale, UTET.G.**
- Manzino A., Lezioni di Topografia, Otto editore**
- Biagi L., I fondamentali del GPS (scaricabile on line)**

PROGRAMMA SINTETICO

Teoria

Concetti generali di geodesia: superfici e sistemi di riferimento (Datum)

- Trattamento statistico delle osservazioni: metodi di compensazione delle misure.

- Rilevamento planimetrico: metodi operativi e schemi di rilievo. Reti planimetriche: rilevamento e compensazione.

- Rilevamento altimetrico: livellazione trigonometrica e geometrica. Reti altimetriche: rilievo e compensazione.

- Cartografia

- GNSS (Global Navigation Satellite System)

Teoria degli strumenti in aula ed in esterno

- Richiami di ottica geometrica.

- Stazioni totali: la misura elettronica degli angoli e delle distanze.

- Livelli digitali per la misura di dislivelli

- GNSS (GPS)

Prove pratiche strumentali in piccoli gruppi

Introduzione al corso di Topografia

TOPOGRAFIA: insieme di operazioni di rilievo e di calcolo che permettono di ottenere le informazioni metriche necessarie per descrivere il territorio e l'ambiente costruito.

La topografia si occupa principalmente delle fasi di:
misura, calcolo e rappresentazione

Da queste si ottengono informazioni riguardanti

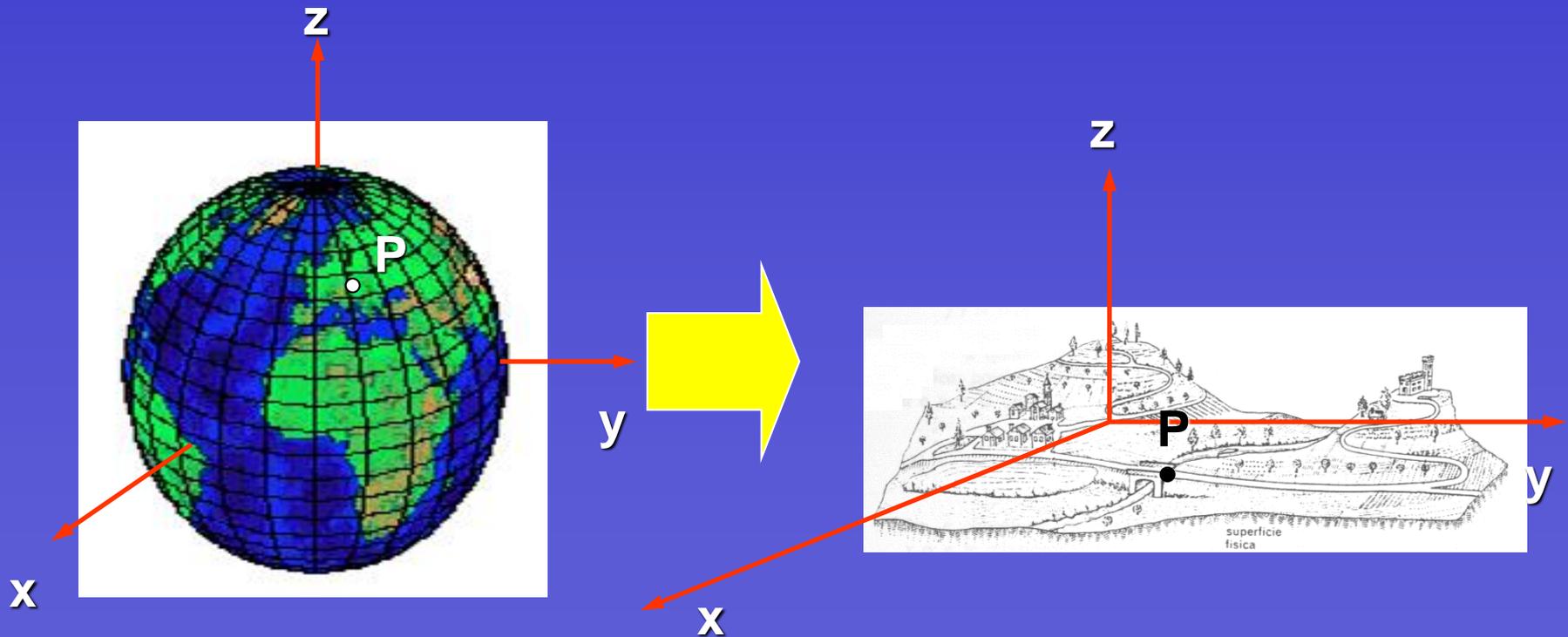
posizione, dimensioni, forma

In topografia le operazioni di misura sono dette anche **rilievo** dell'oggetto o **rilevamento** dell'oggetto.

Discipline correlate: Geodesia, Cartografia, Fotogrammetria, Telerilevamento, Monitoraggio delle strutture e del territorio, GIS (Geographic Information System) Geomatica

Geodesia: cenni

disciplina che si occupa della misura e della rappresentazione della Terra, del suo campo gravitazionale (geoide) e dei fenomeni geodinamici (spostamento dei poli, maree terrestri e movimenti della crosta) e della definizione e monitoraggio dei Sistemi di Riferimento Terrestri

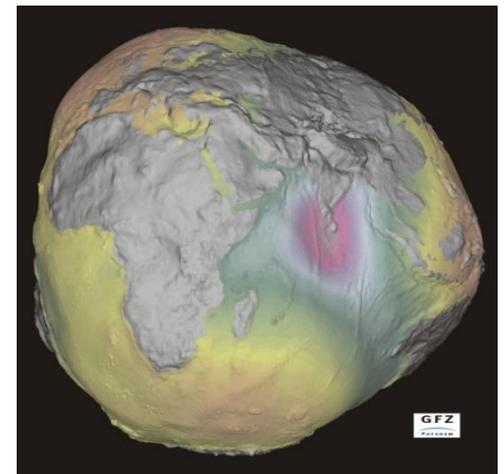
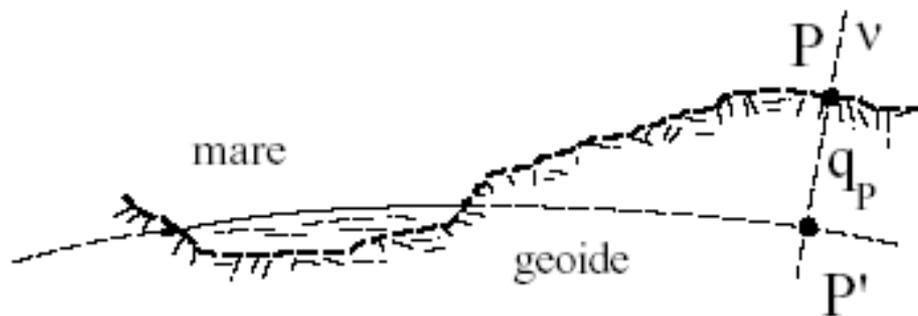
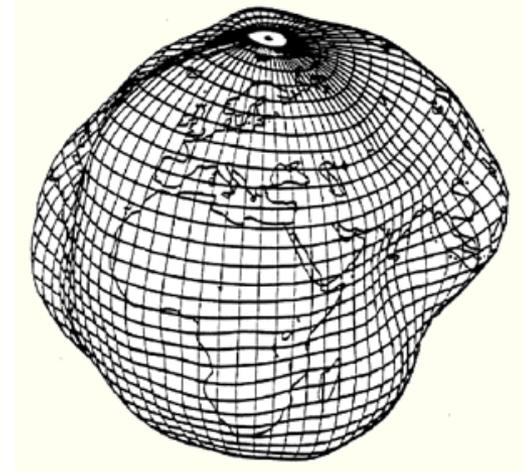


Geodesia: cenni

GEOIDE: superficie equipotenziale del campo gravitazionale terrestre

In prima approssimazione coincide con il livello medio mare misurato in un determinato punto ed opportunamente prolungato sotto le terre emerse. Per l'Italia misure del mareografo di Genova, 1942 (anno centrale 1937-1946)

Fondamentale per l'attribuzione della quota di un punto



Mareografo Fondamentale di Genova – Istituto Idrografico della Marina – dal 1923



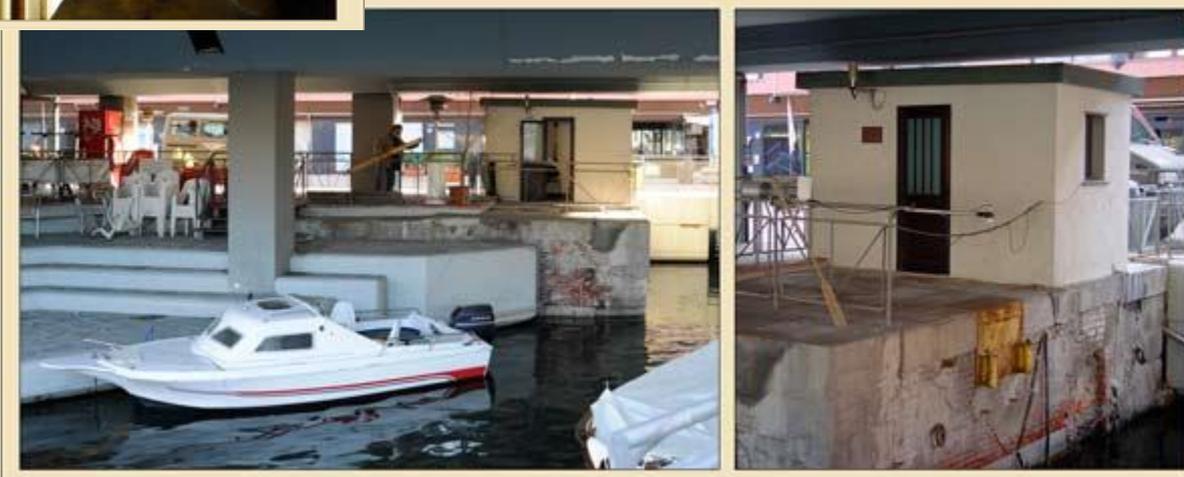
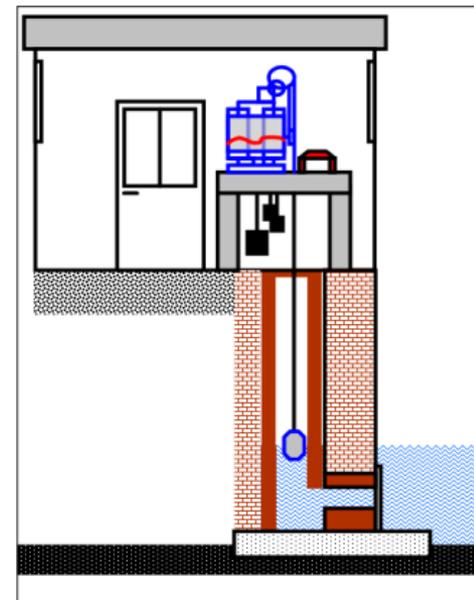
Mareografo di tipo Thomson

Dal sito dell'Istituto Idrografico della Marina - IIM

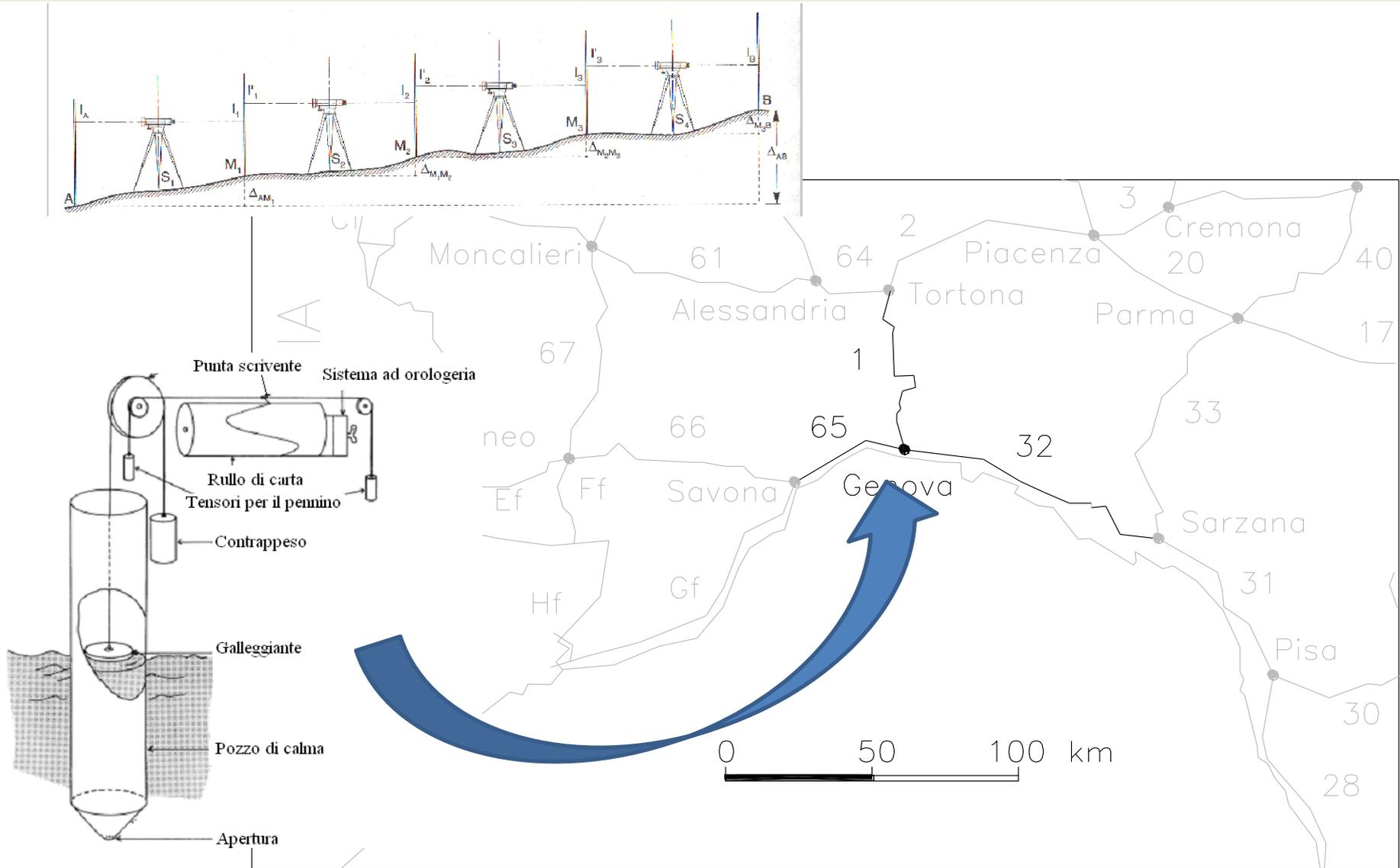
La difesa del territorio da inondazioni



Marina Porto Antico – ex Ponte Morosini



La Rete di Livellazione di alta precisione rappresenta la materializzazione del riferimento altimetrico Genova 1942





IGM Rete di livellazione di alta precisione

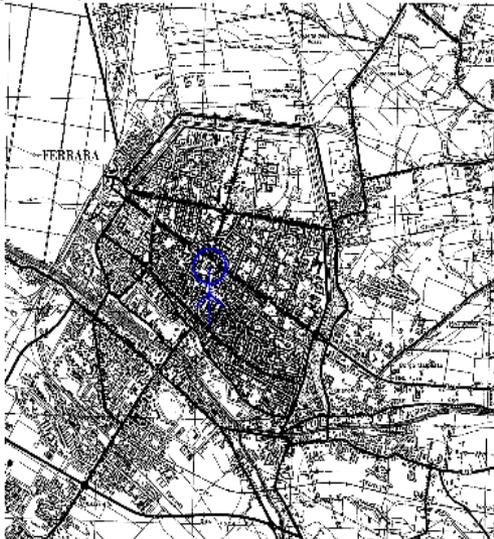
Realizzata tra gli anni 1949 e 1971, costituita originariamente da circa 13000 **caposaldi** materializzati lungo altrettanti km della viabilità presente sul territorio nazionale.

Raffittita fino a circa 20000 caposaldi ed in parte rimisurata negli ultimi decenni

<https://www.igmi.org/>

Regione Emilia-Romagna	
Rete Regionale di Controllo della Subsidenza - Archivio Capisaldi di Livellazione	
Caposaldo 000310	Dist. progr. (Km):
Istituto da: IGMI	anno: 1943 Denom. originaria: NODALE 27
Località: FERRARA	Comune: FERRARA (FE)
Coordinate UTM-ED50 (32) Est: 707122 Nord: 4968518	Derivazione: Monografia originale
Ubicazione: CASTELLO ESTENSE, CORTILE SU LARGO CASTELLO	
Tipologia: Chiusino in ghisa	Da istituire <input type="checkbox"/> da ripristinare <input type="checkbox"/> Scomparso <input type="checkbox"/> nell'anno 0
Stato di Conservazione: Buono	Data ultimo soprall.: 11/2009 Operatore: Bonsignore
Note	
Quota 09/1999 9,8337m s.l.m.	Quota 07/2005 9,8158m s.l.m.
Planimetria (da cartografia 1:50000)	

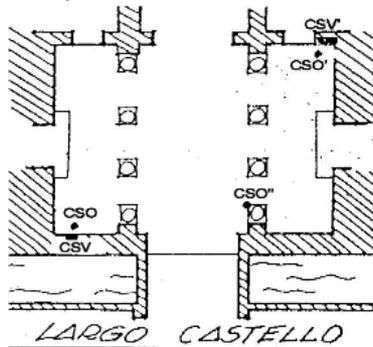
Foglio 185



Descrizione: NELL'ANGOLO A SINISTRA ENTRANDO NEL CORTILE DA LARGO CASTELLO

Elaborato fuori scala

Fotografia



ad esempio il caposaldo
nodale all'interno del
Castello Estense di
Ferrara

**Quota ARPA 2005
9.8158 m**

**(assunta anche come
quota di riferimento per
l'intera rete del
Consorzio di Bonifica
Pianura di Ferrara)**

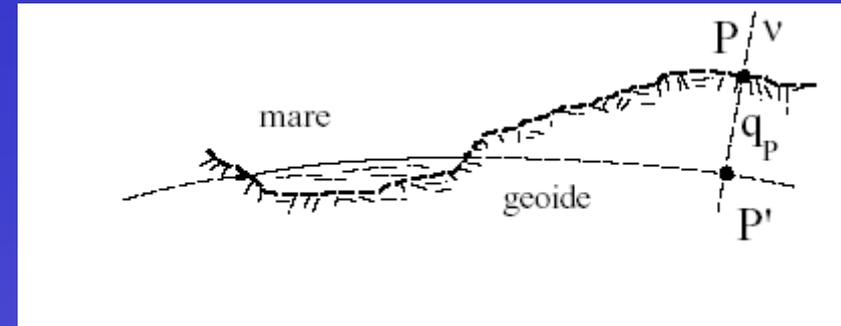
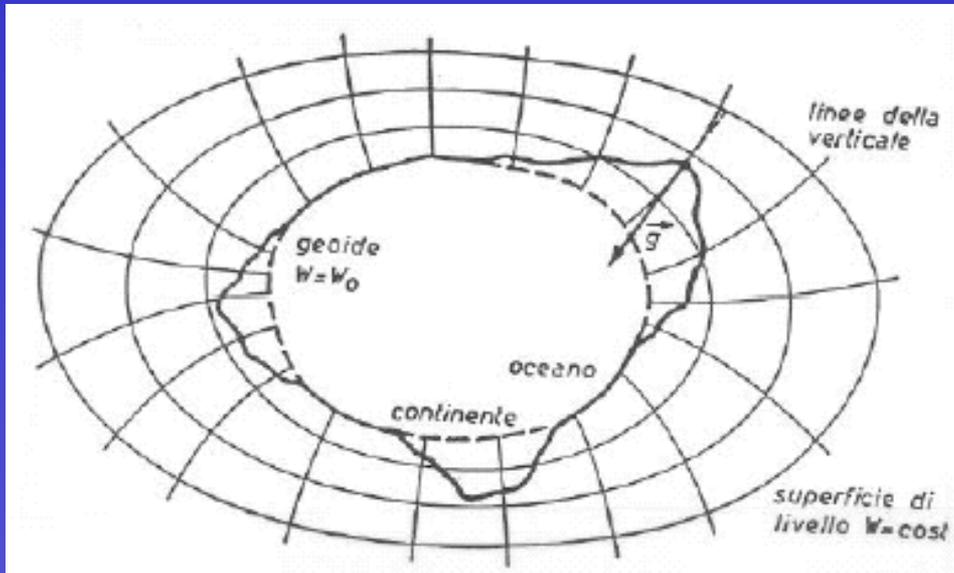
Invece per il monitoraggio del Livello Medio Mare Locale si può utilizzare la Stazione Mareografica di Porto Garibaldi

**Stazione
Mareografica
Integrata di
Porto
Garibaldi**

**Operativa da
luglio 2009**



GEOIDE: superficie equipotenziale del campo gravitazionale terrestre coincidente con il livello medio mare misurato in un determinato punto ed opportunamente prolungato sotto le terre emerse



- E' la migliore approssimazione della superficie terrestre, calcolata a partire dallo studio del campo gravitazionale
- La sua rappresentazione matematica è particolarmente complessa: non è esprimibile in forma analitica chiusa

Il geoide NON può essere usato per la planimetria

- Utilizzato invece come superficie di riferimento per le quote (il dislivello tra due punti sulla superficie fisica risente della differenza di gravità): DATUM ALTIMETRICO

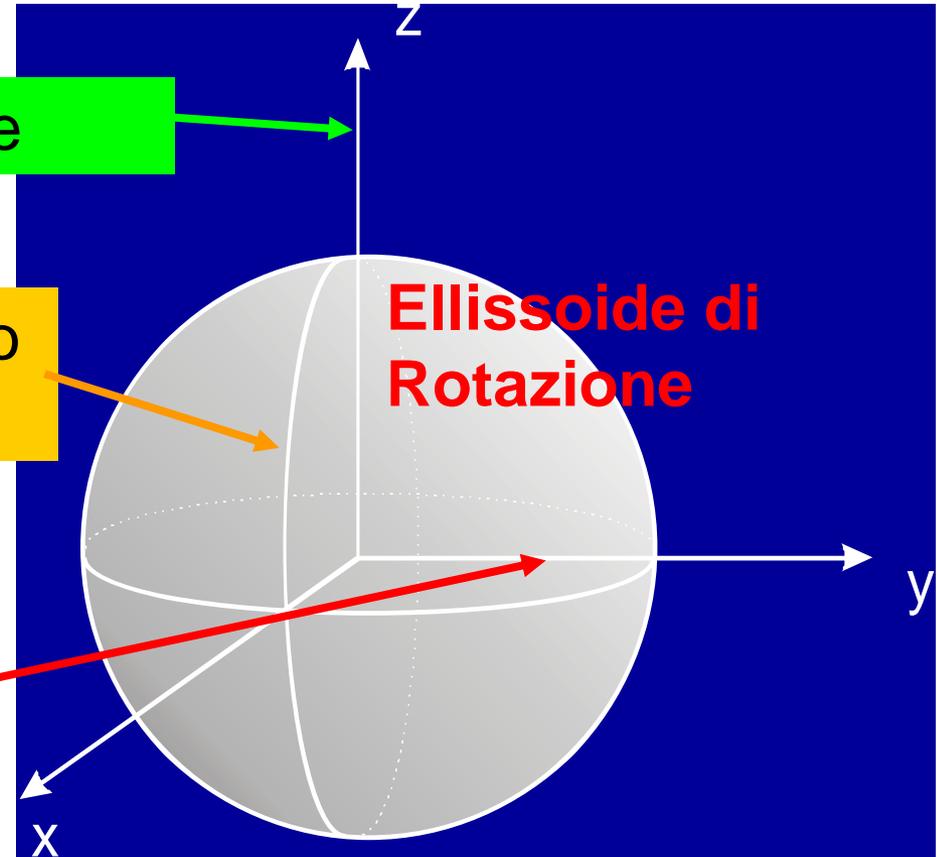
Per la planimetria la superficie di riferimento è un ellissoide orientato: Datum planimetrico

Esempio di ellissoide di rotazione e sistema di riferimento globale

Asse z = asse di rotazione

Piano xz = piano del meridiano di Greenwich

Asse y = perpendicolare a xz



Nel tempo sono stati definiti ed utilizzati vari tipi di ellissoidi di rotazione con vari orientamenti

Datum «locali»

- **Bessel: ellissoide usato ancora oggi in alcune cartografie catastali con diversi orientamenti**
- **ED50: European Datum 1950 – ellissoide di Hayford (o internazionale) con orientamento medio europeo, o orientato a Postdam**
- **Roma40: ellissoide di Hayford (o internazionale) orientato a Roma-Monte Mario**

Datum «globali»

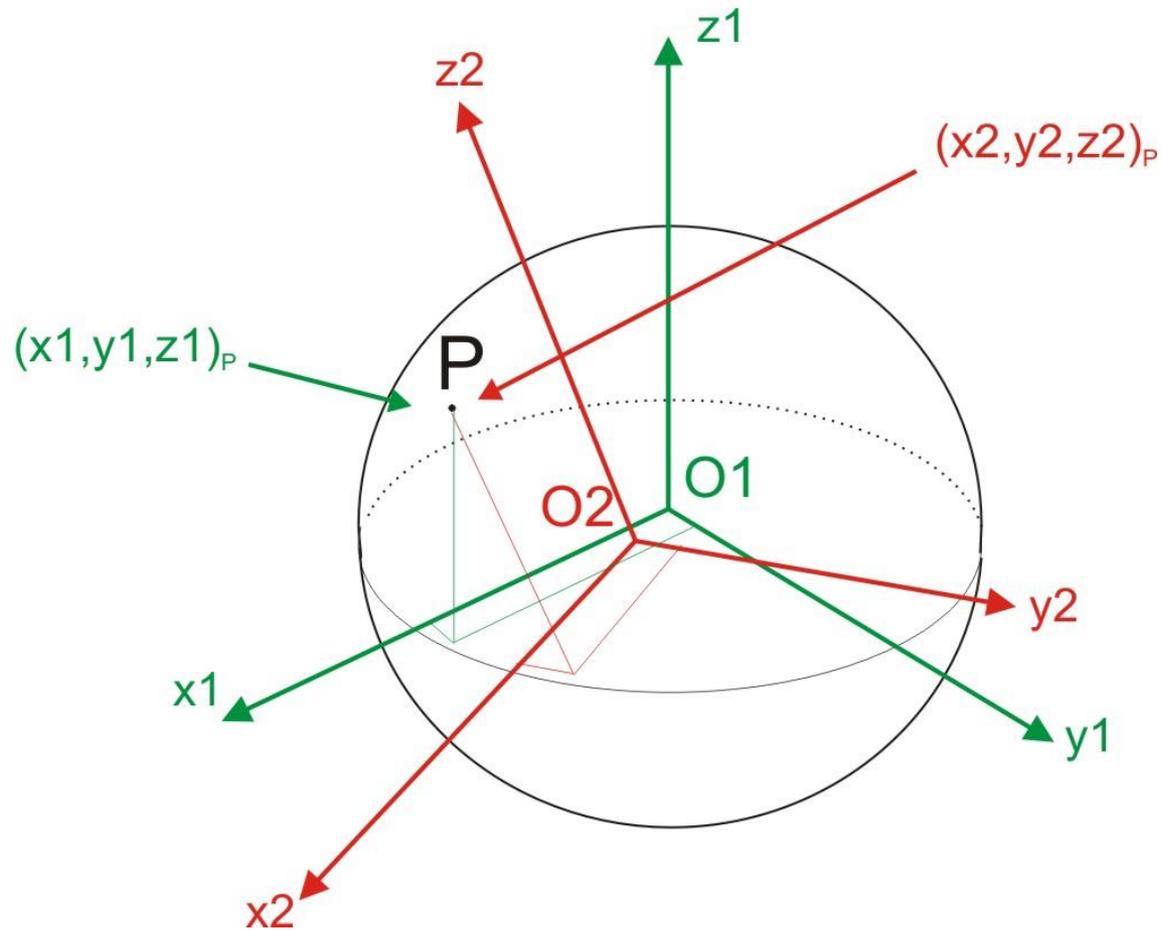
Uno dei primi Datum globali:

- **WGS84 World Geodetic System 1984**

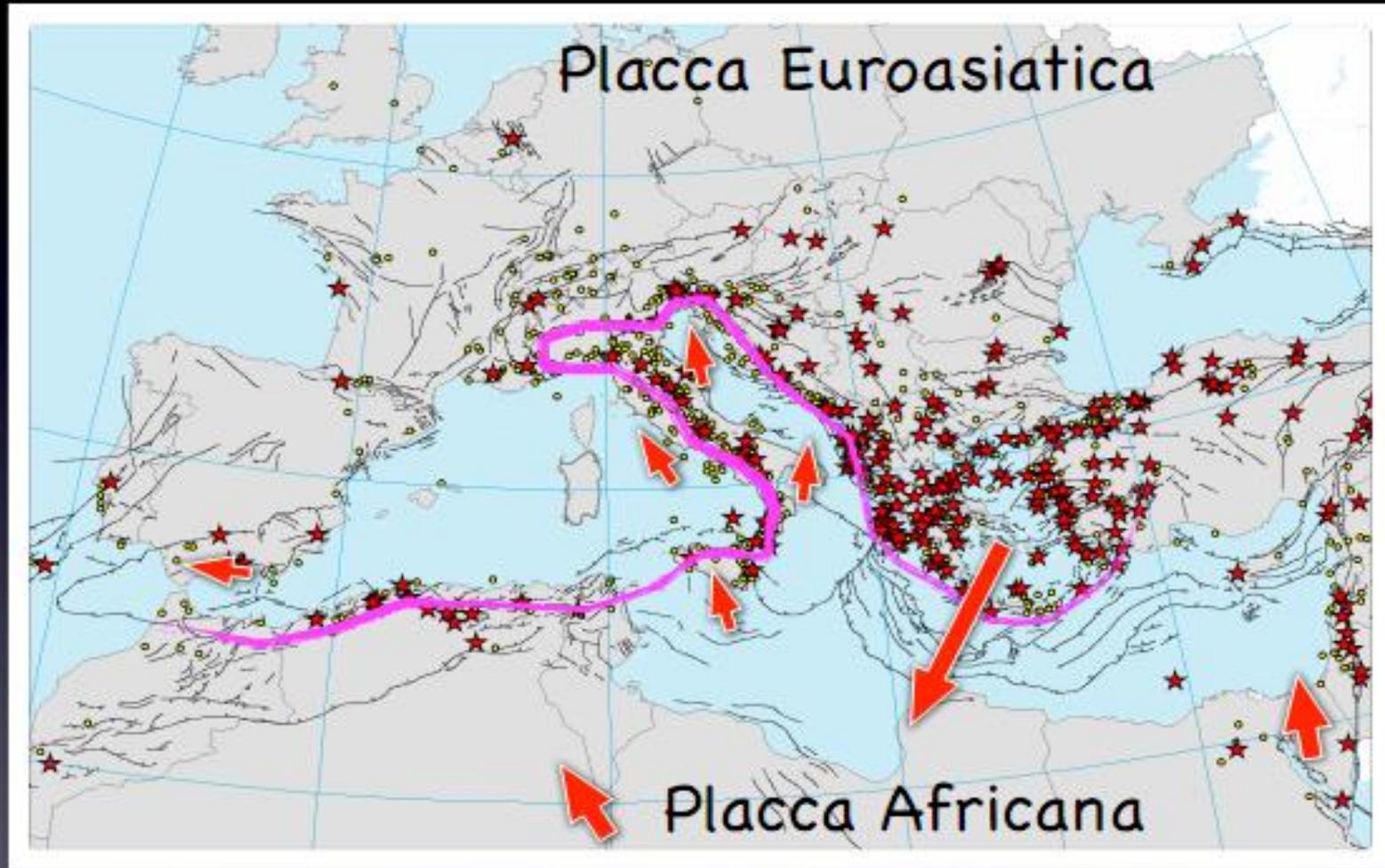
altri Datum globali:

- **ITRS (Internazionale Terrestrial Reference Sistem); ETRS (European Terrestrial Reference System).**

Diversi ellissoidi (per dimensioni) diversi orientamenti hanno dato origine a differenti Datum planimetrici: Bessel, Roma 40, ED50, WGS84, ITRS, ETRS



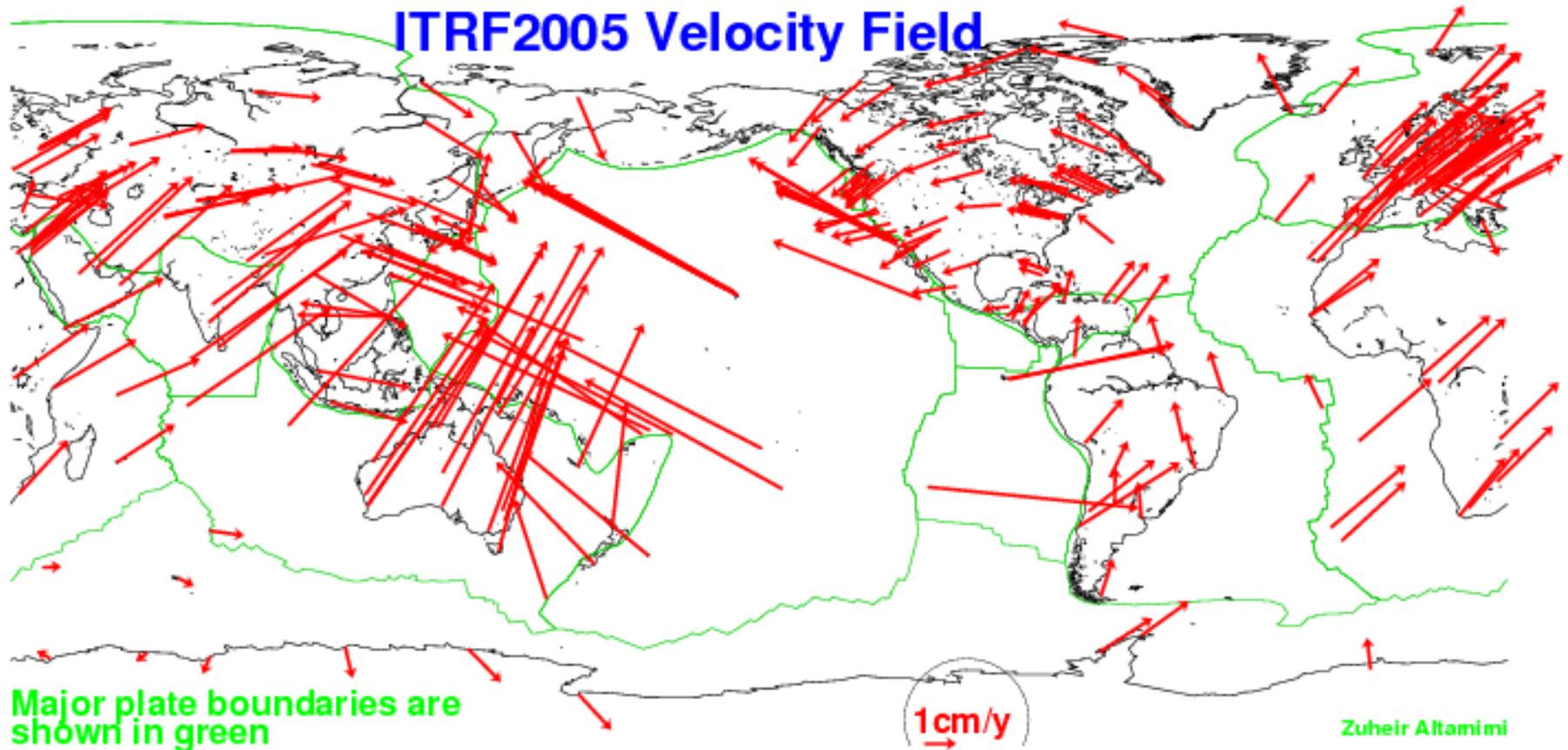
Geodesia: studio fenomeni Geodinamici



I terremoti non avvengono ovunque, ma sono concentrati lungo una fascia abbastanza ben delineata, che rappresenta il margine tra la placca Africana e la placca Euroasiatica

“TUTTO SI MUOVE”

ITRF2005 Velocity Field



Nascono i Sistemi di Riferimento Dinamici: ITRS/F, ETRS/F

Sul territorio esistono punti che materializzano i principali Datum e che consentono l'inquadramento di un rilievo

Geoide:

rete altimetrica IGM e rete altimetriche di altri enti (Regione, Consorzi di Bonifica, Autorità territoriali)

Datum planimetrici:

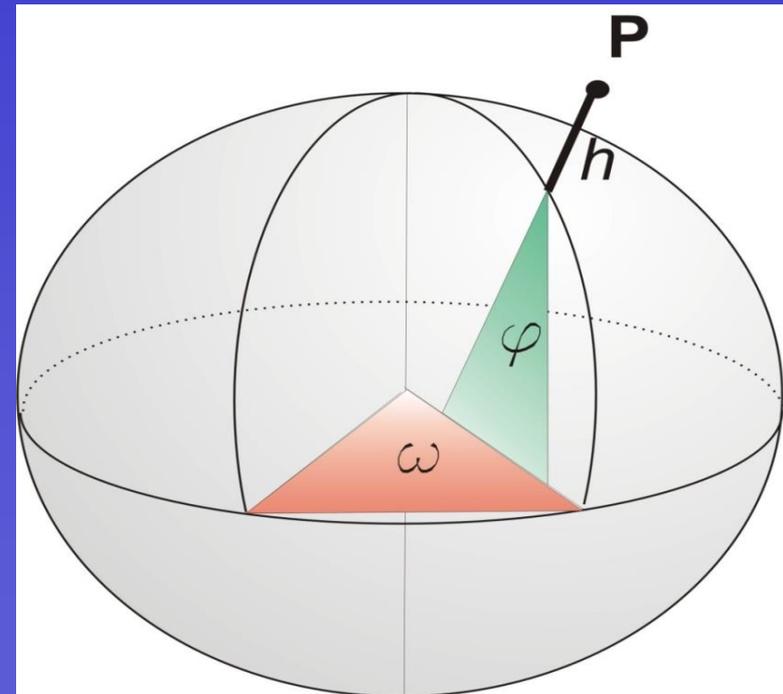
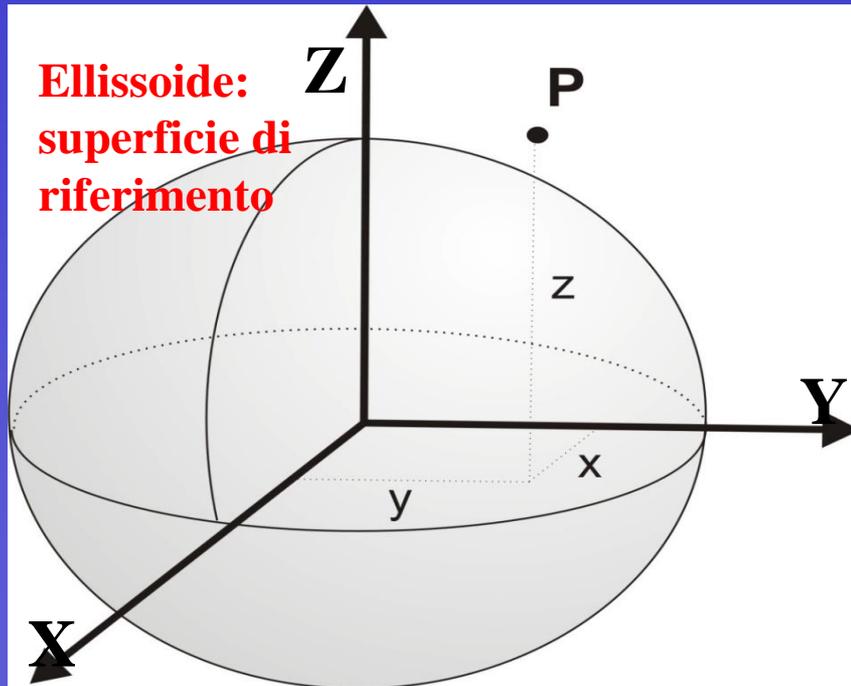
- **PF (Punti Fiduciali) dell'Agencia delle Entrate (ex Agenzia del Territorio, ex Catasto)**
- **Vertici I°, II° e III° ordine IGM**
- **Vertici IGM95 dell' IGM (materializzazione ETRS89 originariamente detto WGS84) convertiti in ETRS89/ETRF2000(2008.0)-RDN**

Si veda il sito Istituto Geografico Militare: www.igmi.org

Geodesia: coordinate e posizione

La posizione di un punto della superficie della Terra richiede l'introduzione di Sistemi di Riferimento, rispetto ai quali sono definiti sistemi di coordinate:

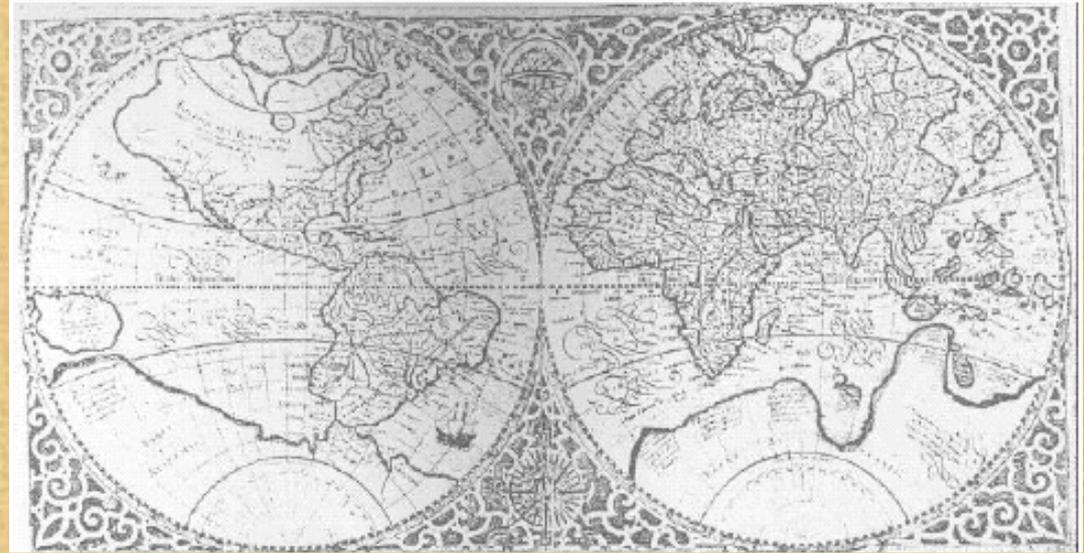
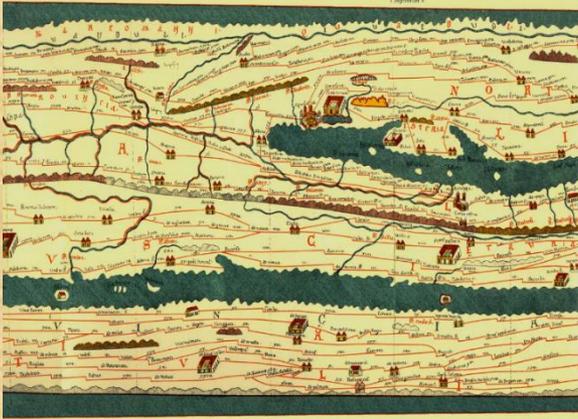
- Cartesiane (X,Y,Z)
- Geografiche (latitudine φ , longitudine ω , quota ellissoidica h) necessitano di un ellissoide orientato



Latitudine e longitudine sono coordinate curvilinee ... poco comode da utilizzare, si preferisce proiettarle sulla carta....

LA CARTOGRAFIA DA SEMPRE SI OCCUPA DI RAPPRESENTARE LA SUPERFICIE TERRESTRE

Tabula Peutingeriana – IV sec. D.C.



Carta di Mercatore (1569)

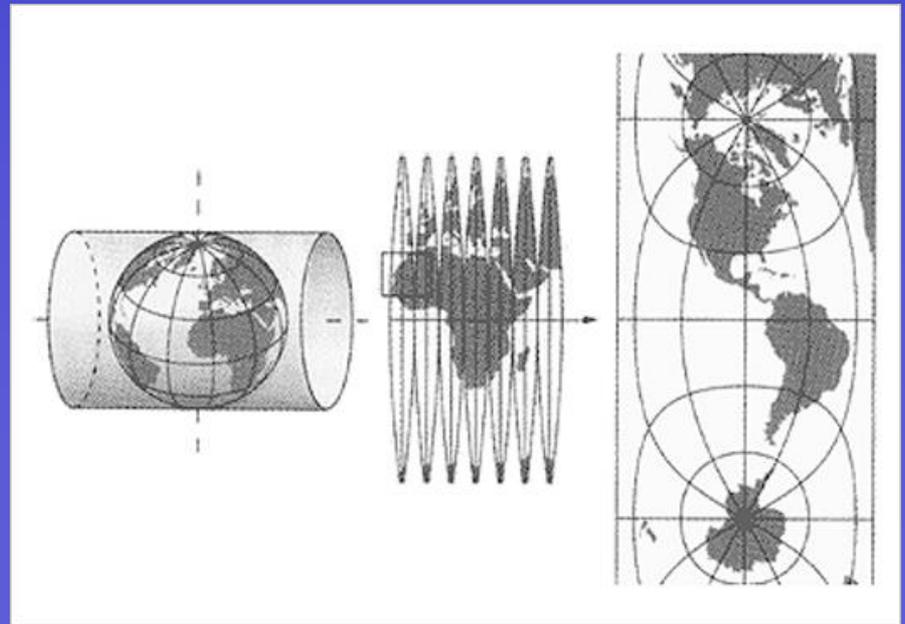
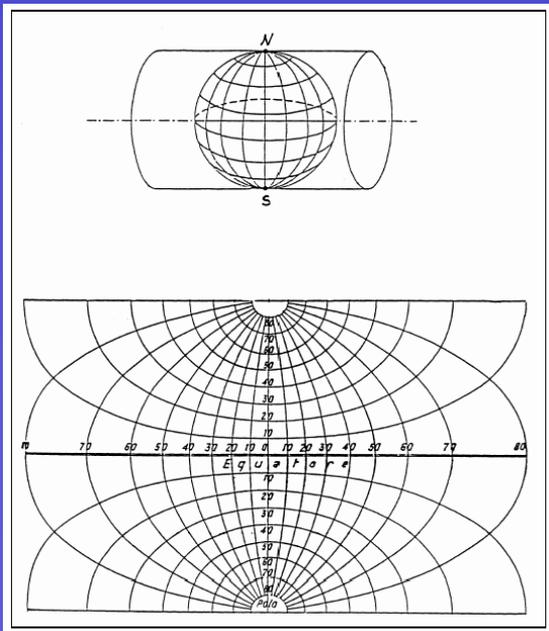


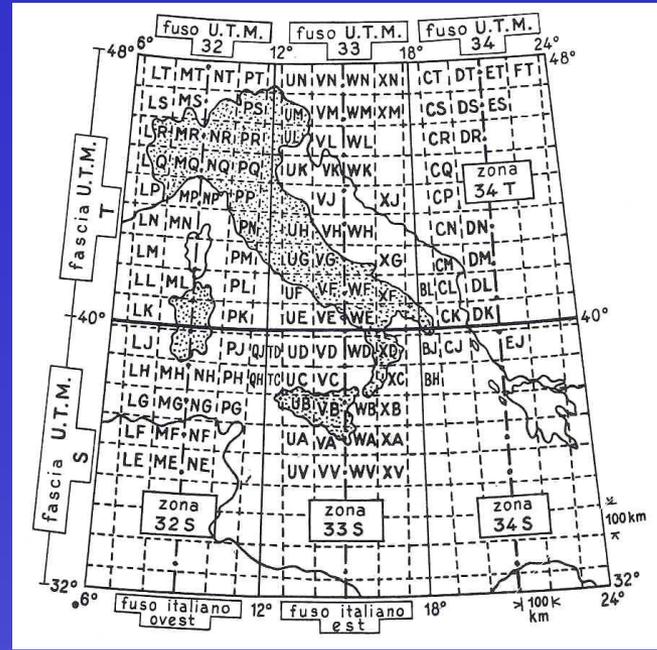
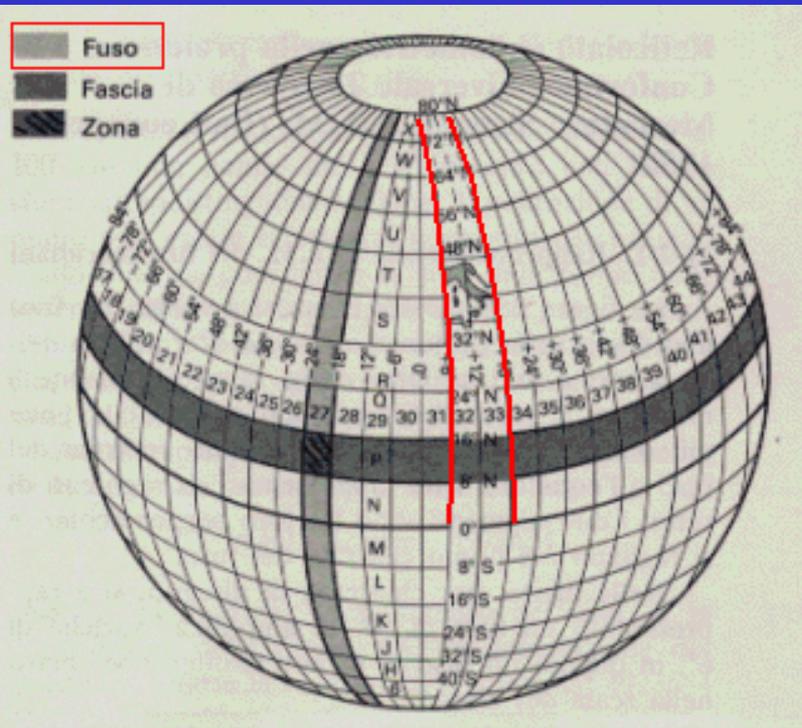
Mappamondo di Tolomeo (copia del 1480)

CARTOGRAFIA

La Cartografia si occupa del problema della rappresentazione del territorio

Per essa esistono regole precise che permettono di eseguire il passaggio dalle coordinate geografiche alle coordinate cartografiche Nord ed Est ma la trasformazione comporta delle deformazioni lineari e/ angolari

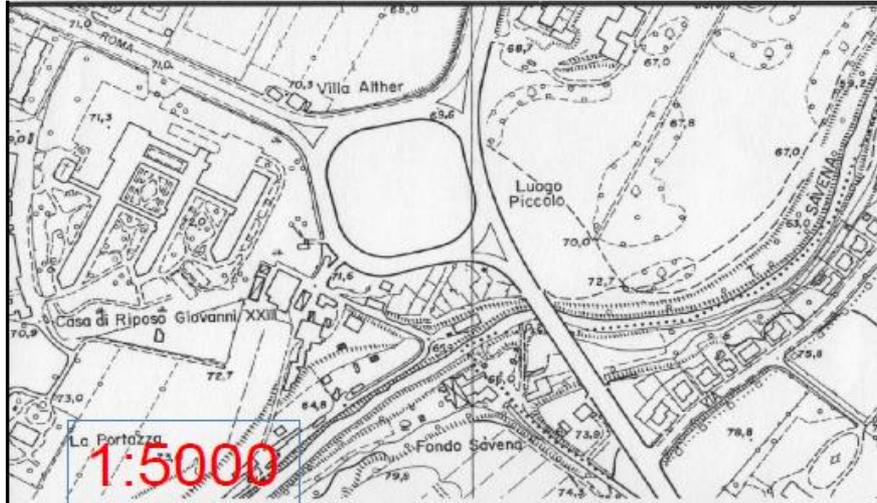




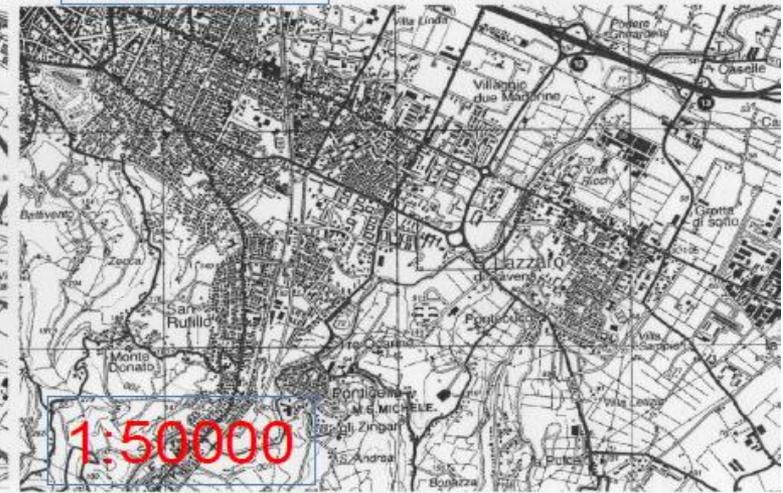
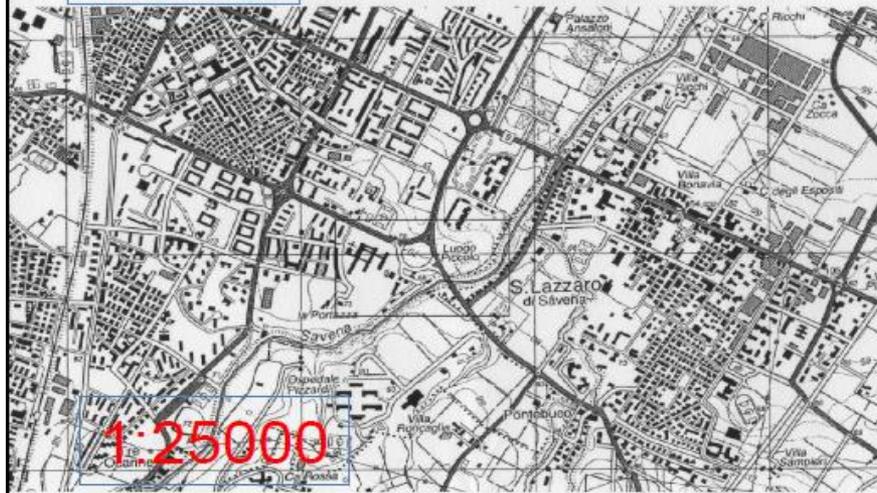
UTM: Universal Transverse Mercator, conforme (gli angoli non si deformano) si hanno solo deformazioni lineari
Per limitare le deformazioni lineari si introduce il concetto del fuso di estensione 6° in longitudine. La superficie terrestre è suddivisa in 60 fusi.
Per tutti i fusi l'asse Est è la trasformata piana dell'equatore
L'asse Nord è invece la trasformata piana del meridiano centrale del fuso stesso, quindi cambia da fuso a fuso
Inoltre, per evitare coordinate Est negative si introduce un falso Est di 500 Km al meridiano centrale del fuso

Scala della carta: parametro fondamentale

media scala



media scala

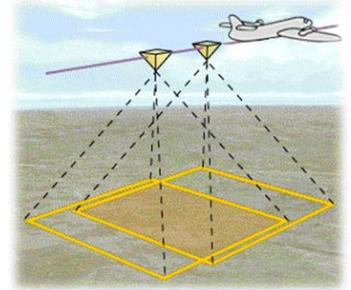


Piccola scala

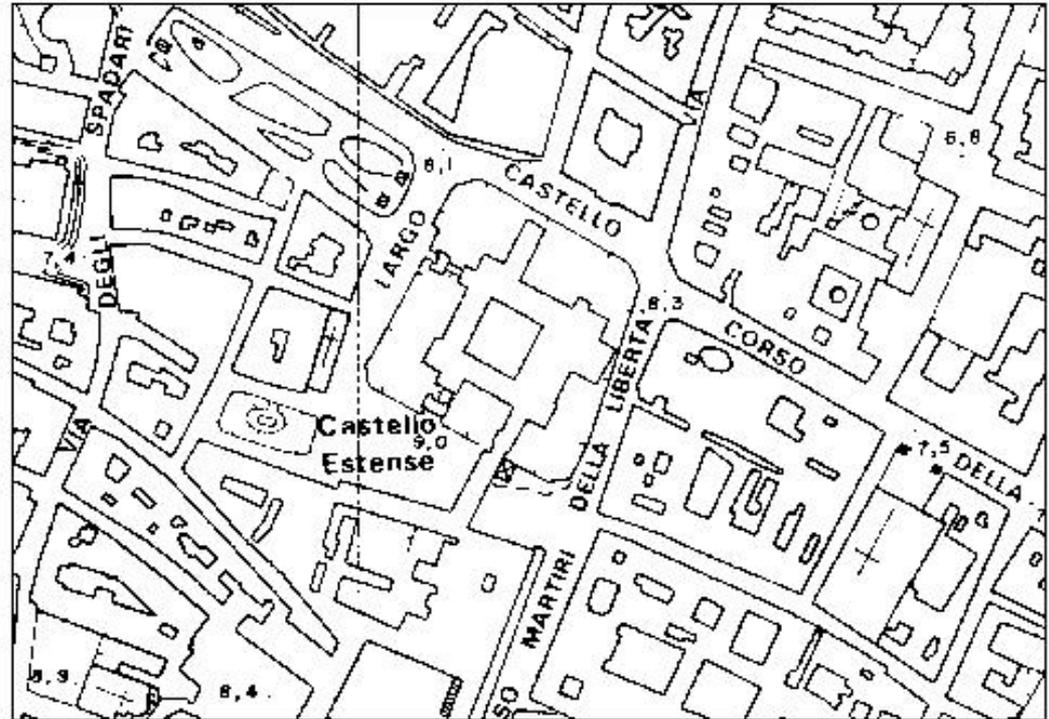
Piccola scala



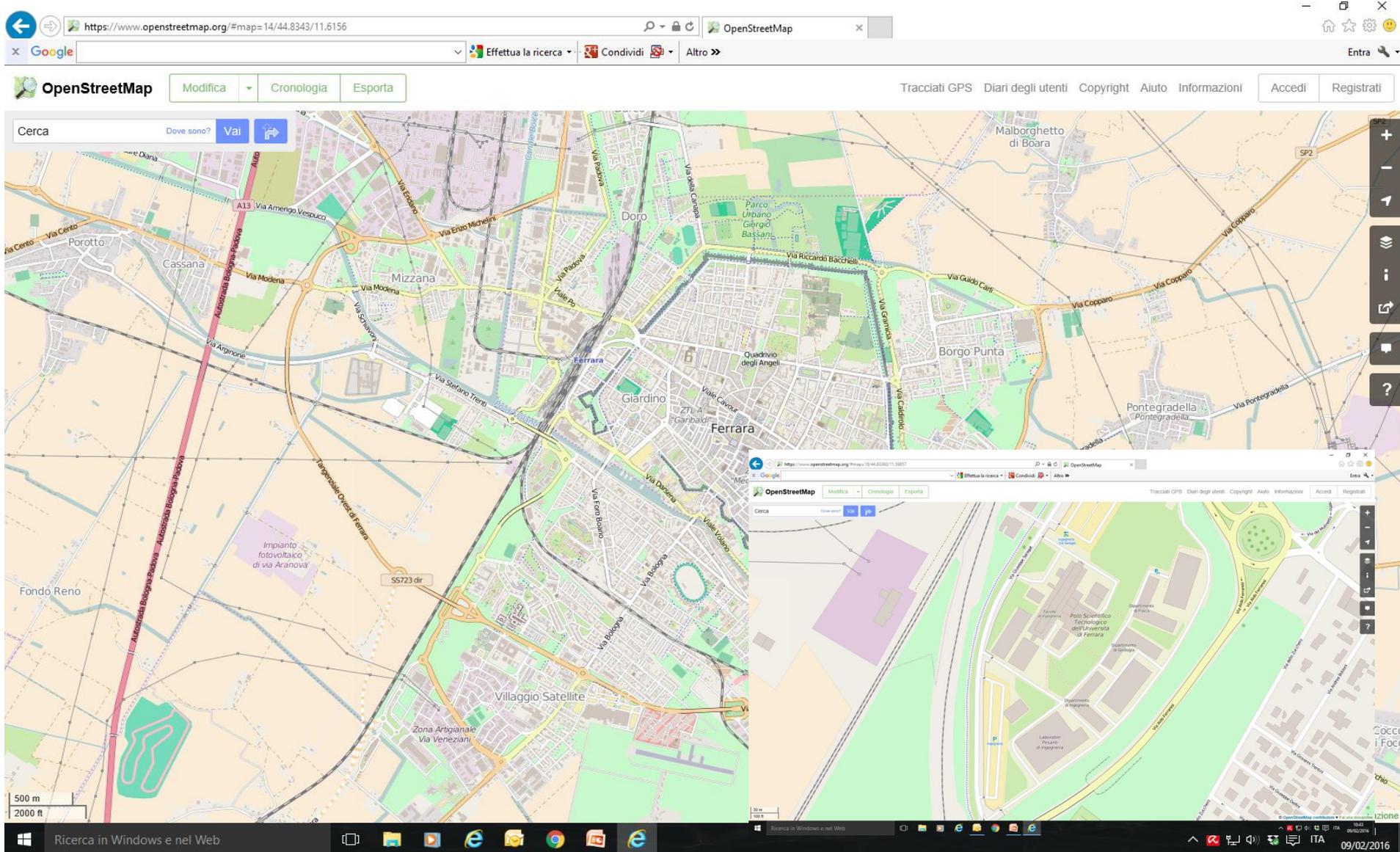
**Immagine aerea
(Fotogrammetria aerea o da
drone)
o satellitare
(Telerilevamento)**



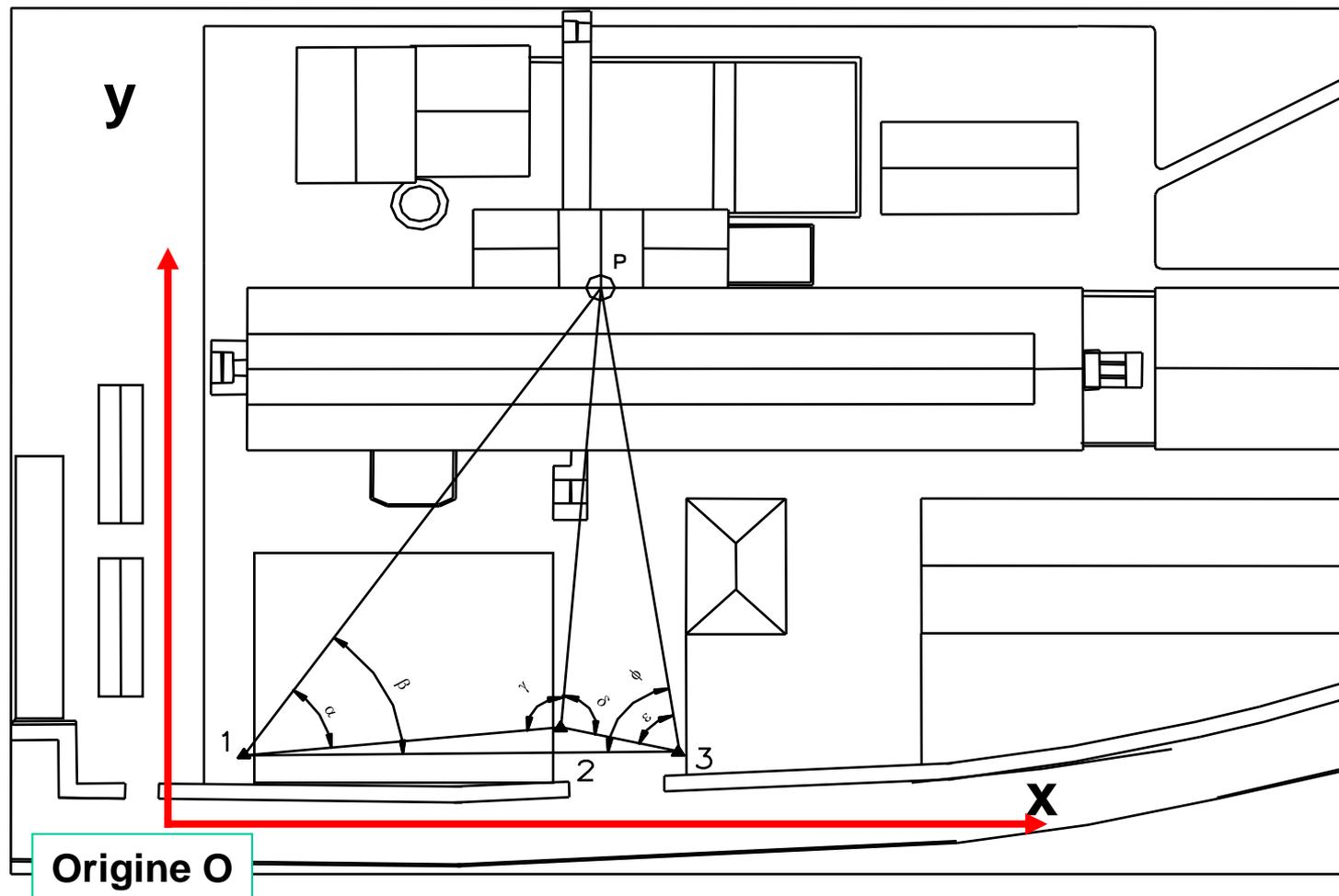
**Cartografia: Carta Tecnica
Regionale CTR in scala 1:5000
oggi anche on-line
Geo-Portali**



..... e Open Data, es OpenStreetMap oppure Google Maps !



tra la Geodesia e la Cartografia ... il Topografo si occupa spesso di Rilievi locali, in un sistema di riferimento locale

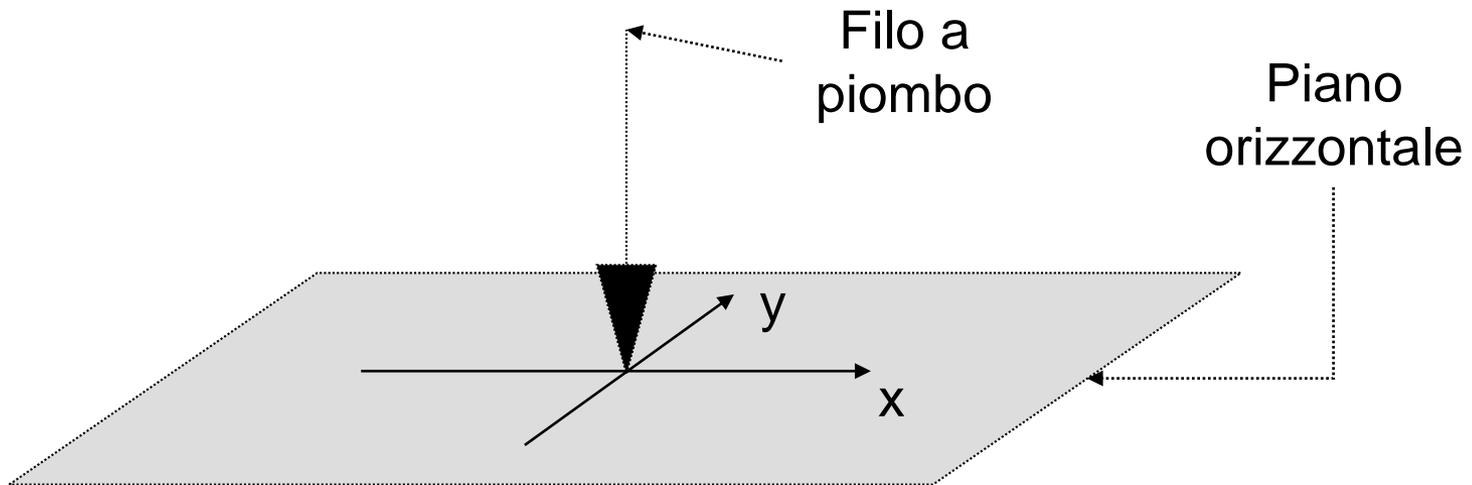


Sistema di riferimento locale

In natura esiste un riferimento già definito: la verticale. La verticale viene sempre considerata come l'asse z del sistema di riferimento.

La verticale è materializzata dalla direzione del filo a piombo.

Un qualunque piano ad essa ortogonale, quindi orizzontale, va bene per rappresentare il piano x,y.



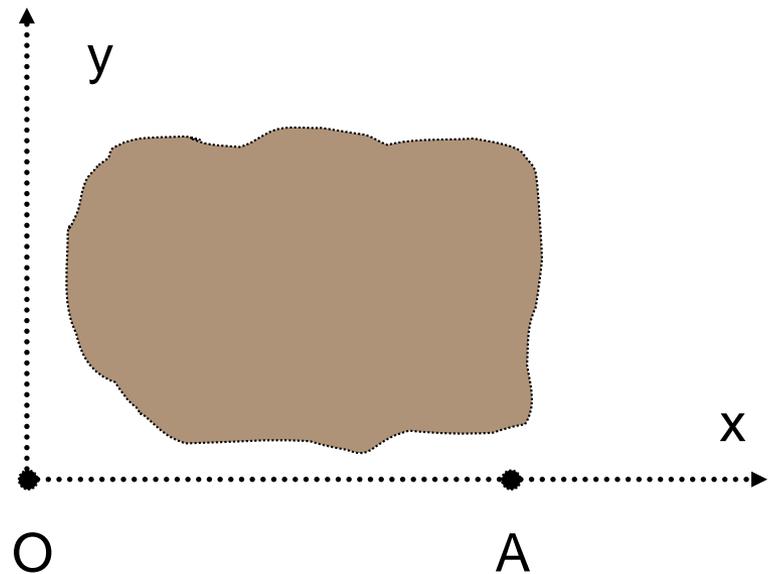
RILIEVO DI INQUADRAMENTO: locale

Con il rilievo di inquadramento si eseguono le misure necessarie a materializzare il sistema di riferimento.

ESEMPIO:

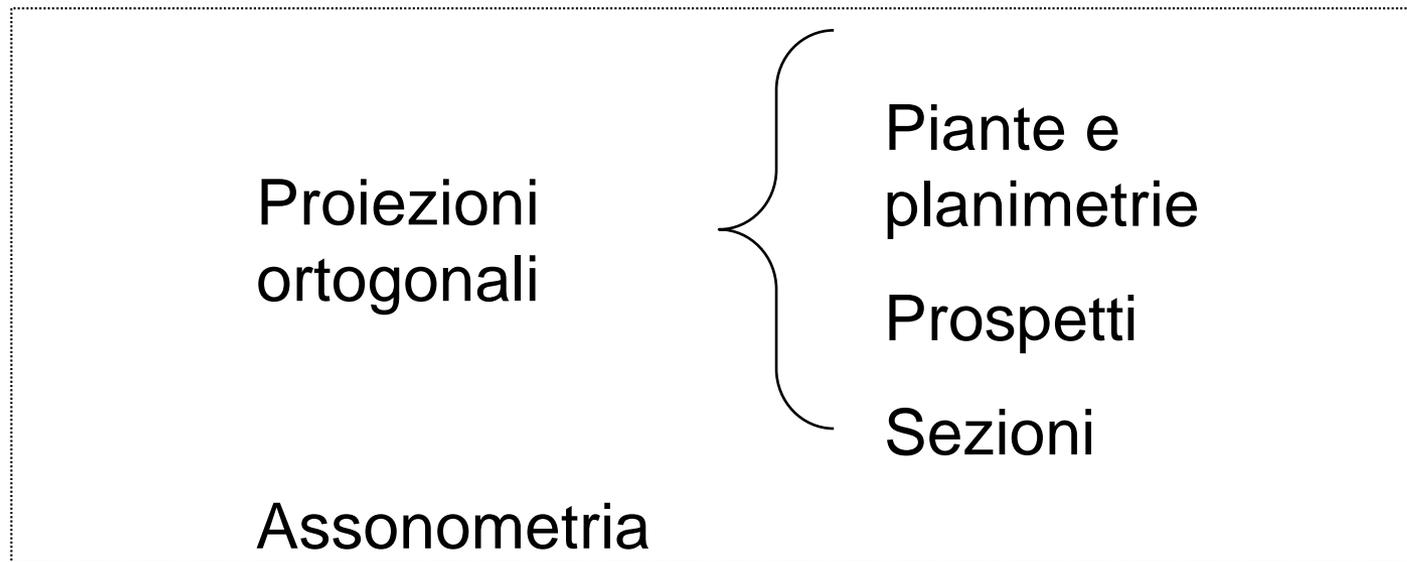
Si voglia istituire il sistema di riferimento

Si può procedere materializzando l'asse x , piantando in O ed in A un paio di picchetti di legno.



a grandissima scala e per aree limitate possiamo parlare di «RAPPRESENTAZIONE dell'ambiente costruito»

La rappresentazione dell'oggetto è in genere costituita da disegni **in scala** (1:50, 1:100, 1:200)



I disegni possono essere eseguiti su carta o su supporto informatico. La scala di rappresentazione influenza la precisione del rilievo attraverso il concetto di **errore di graficismo** pari a 0.2 mm, concetto derivato dalla Cartografia

La modalità di rappresentazione condiziona le tecniche e le operazioni di rilievo.

RILIEVO, normalmente si distingue in:

Rilievo di inquadramento: per il rilievo e la definizione del sistema di riferimento.

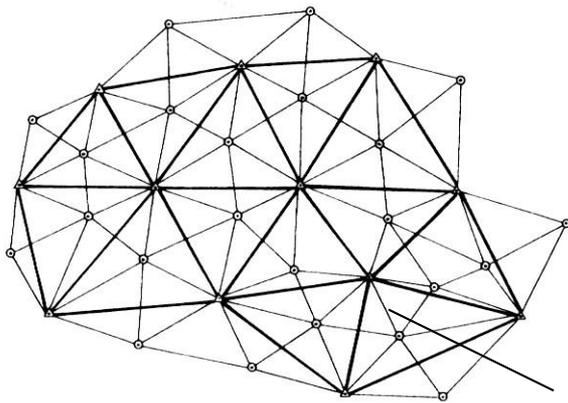
Rilievo di dettaglio: per la descrizione dell'oggetto (forma, posizione e dimensioni)



Durante le operazioni di rilievo si eseguono misure di **angoli, distanze e dislivelli** con le quali è possibile determinare le **coordinate** di punti appartenenti ad oggetti.

RILIEVO DI INQUADRAMENTO: Reti

- Il rilievo viene normalmente eseguito secondo il criterio di passare dal sistema di riferimento al dettaglio, nel senso di rilevare con grande precisione un numero limitato di punti (reti di inquadramento e di raffittimento) rispetto ai quali si determinano altri punti rilevati con minore precisione.
- e' preferibile realizzare un numero di misure sovrabbondanti: per **compensare** le misure, segnalare la presenza di errori grossolani, valutare la precisione del rilievo



△ VERTICI DI I° ORDINE
○ VERTICI DI II° ORDINE

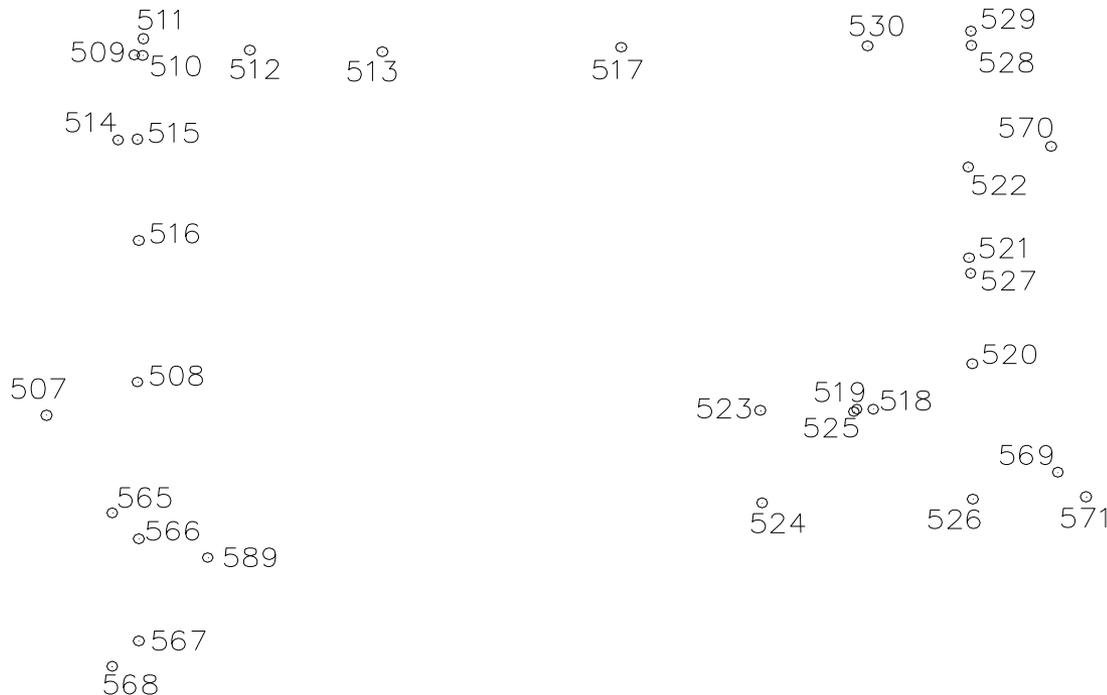
**RETE DI
INQUADRAMENTO= SISTEMA DI
RIFERIMENTO**

**Rete di inquadramento
IGMI**

RILIEVO DI DETTAGLIO

Il rilievo di dettaglio si appoggia alle reti di inquadramento e serve per la rappresentazione metrica degli oggetti:

Rilievi di tutti i punti necessari per la descrizione completa dell'oggetto



Punto	x (m)	y (m)	z (m)
509	455.155	2563.55	55.525
510	454.026	2458.25	50.225
511	452.897	2352.95	44.925
512	451.768	2247.65	39.625

.....

STRUMENTI DI MISURA – 1 - il passato



GONIOMETRI: TEODOLITI,
TEODOLITI ELETTRONICI



DISTANZIOMETRI: CORDELLE
METRICHE, ..., distanziometri
laser portatili



LIVELLI: OTTICO-
MECCANICI,
AUTOLIVELLI

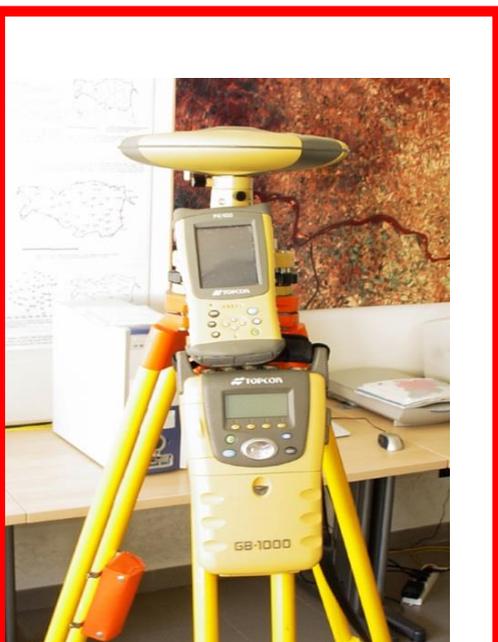


STRUMENTI DI MISURA – 2 – il presente

Stazioni totali



Livelli digitali



GPS

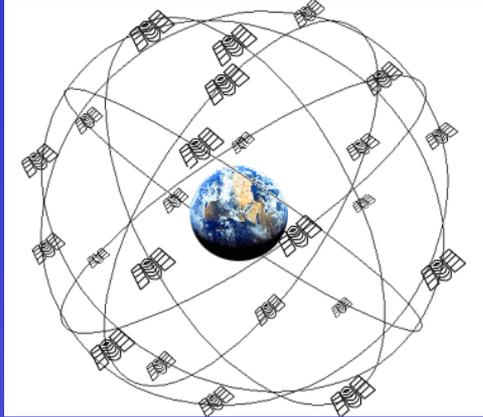


Laser Scanner Terrestri

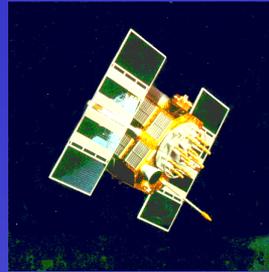


Fotogrammetria con Droni

GPS (Global Positioning System)



- **NON E' NECESSARIA L'INTER VISIBILITA' DEI VERTICI DELLA SUPERFICIE TERRESTRE**
- **FUNZIONA: 24/24 h per 365 gg/anno**
- **FUNZIONA INDIPENDENTEMENTE DALLE CONDIZIONI METEOROLOGICHE**
- **PERMETTE DI UTILIZZARE PROCEDURE AUTOMATICHE DI ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI**



Sistemi Satellitari di Navigazione – GNSS

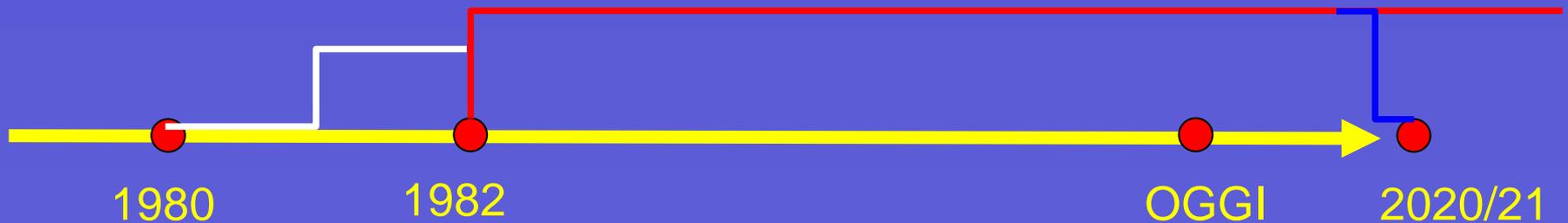
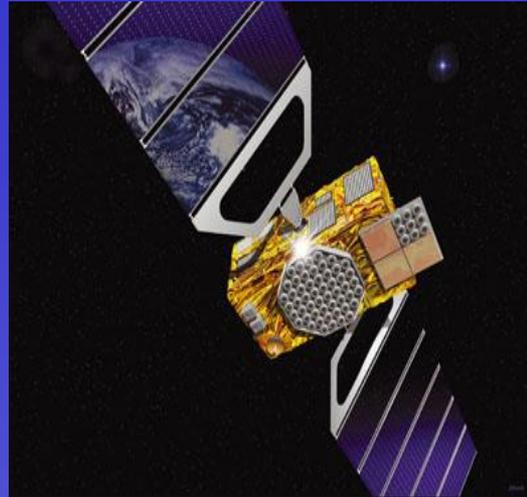
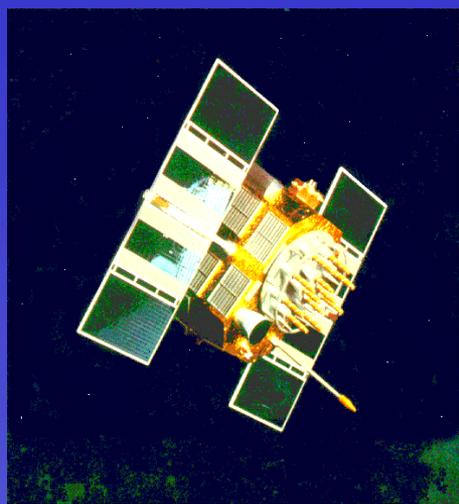
Global Navigation Satellite System

GPS

Glonass

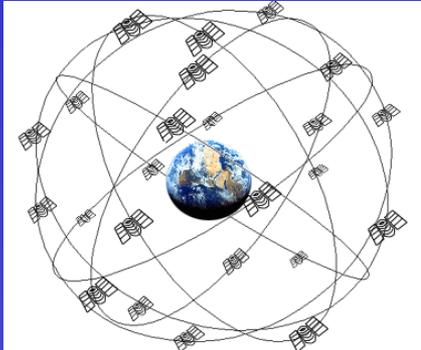
Galileo

Beidou

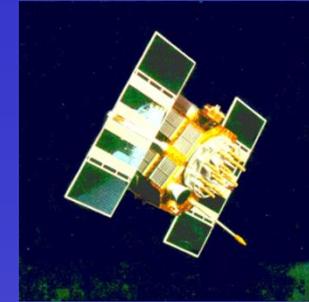


GPS: GENERALITÀ (descriviamo solo il GPS)

Il sistema GPS è costituito da tre segmenti:



1 - SEGMENTO SPAZIALE



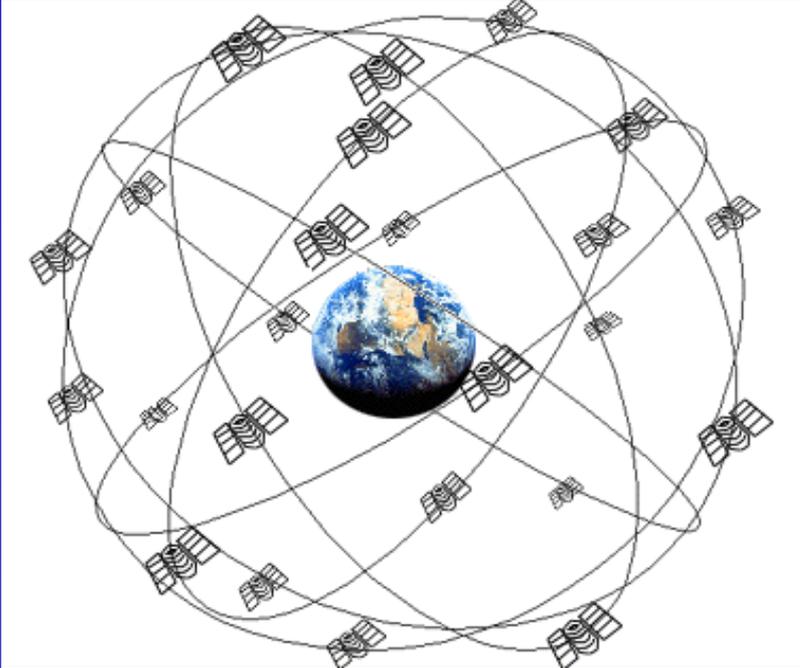
2 - SEGMENTO DI CONTROLLO



3 - SEGMENTO UTENTI

(uno dei primi ricevitori GPS)

1 - SEGMENTO SPAZIALE



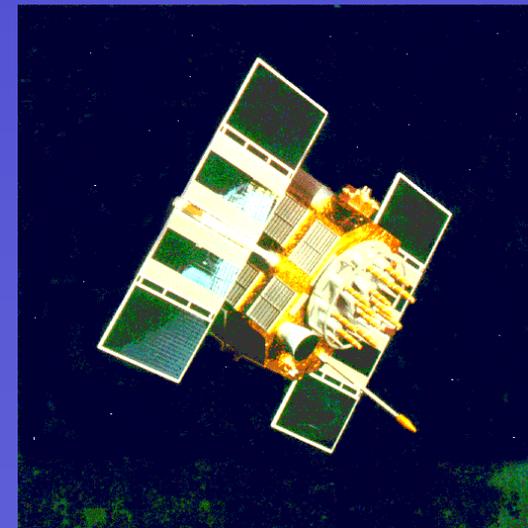
IL SEGMENTO SPAZIALE è costituito dai satelliti in orbita attorno alla Terra.

24 satelliti nominalmente (ma in alcuni periodo sono in numero maggiore anche 32) disposti su 6 orbite ellittiche

I satelliti si trovano ad una quota media di circa 20.000 Km, ed hanno periodo di rivoluzione di circa 12 ore.

Ogni satellite è visibile da un punto sulla Terra per circa 5 ore. Il numero dei satelliti è tale da garantire una completa copertura del globo (esclusi i poli) 24 h su 24 per tutto l'anno.

I satelliti inviano nel proprio segnale i parametri per il calcolo delle loro coordinate nel sistema WGS84



3 – SEGMENTO UTENTI

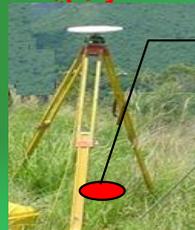
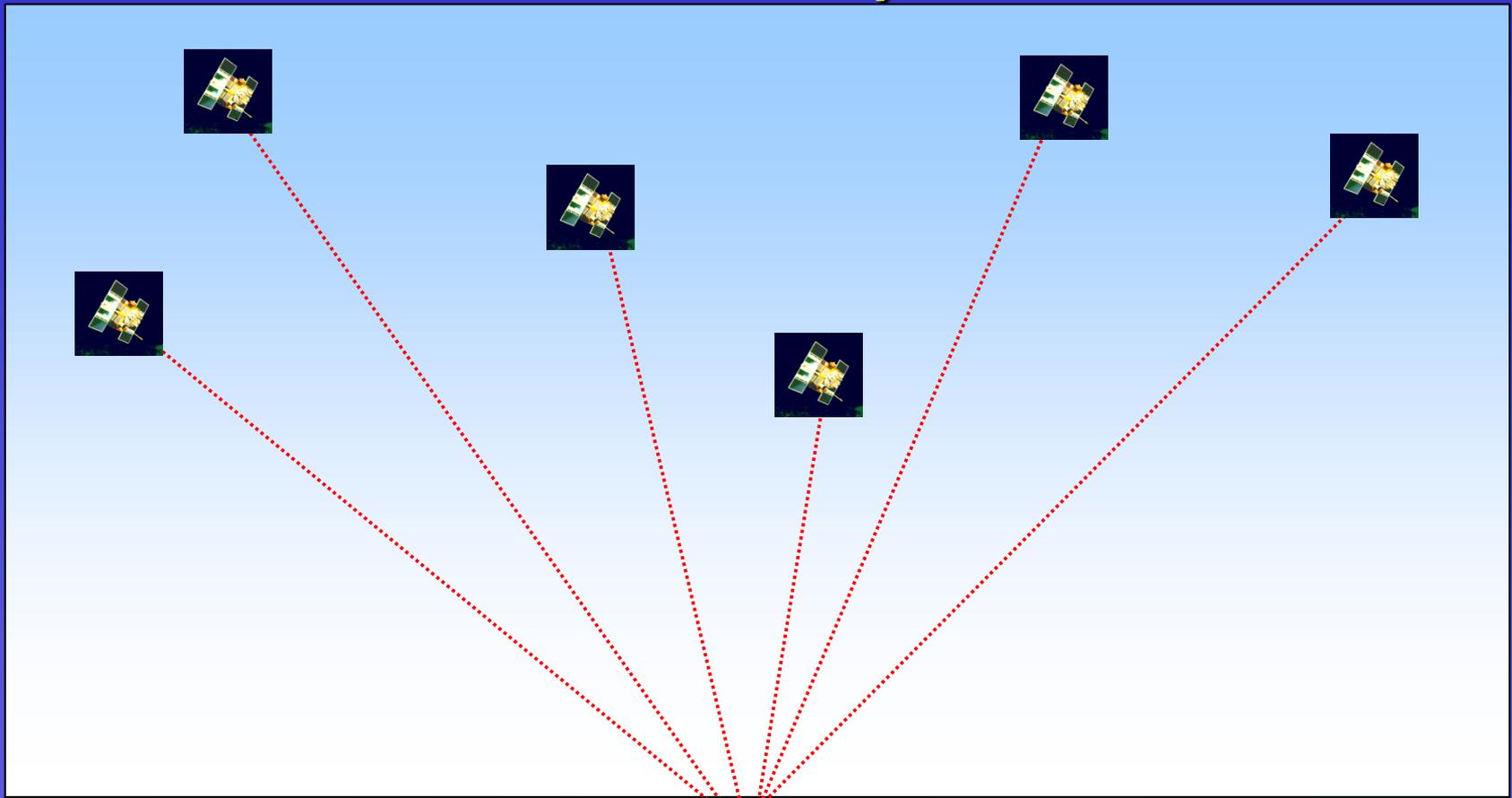


I possibili impieghi:

- **Militare**
- **Navigazione**
- **Topografico**
- **Geodetico**

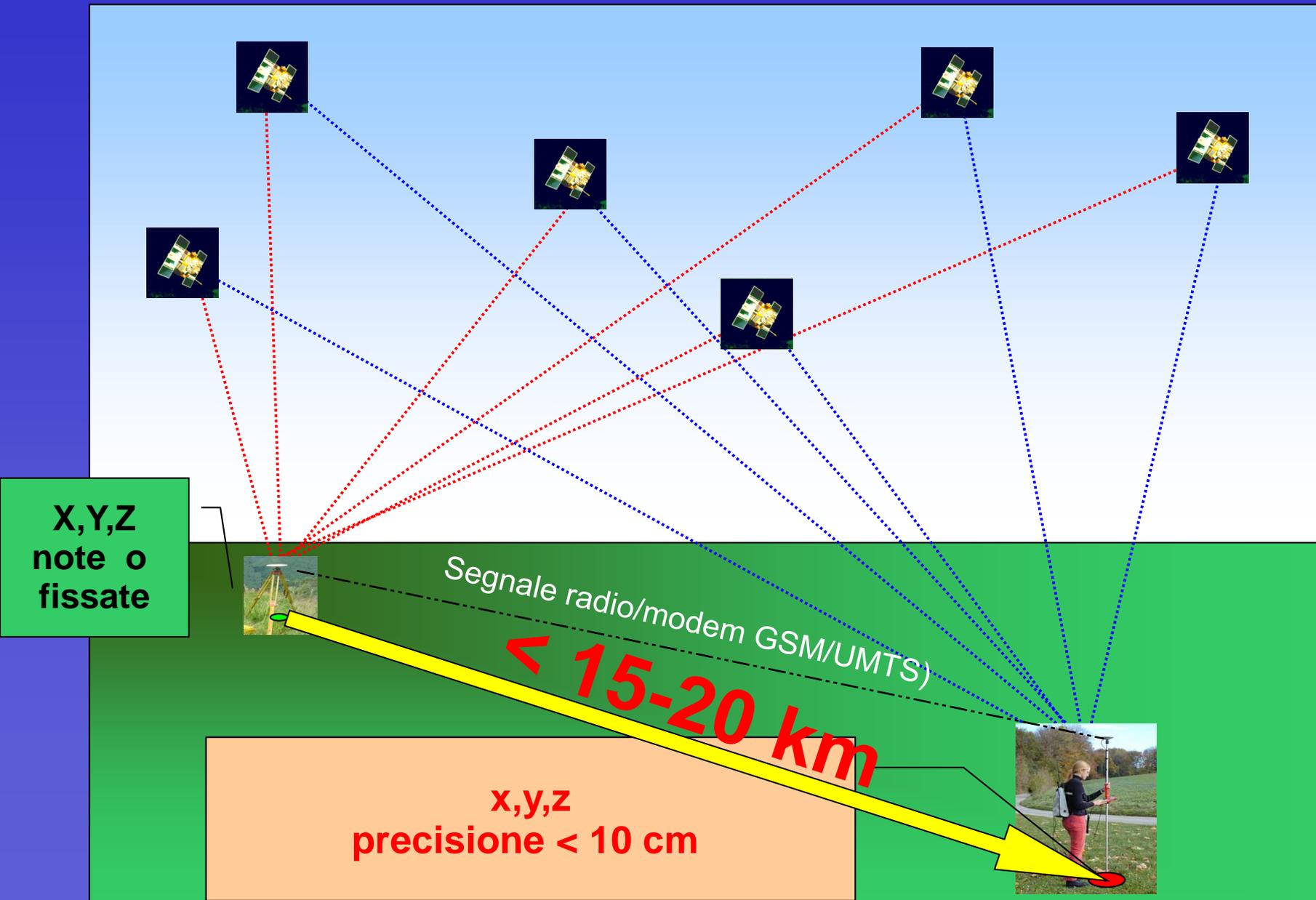


POSIZIONAMENTO ASSOLUTO (almeno 4 satelliti)



X,y,z
precisione qualche metro

POSIZIONAMENTO RELATIVO con almeno due ricevitori GNSS



STRUMENTI DI MISURA – 2 – il presente

Stazioni totali



Livelli digitali



GPS



Laser Scanner Terrestri



Fotogrammetria con Droni

LE MISURE TOPOGRAFICHE «classiche»

Con il rilievo topografico si eseguono misure di

ANGOLI

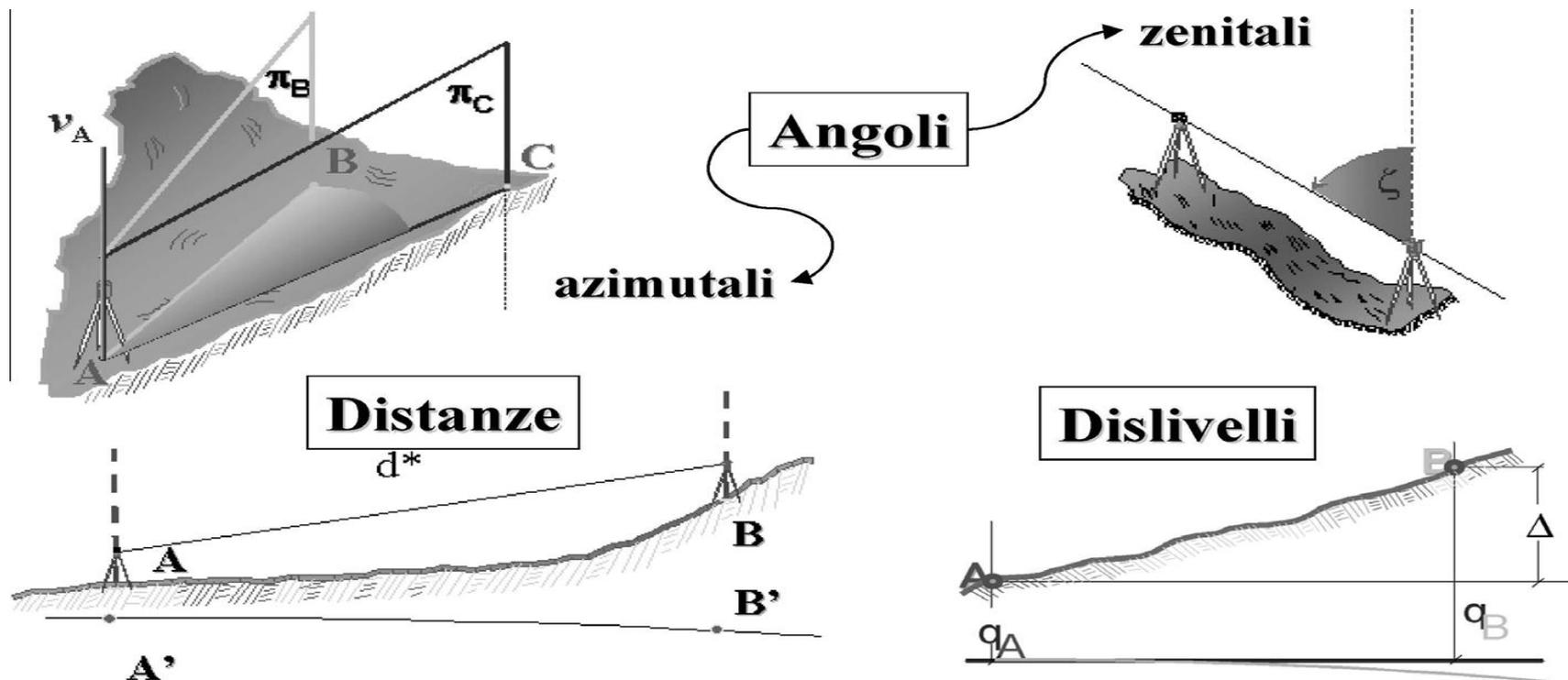
DISTANZE

DISLIVELLI

attraverso le quali e' possibile definire la posizione di punti.



Topografia e Rilievo topografico di dettaglio – strumenti e tecniche per misure di:



ANGOLI

DISTANZE

DISLIVELLI

Sistema di riferimento

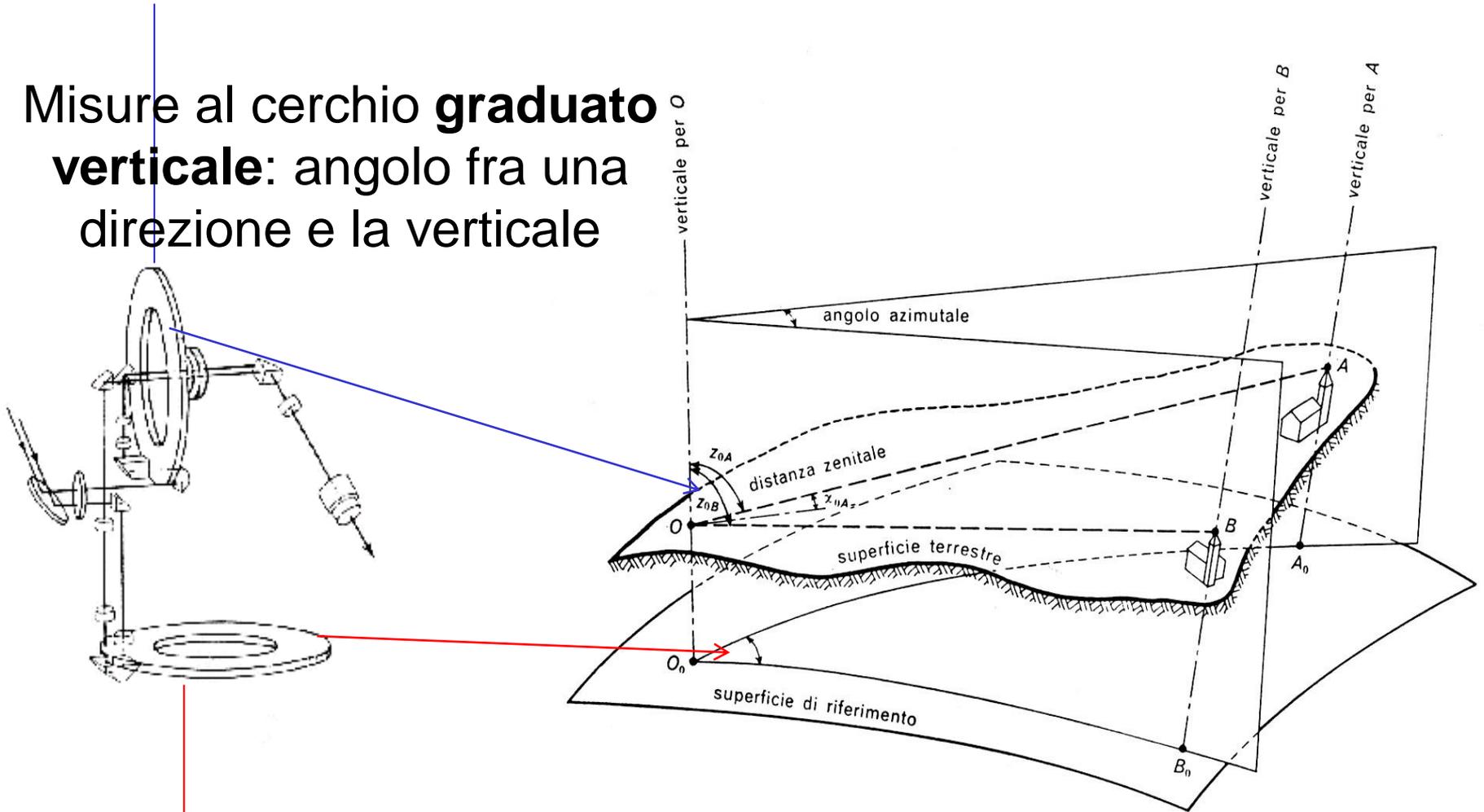
COORDINATE

OGGETTO

**POSIZIONE
DIMENSIONI
FORMA**

MISURA DEGLI ANGOLI

Misure al cerchio **graduato verticale**: angolo fra una direzione e la verticale

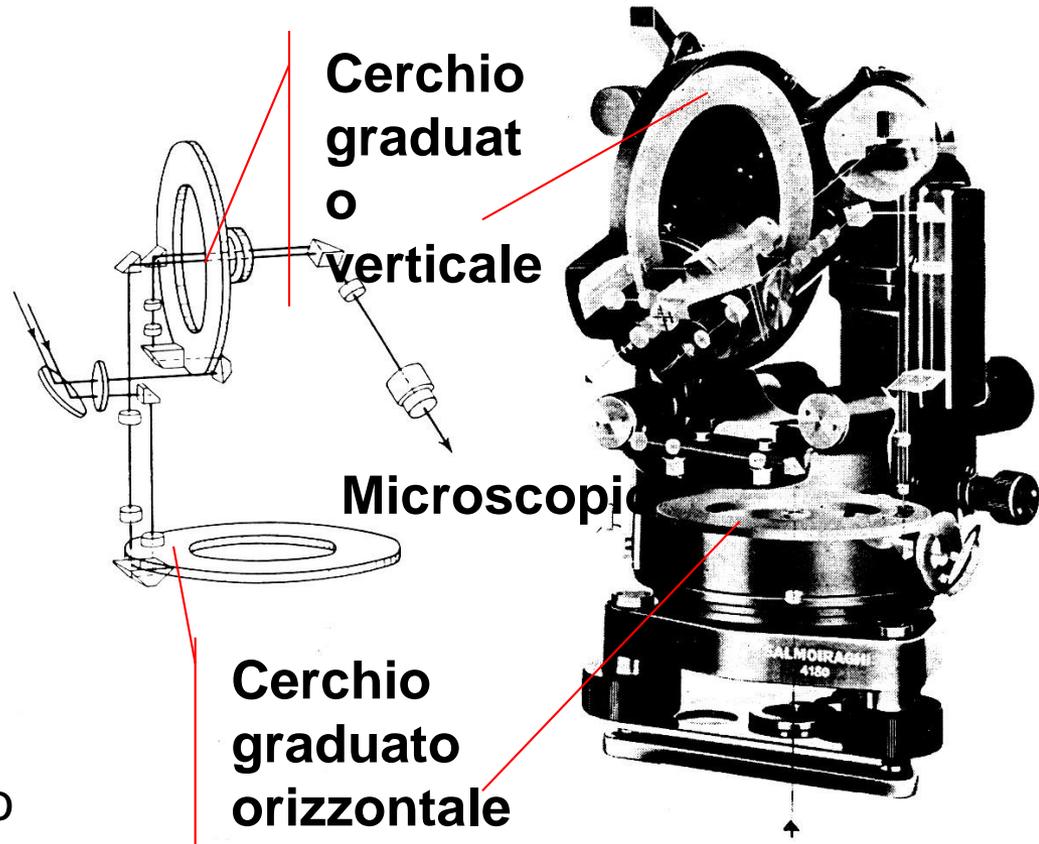


Misure al cerchio **graduato orizzontale**: angolo orizzontale tra due direzioni

TEODOLITI OTTICO-MECCANICI

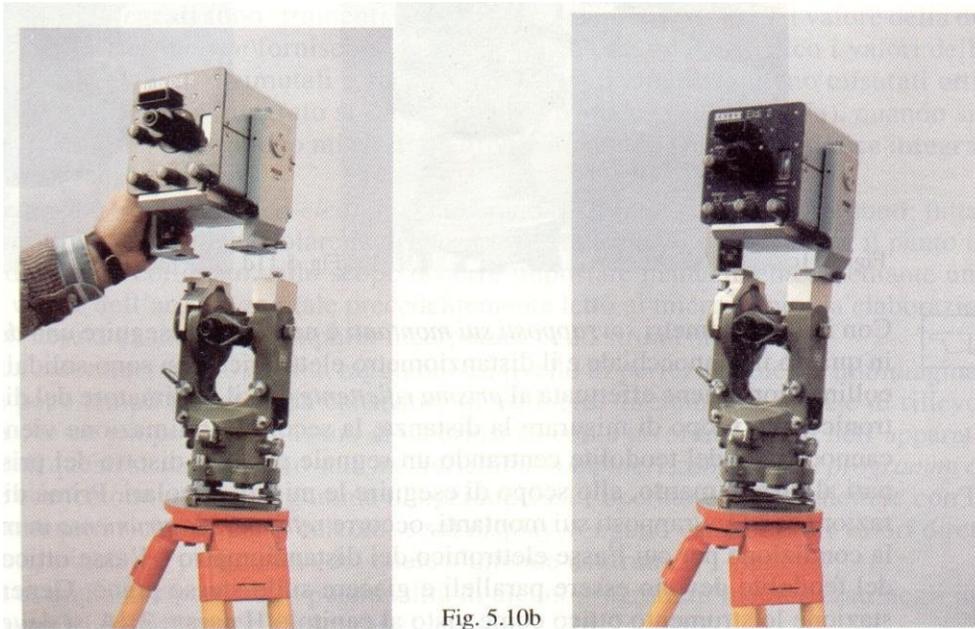


Teodolite ottico-meccanico
Wild T2A



La lettura ai cerchi viene realizzata dall'operatore tramite un microscopio che consente l'osservazione dei cerchi: angolo orizzontale o azimutale al cerchio graduato orizzontale, angolo verticale o zenitale al cerchio graduato verticale.

DISTANZIOMETRI ELETTRONICI

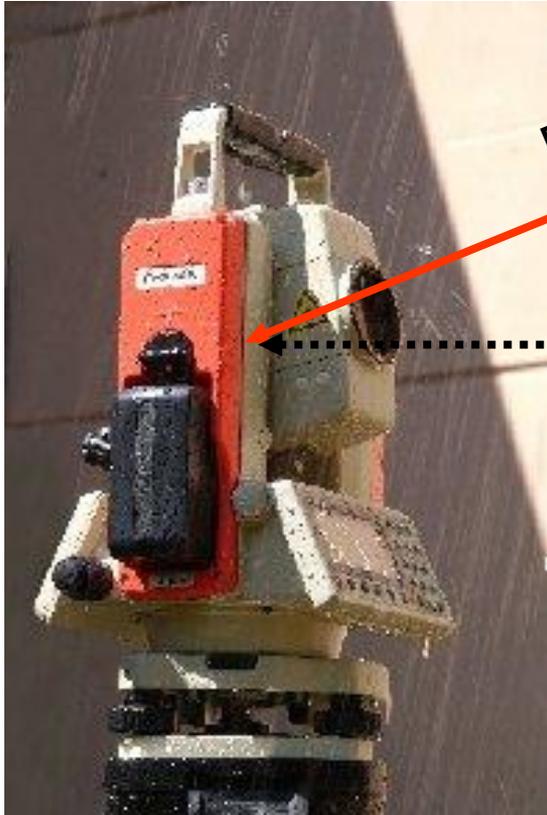


Prisma retro-riflettente

Inizialmente i primi distanziometri elettronici venivano montati direttamente sui teodoliti ottico meccanici

La misura della distanza richiedeva esclusivamente la collimazione ad un prisma retro-riflettente (specchio)

(non si poteva utilizzare una qualunque superficie riflettente)

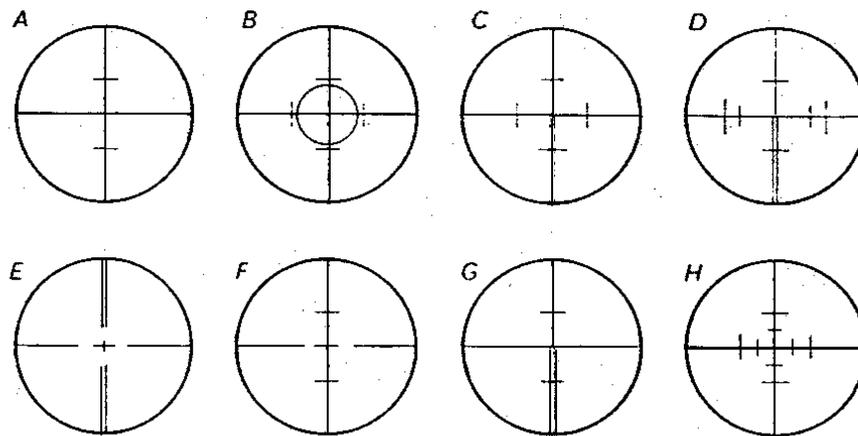
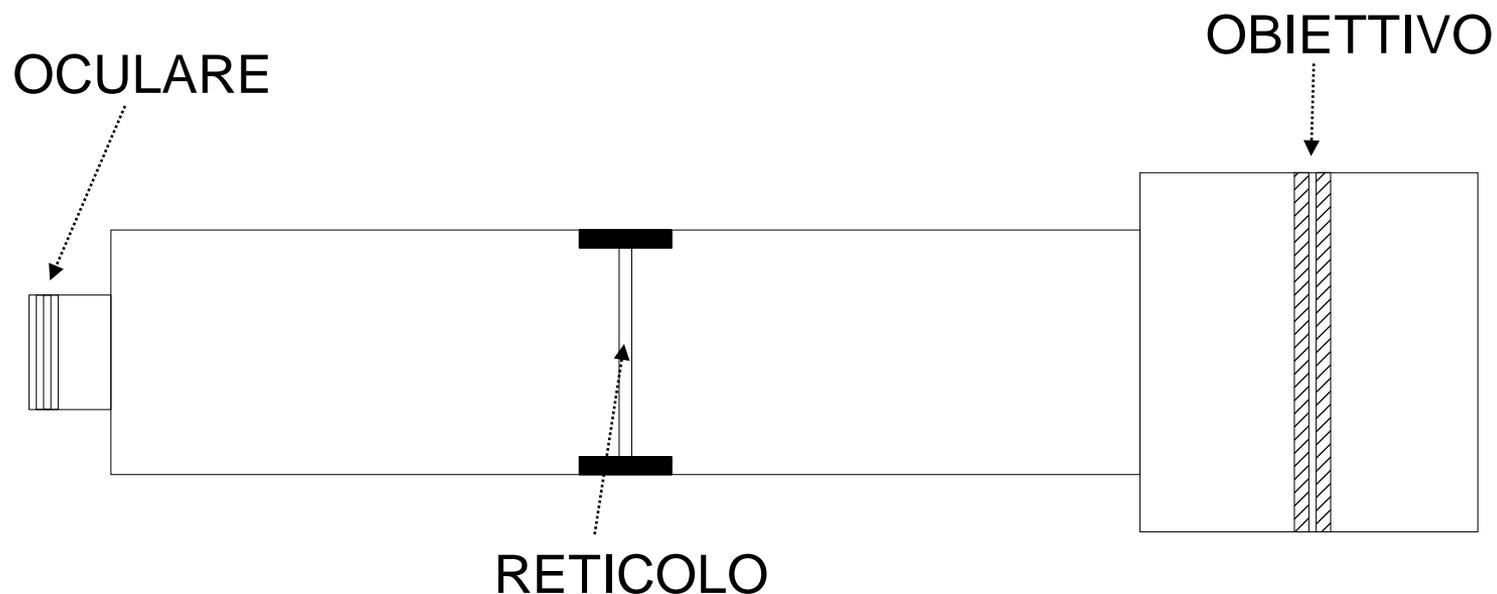


Distanza inclinata: misurata

Dislivello:
calcolato

Distanza orizzontale: calcolata

Tutti gli strumenti topografici sono dotati di cannocchiale topografico:



STAZIONI TOTALI ELETTRONICHE



Leica TC2002

CARATTERISTICHE PRINCIPALI:

- **Teodolite + distanziometro elettronico**
- **Lettura automatica ai cerchi codificati (orizzontale e verticale)**
- **Registrazione di dati su memorie interne**
- **Display elettronico dei dati**
- **Richiamo di programmi di calcolo on-line**
- **Gli ultimi distanziometri possono lavorare con qualunque superficie riflettente (distanziometri ad impulsi)**

PRECISIONI strumentali

Misure angolari (angoli orizzontali e verticali):

- **precisione di lettura ai cerchi σ_l**

$$\sigma_l = \pm 0.5'' \div 30''$$

$$\sigma_l = \pm 0.15 \text{ mgon} \div 9 \text{ mgon}$$

(1 mgon = circa 3'')

(1'' di errore angolare corrisponde a circa 5 mm ad 1 Km di distanza)

Misure di distanza:

- **portata con prisma (2-3 Km);**
- **portata senza prisma (superficie qualunque)–(circa 1000 m)**
- **precisione sulla misura della distanza σ_d**

$$\sigma_d = \pm 1 \text{ mm} \div 2 \text{ cm}$$

Somma di una componente fissa e di una componente funzione della distanza; dipende da cosa si collima (prisma o sup. qualunque)

Dati tecnici	TPS 403	TPS 405	TPS 407
Misure angolari (Hz, V)			
Metodo	Assoluto continuo		
Risoluzione del display	1" / 0.1 mgon / 0.01 mil		
Deviazione standard (ISO 17123-3)	3" (1 mgon)	5" (1.5 mgon)	7" (2 mgon)
Cannocchiale			
Ingrandimento	30 x		
Campo visivo	1° 30' (26 m a 1 km)		
Distanza min. del target	1.7 m		
Reticolo	illuminato		
Compensatore			
Sistema	Compensatore bi-assiale elettronico		
Precisione di posizionamento	1"	1.5"	2"
Misura infrarossa di distanza (IR)			
Portata con prisma corcolare GPR1	3'500 m		
Misura con nastro riflettente (60 mm x 60 mm)	250 m		
Dev. standard (ISO 17123-4) (precisa/rapida/tracciamento)	2 mm + 2 ppm/5 mm + 2 ppm/5 mm + 2 ppm		
Tempo di misura (precisa/rapida/tracciamento)	< 1 sec / < 0.5 sec / < 0.3 sec		
PinPoint – Misura della distanza senza riflettore (RL)			
Portata:	PinPoint R100 («power»)	170 m (riflettente 90%)	
(condizioni atmosferiche medie)	PinPoint R300 («ultra»)	> 500 m (riflettente 90%)	
	Laser su riflettore circolare GPR	7'500 m	
Deviazione standard (ISO 17123-4) (normale/tracciamento)	3 mm + 2 ppm/5 mm + 2 ppm		
Tempo di misura (normale/tracciamento)	tip. 3s/ 1s		
Dimensioni del punto a 100 m	12 mm x 40 mm		
Comunicazione			



Esempio
Leica TPS serie 400

STRUMENTI DI MISURA – 2 – il presente

Stazioni totali



Livelli digitali



GPS



Laser Scanner Terrestri

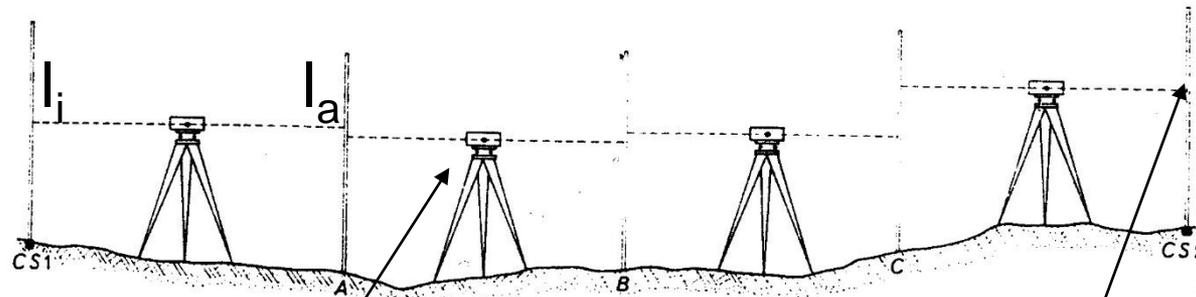


Fotogrammetria con Droni

LIVELLI OTTICO-MECCANICI

I livelli e le stadie vengono usati per la misura dei dislivelli fra punti.
Con i livelli è possibile avere una linea di mira orizzontale.
Precisioni dell'ordine di pochi cm fino a pochi mm.

Livellazione geometrica dal mezzo



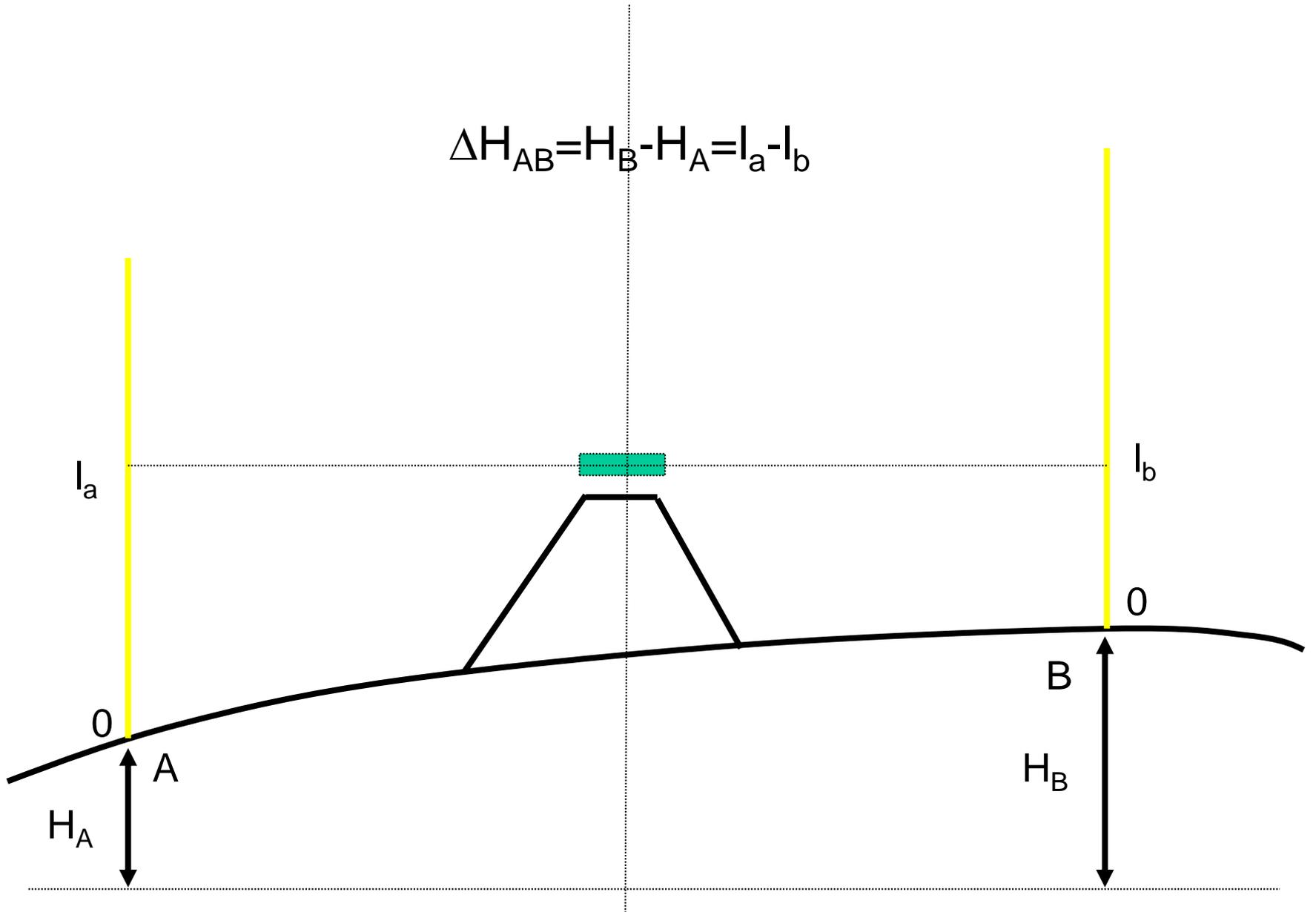
Dislivello
 $\Delta H = \Sigma(I_i - I_a)$



Fig. 7.12

Nei livelli ottici l'operatore collima e legge alla stadia graduata

$$\Delta H_{AB} = H_B - H_A = l_a - l_b$$



LIVELLI ELETTRONICI

Nei livelli elettronici:

- viene usata una stadia con un codice a barre riconosciuto automaticamente dal livello
- l'operatore collima solo alla stadia
- le letture vengono memorizzate nella memoria interna dello strumento



Leica NA2000

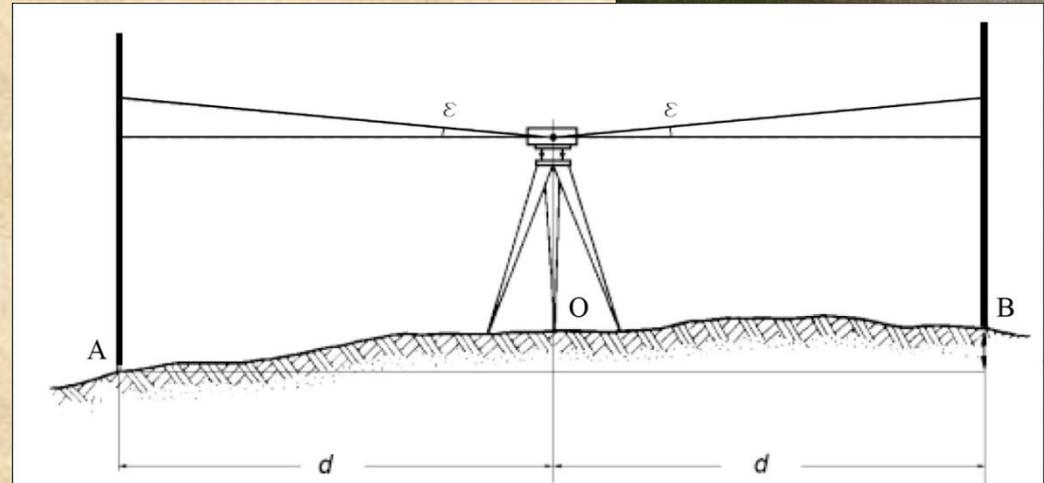
Stadia con
codice a barre



Livello digitale di alta precisione – Livellazione geometrica di alta precisione



TopCon DL101C
Deviazione
standard:
0.4 mm/km



STRUMENTI DI MISURA – 2 – il presente

Stazioni totali



Livelli digitali



GPS



Laser Scanner Terrestri



Fotogrammetria con Droni

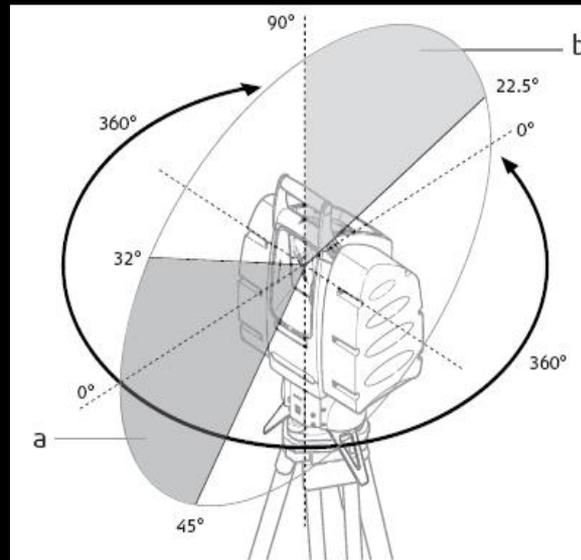
Rilevamento topografico tramite Laser Scanner Terrestre



Il risultato del rilevamento è un insieme di punti dell'oggetto (chiamato nuvola di punti) dall'elaborazione del quale è possibile ricavare prospetti, piante, sezioni e ricostruire un modello digitale tridimensionale dell'oggetto scansionato

Laser Scanner a « TOF »
(Tempo di volo)

- Angoli Azimutali (orizzontali)
- Angoli Zenitali (verticali)
- Distanze





UNIFE

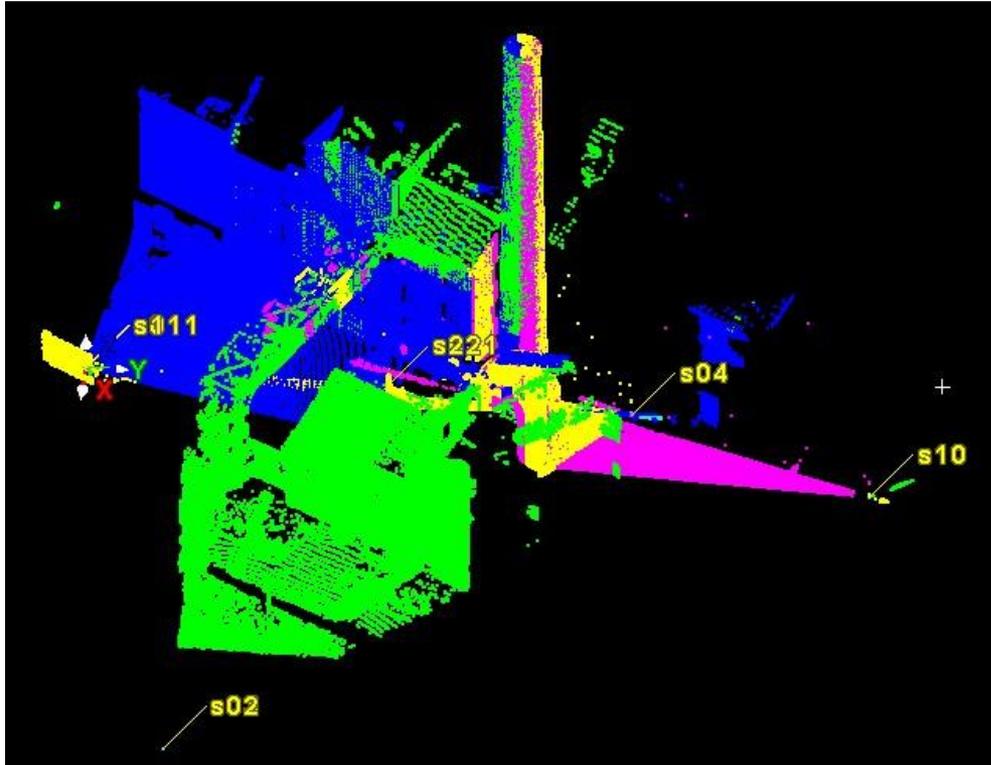
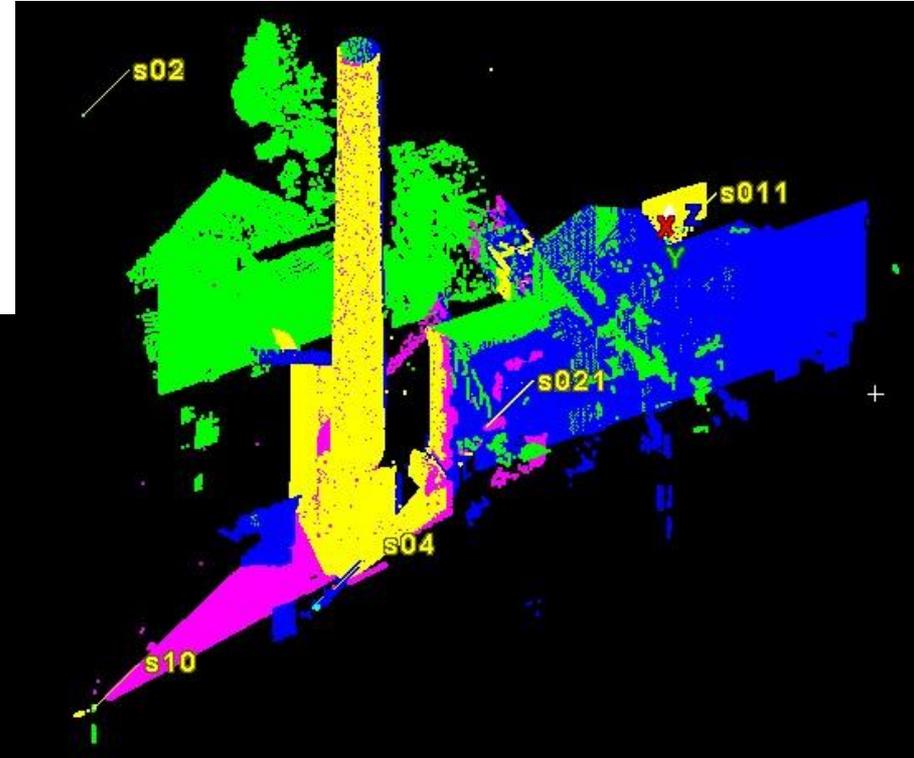
INGEGNERIA



**Rilievo della Ciminiera
del Polo Scientifico e
Tecnologico di Ferrara**



La registrazione delle diverse scansioni



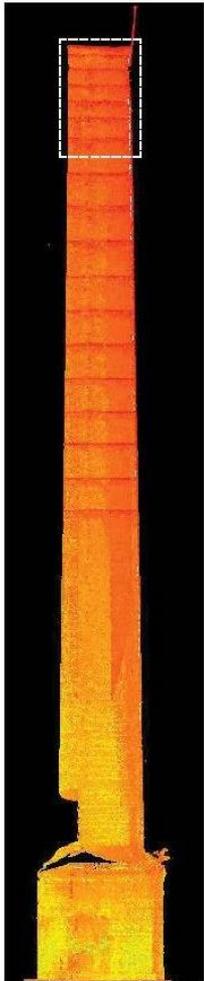


UNIFE

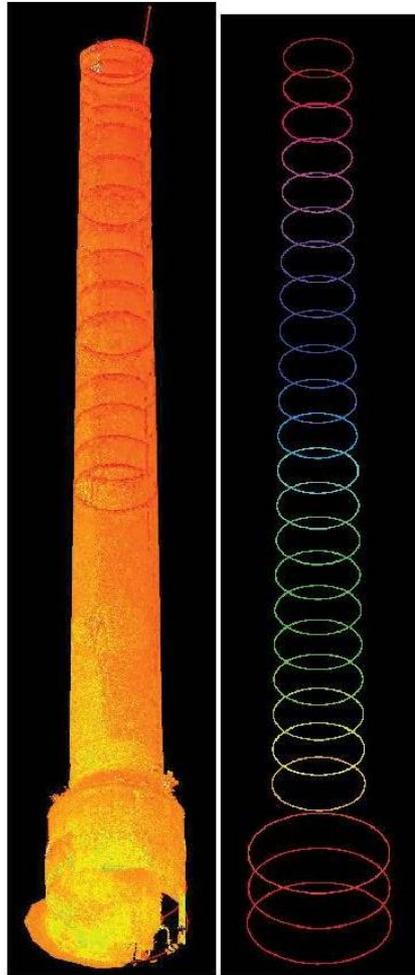
INGEGNERIA



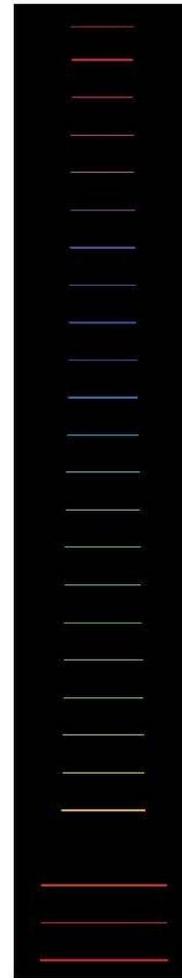
<http://www.unife.it/dipartimento/ingegneria>



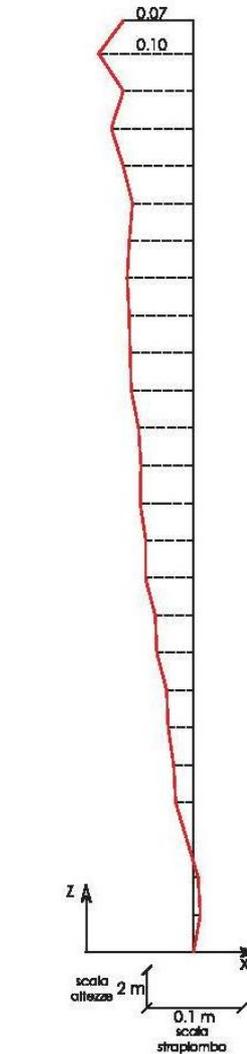
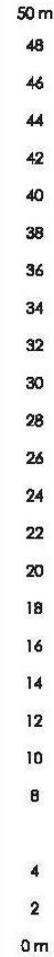
Nube di punti: prospetto AA



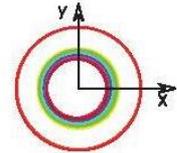
Vista assometrica della ciminiera e delle sezioni orizzontali



Piani di sezione e relative quote



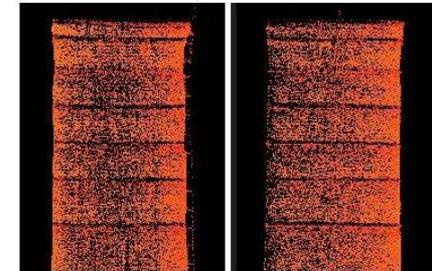
Proiezione sul piano XZ della congiungente i baricentri delle sezioni orizzontali



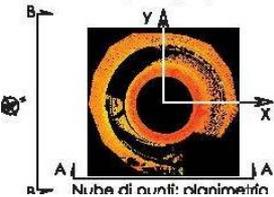
Proiezione sul piano XY delle sezioni



Proiezione sul piano XY della congiungente i baricentri delle sezioni orizzontali



Nube di punti: particolari dei prospetti AA (a sinistra) e BB (a destra) della parte sommitale della ciminiera

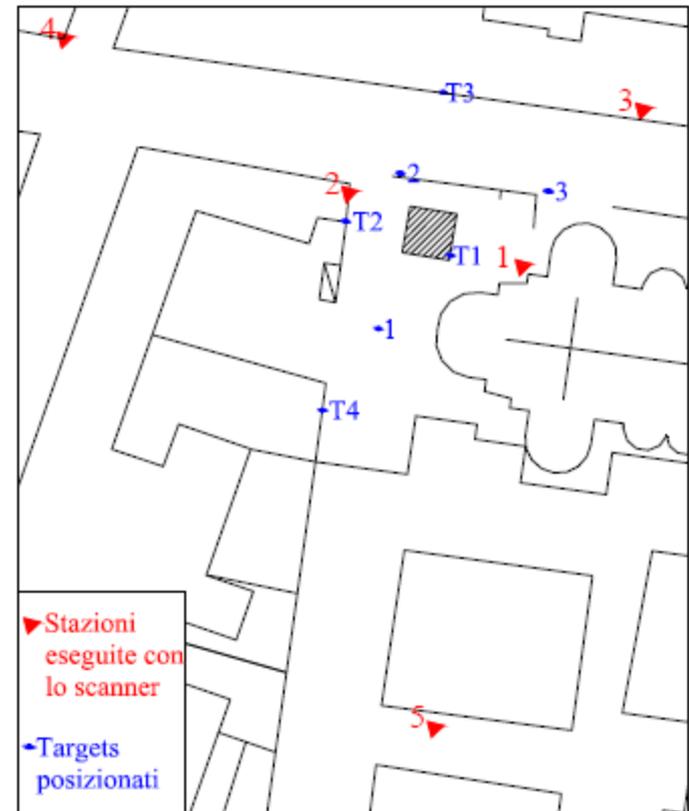
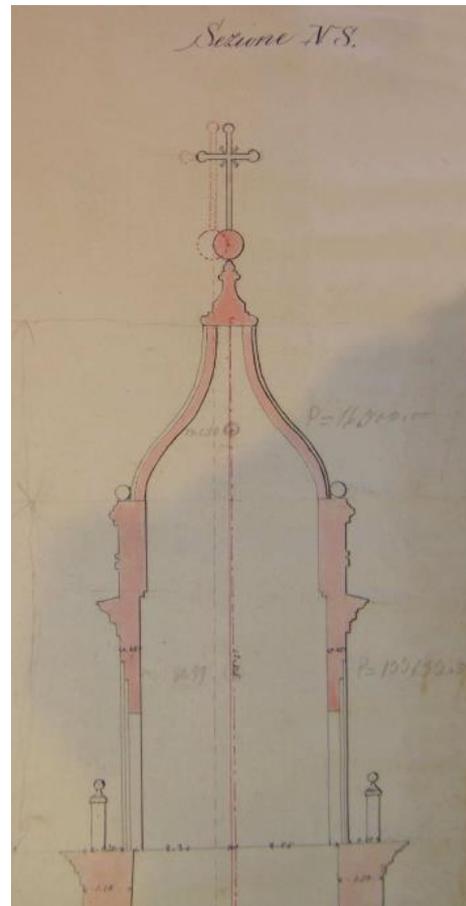


Nube di punti: planimetria



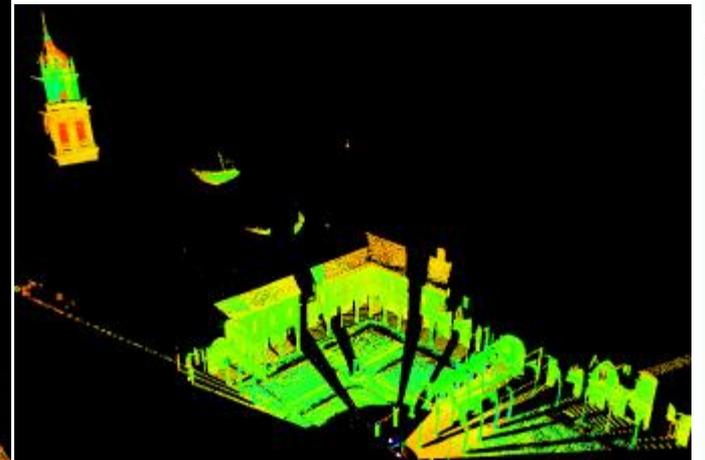
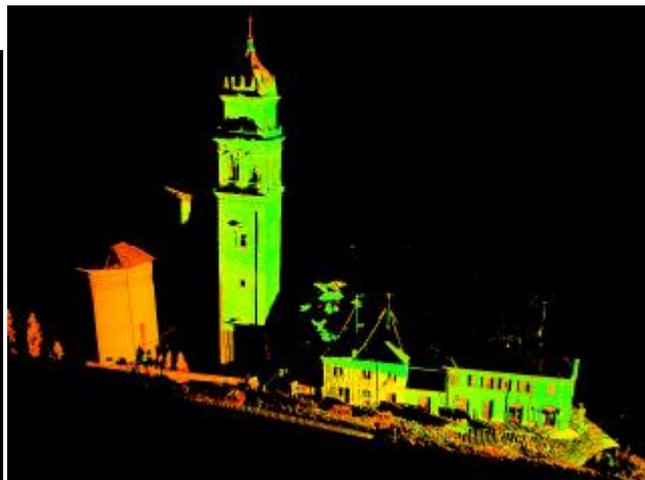
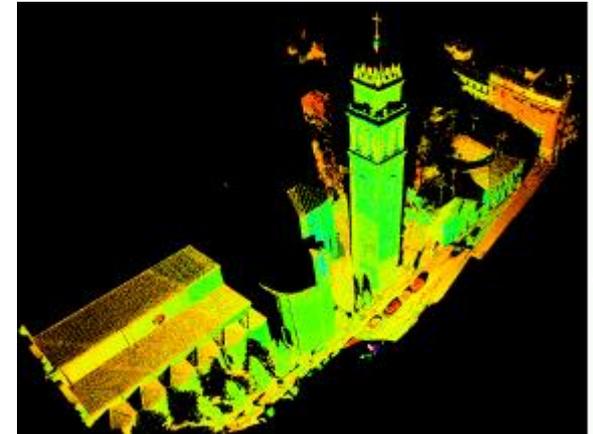
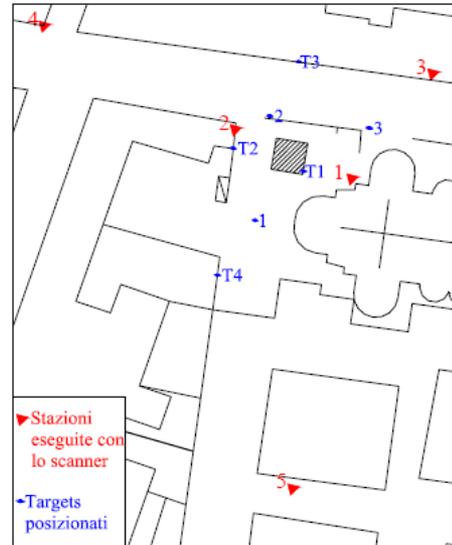
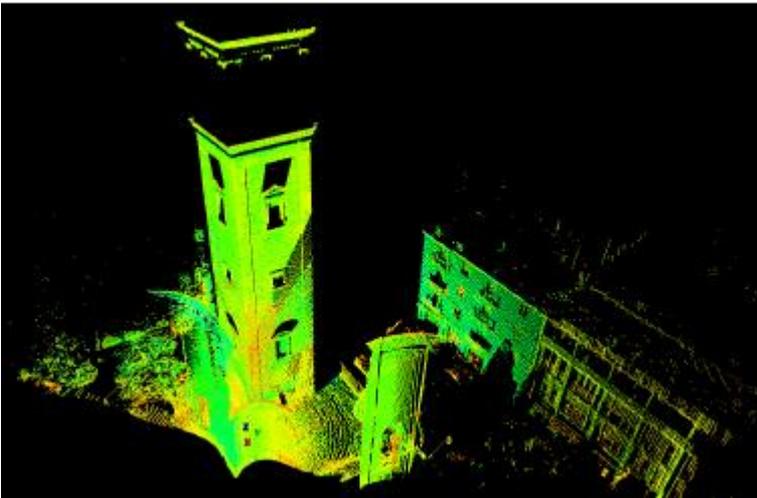
Campanile di San Benedetto a Ferrara

Rilievo Laser Scanner per la valutazione del “fuoripiombo”





Nubi di punti acquisite attorno alla Chiesa di San Benedetto



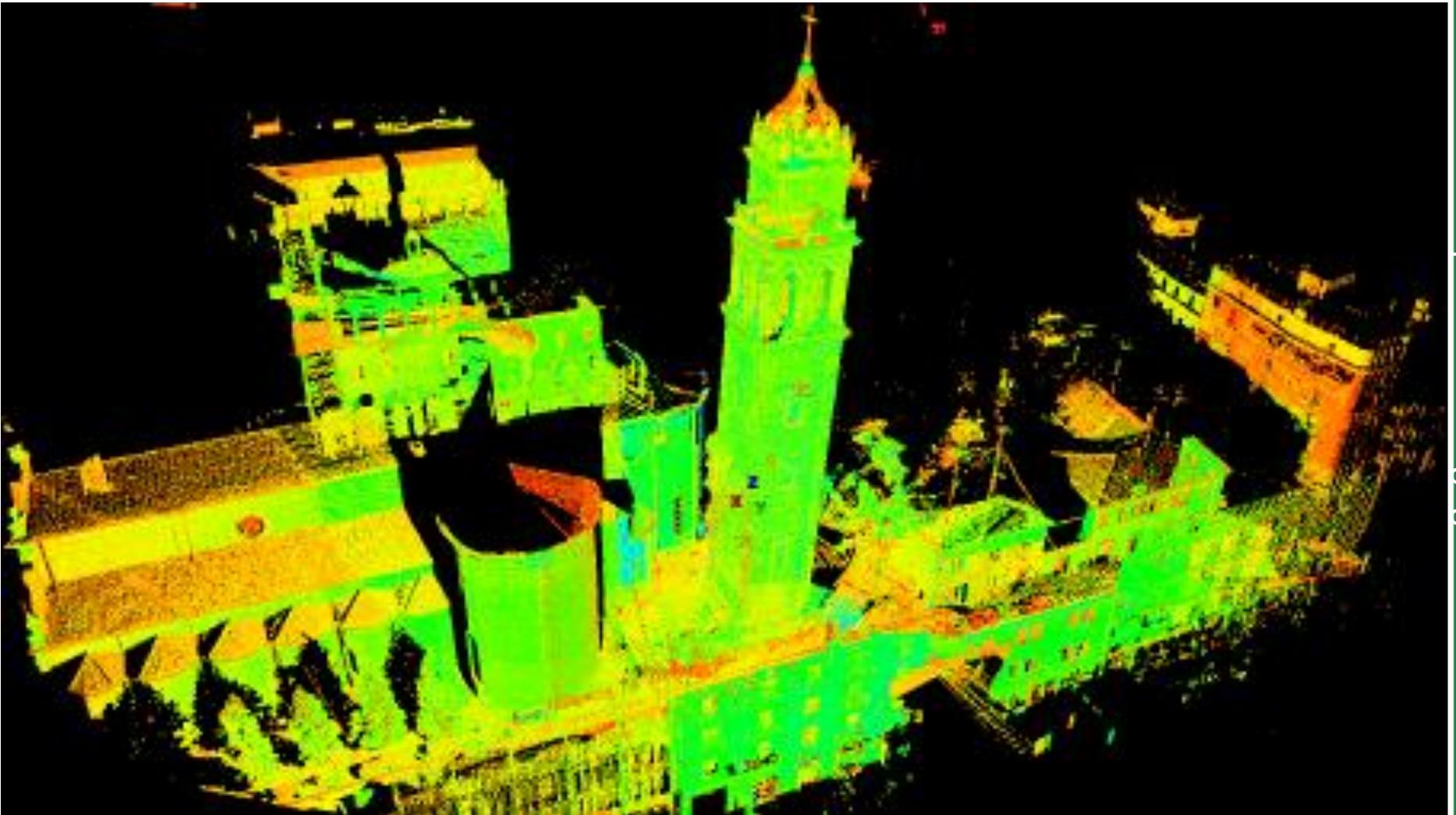


UNIFE

INGEGNERIA

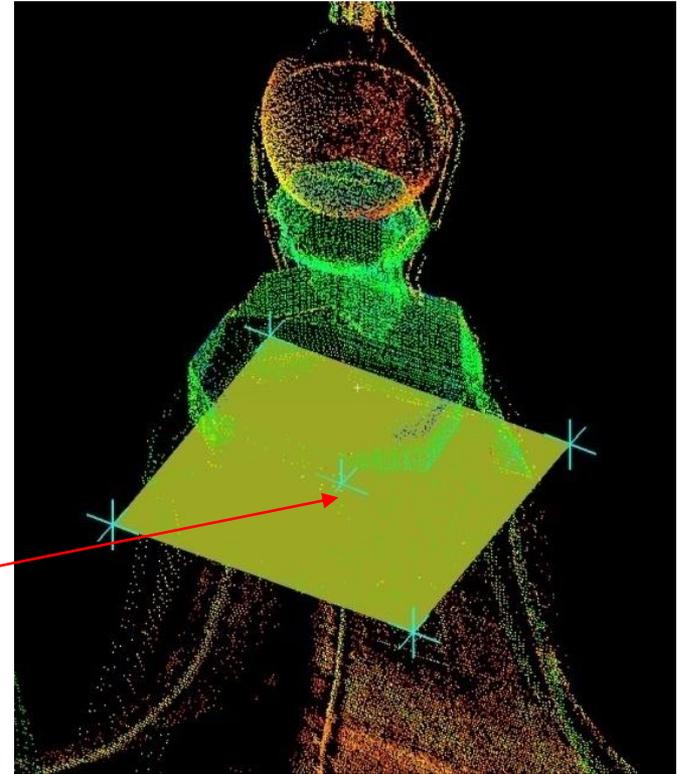
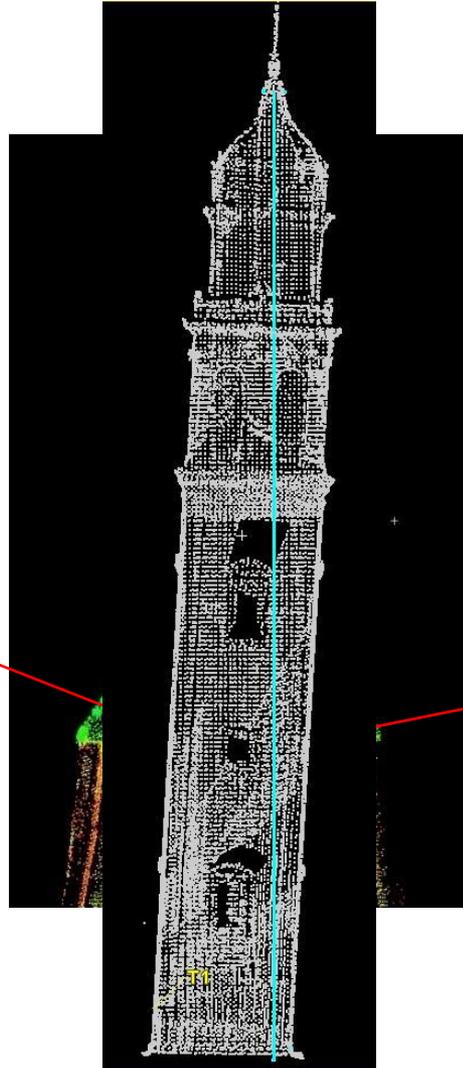
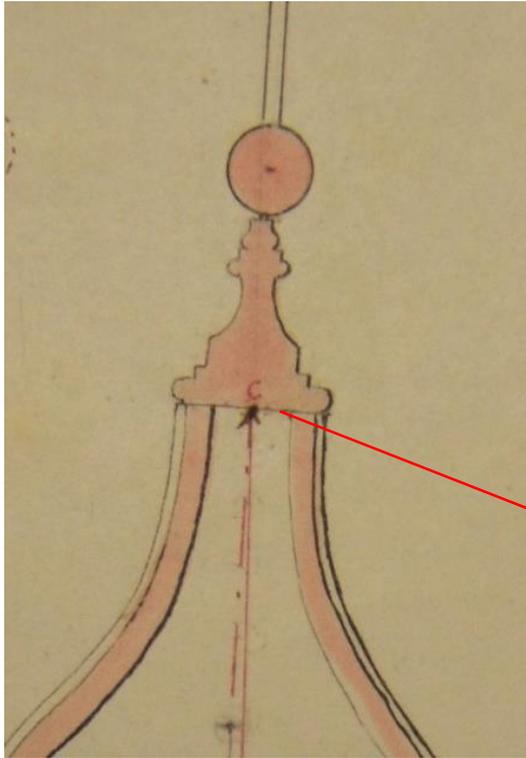


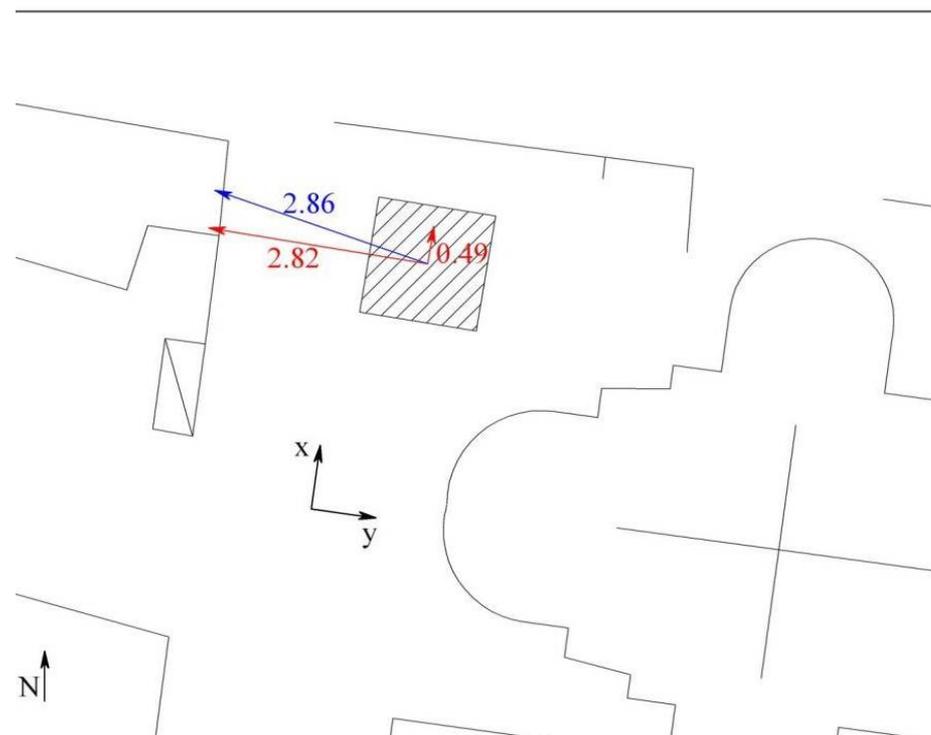
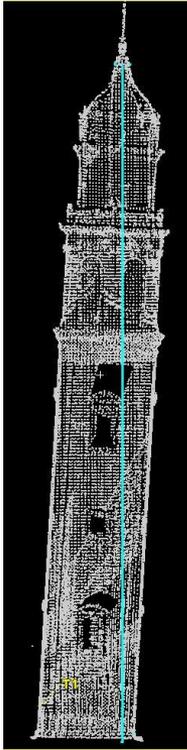
Nube di punti unite (“registrazione”)





Ricostruzione dell'asse





**Fuori
piombo di
2.86 m**