

Premesse e richiami

Grandezze osservabili

Stazione totale

Dalle grandezze osservate alle coordinate

Inquadramento topografico

Come si imposta un rilievo topografico a grandissima scala

Premesse e richiami:

- rilievo/rilevamento
- unità di misura
- triangoli rettangoli
- sistemi di riferimento piani
- sistemi di riferimento spaziali

“Rilievo” e “Rilevamento”

I metodi di rilevamento si basano sulla determinazione della posizione di un certo numero di punti dell’oggetto che ne permettano la rappresentazione ed un successivo utilizzo di questa o delle coordinate dei punti, per scopi di progetto e di studio.

UNITA' DI MISURA

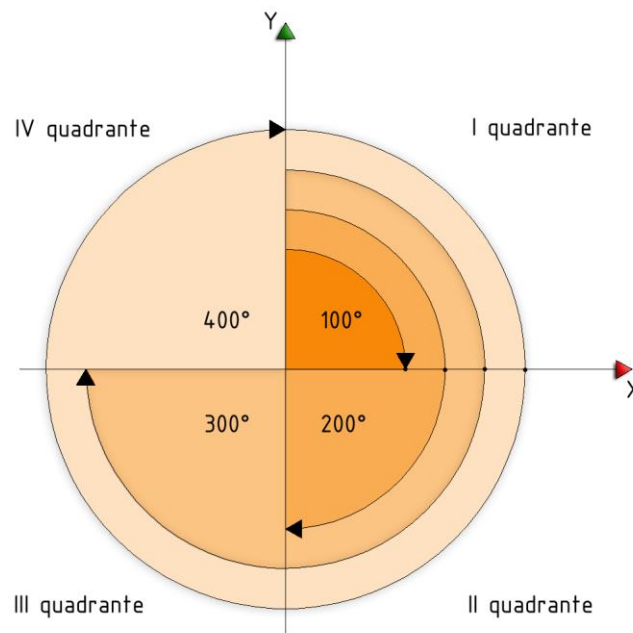
distanze

L'unità di misura abitualmente impiegata per esprimere le distanze è il *metro*. Per grandezze molto piccole è opportuno ricorrere ai sottomultipli, centimetro e millimetro.

UNITA' DI MISURA

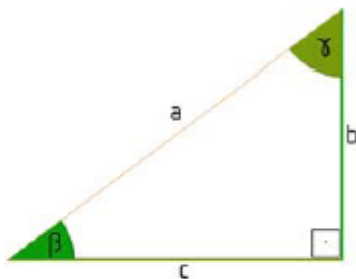
angoli

Tutte le strumentazioni topografiche moderne impiegano il *sistema centesimale*: il primo centesimale è definito come $1/400$ dell'angolo giro ed è chiamato anche gon. Un angolo retto è quindi pari a $100g$ e un angolo piatto a $200g$. I sottomultipli sono il *primo centesimale* [c], definito come la centesima parte del gon, ed il *secondo centesimale* [cc], definito come la decimillesima parte del gon. Il *milligon* è definito come millesima parte del gon. *In topografia si assume come positivo il senso di rotazione orario.*



TRIANGOLI RETTANGOLI

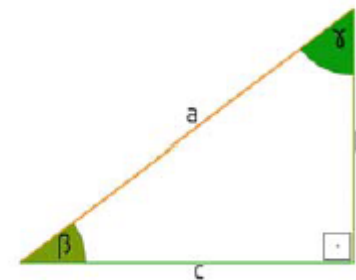
- relazioni tra cateti



$$c = b \cdot \operatorname{tg} \gamma = b \cdot \operatorname{ctg} \beta$$

$$b = c \cdot \operatorname{tg} \beta = c \cdot \operatorname{ctg} \gamma$$

- relazioni con l'ipotenusa



$$b = a \cdot \sin \beta = a \cdot \cos \gamma$$

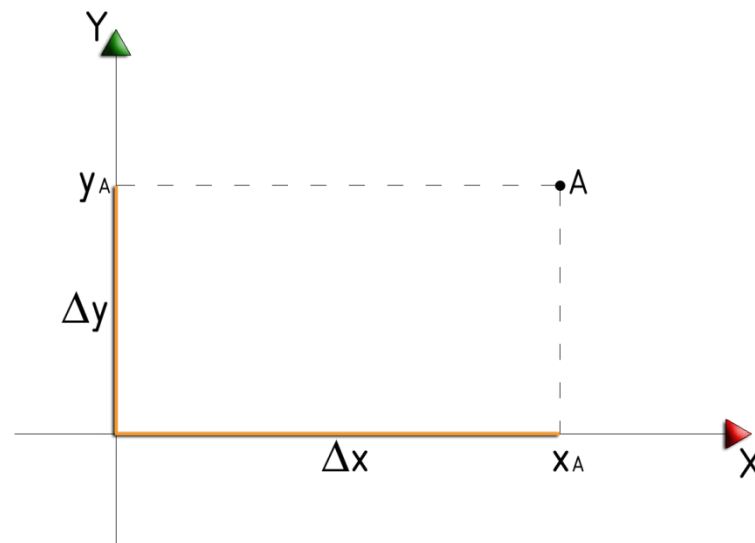
$$a = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{b}{\cos \gamma} = \frac{c}{\sin \gamma} = \frac{c}{\cos \beta}$$

SISTEMI DI RIFERIMENTO PIANI

Per trattare analiticamente problemi geometrici è necessario dimensionare e posizionare i diversi enti geometrici tramite numeri ed equazioni. Per fare questo è indispensabile definire un sistema di riferimento.

cartesiano

La posizione di un punto A è definita dalle coordinate X_A e Y_A , proiezioni ortogonali di P sugli *assi cartesiani* X e Y .



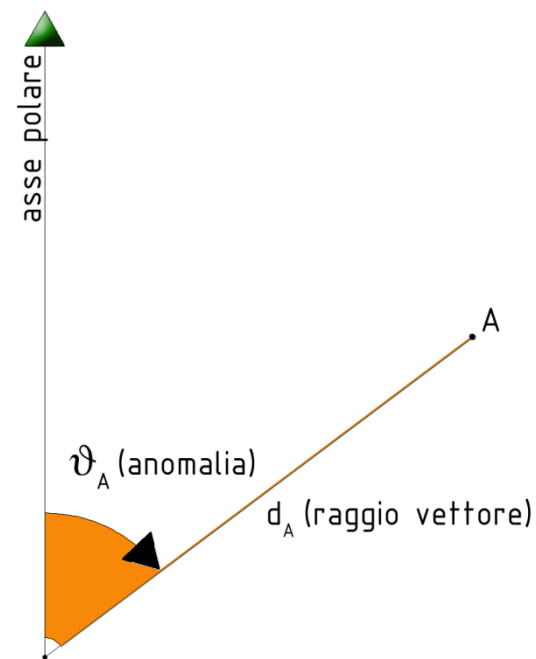
SISTEMI DI RIFERIMENTO PIANI

polare

La posizione di un punto A è individuata dalla distanza rispetto al *polo* e dall'angolo definito dalla rotazione oraria che sovrappone l'*asse polare* al *raggio vettore*

OA (*anomalia*).

Anomalia e raggio vettore costituiscono le coordinate polari.



SISTEMI DI RIFERIMENTO SPAZIALI

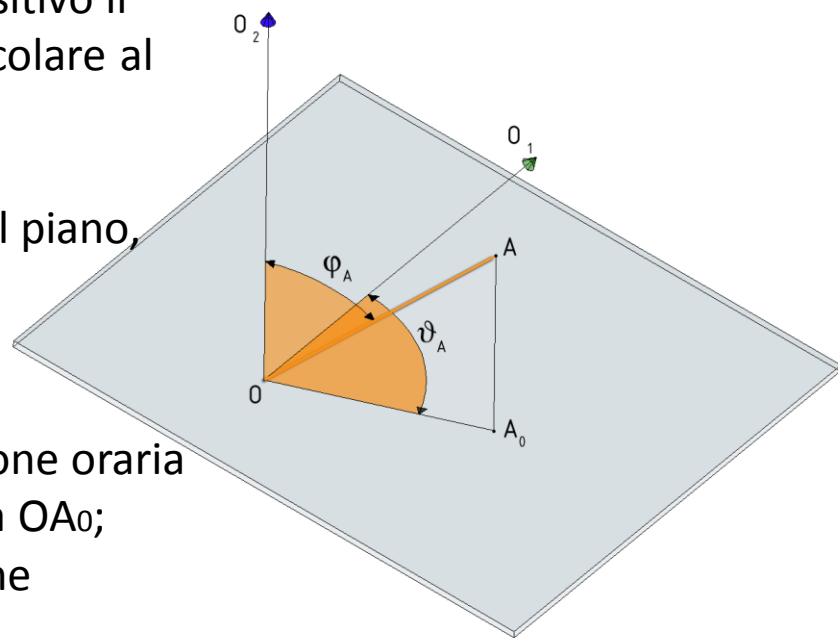
sistema di riferimento sferico

È definito da un punto O (polo), da un piano α , da una semiretta di origine OO_1 (asse polare), appartenente al piano α , da un'angolo che definisce le rotazioni sul piano (in topografia, per convenzione, si considera positivo il senso orario) e da una semiretta OO_2 perpendicolare al piano.

Considerato il punto A e la sua proiezione A_0 sul piano, si individuano le seguenti grandezze:

- la lunghezza d del segmento OA , coincidente con il raggio vettore;
- l'angolo θ_A (anomalia), coincidente alla rotazione oraria che sovrappone l'asse polare OO_1 alla semiretta OA_0 ;
- l'angolo ϕ_A , coincidente alla rotazione oraria che sovrappone la semiretta OO_2 alla semiretta OA .

Le quantità d, θ_A, ϕ_A , sono le coordinate sferiche del punto A .



Grandezze osservabili:

- direzione azimutale
- angolo azimutale
- angolo zenitale
- distanza

GRANDEZZE OSSERVABILI

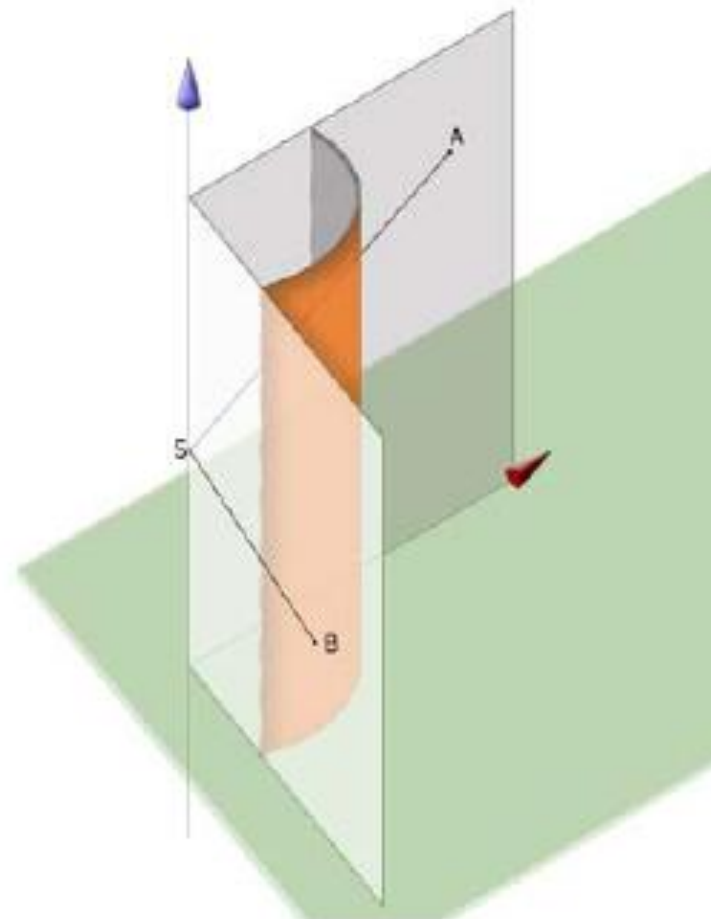
direzione azimutale

E' la lettura eseguita sul cerchio azimutale ed indica la giacitura di un piano verticale, contenente l'asse di collimazione, rispetto ad una qualsiasi direzione prestabilita.

Si supponga di voler misurare l'angolo AOB:
Con il teodolite in stazione sul punto O, si collimano i punti A e B e si leggono sul cerchio orizzontale i valori corrispondenti alle direzioni azimutali L_A e L_B .

L'angolo azimutale AOB risulta pari alla differenza tra la direzione azimutale del punto avanti e la direzione azimutale del punto indietro.

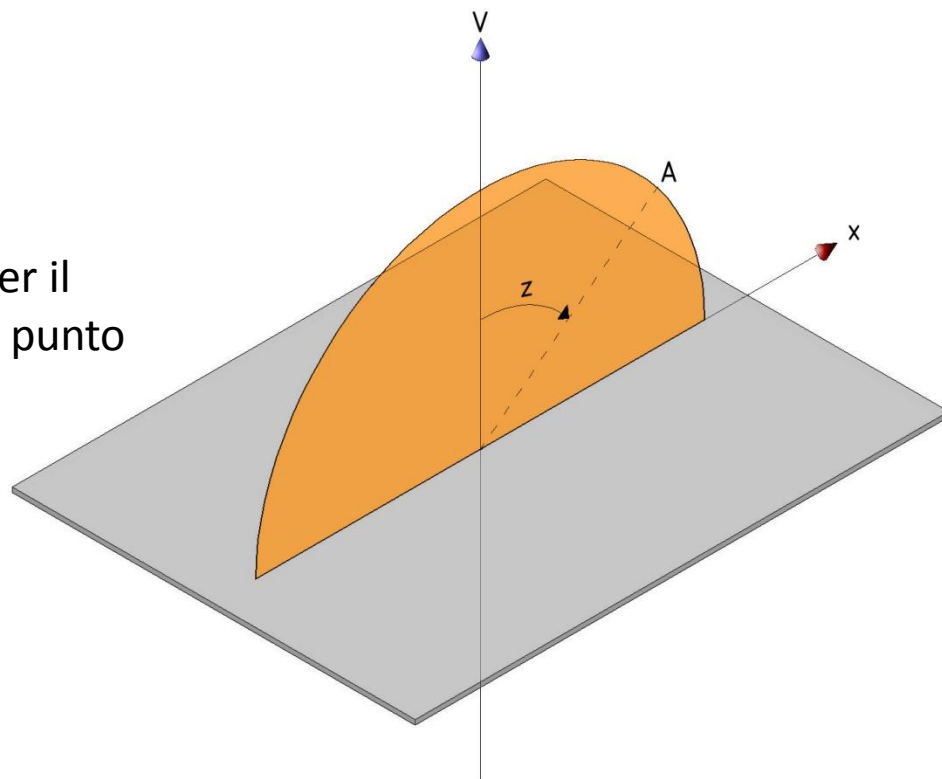
$$AOB = L_B - L_A$$

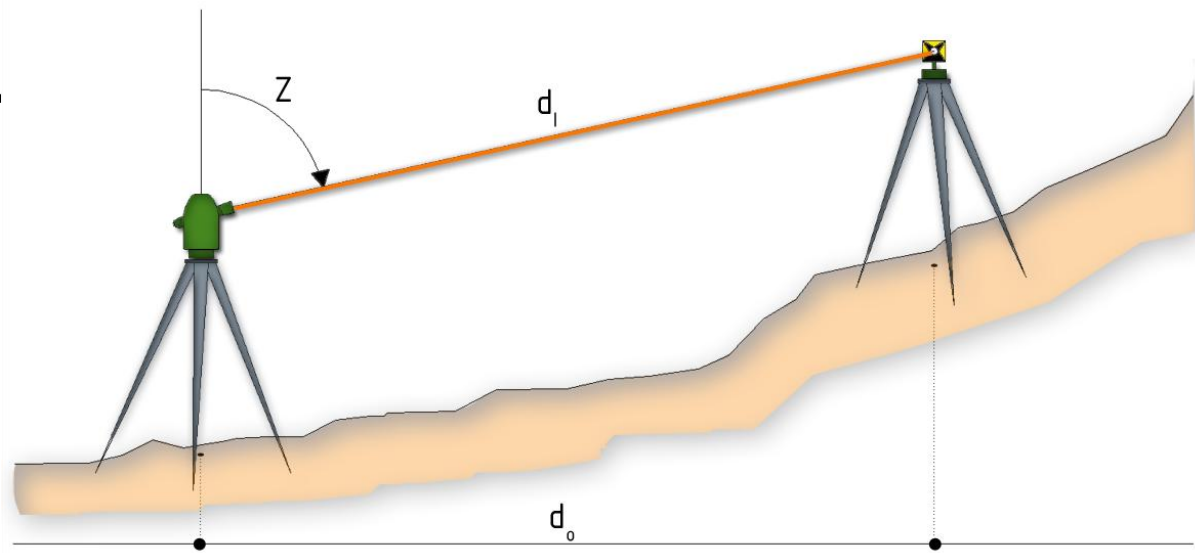


GRANDEZZE OSSERVABILI

angolo zenitale

Appartiene ad un piano verticale ed è compreso tra la verticale V passante per il vertice di stazione e la congiungente il punto che si vuole misurare.





GRANDEZZE OSSERVABILI

distanza

In topografia la distanza che viene misurata tra due punti per via diretta è sempre la distanza inclinata, cioè la congiungente in linea retta i due punti in esame.

La distanza topografica (o orizzontale) è invece la proiezione della distanza inclinata su un piano orizzontale.

Stazione totale:

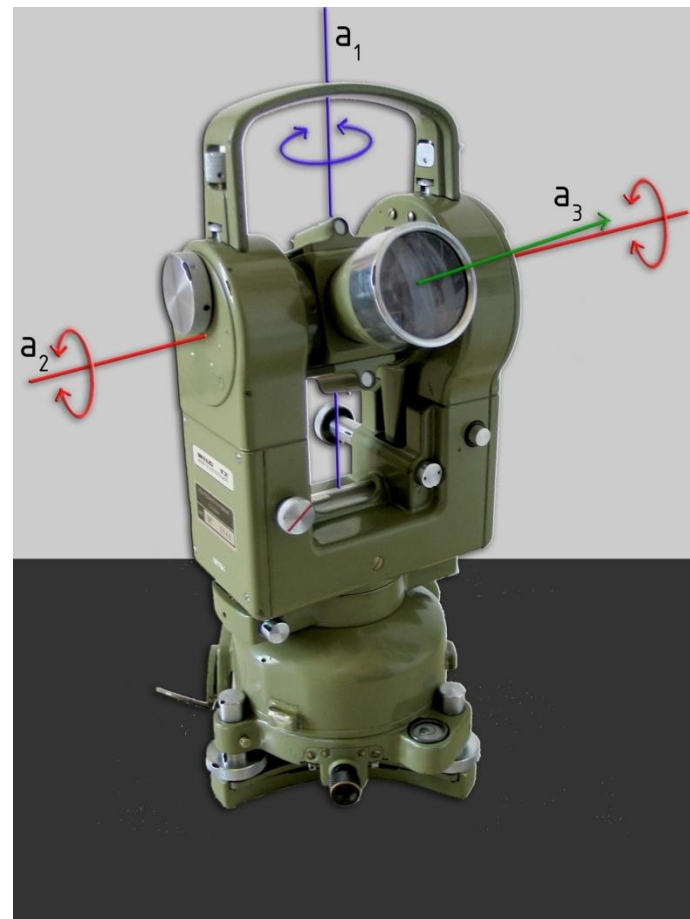
- base-basetta, alidada, cannocchiale
- cerchi e organi accessori
- collimazione di un punto

E' costituita dal sistema *basetta-base*, che viene fissato sulla testa rettificata del treppiede di supporto, dall'*alidada*, un dispositivo a U che si innesta sulla base tramite un perno (attorno al cui asse puo' ruotare), e dal *cannocchiale*



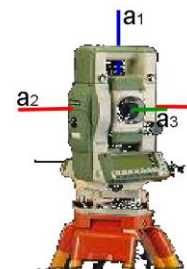
STAZIONE TOTALE - assi

Schematizzando, si possono definire tre *assi*:
 a_1 , *asse primario*, intorno al quale ruota l'alidada,
 a_2 , *asse secondario*, perpendicolare ad a_1 , intorno al quale ruota il cannocchiale,
 a_3 , *asse terziario* o *asse di collimazione*, solidale con le rotazioni degli altri due assi; può avere rotazioni indipendenti nel piano verticale.
I primi due assi sono di tipo meccanico, mentre il terzo è di tipo ottico.



Le letture degli angoli azimutali e zenitali sono effettuate rispettivamente su due *cerchi*:

- il *cerchio azimutale* (o cerchio orizzontale), normale all'asse a_1 ,
- il *cerchio zenitale* (o cerchio verticale), normale all'asse a_2 .

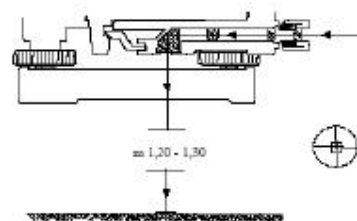


La *basetta*, che viene fissata direttamente alla testa rettificata del treppiede attraverso un *vitone*, è munita di tre *viti calanti*, disposte secondo i vertici di un triangolo equilatero, che rendono il sistema basculante rispetto alla piastra di appoggio.

La *base* è invece parte integrante dello strumento e contiene il cerchio orizzontale (azimutale). Nella parte inferiore vi sono tre perni necessari al collegamento con la basetta

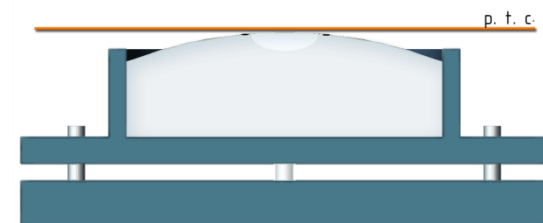
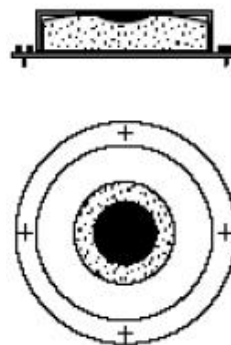


Sulla basetta è collocata una *livella sferica* che consente di rendere, in prima approssimazione, verticale l'asse principale dello strumento, e un *piombino ottico*, per poter disporre il centro della basetta lungo la verticale passante per un punto a terra. Negli strumenti di più recente costruzione il piombino ottico è sostituito con un *piombino laser*.



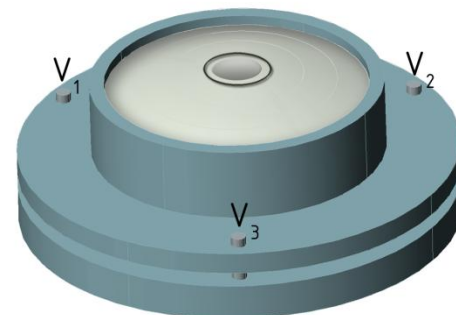
La *livella sferica* è costituita da un tronco di cilindro di vetro (circa 2 cm di diametro) in una armatura metallica. La superficie superiore della livella ha forma di calotta sferica su cui è inciso un piccolo cerchio. Anche la livella sferica contiene un liquido volatile e una bolla di vapori saturi le cui dimensioni sono tali da poter essere inscritta nel cerchio inciso sulla calotta.

Il piano tangente alla calotta nel suo punto più alto è detto *piano tangente centrale*.



La livella sferica è centrata quando la bolla è inscritta nel cerchio; il piano tangente centrale è allora orizzontale e di conseguenza la normale al piano tangente risulta verticale.

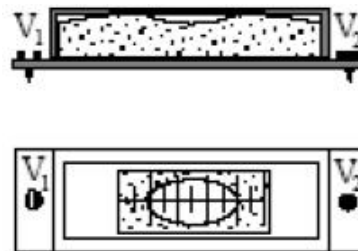
La *sensibilità* della livella sferica è generalmente 40-50 volte inferiore a quella delle livelle toriche (4'/2mm, 8'/2mm).



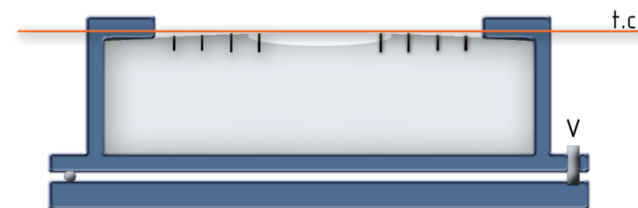
L'alidada è una struttura a due bracci che ruota intorno all'*asse primario*. Sull'alidada, solidali ad essa, si trovano gli **indici di lettura del cerchio azimutale, e gli indici di lettura del cerchio verticale** (zenitale). Nei due bracci dell'alidada è collocato un perno che sostiene il cannocchiale topografico cui è rigidamente calettato il cerchio zenitale. L'asse intorno al quale ruota il cannocchiale è costituito dalla congiungente delle due sedi del perno ed è detto *asse secondario*.



Sull'alidada è montata una **livella torica** che consente di rendere verticale l'asse di rotazione dell'alidada stessa (asse primario).

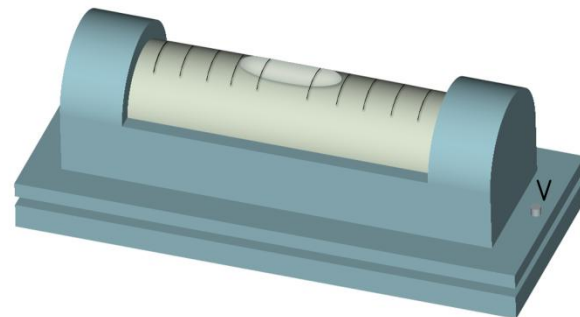


La **livella torica** è costituita da una fiala cilindrica di vetro inserita in un'armatura metallica. Sulla fiala è incisa una graduazione a tratti, distanziati di 2 mm, simmetrica rispetto ad uno zero centrale. La tangente al punto centrale della graduazione si chiama **tangente centrale della livella**. La fiala contiene un liquido volatile, in parte allo stato gassoso, che forma una bolla di vapori saturi che, per effetto della gravità si dispone sempre nella parte più alta della fiala.



Per disporre quindi orizzontale la tangente centrale di una livella torica si deve centrare la bolla sul punto zero della graduazione (con le estremità della bolla equidistanti dal punto zero).

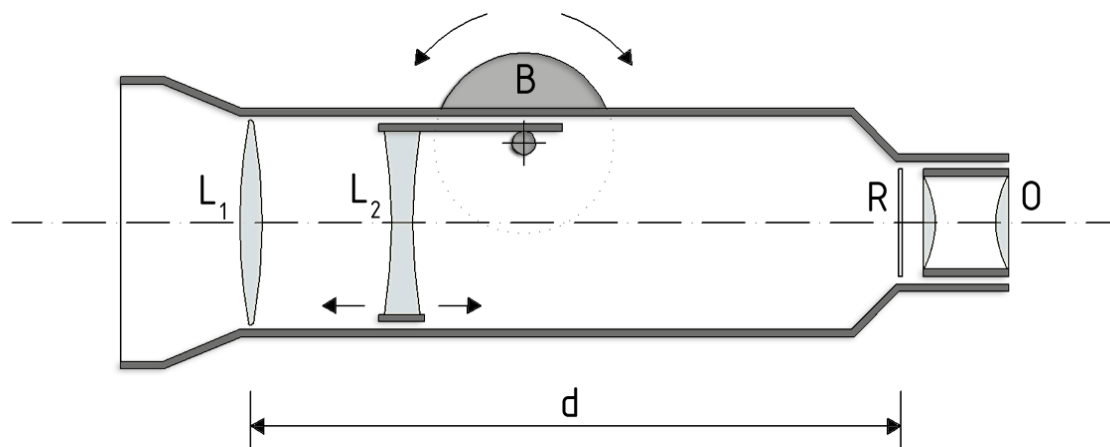
La **sensibilità** della livella è definita come il valore angolare (in gradi sessagesimali) corrispondente allo spostamento di un tratto della graduazione ed è espressa come secondi/millimetri. In una livella con sensibilità $10''/\text{mm}$ il raggio vale 40 metri.



Il cannocchiale è uno strumento ottico che permette di osservare oggetti lontani. Il cannocchiale topografico, a **lunghezza costante** è costituito essenzialmente da un obiettivo, un oculare ed un reticolo.

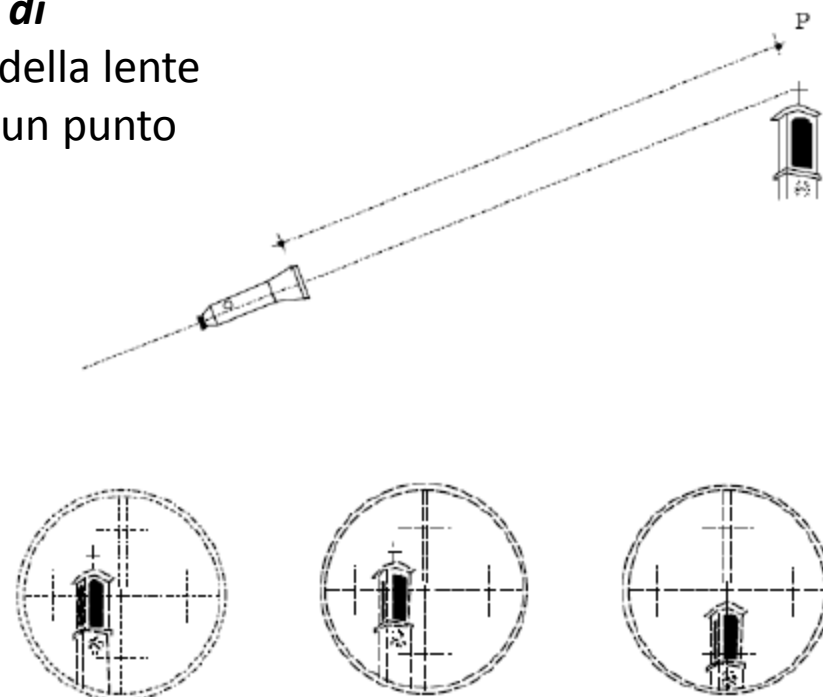
Più in dettaglio il sistema risulta composto da:

- un **corpo metallico tubolare**;
- una **lente obiettiva**;
- una **lente interna**, che può traslare, controllata da una manopola esterna al cannocchiale;
- un **reticolo**, una lastrina di vetro su cui sono incisi tratti sottilissimi, orizzontali e verticali. L'intersezione dei tratti mediani individua il centro del reticolo;
- una **lente oculare**.

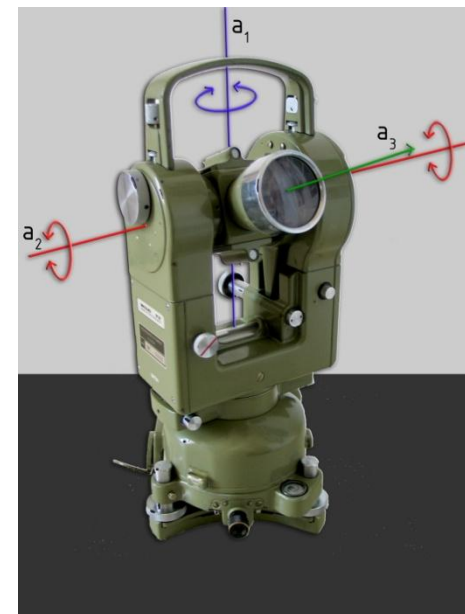


Il cannocchiale può ruotare intorno all'*asse secondario* in modo tale che la collimazione ai segnali possa essere effettuata nelle due posizioni: con il cerchio zenitale a sinistra dell'operatore (C.S) o con il cerchio zenitale a destra (C.D). Le letture così eseguite sono dette **coniugate**. La collimazione del punto è facilitata da una diottra che svolge la funzione di mirino cercatore.

Le lenti, obbiettivo ed interna, sono delimitate da superfici sferiche i cui centri devono essere tutti allineati su una retta che deve passare anche per il centro del reticolo. Si può così definire ***l'asse di collimazione*** come la congiungente il centro della lente obbiettivo con il centro del reticolo. *Collimare* un punto significa far passare per quel punto, l'asse di collimazione del cannocchiale.



Il **cerchio orizzontale** è solidale alla base e i relativi indici sono solidali all'alidada; Il **cerchio verticale** è solidale al cannocchiale e quindi ruota con esso intorno all'asse secondario (a_2) mentre gli **indici** di lettura sono interni all'alidada. Tali indici non sono fissati rigidamente all'alidada ma sono collegati a dispositivi (*compensatori ottici, meccanici, elettronici*) che ne consentono l'assetto lungo la verticale.



Le graduazioni sono crescenti in senso orario. I cerchi, negli strumenti ottico-meccanici erano realizzati in vetro ottico e la graduazione, finissima, era tracciata sui bordi con una macchina a dividere o con procedimento fotografico. L'osservazione ai cerchi era resa possibile attraverso sistemi ottici sostanzialmente equivalenti ad un microscopio composto (formato da un obiettivo, un reticolo e un oculare). La valutazione delle frazioni di graduazione era effettuata con sistemi differenti in funzione della precisione dello strumento. Nelle stazioni totali si può parlare in generale di lettura digitale.

Dalle grandezze osservate alle coordinate:

- trasformazione da s.r. polare a s.r. cartesiano
- angolo di direzione
- trasporto dell'angolo di direzione
- trasporto delle coordinate

SISTEMI DI RIFERIMENTO PIANI

relazioni tra sistemi di riferimento

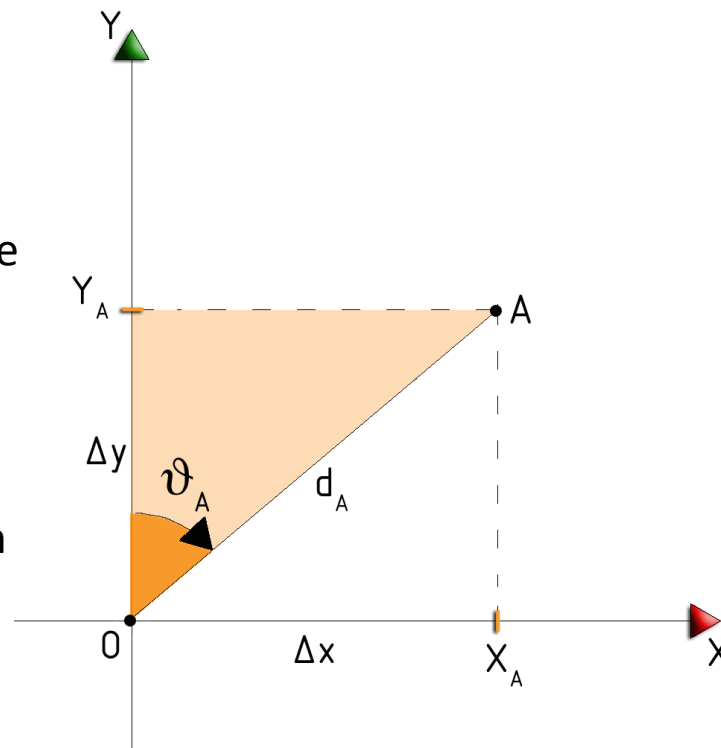
Considerando un sistema di riferimento polare con polo coincidente con l'origine di un sistema cartesiano e asse polare coincidente, in verso e direzione, con l'asse Y, si possono definire le relazioni che consentono di trasformare le coordinate di un punto A da un sistema all'altro

$$X_A = d_A \cdot \sin \vartheta_A$$

$$Y_A = d_A \cdot \cos \vartheta_A$$

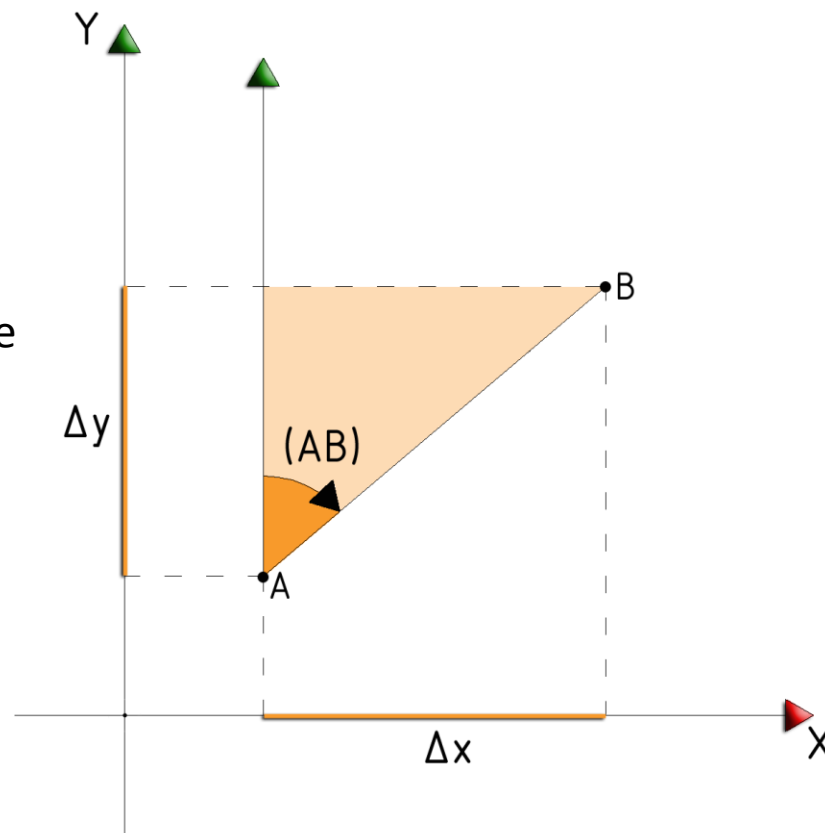
$$d_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$$

$$\vartheta_A = \arctan \frac{X_A}{Y_A}$$



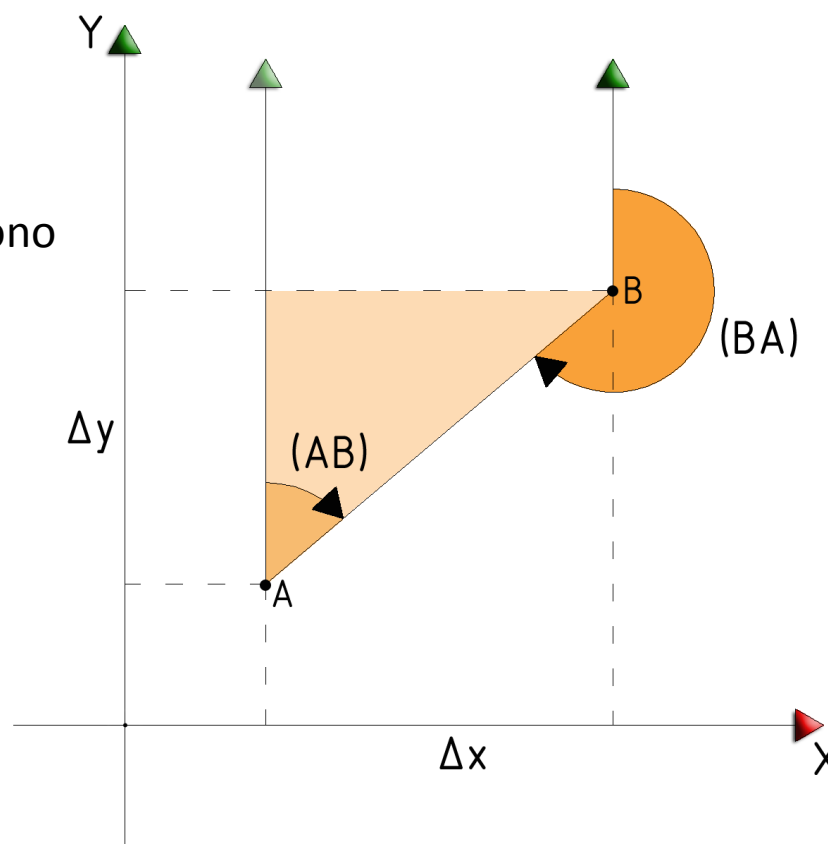
ANGOLO DI DIREZIONE

L'angolo di direzione di un segmento AB è la rotazione oraria compiuta da un parallela all'asse Y del sistema di riferimento, passante per un estremo, per sovrapporsi al segmento stesso. Si indica con la notazione (AB) .



ANGOLO DI DIREZIONE

E' evidente che per ogni segmento si possono individuare due angoli di direzione: con riferimento alla figura sono (AB) e (BA).



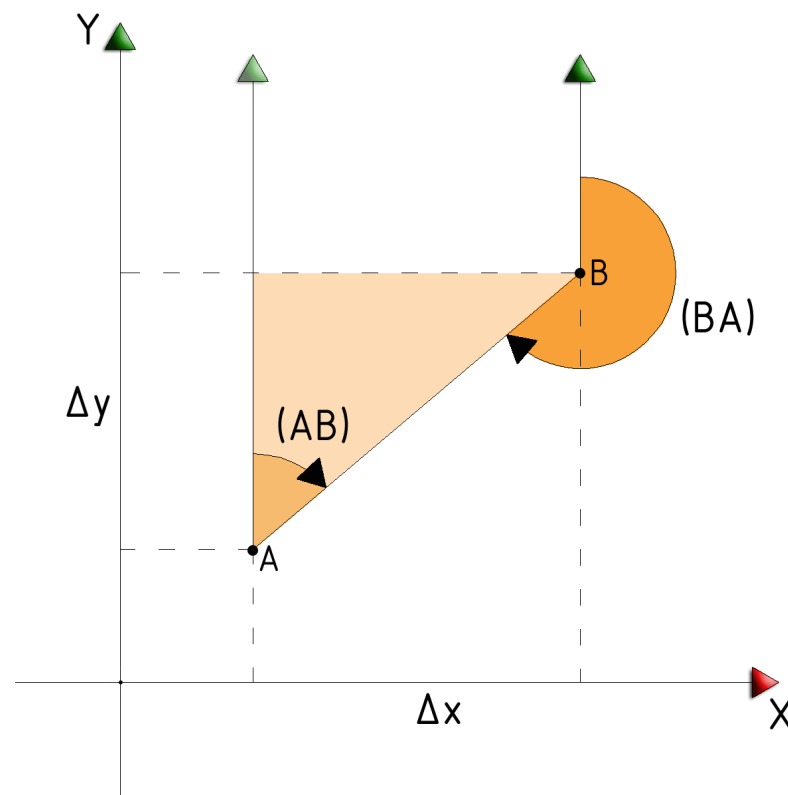
ANGOLO DI DIREZIONE

L'angolo di direzione della semiretta AB può essere determinato se si conoscono le coordinate cartesiane dei due punti A e B

$$(AB) = \arctan \frac{X_B - X_A}{Y_B - Y_A}$$

La relazione tra gli angoli di direzione riferiti agli estremi opposti di un segmento è:

$$(BA) = (AB) \pm \pi$$

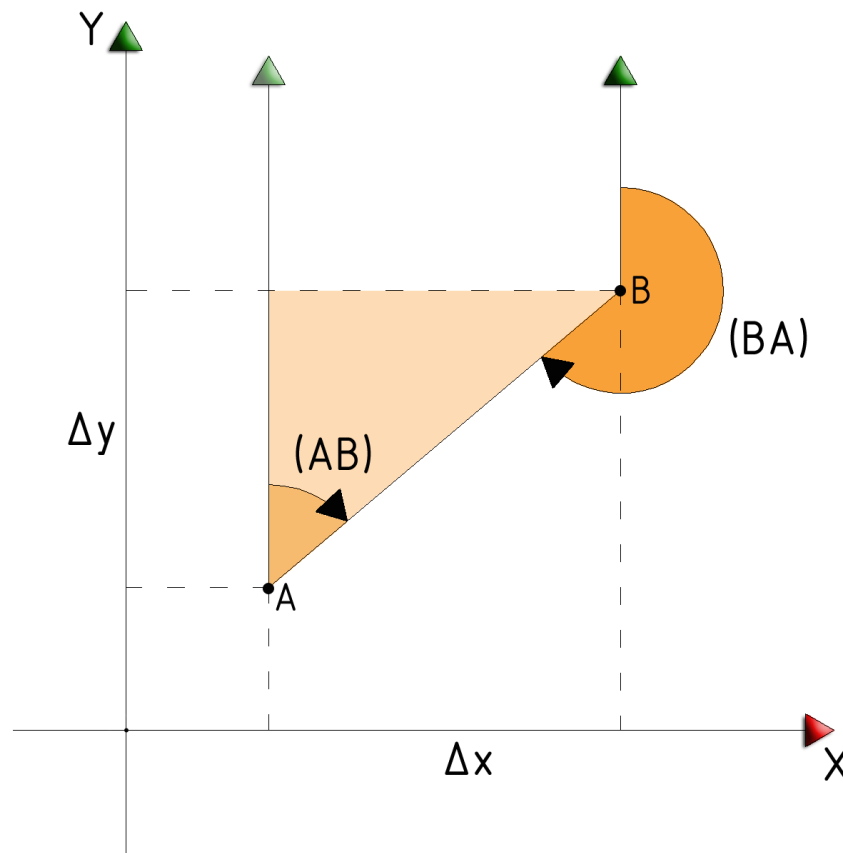


ANGOLO DI DIREZIONE

In generale, noto (AB) , angolo di direzione della semiretta orientata AB , l'angolo di direzione della semiretta orientata BA si può determinare secondo la relazione:

$$(BA) = (AB) + \pi \text{ se } (AB) < \pi$$

$$(BA) = (AB) - \pi \text{ se } (AB) > \pi$$



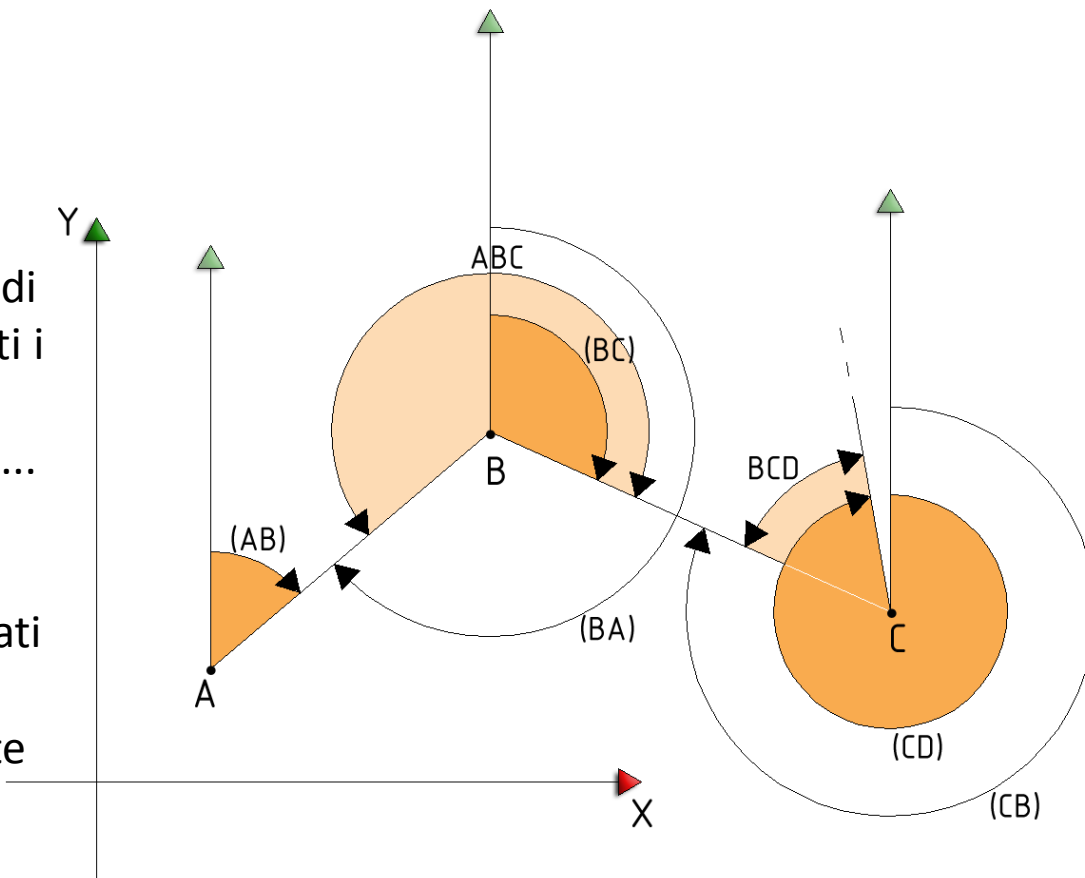
Trasporto dell'angolo di direzione

Si consideri un spezzata con vertici A, B, C,.... e si considerino noti l'angolo di direzione (AB), del primo lato della spezzata, e gli angoli piani ABC, BCD ecc...

Si devono preliminarmente fissare due convenzioni:

è necessario decidere un verso di percorrenza e assegnare ai punti i nomi che tengano conto di tale verso: il punto A precede B, ecc...

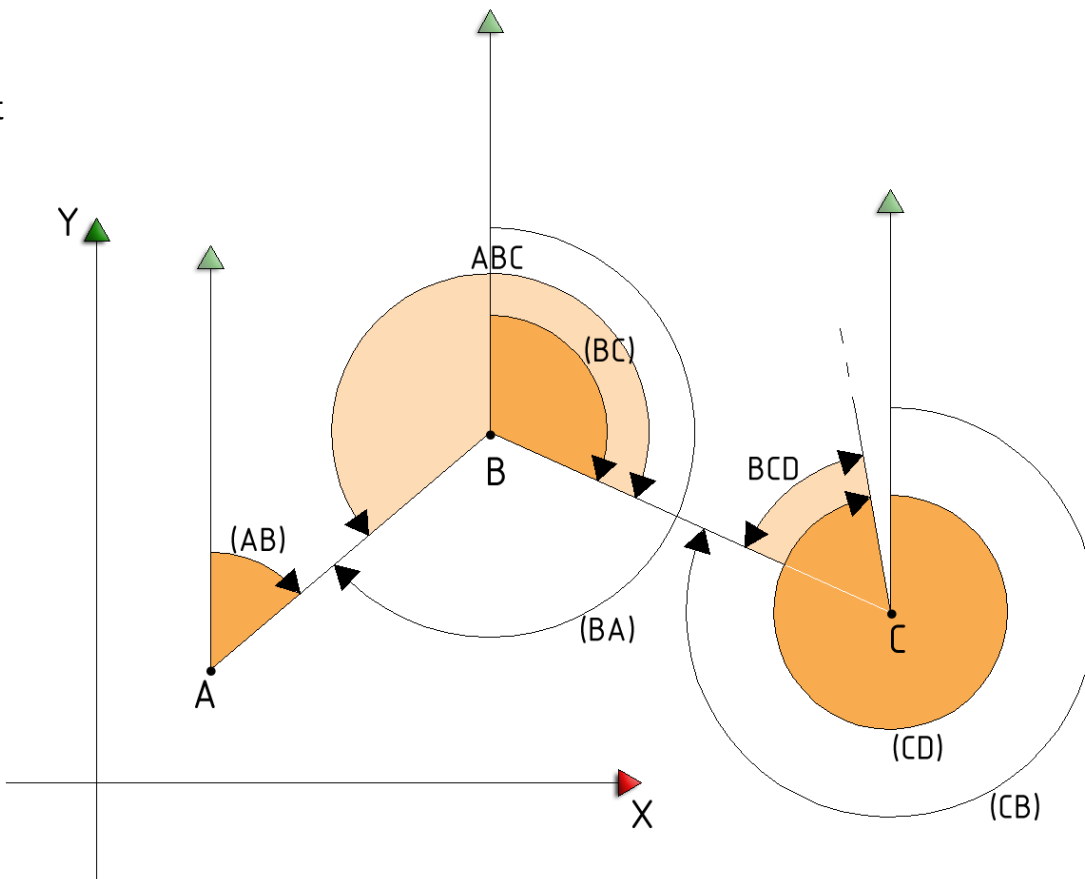
e si adotta un senso orario per quanto riguarda gli angoli formati dai segmenti ABC e BCD..... e quindi la rotazione che permette di sovrapporre un lato al successivo.



Si vogliono calcolare gli angoli di direzione successivi al primo (AB), noto.
Basta calcolare i corrispondenti angoli di direzione reciproci, aggiungere l'angolo misurato nel vertice e sottrarre 2π se il risultato del calcolo supera 2π .

$$\begin{aligned} (BC) &= (BA) + \angle ABC - 2\pi \\ (BC) &= (AB) + \pi + \angle ABC - 2\pi \\ (BC) &= (AB) + \angle ABC - \pi \end{aligned}$$

Si può generalizzare dicendo che l'angolo di direzione di un vertice si ottiene sommando all'angolo di direzione del vertice precedente, l'angolo piano compreso tra i due segmenti; se la somma è maggiore di π si deve sottrarre π , se la somma è minore di π , si deve aggiungere π .



Inquadramento topografico:

- reti e poligonali
- organizzazione gerarchica delle reti

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Le reti o poligonalali di inquadramento topografico:

- collegano tra loro i vertici di stazione,
- definiscono il sistema di riferimento dell'intero rilievo,
- consentono di effettuare verifiche e compensazioni sulle misure fatte.

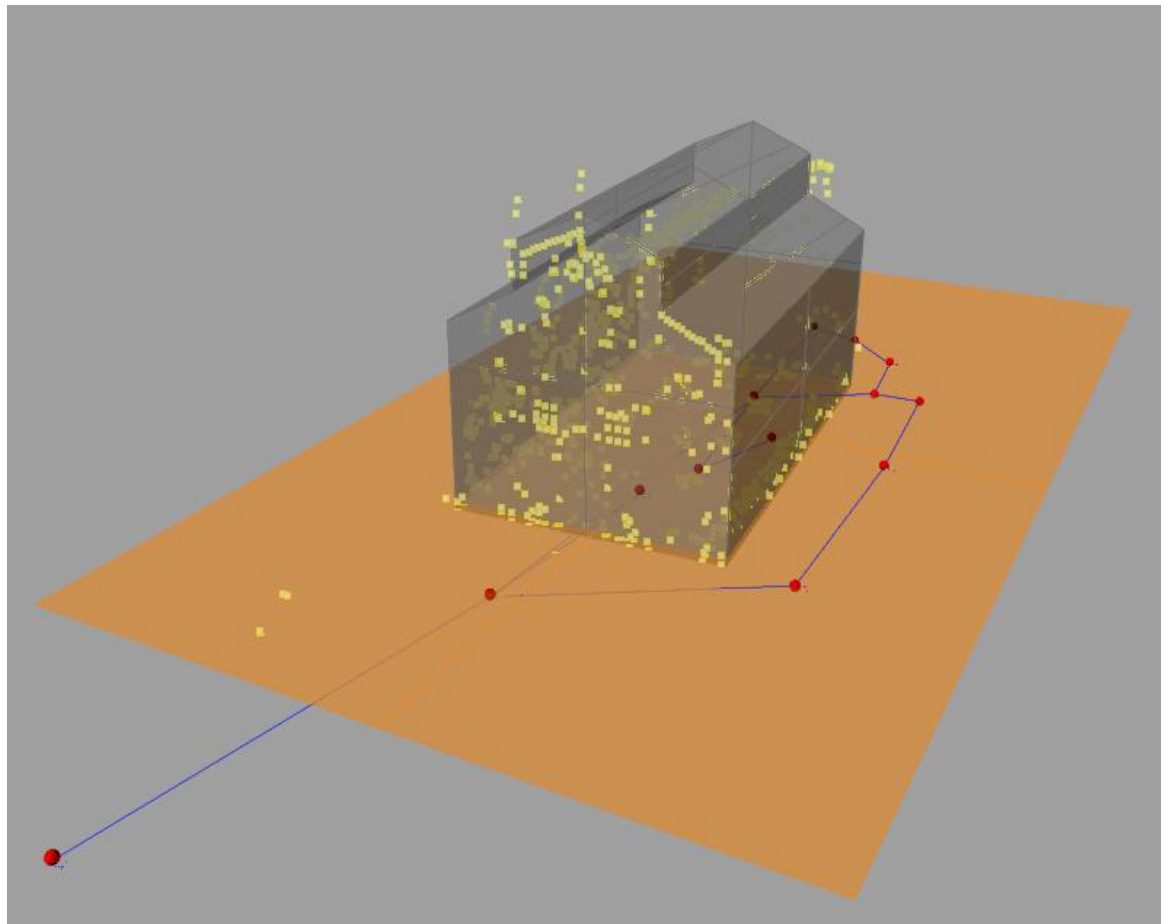
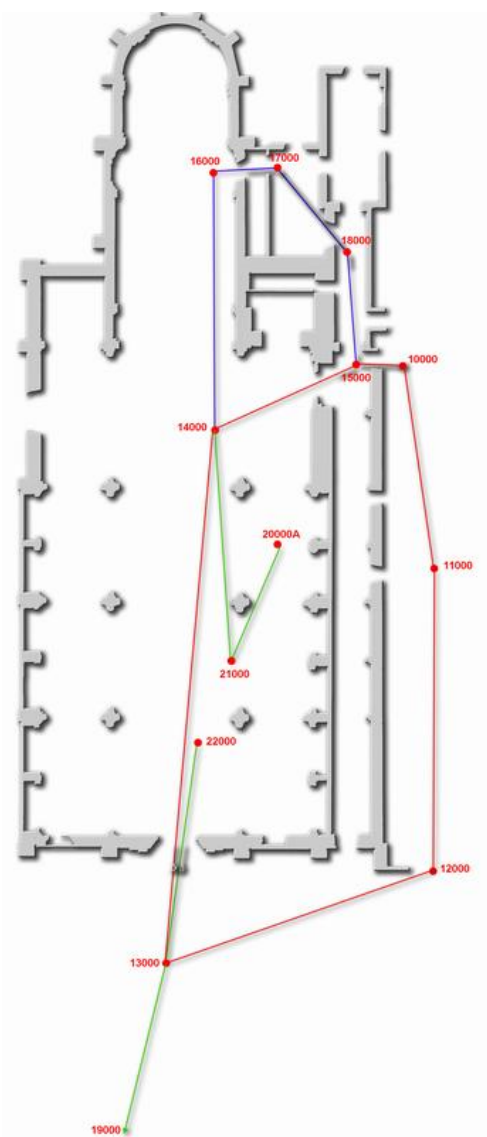
Se un solo punto fosse preso come origine delle misure e tutto il rilievo si sviluppasse a partire da esso, si avrebbero due gravi inconvenienti:

- una sensibile perdita di precisione per un continuo accumularsi di piccoli errori
- la precisione di determinazione dei diversi particolari non sarebbe omogenea per tutti i punti del rilievo

Per contenere questo progressivo accumularsi di errori si dovrebbero impiegare metodi di misura molto onerosi, senza tuttavia evitare il **progressivo decadimento della precisione**.

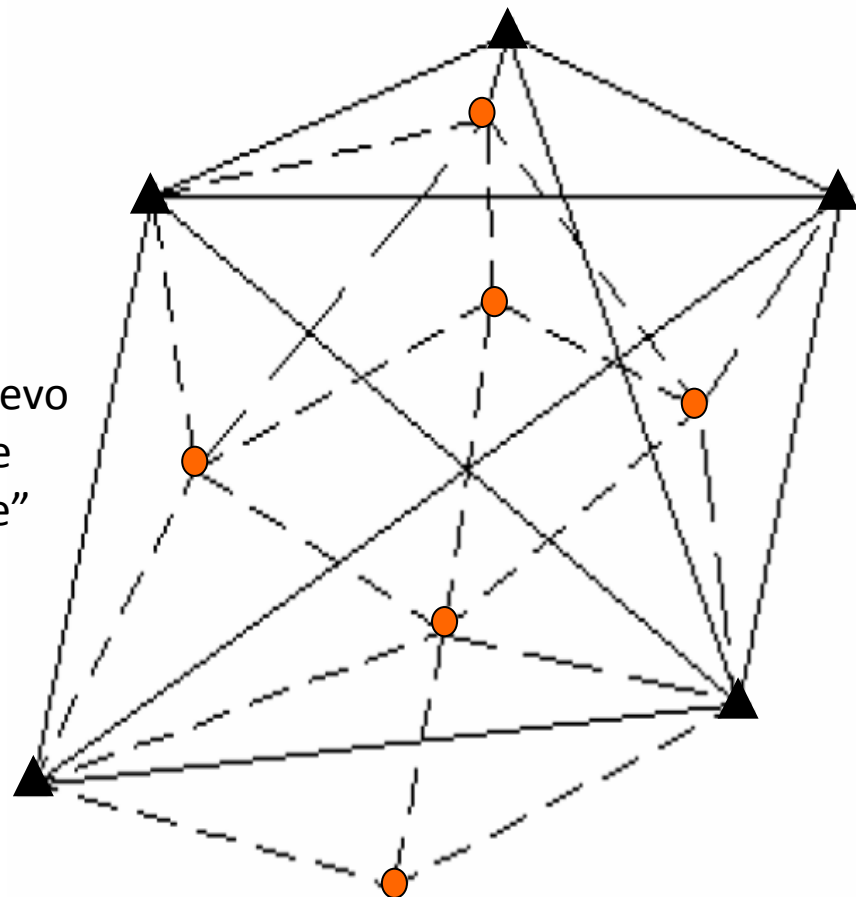
Pertanto i punti di inquadramento di un rilievo, oltre a costituire una rete di **punti di vincolo** che garantiscono una **precisione uniforme** al rilievo, evitano di dover operare, anche nella fase del rilievo di dettaglio, con metodi di misura onerosi.

COLLEGAMENTO tra VERTICI di STAZIONE: POLIGONALI e RETI



Reti di raffittimento

- . di più ordini, a seconda dell'estensione del rilievo
- . ricoprono omogeneamente la zona da rilevare
- . per disporre di vertici noti a distanze "comode"



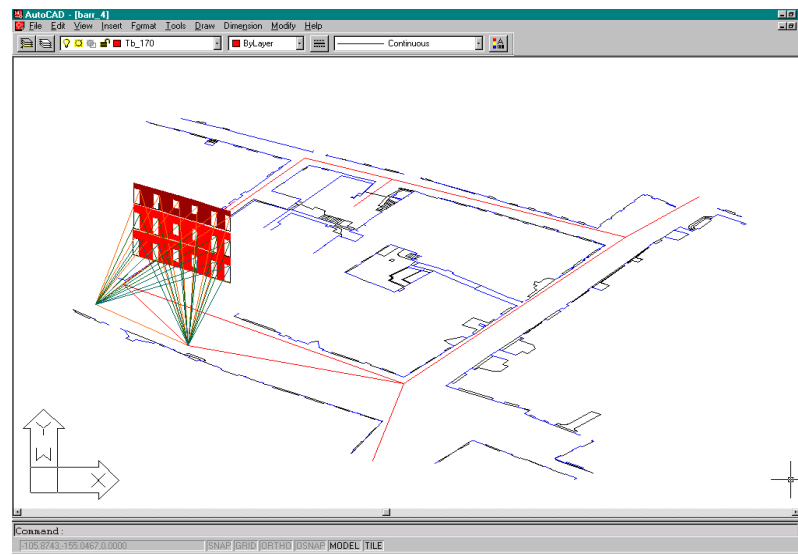
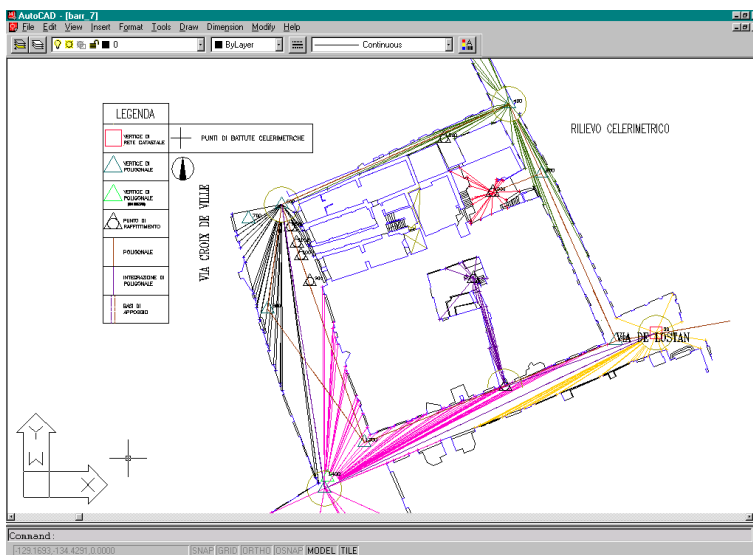
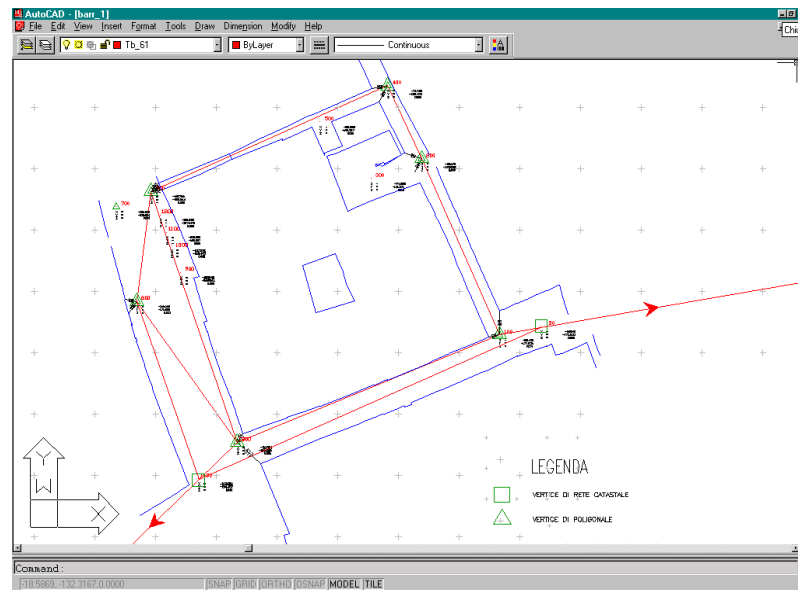
Il numero delle misure eseguite deve essere superiore a quello strettamente necessario, in modo da poter verificare di non aver fatto errori grossolani, di compensare l'influenza degli errori accidentali sulla determinazione delle coordinate incognite e di poter valutare l'e.q.m. con cui esse sono state determinate.

POLIGONALI TOPOGRAFICHE

Le *poligonali* hanno uno schema geometrico che consiste in una **spezzata** congiungente una serie di punti da rilevare, con partenza e arrivo in punti di coordinate note.

Ha il grande pregio operativo che da ogni punto è sufficiente poterne trarre solo altri due (**il precedente ed il successivo**).

- Punti e segmenti della spezzata = **vertici e lati** della poligonale
- **Angolo al vertice** = angolo di cui deve ruotare, in senso orario, il lato che precede il vertice, per andare a sovrapporsi a quello seguente.
- Occorre fissare il **senso di percorrenza**, in modo da stabilire l'ordine e la successione di vertici e lati

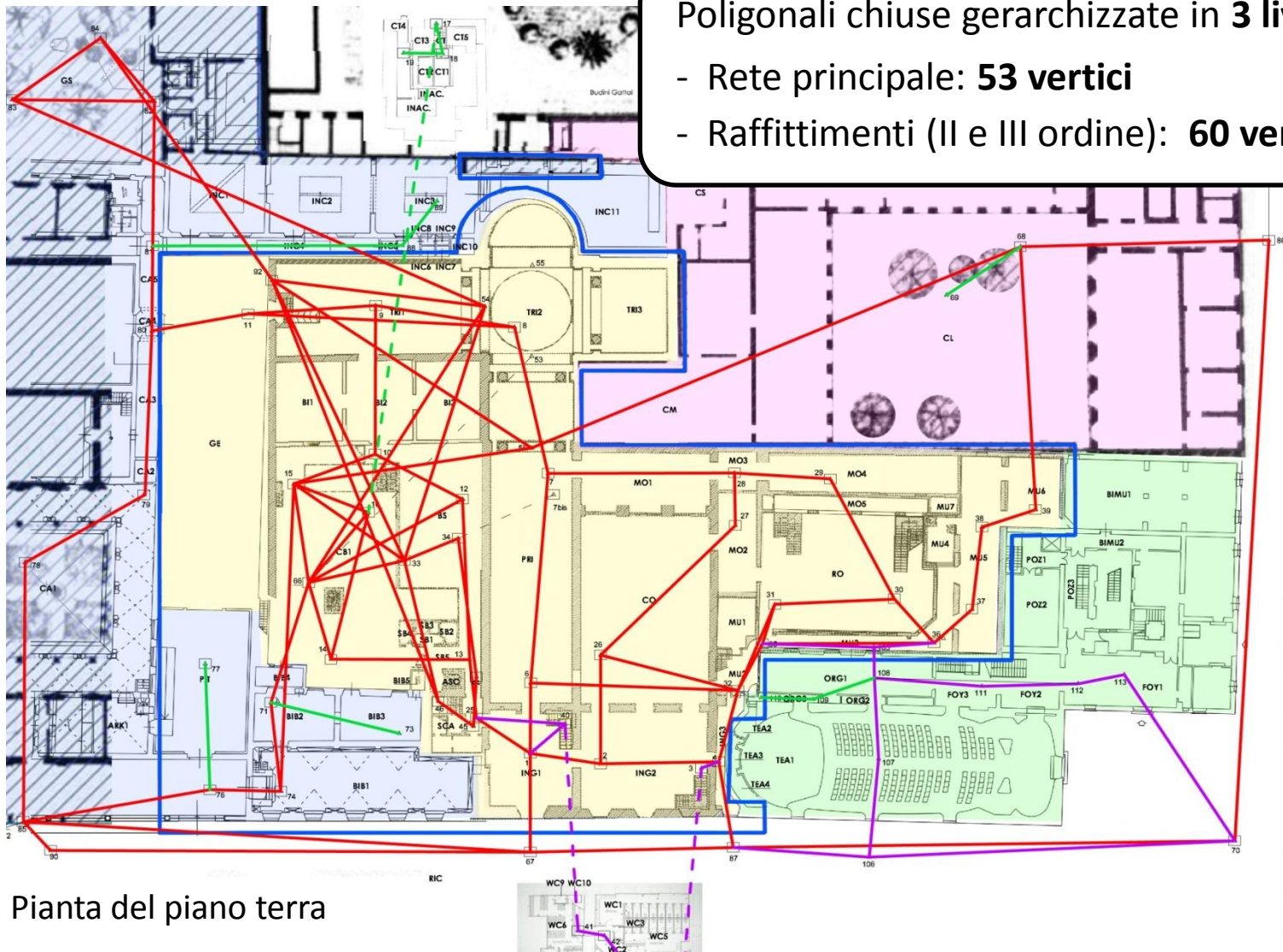


Le poligonal di inquadramento topografico:

- **collegano** tra loro i vertici di stazione,
- definiscono il **sistema di riferimento** dell'intero rilievo,
- consentono di effettuare **verifiche e compensazioni** sulle misure fatte.

Poligoni chiusi gerarchizzati in **3 livelli**

- Rete principale: **53 vertici**
- Raffittimenti (II e III ordine): **60 vertici**

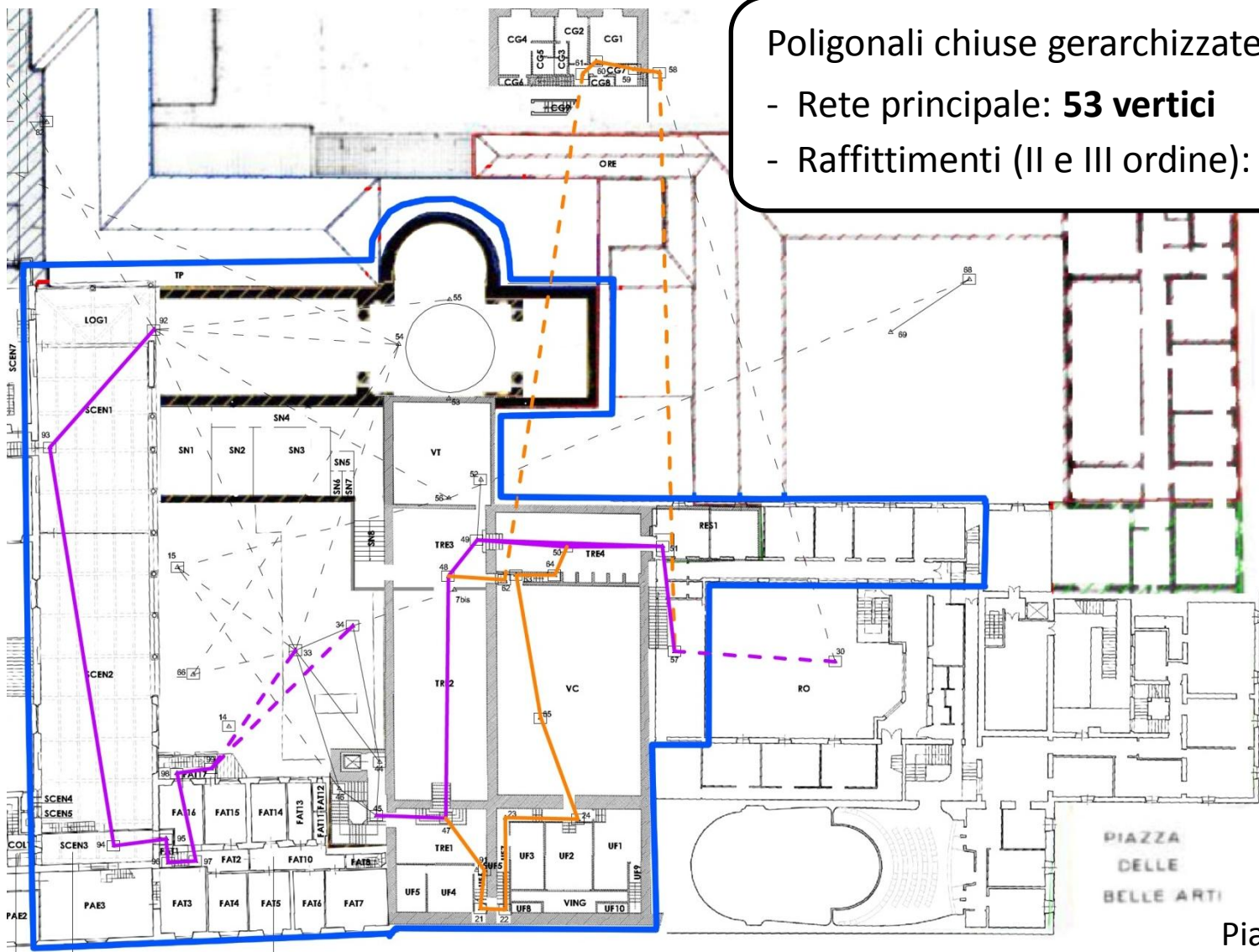


- LEGENDA
- Area d'interesse
 - Conservatorio
 - Museo Accademia
 - Opificio
 - Accademia Belle Arti
 - ▲ Vertici topografici
 - Rete principale
 - Raffittimenti primo ordine
 - Sbracci

Pianta del piano terra

Poligoni chiusi gerarchizzati in **3 livelli**

- Rete principale: **53 vertici**
- Raffittimenti (II e III ordine): **60 vertici**



LEGENDA

Area d'interesse

Vertici topografici

Raffittimenti primo ordine

Raffittimenti secondo ordine

Pianta del primo piano

Le reti di maggior dimensione sono solitamente misurate con osservazioni GPS, quelle di raffittimento con **GPS** o **stazione totale**.

Nel progettare la distanza e la posizione dei vertici bisogna ricordare che la stazione totale richiede la **intervisibilità** tra gli stessi, mentre i sistemi GPS richiedono la **visibilità** e **buona ricezione** della costellazione satellitare.

Come in tutti i metodi di inquadramento, anche nelle poligonali, le misure e le procedure di calcolo impiegate hanno il compito:

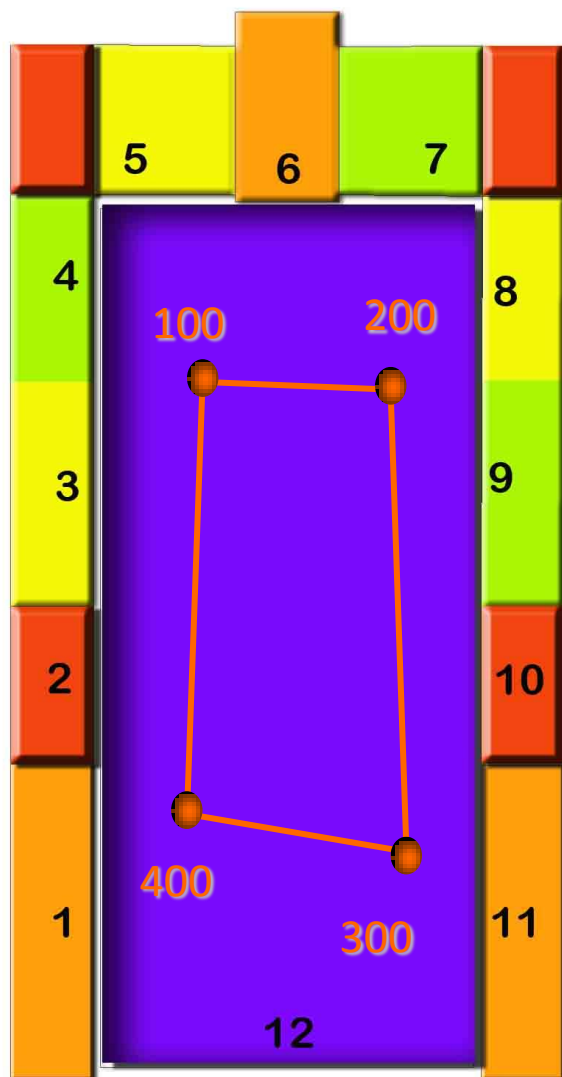
1. di stabilire la **posizione** dei suoi vertici
2. e controllare la **precisione** raggiunta

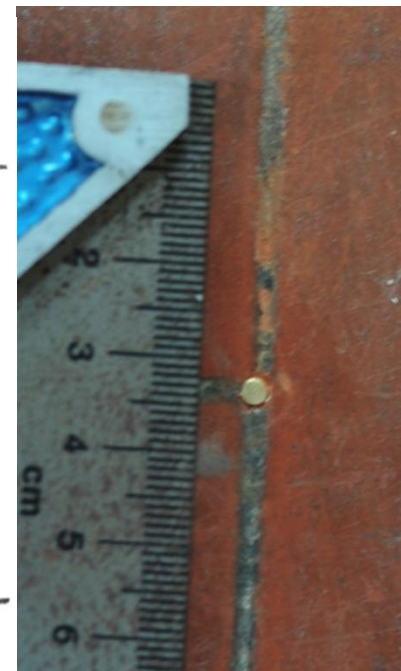
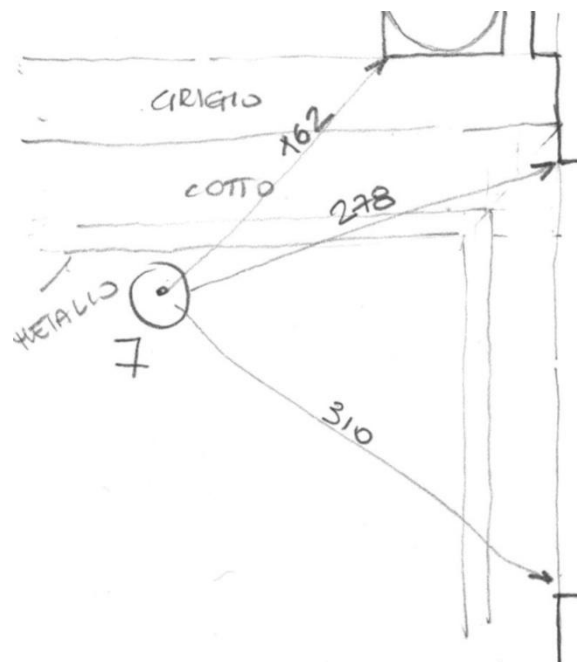
Come si imposta un rilievo topografico a grandissima scala:

- progettazione e materializzazione dei vertici
- monografie
- eidotipi
- misure topografiche
- (- calcoli e compensazioni)
- (- restituzione grafica)



2006 - Corso di Topografia / Rilievo – Castello del Valentino – V. Bonora, G. Tucci





Perni di ottone di diametro 3 mm



INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

documento a uso didattico - www.geomaticaeconservazione.it

monografia_del_vertice_n.

schema planimetria della zona di rilievo
evidenziare
> il vertice relativo alla monografia
> i collegamenti con altri vertici misurati
> i possibili orientamenti su altri vertici

schema planimetria

> inquadrare il vertice rispetto alla zona circostante
> evidenziare il vertice con una palaia, una penna, ...

esempio per il riconoscimento e l'individuazione del vertice
> contestualizzare il vertice
> indicare almeno tre misure riferite ad elementi facilmente rintracciabili

dettaglio_vertice

X Y Z
 m m m

fotografia coordinate

data:

rilievo:

a cura di:

Monografia dei punti di stazione

PUNTO N.

Descrizione punto:

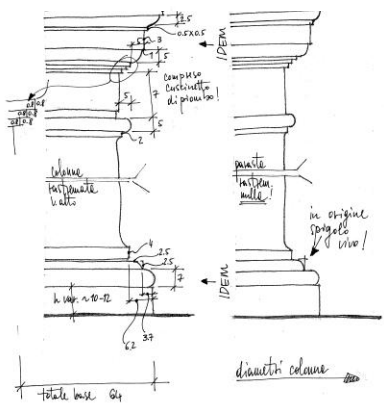
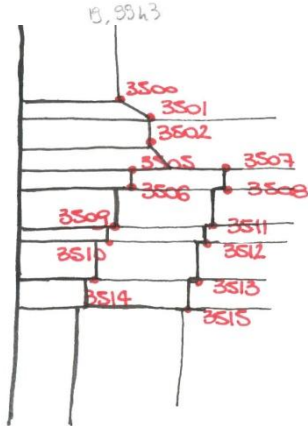
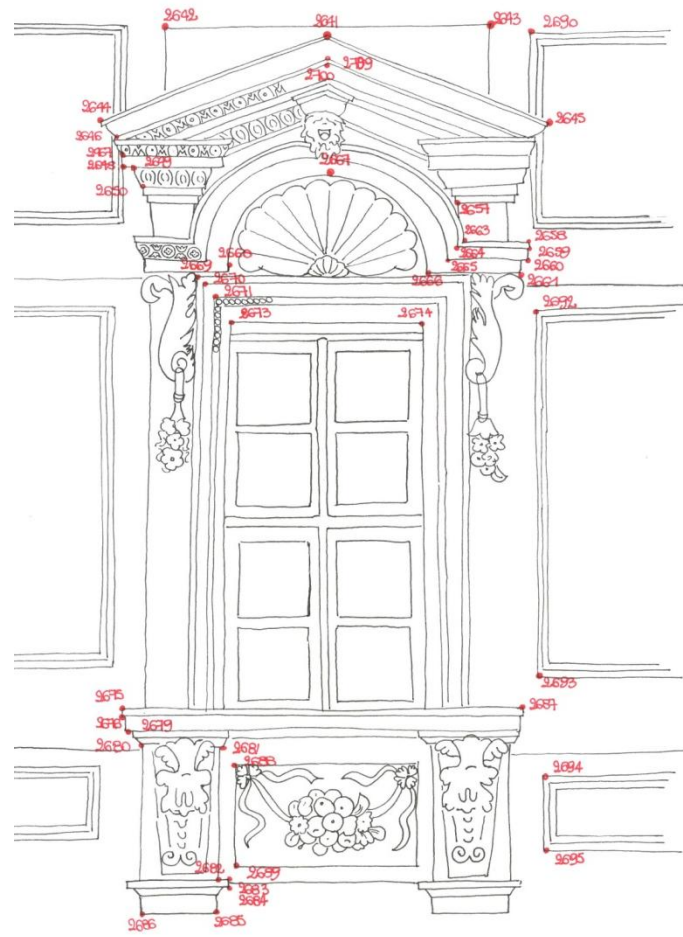
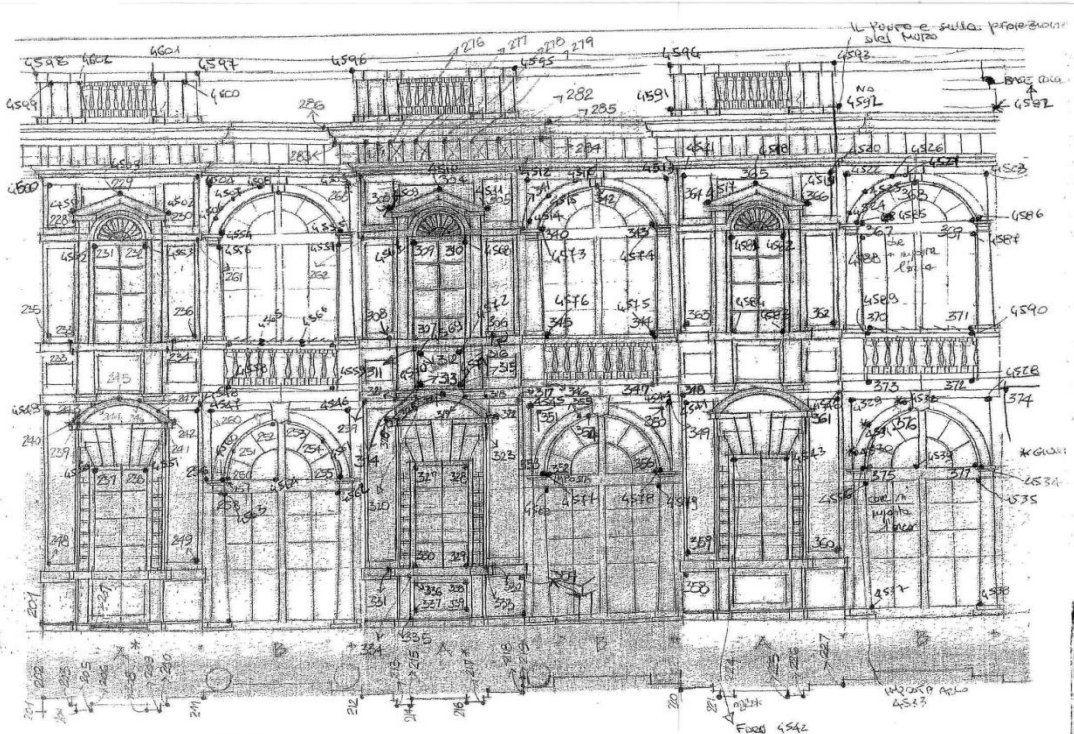
Chiodo



Riferimenti:

- A- spigolo basso della base della colonna
- B- spigolo del Tombino
- C- spigolo del Tombino
- D- chiodino nello spigolo del chiusino

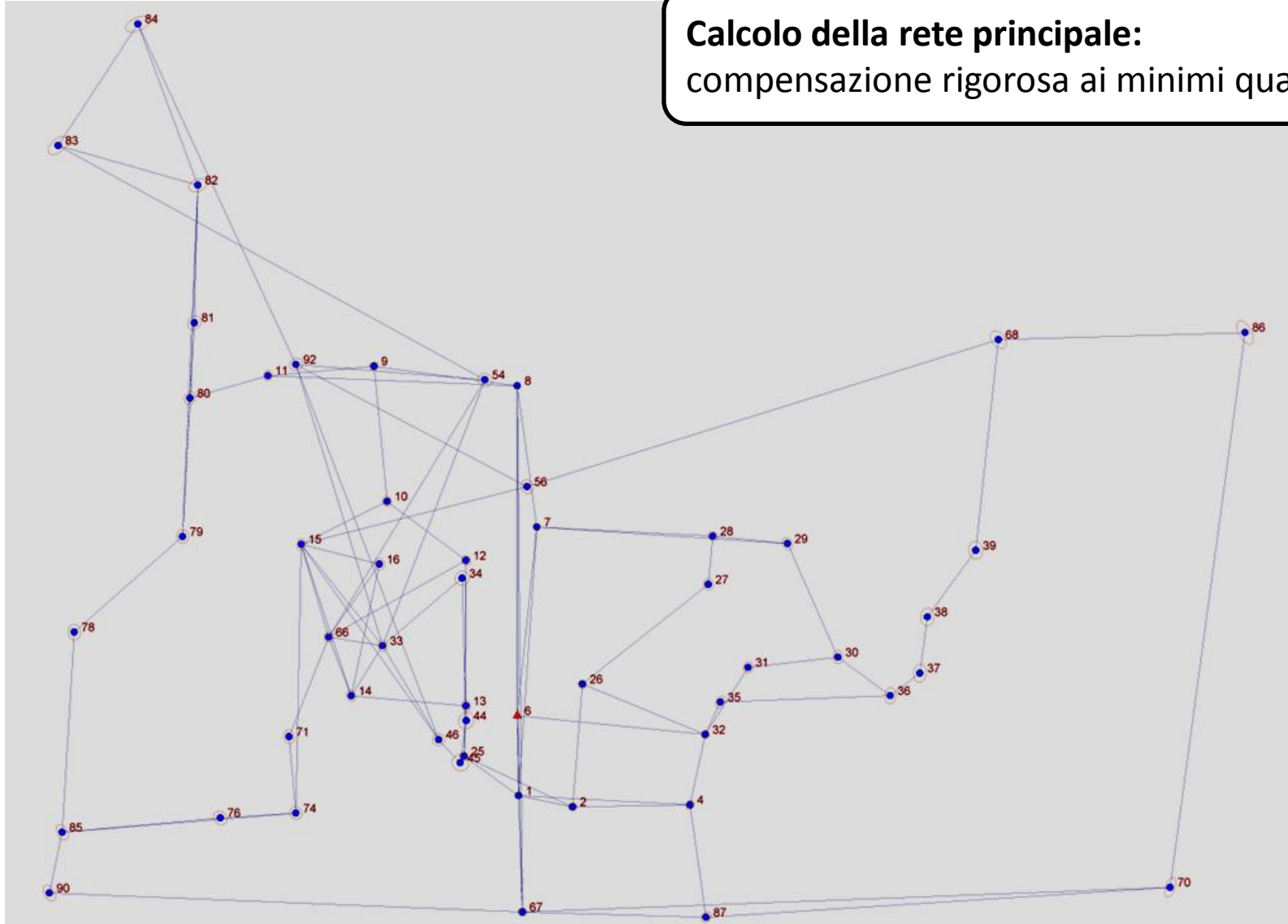
Distanze dai riferimenti:	
PA	= 2,79 m
PB	= 14,70 m
PC	= 8,53 m
PD	= 10,34 m



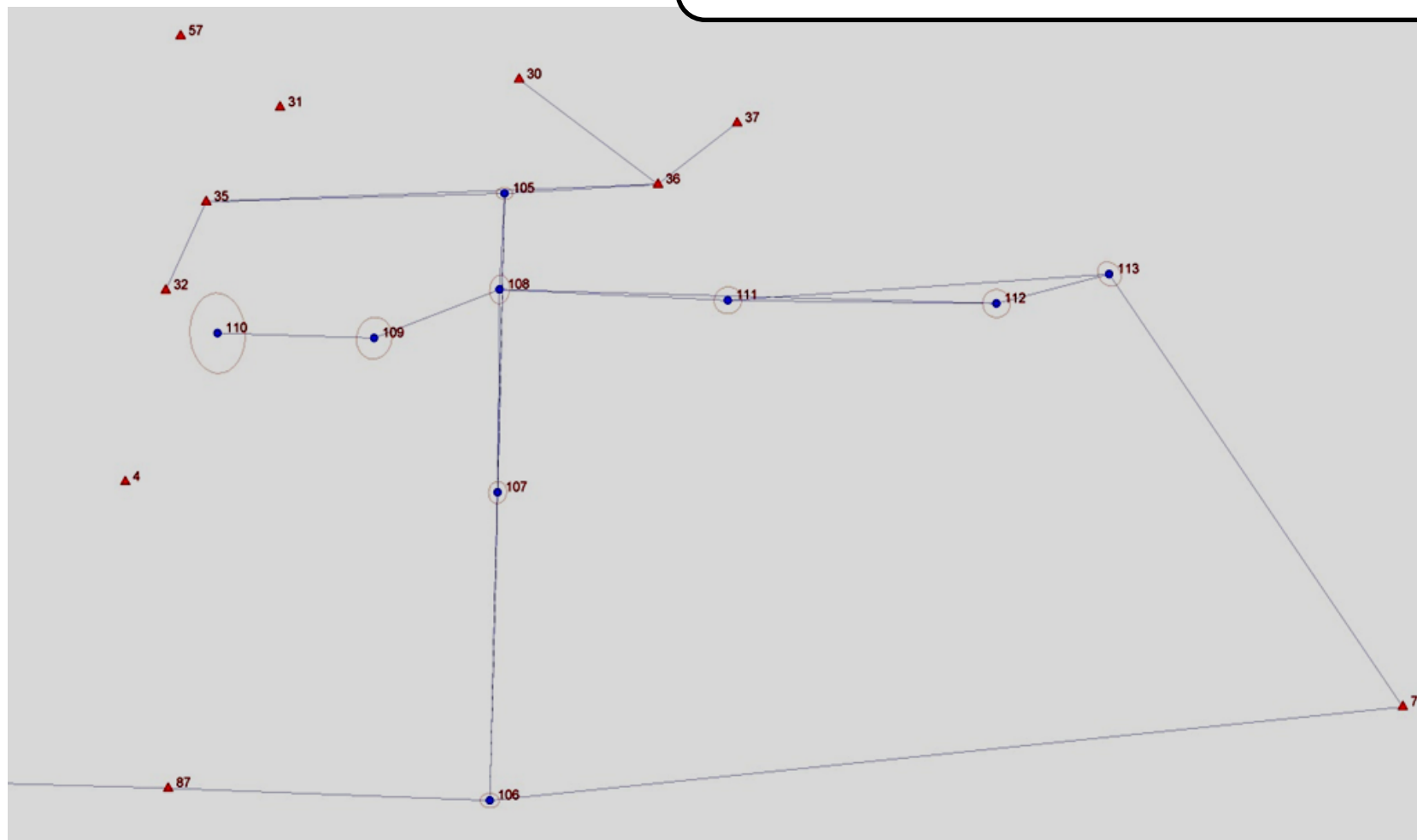
2006 - Corso di Topografia / Rilievo
Castello del Valentino – V. Bonora, G. Tucci



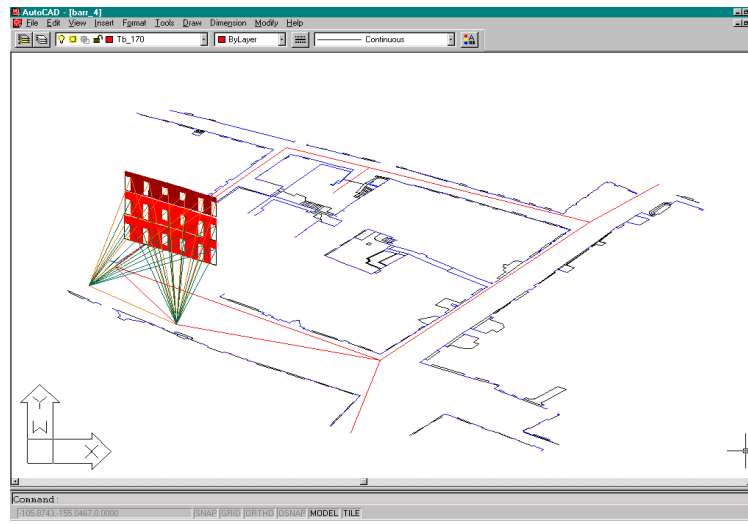
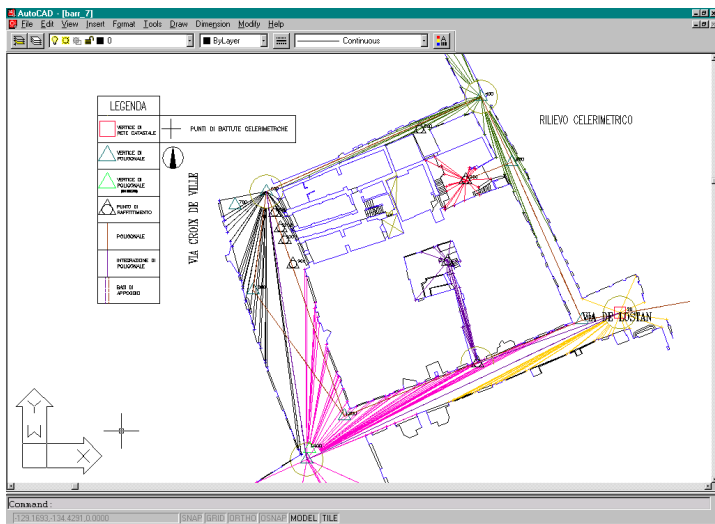
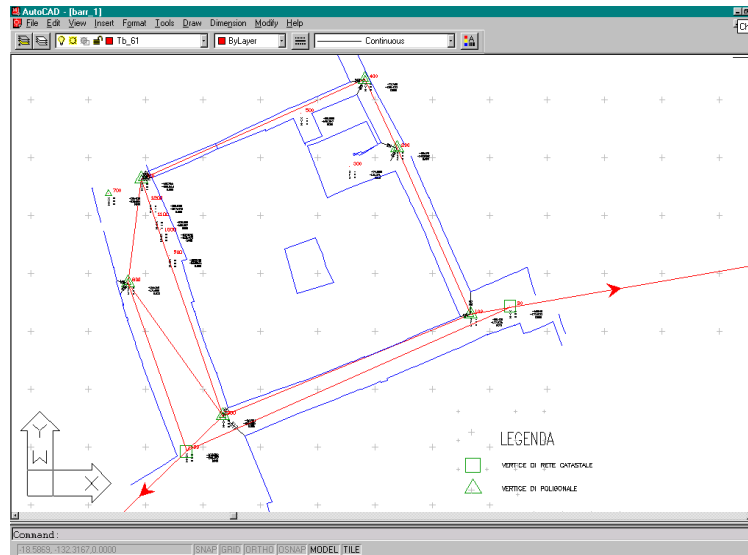
Calcolo della rete principale:
compensazione rigorosa ai minimi quadrati



**Calcolo dei raffittimenti del I e II ordine:
compensazione rigorosa ai minimi quadrati**



2000 - Palazzo Barrilier in Aosta Rilievi: G. Tucci, R. Maunero



2004 - Chiesa di Santa Croce (Ravenna)
Rilievi: R. Bonino, V. Bonora, A. Massa, G. Tucci

