



Corso di Disegno e Rilievo
Prof. Alessio Bortot

Il rilievo diretto e indiretto (fotogrammetria)

rilievo architettonico

il **rilievo architettonico** è un campo d'applicazione della geometria descrittiva, è l'insieme delle pratiche e dei metodi che consentono di **riportare** le caratteristiche fondamentali di un oggetto edilizio o urbano in un sistema di rappresentazioni (principalmente bidimensionali). I grafici ottenuti sono la base per le operazioni di **documentazione, studio, conservazione** dell'edificio e per l'**intervento** su di esso.

“Occorre **sapere prima** ciò che si deve disegnare e tener presente che non è il prospetto, la pianta e la sezione, come immagini, a cui si vuol pervenire in prima istanza, quanto la **rappresentazione dello spazio fisico**, della qualità architettonica e le trasformazioni strutturali avvenute nell’opera stessa

(...)

il **rilievo architettonico** è un’operazione volta a **capire** l’opera nella sua globalità (...); rilevare quindi significa innanzitutto **comprendere l’opera** che si ha davanti, coglierne tutti i **valori**, da quelli dimensionali a quelli costruttivi, da quelli formali a quelli culturali.”

metodi di misura

È dal *tipo di informazioni* che si vogliono ottenere attraverso il rilievo, che discenderà la *scelta di un metodo di rilievo rispetto a un altro*

il rilievo non è solo una procedura, è un processo di studio che ha delle **finalità** che ne determinano il percorso di acquisizione

diretto (longimetrico)

viene impiegato nella maggior parte dei rilievi architettonici e si rivela indispensabile in quello delle **piante** e nelle **sezioni** di edifici, ove gli altri metodi non possono essere impiegati, se non in particolari circostanze.



strumentale (topografico)

si usa solo in particolari circostanze e, più che un metodo autonomo, deve essere considerato come *complementare a quello diretto e a quello fotogrammetrico*. Viene impiegato per **rilevamenti di precisione**, per rilevare **andamenti planimetrici di grande estensione** e specialmente quando si debbano rilevare **punti inaccessibili**. Si rivela, inoltre, particolarmente utile nel **rilievo urbano**, per determinare l'andamento planimetrico e altimetrico delle strade, mentre diviene indispensabile quando si vuole *collegare l'opera da rilevare al suo ambito territoriale*, vale a dire alla rete topografica nazionale.

indiretto (fotogrammetrico)

si usa in particolare nel rilevamento delle facciate piane, in particolare nel rilievo dei fronti urbani. Può essere utile (se integrato col rilievo diretto) per il rilevamento dei prospetti di un edificio, laddove alcuni punti da misurare non siano accessibili.

metodo diretto



rilievo longimetrico

Si definisce **rilevamento longimetrico**, quello effettuato dall'operatore con l'ausilio di semplici *strumenti di misura*, quali il metro, le aste metriche, filo a piombo, ecc.

DISTANZE

metodo strumentale



rilievo topografico

Viene definito **rilevamento topografico**, quel rilievo effettuato con l'ausilio di *strumenti topografici*, quali stazioni totali, tacheometri, livelli, distanziometri, ecc
N.b.: Laser scanner

**ANGOLI e
DISTANZE**

metodo indiretto



rilievo fotogrammetrico

Si definisce, infine, **rilevamento fotogrammetrico**, quello effettuato con l'ausilio di *macchine da ripresa*, quali fotocamere, bicamere, e di strumenti detti *restitutori*, che permettono di *estrarre, dai fotogrammi di presa, informazioni* atte a tracciare direttamente grafici dell'oggetto rilevato

**NESSUNA
misura diretta**

il rilievo architettonico comprende diverse fasi e metodologie operative

L'iter operativo consiste di **due fasi** distinte: una detta **di campagna**, in cui si raccolgono i dati; l'altra, da effettuare in un momento successivo, detta **restituzione delle misure**.

rilievo
architettonico

fase di
campagna

restituzione

- ▶ 1. progetto
- ▶ 2. eidotipi
- ▶ 3. tracciamento della fondamentale orizzontale
- ▶ 4. rilievo delle piante
- ▶ 5. rilievo degli alzati
- ▶ 6. eventuale integrazione con altre tecniche di rilievo
- ▶ 7. restituzione

tipo di rilievo

condizioni e requisiti per il rilievo

grandezze misurate

longimetrico

metodo **diretto**

accessibilità punti

tutti i punti da rilevare devono essere **fisicamente accessibili**

distanze

con **longimetri** (centimetro, metro singolo, doppio, triplo) **livelle, fili a piombo.**

topografico

metodo **strumentale**

visibilità punti

tutti i punti da rilevare devono essere **visibili mediante gli strumenti** di rilievo

angoli e distanze

con **strumenti topografici** (tacheometro, teodolite, stazione totale, distanziometro laser, eccetera)

fotogrammetrico

metodo **indiretto**

visibilità piano

tutto **il piano** da rilevare deve essere **visibile e inquadrabile nel fotogramma**, base del rilievo

nessuna

con macchine **fotografiche** (ed eventualmente fotoraddrizzatori), e **strumenti tradizionali del disegno tecnico**

il rilievo architettonico comprende diverse fasi e metodologie operative



eidotipo

Il rilievo inizia dalla pianta del piano terra.
Per pianta di un edificio si intende una sezione orizzontale effettuata a circa un metro da terra (in base alle aperture).

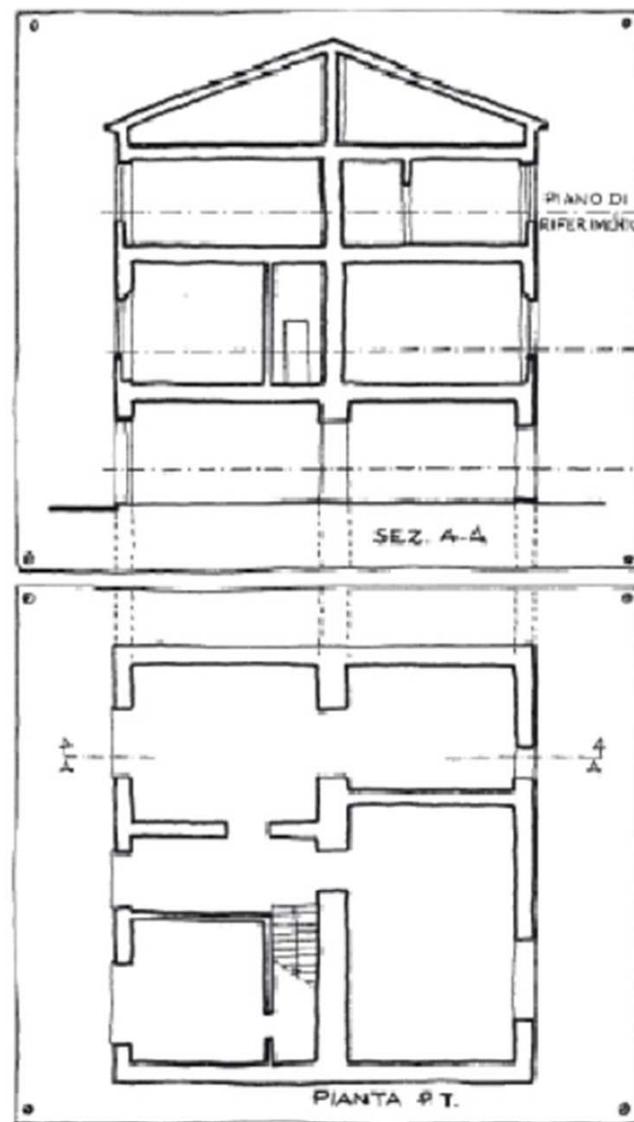
Per poter predisporre tutte le informazioni dimensionali di un oggetto, occorre munirsi di uno o più schizzi, effettuati dal vero, sui quali poter disporre con ordine tutte le misure che via via si rileveranno. Pertanto lo schizzo, o **eidotipo**, deve rappresentare l'oggetto da rilevare (nella configurazione prescelta, pianta, sezione, ecc.), riproducendone dimensioni e proporzioni con cura e precisione.

Se lo schizzo sarà così realizzato, potrà anche aiutare a evidenziare eventuali grossolani errori di prelievo delle misure. Il concetto teorico sotteso a questi schizzi è che essi debbono **rendere «discreto» ciò che è continuo**, riproducendo, con un numero limitato di segni, il soggetto che rappresentano.

L'eidotipo o schizzo costituisce un elemento fondamentale nelle operazioni di rilievo con il metodo diretto.

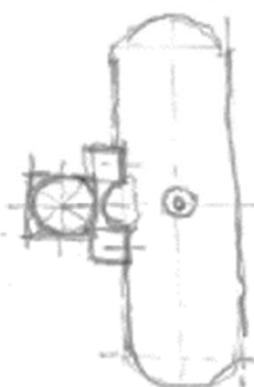
Tutte le operazioni effettuate sul luogo del rilievo debbono essere annotate sullo schizzo.

L'eidotipo non va considerato un documento personale del rilevatore, ma deve essere impostato e realizzato con sufficiente chiarezza e contenere, inoltre, una serie di informazioni sia dimensionali sia costruttive, sempre sovrabbondanti rispetto alle esigenze del rilievo da compiere. In questa prospettiva gli schizzi di rilievo vanno accuratamente conservati e catalogati, unitamente alla restituzione grafica del rilievo stesso.



disegnare un eidotipo

IL CONTESTO



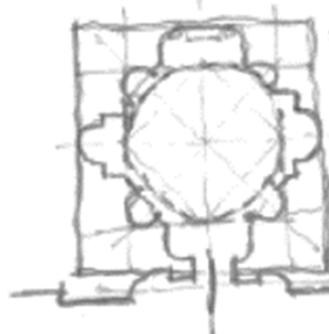
LA CHIESA È POSTA
SULL' ASSE TRASVERSALE
DELLA PIAZZA

LA CHIESA DEL
BORZONI E LA FONTANA
DEI BERNINI SI
FRANTEGGIANO IN RECIPROCA
RELAZIONE SPAZIALE

PIAZZA NAVONA

CON LA CHIESA DI S. AGNESE
E LA FONTANA DEI QUATTRO FIORI

LA PIANA



EDIFICIO AD IMPIANTO
CENTRALE,
A PARTIRE DA UNA
MATEMICA GEOMETRICA
QUADRATA, SULLI
ASSI E SULLE
DIAGONALI SI APRONO
L'INGRESSO, LA ZONA
PRESBITERALE, LE
CAPPELLE LATERALI



LA CHIESA E LA PIAZZA
SCHIZZO PROSPETTICO

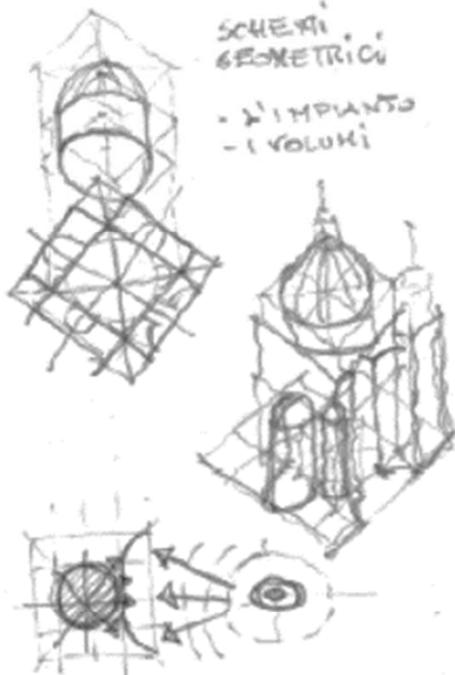


CHIESA DI S. AGNESE, PIAZZA NAVONA

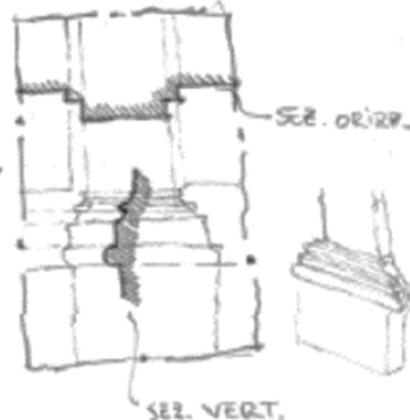
LA FACCIATA È CARATTERIZZATA DA UN CORPO CENTRALE E DA DUE
TORRI COMPANARIE, A QUESTO COLLEGATE CON RACCORDI CURVILINEI
LA CONCAVITÀ DEL CORPO FRONTALE SI CONTRAPpone ALLA
CONVESSITÀ DEL TAMBURO E DELLA CUPOLA SORRASTANTI

SCHEMI GEOMETRICI

- L'IMPIANTO
- I VOLUMI



LEENA TORRE COMPANARIA: PARTICOLARE



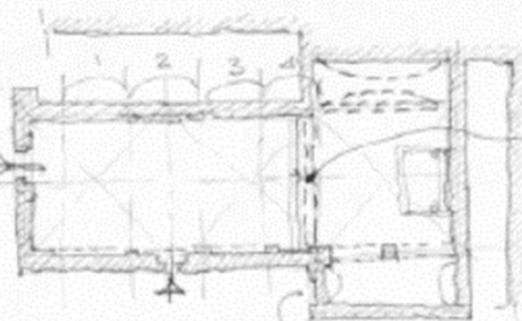
CHIESA DI S. PAOLO A PELTUNUM

SCRIZZO
PROSPETTICA
E CONTESTO



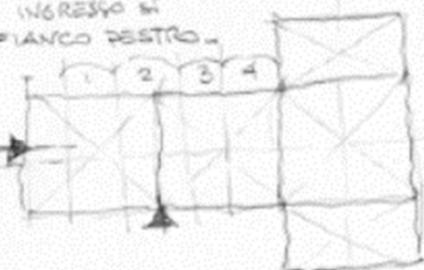
LA CHIESA SORGE NEI PRESSI DEI RESTI DELL'ANTICO
INSEDIAMENTO ROMANO DI PELTUNUM, LUNGO IL "TRACTUS NASUS".

PIANTA



LA CHIESA È A NAVATA UNICA
CON TRANSETTO.
L'ASSE DELLA NAVATA NON COINCIDE CON L'INGRESSO.
UN SECONDO INGRESSO SI
APRE SUL PIANCO DESTRO.

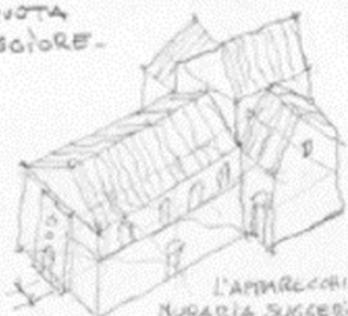
SCHEMA
GEOMETRICO
(PARETE)



IN QUANTO IL FRONTE PRINCIPALE RISULTA PIÙ LARGO.

LA NAVATA È SCANDITA DA ARCHI CIECHI SULLE PARETI
LATERALI (IN PARTICOLARE BOX N°1618 SUL PIANCO DI
MENTRE NEL SINISTRO SONO PARZIALMENTE INCLUSI
NELLA MURATURA) E CAMPATE

LE APERTURE DEL PRESBITERIO
SI INTRONANO
A QUOTA
MAGGIORE.



L'APPARECCHIATURA
MURARIA SUGGERISCE CHE
LA NAVATA SIA STATA SOPRELEVATA.

LE BRACCIA DEL TRANSETTO SONO
SUDVISE SU DUE LIVELLI: DUE CAPPELLE
INFERIORI NELLA CHIESA, E AL DI SOPRA
DUE AMBIENTI DI SERVIZIO.

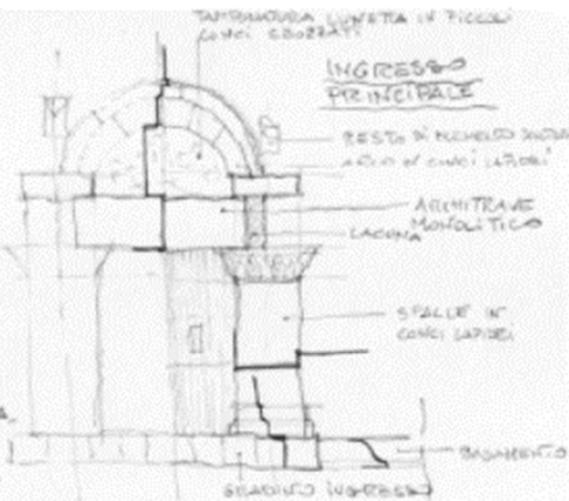
IL TRAMONTO
DALLA NAVATA AL
PRESBITERIO È
SEGNALE DA UN
ARCO A DESTO
ACUTO

IL FRONTE È
CARATTERIZZATO
DA UN ALBERGO
CENTRALE.

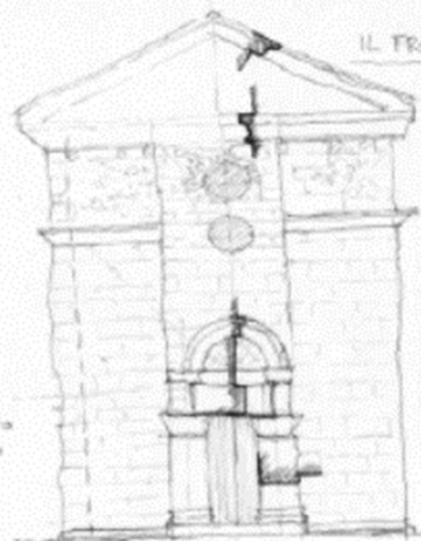
LA NAVATA ED IL PRESBITERIO
SONO COPERTI CON TETTO
LIGNEO A CAPILLATE -
LE CAPPELLE LATERALI
CON VOLTE A BOTTE.

LA CHIESA È
SOPRELEVATA DAL TERRENO
DELLA COLLINA ADIACENTE
TRAMITE MURI DI
CONTENIMENTO.

ACCESSO ALLO
SPAZIO SUPERIORE
ALLA CAPPELLA



IL FRONTE



MURATURA
IRREGOLARE
IN BLOCCHI E
LATERALI

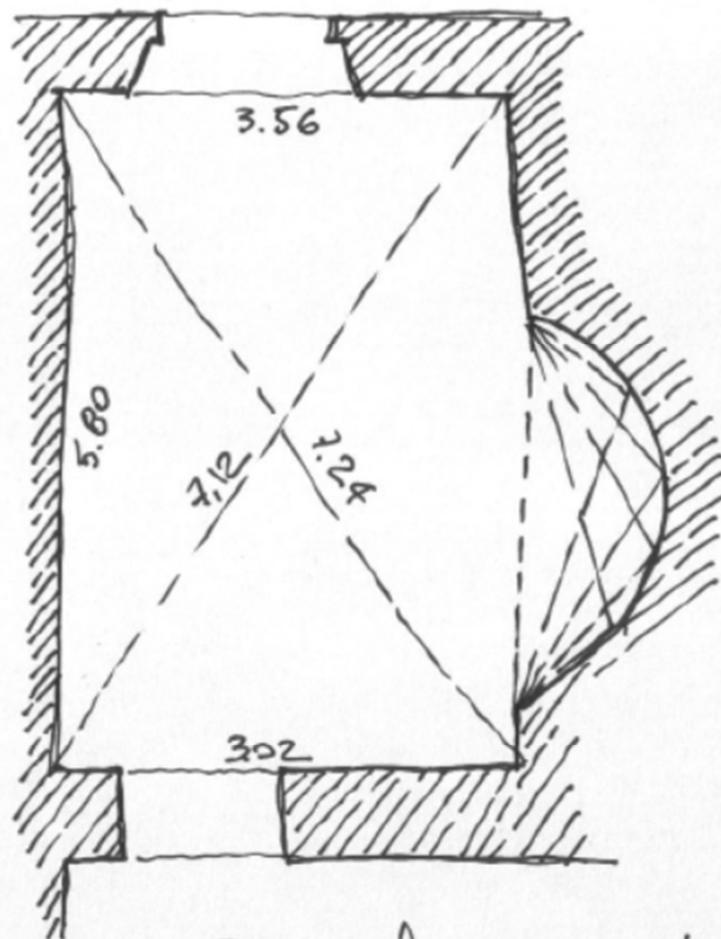
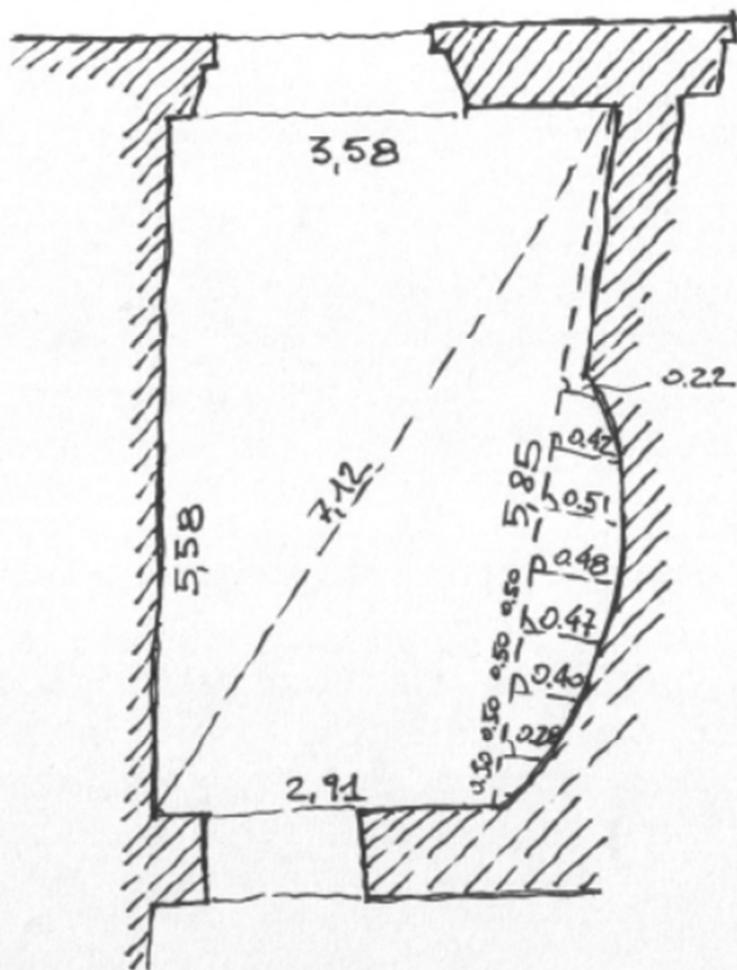
MURATURA
IN CONCI
LAPIDEI

PARTICOLARE
ARCHIVALE DELL'INGRESSO
RICHIUSO PRESENTE
NEL TRANSETTO.

SONO NUMEROSI GLI ELEMENTI
DI REMPLIEGO PROVENIENTI DA
VICINI RESTI DI PELTUNUM.

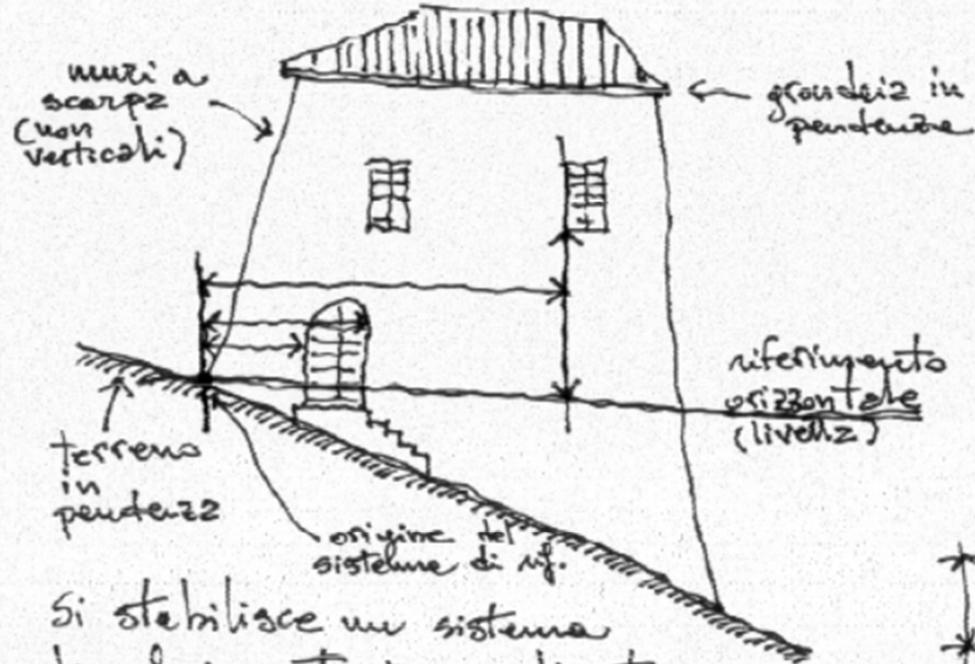
NAVATA CHIESA





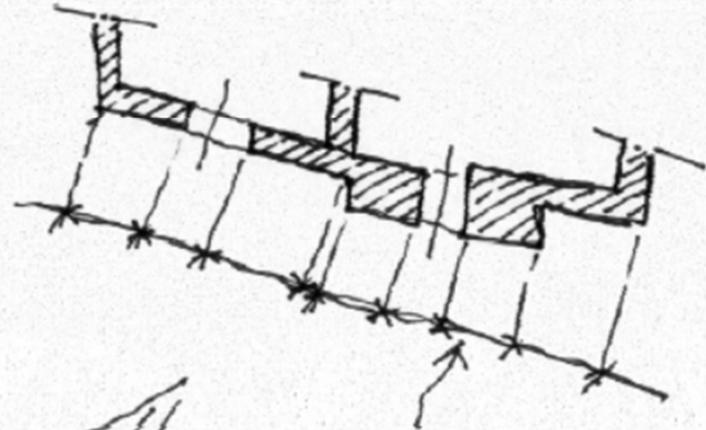
Per verifica è consigliabile prendere più misura di quelle strettamente necessarie.

IN ALZATO

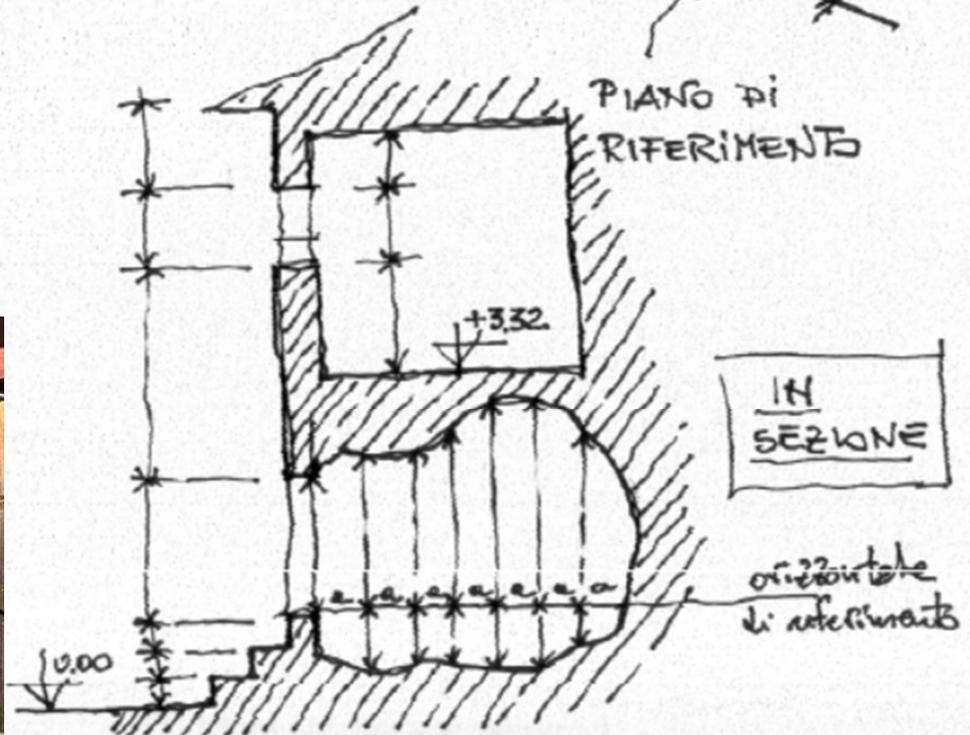


Si stabilisce un sistema di riferimento in coordinate cartesiane

IN PIANTA



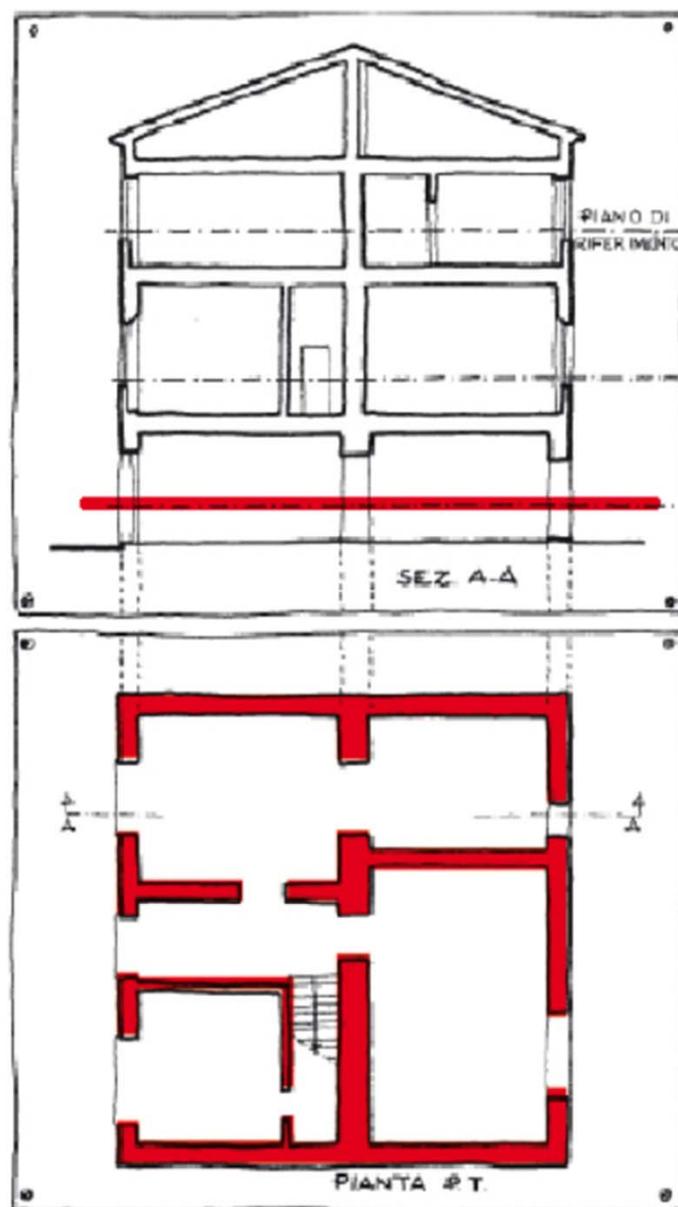
PIANO DI RIFERIMENTO



corrispondenza

è buona norma impostare i disegni in modo da garantire la **corrispondenza geometrica** tra i vari grafici, in modo da consentirne una agevole lettura e una migliore comprensione dell'oggetto rilevato

per garantire la corrispondenza è necessario decidere numero e tipo di grafici *prima* di iniziare le operazioni di rilievo



piani di riferimento

le operazioni di rilievo possono essere effettuate solo a partire dalla definizione di piani di riferimento che sono **la base** per le **misurazioni** e la **rappresentazione** sul foglio.

la poligonale per il rilievo in pianta appartiene tutta ad un piano di riferimento, che è il medesimo per le rilevazioni in alzato. è particolarmente evidente la loro utilità per la rilevazione delle sezioni e degli alzati, ma sono necessari anche per la rilevazione delle facciate, qualora non siano piane.

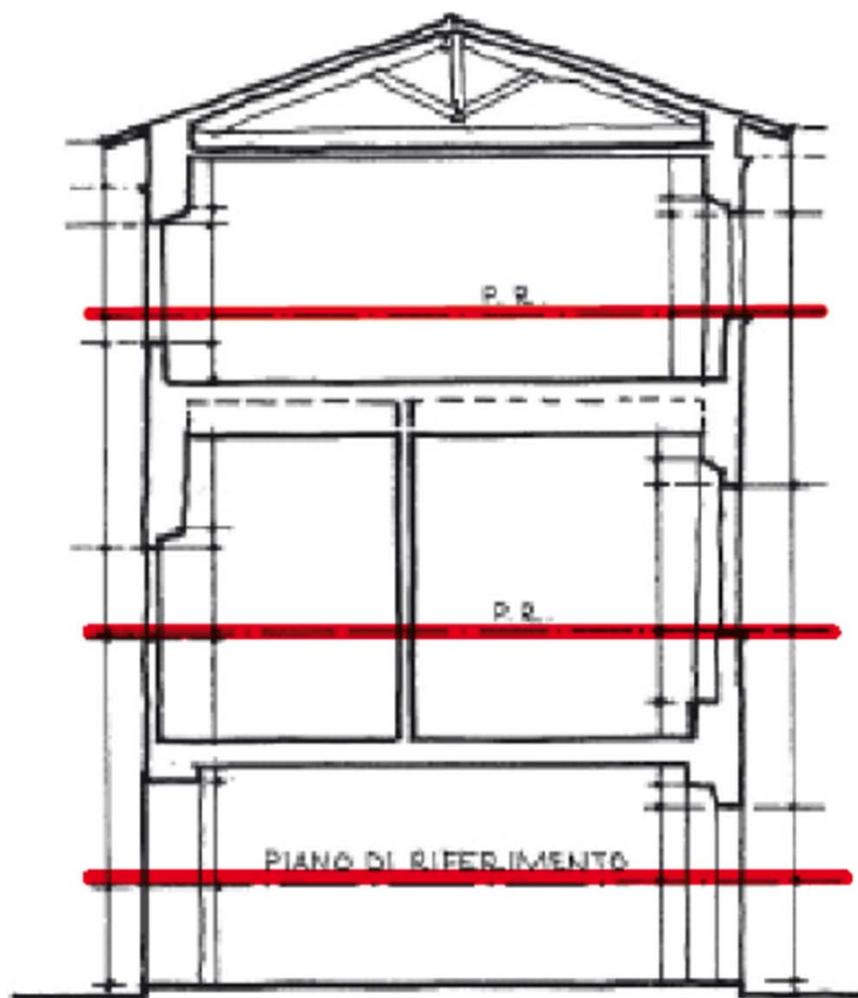
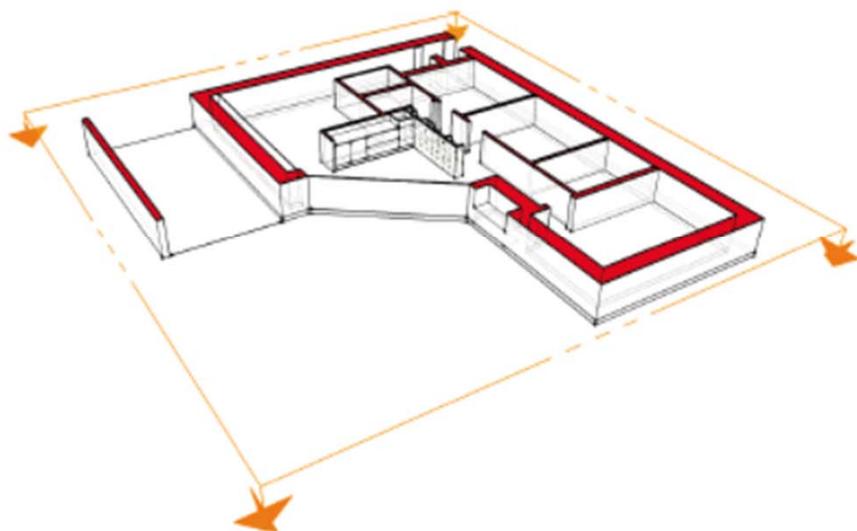
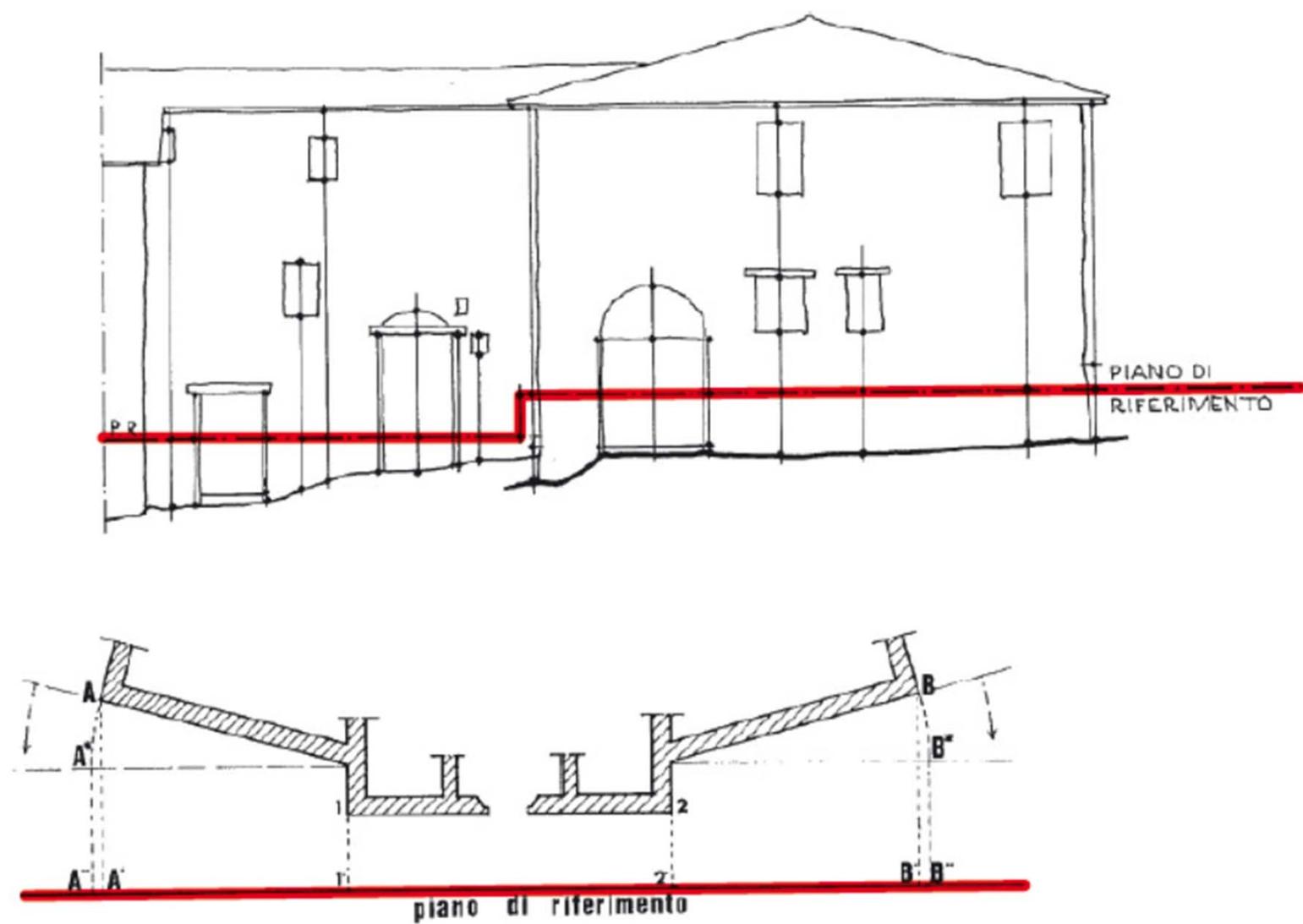
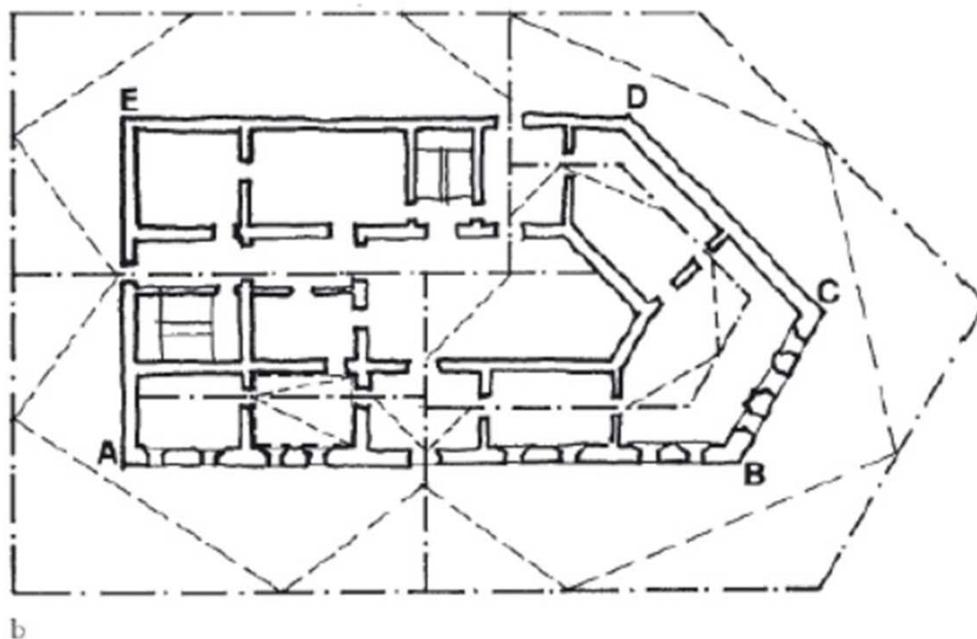


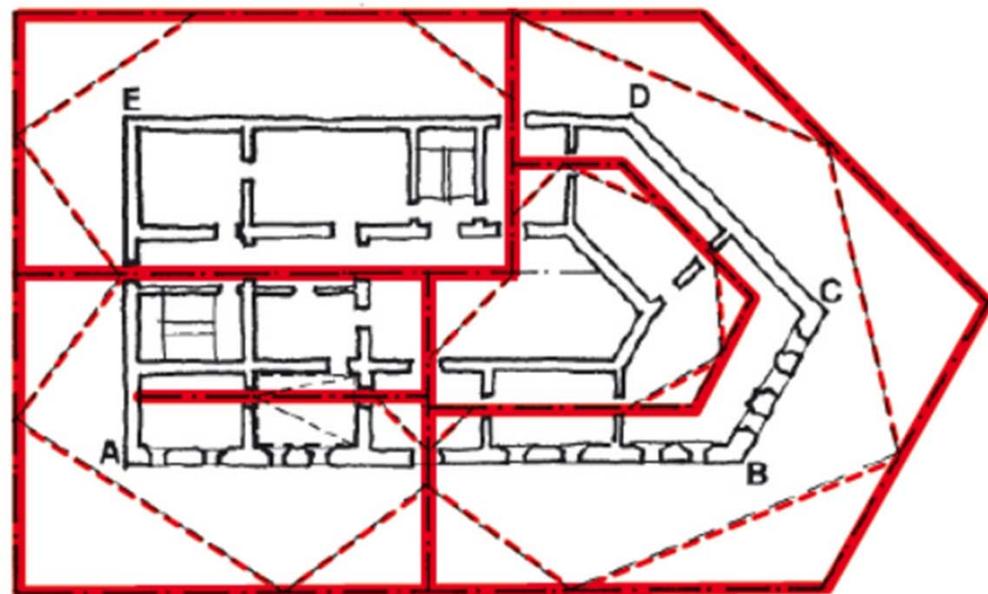
immagine da: Mario Docci, Diego Maestri,
Manuale di rilevamento architettonico e urbano, Bari, Laterza, 2009



poligonale

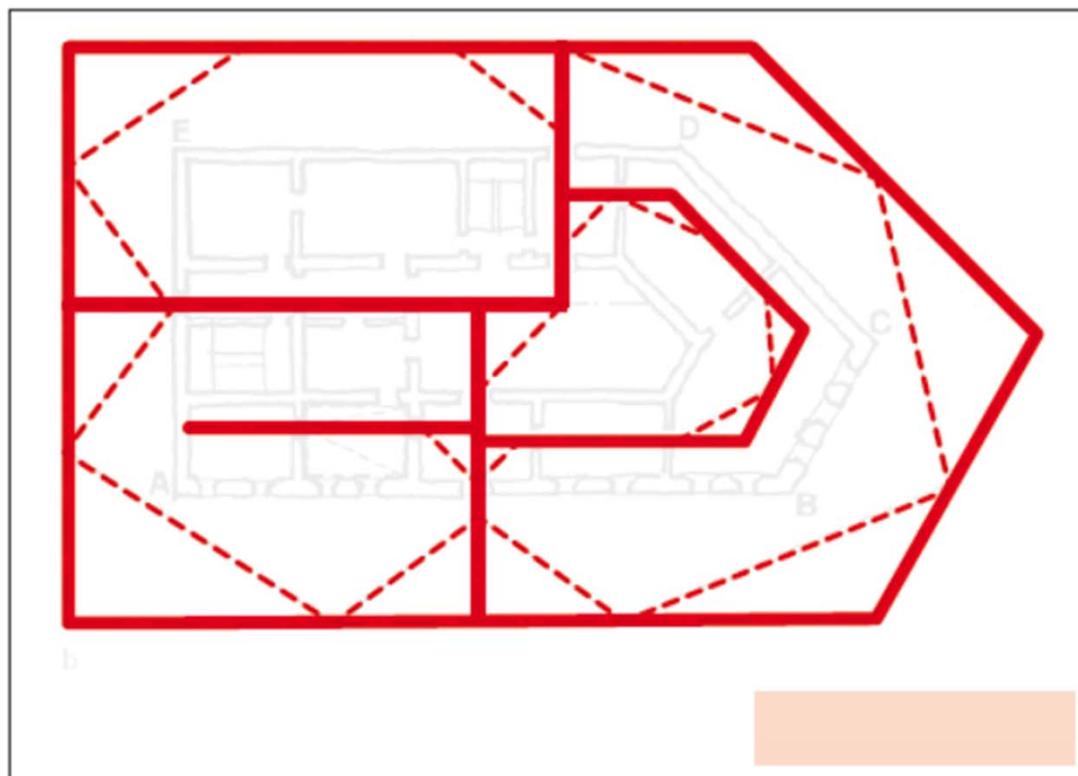
la poligonale è il sistema di riferimento delle operazioni di rilievo. È una **spezzata** che assolve contemporaneamente alla funzione di **base per la trilaterazione***, può essere sistema di **riferimento** per il rilievo con le coordinate cartesiane ortogonali ed è **il luogo dei caposaldi*** che forniscono gli elementi per la coerenza dei rilievi parziali nel rilevamento generale (* vedi pagine successive).





b

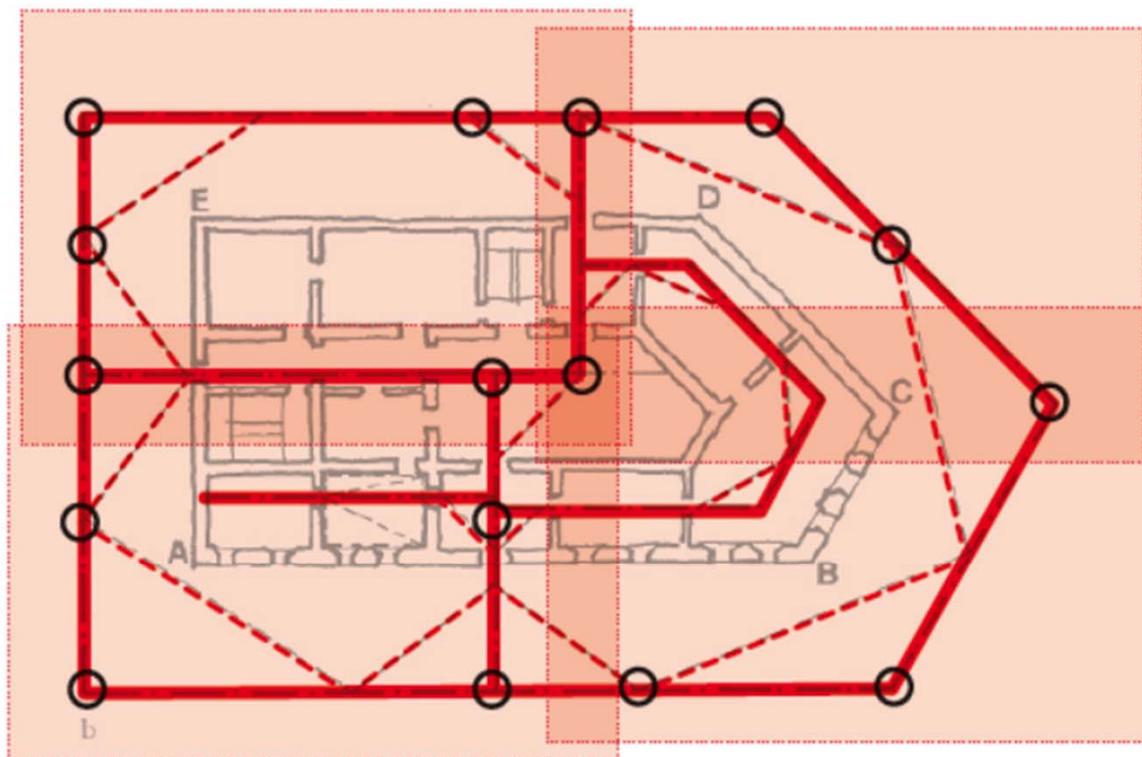
la poligonale è l'elemento di continuità fra la fase di campagna e la restituzione, è l'unico elemento che consente di essere ridisegnato perchè è definito dal rilevatore.



caposaldi

Descritti i due principali schemi del rilievo diretto resta il problema di *collegare tra loro le parti rilevate singolarmente in dettaglio* (i diversi ambienti di un edificio, i diversi piani, i diversi isolati,..) seguendo un procedimento che *eviti il propagarsi dell'errore di un singolo tratto a tutto il rilievo*.

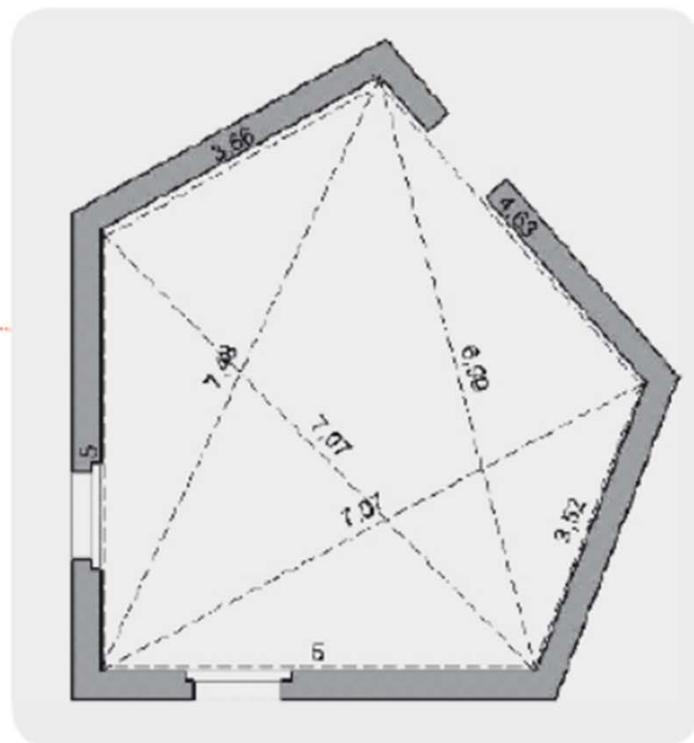
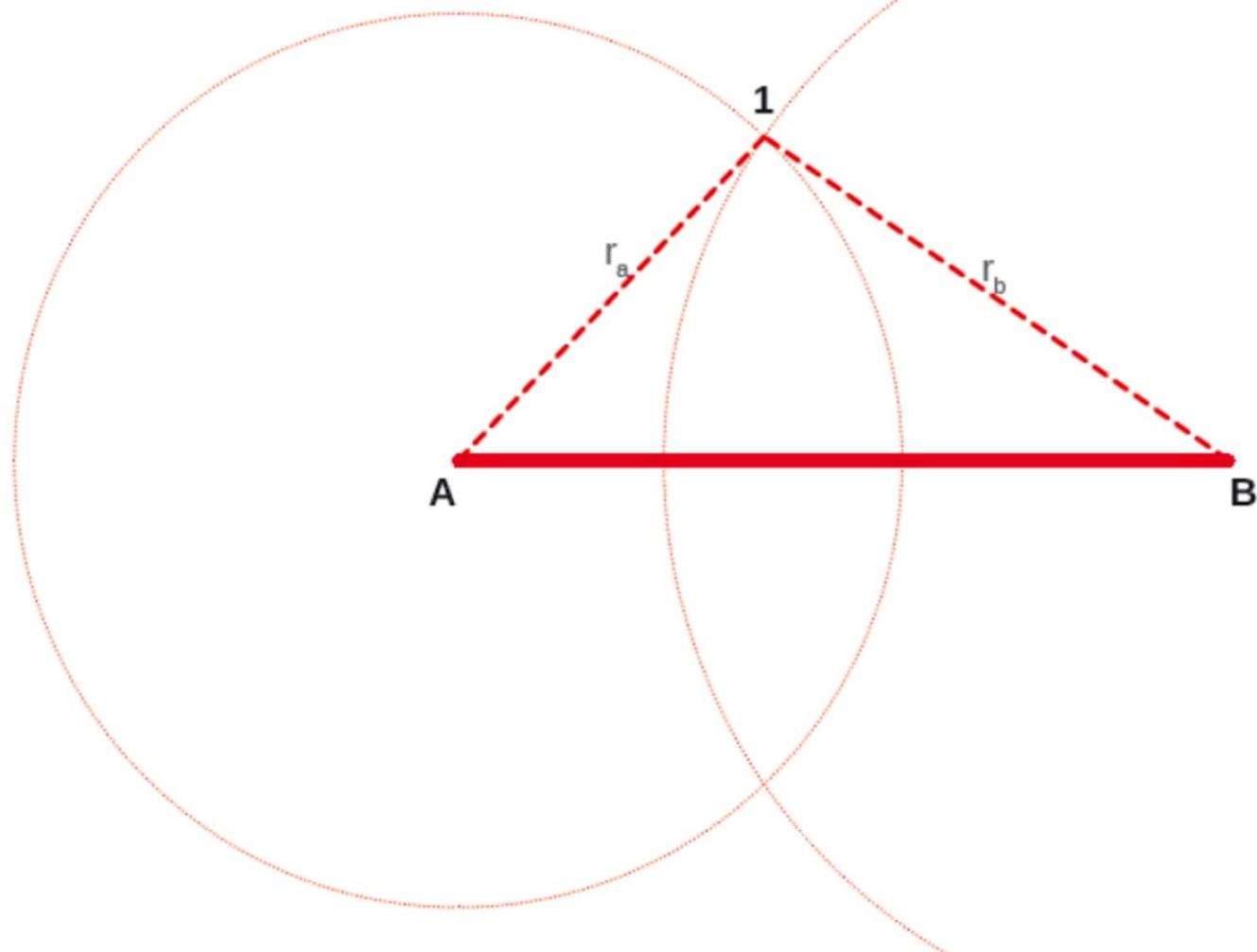
Questo modo di procedere viene detto **inquadramento del rilievo**, e consiste nella determinazione, particolarmente accurata, della posizione di alcuni punti (detti **caposaldi**) in relazione ad un sistema di riferimento generale, a cui eventualmente connettere i necessari sistemi locali.



trilaterazioni

Il triangolo è l'unica delle figure geometriche elementari ad essere indeformabile e, pertanto, facilmente rappresentabile sul foglio di disegno utilizzando semplicemente le misure dei tre lati.

Figura geometrica particolarmente comoda nel rilievo anche per forme complesse, in quanto si procede suddividendo l'oggetto da rilevare in triangoli, possibilmente equilateri, di cui andranno misurati tutti i lati.

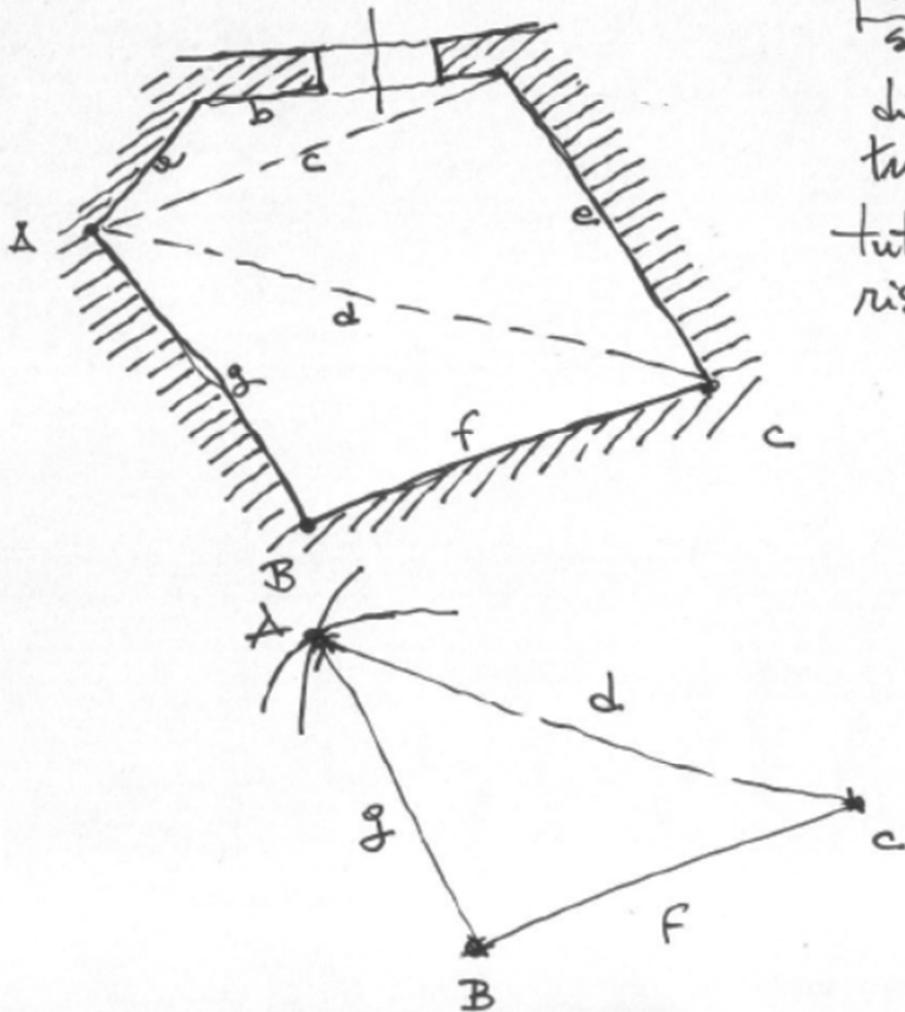


► trilaterazioni

i punti rilevati sono vertici di triangoli impostati sulla poligonale; ogni punto è definito dall'incrocio di due distanze (raggi) da due punti di riferimento.

Fissato il primo lato, di misura nota, detto anche **base**, per rilevare la posizione nello spazio di un altro punto sarà necessario semplicemente misurarne la distanza dai vertici della base

PRESA DELLE MISURE



TRILATERAZIONE: si scompone la superficie da misurare in triangoli di cui si misurano i lati: in un triangolo, nota la lunghezza dei lati, tutti i suoi elementi e la sua geometria risultano univocamente definiti.

RESTITUZIONE:
Note le lunghezze dei lati dei triangoli, ad es. d, g, f ,
si traccia un segmento di lunghezza f cioè il lato BC , quindi con il compasso, puntando in B si traccia un arco di circonferenza di raggio g , puntando in C un arco di raggio d . Si determina quindi A .

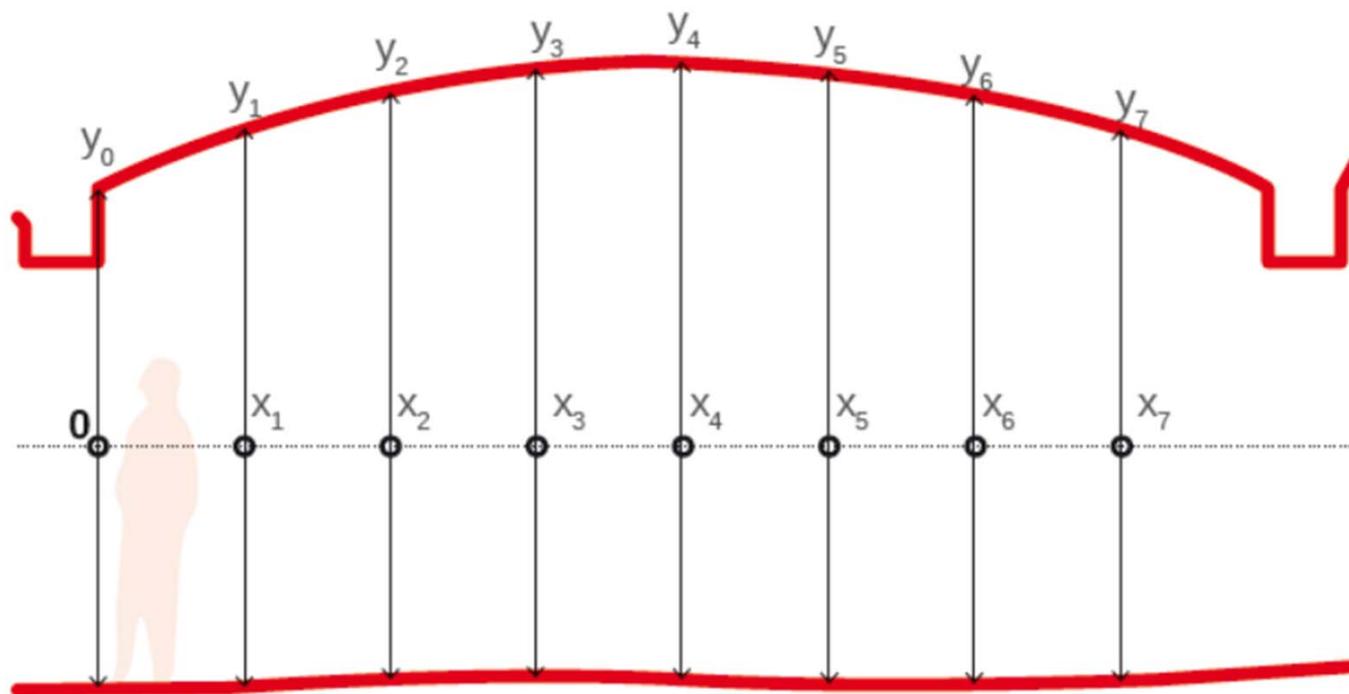
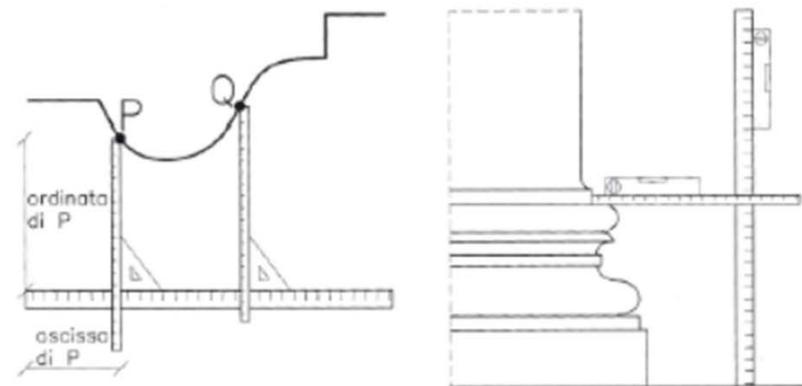
coordinate ortogonali

► coordinate ortogonali

i punti rilevati sono individuati dalla misura delle coordinate x e y (ed eventualmente z) rispetto all'origine di un sistema di riferimento dato

Questo schema di misurazione parte dalla conoscenza del sistema di coordinate cartesiane, in cui l'asse delle ordinate e delle ascisse sono **ortogonali** tra loro.

Questo metodo consiste nel fissare una retta (ascissa), detta base, possibilmente parallela ad uno dei lati. Su questa retta si proiettano perpendicolarmente tutti i punti da rilevare, ottenendo i corrispondenti punti proiettati. Per effettuare la proiezione dei punti sulla base, è necessario accertarsi che essa avvenga perpendicolarmente; pertanto la retta proiettante e la base devono formare un angolo retto.



La perpendicolarità può essere assicurata con l'uso di una squadra da muratore oppure più semplicemente incrociando la cordella metrica, che funge da ascissa di riferimento, con un metro rigido e valutandone l'ortogonalità. Si andranno a leggere quindi le misure sulla cordella metrica che fornirà la X e sul metro rigido che fornirà la Y .

misure parziali e progressive

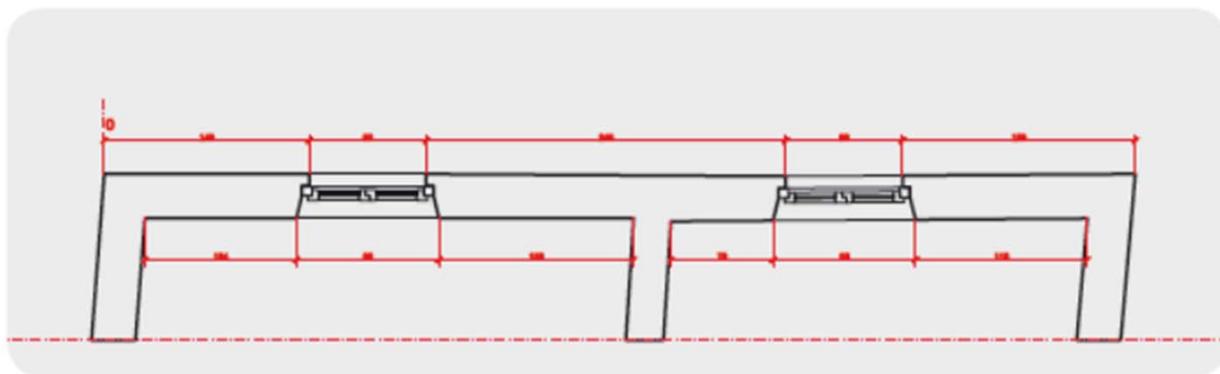
Il metodo delle **misure parziali** registra le misure di ogni singolo elemento, senza fornire indicazioni sul totale.

Il metodo delle **misure progressive in allineamento** prevede che per ogni punto venga letta la distanza sulla cordella da un punto detto polo o origine.

Partendo dal presupposto che ogni operazione di misura comporta un errore (posizionamento, degli strumenti, riporto della misura, restituzione, etc.) è evidente come tra i due metodi sia preferibile il metodo delle misure progressive: se una misura è letta o riportata male, non rifletterà il proprio errore sulle successive; con le misure parziali ogni misura successiva si basa sugli errori insiti nella misura precedente, incorporandoli nella restituzione e perdendo quindi in precisione.

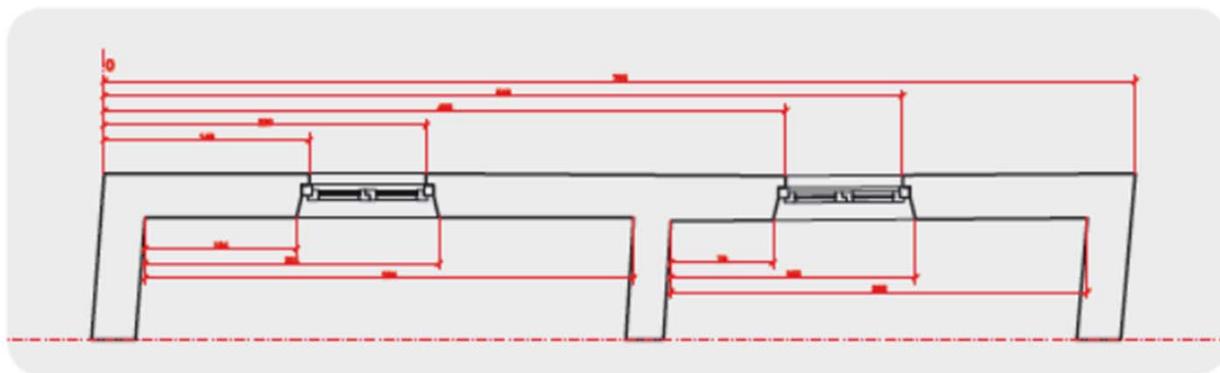
► misure parziali

sono misure parziali le **distanze tra i singoli punti misurati**. L'utilizzo delle misure parziali può causare un aumento del numero di errori e conseguentemente diminuire la precisione del rilievo: nell'esempio riportato sotto la misura della parete è ottenibile solo come somma delle parziali delle sue parti.



► misure progressive

si intendono misure progressive **le distanze dei singoli punti da un punto di riferimento (0)**; sono associabili alle coordinate cartesiane. L'utilizzo delle misure progressive riduce la quantità di errori di misurazione.



Materiali da portare nella fase di campagna

Materiali da portare nella fase di campagna:

- **Attrezzatura per documentazione:** quaderno di campagna (A4), macchina fotografica
- **Strumenti di misura:**

longimetri

si dicono longimetri tutti gli strumenti in grado di **misurare una distanza**. In genere la misurazione avviene per confronto diretto fra la distanza da rilevare e lo strumento graduato. i longimetri comunemente usati nelle operazioni di rilievo diretto sono: il metro (doppio, triplo, avvolgibile, pieghevole) e la rotella metrica (bindella, solitamente 20m).



livelle

servono per **definire gli allineamenti orizzontali e verticali** (quindi anche i piani di riferimento), nel rilievo diretto si utilizzano principalmente le livelle a bolla, le livelle ad acqua e più recentemente le livelle laser (un puntatore laser montato su una testa girevole autolivellante proietta sulle pareti la traccia di un piano perfettamente orizzontale).



filo a piombo

è principalmente impiegato per **riportare allineamenti verticali**, funziona grazie alla forza di gravità: un peso sagomato a punta (per poter essere puntato con precisione) tende un filo lungo una verticale perfetta.

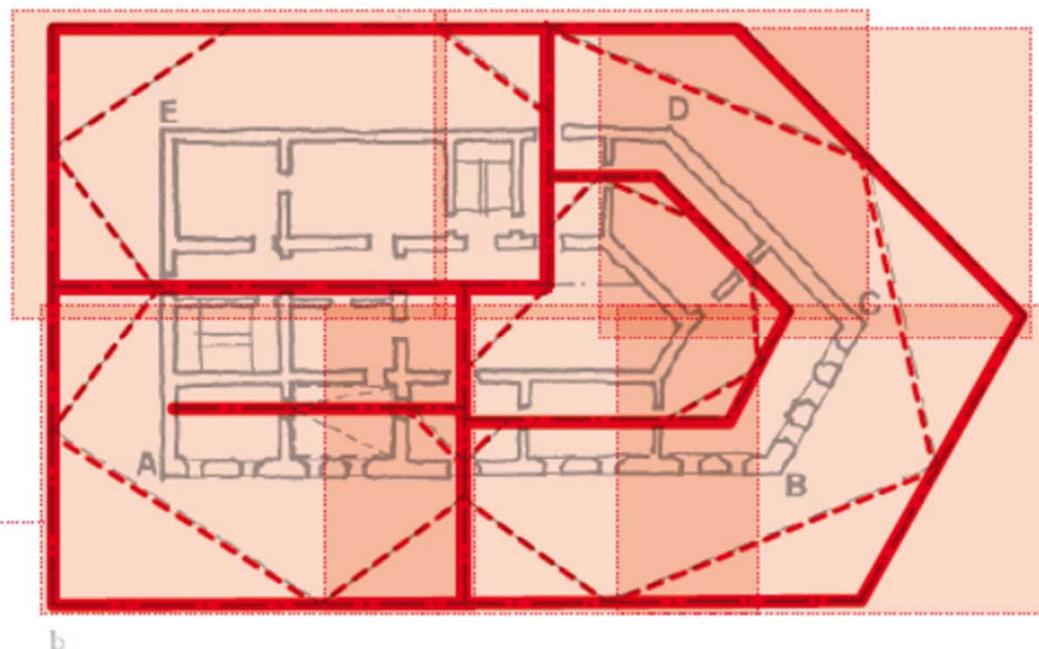
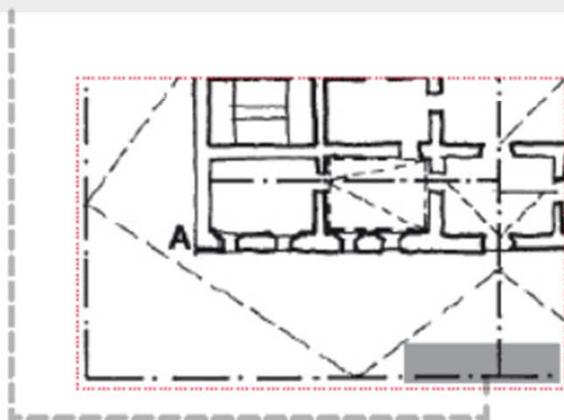


prima di cominciare

L'oggetto del rilievo può essere un edificio articolato, serve quindi un'impostazione che agevoli le operazioni e che consenta di impostare un ordine chiaro fra tutti i disegni prodotti.

Di solito si usa **suddividere** l'organismo architettonico secondo corpi di fabbrica ben distinti, in modo da poterli facilmente ricomporre. A questo scopo si deve procedere a un'accurata **numerazione** di collegamento fra i vari schizzi che costituiscono la pianta. Prima di iniziare il disegno vanno riportati sul foglio i seguenti dati:

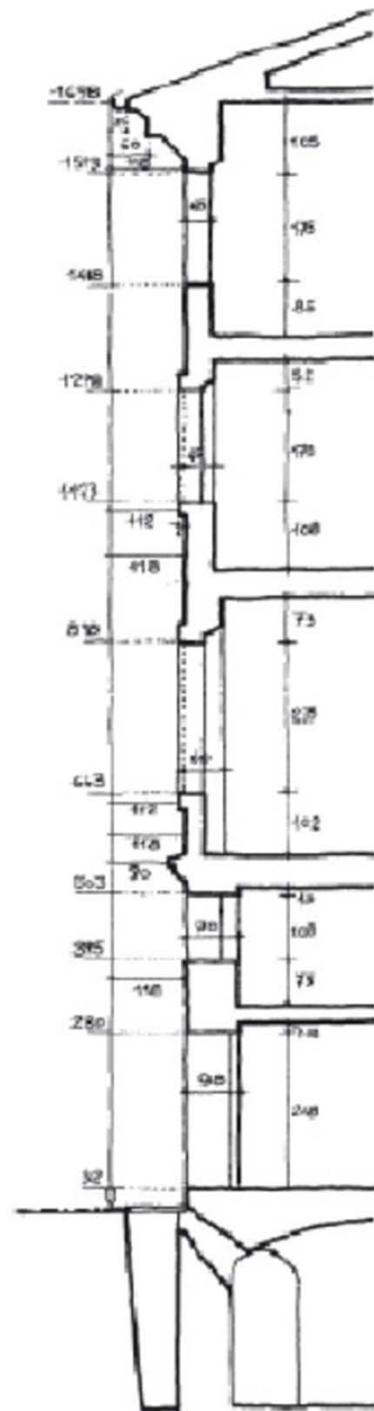
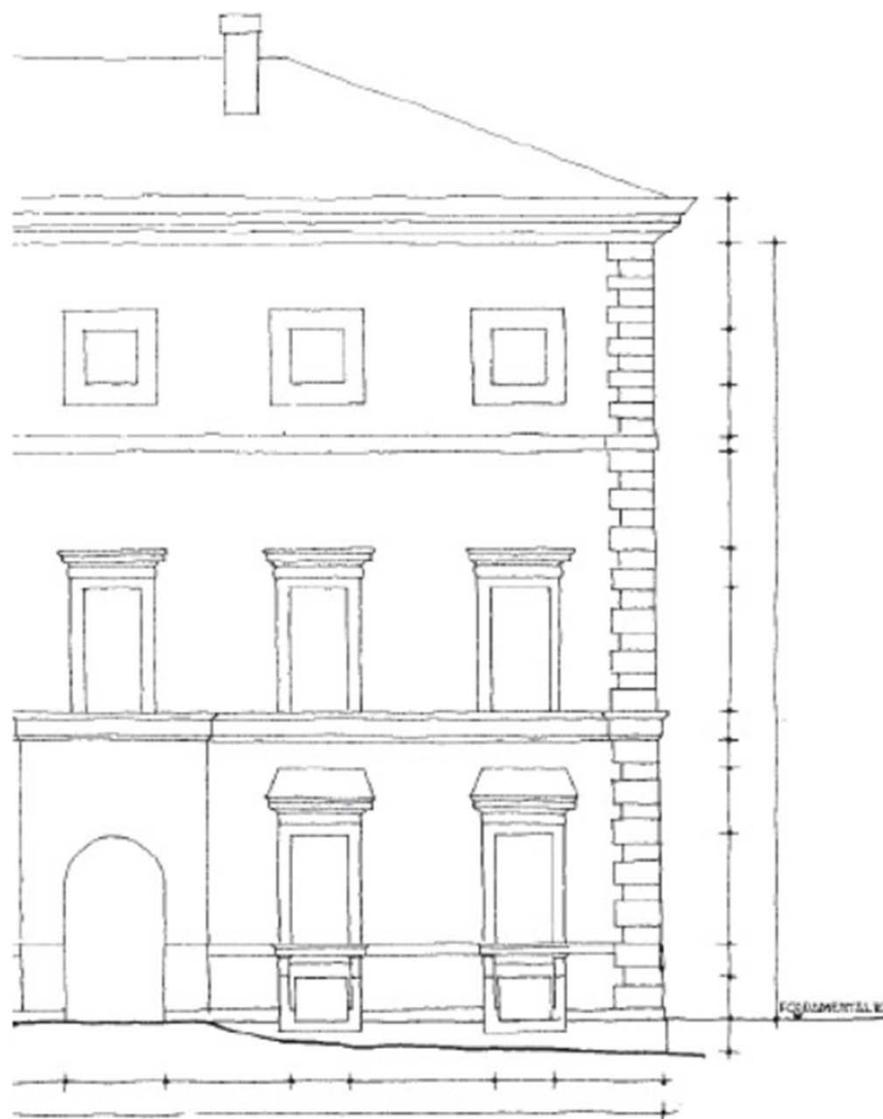
- ▶ indicazione dell'opera;
- ▶ sua ubicazione;
- ▶ numero progressivo del disegno;
- ▶ data del rilievo;
- ▶ nome del rilevatore.



nell'eidotipo si definiscono quali misure rilevare

prima di cominciare le misurazioni è buona prassi individuare sull'eidotipo quali sono le misure da rilevare.

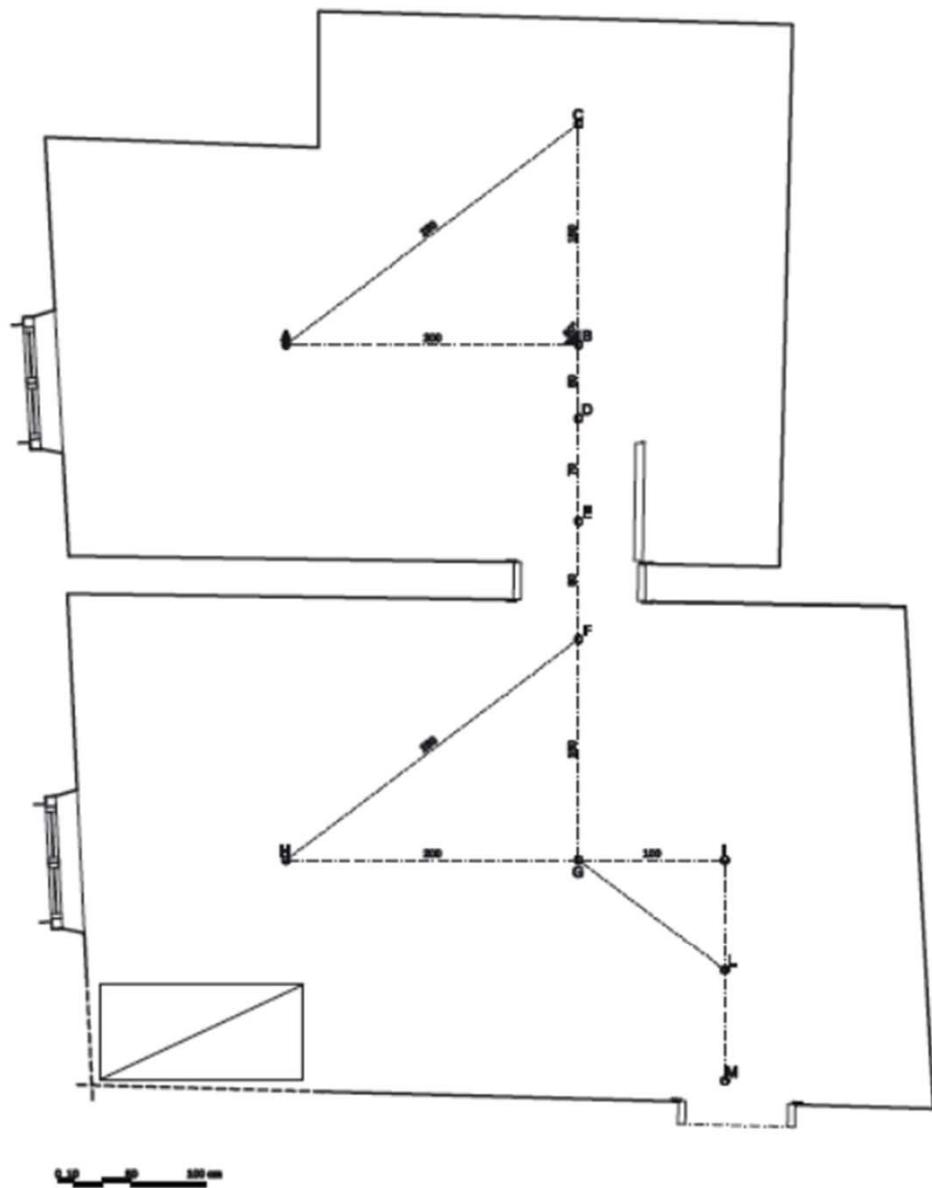
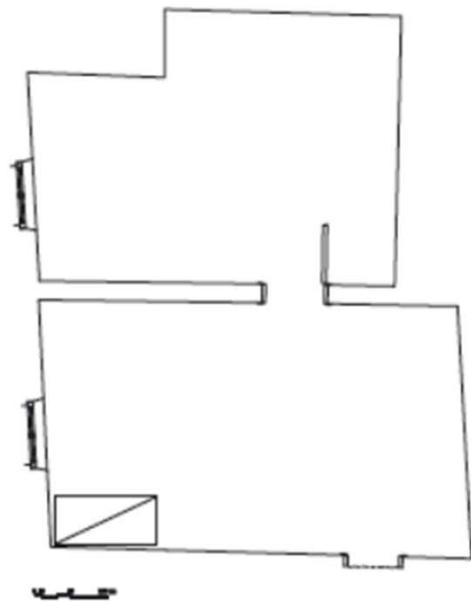
In pianta si segneranno quindi le **trilaterazioni** mentre in alzato si individuano le **quote** (distanze in altezza dai piani di riferimento orizzontali) e gli **aggetti** (distanze in orizzontale dai piani di riferimento verticali)



rilievo metrico. un esempio

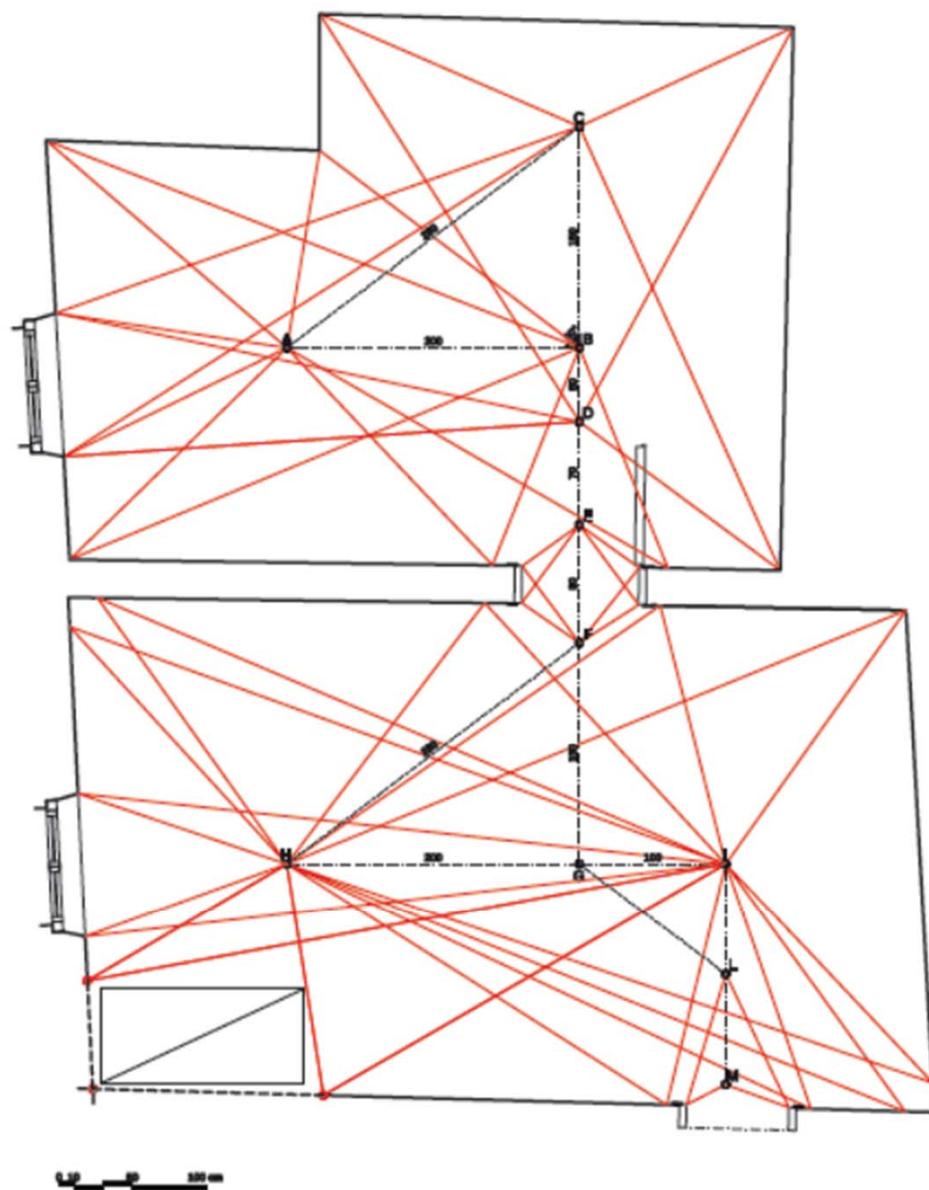
la procedura di rilievo
planimetrico di un
edificio si snoda nei
seguenti passaggi:

- ▶ disegno dell'eidotipo
- ▶ progetto del rilievo: definizione della poligonale (contenuta nel piano di riferimento orizzontale)



rilievo metrico. un esempio

- individuazione dei punti da rilevare e tracciamento delle trilaterazioni sull'eidotipo



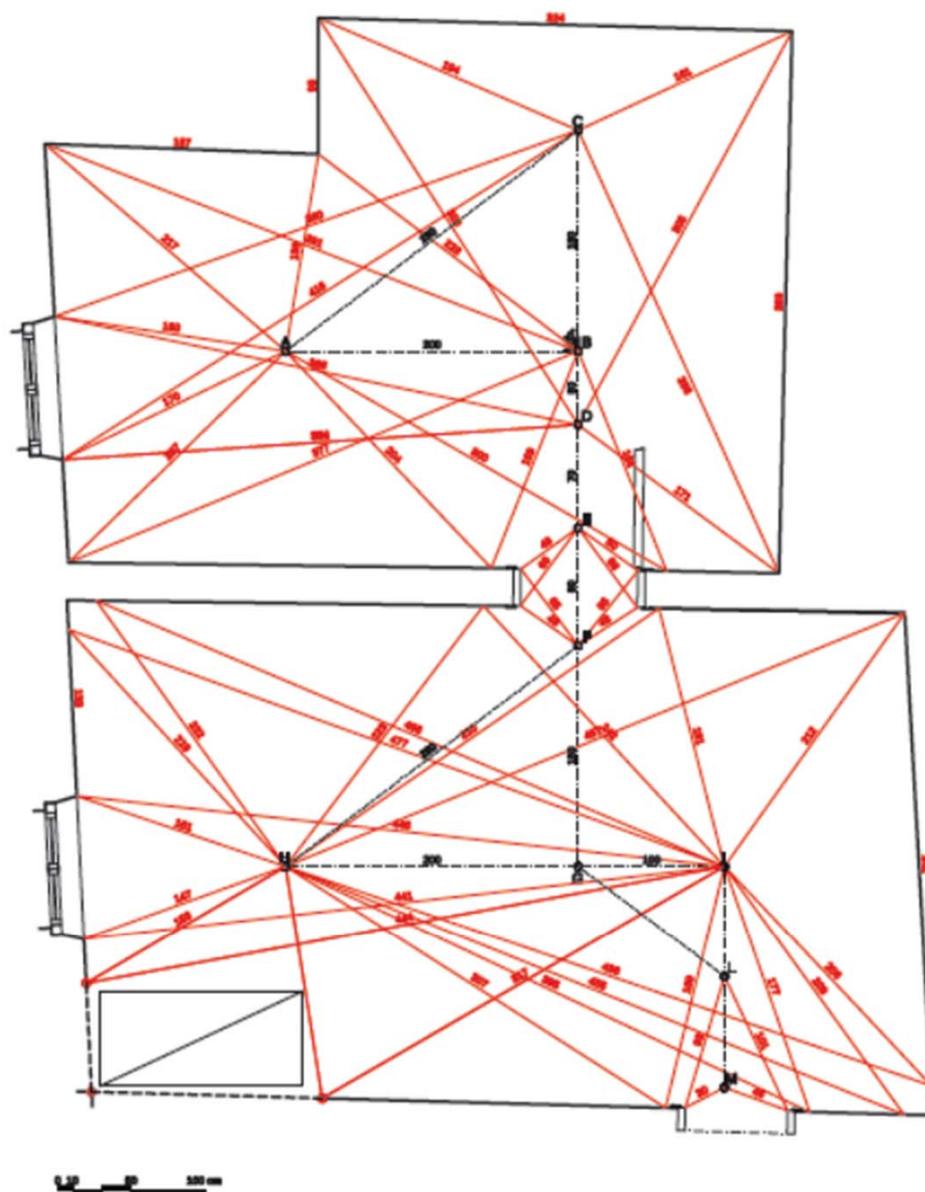
rilievo metrico. un esempio

- ▶ misura delle distanze tra i punti della poligonale e i vertici del vano oggetto del rilievo
- ▶ annotazione delle misure sull'eidotipo, direttamente sulle trilaterazioni nella planimetria oppure in una tabella a fianco

nel caso si scelga di riportare le misure in una tabella invece che sulle trilaterazioni dell'eidotipo è buona pratica assegnare ai vertici della poligonale nomi alfabetici, mentre ai vertici del vano nomi numerici

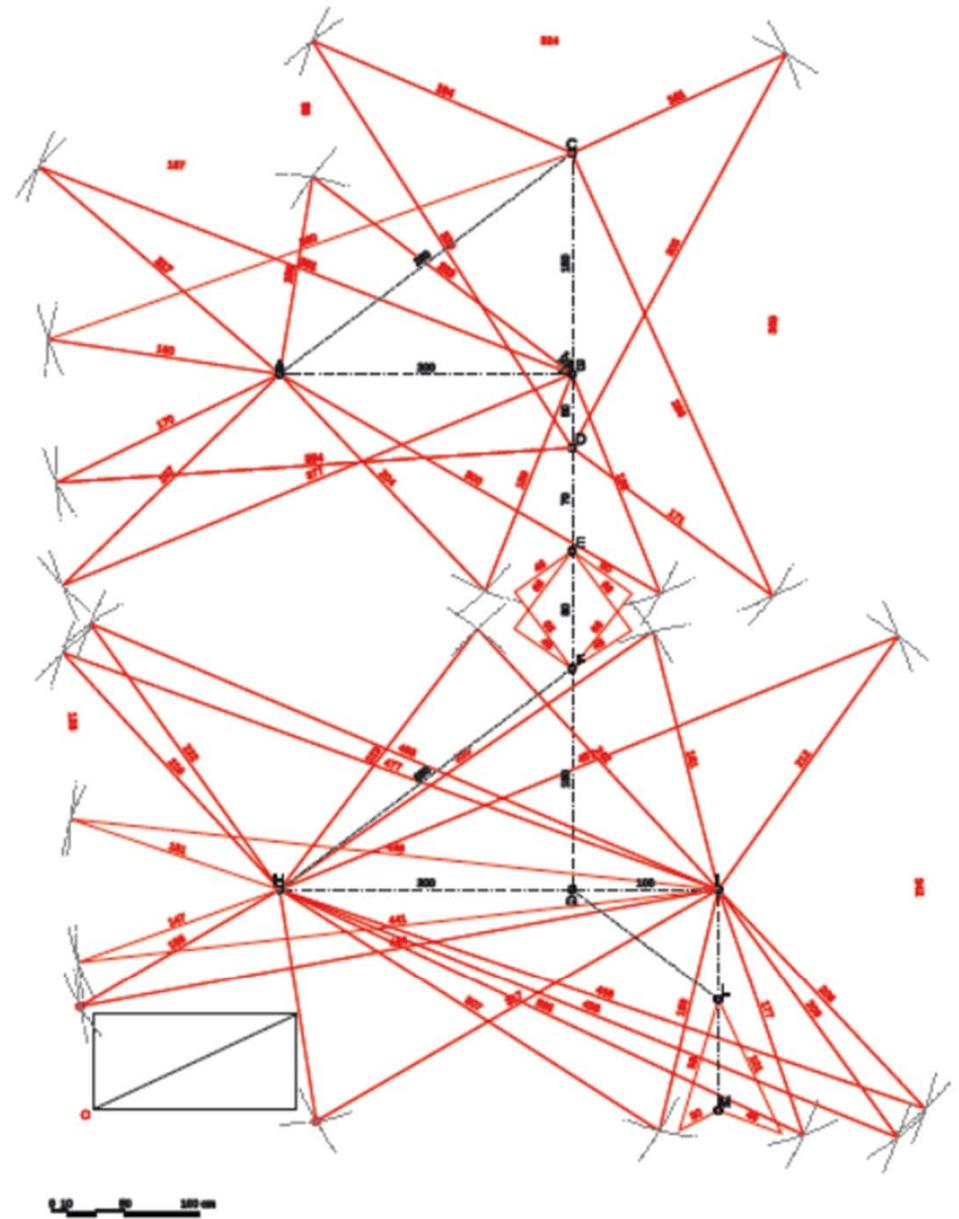
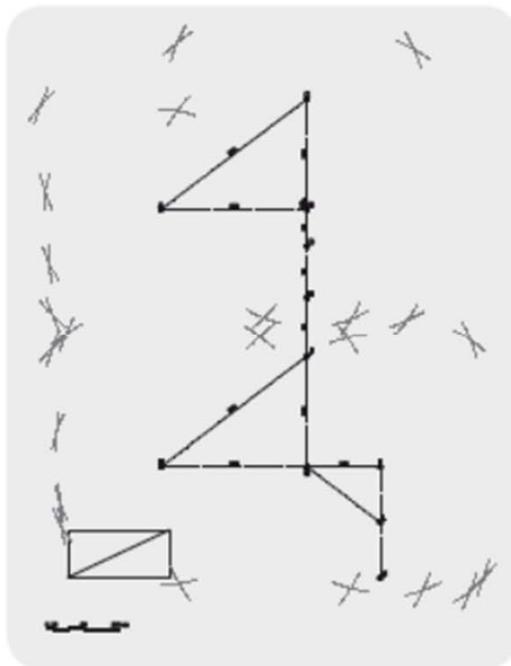
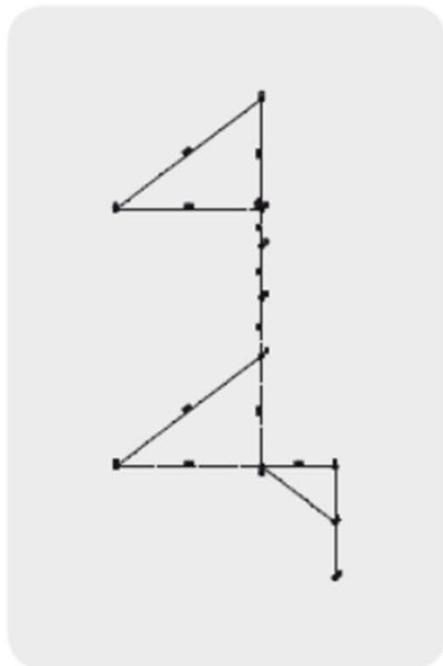
ad esempio:

poligonale	vano	misura
A	1	207
A	2	170
...
B	1	377



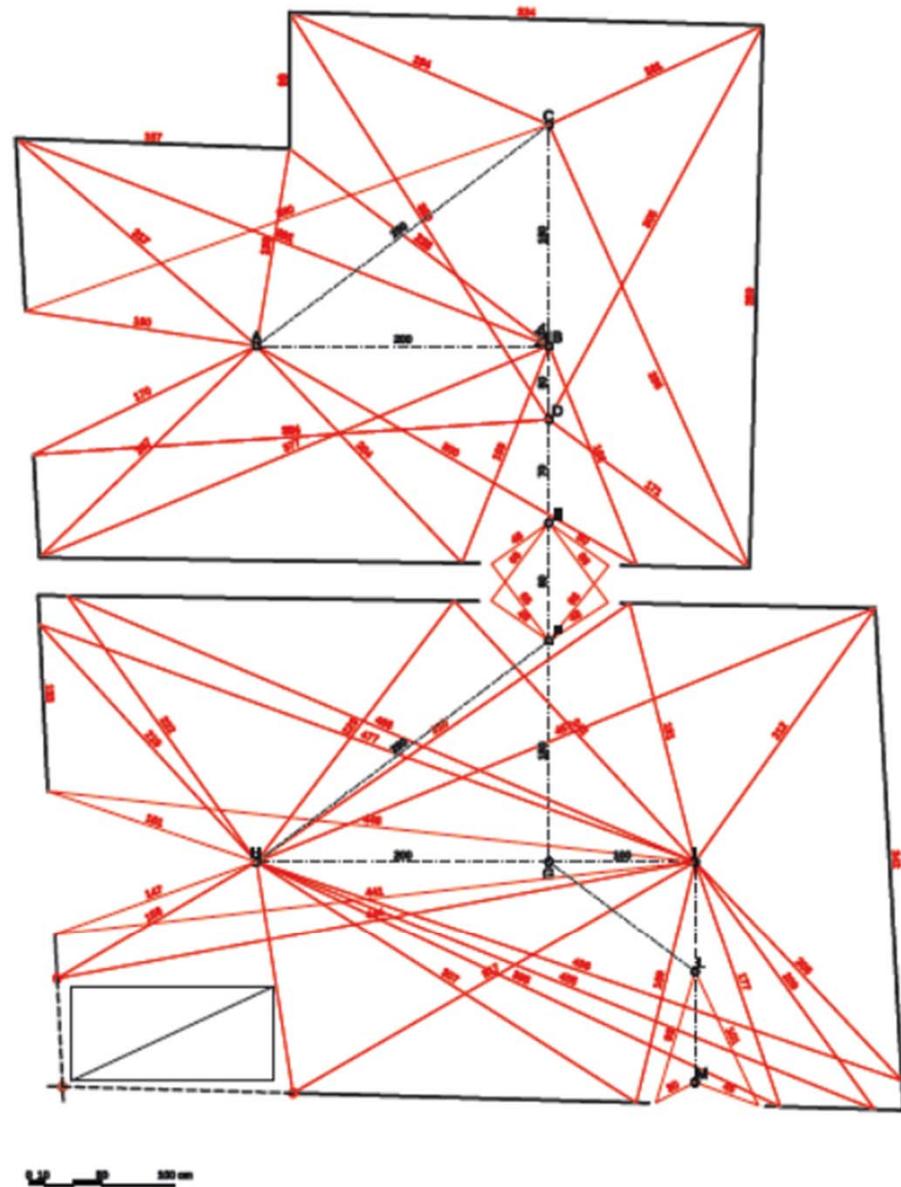
restituzione

- ▶ disegno della poligonale
- ▶ tracciamento degli archi delle distanze e relative trilaterazioni quotate



restituzione

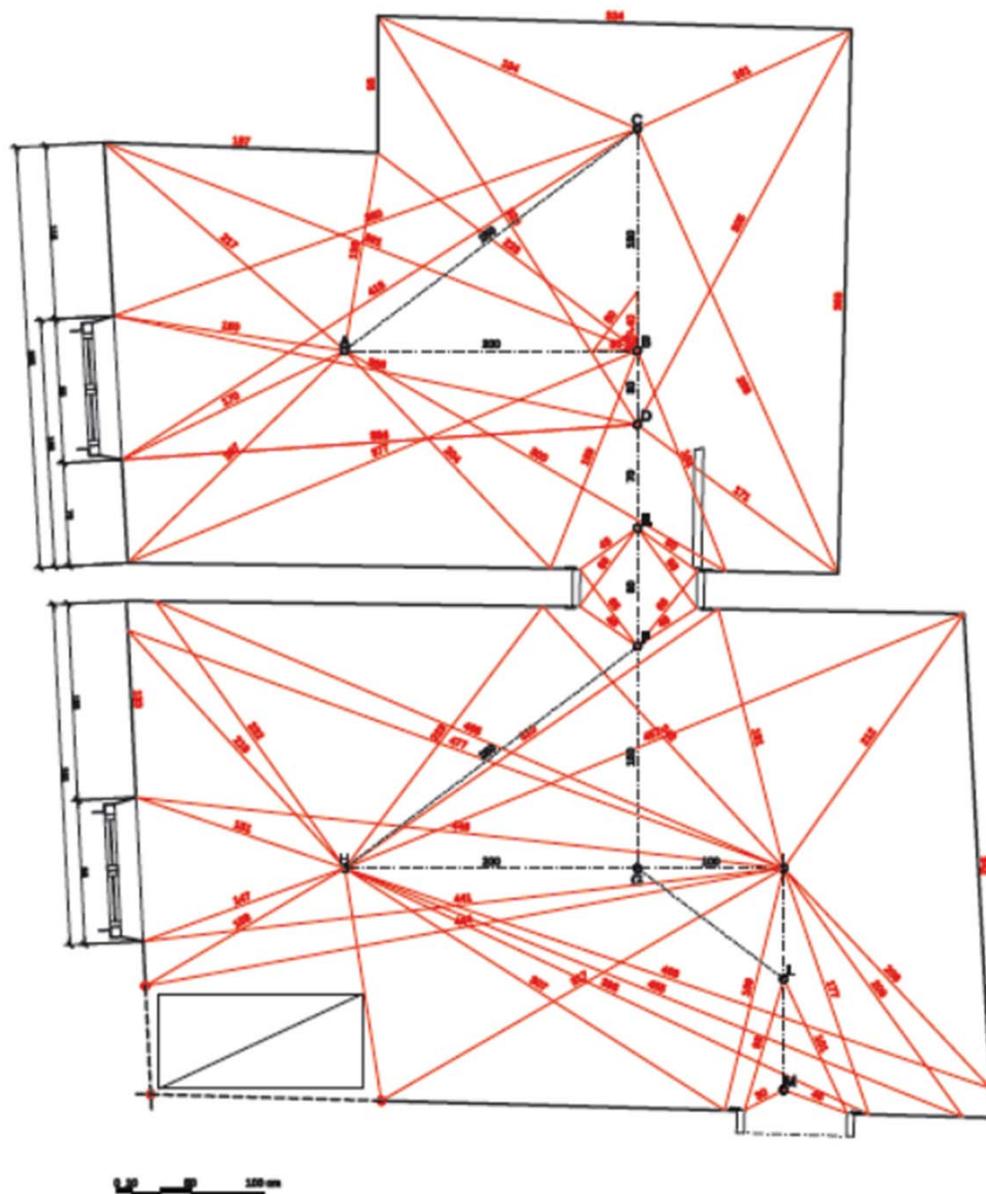
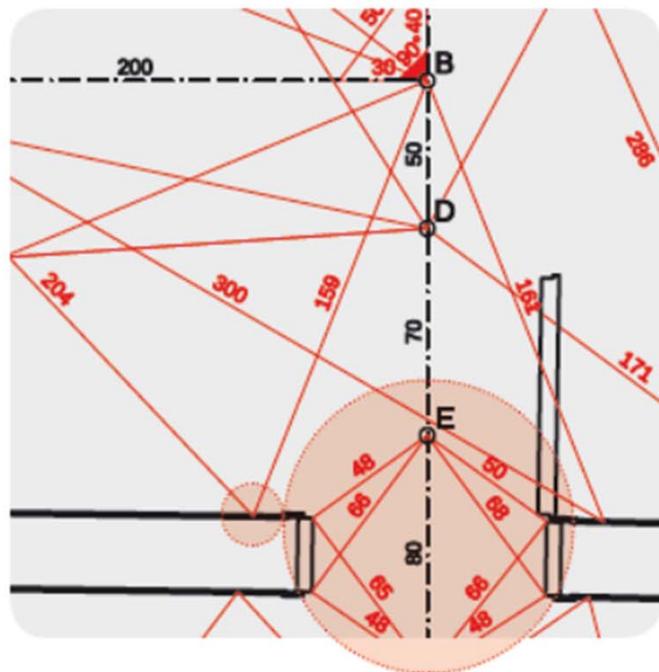
- ▶ congiunzione dei punti individuati tramite la trilaterazione



restituzione

- ▶ disegno dei serramenti
- ▶ riporto delle quote parziali e progressive (anche come verifica del rilievo)

Per il disegno delle finestre è possibile prendere a riferimento i vertici della parete (spalle della finestra). Per le porte è necessario separare il rilievo della parete da quello del serramento nel caso in cui siano presenti dei "coprifili" che nascondano la continuità tra gli spigoli del serramento e il filo della parete. il rilievo del profilo murario e del serramento sono tra loro coordinati attraverso la medesima poligonale.

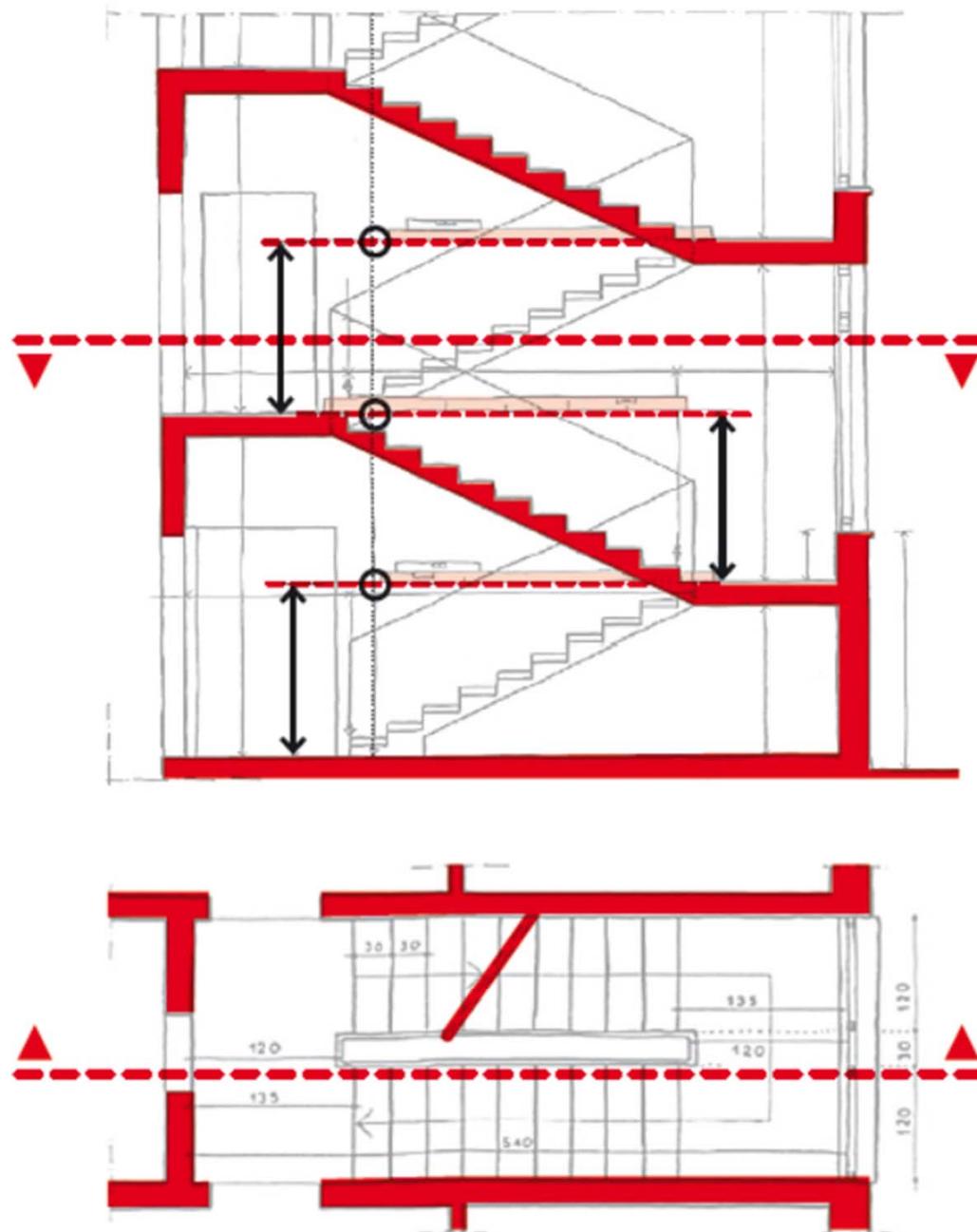


il rilievo di una scala

Il rilievo delle scale riveste una particolare importanza, sia per le difficoltà intrinseche sia per il ruolo di collegamento tra i diversi piani. Il rilievo planimetrico non comporta particolari problemi: prese le misure interne del vano, si prelevano il numero di alzate e pedate, la dimensione di tutte le pedate, le misure del pianerottolo di arrivo e di partenza, la lunghezza delle rampe.

Generalmente le piante si eseguono facendo la proiezione delle rampe come se queste fossero viste dall'alto, possibilmente evitando di sezionare orizzontalmente la rampa. Il problema risulta più complesso se le scale sono rampanti o elicoidali; in tal caso per ogni pedata vanno rilevate due larghezze.

Dal punto di vista altimetrico il rilievo va affrontato per **coltellazione**, avendo cura di rilevare se possibile l'altezza intercorrente tra i pianerottoli, per verificare la somma delle coltellazioni parziali. Per tale rilievo si utilizza un *filo a piombo, calato all'interno del vano scala, sul quale, a mezzo di regoli muniti di livella, si riportano i punti che delimitano le quote dei vari pianerottoli*. Si consiglia anche di rilevare, sullo stesso filo a piombo, l'altezza globale della scala.





M. Docci, D. Maestri, *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*, Laterza (2009).