

# SOCIETÀ PROMOTRICE DELLE BELLE ARTI



**Politecnico  
di Torino**

Politecnico di Torino  
Laboratorio di geomatica per la modellazione dell'architettura  
Prof. Filiberto Chiabrando A.A. 2023/2024

## GRUPPO 9

Pisa Marta 285861  
Riberi Elena 309488  
Russo Daniele 294851  
Vanni Vittoria 285765  
Vaselli Mathieu 309505



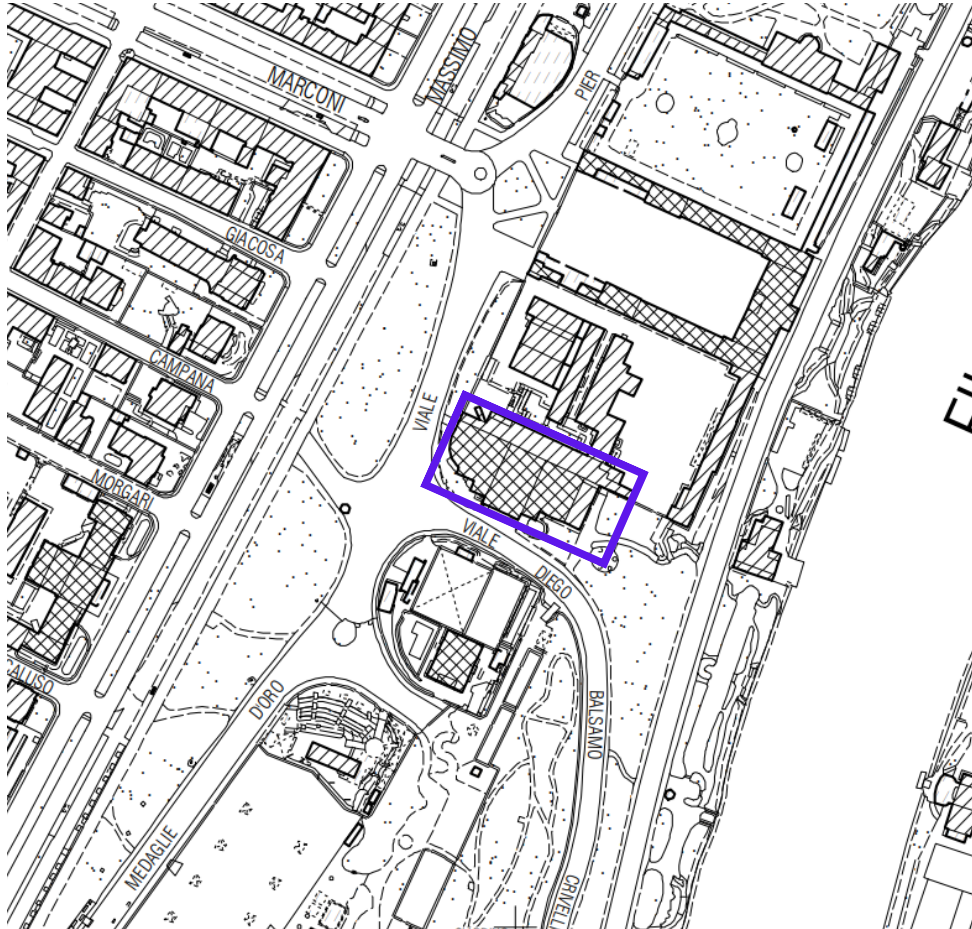
# COLLOCAZIONE TERRITORIALE



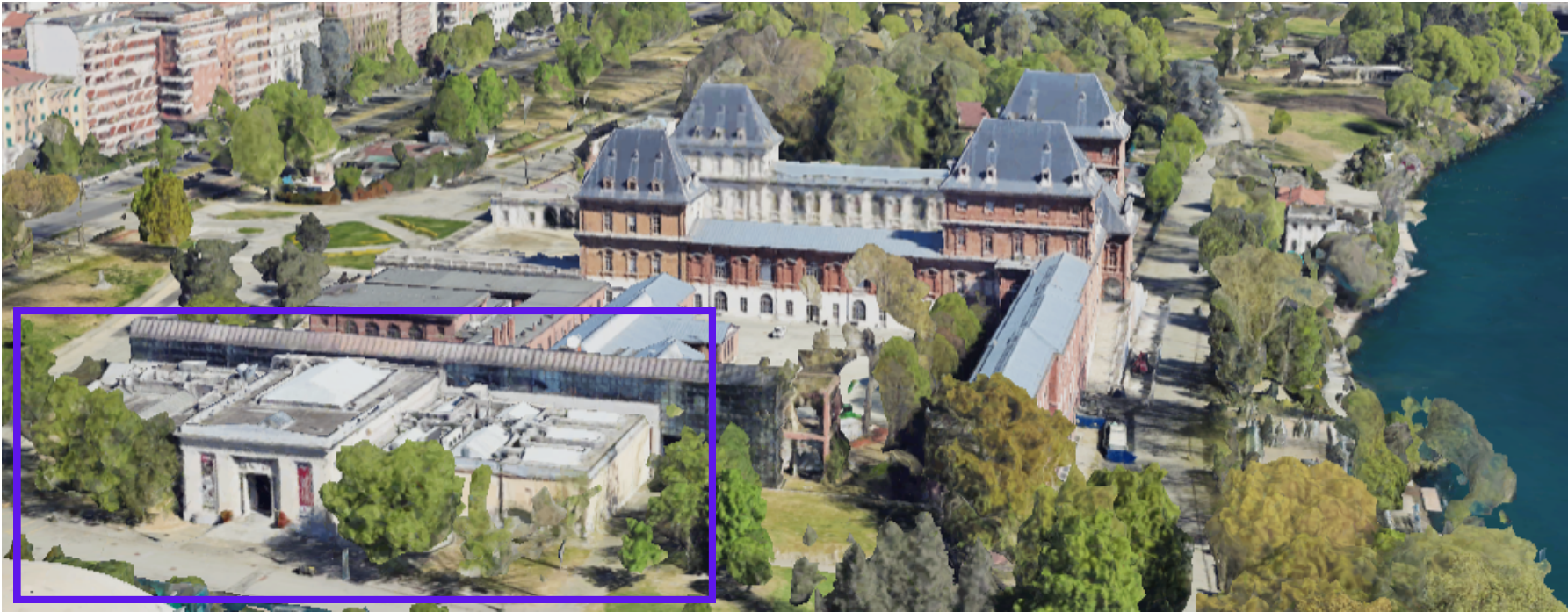
Pianta di Torino, scala originale 1:10000, 1915-Sarre Borioli



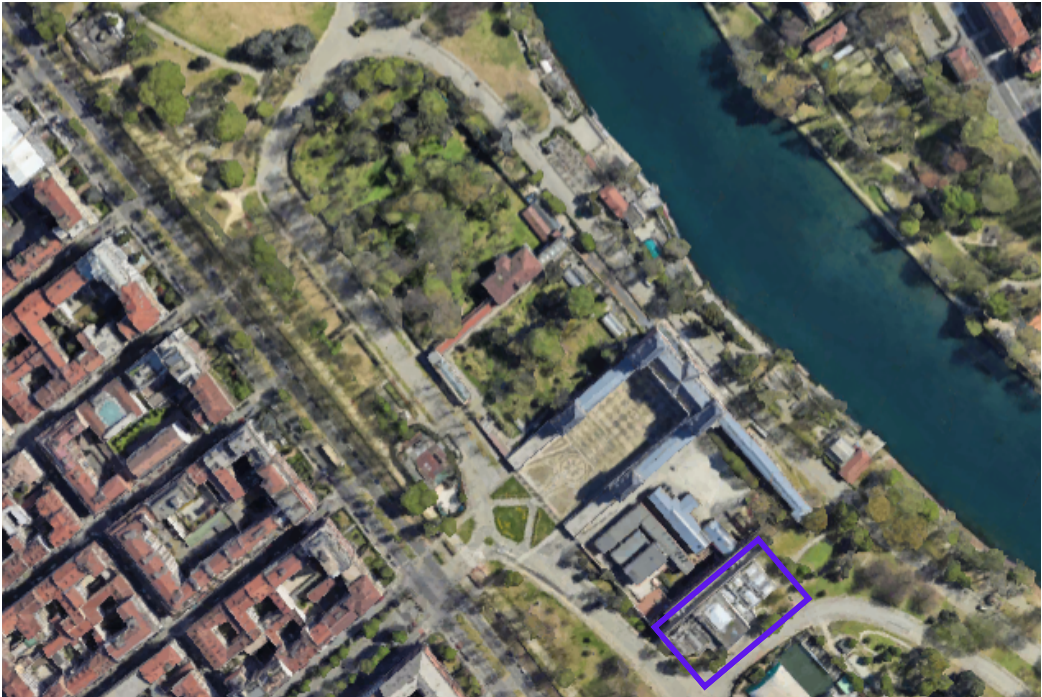
PRG di Torino 1926, con area di intervento, scala originale 1:100



Carta Tecnica di Torino, scala originale 1:5000, tavola n.289



Vista tridimensionale, con area di interesse, presa da google earth

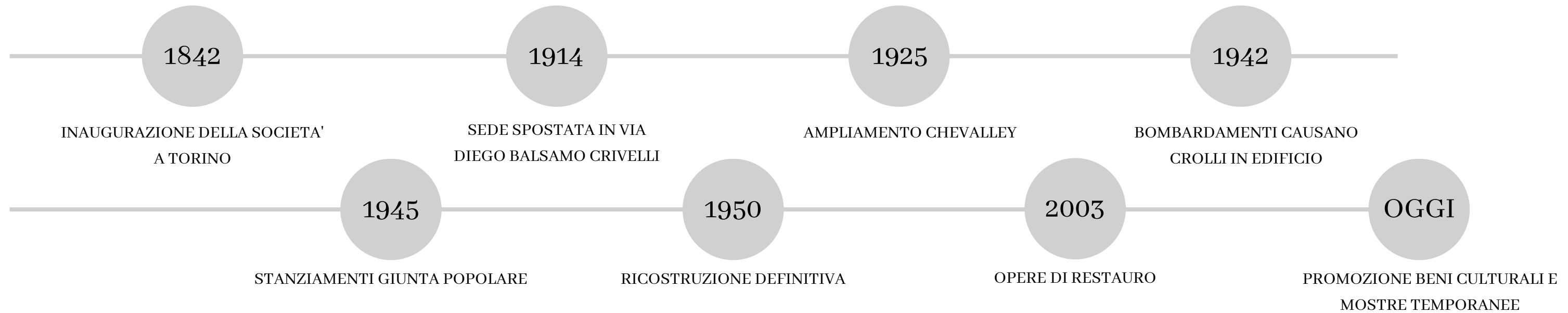


Vista dall'alto, con area di interesse all'interno del parco, presa da google maps

Laboratorio di geomatica per la modellazione dell'architettura	Studenti Gruppo 9: Pisa Marta, Riberi Elena, Russo Daniele, Vanni Vittoria, Vaselli Mathieu	Docenti: Chiabrando Filiberto, Spreafico Alessandra	T1
--	---	---	----



# INQUADRAMENTO STORICO



## 1842 APERTURA DELLA SOCIETA' DELLE BELLE ARTI

La Società Promotrice delle Belle Arti viene inaugurata a Torino nel 1842, con l'intento di promuovere l'arte e gli artisti più in voga del periodo, tramite la realizzazione di un padiglione che possa essere sfruttato per l'esposizione di tali opere. Si tratta infatti del primo istituto in Italia a favorire il mercato dell'arte.

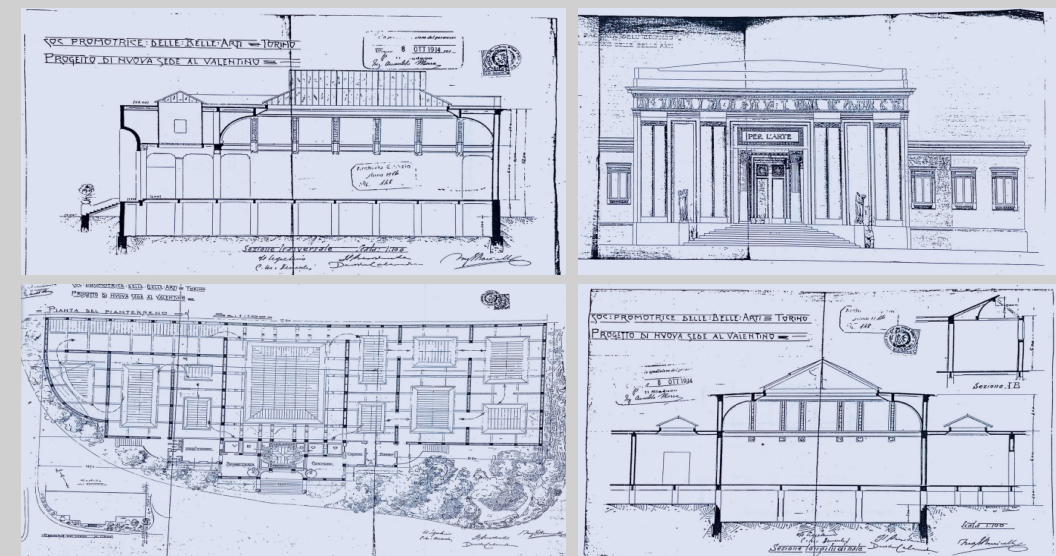


## 1914 SPOSTAMENTO DELLA SEDE

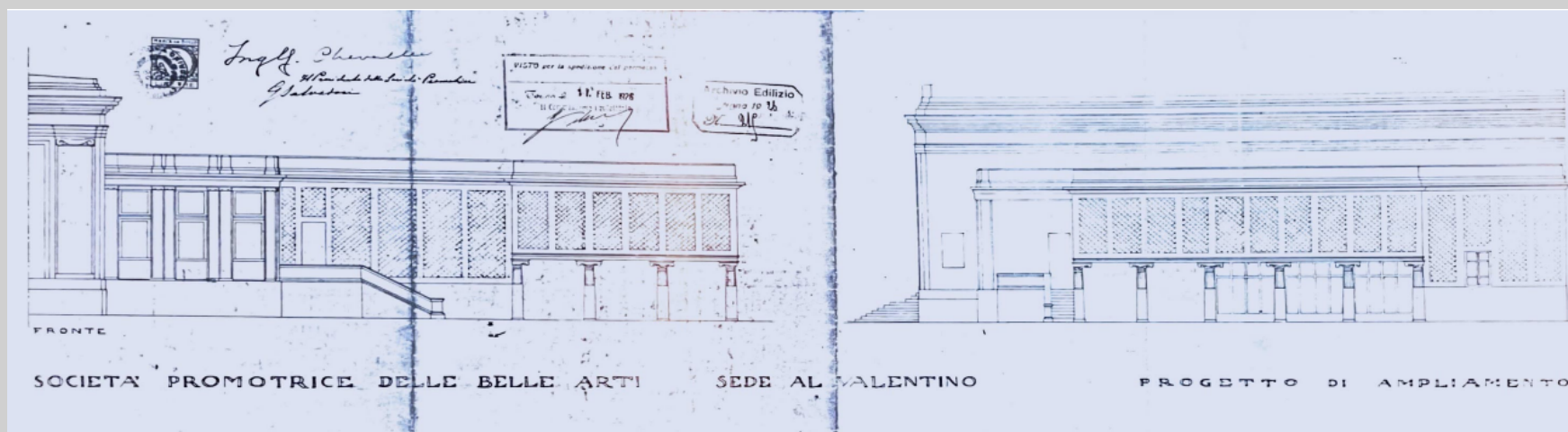
La prima sede viene posta in Via Lagrange 7, ma a partire dal 1914 questa viene traslata presso il padiglione espositivo di Via Diego Balsamo Crivelli, all'interno del Parco del Valentino, in un'area di circa 3000 metri quadri, a sud del Castello ed adiacente a fabbricati del Politecnico.

Il progetto dell'edificio viene affidato all'architetto Enrico Bonicelli, agli scultori Edordo Rubino e Leonarfo Bistolfi ed allo scultore Giacomo Grosso.

La facciata, avente stile classico, viene interamente realizzata in pietra artificiale, ai cui lati vengono poste colonne corinzie. Il fabbricato è costituito internamente da dodici sale di diverse dimensioni







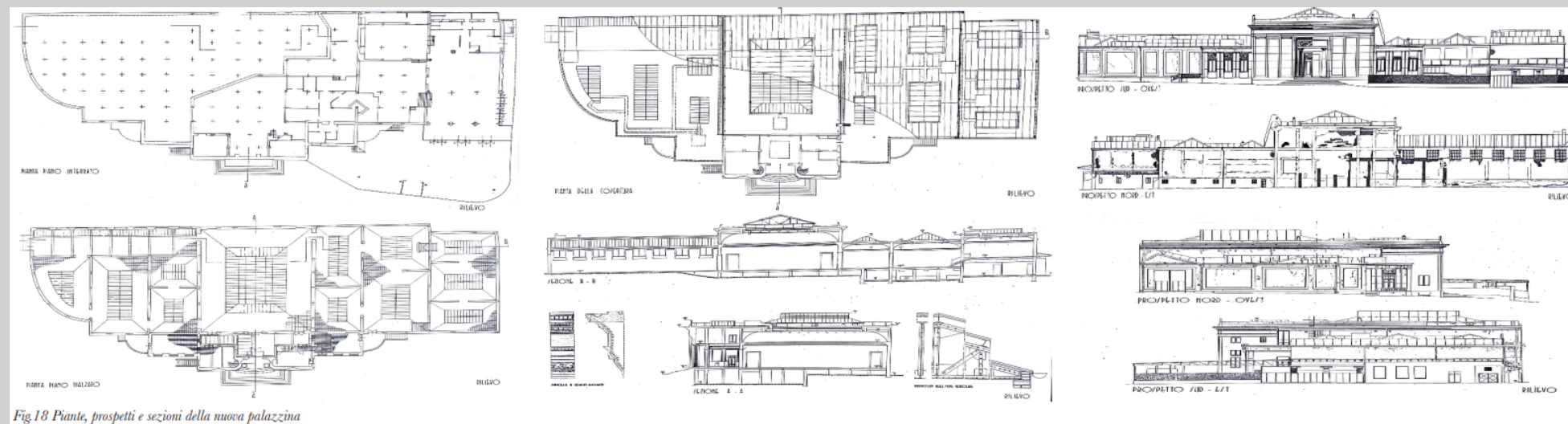
## 1925 AMPLIAMENTO CHEVALLEY

Nel 1925 è stato eseguito un ampliamento dall'ing. Giovanni Chevalley, fondamentale per l'esposizione retrospettiva di architettura, promossa dalla Mostra Internazionale Edilizia. Tale ampliamento prevedeva la realizzazione di tre nuove sale, sul lato destro dell'edificio, i cui disegni vennero approvati dal Commissario nel medesimo anno.

## 1942 BOMBARDAMENTI

Tra il 1942 ed il 1943, nel corso del secondo conflitto mondiale, l'edificio è stato soggetto a diversi bombardamenti, che ne hanno causato il distacco della copertura del tetto e degli infissi ed il conseguente crollo dei soffitti.

CENSIMENTO EDIFICI DISTRUTTI O DANNEGGIATI NELL'AREA DEL PARCO DEL VALENTINO, TORINO, 1942



*Fig.18 Piante, prospetti e sezioni della nuova palazzina*

## 1945 STANZIAMENTI GIUNTA POPOLARE

Allora, nel 1945, la Società Promotrice delle Belle Arti chiede un contributo per le necessarie opere di riparazione.

Questo verrà stanziato dalla Giunta Popolare, in quanto la società giocava un ruolo fondamentale per l'elevazione morale ed intellettuale del popolo.

L'edificio sarà però riparato solamente agli esordi degli anni '50, dopo il fondamentale supporto dell'Accademia Albertina nel periodo di ricostruzione. Questa infatti offrì gratuitamente i suoi locali alla Società Promotrice delle Belle Arti, la quale nel '48 poté sfruttare cinque sale del Museo d'Arte Moderna recentemente realizzato.

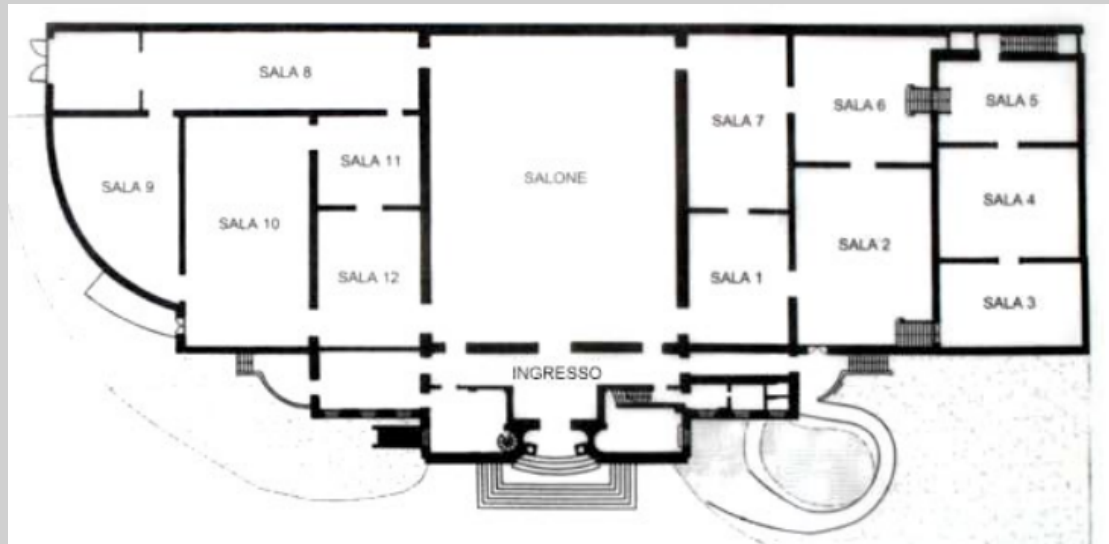
## 2003-2004 OPERE DI RIQUALIFICA

Dopo il 1945 sono poche le notizie relative a lavori sulla struttura della società promotrice delle belle arti. Tra il 2003 e 2004 è stata documentata, però, un'opera di riqualificazione della palazzina.



## OGGI

Ad oggi la Società si avvale del medesimo intento con la quale questa venne progettata nel 1842: la diffusione dell'arte, l'elevazione morale ed intellettuale del popolo, escludendo qualsiasi intento di speculazione, tramite la promozione di beni culturali ed artistici e la presentazione di mostre temporanee.



## PROSPETTO

Il prospetto principale dell'edificio, presenta una cornice con fregio, riccamente decorata con motivi vegetali e fasci di fiori. Al di sotto di questi possiamo invece trovare un rilievo raffigurante le Arti Liberali.

Tutte le decorazioni presenti in facciata vengono realizzate in pietra artificiale. La struttura portante dell'edificio è interamente in cemento armato, che ha permesso la realizzazione di ampi saloni, con campate di eccezionale lunghezza. Si può dunque affermare che la Società Promotrice delle Belle Arti sia una traduzione pratica della maggiore libertà di concezione data dall'uso del cemento armato. Per quanto riguarda invece la disposizione delle 12 diverse sale interne, possiamo notare che quella centrale, affacciata sull'ingresso della Promotrice, occupa interamente il lotto a disposizione, giungendo sino al muro di cinta del Politecnico, verso il quale successivamente verrà inserita una finestra di affaccio. Inoltre la Società grazie alla presenza delle decorazioni di Casanova può essere collocata nell'ambito della corrente Eclettica. Questa si sviluppa tra il 1820 ed il 1880 in Europa, quale veicolo di diffusione delle tecniche nel campo dell'edilizia, dell'arredo e degli oggetti di consumo



## SITOGRAFIA

[http://geoportale.comune.torino.it/geodati/pdf/carta\\_tecnica/1000/BN/cart289\\_BN.pdf](http://geoportale.comune.torino.it/geodati/pdf/carta_tecnica/1000/BN/cart289_BN.pdf)

<https://www.museotorino.it/view/s/52223c268e8140f78b21c2f32263fc7c>

<https://vivant.it/2018/03/31/la-societa-promotrice-delle-belle-arte-in-torino-parco-del-vlentino-viale-b-crivelli-11-torino/>

<https://www.google.com/intl/it/earth/about/>

<https://www.museotorino.it/view/s/a1b4668b6ab94320bfb3799b1b80d425>



# STRUMENTI UTILIZZATI



## TREPIEDE TOPOGRAFICO

Dispositivo utilizzato come stabile base di appoggio, caratterizzato da gambe allungabili, grazie alle quali si possono effettuare anche misurazioni su terreni accidentati.  
La finalità è quella di posizionare, sul punto di stazione, lo strumento.

## PRISMA

Accessorio opzionale, si tratta di uno specchio riflettente passivo nei distanziometri a onde elettromagnetiche che permette di misurare la distanza tra esso e la stazione totale.



## DISTANZIOMETRO

E' un dispositivo in grado di misurare la distanza tra il centro strumentale e il punto collimato, mediante onde elettromagnetiche. Vi è un sistema riflettente (prisma ottico o il materiale stesso che materializza il punto), il quale riflette l'onda che torna verso lo strumento. Misurando il tempo che l'onda ha impiegato a percorrere il tragitto di andata e ritorno tra centro strumentale e punto e, conoscendo la velocità di propagazione dell'onda stessa, lo strumento è in grado di determinare la distanza.

## MACCHINA FOTOGRAFICA: Panasonic Lumix FZ2000

Dimensioni sensore:  
ampio sensore MOS ad alta sensibilità  
- 1" (13.2 x 8.8 mm)  
Tipo di sensore:  
- BSI-CMOS  
Pixel efficaci:  
- 20,9 MP

Dimensione Pixel (µm): 6.19\*6.19  
ISO: Auto, 125-12800 (espansione 80-25600)  
Lunghezza focale (mm): 24  
Risoluzione: 3840 x 2160 pixels  
Zoom: 40x

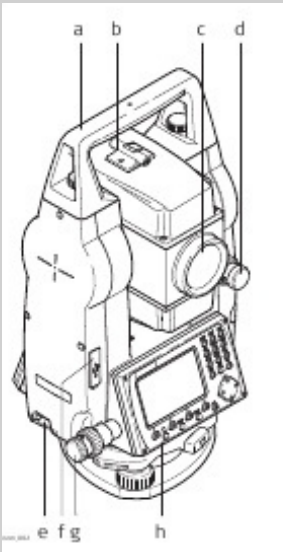
## CELLULARE

**Quad camera 108MP+8MP+5MP+2MP**  
**Fotocamera grandangolare da 108MP** Pixel da 0.7µm, Super Pixel 9-in-1 da 2.6µm  
Sensore da 1 /1.52" f/1.9  
**Fotocamera ultra grandangolare da 8MP** FOV 118° f/2.2  
**Fotocamera tele-macro da 5MP** f/2.4 AF  
Sensore di profondità da 2MP f/2.4

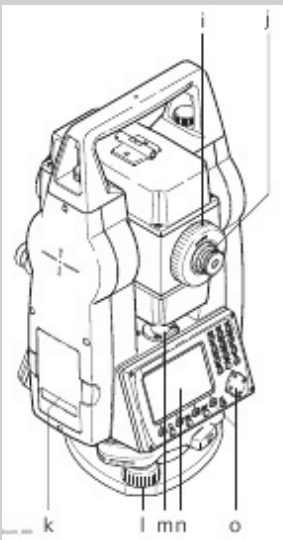


## STAZIONE TOTALE

E' uno strumento topografico utilizzato per il rilievo topografico indiretto. Il rilievo indiretto è così denominato in quanto le misurazioni non vengono prese direttamente dall'oggetto in questione, ma vengono acquisite dal risultato di calcoli ed elaborazioni complesse. Grazie a questo dispositivo è possibile misurare angoli (sia orizzontali sia verticali), distanze oblique, con la relativa loro gestione grazie ad un display e software correlato.



- a) Maniglia di trasporto amovibile con vite di montaggio
- b) Mirino
- c) Obiettivo con Misura Elettronica della Distanza (EDM) integrata
- d) Vite micrometrica verticale
- e) Interfaccia seriale RS232/USB
- f) Porta host USB
- g) Vite micrometrica orizzontale
- h) Seconda tastiera (opzionale)



- i) Ghiera di messa a fuoco immagine del cannocchiale
- j) Oculare; reticolo di messa a fuoco
- k) Coperchio per batteria
- l) Vita calante
- m) Livella sferica
- n) Display
- o) Tastiera



# STAZIONE TOTALE

Nel nostro caso è stata utilizzata una stazione totale GEOMAX ZOOM 30, alcune caratteristiche specifiche

<b>Misura Angolare (H, V)</b>	
Metodo	Encoder Assoluti
Risoluzione del display	1"
Deviazione standard (ISO 17123-3)	2", 3", 5", 7"
<b>Cannocchiale</b>	
Ingrandimenti	30x
Campo visivo	1° 30' (26 m / 1 km)
Fuoco minimo	1,7 m
Reticolo	3 livelli di illuminazione del reticolo
<b>Compensatore</b>	
Sistema	Compensazione quadriassiale
Campo di lavoro	± 4'
Impostazioni precisione	0,5"; 1"; 1,5"; 2"

<b>Misurazione della distanza su riflettore</b>	
Portata con prisma circolare	3.500 m
Portata con 3 prismi	5.400 m
Portata su target riflettente (60 mm x 60 mm)	250 m
Precisione (Fine/Rapida/Tracciamento)	2 mm + 2 ppm / 5 mm + 2 ppm / 5 mm + 2 ppm
Tempo di misura (Tracciamento, Rapida, Fine)	0,15 sec / 0,8 sec / 2,4 sec

<b>Generali</b>	
Display	160 x 280 pixel, 8 linee x 30 caratteri
Tasti	Tasti alfanumerici e 4 tasti funzione
Sistema operativo	Sistema operativo Windows®CE

<b>Piombo laser</b>	
Tipo	Puntatore laser, luminosità regolabile
Precisione	1,5 mm @ 1,5 m altezza strumento
<b>Condizioni ambientali</b>	
Versione POLAR testata per	-30° C
Temperatura operativa / stoccaggio	-20° C ~ +50° C / -40° C ~ +70° C
Protezione contro acqua e polvere	IP54
<b>Peso</b>	
Peso incluso batterie e basetta	5,1 kg
<b>Batteria</b>	
Voltaggio / Capacità	ZBA400 7,4V 3800mAh
Operatività con misura angolare continua	36 ore
Operatività con misure ogni 30 secondi	9 ore (più di 1.000 misure)



## BASAMENTO

Parte meccanica inferiore della stazione totale che permette il collegamento diretto con la basetta del treppiede. Per la misurazione degli angoli azimutali, vi è un cerchio graduato, chiamato cerchio azimutale.



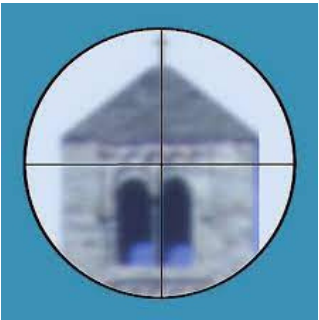
## ALIDADA

Struttura meccanica formata da due bracci che sostengono il cannocchiale, collegati da una piastra perpendicolare ad essi, dotata di un perno che consente alla rotazione attorno all'asse verticale. All'interno di uno dei due bracci è contenuto un cerchio per la misurazione di angoli zenitali chiamato cerchio zenitale.



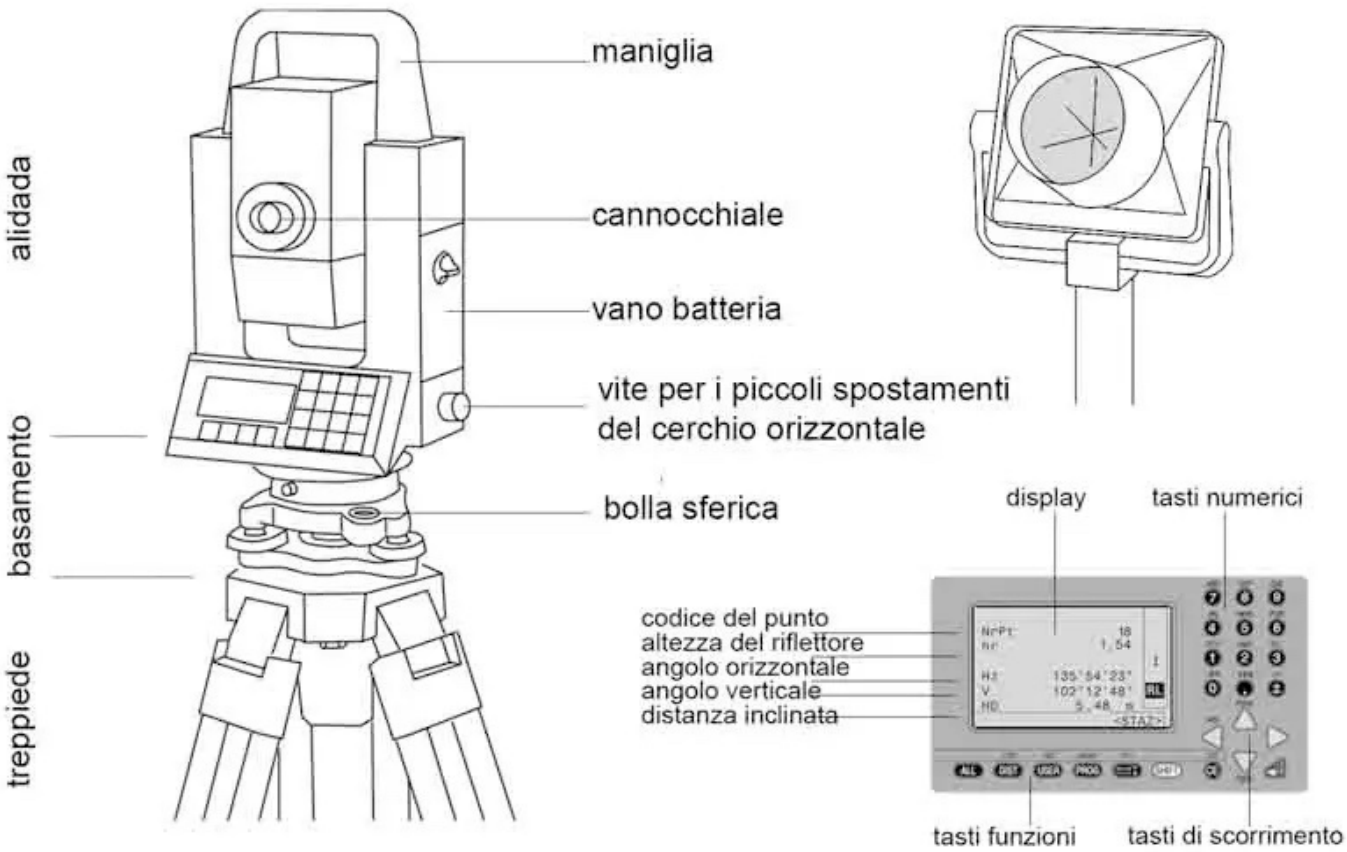
## CANNOCCHIALE

Strumento ottico posizionato tra i due bracci dell'alidada, in modo tale che intersechi perpendicolarmente l'asse orizzontale verticale. Il loro punto di intersezione è chiamato "centro strumentale". L'asse del cannocchiale è chiamato asse di collimazione. Il cannocchiale topografico è un apparato ottico impiegato per consentire di osservare in dettaglio oggetti lontani e di collimare punti e riferimenti di segnali, cioè di tragarli attraverso una linea di mira.



## RETICOLO DEL CANNOCCHIALE

E' costituito da una croce di due fili riportati per fotoincisione su un piccolo vetrino in corrispondenza del foro centrale del diaframma. Il punto di intersezione dei fili del reticolo viene collocato sull'asse ottico obiettivo-oculare del cannocchiale e la sua funzione è quella di materializzare la linea di mira dello stesso cannocchiale per consentire di effettuare le collimazioni.





# MESSA IN STAZIONE

## FASI DI MESSA IN STAZIONE

1. Estendere le gambe del treppiede fino ad ottenere una posizione di lavoro comoda.

Posizionare il treppiede in corrispondenza del punto contrassegnato sul terreno, centrandolo con la massima precisione possibile.

2. Fissare il basamento e lo strumento al treppiede.

3. Accendere lo strumento. Se la correzione dell'inclinazione è impostata su 1 asse o 2 passi,

il piombo laser si attiva automaticamente e compare la schermata “ Livella & Piomb Laser”. In caso contrario, premere FNC dall'interno di un'applicazione qualsiasi e selezionare Livella & Piomb Laser.

4. Muovere le gambe del treppiede (1) e utilizzare le viti calanti (6) del basamento per centrare il piombo (4) in corrispondenza del punto a terra.

5. Regolare le gambe del treppiede (5) per mettere in bolla la livella sferica (7).

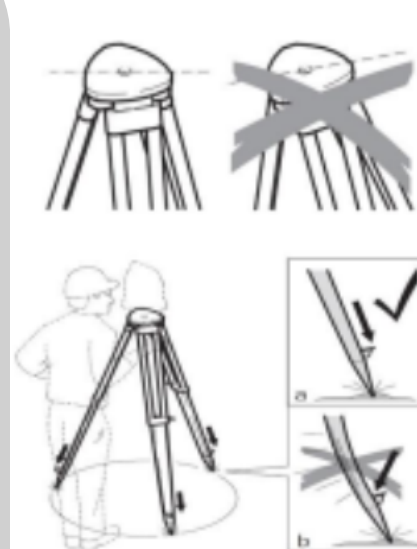
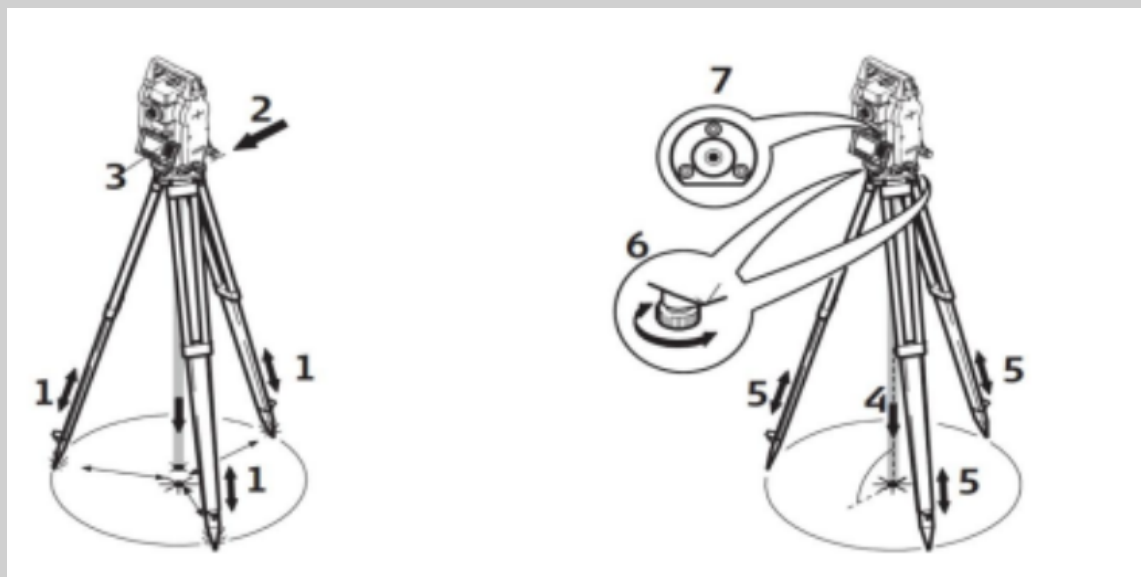
6. Utilizzando la livella elettronica, mettere in bollo lo strumento ruotando le viti calanti (6)

del basamento.

7. Centrare con precisione lo strumento in corrispondenza del punto a terra spostando il

basamento sulla piastra del treppiede (2).

8. Ripetere i passi 6 e 7 fino a quando non si è raggiunta la precisione richiesta



## TREPPIEDE

Durante la messa in stazione del treppiede, accertarsi che la piastra assuma una posizione orizzontale. Compensare le leggere inclinazioni con le viti calanti del basamento. Le

inclinazioni

maggiori devono invece essere corrette agendo sulle gambe del treppiede. Allentare le viti delle

gambe del treppiede, allungarle quanto necessario e serrare nuovamente le viti.

a) Per garantire un punto d'appoggio stabile, premere sulle gambe del treppiede affondando

a sufficienza nel terreno.

b) Durante questa operazione prestare attenzione ad applicare sempre la forza lungo le gambe.

## FASI LIVELLAMENTO USANDO LA LIVELLA ELETTRONICA

Ruotare le viti calanti del basamento per livellare con precisione lo strumento usando la livella

elettronica.

1. Ruotare lo strumento fino a quando non sarà parallelo a due viti calanti.

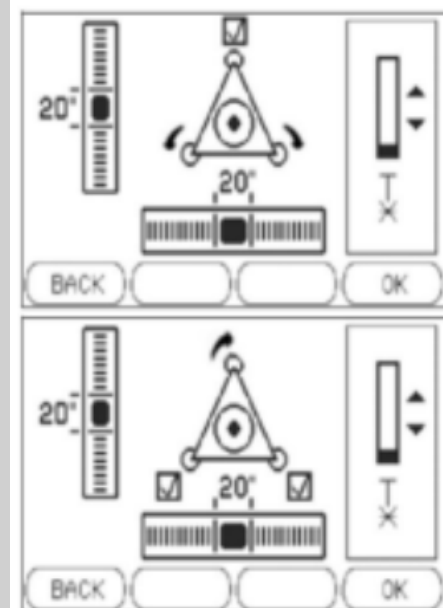
2. Centrare approssimativamente la livella sferica ruotando le viti calanti del basamento.

3. Accendere lo strumento. Se la correzione dell'inclinazione è impostata su 1 asse o 2 assi, il piombo laser si attiva automaticamente e compare la schermata Livella & Piomb Laser.

In caso contrario, premere FNC dall'interno di un'applicazione qualsiasi e selezionare Livella & Piomb Laser. La bolla della livella elettronica e le frecce direzionali per la rotazione delle viti calanti compaiono unicamente se l'inclinazione dello strumento non supera un determinato limite di livellamento.

4. Centrare la livella elettronica del primo asse ruotando le due viti calanti. Le frecce indicano la direzione in cui devono essere ruotate le viti. Quando la livella elettronica è centrata, le frecce vengono sostituite da due segni di spunta.

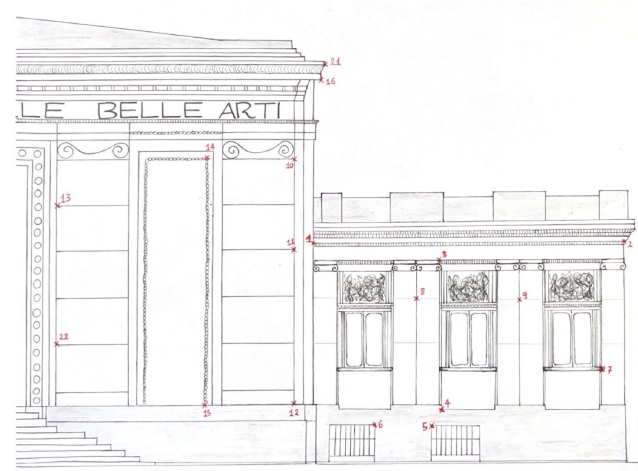
5. Centrare la livella elettronica per il secondo asse ruotando l'ultima vite calante. Una freccia indica la direzione in cui deve essere ruotata la vite. Quando la livella elettronica è centrata, la freccia viene sostituita da un segno di spunta.





# OPERAZIONI DI MISURAZIONE

**FASE PRELIMINARE** La fase preliminare vede una prima analisi dell'edificio, in particolar modo della facciata destra della Promotrice delle Belle Arti, non includendo l'ingresso principale. La prima analisi critica della facciata è stata effettuata mediante la realizzazione di eidotipi, comprendendone così i diversi rapporti volumetrici e i dettagli costruttivi. Per un'analisi più accurata e puntuale sono state annotate le misure su di essi e sono stati individuati 51 punti da collimare in fase di rilievo. Successivamente si è svolta la fase di cattura fotografica, sia a scala più estesa che di dettagli della facciata, mediante una macchina fotografica, utile per la realizzazione del fotoraddrizzamento.

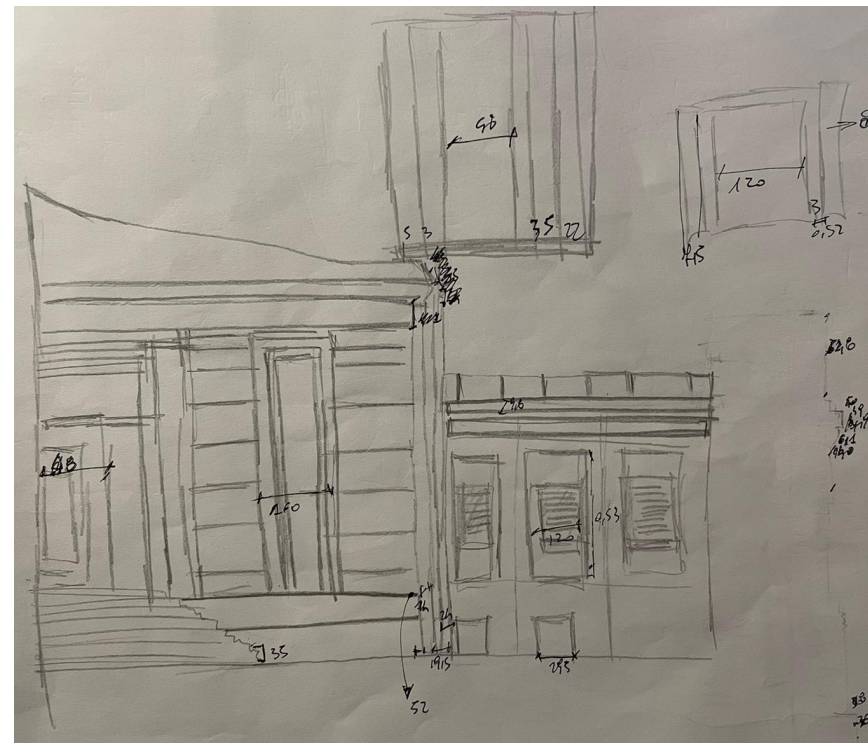


**FASE DI RILIEVO** Procedendo con le fasi di rilievo si è provveduto con il posizionamento della stazione totale, allineando l'asse verticale della stazione in corrispondenza del punto di stazione, già noto ed evidenziato come punto di riferimento. Prima delle operazioni di rilievo e compensazione, occorre definire il sistema di riferimento nel quale si vuole ricavare la soluzione, fissando arbitrariamente le coordinate X, Y di un punto della rete e una direzione, è stato successivamente possibile collimare il primo punto scelto per realizzare la rete di inquadramento. Individuati i punti utili al nostro studio, da rilevare sulla facciata, è iniziata effettivamente la fase di rilievo sui vari livelli della facciata presa in considerazione, individuando punti che potessero restituire anche aggetti e modanature dell'edificio per un maggior livello di dettaglio

## RILIEVO DIRETTO

Tra le diverse tecniche di rilevamento architettonico, il rilievo diretto è senza dubbio quella più facilmente utilizzabile perché non necessita di strumentazione particolare se non dei tradizionali strumenti di misura facilmente reperibili. È una metodologia di studio e documentazione delle caratteristiche architettoniche di un sito preso in considerazione che coinvolge la misurazione diretta sul campo di tutte le dimensioni ed i dettagli utili per restituire le informazioni necessarie ed è possibile, appunto, il confronto diretto tra l'oggetto e un “campione” di dimensione nota.

Per il nostro rilievo diretto sono stati utilizzati i seguenti strumenti: metro laser. La misurazione è stata eseguita partendo dal lato destro della facciata e spostandosi verso sinistra, arrivando fino al portone di ingresso. Il lavoro è stato svolto rilevando le misure attraverso l'utilizzo degli strumenti, annotando i punti presi in considerazione sugli eidotipi. I dati forniti da questo rilievo diretto saranno poi utili alla restituzione del prospetto dell'edificio.



Laboratorio di geomatica per la modellazione dell'architettura	Studenti Gruppo 9: Pisa Marta, Riberi Elena, Russo Daniele, Vanni Vittoria, Vaselli Mathieu	Docenti: Chiabrando Filiberto, Spreafico Alessandra	T4
--	---	---	----



# LIBRETTO DI CAMPAGNA

Mediante l'utilizzo della stazione totale, è stato possibile effettuare un rilievo topografico indiretto, per la realizzazione della rete di inquadramento. Il libretto di campagna raccoglie i **dati** e le **misure rilevate** durante la fase di rilievo celerimetrico con l'utilizzo della stazione totale.

Contiene quindi:

- **Lettture coniugate** (cerchio sinistro e cerchio destro) della direzioni azimutali e angoli zenitali
- **Distanze inclinate** ripetute più volte (strati)
- **Altezze strumentali** (della stazione e del prisma)

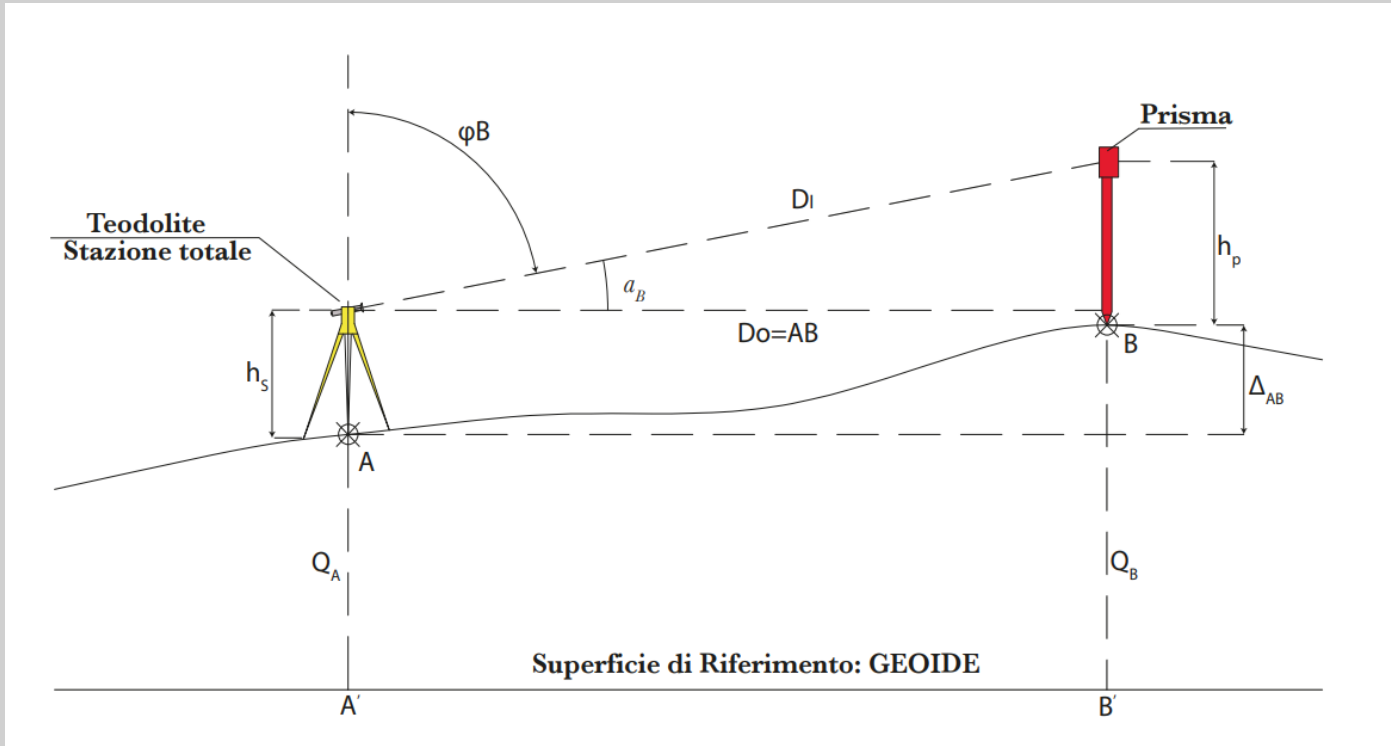
Questi valori sono poi utilizzati per calcolare:

- Valori degli angoli, tramite la **Regola di Bessel** (direzioni azimutali) e la **Formula della semi-differenza** (angoli zenitali)
- Valori medi di angoli e distanze
- Distanze orizzontali
- Dislivelli

Per minimizzare gli errori sistematici, sono state **effettuate letture coniugate ripetute su più strati**, al fine di misurare i vertici topografici.

Si definisce **dislivello**  $\Delta AB$  tra due punti A e B la differenza tra le quote ortometriche dei due punti:  
 $\Delta Q_{AB} = Q_B - Q_A$

La **distanza orizzontale** è la distanza reale proiettata sul piano di riferimento. Per calcolare la distanza orizzontale è necessario conoscere la distanza reale e la distanza zenitale.



## REGOLA DI BESSEL

$$L = \frac{L_{CS} + (LCD \pm 200^g)}{2}$$

## FORMULA DELLA SEMIDIFFERENZA

$$Z = \frac{L_s + (LD + 400^g)}{2}$$

## FORMULA DEL DISLIVELLO

$$D = h_s + D_i \cdot \cos \varphi B - h_p$$

$h_s$  altezza strumentale

$h_p$  altezza prisma

$D_i$  distanza inclinata

$\varphi$  angolo zenitale

## DISTANZA ORIZZONTALE

$$D_o = D_i \cdot \sin \varphi B$$

DS1000	1,502				
Punto	Altezza prisma	Lettura orizzontale	Lettura verticale	Distanza inclinata (gradi)	MEDIA DISTANZE
P2001	1,457	0,0021	101,8667	16,353	
P2002	1,457	200,0033	298,1352	16,353	16,353
P2003	1,457	0,0021	101,8664	16,353	
P2004	1,457	200,0017	298,137	16,353	16,353
P2005	1,457	0,0034	101,8685	16,353	
P2006	1,457	200,0006	298,1361	16,353	16,353
P2007	1,457	399,9989	101,8664	16,353	
P2008	1,457	200,0009	298,1374	16,354	16,3535
					16,353

Nella **prima riga** vi è indicato il punto di stazione con la rispettiva altezza strumentale. La **seconda riga** indica i vertici rispetto al quale si riferiscono le misure e le rispettive:

- Altezza prisma
- Lettura direzionale azimutale (lettura orizzontale)
- Lettura angolo zenitale (lettura verticale)
- Distanza inclinata
- Media distanze



DS1000	1,502				
Punto	Altezza prisma	Lettura orizzontale	Lettura verticale	Distanza inclinata (gradi)	MEDIA DISTANZE
P2001	1,457	0,0021	101,8667	16,353	
P2002	1,457	200,0033	298,1352	16,353	16,353
		0,0027	101,8658		
P2003	1,457	0,0021	101,8664	16,353	
P2004	1,457	200,0017	298,137	16,353	16,353
		0,0019	101,8647		
P2005	1,457	0,0034	101,8685	16,353	
P2006	1,457	200,0006	298,1361	16,353	16,353
		0,002	101,8662		
P2007	1,457	399,9989	101,8664	16,353	
P2008	1,457	200,0009	298,1374	16,354	16,3535
		0	101,8645		
		0,0016	101,8653		16,353

RIELABORAZIONE DEI DATI

Si è applicata la **Regola di Bessel** per la correzione degli errori del cerchio orizzontale.

Se la lettura cerchio sinistra è maggiore rispetto a quella del cerchio destra, allora verranno **sommati 200 gradi centesimali**, in caso contrario, verranno sottratti.

La regola di Bessel viene applicata a tutte le letture orizzontali dei punti collimati. In seguito viene calcolata la media per ottenere la lettura della direzione azimutale. Infine si calcola la **media**.

**funzione utilizzata:** =SE(C8>C9;(C8+(C9+200))/2;(C8+(C9-200))/2)

dove C8 e C9 sono le due letture orizzontali (destra e sinistra) con cui applico la regola di Bessel

DS1000	1,502				
Punto	Altezza prisma	Lettura orizzontale	Lettura verticale	Distanza inclinata (gradi)	MEDIA DISTANZE
P2001	1,457	0,0021	101,8667	16,353	
P2002	1,457	200,0033	298,1352	16,353	16,353
		0,0027	101,8658		
P2003	1,457	0,0021	101,8664	16,353	
P2004	1,457	200,0017	298,137	16,353	16,353
		0,0019	101,8647		
P2005	1,457	0,0034	101,8685	16,353	
P2006	1,457	200,0006	298,1361	16,353	16,353
		0,002	101,8662		
P2007	1,457	399,9989	101,8664	16,353	
P2008	1,457	200,0009	298,1374	16,354	16,3535
		0	101,8645		
		0,0016	101,8653		16,353

Per le letture al cerchio verticale si è applicata la **formula della semidifferenza** per le letture di prima e seconda posizione. Infine si calcola nuovamente la media.

DS1000	1,502				
Punto	Altezza prisma	Lettura orizzontale	Lettura verticale	Distanza inclinata (gradi)	MEDIA DISTANZE
P2001	1,457	0,0021	101,8667	16,353	
P2002	1,457	200,0033	298,1352	16,353	16,353
			101,8658		
P2003	1,457	0,0021	101,8664	16,353	
P2004	1,457	200,0017	298,137	16,353	16,353
			101,8647		
P2005	1,457	0,0034	101,8685	16,353	
P2006	1,457	200,0006	298,1361	16,353	16,353
			101,8662		
P2007	1,457	399,9989	101,8664	16,353	
P2008	1,457	200,0009	298,1374	16,354	16,3535
		0	101,8645		
		0,0016	101,8653	16,353125	16,353

Prendendo in considerazione le distanze inclinate, si calcola la **media**.

DISTANZA ORIZZONALE	DISLIVELLO
16,346	-0,434

Come ultima cosa verranno poi calcolate la distanza orizzontale e il dislivello, con le rispettive formule, utilizzando i dati ricavati precedentemente



# COMPENSAZIONE PLANIMETRICA E ALTIMETRICA

## COMPENSAZIONE PLANIMETRICA

Per la compensazione planimetrica si deve impostare il programma in 2D, stabilendo come unità di misura: - metri per le distanze - gons per gli angoli Le coordinate del sistema sono impostate su LOCAL e si deve impostare anche il nord a Y.

### 1. rete con coordinate approssimate e vertici noti (1000, 2000, 3000, 4000)

```
1 C 1000 0 0 !!
2 C 2000 16 0
3 C 3000 22 35
4 C 4000 -22 35
5
6 B 1000-2000 100 !
```

Queste coordinate fanno capire al programma quale è all'incirca la geometria della rete.  
C: coordinate approssimate es: C E 0 0 !!  
(due punti esclamativi per indicare che questo punto origine del sistema di riferimento)  
B: angolo formato tra l'asse delle Y e la congiungente 1000-2000

```
8 DB 1000
9 DN 2000 0.0016
10 DN 3000 218.1720
11 DN 4000 387.5960
12 DE
13 DB 2000
14 DN 1000 399.9911
15 DN 3000 11.8003
16 DN 4000 181.8346
17 DE
18 DB 3000
19 DN 1000 399.9980
20 DN 2000 393.6644
21 #DN 4000 380.7744
22 DE
```

### 2. direzioni azimutali da una stazione agli altri 3 vertici (es. "DB 1000 - DN 2000...")

```
23 DB 4000
24 DN 1000 399.9924
25 DN 2000 5.7251
26 #DN 3000 17.0339
27 DE
```

Inserimento degli angoli orizzontali compresi tra i diversi vertici

DB rappresenta il punto della stazione totale di riferimento  
DN rappresenta il punto collimato  
DE rappresenta il termine della stazione

### 3. distanze dalle stazioni ai vertici (es. "D 1000-2000")

```
28 D 1000-2000 16.346
29 D 1000-3000 30.330
30 D 1000-4000 51.124
31 D 2000-1000 16.346
32 D 2000-3000 46.247
33 D 2000-4000 35.229
34 D 3000-1000 30.330
```

```
35 D 3000-2000 46.247
36 D 3000-4000 79.273
37 #D 4000-1000 51.124
38 D 4000-2000 35.230
39 D 4000-3000 79.274
```

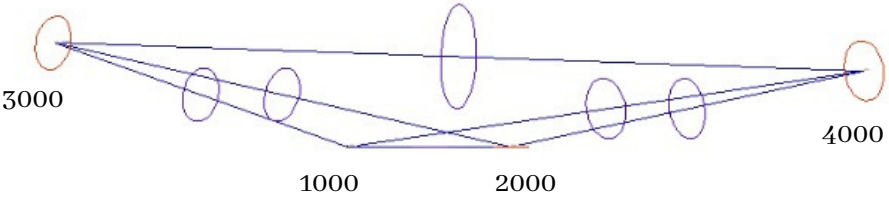
Inserimento delle diverse distanze orizzontali  
D rappresenta la distanza orizzontale ottenuta dal libretto di campagna

### 4. controllo degli errori:

In questo caso 0.606, errore accettabile

Warning: Chi-Square Exceeded Upper Bound  
Lower/Upper Bounds (0.606/1.395)

RETE DI INQUADRAMENTO:



## COMPENSAZIONE ALTIMETRICA

Per la compensazione altimetrica le impostazioni preliminari sono le stesse che si inseriscono per la compensazione planimetrica. Si deve impostare il sistema il LEV.

Per calcolare le coordinate altimetriche (z) dei vertici della rete di inquadramento , nel programma si vanno ad inserire:

### 1. vertice origine quota e relativa quota

Con il codice E si indica l'origine del sistema di riferimento (in questo caso è impostato sullo 0)

```
1 E 1000 0 ! # quota origine
```

### 2. dislivelli e distanze approssimate tra i vertici (es. "L 1000-2000...")

```
2 L 1000-2000 -0.434 16
3 L 1000-3000 0.887 30
4 L 1000-4000 -1.046 51
5 L 2000-1000 0.438 16
6 L 2000-3000 1.326 46
7 L 2000-4000 -0.606 35
8 #L 3000-1000 -0.854 30
9 #L 3000-2000 -1.316 46
10 L 3000-4000 -1.927 79
11 L 4000-1000 1.044 51
12 #L 4000-2000 0.479 35
13 L 4000-3000 1.932 79
```

Inserimento dei dislivelli e delle distanze approssimate

Con il codice L si indicano i dislivelli tra i punti di stazione e il punto collimato.

Dopo aver finito di riportare tutti i dati è possibile procedere con la visualizzazione delle coordinate e degli errori cliccando su Run. L'errore non deve superare i 2 cm

Performing Network Adjustment ...		
Observation	Count	Error Factor
Level Data	9	1.288
Total	9	1.288

Dopo aver finito di riportare tutti i dati, si ottiene la coordinata in z dei diversi vertici che compongono la rete di inquadramento.

1000	0.000	0.000
2000	15.918	-0.000
3000	-28.876	10.152
4000	50.488	7.439

Coordinate planimetriche (x,y)

Station	Z
1000	0.0000
2000	-0.4366
3000	0.8873
4000	-1.0435

Coordinate altimetriche (z)



# CALCOLO CELERIMETRICO

Con le stesse impostazioni preliminari delle altre compensazioni, impostando il sistema di riferimento 3D, l'adjustment type sarà diverso.

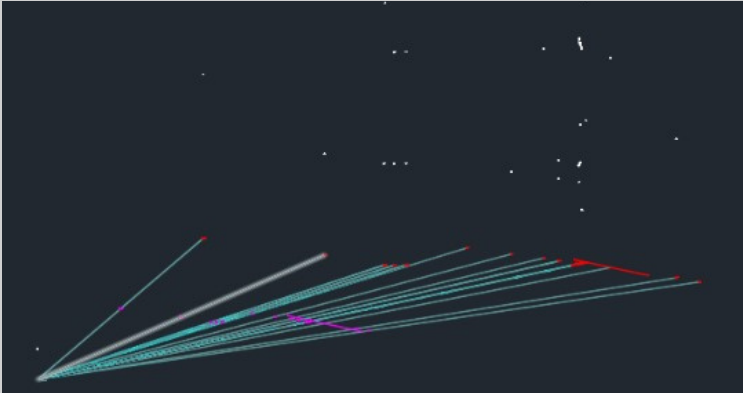
Per calcolare le coordinate dei punti rilevati con l'utilizzo della stazione totale, si usano le coordinate ottenute dalla compensazione planimetrica e da quella altimetrica.

Nel programma si inseriscono i seguenti dati:

- 1.coordinate x, y, z delle stazioni 3000 e 4000 (ottenute dalle compensazioni) e la direzione azimutale 3000-4000
- 2.direzioni azimutali tra la stazione 3000 e i punti rilevati (es. "DN 3...")
- 3.angoli zenitali tra la stazione 3000 e i punti rilevati (es. "V 3000-3...")
- 4.distanze inclinate tra la stazione 3000 e i punti rilevati (es. "D 3000-3...")

1	8.0256	8.3089	-0.0141
2	3.1522	7.7196	-0.0251
3	3.1526	2.9199	-0.0155
4	3.1453	3.1453	-0.0114
5	1.5073	2.3830	-0.0210
6	7.1728	4.0116	-0.0750
7	2.5654	5.9971	-0.1201
8	4.8493	6.0281	-0.1561
9	-0.5081	10.2968	3.2189
10	-0.5042	7.4978	3.2268

11	-0.5035	2.9031	3.2727
12	-6.7775	8.9135	3.2423
13	-2.6666	10.5021	3.1413
14	-0.2596	8.9243	3.1559
15	-0.2559	6.1099	3.1240
16	-0.2629	2.9331	3.1510
17	-0.0240	2.9339	2.9102
18	-0.0253	6.1346	2.9026
19	-0.0247	8.8927	2.8839
20	-6.7626	4.6955	3.2734



Coordinate x-y-z dei punti

rappresentazione grafica delle coordinate x-y-z dei punti

1	C	2000	15.918	0.000	-4.366	!!!
2	C	4000	50.154	9.909	-1.0435	!!!
3	DB	2000				
4	DN	4000	294.1512			

C: inserimento coordinate x, y, z, !!! vuol dire che le coordinate sono fissate

Inserimento delle coordinate ottenute dalle compensazioni planimetriche e altimetriche

1

5	DN	1	51.0258
6	DN	2	73.7953
7	DN	3	60.2230
8	DN	4	60.2186
9	DN	5	60.1987
10	DN	6	55.4331
11	DN	7	71.4498
12	DN	8	58.4992
13	DN	9	65.9908
14	DN	10	48.8638
15	DN	11	48.8753
16	DN	12	48.8665
17	DN	13	28.6061
18	DN	14	41.6215
19	DN	15	41.6509
20	DN	16	49.7328
21	DN	17	49.7463
22	DN	18	49.7228
23	DN	19	50.5747
24	DN	20	50.5714
25	DN	21	50.5720
26	DN	22	28.6124
27	DN	23	62.1812

28	DN	24	62.1814
29	DN	25	62.1814
30	DN	26	62.1815
31	DN	27	62.1815
32	DN	28	62.1816
33	DN	29	62.1815
34	DN	30	62.1814
35	DN	31	62.1809
36	DN	32	62.1811
37	DN	33	62.1813
38	DN	34	62.1813
39	DN	35	62.1812
40	DN	36	62.1812
41	DN	37	62.1814
42	DN	38	62.1811
43	DN	39	62.1812
44	DN	40	62.1811
45	DN	41	62.1811
46	DN	42	62.1809
47	DN	43	62.1809
48	DN	44	62.1809
49	DN	45	62.1809

Inserimento degli angoli orizzontali compresi tra il vertice di stazione e i punti individuati sul piano, ottenuti dal rilievo celerimetrico.

DB rappresenta il punto della stazione totale di riferimento

DN rappresenta il punto collimato

i valori sono quelli che si leggono sul cerchio orizzontale

2

57	V	2000-4000	103.549	1.4200/0.100
58	V	2000-1	82.8807	1.4200/0
59	V	2000-2	83.6516	1.4200/0
60	V	2000-3	84.5252	1.4200/0
61	V	2000-4	98.2609	1.4200/0
62	V	2000-5	99.8209	1.4200/0
63	V	2000-6	99.8202	1.4200/0
64	V	2000-7	95.2772	1.4200/0
65	V	2000-8	89.3446	1.4200/0
66	V	2000-9	89.5068	1.4200/0
67	V	2000-10	74.0834	1.4200/0
68	V	2000-11	82.5893	1.4200/0
69	V	2000-12	97.9028	1.4200/0
70	V	2000-13	79.6425	1.4200/0
71	V	2000-14	73.9350	1.4200/0
72	V	2000-15	97.9489	1.4200/0
73	V	2000-16	78.3236	1.4200/0
74	V	2000-17	87.1426	1.4200/0

75	V	2000-18	97.9121	1.4200/0
76	V	2000-19	97.9347	1.4200/0
77	V	2000-20	87.3117	1.4200/0
78	V	2000-21	78.5798	1.4200/0
79	V	2000-22	92.3738	1.4200/0
80	V	2000-23	79.0333	1.4200/0
81	V	2000-24	81.1006	1.4200/0
82	V	2000-25	81.4125	1.4200/0
83	V	2000-26	81.6979	1.4200/0

84	V	2000-27	81.9359	1.4200/0
85	V	2000-28	82.4306	1.4200/0
86	V	2000-29	82.6613	1.4200/0
87	V	2000-30	82.9415	1.4200/0
88	V	2000-31	84.3822	1.4200/0
89	V	2000-32	84.7002	1.4200/0
90	V	2000-33	85.0104	1.4200/0
91	V	2000-34	88.0990	1.4200/0
92	V	2000-35	88.2081	1.4200/0

Inserimento degli angoli verticali compresi tra il vertice di stazione e i punti individuati sul piano, e il rapporto tra l'altezza di stazione e l'altezza del prisma.

i valori sono quelli che si leggono sul cerchio verticale:  
(altezza punto di stazione, codice/altezza prisma o punto misurato)

3

109	D	2000-4000	79.298	1.4200/0.1
110	D	2000-1	22.574	1.4200/0
111	D	2000-2	23.685	1.4200/0
112	D	2000-3	22.545	1.4200/0
113	D	2000-4	21.909	1.4200/0
114	D	2000-5	21.896	1.4200/0
115	D	2000-6	21.793	1.4200/0
116	D	2000-7	22.803	1.4200/0
117	D	2000-8	22.233	1.4200/0
118	D	2000-9	22.590	1.4200/0
119	D	2000-10	20.214	1.4200/0
120	D	2000-11	19.270	1.4200/0
121	D	2000-12	18.518	1.4200/0
122	D	2000-13	21.060	1.4200/0
123	D	2000-14	20.621	1.4200/0
124	D	2000-15	18.927	1.4200/0
125	D	2000-16	19.772	1.4200/0
126	D	2000-17	19.027	1.4200/0

127	D	2000-18	18.652	1.4200/0
128	D	2000-19	18.880	1.4200/0
129	D	2000-20	19.259	1.4200/0
130	D	2000-21	19.989	1.4200/0
131	D	2000-22	20.102	1.4200/0
132	D	2000-23	23.507	1.4200/0
133	D	2000-24	23.240	1.4200/0
134	D	2000-25	22.715	1.4200/0
135	D	2000-26	22.679	1.4200/0
136	D	2000-27	22.663	1.4200/0
137	D	2000-28	22.751	1.4200/0
138	D	2000-29	22.737	1.4200/0
139	D	2000-30	22.775	1.4200/0

140	D	2000-31	22.626	1.4200/0
141	D	2000-32	22.708	1.4200/0
142	D	2000-33	22.688	1.4200/0
143	D	2000-34	22.406	1.4200/0
144	D	2000-35	22.395	1.4200/0
145	D	2000-36	22.394	1.4200/0
146	D	2000-37	22.394	1.4200/0
147	D	2000-38	22.418	1.4200/0
148	D	2000-39	22.410	1.4200/0
149	D	2000-40	22.429	1.4200/0
150	D	2000-41	22.433	1.4200/0
151	D	2000-42	22.343	1.4200/0
152	D	2000-43	22.102	1.4200/0

Inserimento della distanza inclinata e il rapporto tra l'altezza di stazione e l'altezza del prisma.

D è distanza inclinata

4



# FOTORADDRIZZAMENTO

La fotogrammetria è una tecnica di rilievo di dettaglio che sfrutta il contenuto metrico delle immagini acquisite da sensori digitali.

La nascita della fotogrammetria risale agli inizi del XIX secolo quando la tecnica fotografica non era ancora stata sviluppata, partendo dalla definizione matematica della prospettiva centrale.

Con l'avvento della fotografia la tecnica si sviluppò utilizzando sia immagini fotografiche acquisite da terra che da piattaforme aeree.

L'immagine non è immediatamente impiegabile a scopi metrici poichè affetta da deformazioni prospettiche; non munita delle necessarie caratteristiche del disegno cartografico; non ha una scala costante; non è una proiezione ortogonale dei punti della superficie dell'edificio o del terreno; non è inquadrata in un sistema di riferimento noto.

Con la tecnica del **raddrizzamento** si è in grado di geo-riferire un'immagine, associando i vantaggi della fotografia a quelli di una rappresentazione cartografica tradizionale. Viene dunque sfruttata l'immagine per estrapolare le informazioni necessarie, dopodichè questa viene rielaborata tramite un **processo geometrico o analitico**, per la restituzione di un **prospetto**.

È necessario conoscere le **coordinate** di almeno 4 punti sull'oggetto opportunamente distribuiti sull'immagine. Le coordinate che vengono utilizzate sono quelle precedentemente ottenute dal **rilievo celerimetrico**.

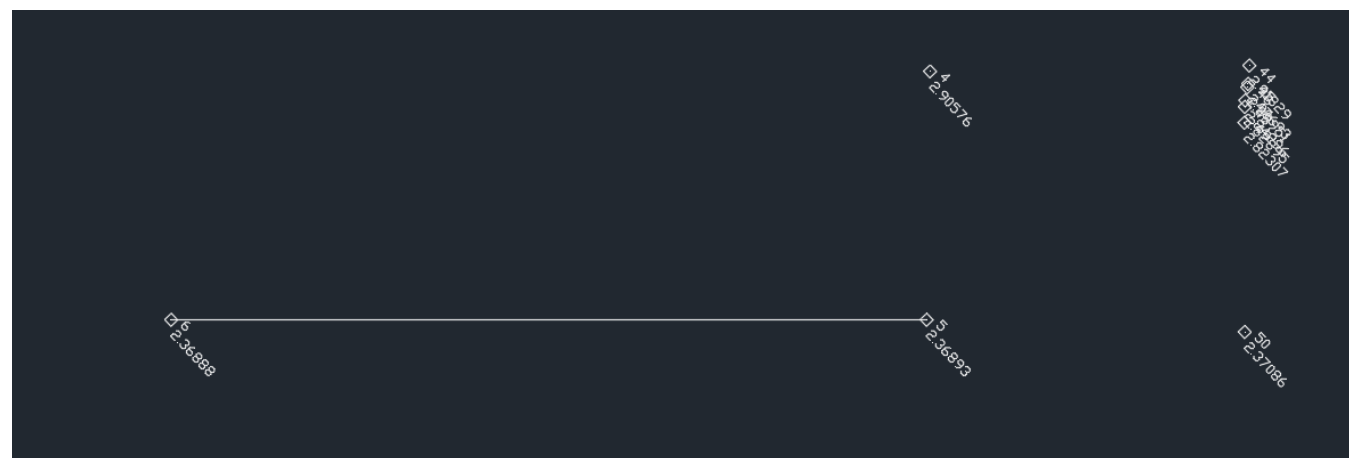
Per trasformare una prospettiva centrale in una proiezione ortogonale, vengono messi in gioco 8 parametri fondamentali di seguito elencati:

- Due traslazioni
- Una rotazione
- Una variazione di scala in x
- Una variazione di scala in y
- Uno sbandamento
- Una convergenza in x
- Una convergenza in y



scala originale 1:50

Risultati finali ottenuti dal foto raddrizzamento delle nostre aree di interesse



## 1. ROTOTRASLAZIONE SU AUTOCAD

Una volta elaborate su Star\*Net, le coordinate dei punti misurati durante il rilievo celerimetrico, queste sono state importate su Autocad.

L'asse x è stato ruotato di 90° così da avere, impostando la vista piana, una visualizzazione bidimensionale dei punti su un piano x-y.

Attraverso l'utilizzo di due estensioni di Autocad, "SUPEROT" e "POINTLIST", è stato possibile ruotare i punti per renderli leggibili nella vista piana ed ottenere un file txt contenente le coordinate dei punti all'interno del nuovo sistema di riferimento

Laboratorio di geomatica per la modellazione dell'architettura	Studenti Gruppo 9: Pisa Marta, Riberi Elena, Russo Daniele, Vanni Vittoria, Vaselli Mathieu	Docenti: Chiabrando Filiberto, Spreafico Alessandra	T8
--	---	---	----



## 2. RADDRIZZAMENTO FOTOGRAMMETRICO DIGITALE (RDF)

Dopo aver scelto l'immagine e i punti, giacenti sullo stesso piano, da utilizzare, si esegue il processo di raddrizzamento con il programma RDF secondo i seguenti passaggi:

1. si sceglie il tipo di raddrizzamento da effettuare, in questo caso "Analitico" (in cui i punti misurati vengono usati per calcolare i parametri della trasformazione omografica);
2. dopo aver aperto la "Tabella coordinate immagine", si vanno a collimare i punti direttamente sull'immagine e nella tabella vengono registrate le loro coordinate in pixel;
3. nella "Tabella coordinate oggetto" si inseriscono le coordinate reali dei punti, ottenute con il processo precedentemente descritto;
4. nella "Tabella coordinate unione" le coordinate in pixel vengono associate alle coordinate reali;
5. dopo aver aperto la "Tabella dei residui", si possono far calcolare al programma i parametri della trasformazione omografica;
6. si selezionano i quattro vertici dell' "Area di ricampionamento", ossia la porzione di immagine da raddrizzare
7. nella finestra "Scala dell'immagine corretta" si inseriscono il valore in metri di un pixel e la risoluzione dell'immagine corretta (0.01pix254dpi).

Tabella dei residui

nome	x	y	res x	res y	res stand x	res stand y
1	0.095	7.866	0.033	-0.147	1.135	-0.771
2	8.149	8.246	-0.049	0.025	-1.135	0.193
3	31522.199	-4025.583	0.000	0.164	-1.477	0.498
4	2.819	3.511	0.193	-0.341	1.135	-1.393
6	1.895	1.725	-0.176	0.299	-1.135	1.354

sqm: 0,1631748281

Tabella coordinate unione (\*.fot)

nome	x	y	X	Y	z
1	289	308	0.0000	8.2907	
2	1069	277	8.0256	8.3089	
3	592	344	3.1522	7.7196	
4	572	849	3.1526	2.9199	
6	380	908	1.5073	2.3830	

Tabella coordinate oggetto (\*.ogg)

nome	x	y
1	0.0000	8.2907
2	8.0256	8.3089
3	3.1522	7.7196
4	3.1526	2.9199
6	1.5073	2.3830

Tabella coordinate immagine (\*.imm)

nome	x	y
3	592	344
4	572	849
6	380	908
7	380	908

Tabella coordinate immagine (\*.imm)

nome	x	y
1	289	308
2	1069	277
3	592	344
7	380	908

tabella rdf con dati ala destra



foto da raddrizzare



foto raddrizzata, scala 1:100

Evidenziati punti fondamentali per il raddrizzamento fotografico:

1	X=0.0000	Y=8.2907	Z=-0.0141
2	X=8.0256	Y=8.3089	Z=-0.0141
3	X=3.1522	Y=7.7196	Z=-0.0251
4	X=3.1526	Y =2.9199	Z=-0.0155
5	X=3.1453	Y =3.1453	Z=-0.0114
6	X=1.5073	Y =2.3830	Z=-0.0210
7	X=7.1728	Y=4.0116	Z=-0.0750
8	X=2.5654	Y=5.9971	Z=-0.1201
9	X=4.8493	Y=6.0281	Z=-0.1561
10	X=-0.5081	Y=10.2968	Z=3.2189
11	X=-0.5042	Y=7.4978	Z=3.2268
12	X=-0.5035	Y=2.9031	Z=3.2727
13	X=-6.7775	Y=8.9135	Z=3.2423
14	X=-2.6666	Y=10.5021	Z=3.1413
15	X=-2.6581	Y=-2.6581	Z=3.1674
16	X=-0.2596	Y=8.9243	Z=3.1559
17	X=-0.2559	Y=6.1099	Z=3.1240
18	X=-0.2629	Y=2.9331	Z=3.1510
19	X=-0.0240	Y=2.9339	Z=2.9102
20	X=-0.0253	Y=6.1346	Z=2.9026
21	X=-0.0247	Y=8.8927	Z=2.8839
22	X=-6.7626	Y=4.6955	Z=3.2734



3. TABELLA RDF CON DATI PORZIONE DI FACCIATA

Tabella dei residui

nome	x	y	res x	res y	res stand x	res stand y
11	-0.482	7.526	0.036	0.046	0.899	1.286
12	-0.516	2.895	-0.024	-0.015	-1.336	-0.995
13	-6.795	8.930	-0.024	0.023	-0.725	1.140
14	-2.675	10.468	-0.012	-0.049	-0.291	-1.405
22	-6.747	4.692	0.025	-0.005	1.146	-0.432

sqm: 0,0042760671

Tabella coordinate unione (\*.fot)

nome	x	y	X	Y	*
11	1299	441	-0.5042	7.4978	
12	1379	909	-0.5035	2.9031	
13	726	375	-6.7775	8.9135	
14	1066	234	-2.6666	10.5021	
22	711	728	-6.7626	4.6955	

Tabella coordinate oggetto (\*.ogg)

nome	x	y
11	-0.5042	7.4978
12	-0.5035	2.9031
13	-6.7775	8.9135
14	-2.6666	10.5021
22	-6.7626	4.6955

Tabella coordinate immagine (\*.imm)

nome	x	y
11	1299	441
12	1379	909
13	726	375
23	711	728



foto da raddrizzare



foto raddrizzata, scala 1:100

4. DATI SALIENTI DA RDF

Tabella dei residui

nome	x	y	res x	res y	res stand x	res stand y
11	-0.482	7.526	0.036	0.046	0.899	1.286
12	-0.516	2.895	-0.024	-0.015	-1.336	-0.995
13	-6.795	8.930	-0.024	0.023	-0.725	1.140
14	-2.675	10.468	-0.012	-0.049	-0.291	-1.405
22	-6.747	4.692	0.025	-0.005	1.146	-0.432

sqm: 0,0042760671

Tabella coordinate unione (\*.fot)

nome	x	y	X	Y	*
11	1299	441	-0.5042	7.4978	
12	1379	909	-0.5035	2.9031	
13	726	375	-6.7775	8.9135	
14	1066	234	-2.6666	10.5021	
22	711	728	-6.7626	4.6955	

Tabella coordinate oggetto (\*.ogg)

nome	x	y
11	-0.5042	7.4978
12	-0.5035	2.9031
13	-6.7775	8.9135
14	-2.6666	10.5021
22	-6.7626	4.6955

Tabella coordinate immagine (\*.imm)

nome	x	y
13	726	375
14	1066	234
22	711	728
23	711	728

Area di ricampionamento

14.307	Yir
3.514	Xfi
-1.548	Yfi

1.

Area di ricampionamento

10.004	Yir
33.498	Xfi
3.139	Yfi

2.

Scala dell'immagine corretta

Valore in metri di un pixel: 0.01

Risoluzione immagine corretta (dpi): 254,000

Dimensione immagine corretta (pi): 1171 x 1436

Dimensione immagine corretta (cm): 11,714 x 14,364

3.

1. area di campionamento porzione di prospetto
2. area di campionamento ala destra
3. Fattore di scala utilizzato per ottenere l'immagine correttamente raddrizzata



# FOTOGRAMMETRIA

La fotogrammetria è una tecnica di rilievo di dettaglio che permette di determinare la posizione 3D di punti-oggetto a partire da misure effettuate su immagini digitali.

Le fasi principali della fotogrammetria digitale, da noi utilizzata sono le seguenti:

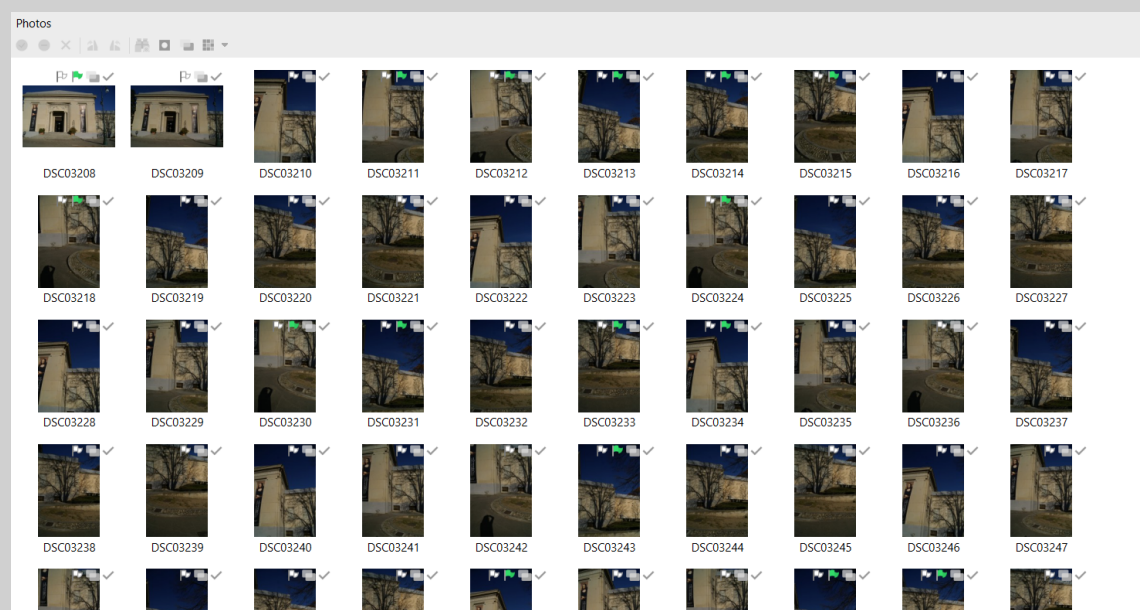
1. acquisizione di immagini;
2. orientamento interno ed esterno delle immagini;
3. collimazione di punti di controllo e valutazione dei risultati;
4. restituzione di prodotti metrici

Gli algoritmi fotogrammetrici sfruttano l'assimilabilità delle immagini fotografiche a prospettive centrali. La proiezione centrale produce una corrispondenza tra i punti oggetto (3D) e i punti immagine (2D), ossia la loro proiezione centrale. Per utilizzare il metodo fotogrammetrico è necessario avere almeno due immagini con punti di vista differenti, in quanto qualsiasi punto oggetto coincide con l'intersezione di due raggi proiettanti che passano attraverso i corrispondenti punti immagine.

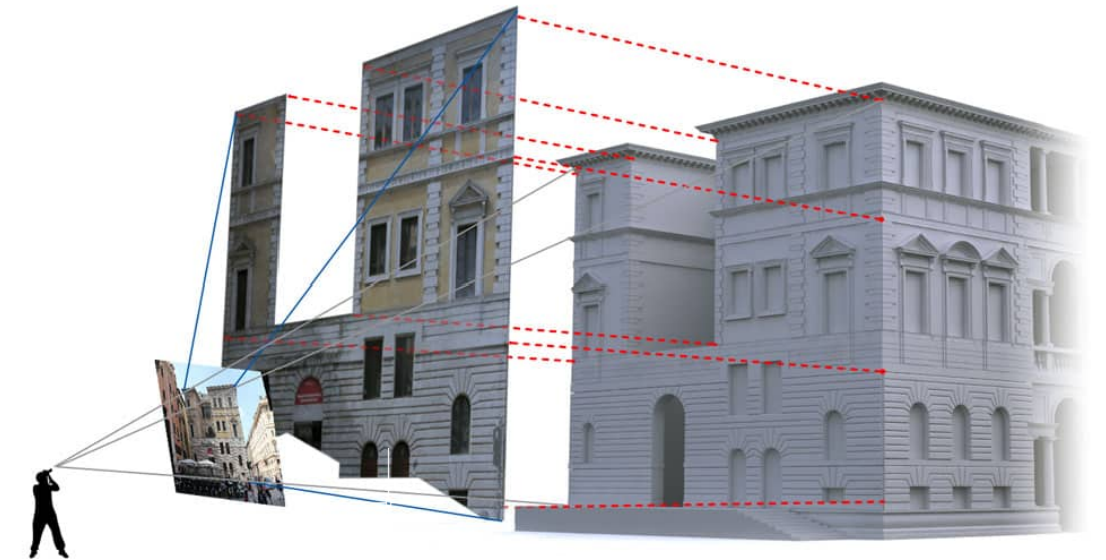
A livello matematico, la fotogrammetria si basa sul presupposto che il punto oggetto, il centro di proiezione e il punto immagine giacciono sulla stessa linea. Questo concetto geometrico è espresso dalle equazioni di collinearità (FIG 1), che collegano le coordinate di un punto immagine con le coordinate del punto oggetto, attraverso i parametri di orientamento interno ed esterno.

$$\begin{aligned} x_i &= x_0 - c \cdot \frac{a_{11}(X - X_0) + a_{12}(Y - Y_0) + a_{13}(Z - Z_0)}{a_{31}(X - X_0) + a_{32}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)} \\ y_i &= y_0 - c \cdot \frac{a_{21}(X - X_0) + a_{22}(Y - Y_0) + a_{23}(Z - Z_0)}{a_{31}(X - X_0) + a_{32}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)} \end{aligned}$$

FIG 1, Equazioni di collinearità



Immagini utilizzate (circa 400)



esempio di operazione fotogrammetrica

## 1) TECNICA SFM (STRUCTURE FROM MOTION)

La tecnica SfM ha l'obiettivo di ricostruire la struttura 3D di una scena statica attraverso una serie di misurazioni proiettive rappresentate da un insieme di immagini 2D,

tramite la stima del movimento della camera che ha acquisito le immagini

Le 3 fasi principali sono:

- estrazione di caratteristiche dalle immagini;
- stima del movimento della camera;
- generazione della struttura tridimensionale dell'oggetto

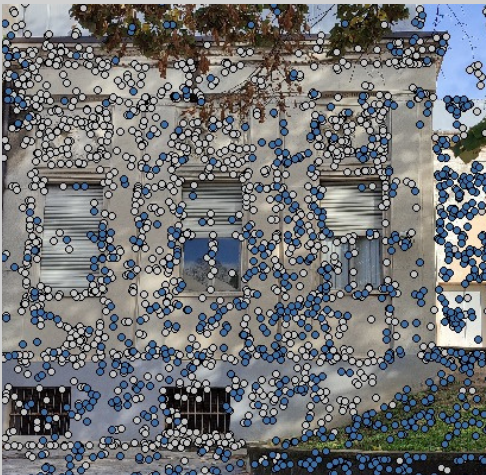
Il workflow (flusso di lavoro) si basa sull'utilizzo dei seguenti tipi di punti:

- key points: punti di interesse
- tie points (TP): punti di legame
- ground control point (GCP): punti di appoggio
- check point (CP): punti di controllo



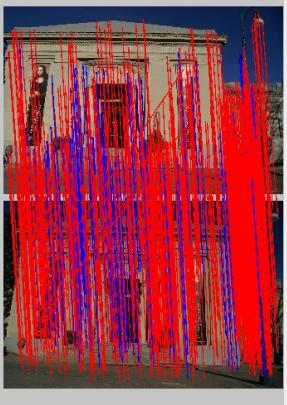
Per realizzare la procedura descritta nel punto 1, è stato utilizzato il programma Agisoft Metashape, secondo i seguenti passaggi:

- 1. Dopo aver aperto la finestra “Workflow → Add Photos”, si inseriscono le immagini con cui si è deciso di lavorare.
- 2. Si scelgono i valori dei fattori : “Accuracy”, ossia l'accuratezza dell'immagine in base a quanti pixel il programma andrà ad analizzare (in questo caso si è scelto “medium’, quindi l'analisi sarà fatta sulla metà dei pixel); il “Key point limit”, che indica il numero massimo di punti di interesse che il programma può estrarre da ogni immagine (40.000); il “Tie point limit”, ovvero il numero massimo di punti di legame usati per unire le immagini (4.000)

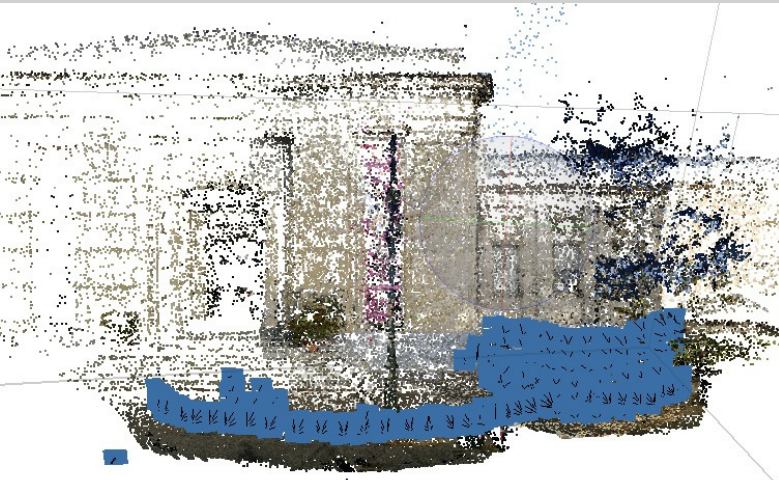


key points

Matches			
DSC03208			
Image	Total	Valid	Invalid
DSC03209	602	93	509
DSC03349	169	69	100
DSC03344	140	54	86
DSC03343	139	54	85
DSC03355	136	43	93
DSC03325	132	56	76
DSC03356	129	46	83
DSC03331	129	47	82
DSC03338	124	47	77
DSC03337	124	49	75
DSC03350	123	48	75
DSC03319	120	52	68
DSC03361	118	37	81
DSC03320	115	50	65
DSC03379	114	37	77
DSC03364	113	38	75

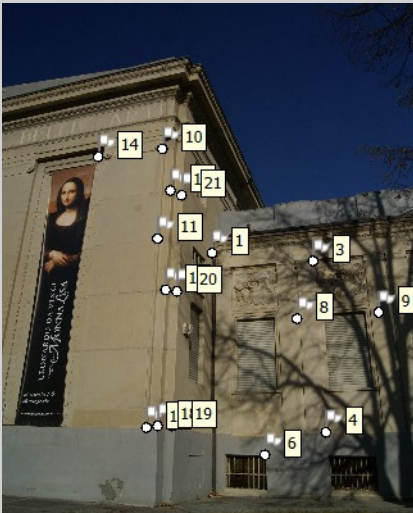
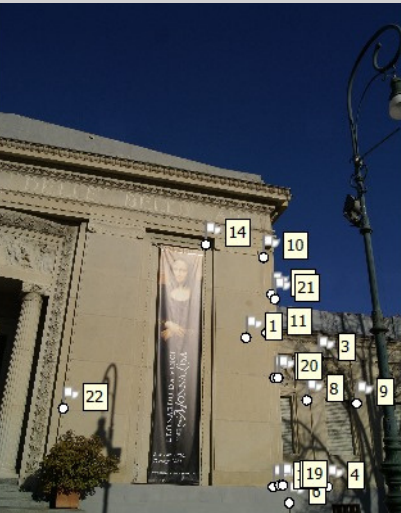


Tie points



Nuvola sparsa di punti

- 3. Si inizia la collimazione dei punti, utilizzando l'eidotipo e le coordinate dei punti di controllo; con il comando “Reference → Import” si importano le coordinate all'interno del programma;
- 4. Cliccando su “View errors”, si va a verificare che gli errori sulle coordinate dei punti non siano troppo elevati, ossia che si mantengano sotto i due centimetri;



Markers	X (m)	Y (m)	Z (m)	Accuracy (m)	Error (m)
✓ 17	-0.255900	6.109900	3.124000	0.005000	
✓ 18	-0.262900	2.933100	3.151000	0.005000	
✓ 19	-0.024000	2.933900	2.910200	0.005000	
✓ 20	-0.025300	6.134600	2.902600	0.005000	
✓ 21	-0.024700	8.892700	2.883900	0.005000	
✓ 14	-2.666600	10.502100	3.141300	0.005000	0.007985
✓ 12	-0.503500	2.903100	3.272700	0.005000	0.009623
✓ 1	0.000000	8.290700	-0.014100	0.005000	0.010233
✓ 6	1.507300	2.383000	-0.021000	0.005000	0.020381
✓ 2	8.025600	8.308900	-0.014100	0.005000	0.021086
✓ 4	3.152600	2.919900	-0.015500	0.005000	0.021129
✓ 22	-6.762600	4.695500	3.273400	0.005000	0.023314
✓ 11	-0.504200	7.497800	3.226800	0.005000	0.028734
✓ 7	7.172800	4.011600	-0.075000	0.005000	0.037023
Total Error					
Control points					0.022186
Check points					0.020759

- 5. Dopo aver aperto la finestra “Tools → Camera Calibration”, si inseriscono i dati relativi alla calibrazione della fotocamera;

Camera Calibration

DSLR-A100 (18mm)

260 images, 3872x2592 pix

unknown

152 images, 3000x4000 pix

unknown

46 images, 1500x2000 pix

Camera type:

Frame

Pixel size (mm):

0.00619046

x

0.00619046

Focal length (mm):

18

Rolling shutter compensation:

Disabled

Film camera with fiducial marks

☐

Initial

Adjusted

Bands

GPS/INS Offset

f:

3053.14484

cx:

-68.8812

cy:

12.404

k1:

-0.0822738

p1:

-0.00115714

k2:

0.0118037

p2:

-8.69085e-05

k3:

0.00655247

b1:

0

k4:

0

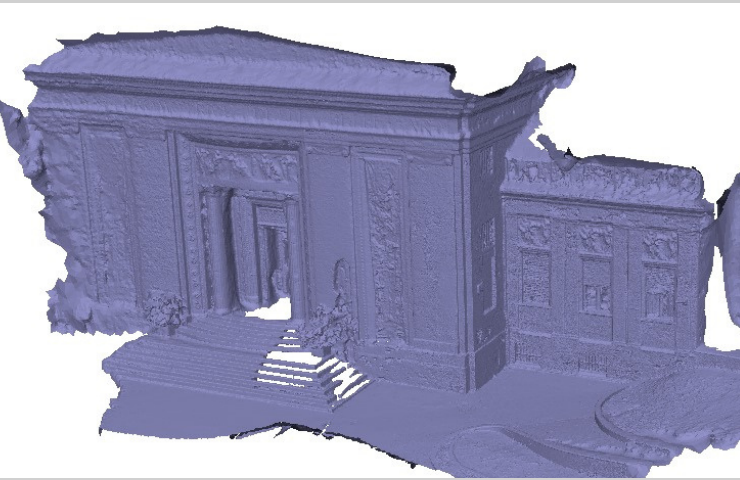
b2:

0

- 6. Successivamente si va a creare una nuvola densa a partire dalla nuvola sparsa. Workflow -> Build Dense Cloud, in tal caso in qualità high. Questo processo ci mostra l'immagine tridimensionale in maniera non uniforme;
  - 7. Per migliorare il modello deve essere realizzata una mesh, ovvero una superficie continua che si forma utilizzando la nuvola densa con l'unione dei punti in tanti triangoli.
- A questo punto possiamo visualizzare un modello 3D che non è più discontinuo;



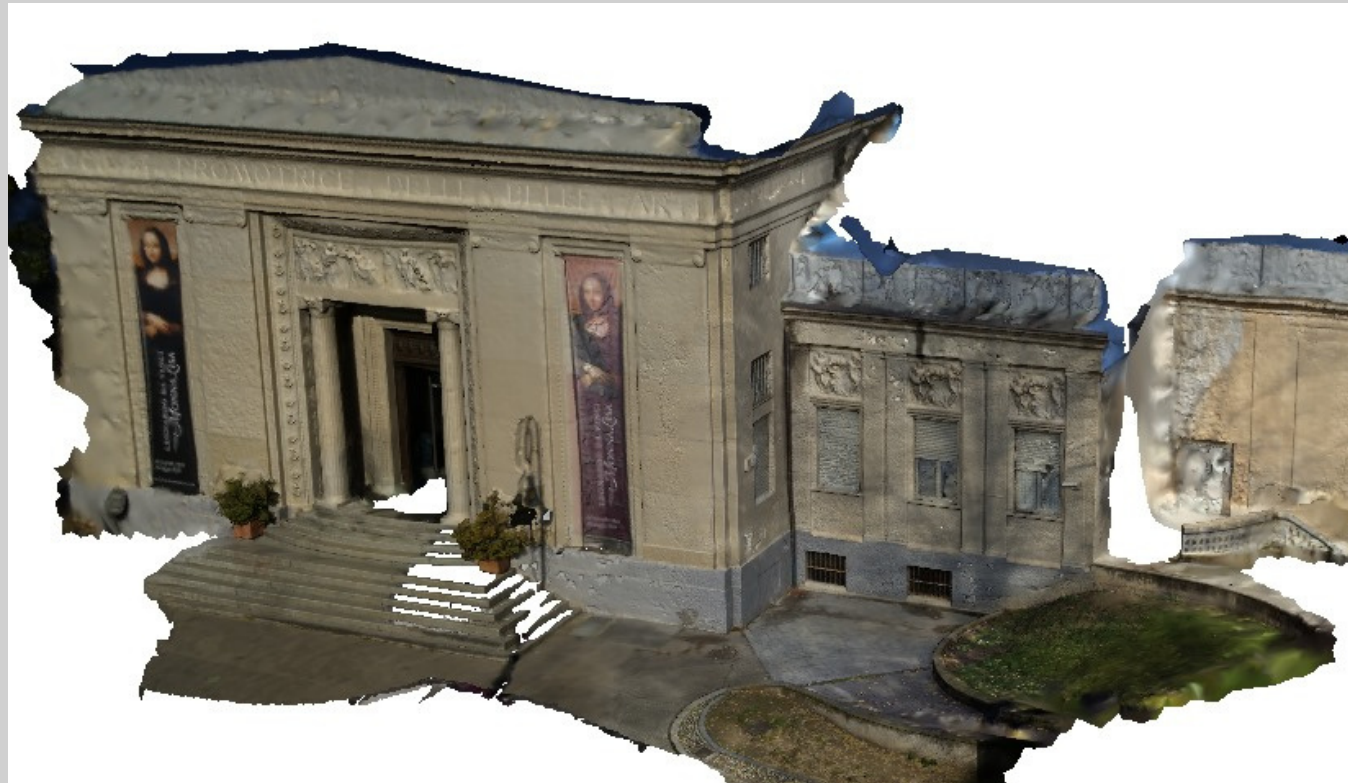
Dense cloud



Build mesh

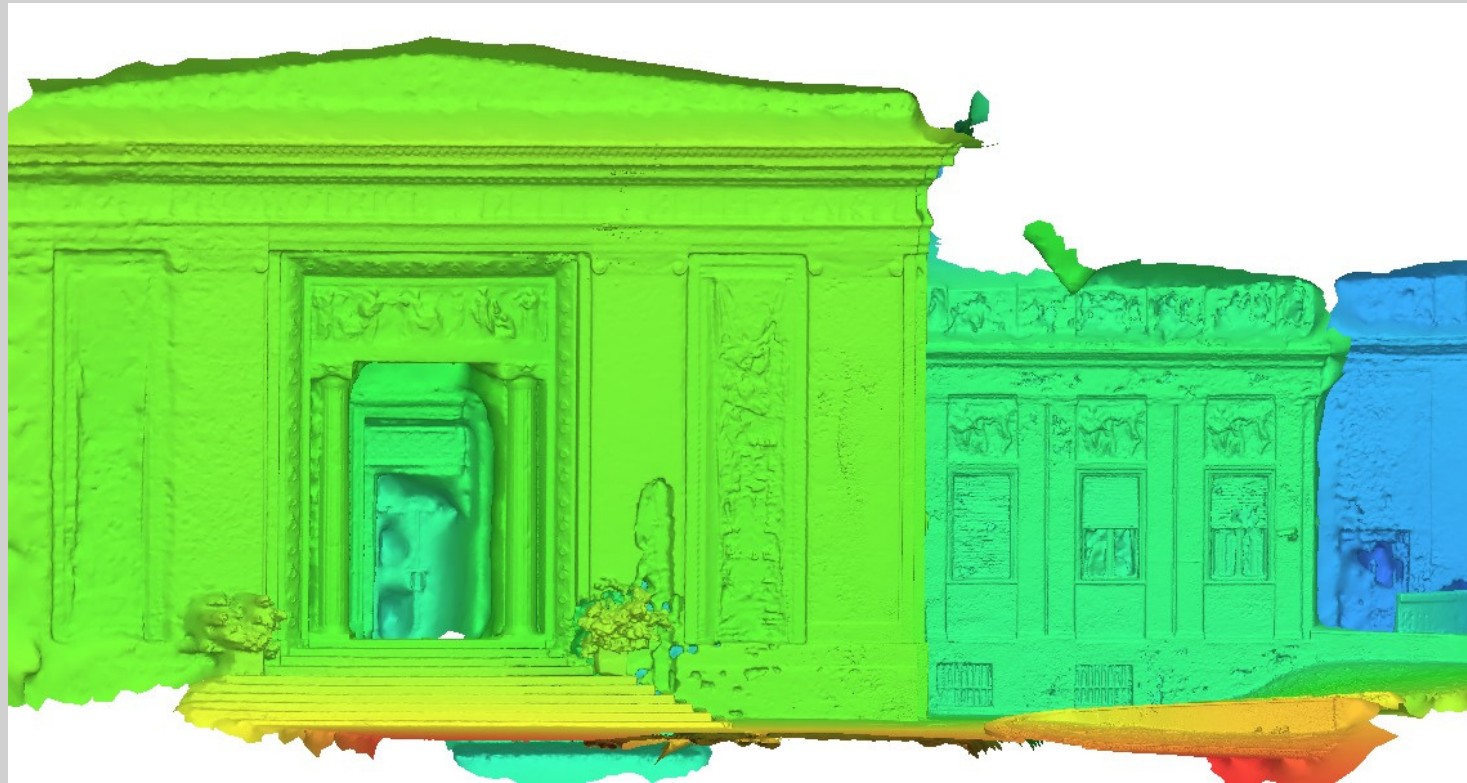


8. Generazione della Texture. Attraverso questa operazione si ricavano informazioni (il colore in particolare) direttamente dalle immagini e non dalla nuvola di punti, per aver un modello più chiaro possibile;
9. Elaborazione del DEM (Digital Elevation Model). Questa operazione permette di descrivere planetricamente e altimetricamente ciò chi è stato rilevato e fotografato, per la ricostruzione digitale dell'edificio,.



Mesh texturizzata

**faces: 3,131,210 vertices: 1,568,142**



Build DEM (digital elevation model)

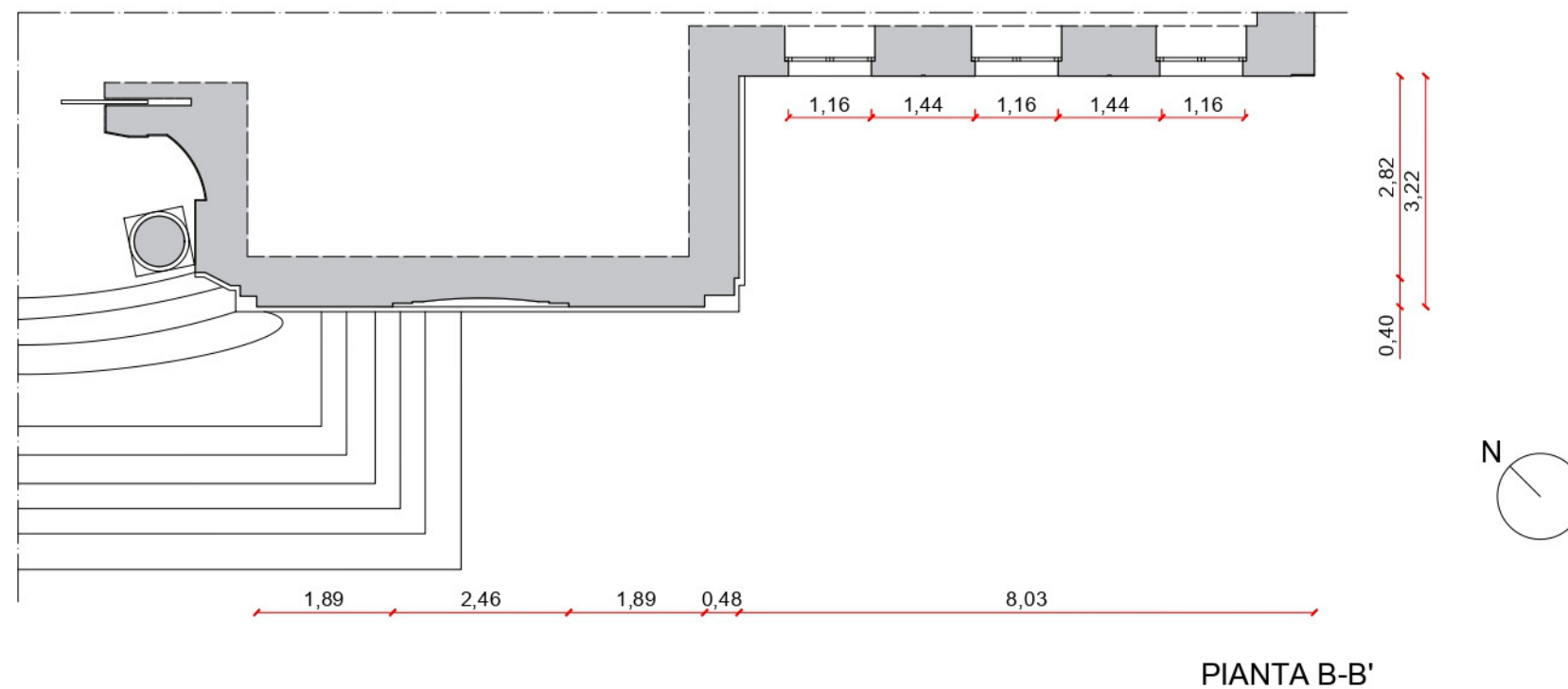
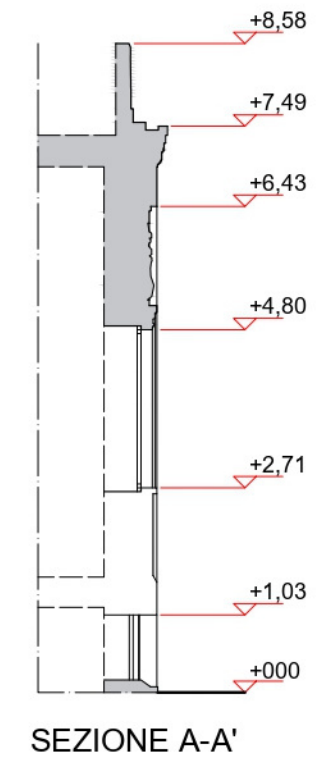
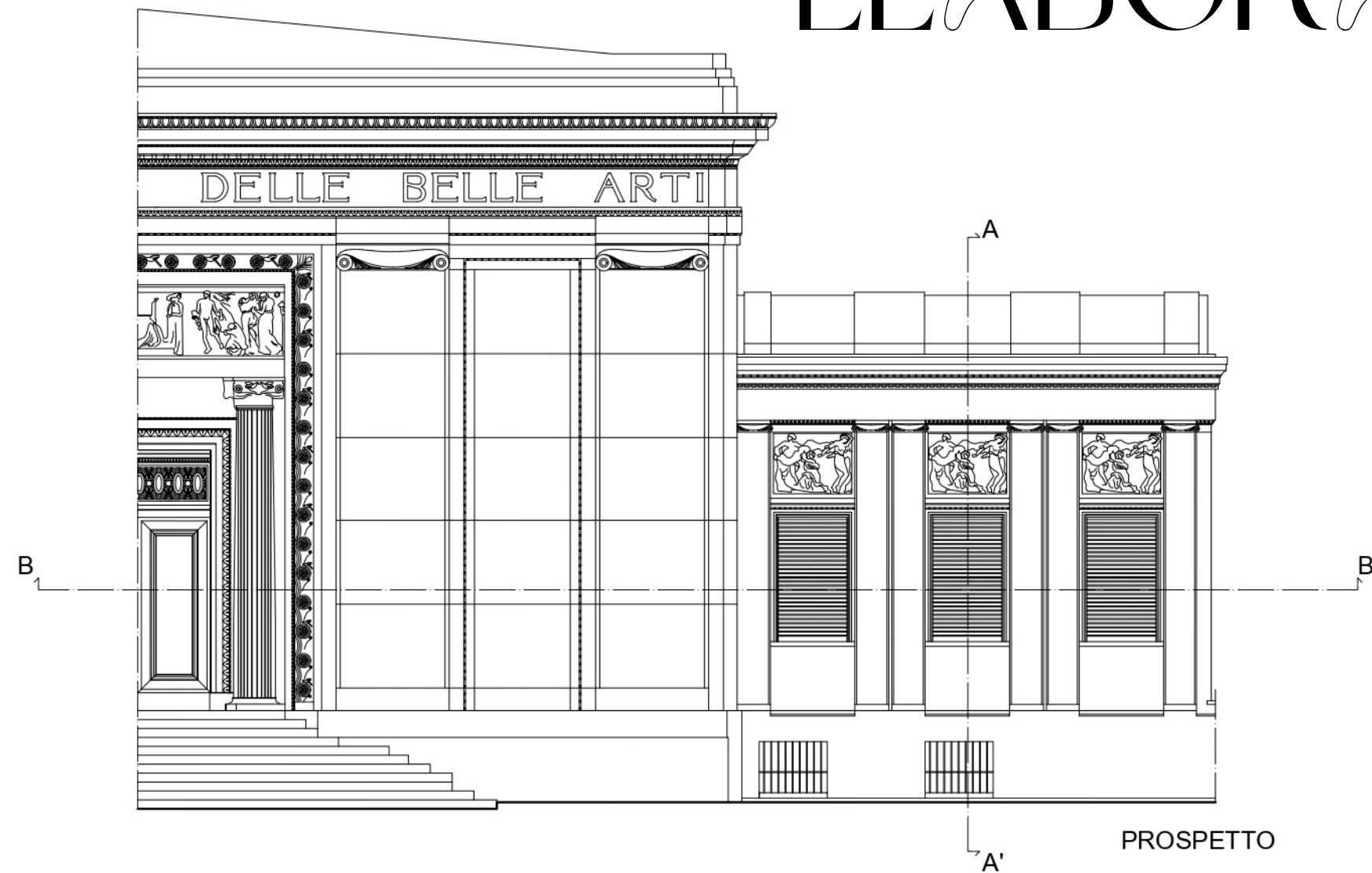
10. Il modello che si è generato però non è ancora utilizzabile per la realizzazione del prospetto. Quindi si deve procedere facendo un ortofoto proiezione. L'ortofoto che si è generato dovrà essere inserito all'interno di AutoCAD.
11. Si procede con l'apertura di AutoCAD, moltiplicando la larghezza del pixel per la sua dimensione; il valore ottenuto è la scala dell'immagine che si va ad inserire sotto la voce "scala". L'immagine deve essere inserita nella posizione corretta. Dopodichè si può procedere con l'elaborazione di prospetti e sezioni.

ortofoto che verrà utilizzata per l'elaborazione grafica





# ELABORATO GRAFICO



## LEGENDA

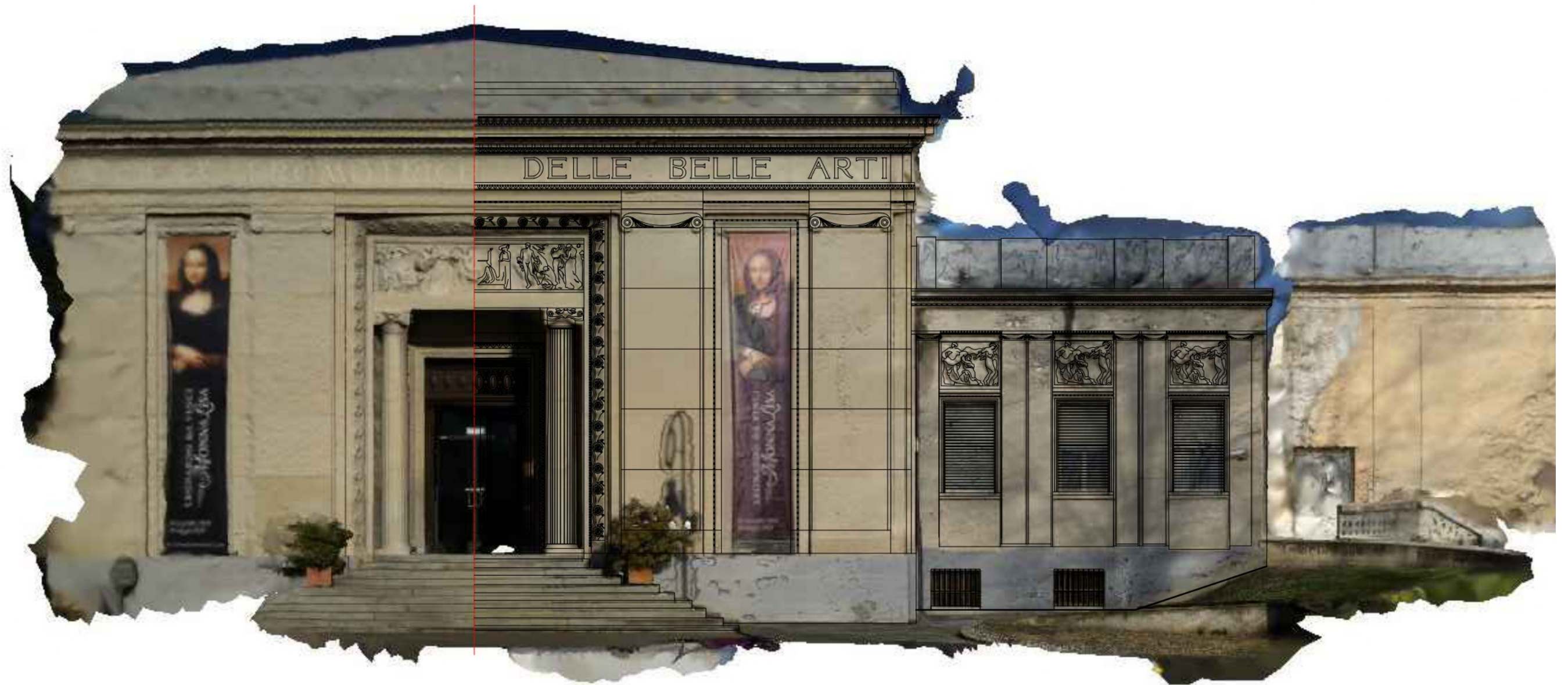
- SEZIONE
- - - CONFINI IPOTIZZATI
- - - LINEA DI SEZIONI
- LINEA DI TERRA
- LINEA DI PROSPETTO
- SERRAMENTI
- DECORAZIONI E QUOTE
- MURI SEZIONATI

SCALA 1:100

0 1 2 5 m



# CONFRONTO SULL'ORTOFOTO



SCALA 1:100 0 1 2 5 m