

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA FACOLTA' DI INGEGNERIA**

**Corso di Laurea in Ingegneria Edile**

**Dipartimento di Costruzioni e Trasporti**



**Tesi di Laurea**

**RILIEVO E RESTITUZIONE BI E TRI-DIMENSIONALE DELLA CELLA  
CAMPANARIA E DEL SOVRASTANTE TAMBURO DELLA TORRE DELLA  
BASILICA DEI SS. FELICE E FORTUNATO A VICENZA; E CONSEGUENTE  
VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI SOLLECITAZIONE DEGLI  
ELEMENTI LAPIDEI E MURARI.**

**RELATORE: Ch.mo prof. Zaupa Francesco**

**LAUREANDO: Polato Diego**

Anno Accademico 2010/2011

## INDICE

1. La torre campanaria della basilica dei SS. Felice e Fortunato
    - I. Descrizione della torre campanaria
    - II. Cenni Storici. Radice del problema allo studio
  2. Rilievo
    - I. Tavole di appunti di campagna
  3. Analisi dei carichi del tamburo e della cella campanaria
    - I. Generalità
    - II. Copertura
    - III. Tamburo
    - IV. Zona cella campanaria
    - V. Colonne
    - VI. Ripartizione dei carichi
  4. Verifiche di resistenza delle colonne della cella campanaria
- Conclusioni

## Appendice

### Documentazione fotografica

- I. Copertura
- II. Tamburo
- III. Cella campanaria
- IV. Merlature
- V. Fusto
- VI. Interno torre

INDICE DEGLI ALLEGATI

Tav.01 - Strutturale della copertura	Formato A1
Tav.02 - Pianta della cella campanaria	Formato A1
Tav.03 - Colonne lapidee delle bifore della cella campanaria	Formato A1
Tav.04 - Pianta e prospetti delle merlature	Formato A1
Tav.05 - Prospetti della torre	Formato A1
Tav.06 - Sezione della cella campanaria	Formato A3
Tav.07 - Decorazioni archi delle bifore lato nord	Formato A2
Tav.08 - Decorazioni tamburo fascia sotto cornice	Formato A2
Tav.09 - Render di insieme e particolari	Formato A1

## CAPITOLO 1

### LA TORRE CAMPANARIA DELLA BASILICA DEI SS. FELICE E FORTUNATO

#### I. DESCRIZIONE DELLA TORRE CAMPANARIA

La torre campanaria della basilica dei SS. Felice e Fortunato è una delle costruzioni tra le più antiche della città, insieme alla torre dell'osservatorio e al campanile del duomo.

Si presenta come una struttura muraria in stile romanico, risalente all'epoca benedettina (X secolo circa), rimaneggiata più volte durante gli anni fino a presentarsi come oggi la possiamo vedere.

La zoccolatura di base, di origine benedettina, è costituita da pietre squadrate di materiale romano di recupero con iscrizioni, e da blocchi lapidei paleocristiani.

Misura circa 630x650 cm e poggia a sud sopra un preesistente muro romano dello spessore di un metro e mezzo ed a nord, est ed ovest sopra ad uno strato di terreno argilloso che, consolidando sotto il peso dell'erigenda struttura, ha causato cedimenti differenziali delle fondazioni ed un conseguente fuori piombo della torre.

Alcuni testi quantificano il fuori piombo in circa 70 cm; da misurazioni effettuate di recente, durante gli studi di preparazione al restauro conservativo e di consolidamento terminato nel 2011, è risultato attorno ai 50 cm a livello cella campanaria – lato nord.



Fig. 1.1.1 – Torre campanaria – lato ovest.



Fig. 1.1.2 – Zoccolo torre – lato ovest.



Fig. 1.1.3 – Dettaglio zoccolo – lato nord.

Nel 1117 a seguito di un forte terremoto che interessò gran parte della pianura padana, circa metà del campanile fu soggetta a crollo.

Fu ricostruito fino alla cella campanaria, attorno al 1160, come riporta l'incisione posta su una pietra sita nello spigolo nord-ovest del fusto a circa due terzi dell'altezza (Fig. 1.1.4).



Fig. 1.1.4 – Iscrizione su fusto – lato nord

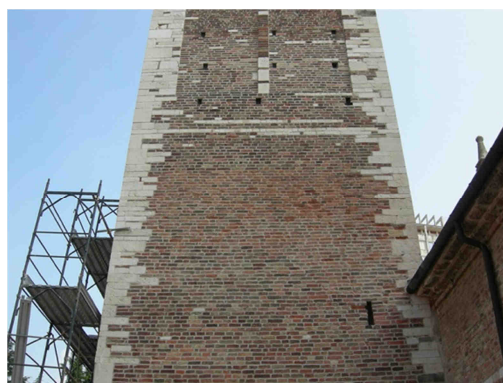


Fig. 1.1.5 – Tessitura delle pietre angolari.

La ricostruzione fu eseguita in ripresa della porzione inferiore di fusto rimasta integra. Si può osservare difatti come la disposizione delle pietre d'angolo sia più irregolare nella parte di fusto contigua alla zoccolatura, rispetto alla parte sovrastante ricostruita (Fig.1.1.5).

La parte ricostruita presenta una disposizione delle pietre angolari regolare nella tessitura e definita con precisione nella disposizione in pianta, lungo tutta l'altezza, cella campanaria compresa.

La parte sommitale dell'attuale torre (il tamburo), ed il camminamento merlato (Fig. 1.1.6), furono delle aggiunte fatte a posteriori, databili attorno alla fine del XIV secolo la merlatura, (probabilmente negli anni dal 1365 al 1380, quando la vicina caserma della Rocchetta era in

fase di costruzione per volere degli scaligeri) e inizio XV secolo il tamburo (Fig. 1.1.7).



**Fig. 1.1.6** – Vista della merlatura – lato ovest.

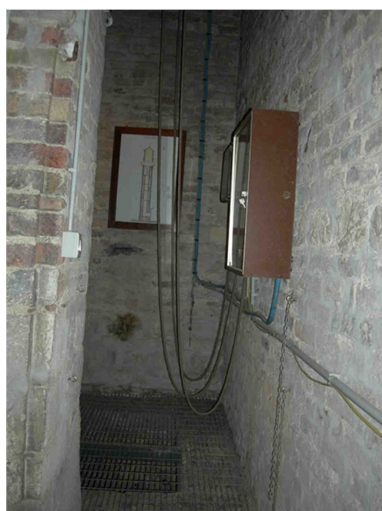


**Fig. 1.1.7** – Tamburo ottagonale

La torre ha un impianto quadrato di lato circa 620 cm, ad esclusione della zoccolatura che risulta lievemente più larga. Le pareti del fusto sono costituite da muratura dello spessore medio attorno ai 165 cm, che comprendono i 60 cm circa dell'ingombro rampe scala.

Queste, costeggiano ad elica all'interno della muratura i lati del fusto fino a quota 25.05 m rispetto al piazzale esterno e proseguono poi con due rampe parallele fino all'impalcato ligneo della cella campanaria, posto a quota 30.35 m circa.

Il fondo del fusto si trova a quota 2.30 m circa ed è chiuso (Fig. 1.1.8), probabilmente a causa del riempimento della canna interna da parte dei detriti durante il terremoto del 1117.



**Fig. 1.1.8** – Locale su base del fusto.



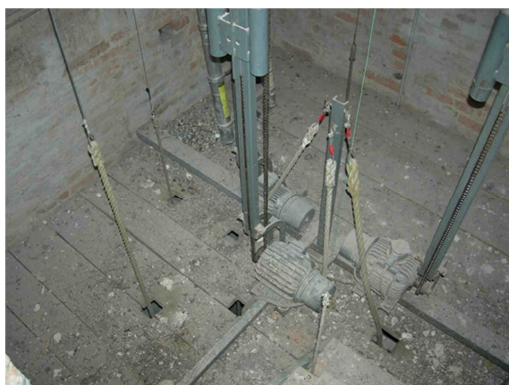
**Fig. 1.1.9** – Saletta della guardia.

Il fusto presenta internamente quattro impalcati lignei.

Il primo impalcato è situato a quota 11.45 m, è accessibile dalla quinta rampa di scale e fa da pavimento ad un locale di dimensioni 2.5x2.5 m, alto circa 5.2 m.

Il secondo impalcato ligneo è posto a quota 16,85 m con accesso dalla settima rampa di scale. Sull'impalcato trova posto un locale di dimensioni 2,5x2.5 m con altezza 3.3 m e comunicante con l'esterno tramite portone protetto da ringhiera verso est. Il locale era quello destinato alle guardie (Fig. 1.1.9). Si rimanda alla tavola 2.1.16 degli appunti di campagna per ulteriori dettagli.

Il terzo impalcato ligneo è situato a quota 20.20 m. Pavimenta un locale di dimensioni 2.6x2.45 m dove trovano alloggio i meccanismi dell'orologio visibile in facciata ovest (Fig.1.1.10). L'accesso al locale è dalla nona rampa e l'impalcato si trova un metro sotto la quota della soglia d'ingresso. Il locale è coperto da una volta a botte in muratura (Fig.1.1.11).



**Fig. 1.1.10** – Meccanismi orologio.

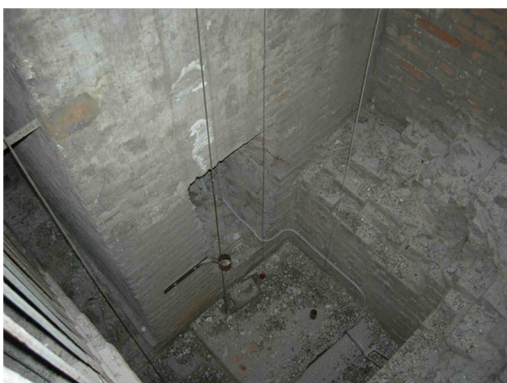


**Fig. 1.1.11** – Volta a botte.

A quota 20.05 m partono due rampe di scale parallele che danno accesso alla cella campanaria. Alla stessa quota trova posto la cisterna dell'acqua, edificata nel XIV secolo con funzione di riserva idrica (Fig. 1.1.12 e 1.1.13).

La cisterna in muratura misura esternamente 2x2 m ed ha un'altezza di 4.30 m.

Il quarto impalcato ligneo è quello posto a base della cella campanaria, a quota 30.35 m circa, costituito da un tavolato di spessore 3.5 cm circa e sorretto da travi in legno massiccio di misura approssimativa 14x20 cm.



**Fig. 1.1.12** – Cisterna dell'acqua.

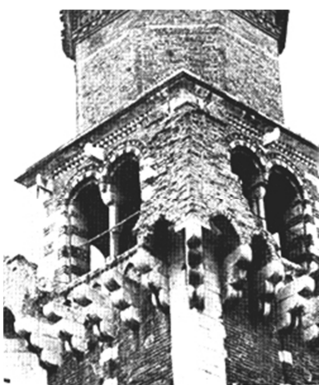


**Fig. 1.1.13** – Cisterna dell'acqua.

La merlatura scaligera sporge in media di circa 95-100 cm dal filo esterno della cella campanaria, il camminamento netto misura in media 50 cm.

Le mensole in pietra di supporto al camminamento furono inserite in rottura.

Parte della merlatura di nord-ovest subì, circa una quarantina di anni fa, un crollo significativo, fortunatamente senza conseguenze per le persone. A seguito dell'evento si effettuarono tutte le analisi del caso e si rilevò che pure le mensole in pietra (modiglioni) di nord est non garantivano più l'adeguata sicurezza.



**Fig. 1.1.14-15** – Crollo della merlatura (Foto Studio Tapparo–Trentin , Vicenza).

Pertanto fu eseguito un intervento radicale con sostituzione di otto modiglioni che opportunamente collegati con leganti cementizi al fusto della torre, resero più sicuro e durevole il camminamento merlato.



I modiglioni sostituiti distinguibili dagli originali scaligeri (Fig. 1.1.16) riportano incisa la data dell'intervento (1972), in analogia con l'incisione di cui alla figura 1.1.4.



**Fig. 1.1.16** – Modiglioni sostituiti dopo il crollo

La cella campanaria è caratterizzata da quattro aperture a bifora in corrispondenza dei quattro punti cardinali. Gli archi delle bifore sono a tutto sesto, con un apprezzabile archivoltato in laterizio e pietra, e sono sostenuti dalle spalle in muratura della cella e da quattro colonne lapidee poste in asse alle bifore.

Le colonne hanno sezioni differenti:

- la colonna nord è a sezione ottagonale e misura di lato circa 9.5 cm;
- la colonna sud è a sezione circolare con raggio prossimo ai 12 cm;
- la colonna est è a base ottagonale irregolare, i cui lati misurano rispettivamente 11 cm e 6.5 cm (si alternano le due misure, si veda tavola 2.1.10 per i dettagli del caso);
- la colonna ovest è binata, con sezione approssimabile alla parziale fusione di due colonnine cilindriche di raggio attorno ai 7 cm.

Per quanto concerne la natura della pietra costituente le colonne, si è accertato che le colonne nord, sud e ovest sono in marmo rosso di Verona, e presentano segni di degrado. La colonna est rimane di natura incerta: ad un esame visivo appare pietra molto compatta e ben conservata (Fig. 1.1.17-20).



Fig. 1.1.17 – Colonna nord.



Fig. 1.1.18 – Colonna ovest.

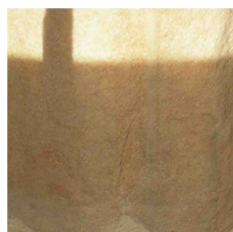


Fig. 1.1.19 – Colonna est.



Fig. 1.1.20 – Colonna sud.

All'interno della cella campanaria trovano posto una struttura di sostegno per le campane (poggiante sulla soglia lapidea delle bifore e sul risalto coronale della muratura del fusto) e le campane stesse.

All'esterno, poco sopra gli archivolti, sono presenti dei supporti in pietra che dovevano sostenere una copertura rimovibile, a riparo del camminamento merlato (Fig.1.1.21).



Fig. 1.1.21 – Supporti in pietra.



Fig. 1.1.22 – Capo chiave e cornicione.

Poco sotto il cornicione sono visibili i capo chiave in ferro delle catene perimetrali metalliche. Le catene sono poste all'interno della muratura della cella campanaria per assorbire la componente radiale della spinta causata dalla muratura e dalla copertura del sovrastante tamburo (Fig. 1.1.22).

La zona cella è coronata da un cornicione in pietra (Fig. 1.1.22) in andamento fino al raccordo con la muratura del tamburo ottagonale.

Il tamburo ottagonale ha i lati esterni di misura media 230 cm. Internamente si presenta circolare, leggermente ovalizzato verso il fondo, all'innesto con la cella campanaria. Il raggio medio si attesta sui 435 cm.

La muratura presenta uno spessore minimo di circa 60 cm nel punto medio dei lati esterni, facilmente verificabile in corrispondenza delle due aperture presenti sul lato sud. Il massimo spessore della muratura è attorno agli 83 cm, misurato per costruzione grafica in corrispondenza dei vertici esterni della muratura.

Sulla sommità, a ridosso della cornice in pietra della copertura, è presente una fascia di decorazioni in laterizio che corona il tamburo. La fascia si estende in altezza per circa un metro (Fig. 1.1.24).

Il tamburo insiste con le quattro pareti parallele a quelle della cella campanaria direttamente sulla muratura di questa e sugli archi delle bifore.

Le pareti inclinate rispetto alle pareti della cella campanaria sono invece sorrette da archi di scarico in muratura - visibili all'interno della cella sui quattro angoli - poggianti sulla volta degli archi delle bifore (Fig. 1.1.23).



**Fig. 1.1.23** – Archi di scarico.



**Fig. 1.1.24** – Decorazioni sul tamburo.

La copertura del tamburo è stata ripristinata durante il restauro conservativo e di consolidamento effettuato nell'anno 2011.

La pendenza rilevata è del 37%, circa 20°.56. La struttura principale a sostegno della copertura è interamente in cemento armato, costituita dall'incrocio retto di due capriate e da ulteriori quattro travi di falda lungo le bisettrici che queste formano incrociandosi.

Le travi di falda e le travi di catena hanno sezioni di circa 16x21 cm. Il monaco comune alle due capriate misura in sezione 16x16 cm.

Poggiante sulle travi di falda e sulla muratura perimetrale vi sono dei morali in legno massiccio di misura 8x8 cm posti con un interasse di circa 30 cm. I morali poggiano sulle travi di falda su apposite tasche e l'ancoraggio è garantito da staffature metalliche.

Ogni settore di copertura presenta quattro morali, come visibile in figura 1.1.25.



**Fig. 1.1.25** – Morali e tavelline viste dal basso.



**Fig. 1.1.26** – Estensione del manto di tavelline.

I morali sostengono un manto di tavelline in laterizio che si estende dal vertice della copertura fino al filo interno della muratura del tamburo (Fig. 1.1.26). Le tavelline misurano 28x14x3 cm. Tra i morali in legno e le tavelline è stata interposta in fase di rifacimento della copertura, una striscia di guaina, così da evitare la marcescenza del legno dovuta al contatto con la malta.

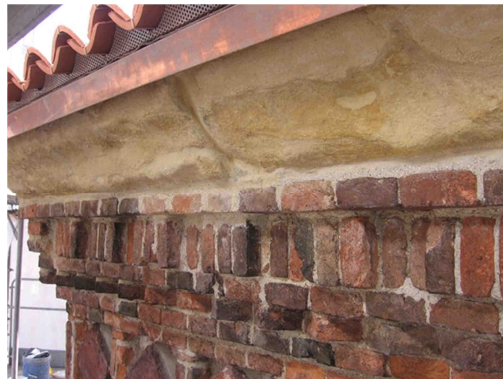
Un ulteriore manto in legno multistrato di spessore 1.8 cm è posto sopra le tavelline in laterizio.

Concludono la stratigrafia di copertura uno strato di guaina di impermeabilizzazione da 4.5 mm ed un manto in coppi.

Sul vertice della copertura è presente una guglia in pietra di Vicenza a sezione ottagonale variabile (Fig. 1.1.27).



**Fig. 1.1.27** – Guglia.



**Fig. 1.1.28** – Cornice in pietra di copertura.

All'innesto della copertura con la muratura perimetrale del tamburo (Fig. 1.1.28), è presente un cornicione in pietra di Nanto (calcarenite organogena). Non è stato possibile determinare con precisione di quanto poggia detto cornicione sulla muratura perimetrale del tamburo a causa di un sovrastante getto in calcestruzzo realizzato attorno agli anni '30. Il getto è visibile in Fig. 1.1.26).

## II. CENNI STORICI. RADICE DEL PROBLEMA ALLO STUDIO

Si è voluto inquadrare per sommi capi il contesto storico della città di Vicenza tra la fine secolo XIII e l'inizio del XV, per spiegare lo scopo dei lavori di fortificazione effettuati sulla torre della basilica.

La trasformazione del campanile in torre di guardia con la conseguente costruzione delle opere necessarie a renderla adatta a svolgere funzioni difensive, ha provocato un aumento del carico gravante sulle colonne lapidee presenti nelle bifore della cella campanaria.

Pertanto il presente studio si propone di rilevare la geometria della torre dalla cella campanaria fino alla sommità, e calcolare lo stato di sollecitazione delle sopracitate colonne lapidee, verificando la rispondenza o meno di queste a condizioni di sicurezza statica.

- 1259** - Fine della tirannia degli Ezzelini. Segue un periodo di pace tra le città di Vicenza, Padova, Verona e Venezia.
- 1278** - Scontro tra i Veronesi e la confederazione tra padovani e vicentini.
- 1280** - Riparte la guerra tra veronesi e la confederazione padovani–vicentini: si conclude poi la pace. In questo periodo i padovani hanno cominciato a spadroneggiare a Vicenza, scontentando di fatto i vicentini.
- 1291** - Rivolta dei vicentini contro l'oppressione padovana. Il giorno 14 agosto, mentre si celebrano le solennità dei Santi Felice e Fortunato scoppiano disordini.
- 1297** - Alberto della Scala cerca di introdursi in Vicenza con l'aiuto degli esiliati vicentini che risiedono a Verona. Il tentativo fallisce.
- 1311** - Il 15 aprile i padovani perdono il controllo della città di Vicenza. Con l'arrivo dell'imperatore neo eletto in Italia, i vicentini scontenti del governo padovano si ribellano aiutati dagli scaligeri e prendono la città. Il 20 aprile il Signore scaligero prende possesso di Vicenza.  
Continuano nel frattempo gli scontri sporadici tra padovani e vicentini.  
*Inizio del dominio Scaligero sulla città di Vicenza.*
- 1313** - I padovani tentano di riprendere Vicenza. Ripetuti scontri con gli scaligeri.

- 1314** - Ripetuto tentativo dei padovani di riprendere Vicenza. Pace finale.
- 1318** - Inizio del dominio dei carraresi in Padova.
- 1324** - Scontri tra i padovani in lega con il duca d’Austria e gli scaligeri.
- 1327** - Padova passa sotto gli scaligeri. Il Signore scaligero diventa vicario imperiale.
- 1332** - Lega di varie signorie contro il re di Boemia.
- 1337** - I carraresi riprendono la signoria di Padova.
- 1338** - Vicenza è sotto assedio da parte dei padovani. In caso di caduta della città in mano padovana, le minacce sarebbero dirette verso Verona. Vicenza è una sorta di cuscinetto.
- 1344** - Costruzione del castello verso la chiesa di San Felice.
- 1348** - Peste
- 1365** - Inizio costruzione di varie fortificazioni, tra cui la Rocchetta, baluardo difensivo della città nella direttrice Vicenza–Verona. E’ probabile che la merlatura della torre campanaria della basilica dei SS. Felice e Fortunato risalga a questi anni, essendo situata vicinissima alla Rocchetta e potendo fungere da torre di avvistamento.
- 1368** - Gli scaligeri si alleano con i Visconti di Milano.
- 1370** - Potenziamento delle mura di Vicenza da parte degli scaligeri, a causa dell’inimicizia scoppiata tra veneziani e padovani.
- 1378** - Ostilità tra Visconti e scaligeri per questioni di eredità.
- 1379** - Invasione del vicentino da parte dei Visconti. Segue la pace.
- 1381** - Il 23 aprile cominciano le fortificazioni attorno al borgo di San Felice
- 1386** - Ripartono gli scontri tra scaligeri e Visconti. I padovani assediano Vicenza
- 1387** - Gli scaligeri malmessi rimettono il dominio di Verona e Vicenza all’imperatore. Verona passa così nelle mani dei Visconti, e Vicenza di conseguenza.  
*Inizio del dominio dei Visconti su Vicenza.*
- 1389** - Padovani e veronesi scacciano i Visconti dalle rispettive città. Vicenza vi rimane invece fedele.
- 1391** - Lega di molti principi d’Italia contro i Visconti, che sono diventati molto potenti. Segue tregua nel 1392.
- 1397** - Nuova guerra tra Visconti e la lega di principi d’Italia. Segue la pace.
- 1400** - Cambio di imperatore; discordie con i Visconti ed il nuovo.

- 1404** - Il 28 aprile i vicentini pressati dai padovani chiedono ed ottengono di passare sotto la protezione della Serenissima. I padovani comunque continuano a molestare il territorio vicentino.
- 1406** - Fine dei carraresi, anche Padova e Verona passano sotto il dominio veneziano.
- 1409** - Restauro delle fortificazioni del vicentino.
- 1410** - Guerra contro il nuovo imperatore, re d'Ungheria.
- 1413** - Gli ungheresi assaltano Vicenza.
- 1424** - Presagi di nuove guerre tra veneziani e milanesi a causa di Filippo Maria Visconti.

Come si nota dalla breve cronologia, i periodi di pace sono sempre stati relativamente brevi per la città di Vicenza, negli anni considerati. Le minacce dall'esterno si presentavano ciclicamente e di frequente.

Sotto il dominio scaligero con la costruzione della caserma della Rocchetta (1365–1380 circa), di cui parte delle mura sono ancora visibili oggi passando per Viale Mazzini, si è probabilmente provveduto a dotare la torre campanaria della basilica dei SS. Felice e Fortunato del camminamento merlato, così da farla divenire punto di vedetta e fornirle potenzialità difensive.

Lo stesso discorso è valevole per il tamburo: bisognava far rispondere l'opera alle esigenze contingenti del periodo.



Bibliografia:

**Castellini, S.**, *Storia della Città di Vicenza*, Tipografia Parise, Vicenza 1821.

**Previtali, A.**, *Basilica e Martyrion dei SS. Felice e Fortunato in Vicenza: Guida Illustrata*, 1985.

**AA.VV.**, *La Basilica dei SS. Felice e Fortunato, Opere e studi*, 1972. (\*)

(\*) Volume da cui sono tratte le foto in figura 1.1.9 e figura 1.1.10 ad opera del Foto Studio Tapparo-Trentin di Vicenza.

## CAPITOLO 2

### RILIEVO

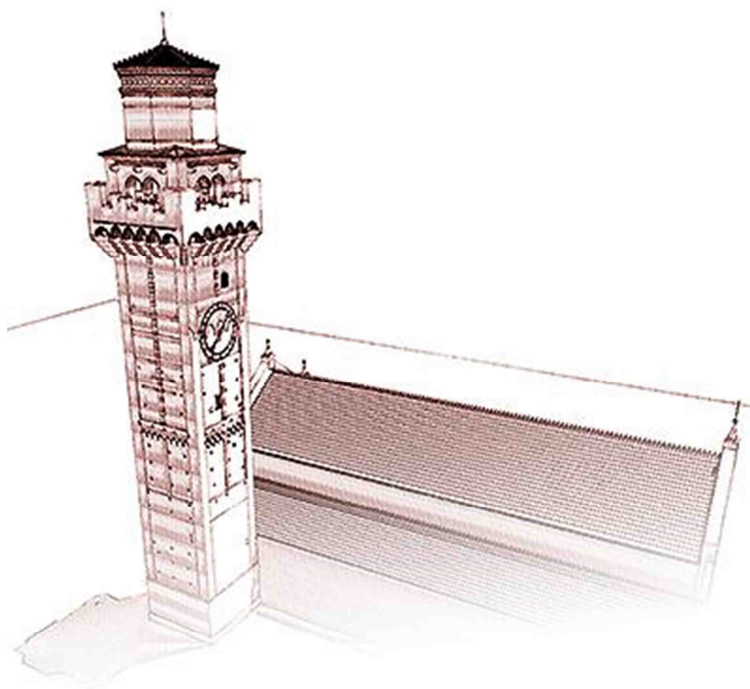
I lavori di restauro e consolidamento strutturale della torre campanaria della basilica dei SS. Felice e Fortunato avvenuti nel corso del 2011, hanno reso possibile il rilievo di cui questo studio tratta.

I ponteggi allestiti per le operazioni di cantiere hanno permesso l'accesso a zone della torre altrimenti non raggiungibili. Il contatto con i tecnici specializzati ha permesso di acquisire informazioni dettagliate sulla costituzione di porzioni di torre già ripristinate, come ad esempio la copertura, permettendo così una maggiore precisione nella successiva fase di analisi dei carichi.

Si è cercato durante le operazioni di misurazione, di essere il più precisi e accurati possibile, ferme restando le oggettive difficoltà che si sono incontrate talvolta nell'operare in concomitanza alle imprese intente al restauro, portando attenzione a non intralciare i lavori in fase di svolgimento.

Il rilievo della cella campanaria e dei livelli sovrastanti, è stato compiuto mediante ausilio di una cordella metrica, un metro pieghevole ed uno avvolgibile, un distanziometro laser.

Si allegano tavole in formato A1, A2 ed A3, che coprono la zona della cella campanaria, il tamburo, alcune decorazioni, le merlature ed il fusto della torre (vedi indice allegati).



## I. TAVOLE DI APPUNTI DI CAMPAGNA

Di seguito vengono riportate, ad integrazione degli allegati, alcune tavole di riordino degli appunti di campagna raccolti durante il laborioso rilievo della torre campanaria.

Gli schizzi spaziano dalla copertura alle decorazioni in laterizio del tamburo, a sezioni per la disposizione altimetrica degli elementi, alle merlature, per finire con le tavole dell'interno fusto, in cui si inquadrano oltre agli ingombri, le quote delle varie rampe e locali interni, nonché alzate e pedate (molto irregolari) dei vari gradini.

Le tavole non sono riportate in scala, sono state eseguite di getto, come sunto dei dati raccolti, riorganizzati per meglio procedere alla restituzione grafica.

Sono comunque prezioso ausilio per comprendere la costituzione delle varie parti della torre campanaria, da integrare magari con la documentazione fotografica presente in appendice.



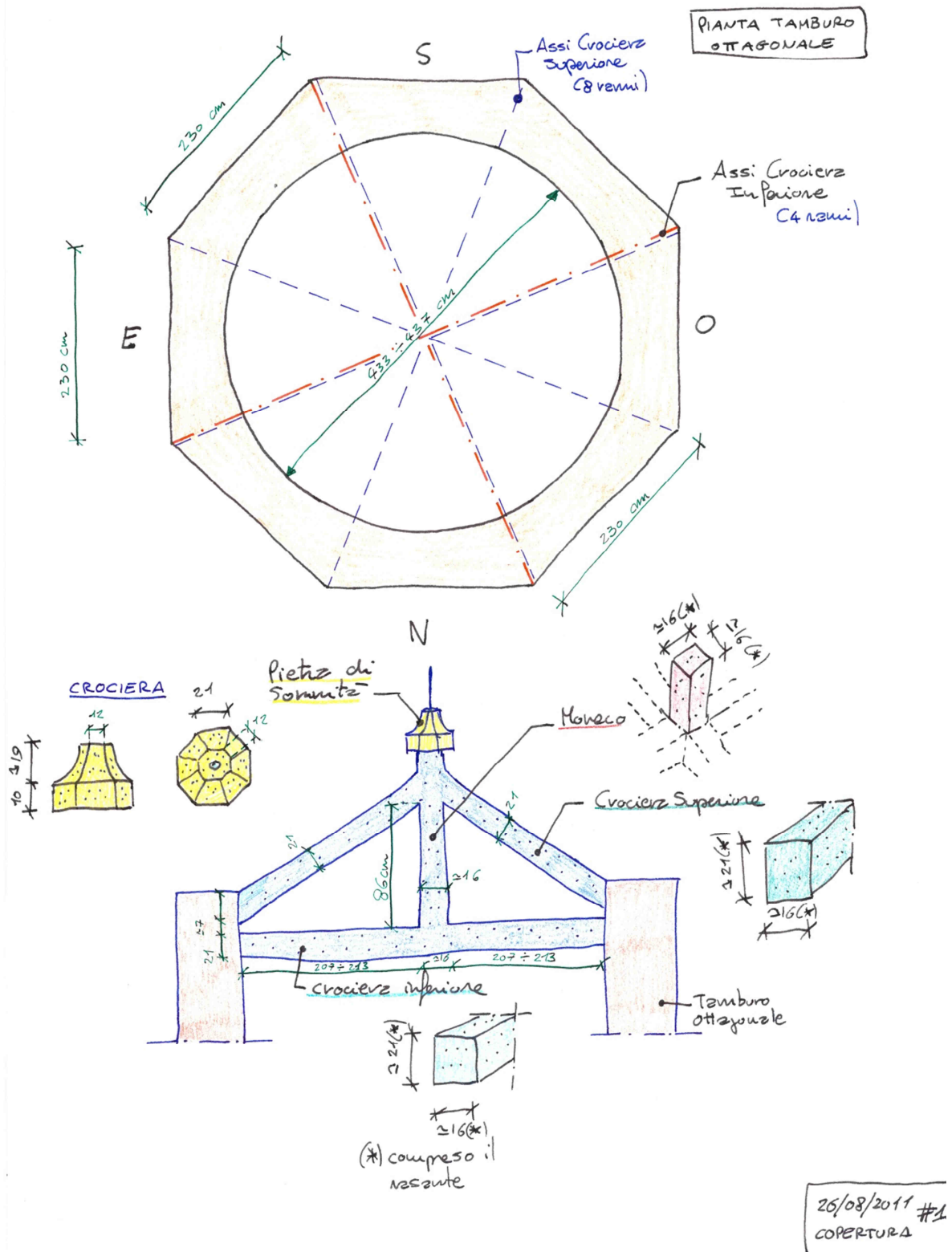


Fig. 2.1.1 – Copertura: ingombro tamburo e misure principali degli elementi strutturali.

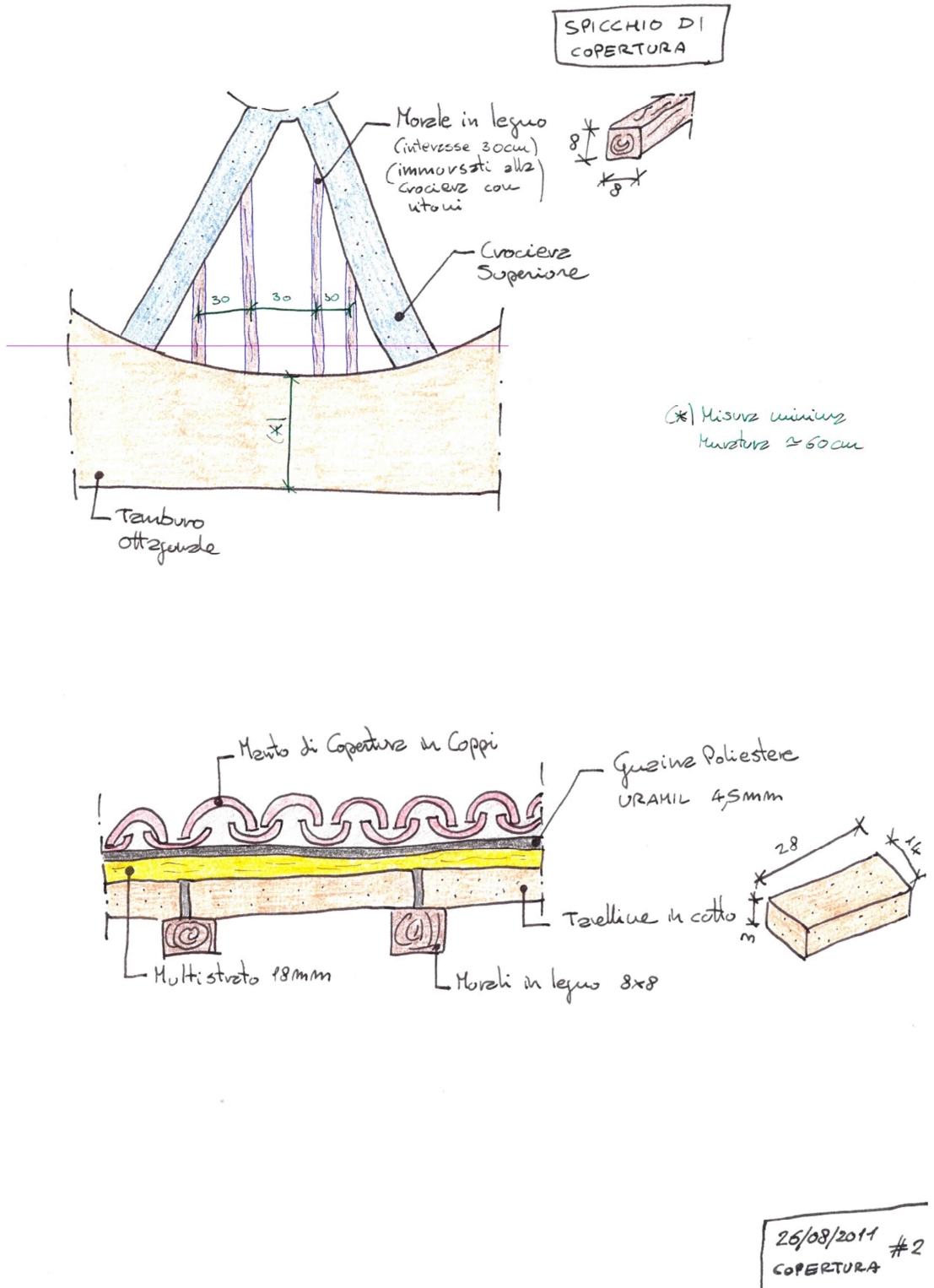


Fig. 2.1.2 – Copertura: stratificazione del manto di copertura.

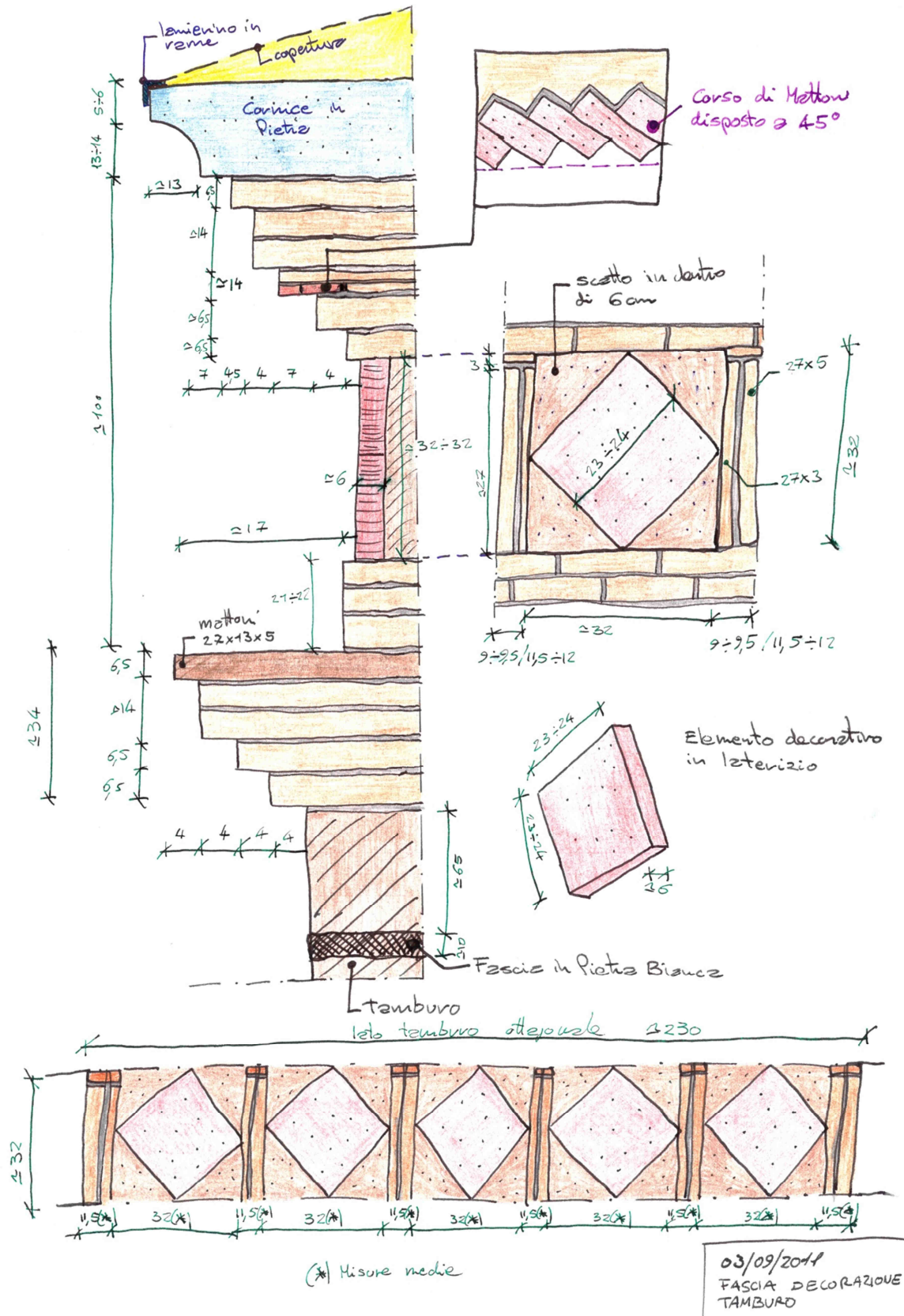


Fig. 2.1.3 – Cornice e tamburo: decorazioni in laterizio in zona sottostante la cornice sommitale.

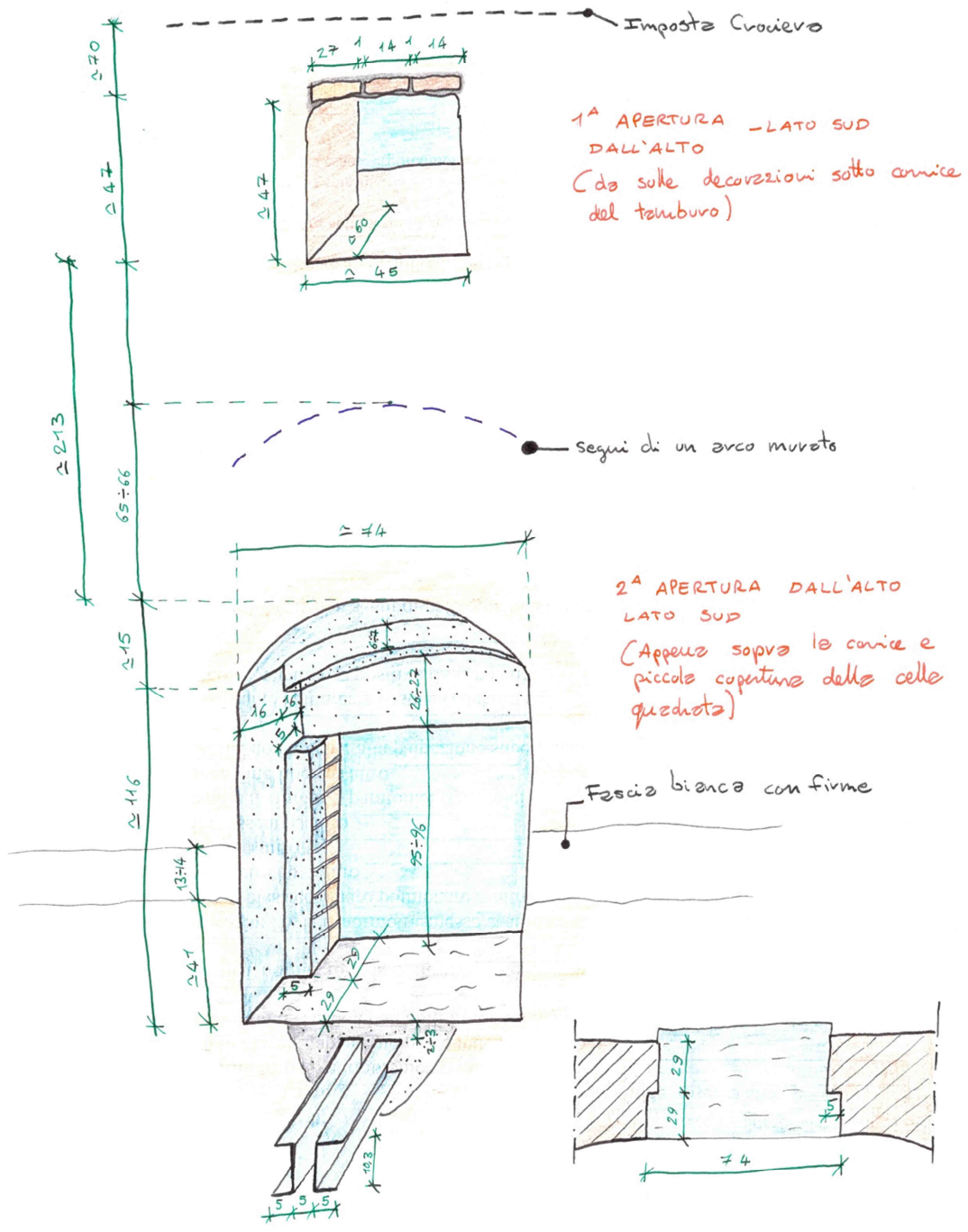
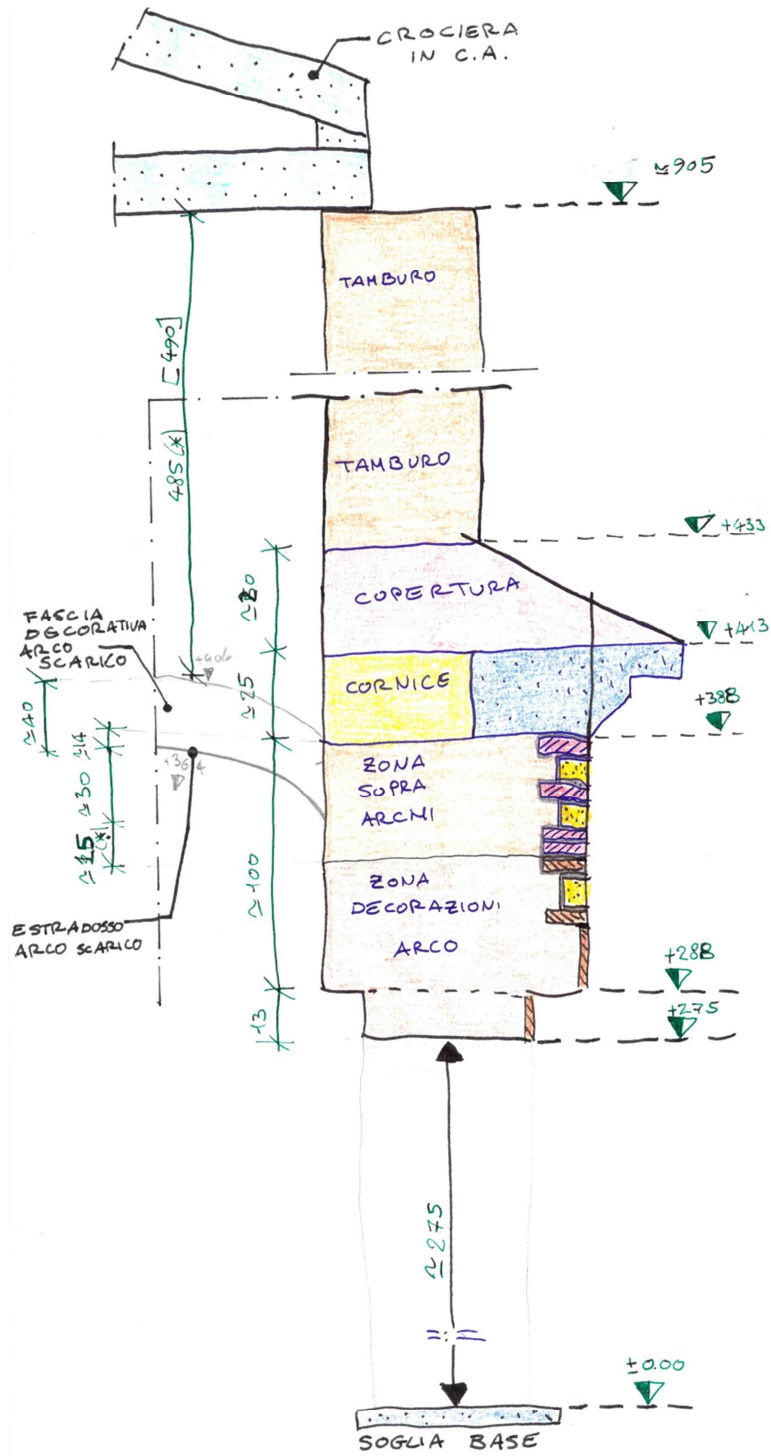


Fig. 2.1.4 – Tamburo interno: disposizione e misure delle due aperture usate come punto di osservazione – lato sud.

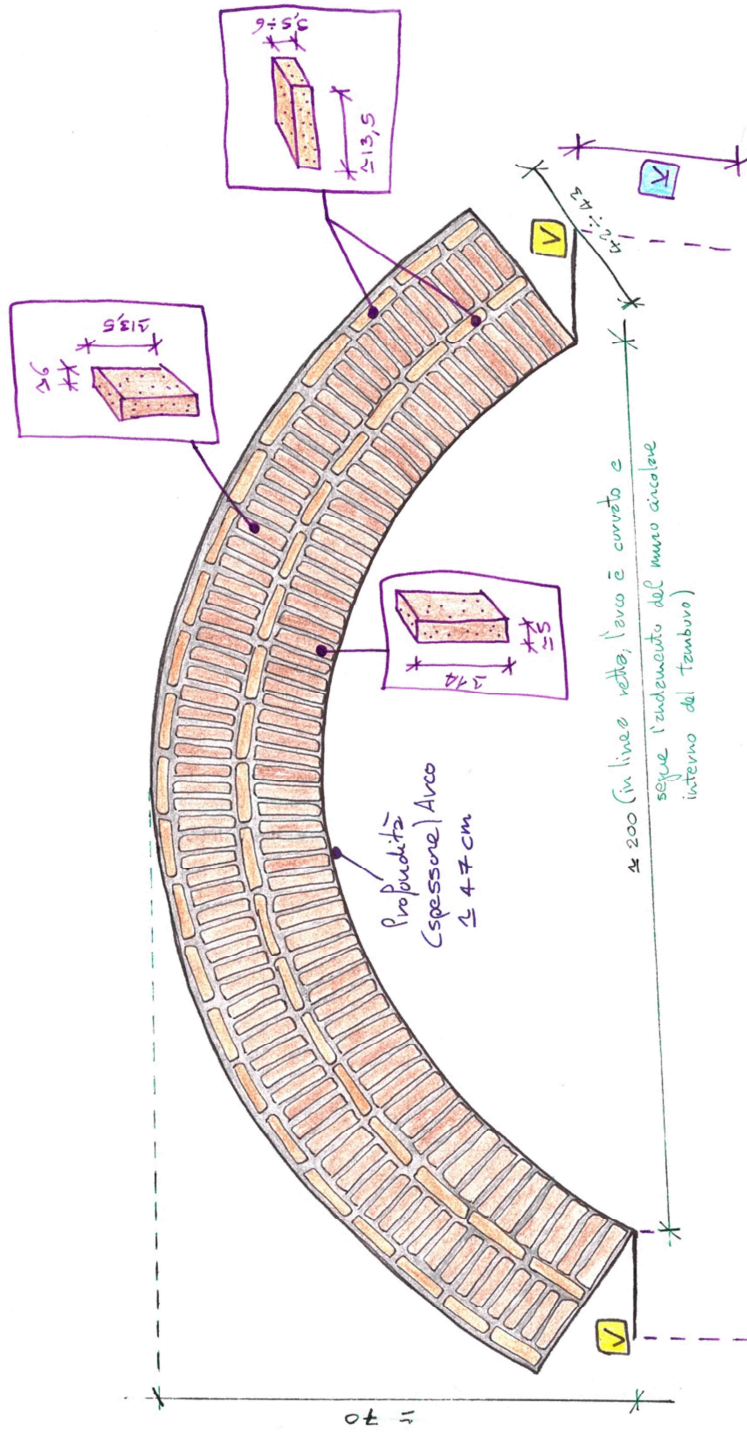


(\*) Alho valore  
 ≈ 500 cm:  
 VERIFICARE  
 [490] ✓  
 (\*) 15 di mediz:  
 viz tr 20 e  
 5 cm.

21/10/2011  
 SEZIONE ZONA  
 ARCHI

Fig. 2.1.5 – Sezione utilizzata per individuare le quote dei vari elementi necessarie alla modellazione 3D.





- Foglie in mattoni  $\approx 1\text{ cm}$ .

- **V** = Volta degli archi delle celle di compensazione

- **K** = distanza tra arcate di scarico e sommità archi con bifore delle celle quadrato sottostante; variabile tra 5 e 20 cm; nel calcolo statico si è tenuto il valore 15 cm.

06/09/2011  
 ARCHI DI SCARICO  
 LATERALI

Fig. 2.1.6 – Archi di scarico: misure essenziali e particolari della disposizione del laterizio che li compone.

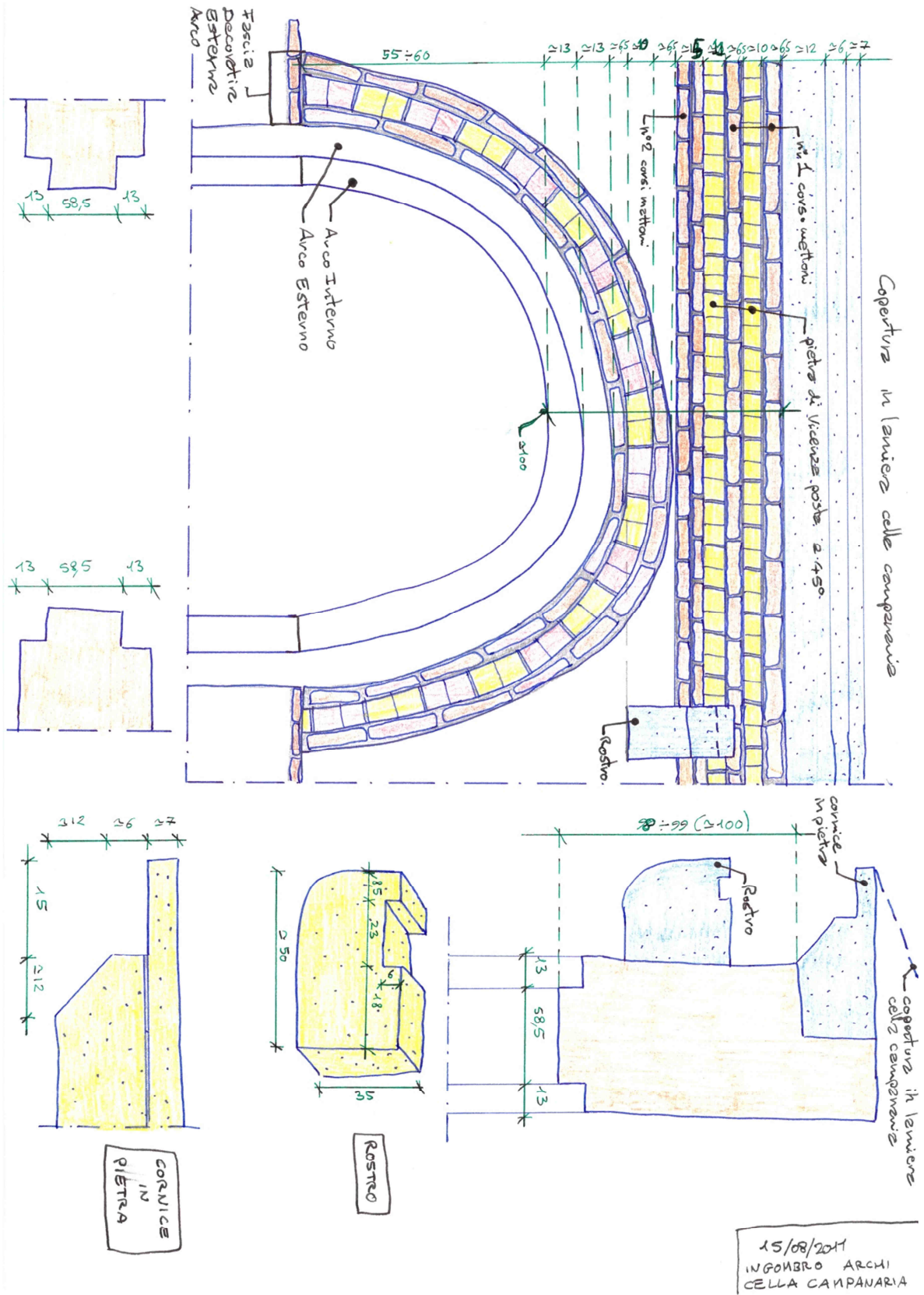


Fig. 2.1.8 – Archi bifore cella: misure essenziali e decorazioni esterne in laterizio. Cornice cella campanaria.

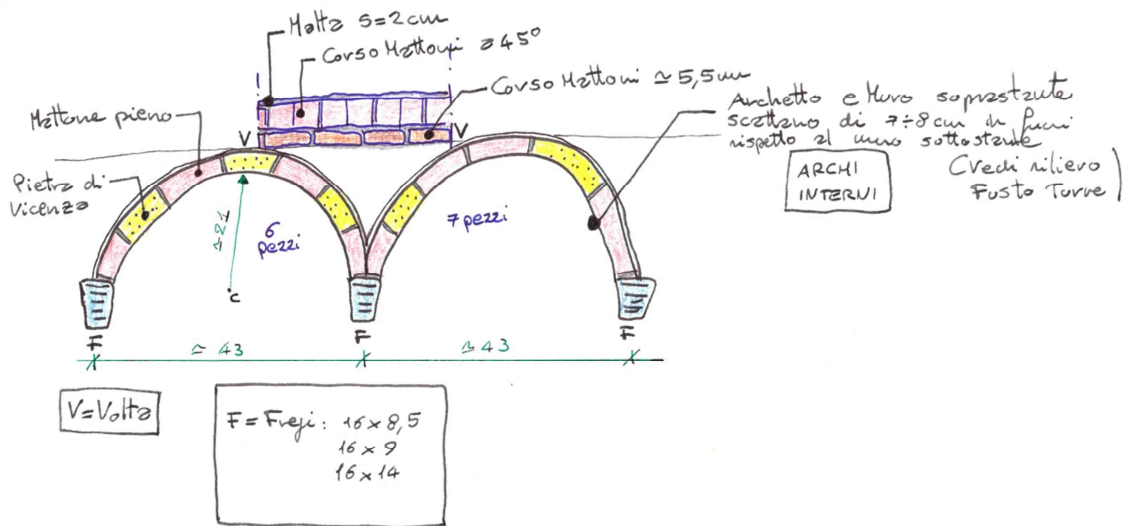
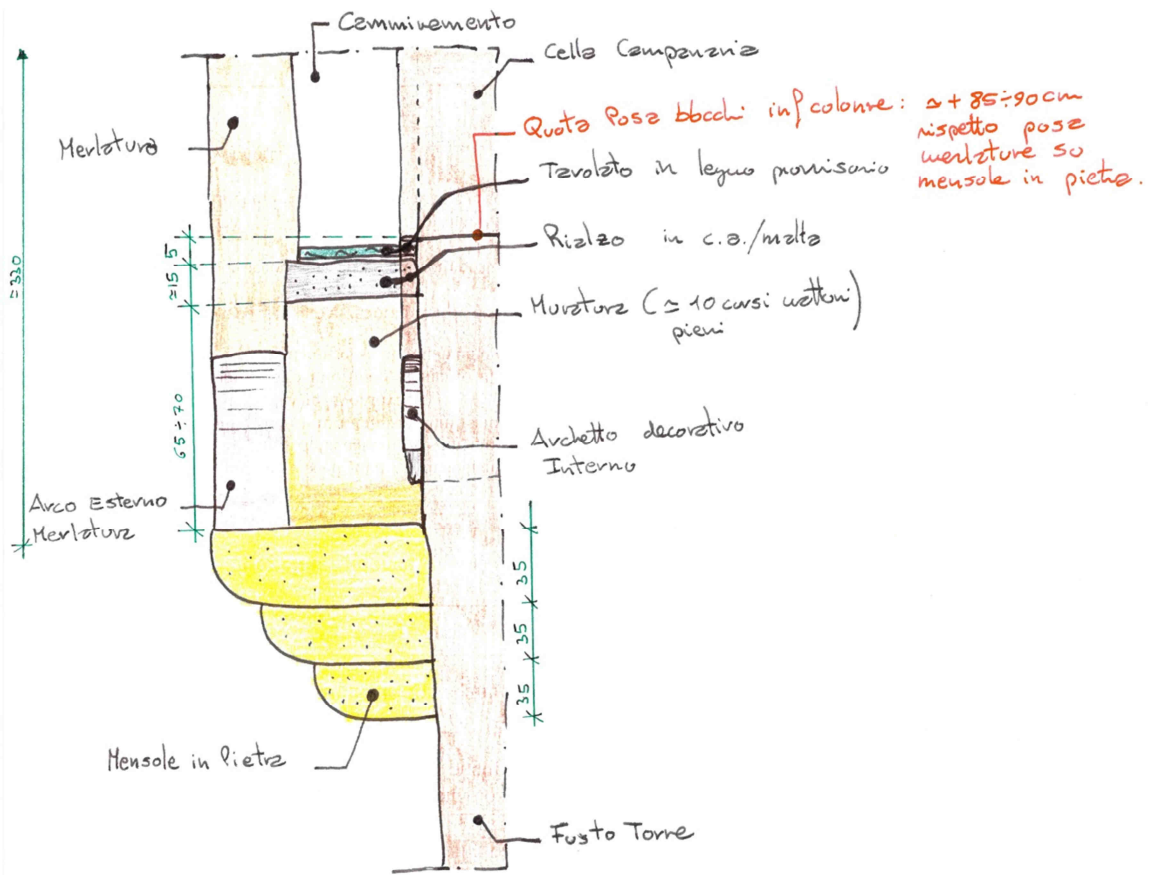


Fig. 2.1.9 – Merlatura: Sezione per inquadrare la disposizione in quota. Archetti decorativi tra le mensole in pietra.

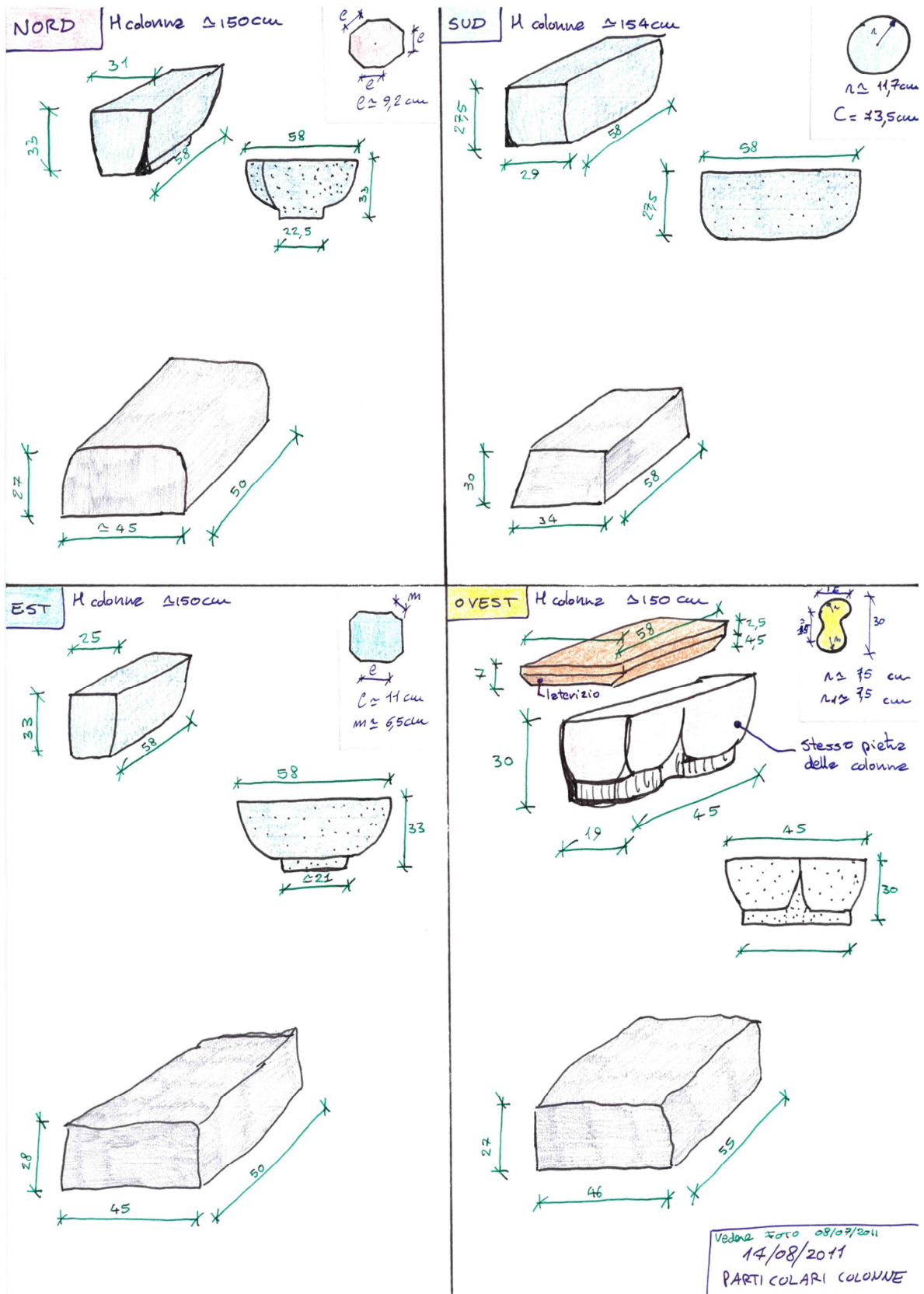


Fig. 2.1.10 – Colonne, basamenti, capitelli: misure di ingombro e abbozzo delle forme.

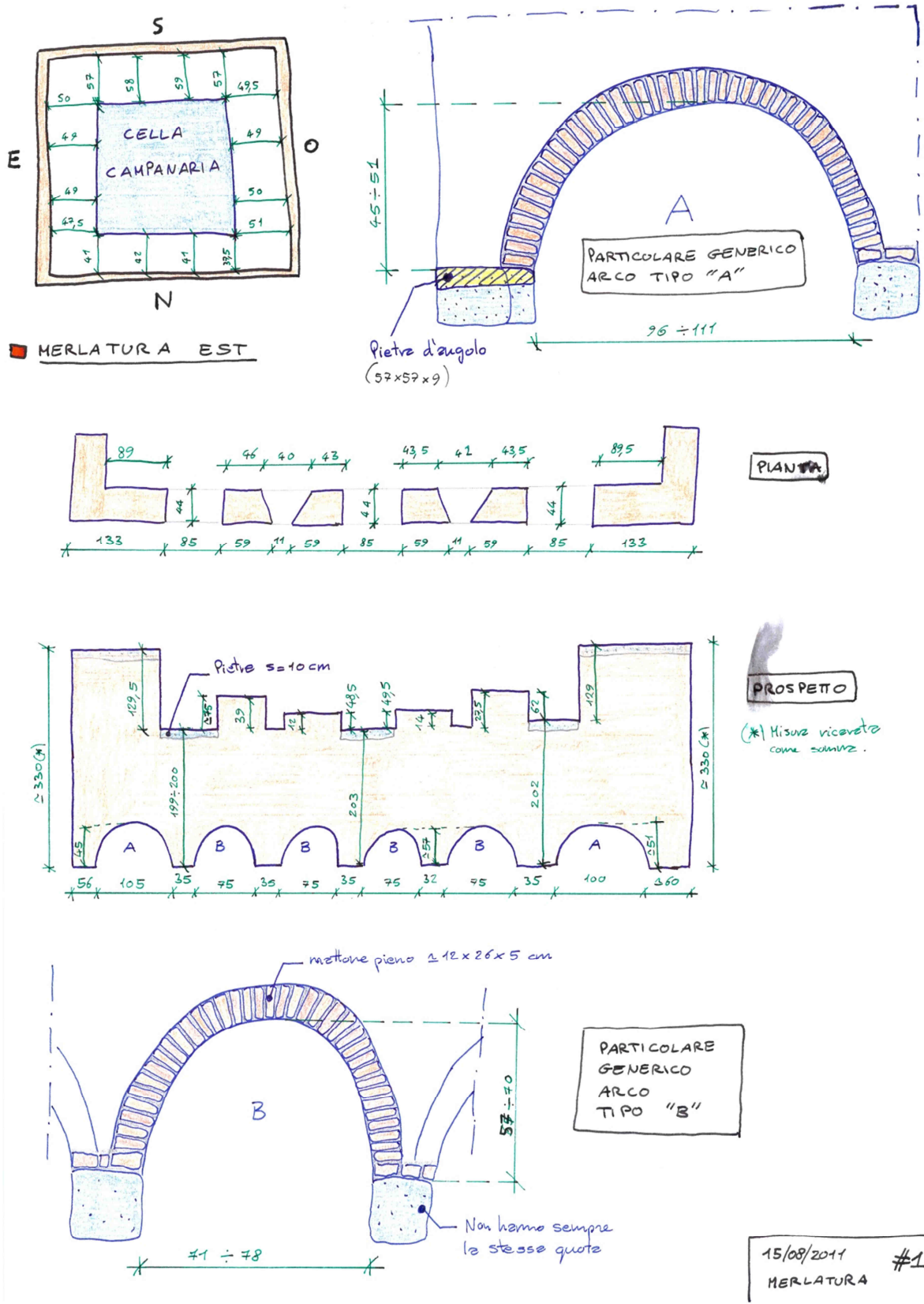
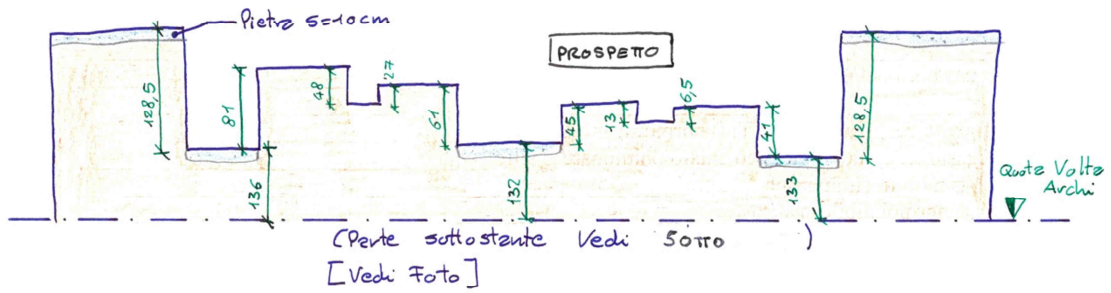
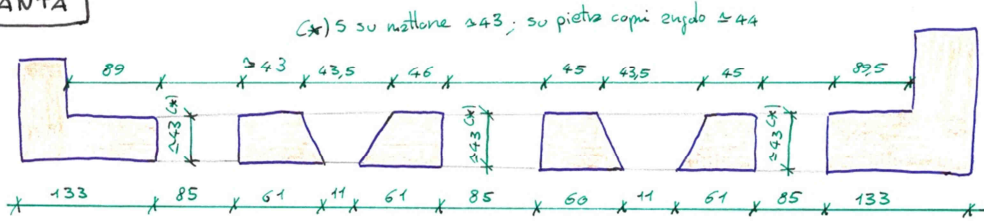


Fig. 2.1.11 – Merlatura est: ingombro e misure essenziali. Particolari tipo dei due archi di appoggio su mensole.

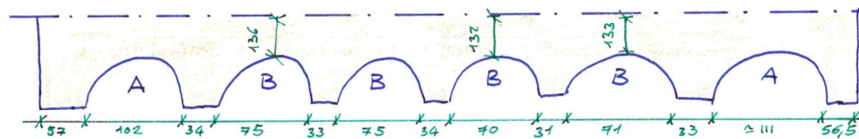
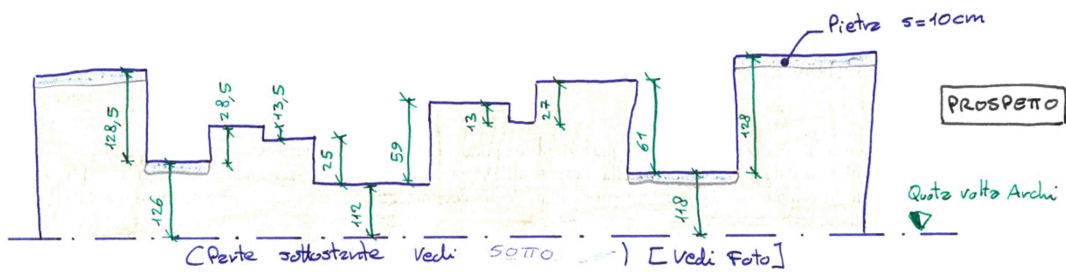
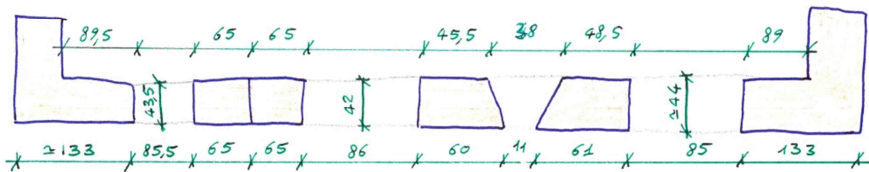
**MERLATURA NORD**

PIANTA

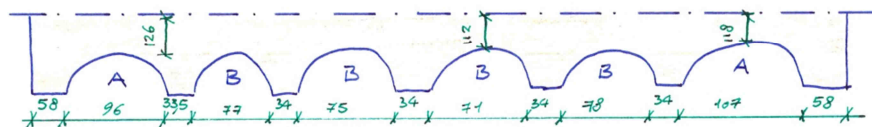


**MERLATURA OVEST**

PIANTA



APPOGGIO MERLATURA NORD

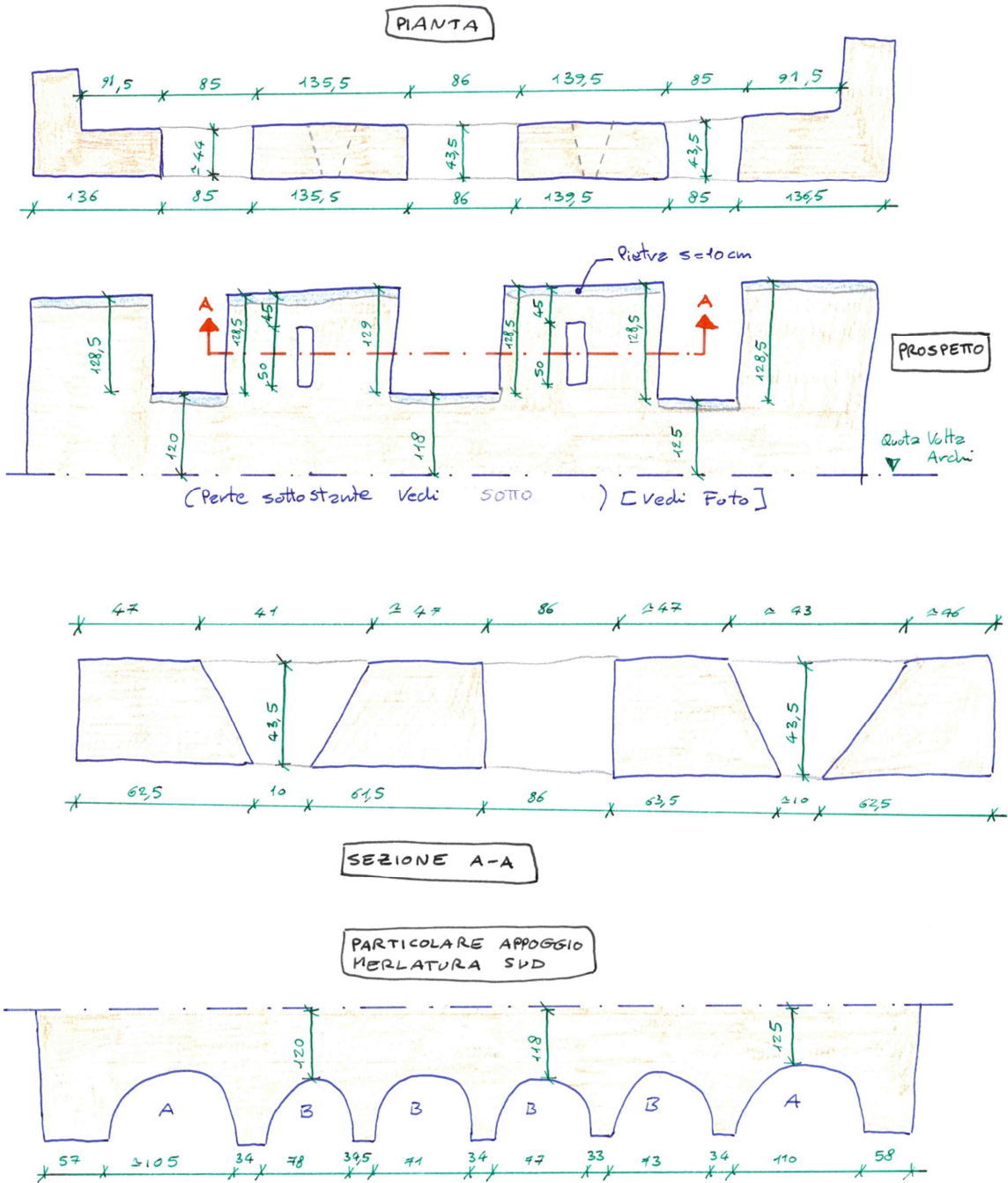


APPOGGIO MERLATURA OVEST

15/08/2011 #2  
MERLATURE

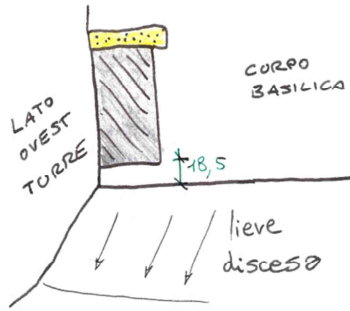
Fig. 2.1.12 – Merlatura nord e ovest: misure principali.

■ MERLATURA SUD

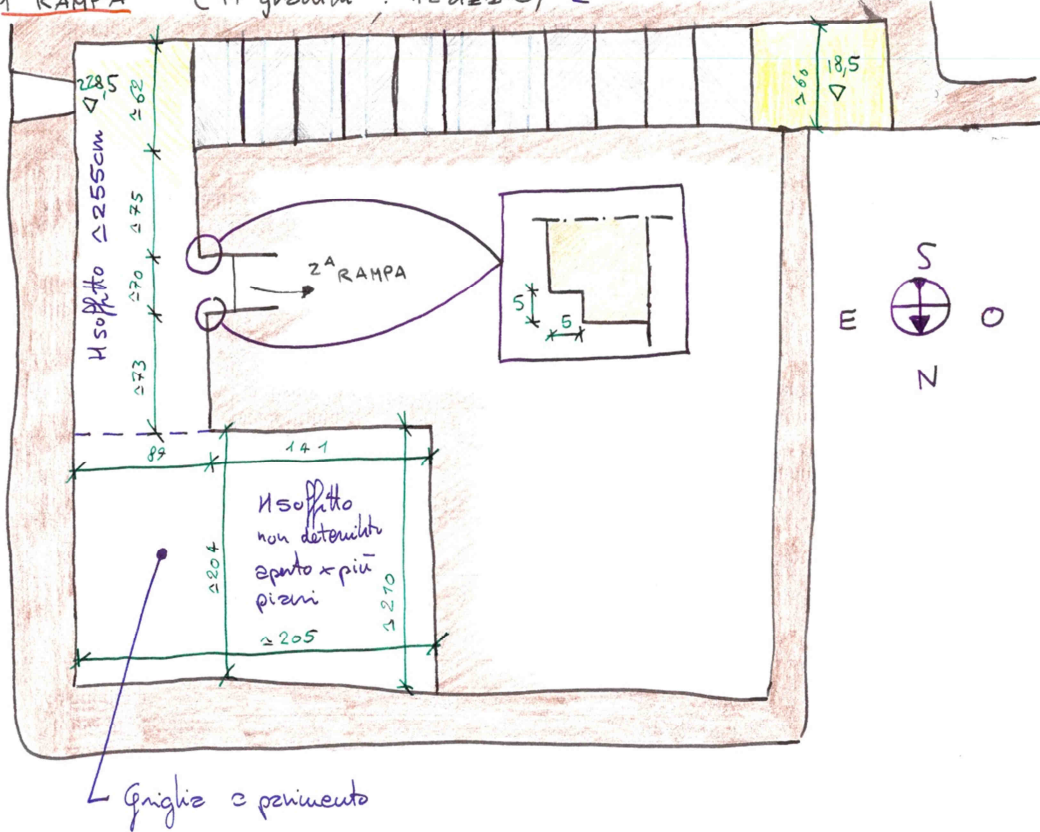


15/08/2011 #3  
MERLATURE

Fig. 2.1.12 – Merlatura sud: misure principali.



■ 1ª RAMPA (11 gradini, 12 alzate) [altezza media  $\approx 175$ ; pedate  $\approx 30$ cm]



19/09/2011 #1  
INTERNO FUSTO

Fig. 2.1.13 – Interno fusto: 1° rampa e primo locale.



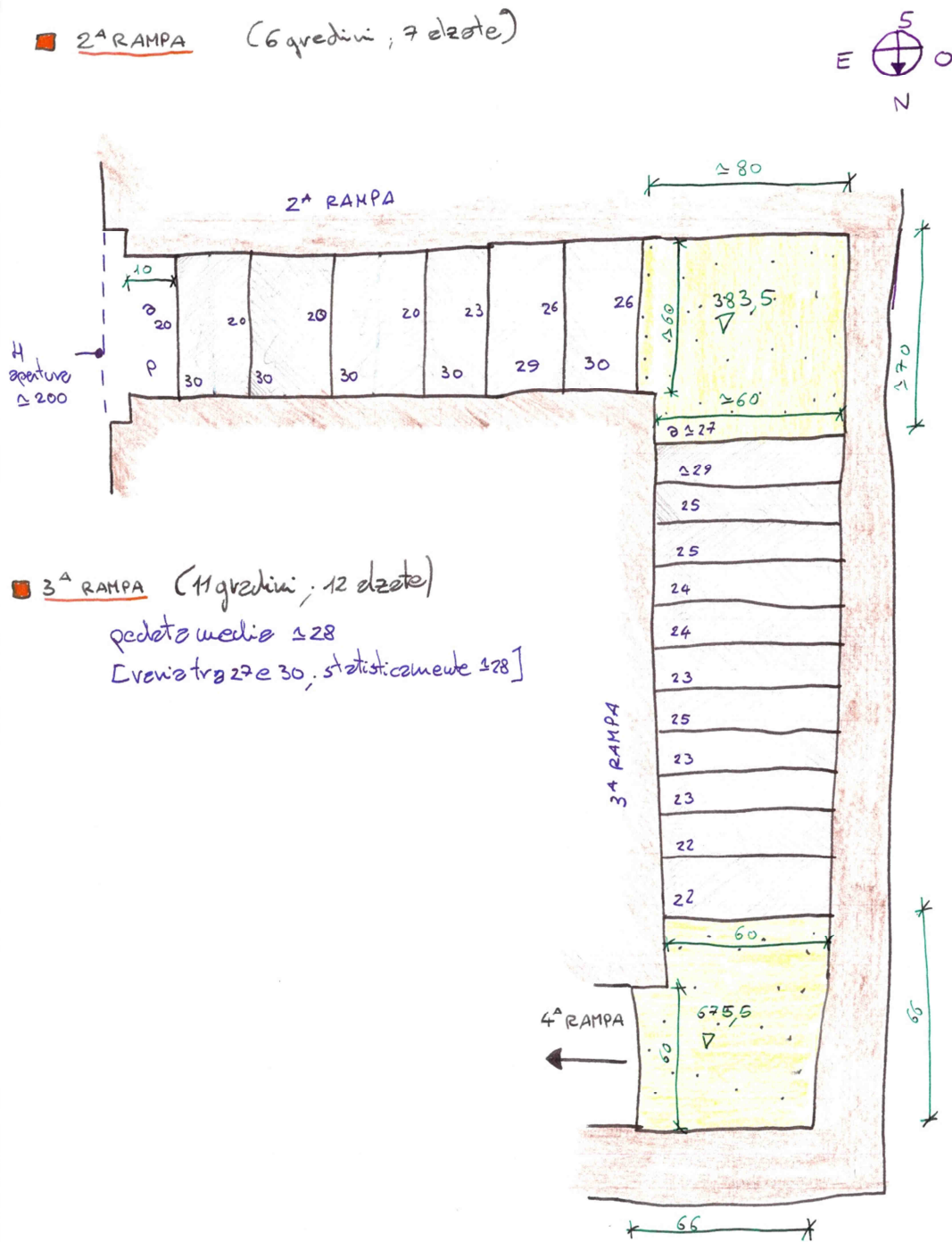
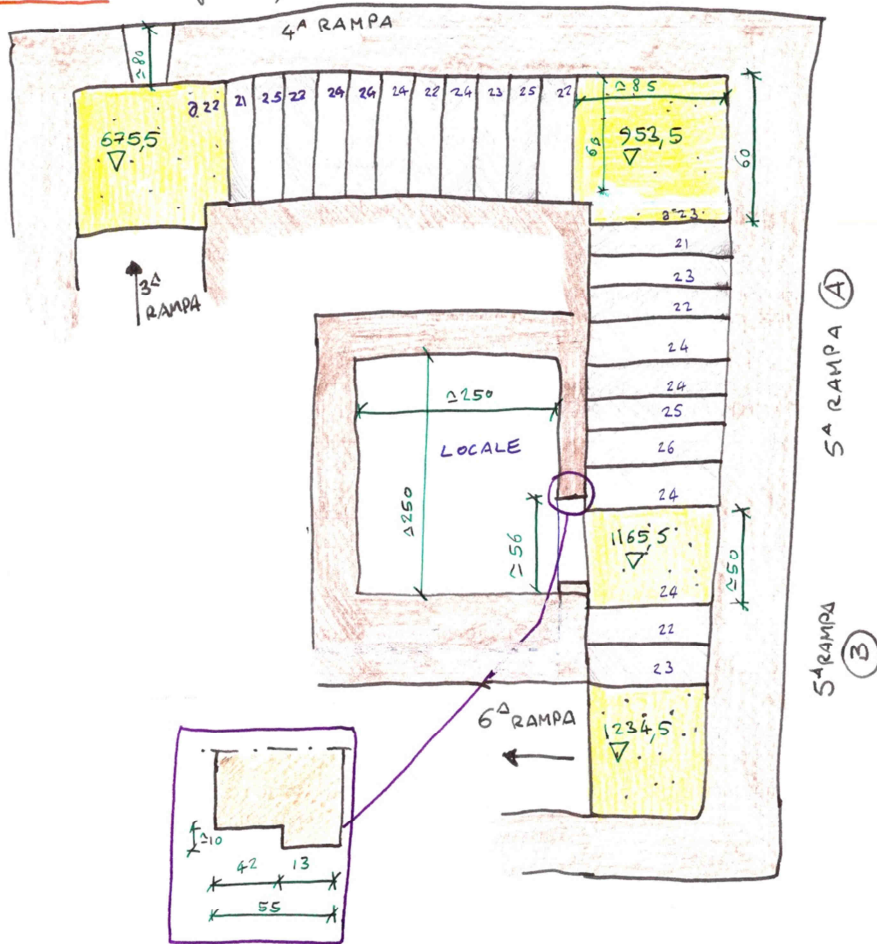


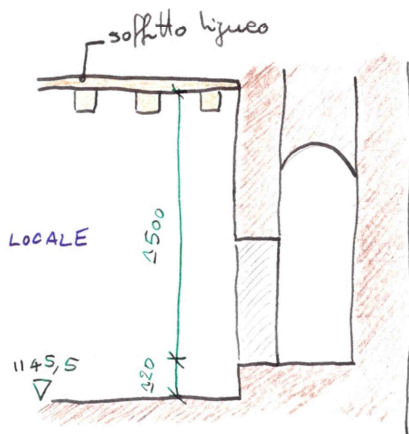
Fig. 2.1.14 – Interno fusto: 2° e 3° rampa.

■ 4<sup>A</sup> RAMPA (11 gradini, 12 alzate) pendenza media  $\Delta 28\text{cm}$



■ 5<sup>A</sup> RAMPA ① (8 gradini, 9 alzate) pendenza  $\Delta 27,5\text{cm}$

■ 5<sup>A</sup> RAMPA ② (2 gradini, 3 alzate) pendenza  $\Delta 27,5\text{cm}$



19/09/2011  
INTERNO FUSTO  
#3

Fig. 2.1.15 – Interno fusto: 4° e 5° rampa e secondo locale.

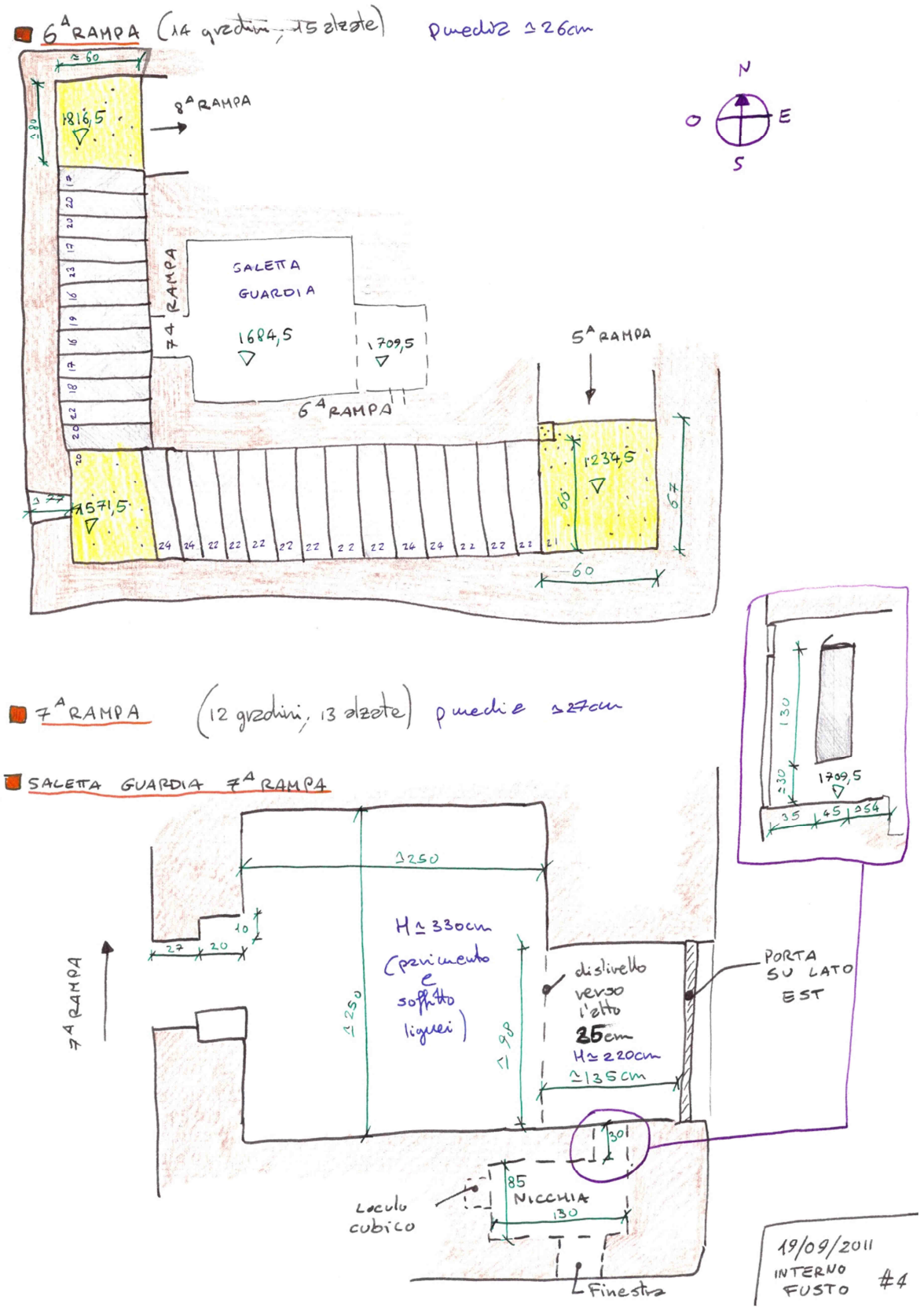
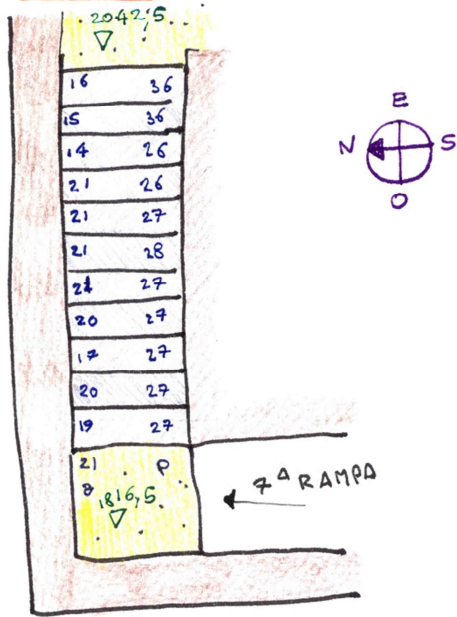


Fig. 2.1.16 – Interno fusto: 6° e 7° rampa e terzo locale (saletta della guardia).

8<sup>a</sup> RAMPA (11 gradini; 12 scalate)



9<sup>a</sup> RAMPA (9 gradini; 10 scalate)

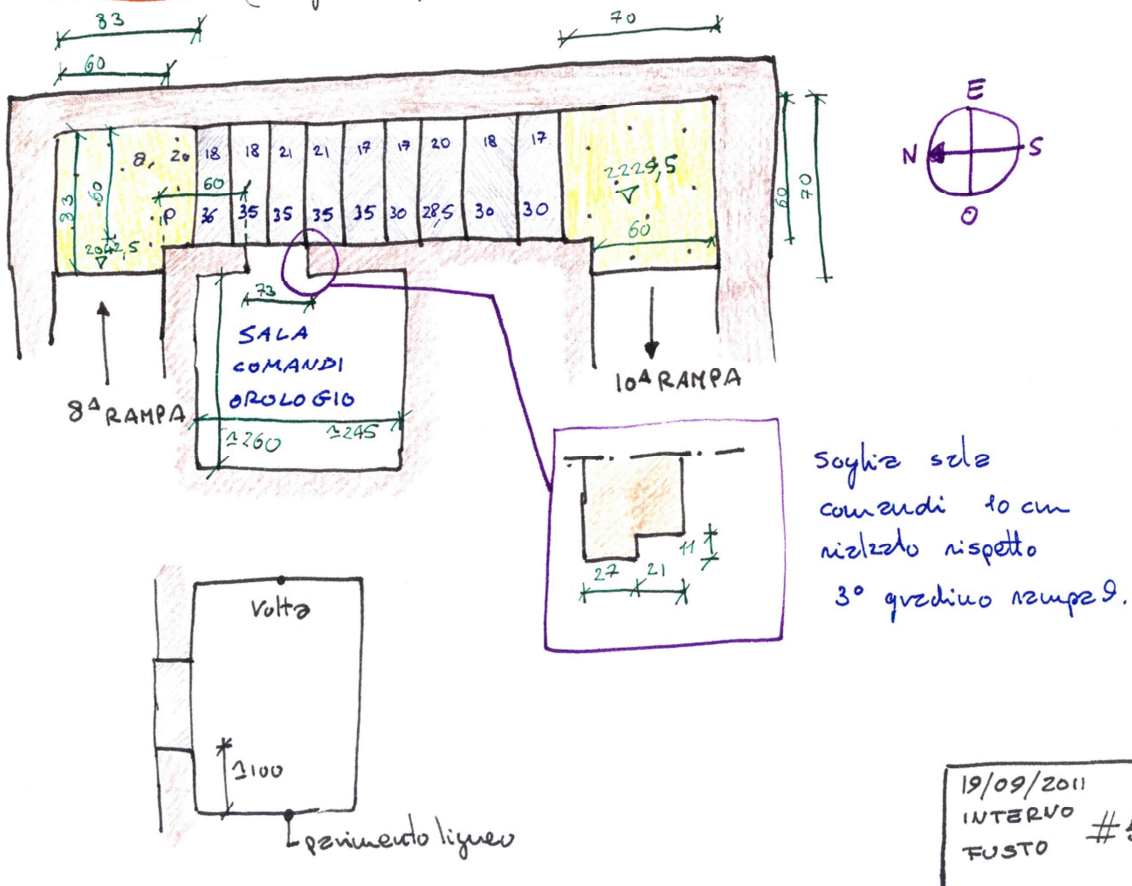
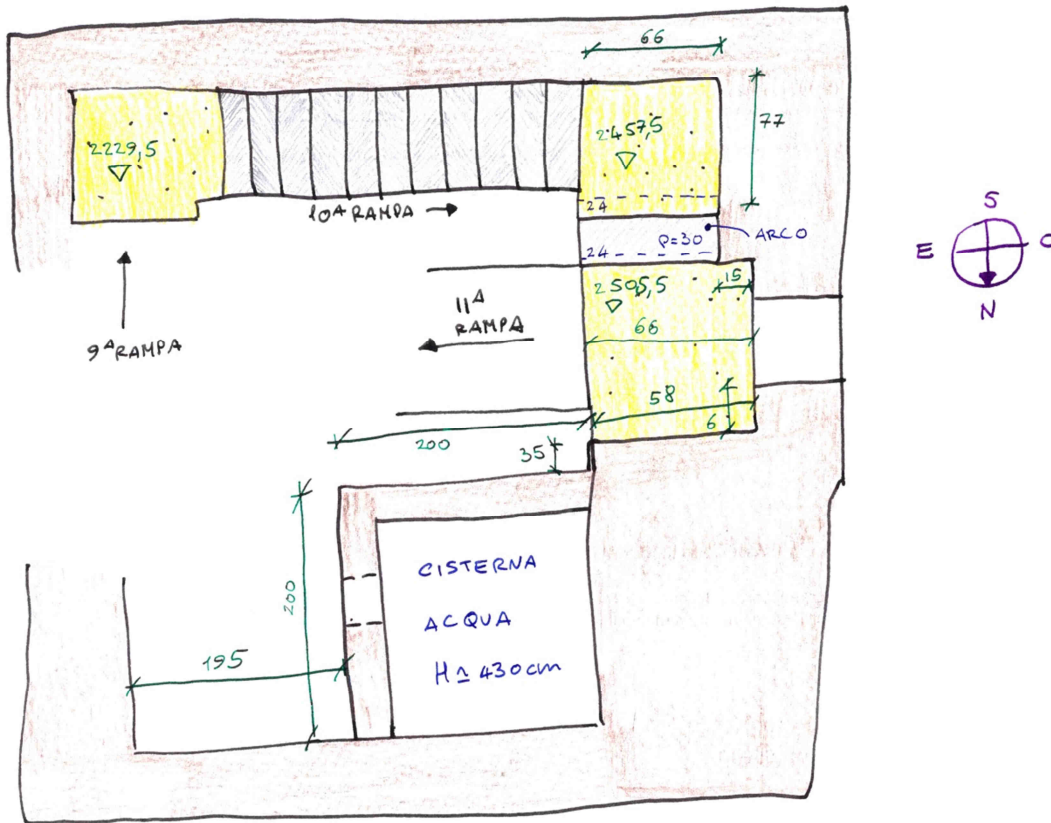


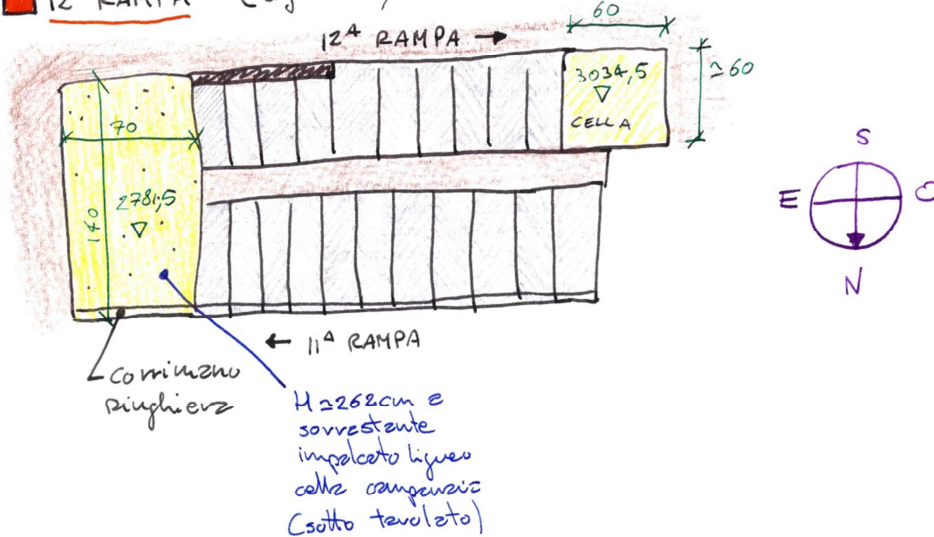
Fig. 2.1.17 – Interno fusto: 8<sup>a</sup> e 9<sup>a</sup> rampa e quarto locale (sala meccanismi orologio).

■ 10<sup>a</sup> RAMPA (11 gradini; 12 alzate)  $\varnothing_m = 19\text{cm}$ ;  $p_m = 30\text{cm}$



■ 11<sup>a</sup> RAMPA (11 gradini; 12 alzate)  $\varnothing_m = 23\text{cm}$   $p_m = 26,5\text{cm}$

■ 12<sup>a</sup> RAMPA (10 gradini; 11 alzate)  $\varnothing_m = 23\text{cm}$   $p_m = 27\text{cm}$



19/09/2011  
INTERVO #6  
FUSTU

Fig. 2.1.18 – Interno fusto: 10°, 11° e 12°. Cisterna acqua e sbarco su cella campanaria.

## CAPITOLO 3

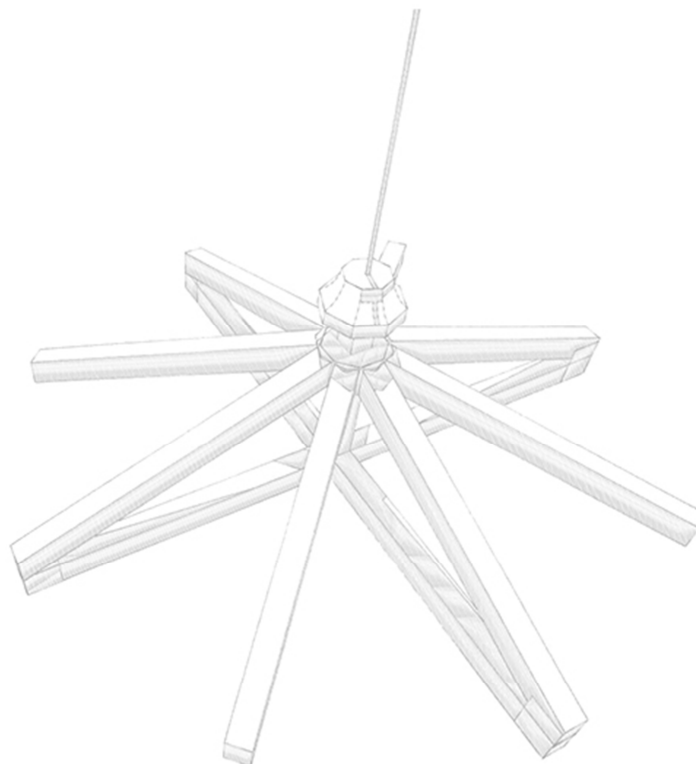
### ANALISI DEI CARICHI DEL TAMBURO E DELLA CELLA CAMPANARIA

#### I. GENERALITÀ

Si procede dopo il rilievo della geometria della cella campanaria e del tamburo sovrastante all'analisi dei carichi che vengono a insistere sulle colonne in pietra poste sulle bifore della cella.

La sopraelevazione del tamburo e i rimaneggiamenti che nel corso degli anni sono stati effettuati, hanno incrementato il carico gravante sulle colonne lapidee della cella campanaria. Lo scopo di questo studio è quello di valutare l'entità del carico insistente sulle colonne e di effettuare una verifica semplificata di resistenza sulle stesse.

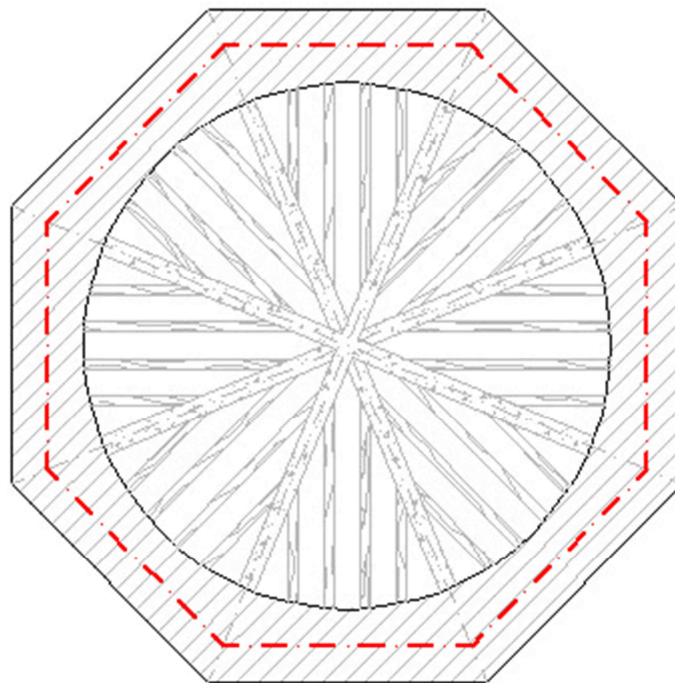
Si è divisa l'analisi in più sezioni (copertura, tamburo, ecc.) ed in ognuna si sono spiegate le eventuali assunzioni ed approssimazioni compiute, coadiuvate da schemi e immagini per migliorarne la comprensione.



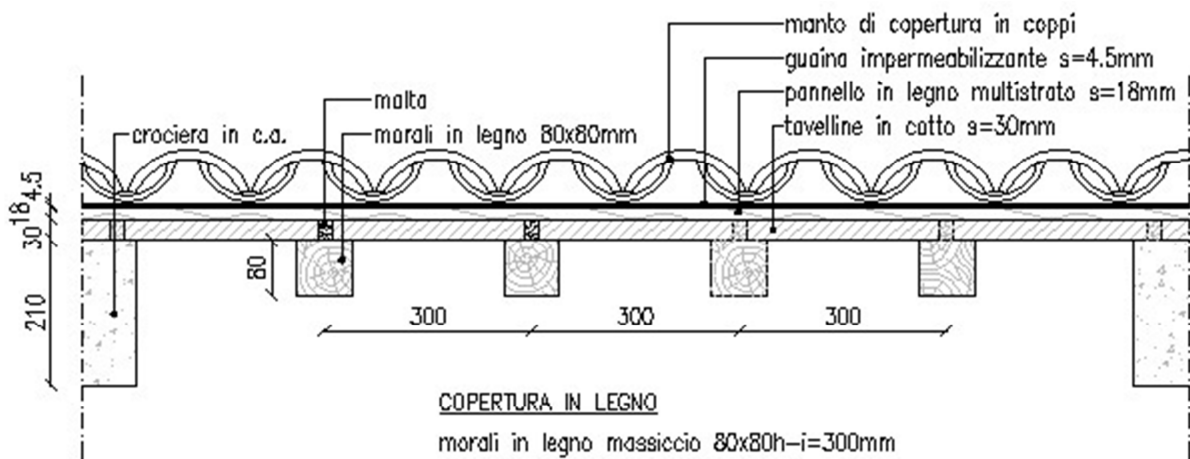
**II. COPERTURA**

Si è assunto di calcolare il carico totale dovuto alla copertura, comprensivo di cornice in pietra, guglia e struttura in cemento armato, compiendo l'approssimazione di considerarlo poi equivalente ad una forza unitaria distribuita uniformemente sulla superficie cilindrica media del tamburo.

Si considera detta superficie l'ottagono concentrico a quello perimetrale delimitante il tamburo, passante per il punto medio dello spessore minimo della muratura (Fig. 3.2.1).

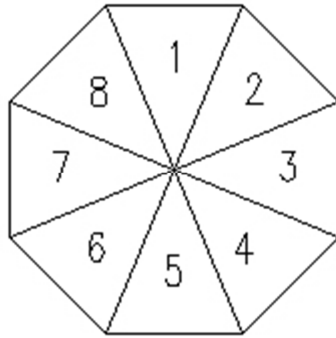


**Fig.3.2.1** – Schema per la ripartizione del carico della zona copertura.



**Fig.3.2.2** – Stratificazione della copertura.

Si divide per semplicità di calcolo la superficie della copertura in otto settori tipo di forma triangolare, come da schema in figura 3.2.3.



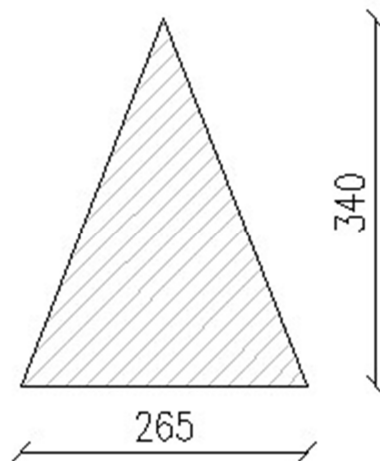
**Fig. 3.2.3** – Divisione della copertura in otto settori triangolari.

#### Coppi e Guaina:

Il manto di copertura in coppi e la guaina di impermeabilizzazione, si considerano estesi fino a filo cornice in pietra.

#### *Settore tipo e peso dei materiali:*

- Pendenza: 37 % - 20°.56
- Lato settore: 265 cm circa (\*)
- Altezza settore: 340 cm circa (\*)
- Area settore: 4 m<sup>2</sup> circa
- Area totale copertura: 36 m<sup>2</sup> circa
- Peso unitario manto di coppi: 60 daN/m<sup>2</sup>
- Peso unitario guaina: 5 daN/m<sup>2</sup>



**Fig. 3.2.4** – Geometria del settore tipo di copertura per coppi e guaina.

(\*) Si conteggia 265 cm come lato del settore di copertura per via delle sporgenze rispetto al filo muro tamburo della cornice. Per lo stesso motivo si perviene a calcolare i 340 cm di altezza del settore.



Peso del manto in coppi e della guaina di impermeabilizzazione:

$$36 \times 60 + 36 \times 5 = 2160 + 180 = \mathbf{2340 \text{ daN [23.40 kN]}}$$

Multistrato e tavelline in laterizio:

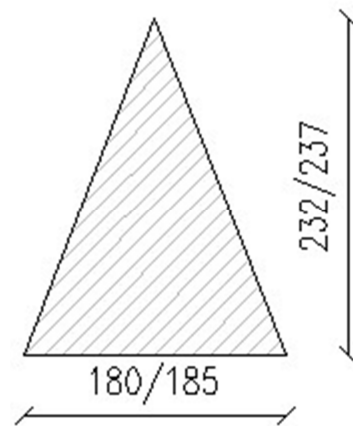
Lo strato di tavelline in laterizio (28x14x3 cm) si considera esteso fino al filo interno della muratura del tamburo, come desunto dalle foto dei lavori di ripristino della copertura.

Si compie l'approssimazione per eccesso di considerare il settore tipo triangolare, senza considerare la curvatura della muratura a filo interno del tamburo.

I pannelli in legno multistrato dello spessore di 1.8 cm si considerano poggiare per 5 cm sulla muratura perimetrale del tamburo.

*Settore tipo e peso dei materiali:*

- Pendenza: 37.5 % - 20°.56
- Lato settore per tavelline: 180 cm
- Lato settore per multistrato: 185 cm
- Altezza settore per tavelline: 232 cm
- Altezza settore per multistrato: 237 cm
- Area totale per tavelline: 16.704 m<sup>2</sup> circa
- Area totale per multistrato: 17.538 m<sup>2</sup> circa
- Peso specifico tavelline: 1800 daN/m<sup>3</sup>
- Peso specifico multistrato: 740 daN/m<sup>3</sup>
- Peso unitario tavelline: 54 daN/m<sup>2</sup>
- Peso unitario multistrato: 13.32 daN/m<sup>2</sup>



**Fig. 3.2.5** – Geometria del settore tipo di copertura per tavelline e multistrato.

Peso dello strato di tavelline in laterizio e dei pannelli in legno multistrato:

$$16.704 \times 54 + 17.538 \times 13.32 = 902.016 + 233.606 = 1135.62 \text{ daN}$$

Si considera in fatto dell'approssimazione compiuta circa l'estensione del manto di tavelline il valore **1135 daN [11.35 kN]**.

*Riepilogo dei carichi attinenti agli strati di copertura:*

	Peso unitario	Totale [daN]	Totale [kN]
- Peso manto di copertura in coppi	60 daN/m <sup>2</sup>	2160	21.60
- Peso strato di guaina (spessore 4.5 mm)	5 daN/m <sup>2</sup>	180	1.80
- Peso strato in legno multistrato (18 mm)	740 daN/m <sup>3</sup>	233	2.33
- Peso strato di tavelline (28x14x3 cm)	55 daN/m <sup>2</sup>	902	9.02
<b>Totale</b>		<b>3475</b>	<b>34.75</b>

#### Morali in legno:

I morali lignei (dimensioni 8x8 cm) sono in essenza di abete rosso il cui peso specifico varia tra 450 daN/m<sup>3</sup> e 550 daN/m<sup>3</sup>.

Si è optato per il valore di 550 daN/m<sup>3</sup>, così da massimizzare il contributo al carico.

Si è assunto un appoggio dei singoli morali sulle travi di falda di 2.5 cm (appoggio su tasca, ancoraggio alle travi con staffe metalliche) e un appoggio sulla muratura perimetrale di 10 cm.

Ogni settore di copertura contiene correnti in legno per uno sviluppo lineare di circa 630 cm.

Il peso unitario di morale risulta:

$$1 \times 0.08 \times 0.08 \times 550 = 3.52 \text{ daN/m}$$

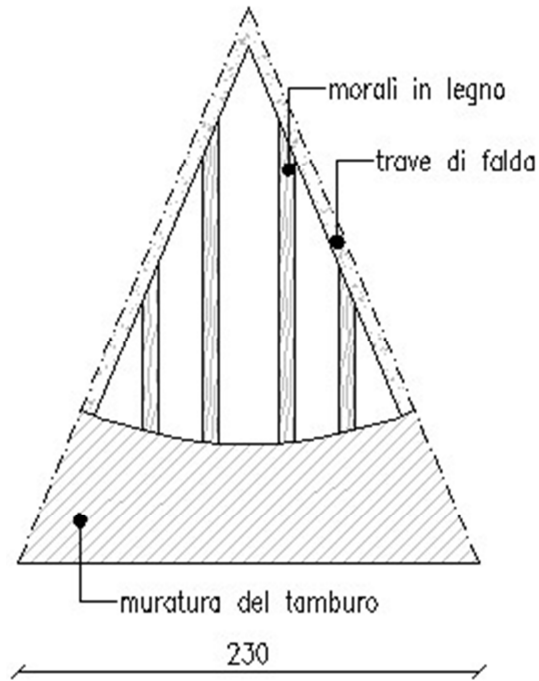


Fig. 3.2.6 – Settore tipo di copertura con indicata la disposizione dei murali in legno.

In totale sulla copertura son presenti murali per uno sviluppo di:

$$6.30 \times 8 = 50.4 \text{ m}$$

Il peso complessivo dovuto ai murali risulta:

$$50.4 \times 3.52 = 177.408 \text{ daN}$$

Si assume il valore **180 daN [1.80 kN]**.

#### Struttura di copertura in cemento armato:

La struttura di copertura, costituita interamente in cemento armato, è formata dall'incrocio retto tra due capriate. Ulteriori quattro travi di falda sono uscenti dal vertice superiore di queste e lungo la bisettrice dell'angolo che esse formano incrociandosi vanno a poggiare sulla muratura perimetrale del tamburo.

Le sezioni delle travi di catena e di falda si sono misurate in 16x21 cm, comprensive del rasante. Nell'analisi la sezione verrà calcolata come interamente costituita in cemento armato.

Il monaco comune alle due capriate misura in sezione 16x16 cm rasante compreso. Anch'esso sarà conteggiato come sezione piena in cemento armato.

L'appoggio delle travi di falda e di catena sulla muratura del tamburo viene quantificato in 35 cm, valore massimo compatibile con la geometria della cornice in pietra che si è ipotizzata.

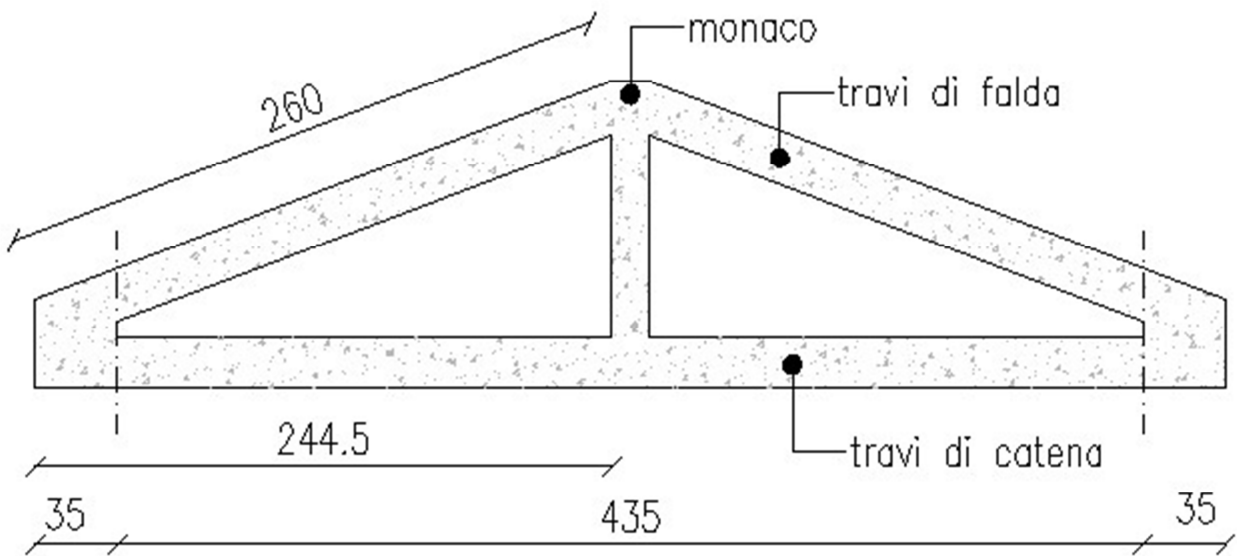


Fig. 3.2.7 – Schema di capriata in cemento armato con misure essenziali

Peso delle travi di falda (peso specifico 2500 daN/m<sup>3</sup>):

$$8 \times 2.60 \times 0.16 \times 0.21 \times 2500 = 1747.2 \text{ daN}$$

Si assume il valore **1750 daN [17.50 kN]**.

Peso delle travi di catena (peso specifico 2500 daN/m<sup>3</sup>):

$$4 \times 2.45 \times 0.16 \times 0.21 \times 2500 = 823.2 \text{ daN}$$

Si assume il valore **825 daN [8.25 kN]**.

Per comodità di calcolo la zona di incrocio tra le travi di catena si considera come parte integrante del monaco.

Peso del monaco (peso specifico  $2500 \text{ daN/m}^3$  – sviluppo lineare 140 cm):

$$1.40 \times 0.16 \times 0.16 \times 2500 = 89.6 \text{ daN}$$

Si assume il valore **90 daN [0.90 kN]**.

#### Guglia:

Il peso della guglia si è calcolato sommando i volumi dei due prismi ottagonali di cui è composta, trascurando però il volume della superficie curva che marca la variazione di sezione.

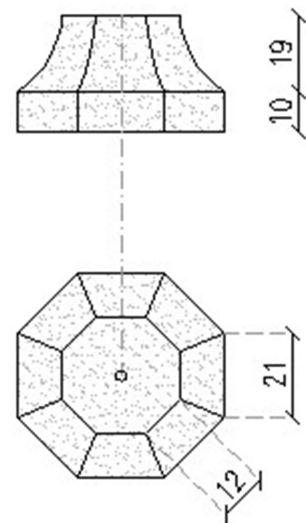
Si è aumentato ragionevolmente il peso specifico della pietra di Vicenza (da  $2100 \text{ daN/m}^3$  a  $2200 \text{ daN/m}^3$ ) per compensare almeno in parte l'approssimazione compiuta.

- Area faccia ottagonale inferiore:  $0.213 \text{ m}^2$
- Area faccia ottagonale superiore:  $0.0695 \text{ m}^2$

Peso complessivo:

$$2200 \times 0.213 \times 0.10 + 2200 \times 0.19 \times 0.0695 = 75.91 \text{ daN}$$

Si assume il valore di **75 daN [0.75 kN]**.



**Fig. 3.2.8 – Guglia**

*Riepilogo dei carichi attinenti alla struttura di copertura in cemento armato guglia compresa:*

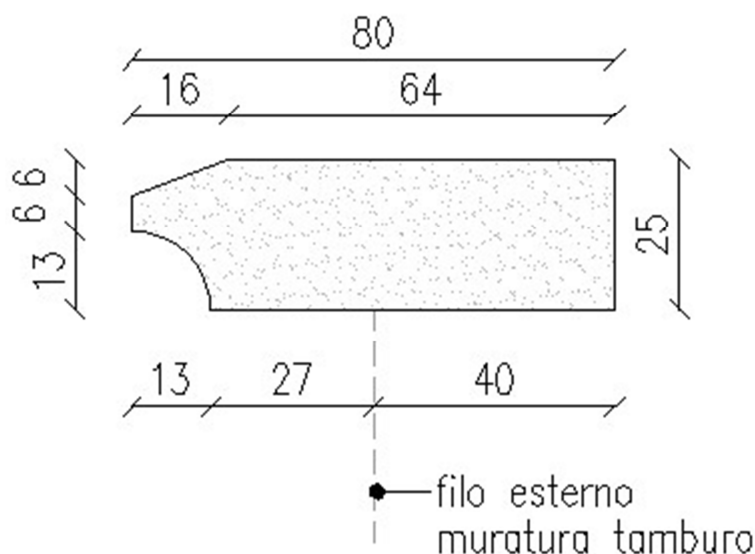
	Totale [daN]	Totale [KN]
- Peso travi di falda	1750	17.50
- Peso travi di catena	825	8.25
- Peso monaco	90	0.90
- Peso guglia	75	0.75
<b>Totale</b>	<b>2740</b>	<b>27.40</b>

### Cornice in pietra:

La sezione effettiva della cornice in pietra di Nanto che corona il tamburo non è nota a causa di un sovrastante getto di conglomerato cementizio risalente ad un precedente restauro databile attorno all'anno 1935, che non è stato asportato durante i lavori di ripristino della copertura effettuati nell'anno 2011.

In mancanza di dati certi si presume un appoggio di 40 cm sulla muratura del tamburo, secondo lo schema di figura 3.2.9. Il Peso specifico è di 2100 daN/m<sup>3</sup>.

Nel calcolo si compie l'approssimazione di considerare uno sviluppo lineare medio di cornice pari a 230 cm per ogni lato, sviluppando la sezione lungo una direttrice che passi all'incirca sul baricentro della sezione.



**Fig. 3.2.9** – Cornice in pietra della copertura tamburo.

Area della sezione di cornice:

$$A = (0.80 \times 0.25) - (0.5 \times 0.16 \times 0.06 + \pi \times 0.13^2 / 4) = 0.1820 \text{ m}^2$$

Peso complessivo (peso specifico x area sezione x sviluppo lineare totale):

$$2100 \times 0.1820 \times 2.30 \times 8 = 7032.48 \text{ daN}$$

Si assume il valore **7035 daN [70.35 kN]**.

Cordolo tra cornice in pietra e filo interno tamburo:

Come già evidenziato in precedenza a riguardo della cornice, non potendosi rilevare l'esatta costituzione stratigrafica della zona, si è considerato in via cautelativa essere il volume interamente costituito da calcestruzzo debolmente armato (costituisce il cordolo di copertura, peso specifico 2400 daN/m<sup>3</sup>).

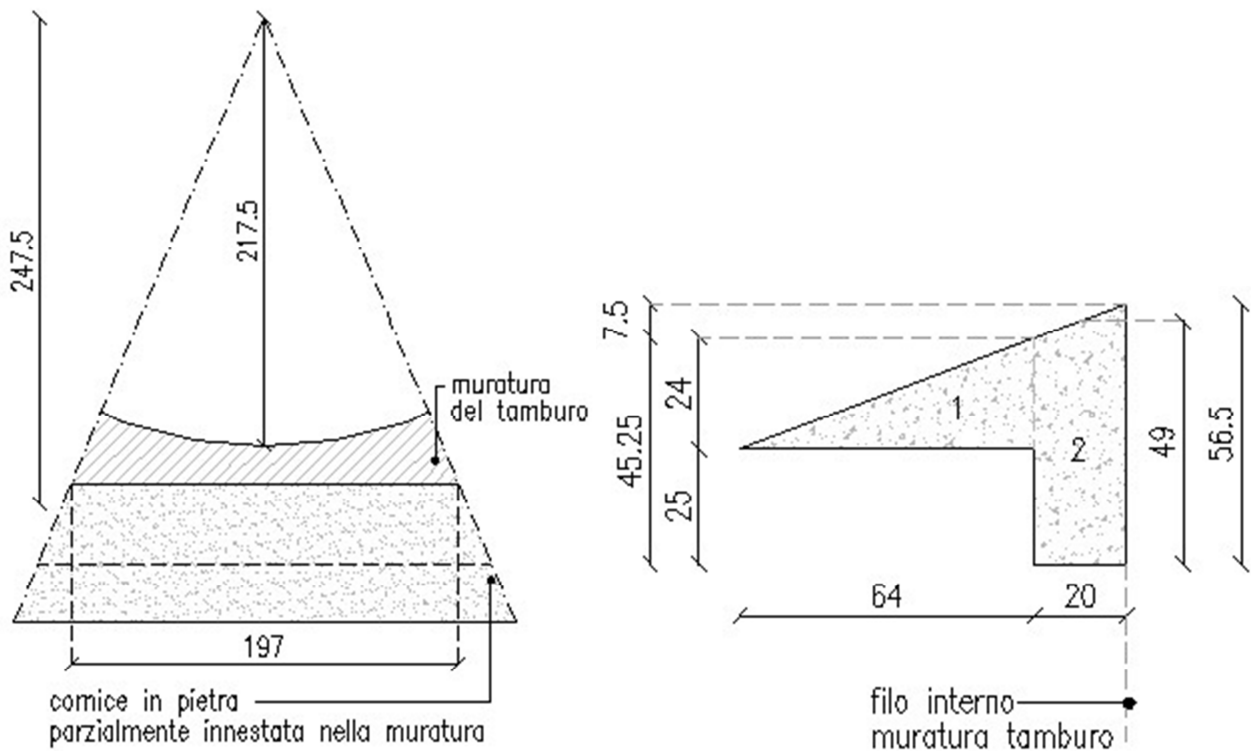


Fig. 3.2.10-11 – Zona di muratura tra cornice e interno tamburo. Settore tipo e sezione nel punto medio del lato.

Il volume del cordolo si desume dagli schemi in figura 3.2.10 e figura 3.2.11.

Per il calcolo si sono considerati due contributi:

- il primo dovuto alla porzione di cordolo che ricopre parte della cornice in pietra, e presenta sezione triangolare;
- il secondo dovuto al cordolo poggiante sopra la muratura del tamburo avente sezione trapezoidale.

Il volume del primo contributo è calcolato compiendo l'approssimazione di considerare uno sviluppo lineare medio per la sezione triangolare. Detto sviluppo medio è calcolato in 205 cm.

$$[(0.64 \times 0.24) / 2] \times 2.05 \times 8 = 1.260 \text{ m}^3$$

Il volume del secondo contributo è calcolato compiendo l'approssimazione di utilizzare come altezza della sezione quella media (misurata in corrispondenza del punto medio del lato, come indicato in figura 3.2.11).

L'area di base risulta:

$$(8 \times 1.97 \times 2.375 / 2) - \pi \times 2.175^2 = 3.853 \text{ m}^2$$

Il volume risultante ( $V_{lor}$ ):

$$V_{lor} = 3.853 \times 0.49 = 1.888 \text{ m}^3$$

Questo volume va però depurato dai volumi degli appoggi delle travi di falda e di catena già conteggiati in precedenza. Si trascurano i volumi degli appoggi dei morali in legno.

Si approssima contando per ogni trave un volume parallelepipedo di  $0.35 \times 0.16 \times 0.21$ .

$$V_{sott} = 12 \times 0.16 \times 0.21 \times 0.35 = 0.1411 \text{ m}^3$$

$V_{sott}$  = volume da sottrarre al volume risultante ( $V_{lor}$ )



Il volume depurato ( $V_{dep}$ ) risulta quindi per differenza:

$$V_{dep} = V_{lor} - V_{sott} = 1.747 \text{ m}^3$$

Il volume totale ( $V_{tot}$ ) del cordolo di copertura risulta per somma dei due contributi:

$$V_{tot} = 1.747 + 1.260 = 3.007 \text{ m}^3$$

Il contributo al carico complessivo dato dal cordolo risulta:

$$V_{tot} \times 2400 = 7216.8 \text{ daN}$$

Si assume il valore **7220 daN [72.20 kN]**.

#### Neve:

Si è ritenuto opportuno conteggiare il carico della neve, calcolato secondo le NTC 2008.

Superficie tetto (in proiezione orizzontale):  $33.90 \text{ m}^2$

Inclinazione falde ( $\alpha$ ):  $20^\circ.56$

Zona I – Alpina – provincia di Vicenza

$$q_{sk} = 1.50 \text{ kN/m}^2$$

$$a_s \leq 200 \text{ m}$$

$C_E = 0.9$  (la copertura è esposta ai venti, in campo aperto e non riparato)

$$C_T = 1.0$$

$$\mu_1 = 0.8 \quad (0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ)$$

$$q_s = \mu_1 \times q_{sk} \times C_E \times C_T = 0.8 \times 1.50 \times 0.9 \times 1.0 = 1.08 \text{ kN/m}^2$$

In totale in copertura si calcola un carico massimo dovuto alla neve di:

$$33.90 \times 108 = 3661 \text{ daN [36.61 kN]}$$

Si assume il valore di **3660 daN [36.60 kN]**.

*Riepilogo dei carichi attinenti alla zona della copertura, neve compresa:*

	Totale [daN]	Totale [kN]
- Peso strati copertura	3475	34.75
- Peso struttura di copertura compresa guglia	2740	27.40
- Peso cornice in pietra di Nanto	7035	81.75
- Peso cordolo	7220	72.20
- Peso neve	3660	36.60
<b>Totale</b>	<b>24130</b>	<b>241.30</b>

Si ripartisce ora il carico secondo l'approssimazione indicata precedentemente a pagina 39.

$$24130 / (2.05 \times 8) = 1471.34 \text{ daN/m}$$

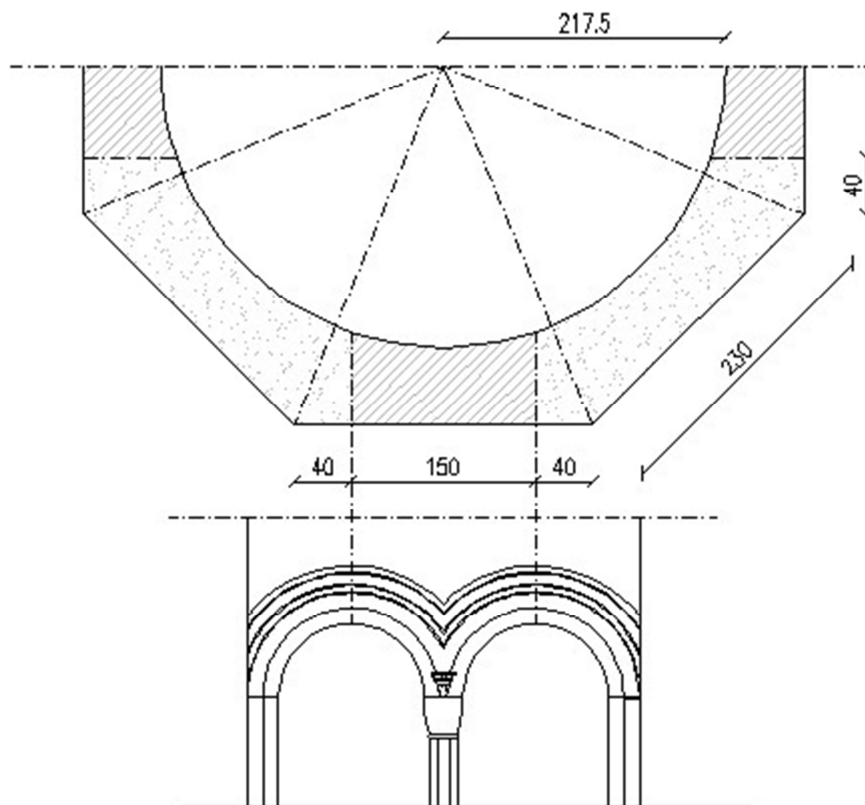
Si considera la copertura gravante sulla muratura del tamburo con un peso unitario di **1475 daN/m [14.75 kN/m]**.

### III. TAMBURO

Il contributo al carico dato dalla muratura del tamburo si è considerato suddiviso in due componenti:

- una gravante direttamente sugli archi delle bifore (tratteggio a 45° in Fig. 3.3.1),
- una gravante sugli archi di scarico laterali (tratteggio punteggiato in Fig. 3.3.1) e da lì ripartita agli archi delle bifore ed alle spalle in muratura della cella campanaria.

L'altezza considerata della muratura è di 560 cm, dalla quota di appoggio delle travi di catena sulla muratura del tamburo fino al piano di appoggio degli archi di scarico sulla muratura della cella campanaria.



**Fig. 3.3.1** – Schema di ripartizione delle porzioni di muratura del tamburo.

Come schematizzato in figura 3.3.1, si conteggia uno sviluppo lineare di 150 cm di muratura gravante direttamente sulle colonne lapidee delle bifore. Detto valore è quello massimo (approssimato per eccesso dai 147.5 cm massimi reali) e si riscontra in corrispondenza dell'arco

sud. Questo è dovuto al fatto che gli archi presentano minime differenze di misura dell'apertura (dai 114 cm ai 120 cm) ed i capitelli delle colonne non hanno la medesima geometria (larghezza variante dai 25 cm minimi ai 30 cm massimi).

Calcolo del carico complessivo:

Area totale della sezione del tamburo:

$$8 \times [(2.3 \times 2.775) / 2 - (\pi \times 2.175^2) / 8] = 10.668 \text{ m}^2$$

Il volume totale, compiendo l'approssimazione di conteggiare vuoto per pieno il volume sotto gli archi di scarico risulta:

$$10.668 \times 5.60 = 59.741 \text{ m}^3$$

Si assume come peso specifico del materiale  $1850 \text{ daN/m}^3$  essendo la muratura inframmezzata a sporadici elementi lapidei.

Il carico complessivo risulta:

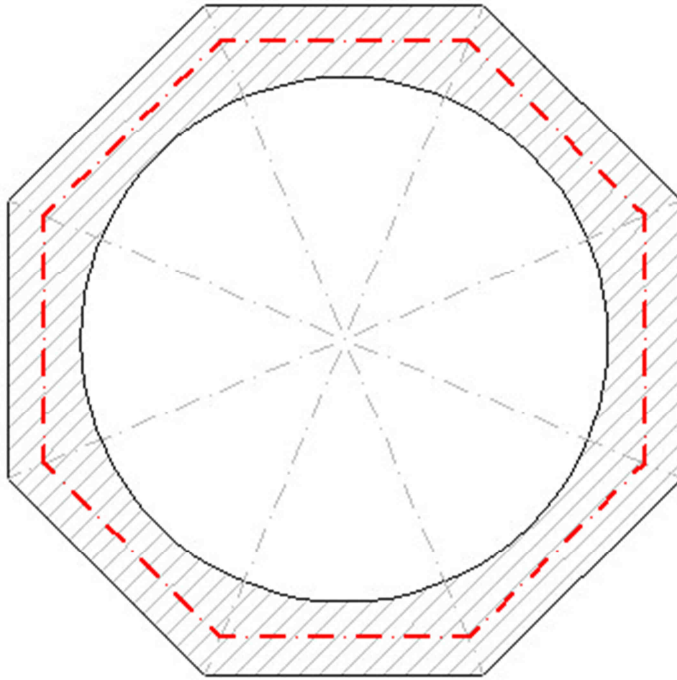
$$59.741 \times 1850 = 110520.85 \text{ daN}$$

Si assume il valore **110525 daN [1105.25 kN]**.

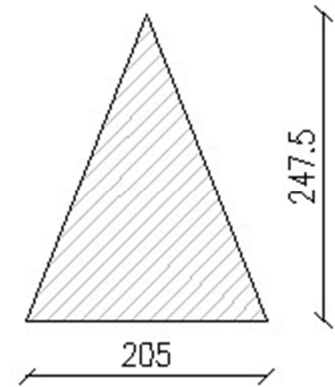
*Ripartizione del carico complessivo:*

Come precedentemente operato per la copertura, si compie l'approssimazione di considerare il carico complessivo dovuto alla muratura del tamburo equivalente ad una forza unitaria distribuita uniformemente su di una superficie cilindrica media passante all'interno della muratura.

Si considera detta superficie l'ottagono concentrico a quello perimetrale delimitante il tamburo, passante per il punto medio dello spessore minimo della muratura (Fig. 3.3.2).



**Fig.3.3.2** – Schema per la ripartizione del carico della muratura tamburo.



**Fig.3.3.3** – Settore tipo.

Il settore tipo risulta come in figura 3.3.3.

Il peso unitario lungo la superficie considerata risulta:

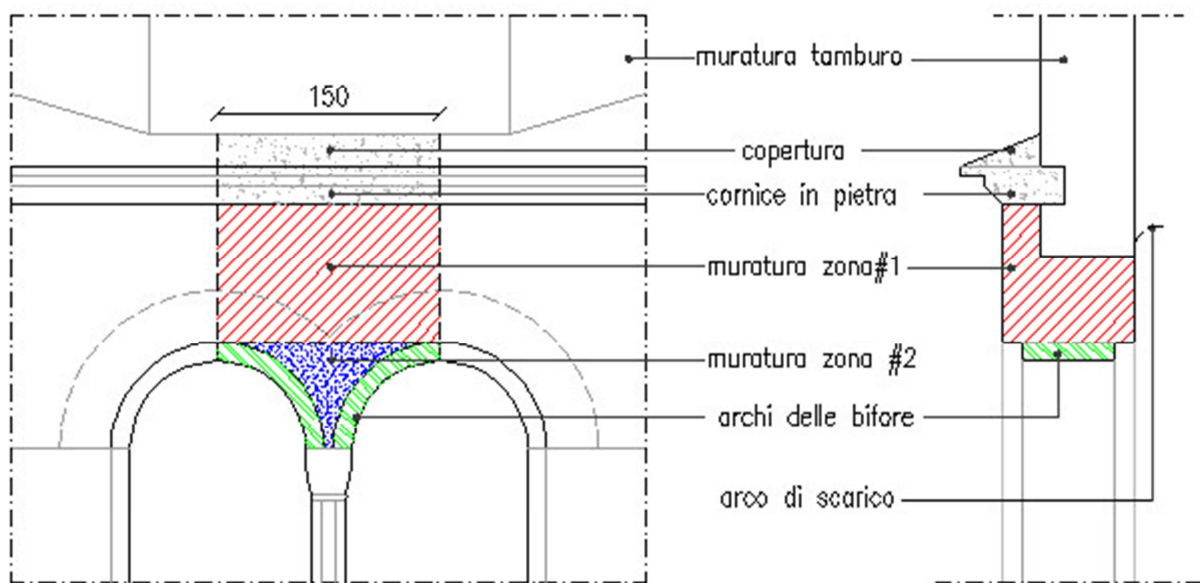
$$110525 / (2.05 \times 8) = 6739.33 \text{ daN/m}$$

Si considera un peso unitario di **6740 daN/m [67.40 kN/m]**.

**IV. ZONA CELLA CAMPANARIA**

Per il conteggio dei carichi dovuti agli elementi costitutivi la zona della cella campanaria, ci si è riferiti allo schema riportato in figura 3.4.1, stando ben attenti ad escludere dal conteggio quelle porzioni di muratura già considerate alla precedente sezione III.

Il carico calcolato in questa sezione compete direttamente alle colonne lapidee.

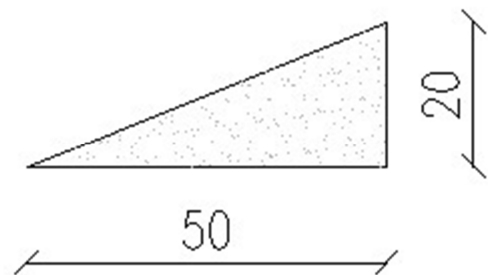


**Fig. 3.4.1** – Schema dello scarico dei pesi della muratura sugli archi e sulle spalle della cella campanaria.

Copertura:

Non è stato possibile determinare con certezza il materiale di cui è composta la copertura in zona cella campanaria. Esternamente si rileva solamente un raso di malta. Si considera quindi come fosse muratura, del peso specifico di  $1800 \text{ daN/m}^3$ .

Lo sviluppo lineare considerato è di 150 cm.



**Fig. 3.4.2** – Sezione copertura della cella.

Il peso complessivo della porzione di copertura considerata risulta:

$$(0.20 \times 0.50 / 2) \times 1,5 \times 1800 = \mathbf{135 \text{ daN [1.35 kN]}}$$

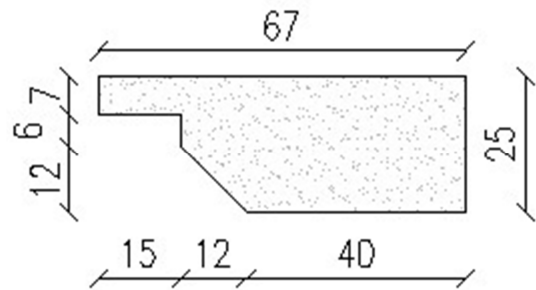
Nel conteggio si sono trascurati l'eventuale neve e la lamiera che è stata posta a rivestimento durante l'ultimo restauro.

#### Cornice in pietra:

La cornice di copertura della cella campanaria è in pietra. Si considera un peso specifico di 2100 daN/m<sup>3</sup>.

Non avendo dati certi a disposizione si è ipotizzato un inserimento della cornice nella muratura di 40 cm.

La sviluppo lineare considerato è di 150 cm.



**Fig. 3.4.3** – Sezione cornice in pietra della cella.

L'area della sezione come da figura 3.4.3 risulta:

$$(0.40 \times 0.25) + (0.13 \times 0.12) + (0.12 \times 0.12 / 2) + 0.15 \times 0.07 = 0.1333 \text{ m}^2$$

Il peso complessivo della porzione di cornice considerata risulta:

$$0.1333 \times 1.5 \times 2100 = 419.895 \text{ daN [4.199 kN]}$$

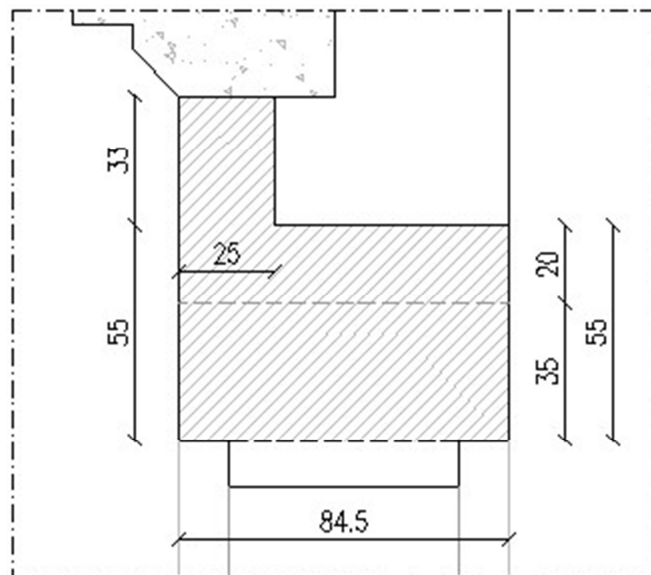
Si assume come valore **420 daN [4.20 kN]**.

Muratura - zona #1:

Per il calcolo del volume di muratura - zona #1 - ci si è attenuti al precedente schema di figura 3.4.1 ed a quello di figura 3.4.4.

Il peso specifico si è considerato di  $1900 \text{ daN/m}^3$  al posto degli usuali  $1800 \text{ daN/m}^3$  in ragione della presenza di elementi lapidei di varie dimensioni e geometrie inframmezzati alla muratura.

Lo sviluppo lineare considerato misura 150 cm.



**Fig. 3.4.4** – Sezione muratura zona #1.

L'area della sezione considerata risulta:

$$(0.845 \times 0.55) + (0.33 \times 0.25) = 0.547 \text{ m}^2$$

Il volume di muratura risulta:

$$0.547 \times 1.50 = 0.8205 \text{ m}^3$$



Il peso complessivo della porzione in esame risulta:

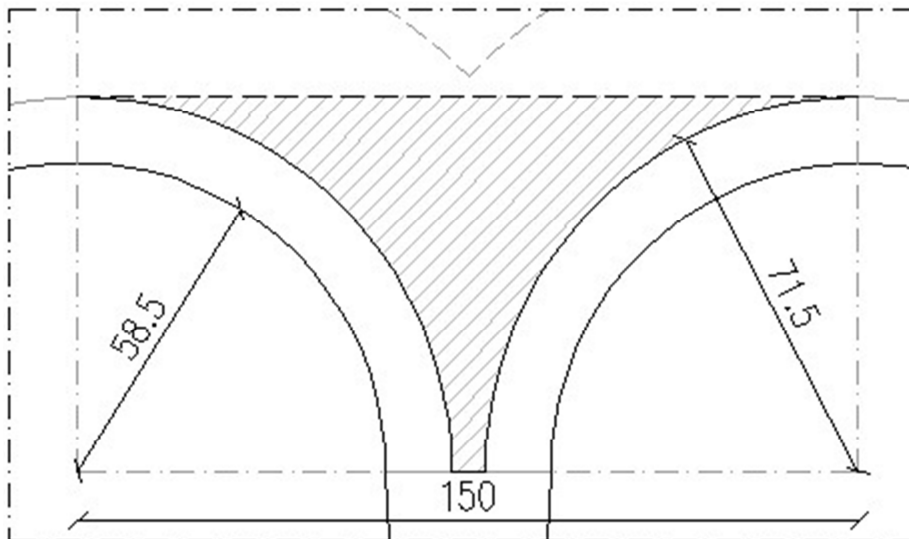
$$0.8205 \times 1900 = 1558.95 \text{ daN [15.589 kN]}$$

Si assume il valore di **1560 daN [15.60 kN]**.

#### Muratura - zona #2:

Per il calcolo del volume di muratura - zona #2 - ci si è attenuti al precedente schema di figura 3.4.1 ed a quello di figura 3.4.5.

Il peso specifico della muratura si è considerato di  $1900 \text{ daN/m}^3$  per le stesse motivazione di cui alla zona #1.



**Fig. 3.4.5** – Prospetto muratura zona #2.

L'area della zona #2 si è calcolata secondo elementari operazioni geometriche:

$$(1.50 \times 0.715) - (\pi \times 0.715^2) / 2 = 0.2695 \text{ m}^2$$

Il volume risultante:

$$0.2695 \times 0.845 = 0.228 \text{ m}^3$$

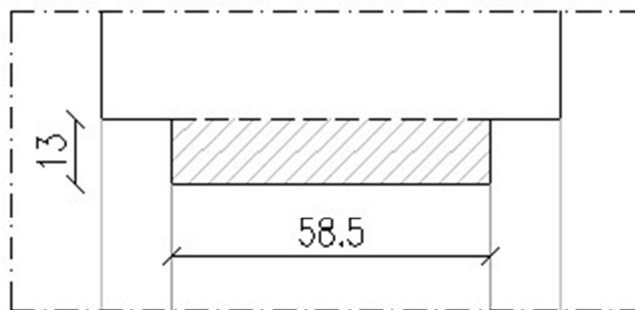
Il peso complessivo della zona #2 risulta:

$$0.228 \times 1900 = 433.2 \text{ daN [4.332 kN]}$$

Si assume un valore di **435 daN [4.35 kN]**.

#### Muratura risalto archi bifore:

Si è calcolata l'area del risalto degli archi interni alla bifora, come da figura 3.4.6.



**Fig. 3.4.6** – Sezione risalto arco bifora.

Si è moltiplicata l'area della sezione per lo sviluppo dell'arco passante per il suo punto medio (di misura 1/4 di circonferenza) determinandone il volume.

Il peso specifico considerato è  $1900 \text{ daN/m}^3$  essendo gli archi costituiti da laterizio e pietra, alternati a comporre i motivi decorativi.

L'area della sezione risulta:

$$0.13 \times 0.585 = 0.0761 \text{ m}^2$$

Lo sviluppo dell'arco passante per il punto medio della sezione, considerando un arco con apertura media di 117 cm risulta:

$$0.25 \times [2 \times \pi \times (0.585 + 0.065)] = 1.021 \text{ m}$$

Il volume risultante:

$$0.0761 \times 1.021 = 0.0777 \text{ m}^3$$

Il peso della porzione considerata risulta allora, ricordando che gli archi sono due:

$$2 \times 0.0777 \times 1900 = 295.26 \text{ daN [2.952 kN]}$$

Si considera il valore di **295 daN [2.95 kN]**.

*Riepilogo dei carichi relativi alla zona della cella campanaria:*

	Totale [daN]	Totale [kN]
- Copertura cella	135	1.35
- Cornice cella	420	4.20
- Muratura - zona #1	1560	15.60
- Muratura - zona #2	435	4.35
- Muratura risalto archi bifore	295	2.95
<b>Totale</b>	<b>2845</b>	<b>28.45</b>

## V. COLONNE E CAPITELLI

Per i capitelli si è considerato il volume totale d'ingombro, vista la difficoltà di calcolare il volume effettivo delle forme che si presentano irregolari ed erose dal tempo.

La colonna est rimane di natura incerta. Si tratta di una pietra molto compatta e tra le colonne è quella che si presenta in migliori condizioni di conservazione. Per lo studio si assume la colonna essere in marmo rosso di Verona. Peso specifico considerato  $2700 \text{ daN/m}^3$ .

Le colonne nord sud ed ovest sono in marmo rosso di Verona, con un peso specifico di  $2700 \text{ daN/m}^3$ .

Per i capitelli si è utilizzato come peso specifico  $2100 \text{ daN/m}^3$ , escluso quello ovest che è costituito in parte dallo stesso materiale della colonna (rosso Verona) ed in parte in laterizio (peso specifico  $1800 \text{ daN/m}^3$ ).



Fig. 3.5.1 – Colonna nord.



Fig. 3.5.2 – Colonna ovest.

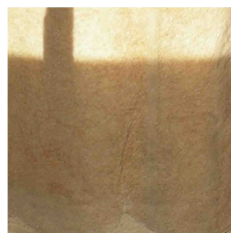


Fig. 3.5.3 – Colonna est.



Fig. 3.5.4 – Colonna sud.

Il peso complessivo è calcolato nella sezione di base, all'attacco colonna-basamento, essendo questa la sezione maggiormente sollecitata dai carichi.

Non essendovi inoltre apprezzabili cambiamenti di sezione lungo i fusti delle colonne, si omette il calcolo del carico sulla testa delle stesse.

Colonna Nord:

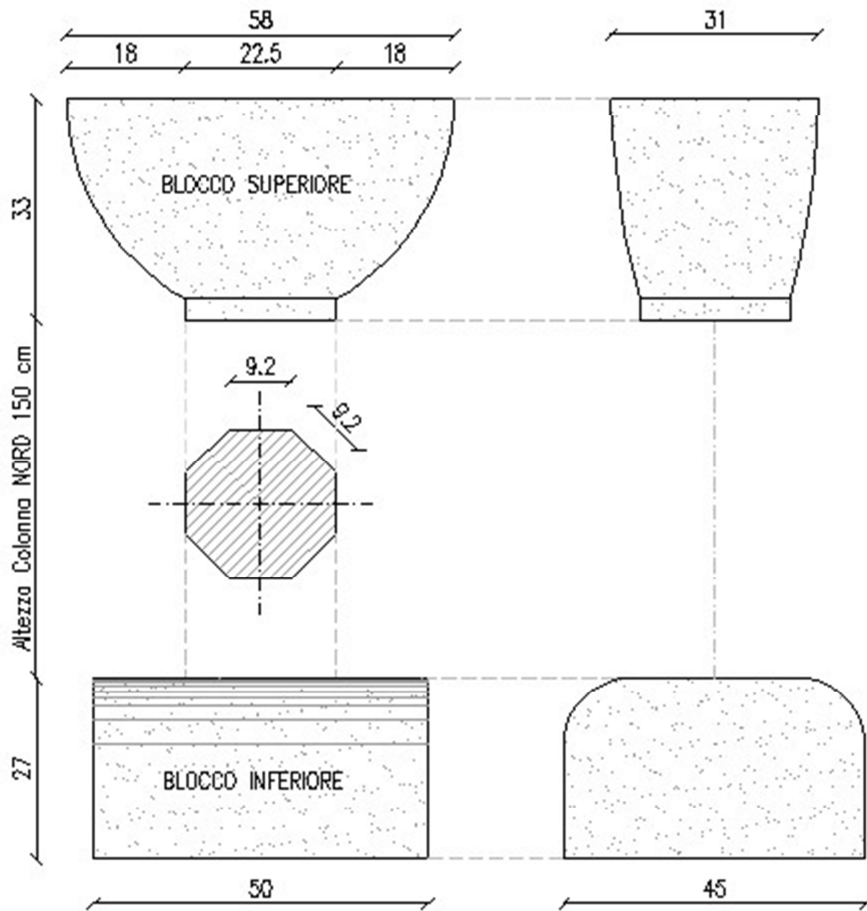


Fig. 3.5.8 – Misure essenziali colonna nord.

Area colonna:	0.0409 m <sup>2</sup>	
Volume colonna:	0.0614 m <sup>3</sup>	
Volume capitello:	0.0593 m <sup>3</sup>	
Peso colonna:	165.78 daN [1.6578 kN]	Si assume 165 daN [1.65 kN]
Peso capitello:	124.53 daN [1.243 kN]	Si assume 125 daN [1.25 kN]
Peso complessivo:	<b>290 daN [2.900 kN]</b>	

Colonna Sud:

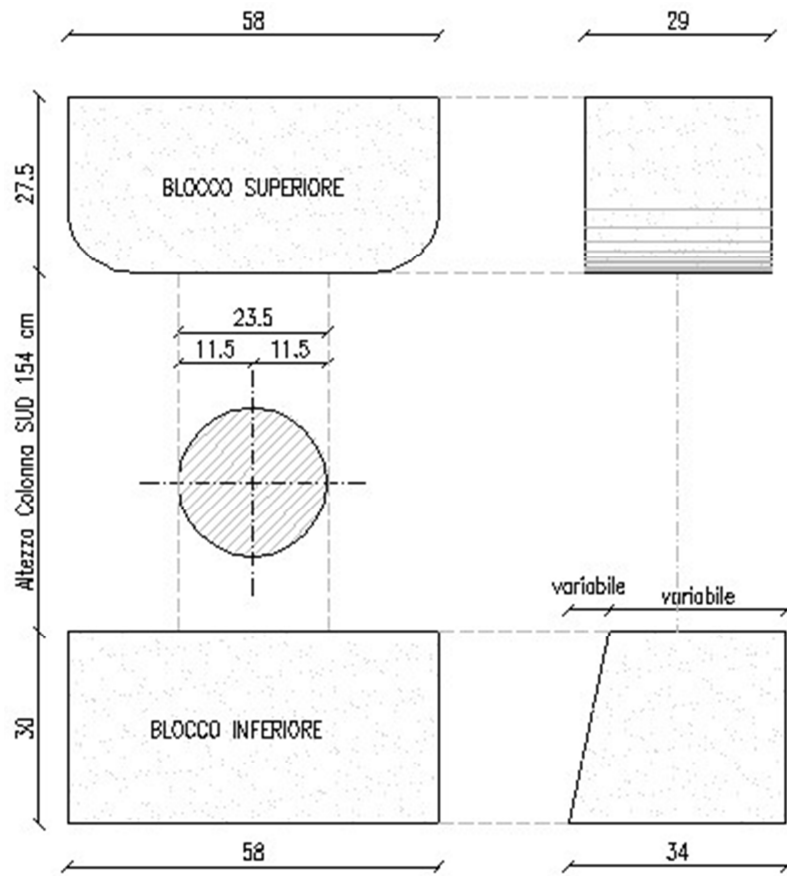


Fig. 3.5.9 – Misure essenziali colonna sud.

Area colonna:	0.0430 m <sup>2</sup>	
Volume colonna:	0.0662 m <sup>3</sup>	
Volume capitello:	0.0463 m <sup>3</sup>	
Peso colonna:	178.74 daN [1,7543 kN]	Si assume 180 daN [1.80 kN]
Peso capitello:	97.136 daN [0,971 kN]	Si assume 95 daN [1 kN]
Peso complessivo:	<b>275 daN [2.700 kN]</b>	

Colonna Est:

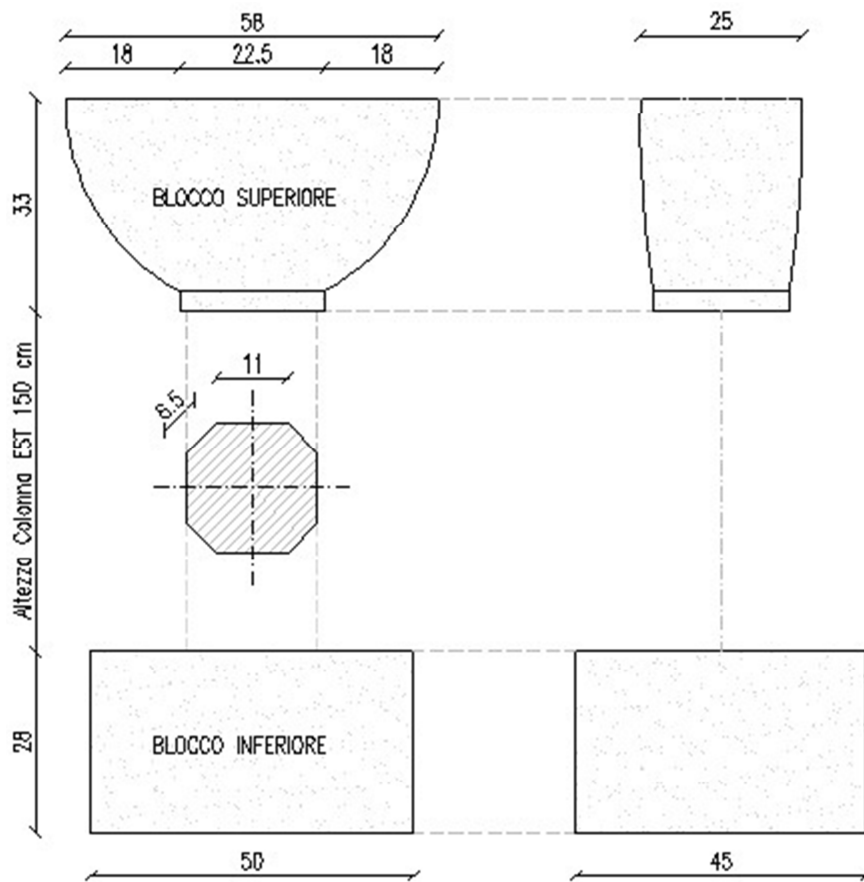


Fig. 3.5.10 – Misure essenziali colonna est.

Area colonna:	0.0366 m <sup>2</sup>	
Volume colonna:	0.0549 m <sup>3</sup>	
Volume capitello:	0.0479 m <sup>3</sup>	
Peso colonna:	148.23 daN [1,455 kN]	Si assume 150 daN [1.50 kN]
Peso capitello:	100.49 daN [1,005 kN]	Si assume 100 daN [1.00 kN]
Peso complessivo:	<b>250 daN [2.500 kN]</b>	

Colonna Ovest:

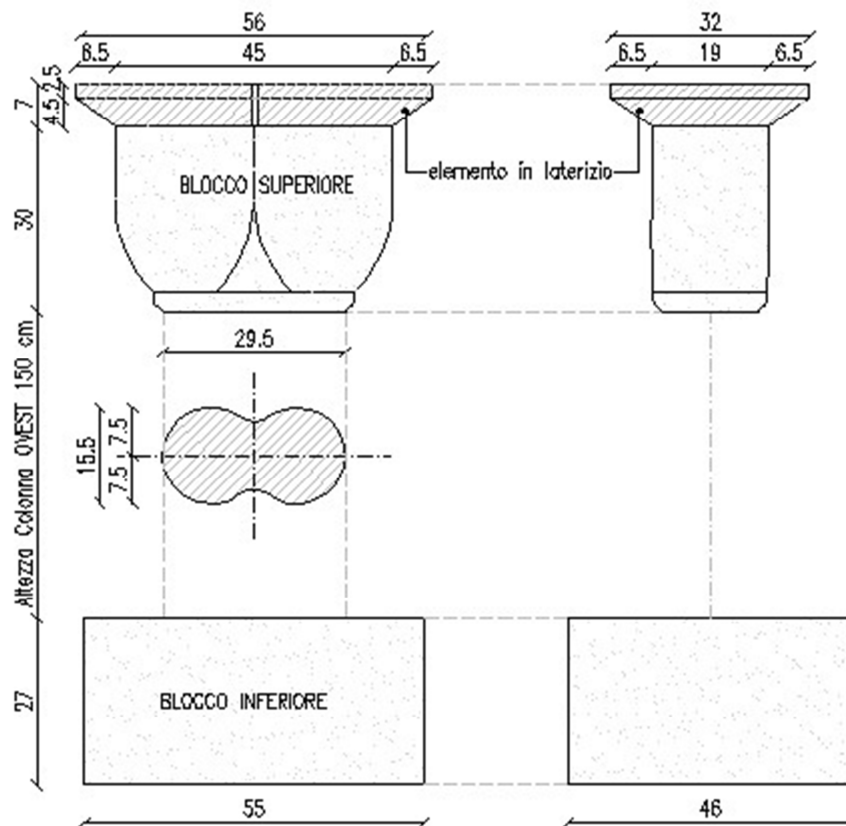


Fig. 3.5.11 – Misure essenziali colonna ovest.

Area colonna:	0.0373 m <sup>2</sup>	
Volume colonna:	0.0560 m <sup>3</sup>	
Volume capitello in laterizio:	0.0125 m <sup>3</sup>	
Volume capitello in pietra:	0.0256 m <sup>3</sup>	
Peso colonna:	151.20 daN [1,512 kN]	Si assume 150 daN
Peso capitello in laterizio:	22.50 daN [0,225 kN]	Si assume 22 daN
Peso capitello in pietra:	69.12 daN [0,6912 kN]	Si assume 70 daN
Peso complessivo:	242 daN [2.420 kN]	Si assume <b>240 daN [2.40 kN]</b>



## VI. RIPARTIZIONE DEI CARICHI

Calcolati i contributi al carico si determina la quota di questi insistente sulle colonne:

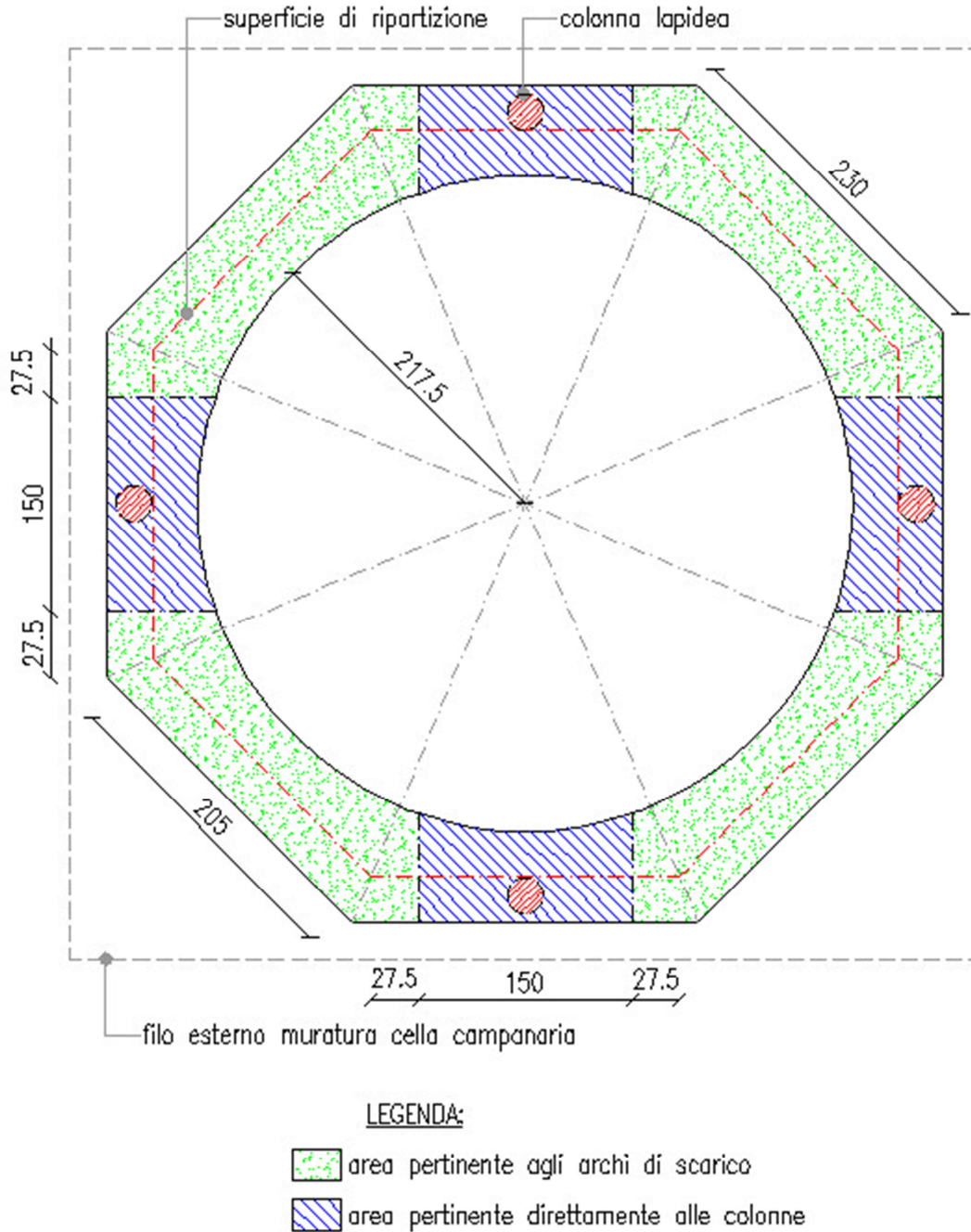
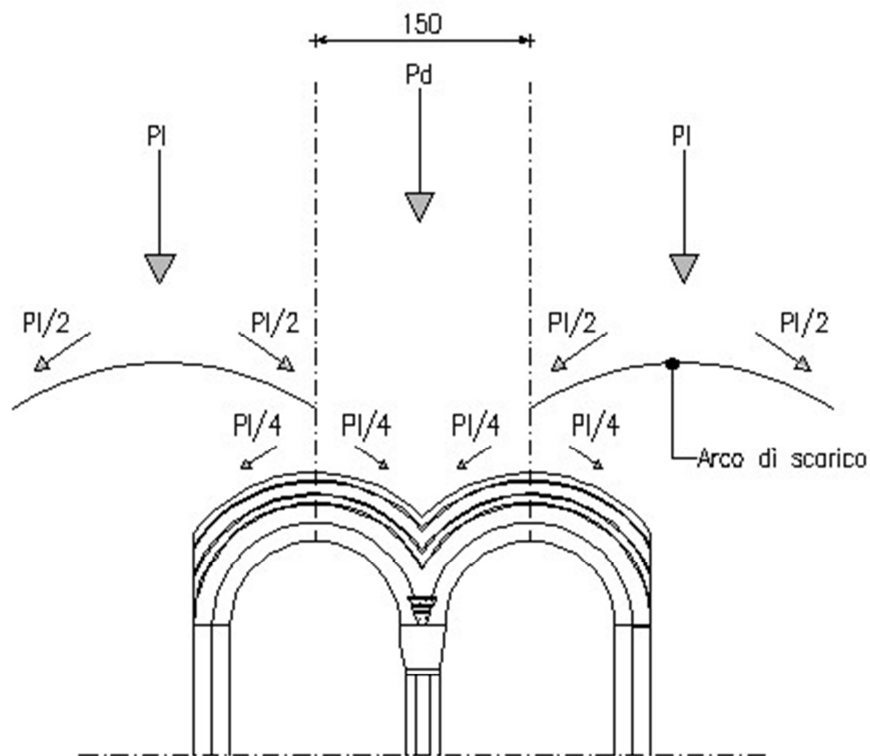


Fig. 3.6.1 – Schema generale di ripartizione dei carichi.

Come anticipato in questo capitolo alla sezione III, ad ogni colonna compete uno sviluppo di muratura insistente direttamente su di essa della misura di 150 cm (Fig. 3.6.1 e Fig. 3.3.1).

Su ogni arco di scarico insiste invece uno sviluppo di muratura della misura di 260 cm (205+27.5+27.5 cm, vedasi Fig. 3.6.1).



**Fig. 3.6.2** – Schema dello scarico dei pesi della muratura sugli archi e sulle spalle della cella campanaria.

Secondo lo schema di Fig. 3.6.2 alle colonne compete un carico complessivo pari a:

$$P_d + 2 \times P_l/4$$

con:

$P_d$  = contributo diretto;

$P_l$  = contributo indiretto.

Contributo diretto ( $P_d$ ):

Il contributo diretto è dato dal carico unitario di copertura e tamburo moltiplicato per lo sviluppo lineare di 150 cm e dai contributi della zona cella campanaria (sezione IV).

$$P_d = 1.5 \times (6740 + 1475) + 2845 = 15167.5 \text{ daN}$$

Si assume come valore **15170 daN [151.70 kN]**

Contributo indiretto ( $P_i$ ):

E' un contributo dovuto al carico che gli archi di scarico laterali trasmettono agli archi delle bifore. Seguendo gli schemi di Fig.3.6.1 e Fig. 3.6.2 si ricava per il carico unitario di copertura e tamburo uno sviluppo di 130 cm(\*) insistente sulle colonne lapidee.

(\*)  $2 \times [(260 / 2) / 2]$  secondo lo schema, dato che ad ogni arco di scarico compete uno sviluppo muratura di 260 cm.

Si calcola direttamente  $P_i/2$  cioè la sola parte di carico trasmesso alle colonne

$$(P_i/2) = 1.3 \times (6740 + 1475) = 10679.5 \text{ daN}$$

Si assume il valore **10680 daN [106.80 kN]**

*Riepilogo dei carichi trasmessi alla testa delle colonne (peso delle colonne e dei capitelli escluso):*

	Totale [daN]	Totale [KN]
- Contributo diretto copertura, tamburo e zona cella	15170	151.70
- Contributo indiretto copertura e tamburo	10680	106.80
<b>Totale</b>	<b>25850</b>	<b>258.50</b>

Si procede sommando al carico trasmesso dalla copertura, dal tamburo e dalla zona cella campanaria, il peso proprio dei capitelli e delle colonne.

Colonna nord:

	Totale [daN]	Totale [KN]
- Peso complessivo elementi sovrastanti il capitello	25850	258.50
- Colonna nord e capitello	290	2.90
<b>Totale</b>	<b>26140</b>	<b>261.40</b>

Colonna sud:

	Totale [daN]	Totale [KN]
- Peso complessivo elementi sovrastanti il capitello	25850	258.50
- Colonna sud e capitello	275	2.75
<b>Totale</b>	<b>26125</b>	<b>261.25</b>

Colonna est:

	Totale [daN]	Totale [KN]
- Peso complessivo elementi sovrastanti il capitello	25850	258.50
- Colonna nord e capitello	250	2.50
<b>Totale</b>	<b>26100</b>	<b>261.00</b>

Colonna ovest:

	Totale [daN]	Totale [KN]
- Peso complessivo elementi sovrastanti il capitello	25850	258.50
- Colonna nord e capitello	240	2.40
<b>Totale</b>	<b>26090</b>	<b>260.90</b>

## VERIFICHE DI RESISTENZA

Si considera nell'effettuare le verifiche di resistenza essere costituite le colonne in marmo rosso di Verona, pur riconoscendo che la colonna est rimane ancora di natura incerta, ma potrebbe ragionevolmente possedere caratteristiche di resistenza superiori.

Dai cataloghi dei produttori di materiale lapideo si desume un valore medio di resistenza a compressione per il marmo rosso di Verona pari a 1630 daN/cm<sup>2</sup> circa.

La normativa [NTC 2008 – §11.10.3.1.1] permette il calcolo del valore caratteristico dei materiali naturali utilizzando la formula:

$$f_{bk} = f_{bm} \times 0.75$$

con:

$f_{bk}$  = resistenza caratteristica;

$f_{bm}$  = resistenza media.

Per il marmo rosso di Verona si ricava quindi un valore caratteristico di:

$$f_{bk} = 1224 \text{ daN/cm}^2 [12.24 \text{ kN/cm}^2]$$

Per una verifica di resistenza semplificata ci si riferisce, ma solo nella forma, alla NTC 2008 - §4.5.6.4 - "Verifiche alle tensioni ammissibili" sebbene la formulazione sia inerente ad un edificio nel suo complesso e non ad un elemento isolato. La normativa prospetta una riduzione forfettaria dell'area resistente degli elementi sottoposti a carico.

La riduzione dell'area nelle seguenti verifiche è effettuata con la finalità di tenere in conto dei difetti di omogeneità del materiale e di eventuali eccentricità del carico e di messa in opera della colonna.

$$\sigma = N / (0.65 \times A) \leq f_{bk} / \gamma_M$$

con:

- A = area della sezione;
- N = sforzo normale agente;
- $\gamma_M$  = coefficiente di sicurezza che si assume pari a 4,2.

Verifica Colonna nord:

Tipo di materiale:	marmo rosso di Verona
Resistenza caratteristica ( $f_{bk}$ ):	1224 daN/cm <sup>2</sup>
Area sezione (A):	409 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale agente (N):	26140 daN
Rapporto N/A:	63.91 daN/cm <sup>2</sup>
$f_{bk}/\gamma_M$ :	291.43 daN/cm <sup>2</sup>

$$\sigma = 26140 / (0.65 \times 409) = 98.33 \text{ daN/cm}^2 \leq 291.43 \text{ daN/cm}^2$$

La verifica della colonna nord risulta soddisfatta.

Verifica Colonna sud:

Tipo di materiale:	marmo rosso di Verona
Resistenza caratteristica ( $f_{bk}$ ):	1224 daN/cm <sup>2</sup>
Area sezione (A):	430 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale agente (N):	26125 daN
Rapporto N/A:	60.76 daN/cm <sup>2</sup>
$f_{bk}/\gamma_M$ :	291.43 daN/cm <sup>2</sup>

$$\sigma = 26125 / (0.65 \times 430) = 93.47 \text{ daN/cm}^2 \leq 291.43 \text{ daN/cm}^2$$

La verifica della colonna sud risulta soddisfatta.

Verifica Colonna est:

Tipo di materiale:	marmo rosso di Verona (assunto come tale)
Resistenza caratteristica ( $f_{bk}$ ):	1224 daN/cm <sup>2</sup>
Area sezione (A):	366 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale agente (N):	26100 daN
Rapporto N/A:	71.31 daN/cm <sup>2</sup>
$f_{bk}/\gamma_M$ :	291.43 daN/cm <sup>2</sup>

$$\sigma = 26100 / (0.65 \times 366) = 109.71 \text{ daN/cm}^2 \leq 291.43 \text{ daN/cm}^2$$

La verifica della colonna est risulta soddisfatta.

Verifica Colonna ovest:

Tipo di materiale:	marmo rosso di Verona
Resistenza caratteristica ( $f_{bk}$ ):	1224 daN/cm <sup>2</sup>
Area sezione (A):	373 cm <sup>2</sup>
Sforzo normale agente (N):	26090 daN
Rapporto N/A:	69.95 daN/cm <sup>2</sup>
$f_{bk}/\gamma_M$ :	291.43 daN/cm <sup>2</sup>

$$\sigma = 26090 / (0.65 \times 373) = 107.61 \text{ daN/cm}^2 \leq 291.43 \text{ daN/cm}^2$$

La verifica della colonna ovest risulta soddisfatta.

La verifica di resistenza semplificata è risultata soddisfatta per ogni colonna, con un certo margine di sicurezza (nella verifica circa  $110 \text{ daN/cm}^2$  contro i  $291 \text{ daN/cm}^2$  limite, in corrispondenza della colonna est).

La natura della colonna est rimane comunque da indagare. Risulta essere la colonna più sollecitata, e quella che ad un esame visivo si presenta nel miglior stato di conservazione.

Ragionevolmente può considerarsi la colonna costituita dal materiale più prestante dal punto di vista della resistenza rispetto al marmo rosso di Verona, alle cui caratteristiche meccaniche ci si è riferiti per la verifica.

Il semplice rapporto  $N/A$  indica comunque un carico sulle colonne mediamente attorno ai  $70 \text{ daN/cm}^2$ , un valore considerevole soprattutto alla luce dello stato di conservazione in cui versano in particolare le colonne nord ed ovest, con evidenti segni superficiali di degrado.

Si sottolinea altresì che nell'analisi dei carichi, dove non si è avuta certezza dei dati (stratigrafie incerte e mancanza di materiale fotografico o saggi diretti), si è cercato di ipotizzare la situazione più svantaggiosa, restando nell'ambito del buon senso e del probabile.



## **CONCLUSIONI**

Si conclude che l'edificazione del tamburo ed i rimaneggiamenti avvenuti nel corso degli anni, hanno certamente incrementato le sollecitazioni a cui sono sottoposte le colonne, ma non in maniera tale da portarle in prossimità alle condizioni di rottura.

Sarebbe consigliabile comunque il tenere controllato lo stato di degrado effettuando periodici interventi di manutenzione.

Il lavoro di rilievo è stato molto interessante. Si è definita in maniera accurata la geometria della cella campanaria e del tamburo.

Per rendere completo il modello tridimensionale della torre è stato compiuto un rilievo - seppure meno accurato di quello della cella - del fusto, all'esterno con l'individuazione delle aperture, ed all'interno, rilevando le rampe di scale (alzate e pedate dei singoli gradini), i locali interni ed alcuni spessori delle murature.

Uno studio più accurato inerente al fusto resta pendente. Sicuramente sarebbe un lavoro molto interessante dal punto di vista architettonico e storico: la torre testimonia infatti le vicende belliche della Città di Vicenza a cavallo tra il XIII e il XV secolo.

## APPENDICE

### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Si riporta una selezione della moltitudine di fotografie acquisite durante il rilievo, divise per elemento costitutivo della torre, dalla copertura fino all'interno fusto.

Vengono riportati anche particolari a prima vista secondari (ad esempio una selezione dei fregi dell'ordine di archetti posto tra le mensole in pietra che reggono le merlature), ma che senza l'ausilio di un ponteggio sarebbero difficilmente osservabili, quando non preclusi totalmente alla vista.

Suddetti particolari possono essere un valido ausilio per una futura modellazione tridimensionale delle parti o comunque - per completezza - anche solamente per ammirare la bellezza dell'opera in sé.

#### I. COPERTURA



**Fig. A.1.1** – Particolare incrocio travi della crociera dopo il rifacimento della copertura.



**Fig.A.1.2** – Particolare collegamento morali in legno e struttura superiore della crociera con la muratura perimetrale del tamburo. La testa dei morali lignei è stata rivestita con guaina per evitare la marcescenza del legno.



**Fig.A.1.3** – Particolare collegamento morali in legno alla struttura superiore della crociera.



**Fig.A.1.4** – Vista d’insieme della crociera di copertura, così come si presenta dalla base della cella campanaria.



**Fig.A.1.5** – Copertura: vista esterna della pietra di sommità e del manto di copertura in coppi.



**Fig.A.1.6** – Particolare d’angolo del manto di copertura in coppi.



**Fig.A.1.7** – Particolare pietra di sommità e innesto parafulmine.



**Fig.A.1.8** – Particolare scossalina e bordo copertura su cornice in pietra.



**Fig.A.1.9** – Copertura dalla base cella campanaria alla fine dei lavori interni al fusto.



**Fig.A.1.10** – Particolare copertura in ricostruzione: manto di tavelline e guaina sui morali in legno.



**Fig.A.1.11** – Copertura scoperchiata per l'intervento di consolidamento e ripristino.

## II. TAMBURO



**Fig.A.2.1** – Particolare decorazioni tamburo appena sotto la cornice in pietra della copertura.



**Fig.A.2.2** – Particolare decorazioni tamburo appena sotto la cornice in pietra della copertura.





**Fig.A.2.3** – Particolare prima apertura dall'alto su decorazione – lato sud.



**Fig.A.2.4** – Particolare prima apertura dall'alto su decorazione – lato sud: si coglie la stratigrafia della muratura.



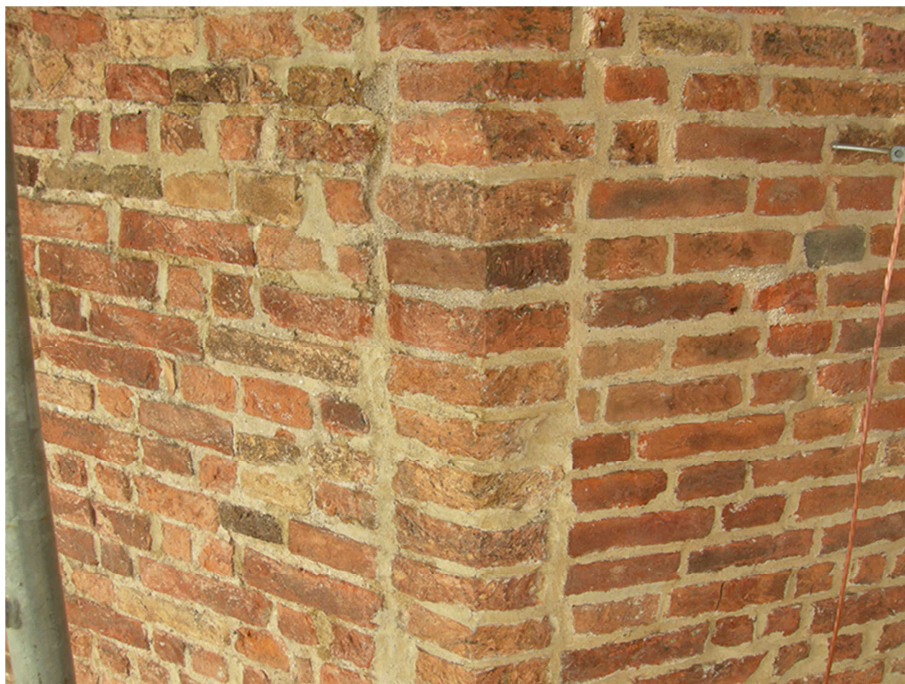
**Fig.A.2.5** – Particolare seconda apertura dall'alto – lato sud.



**Fig.A.2.6** – Particolare seconda apertura dall'alto – lato sud: si coglie la stratigrafia della muratura.



**Fig.A.2.7** – Particolare innesto tamburo su cella campanaria: vista esterna.



**Fig.A.2.8** – Particolare d'angolo del tamburo ottagonale.

### III. CELLA CAMPANARIA



**Fig.A.3.1** – Particolare esterno d'insieme arco nord – zona bifore.



**Fig.A.3.2** – Particolare esterno d'insieme arco nord – zona bifore.



**Fig.A.3.3** – Particolare esterno d'insieme arco est – zona bifore.



**Fig.A.3.4** – Particolare esterno d'insieme arco est – zona bifore.



**Fig.A.3.5** – Particolare esterno d’insieme arco sud – zona bifore.



**Fig.A.3.6** – Particolare esterno d’insieme arco sud – zona bifore.



**Fig.A.3.7** – Particolare esterno d'insieme arco ovest – zona bifore.



**Fig.A.3.8** – Particolare esterno d'insieme arco ovest – zona bifore.

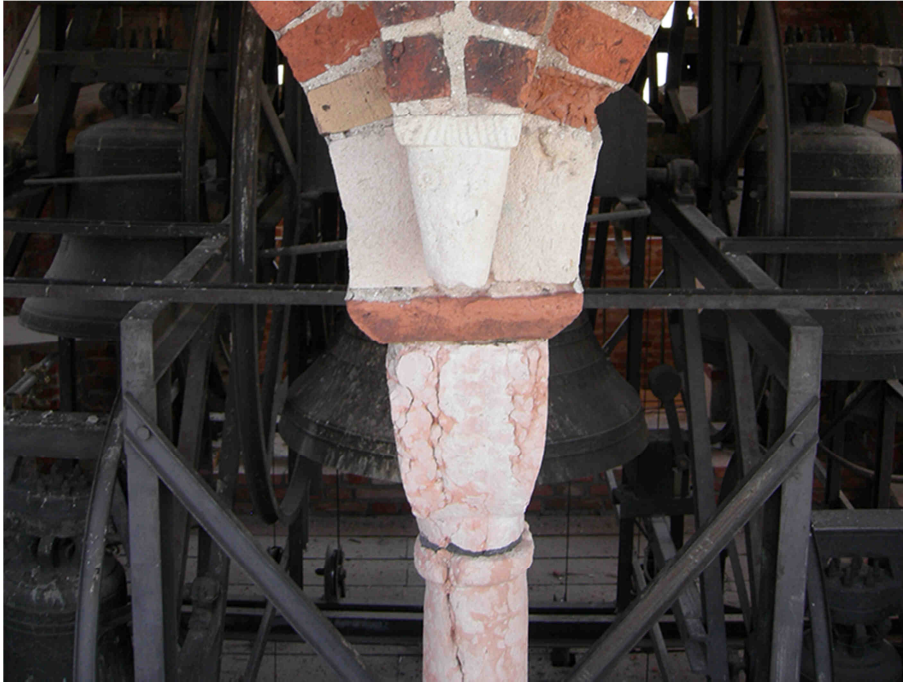


**Fig.A.3.9** – Particolare colonna ovest – capitello.



**Fig.A.3.10** – Particolare colonna ovest – basamento.





**Fig.A.3.11** – Particolare colonna ovest – vista frontale capitello.



**Fig.A.3.12**– Particolare colonna est – capitello.



**Fig.A.3.13** – Particolare colonna est – basamento.



**Fig.A.3.14**– Particolare colonna est – vista frontale capitello.



**Fig.A.3.15** – Particolare colonna nord – capitello.



**Fig.A.3.16** – Particolare colonna nord – basamento.



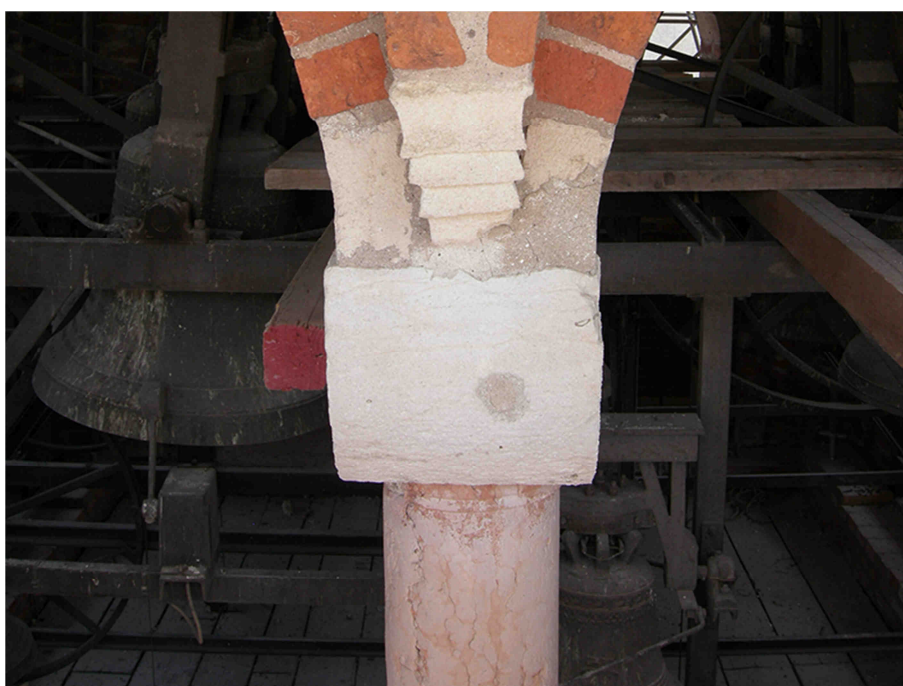
**Fig.A.3.17** – Particolare colonna nord – vista frontale capitello.



**Fig.A.3.18** – Particolare colonna sud – capitello.



**Fig.A.3.19** – Particolare colonna sud – basamento.



**Fig.A.3.20** – Particolare colonna sud – vista frontale capitello.



**Fig.A.3.21** – Particolare decorazioni in pietra e laterizio sopra bifore lato est.



**Fig.A.3.22** – Particolare copertura in lamiera della cornice cella campanaria.



**Fig.A.3.23** – Particolare profilo cornice in pietra cella campanaria.



**Fig.A.3.24** – Particolare archi di scarico laterali – angolo sud ovest.



**Fig.A.3.25** – Particolare archi di scarico laterali – angolo nord ovest.



**Fig.A.3.26** – Particolare archi di scarico laterali – angolo nord est.





**Fig.A.3.27** – Particolare archi di scarico laterali – angolo sud est.



**Fig.A.3.28** – Particolare archi di scarico laterali – angolo nord ovest – vista dal basso.



**Fig.A.3.29** – Particolare archi di scarico laterali – angolo nord est – vista dal basso.



**Fig.A.3.30** – Una delle campane e il sottostante tavolato ligneo di calpestio.



**Fig.A.3.31** – Particolare pavimento ligneo cella campanaria rispetto a soglia appoggio colonne – angolo sud est.



**Fig.A.3.32** – Smonto scala interna su piano cella campanaria – angolo sud ovest.

#### IV. MERLATURE



**Fig.A.4.1** – Particolare della testa delle mensole d'angolo.



**Fig.A.4.2** – Particolare innesto mensole nell'angolo del fusto della torre.



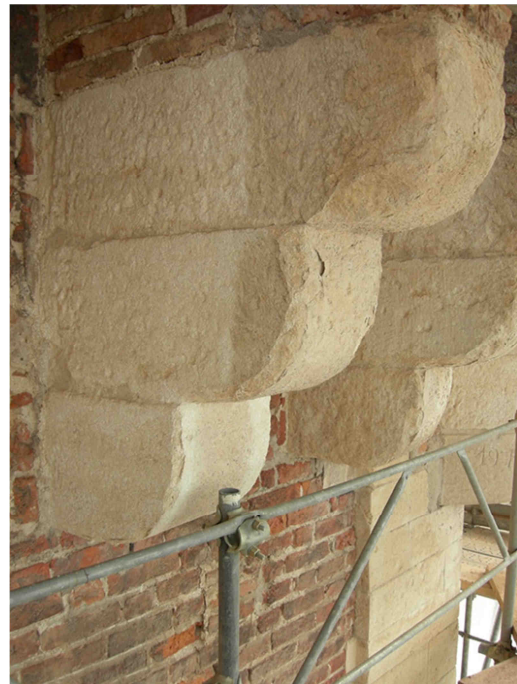
**Fig.A.4.3** – Particolare dell’arco tra le mensole in pietra reggi merlatura.



**Fig.A.4.4** – Particolare mensole d’angolo. Si noti l’incisione 1972, anno del restauro a seguito del crollo dei modiglione nord-est.



**Fig.A.4.5** – Particolare archi decorativi fascia sotto cella campanaria.



**Fig.A.4.6-7** - Vista degli ordini di mensole d'angolo e di facciata.



**Fig.A.4.8-9** – Particolare fregi degli archi decorativi fascia sotto cella campanaria.



**Fig.A.4.10-11** – Particolare fregi degli archi decorativi fascia sotto cella campanaria.



**Fig.A.4.12** – Particolare fregi degli archi decorativi fascia sotto cella campanaria.



**Fig.A.4.13** – Particolare fregi degli archi decorativi fascia sotto cella campanaria.





**Fig.A.4.14** – Particolare fregi degli archi decorativi fascia sotto cella campanaria.



**Fig.A.4.15** – Particolare fregi degli archi decorativi fascia sotto cella campanaria.



**Fig.A.4.16** – Particolare decorazioni degli archi decorativi fascia sotto cella campanaria..

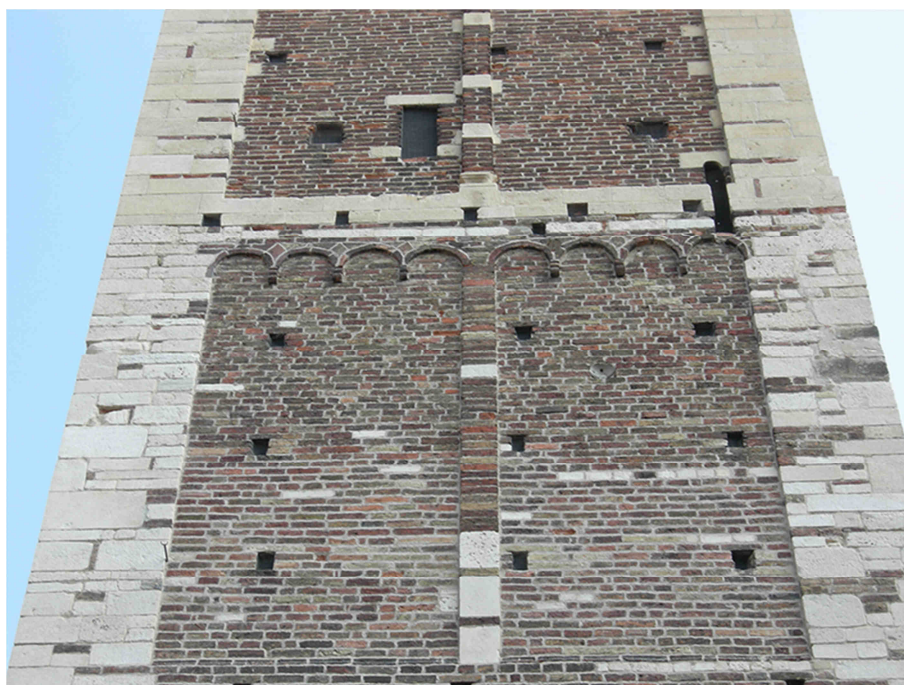


**Fig.A.4.17** – Particolare merlatura sud.

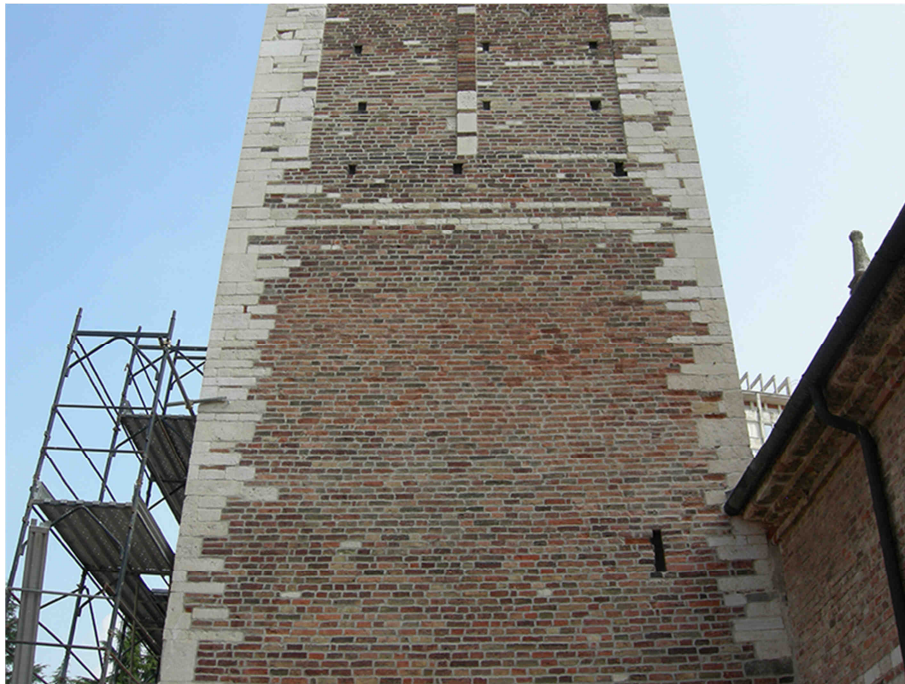
**V. FUSTO**



**Fig.A.5.1** – Vista fronte ovest. Particolare orologio.



**Fig.A.5.2** – Vista fronte ovest.



**Fig.A.5.3** – Vista fronte ovest.



**Fig.A.5.4** – Vista fronte ovest. Base della torre. A destra la porta d'accesso all'interno.



**Fig.A.5.5** – Lato ovest quota circa 15m. Curioso inserto nella muratura, forse a copertura di un buco di proiettile di bombarda.



**Fig.A.5.6** – Lato ovest. Apertura sopra orologio.



**Fig.A.5.7** – Lato ovest. Particolare sommità orologio.



**Fig.A.5.8** – Lato nord. Incisione datata 1160, data ricostruzione torre dopo terremoto 1117.

**Fig.A.5.9** – Lato est. Particolare resti copertura della sottostante postazione di guardia.



**Fig.A.5.10-11** – Lato est, postazione di guardia.



**Fig.A.5.12** – Lato est. Postazione di guardia.



**Fig.A.5.13** – Lato est. Particolare fregio su fascia decorata.



**Fig.A.5.14** – Quota 17 metri circa. Fascia decorata con archetti e pietra.

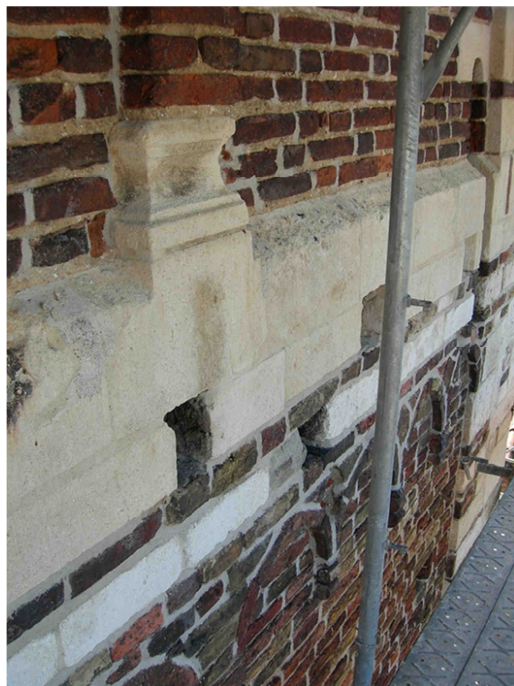


**Fig.A.5.15** – Quota 17 metri circa. Fascia decorata con archetti e pietra.





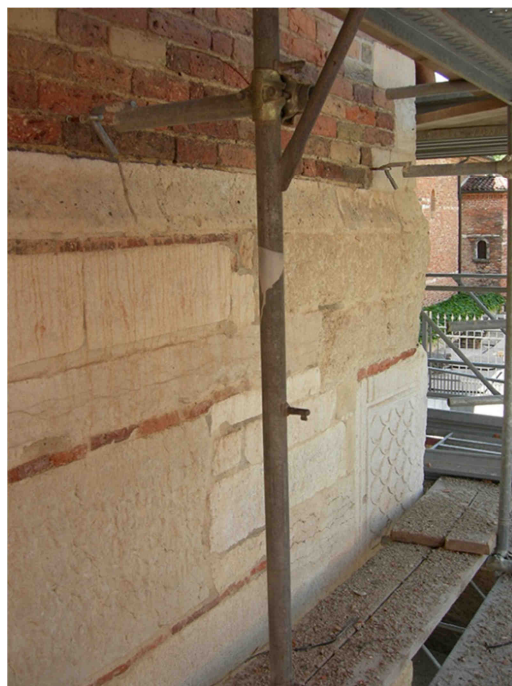
**Fig.A.5.16** – Quota 17 metri circa. Fascia decorata con archetti e pietra lato sud.



**Fig.A.5.17** – Lato ovest. Decorazioni fascia quota 17m.



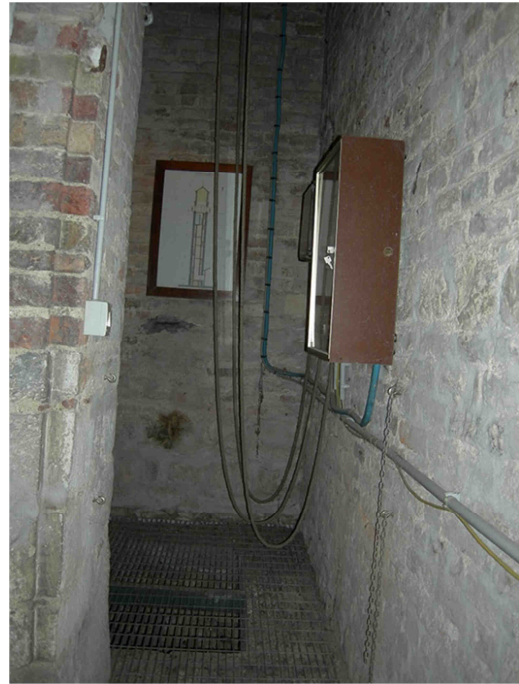
**Fig.A.5.18** – Lato ovest. Apertura su fascia decorazioni.



**Fig.A.5.19** – Particolare feritoia per la difesa della torre.

**Fig.A.5.20** – Lato nord. Zoccolo torre costruito con pietre di recupero da altri cantieri dell'epoca.

## VI. INTERNO TORRE



**Fig.A.6.1** – Entrata. Prima rampa.

**Fig.A.6.2** – Vista primo locale da sommità prima rampa.



**Fig.A.6.3** – Particolare soffitto del primo locale.



**Fig.A.6.4-5** – Seconda rampa e soffitto.



**Fig.A.6.6** – Terza rampa.

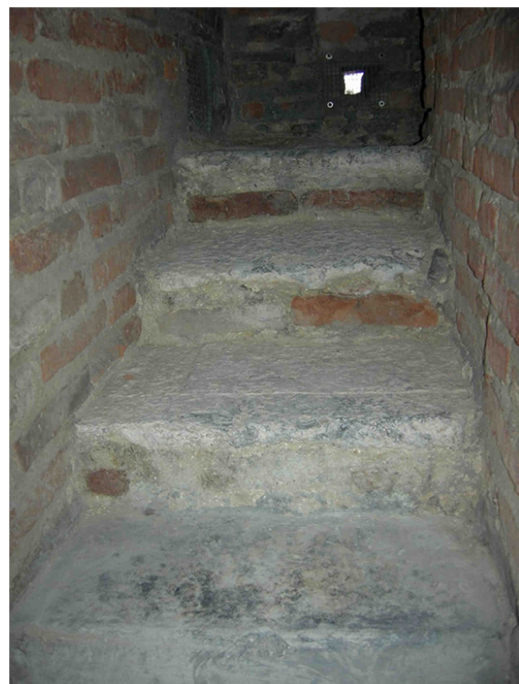


**Fig.A.6.7** – Quarta rampa.



**Fig.A.6.8** – Settima rampa su saletta guardia.

**Fig.A.6.9** – Interno saletta di guardia.



**Fig.A.6.10** – Interno saletta di guardia: porta su scale.

**Fig.A.6.11** – Sommità ottava rampa: gradini irregolari.



**Fig.A.6.12-13** – Nicchia su decima rampa.



**Fig.A.6.14** – Particolare base cisterna d'acqua al piano sottostante la cella campanaria.



**Fig.A.6.15** – Particolare sommità cisterna d’acqua. Si noti l’impalcato ligneo della cella campanaria.



**Fig.A.6.16** – Rampa undicesima. L’apertura che si nota da sul lato ovest, poco sopra l’orologio.



**Fig.A.6.17** – Rampa dodicesima sull’impalcato ligneo della cella campanaria.



Fig.A.6.18 – Fascia interna firmata.

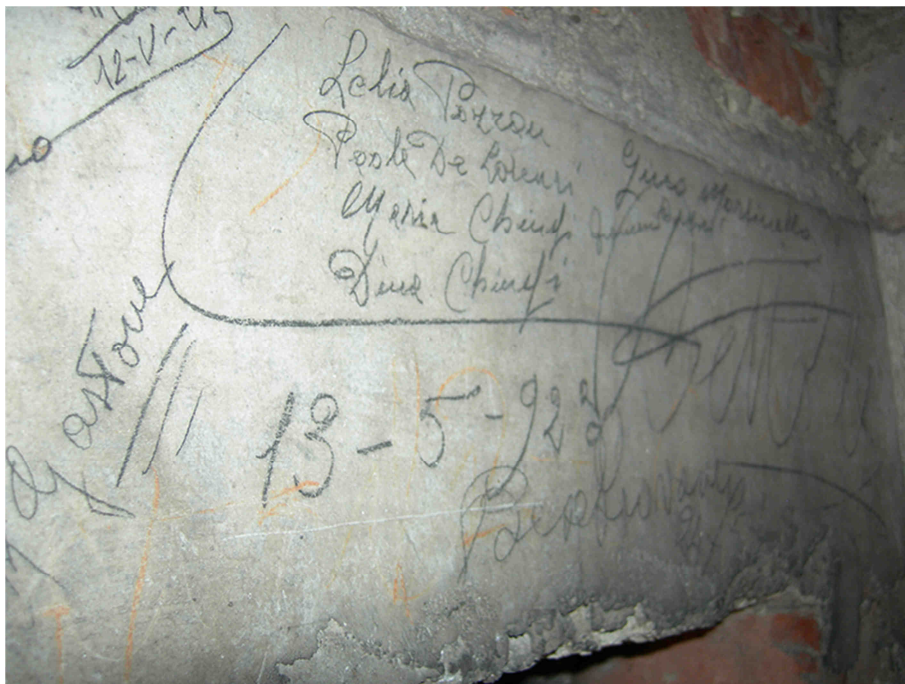


Fig.A.6.19 – Fascia interna firmata.



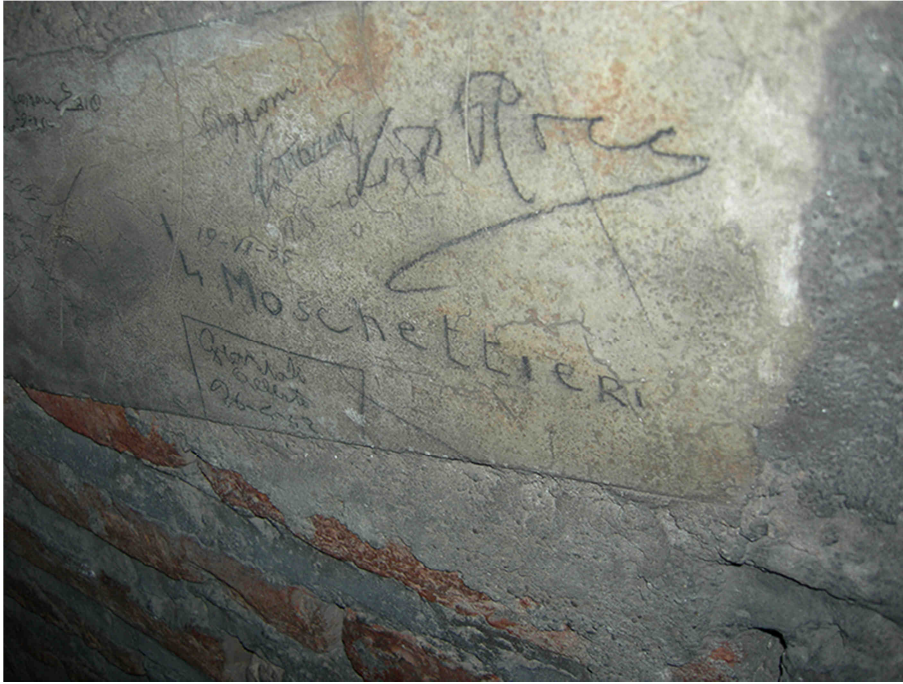


Fig.A.6.20 – Fascia interna firmata.



Fig.A.6.21 – Fascia interna firmata.

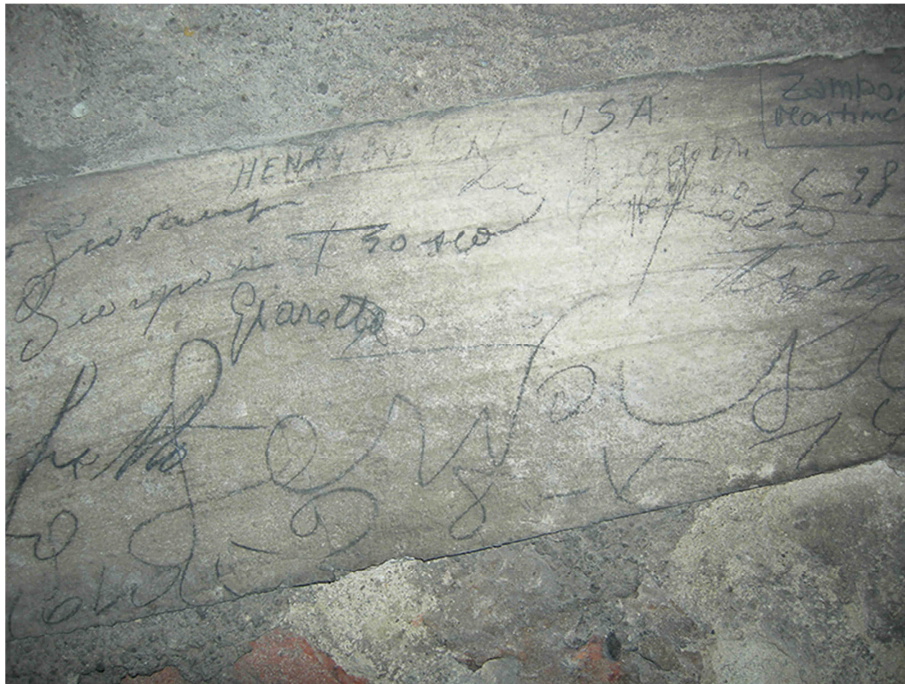
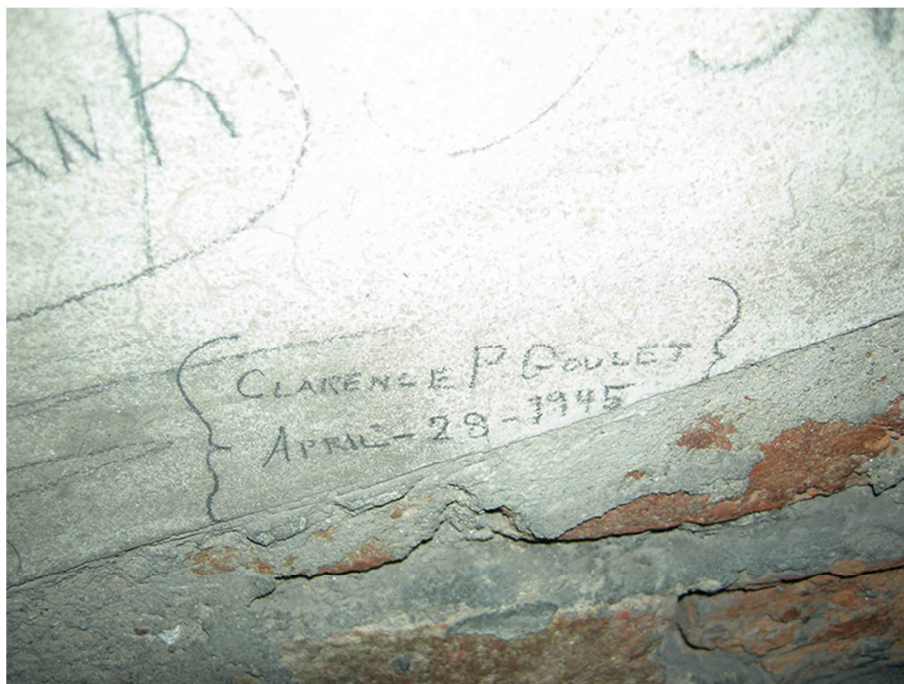


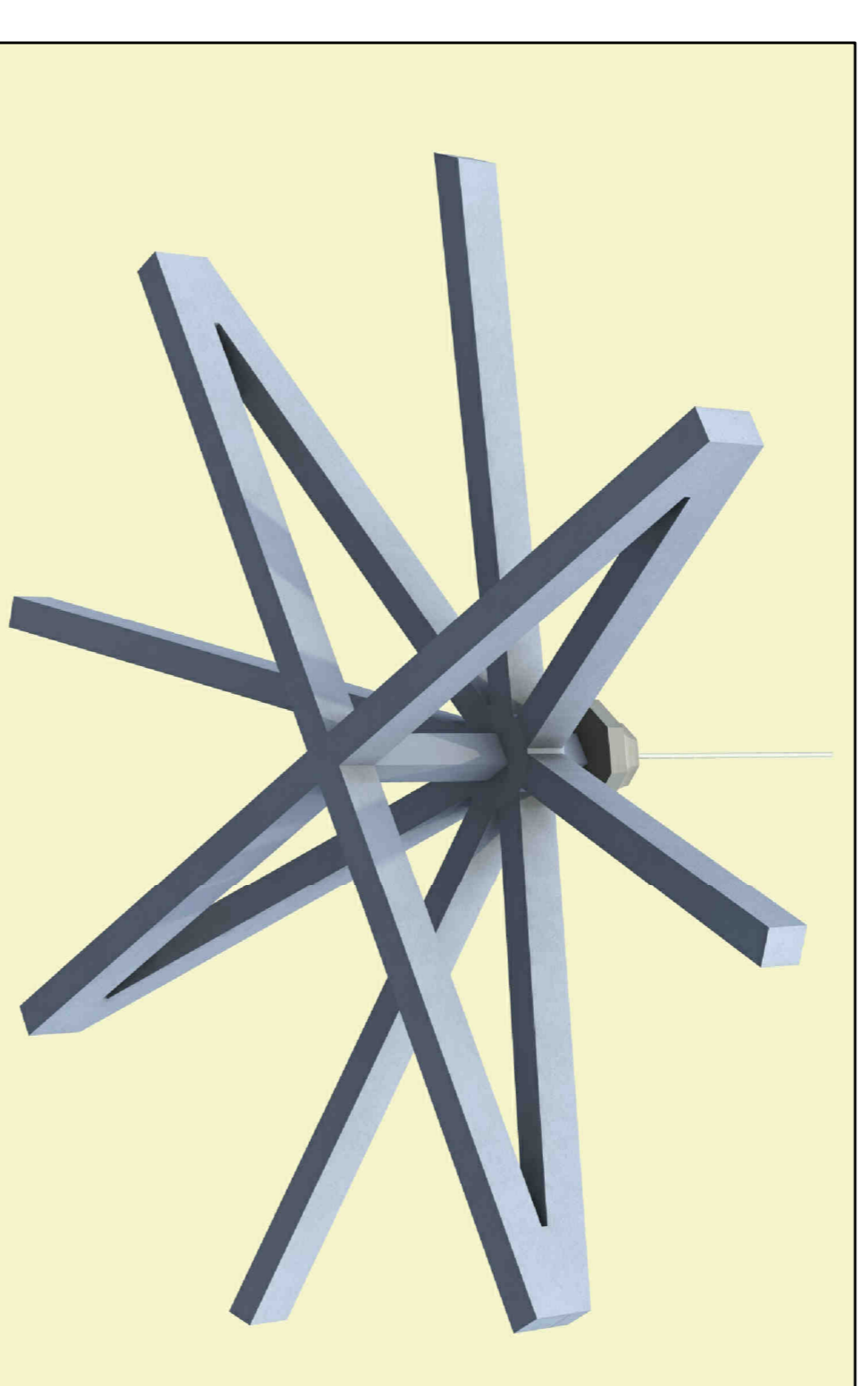
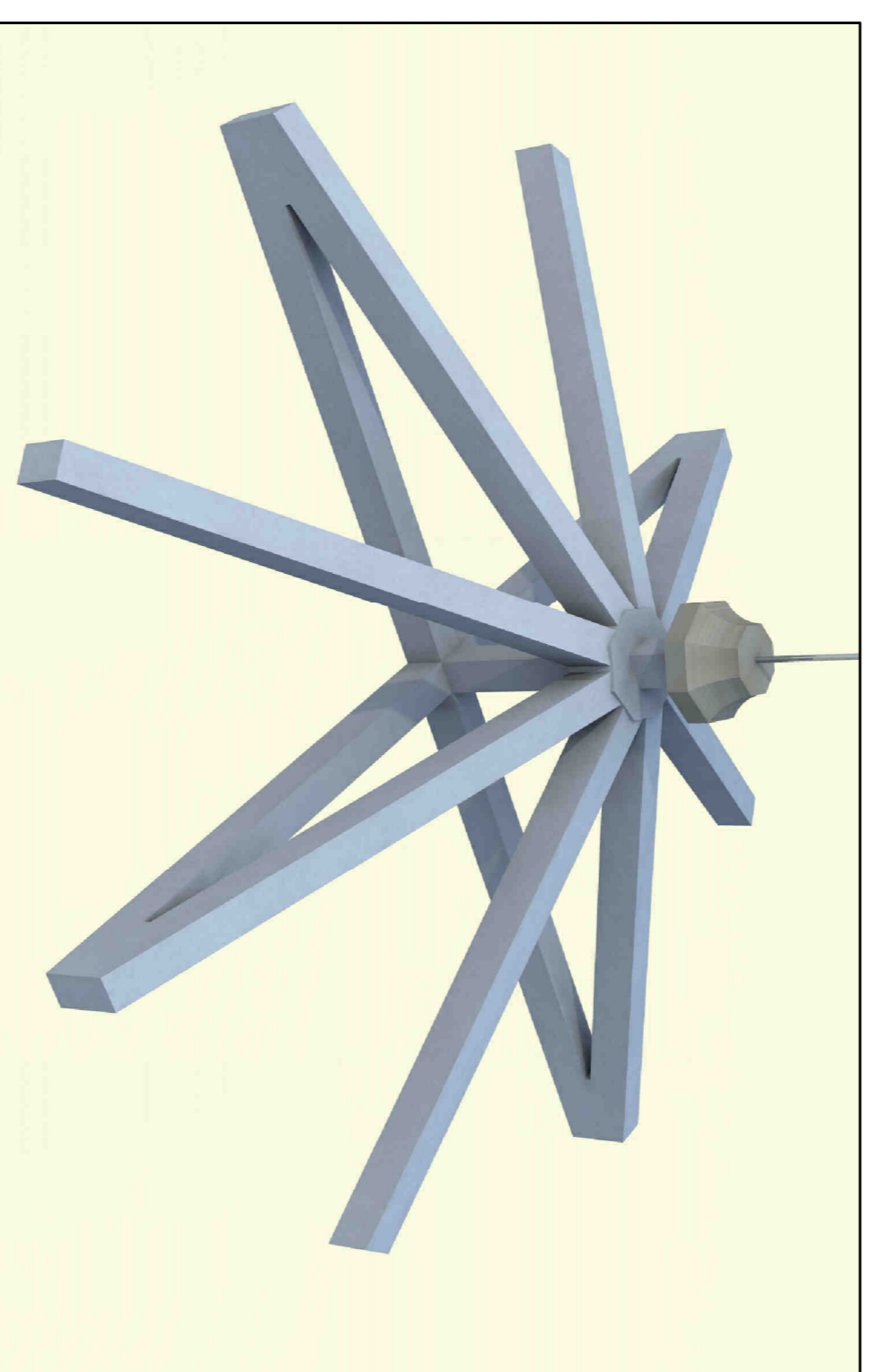
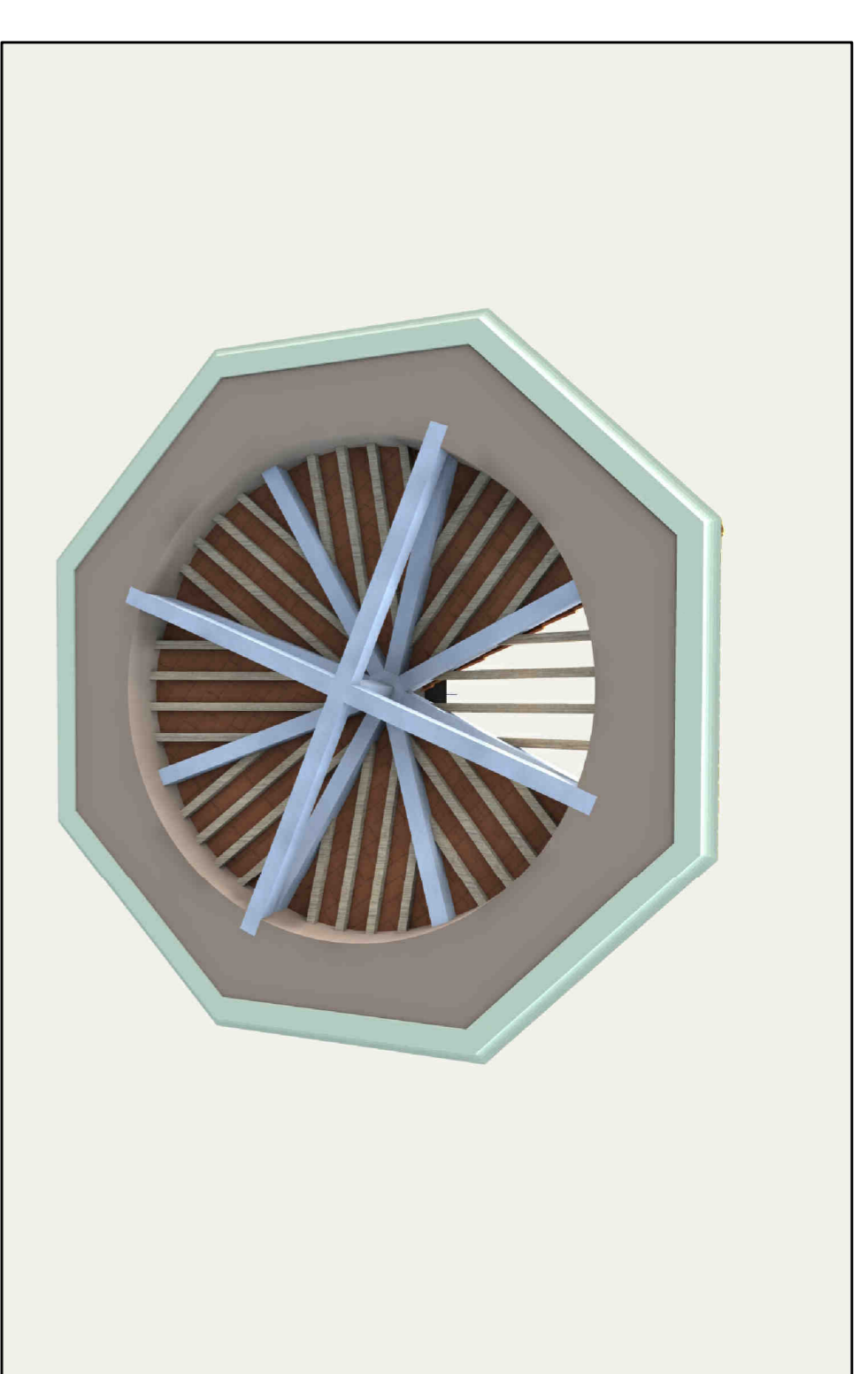
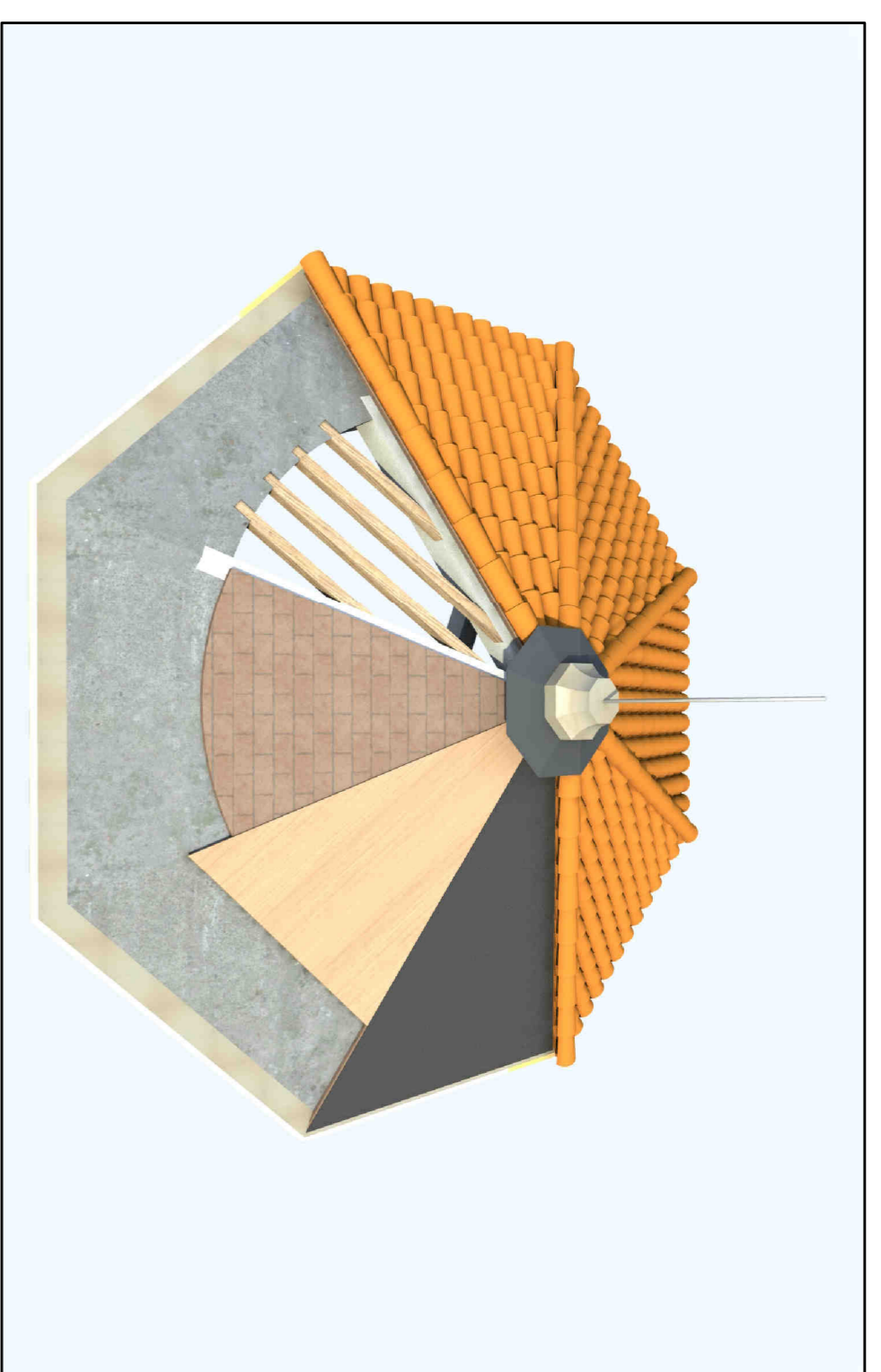
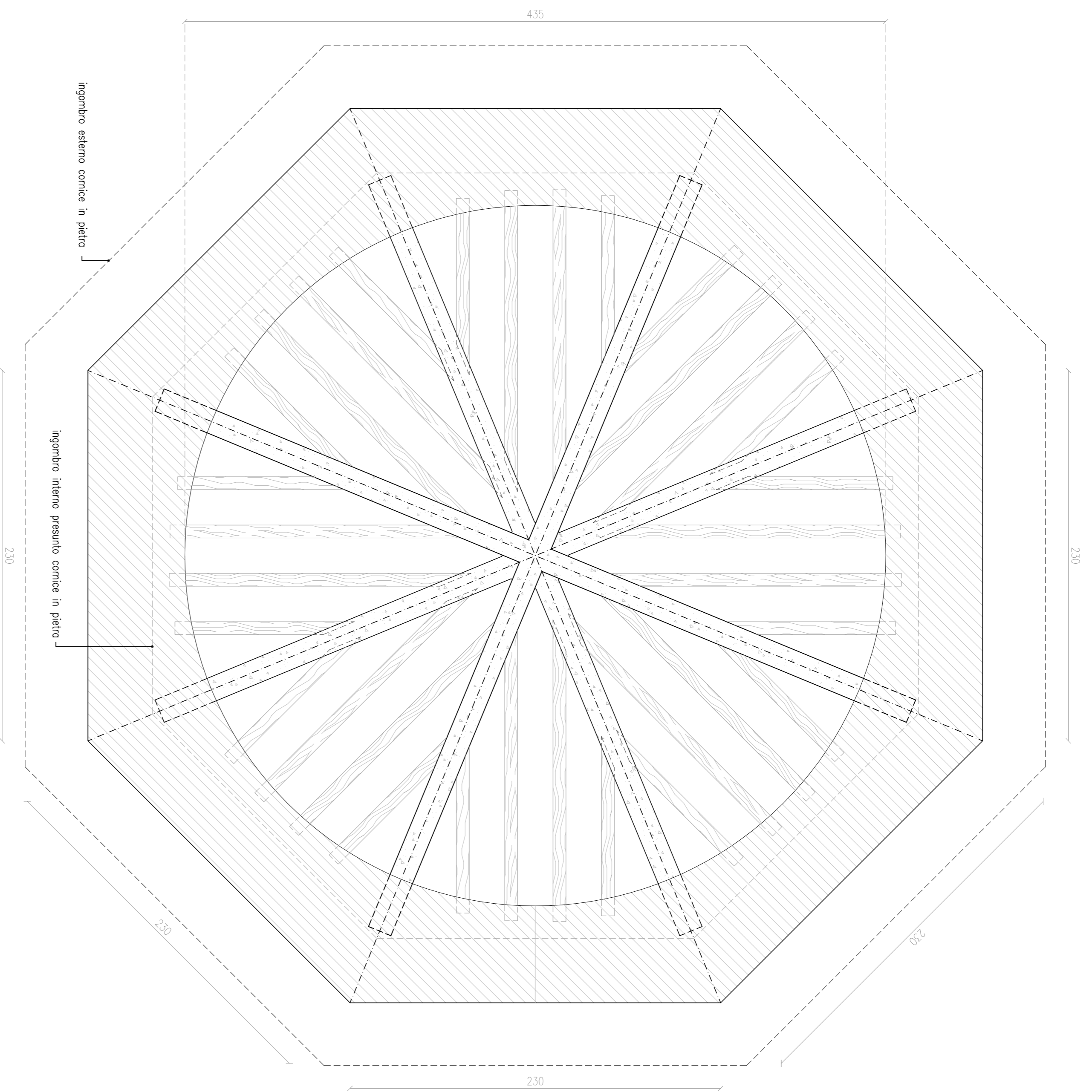
Fig.A.6.22 – Fascia interna firmata.



Fig.A.6.23 – Fascia interna firmata.



**Fig.A.6.24** – Fascia interna firmata.

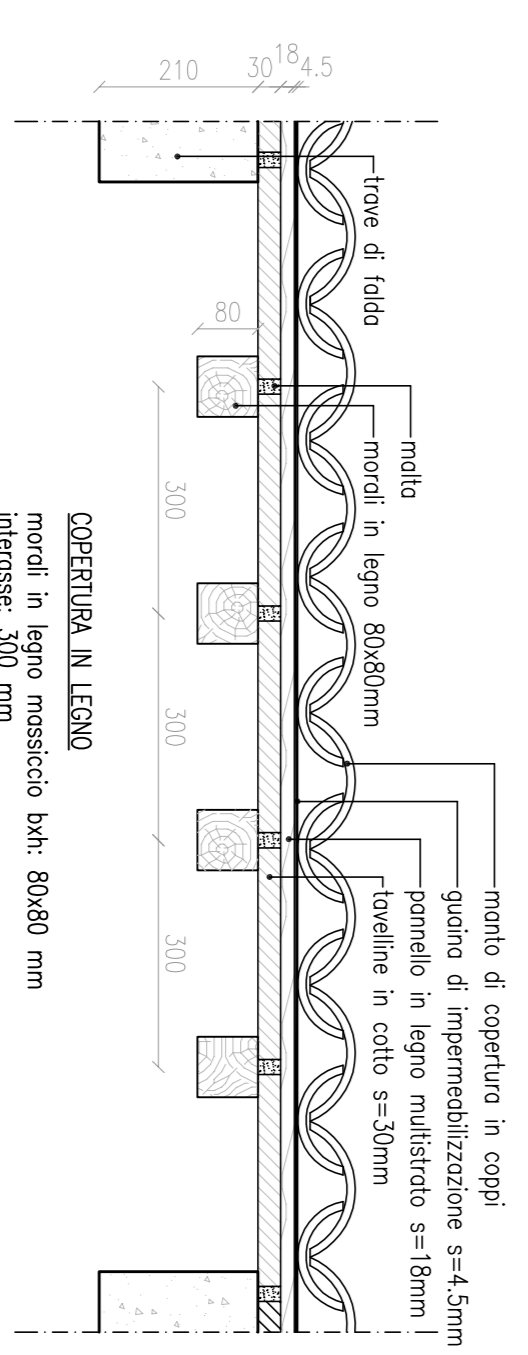
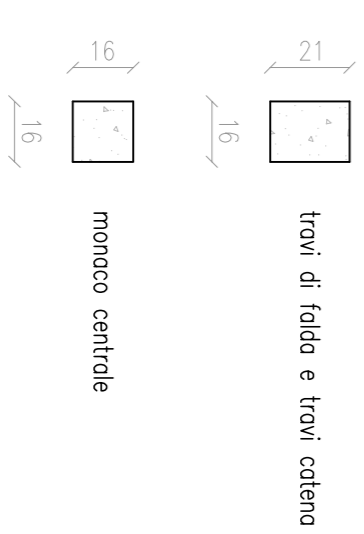
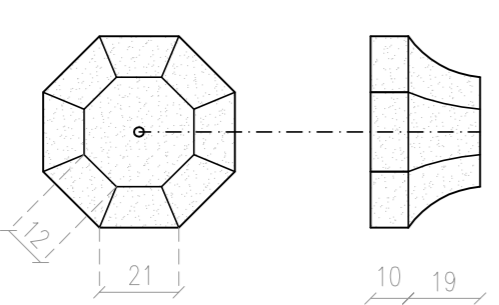
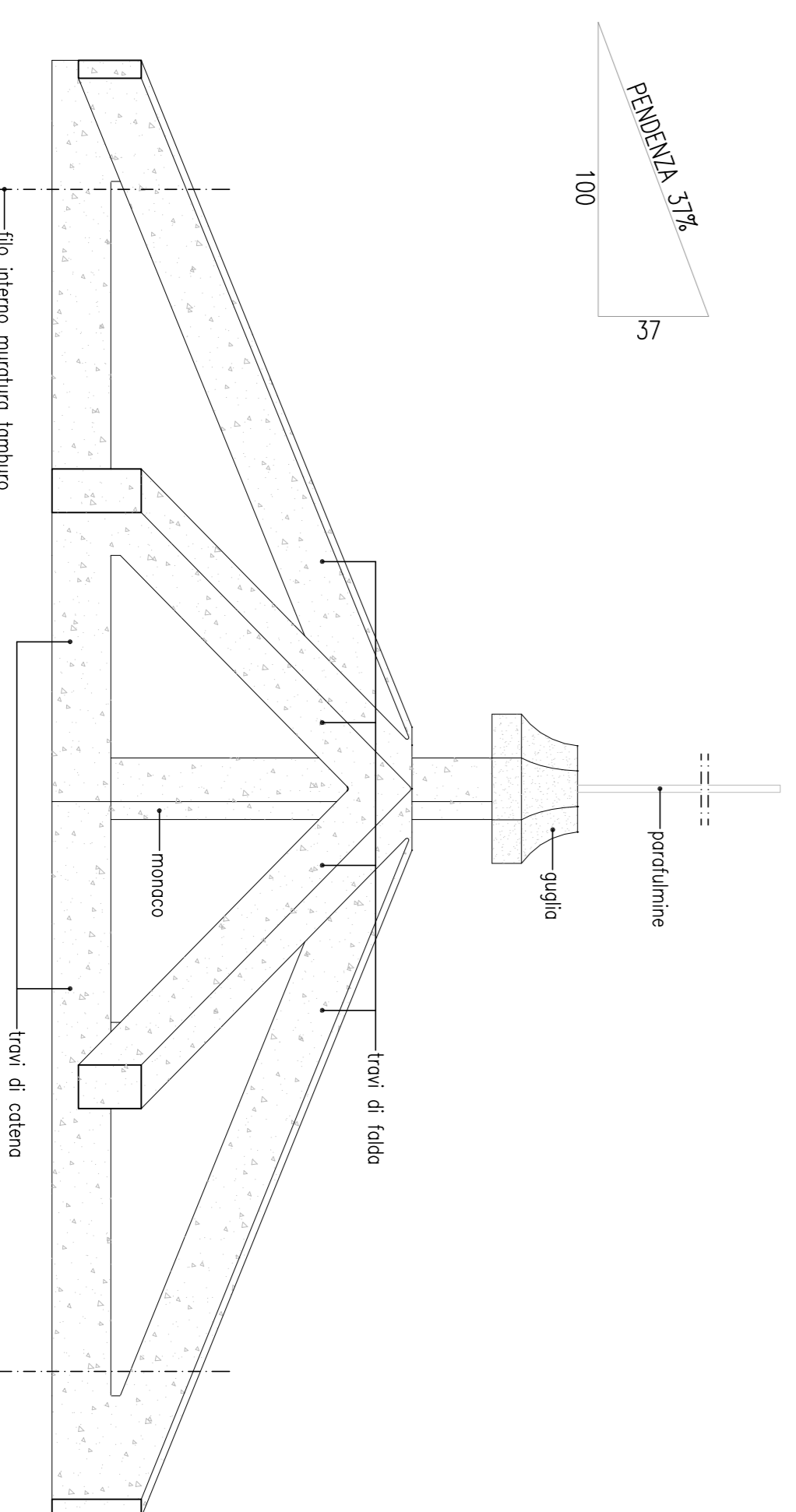


STRUTTURA IN C.A. DELLA COPERTURA – PROSPETTO NORD  
 scala 1:20

PARTICOLARE GUGLIA  
 scala 1:20

SEZIONI TRASVERSALI DEGLI ELEMENTI IN C.A.  
 scala 1:20

SEZIONE TIPO COPERTURA  
 scala 1:10

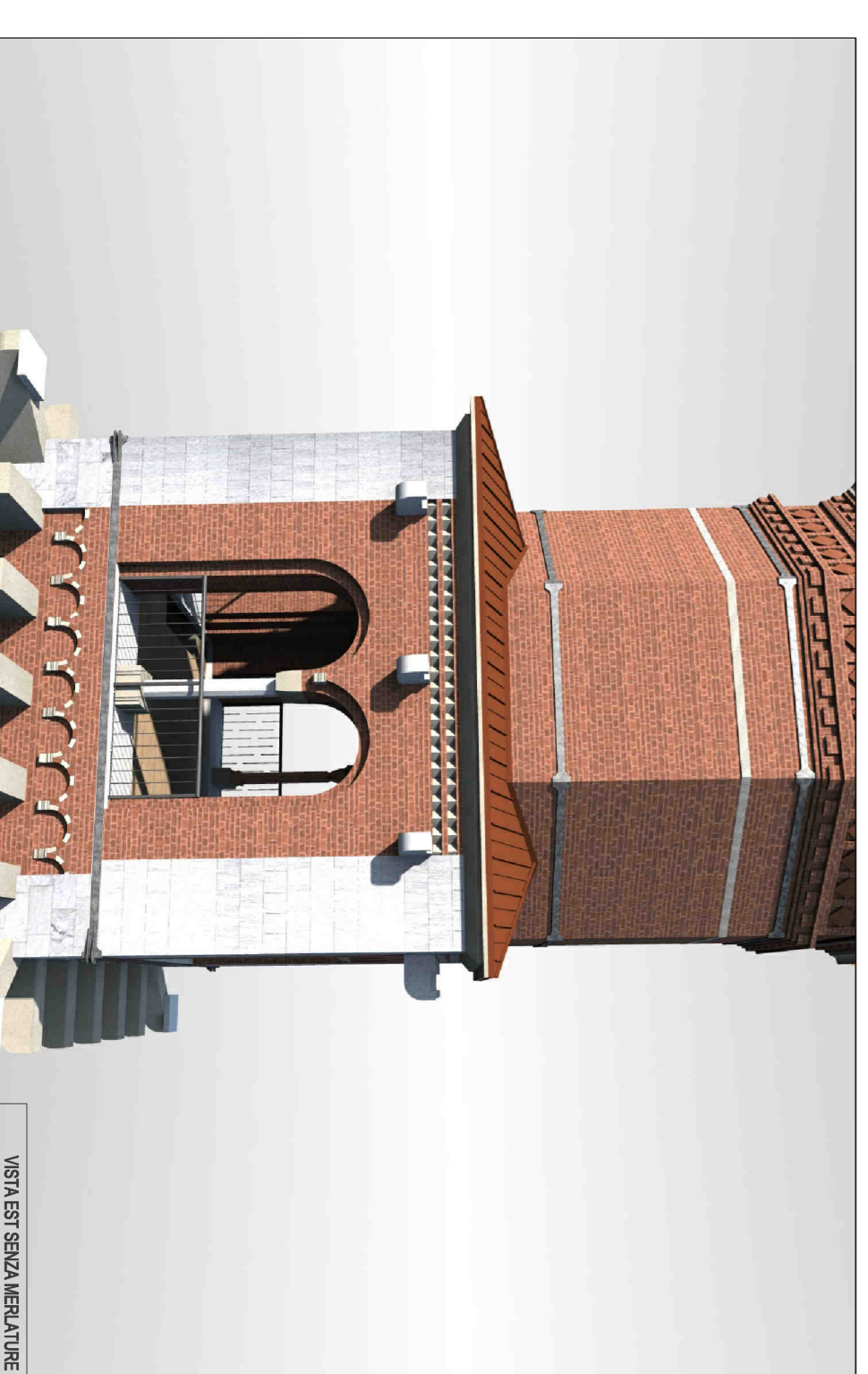
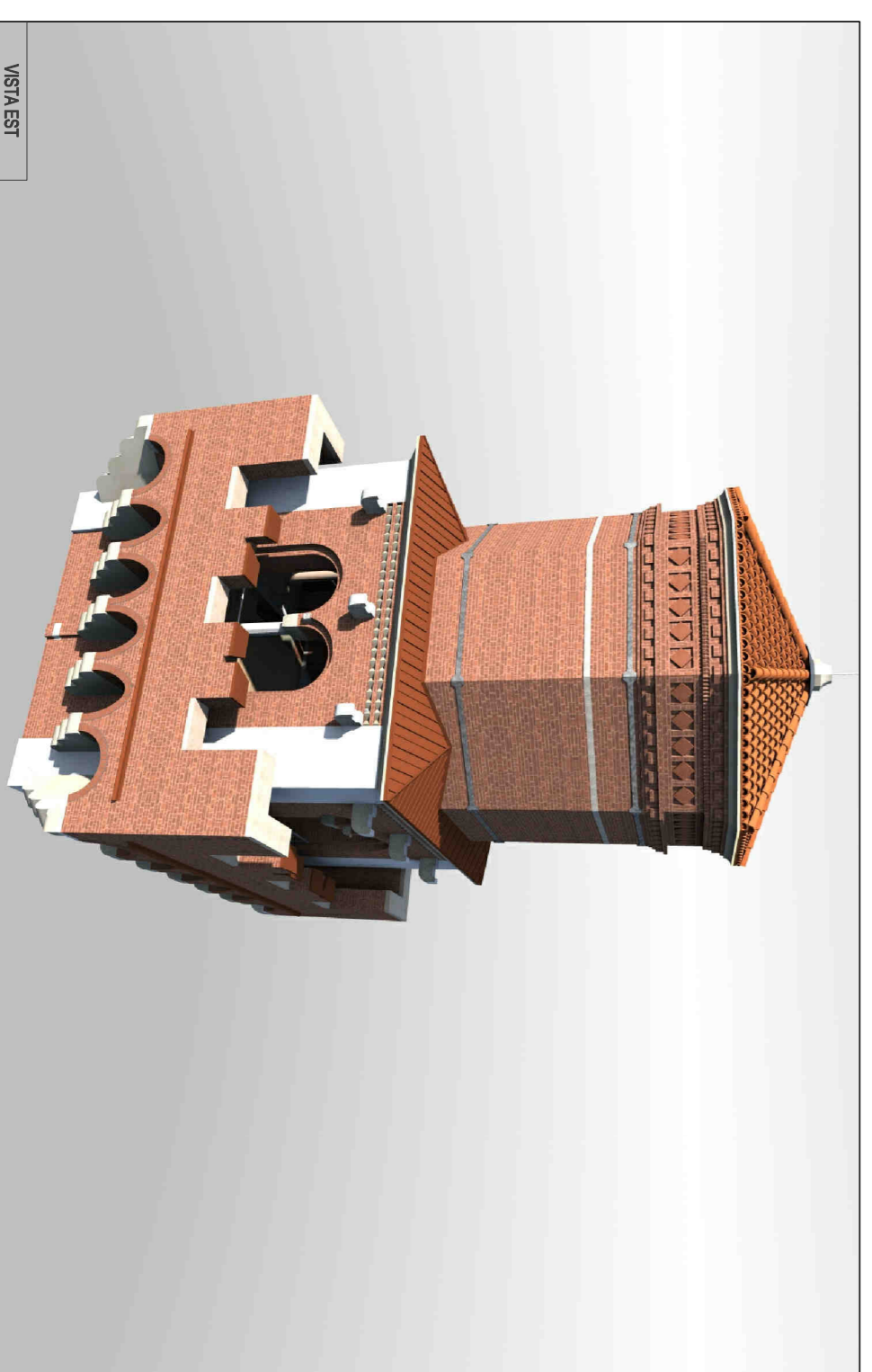
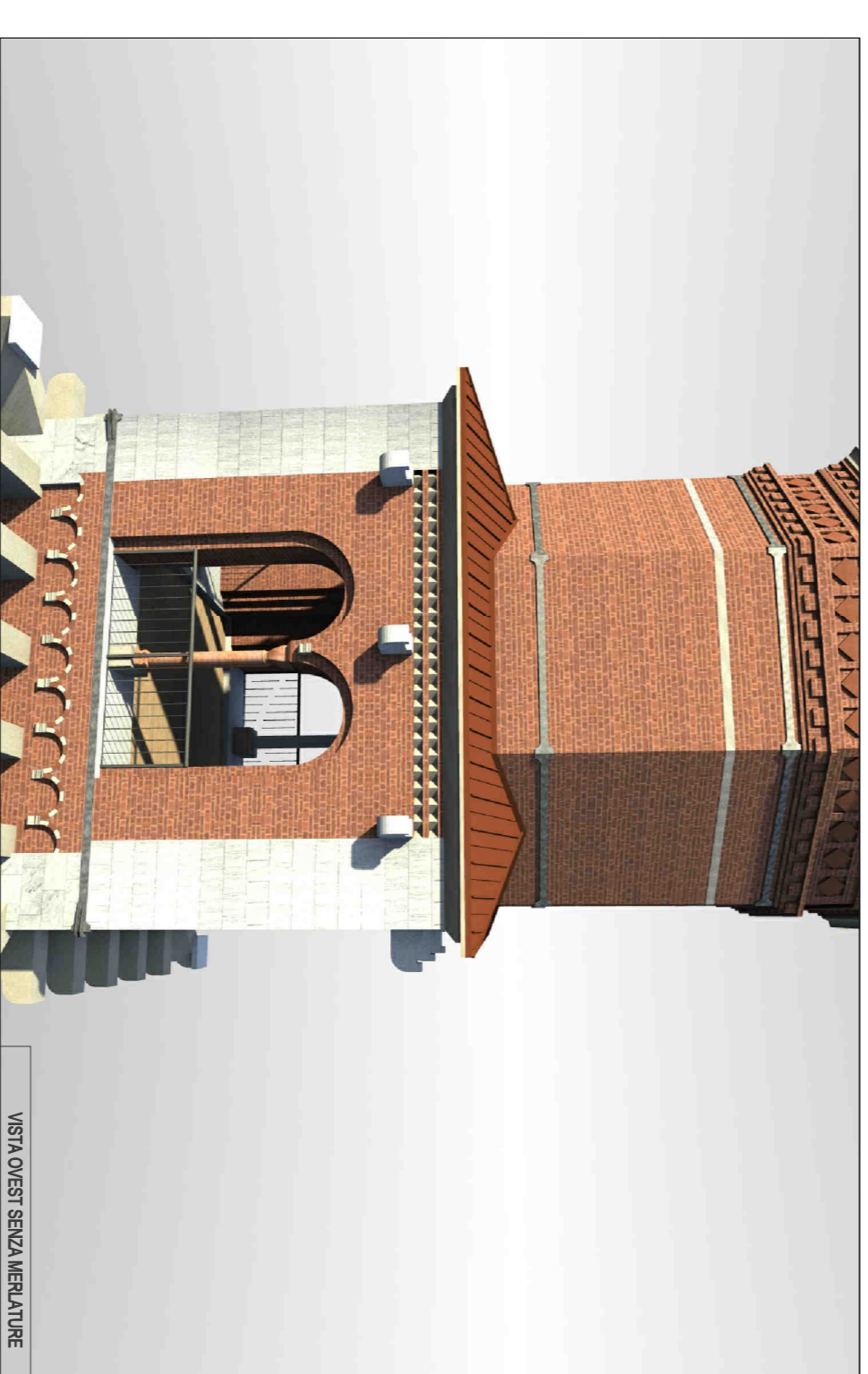
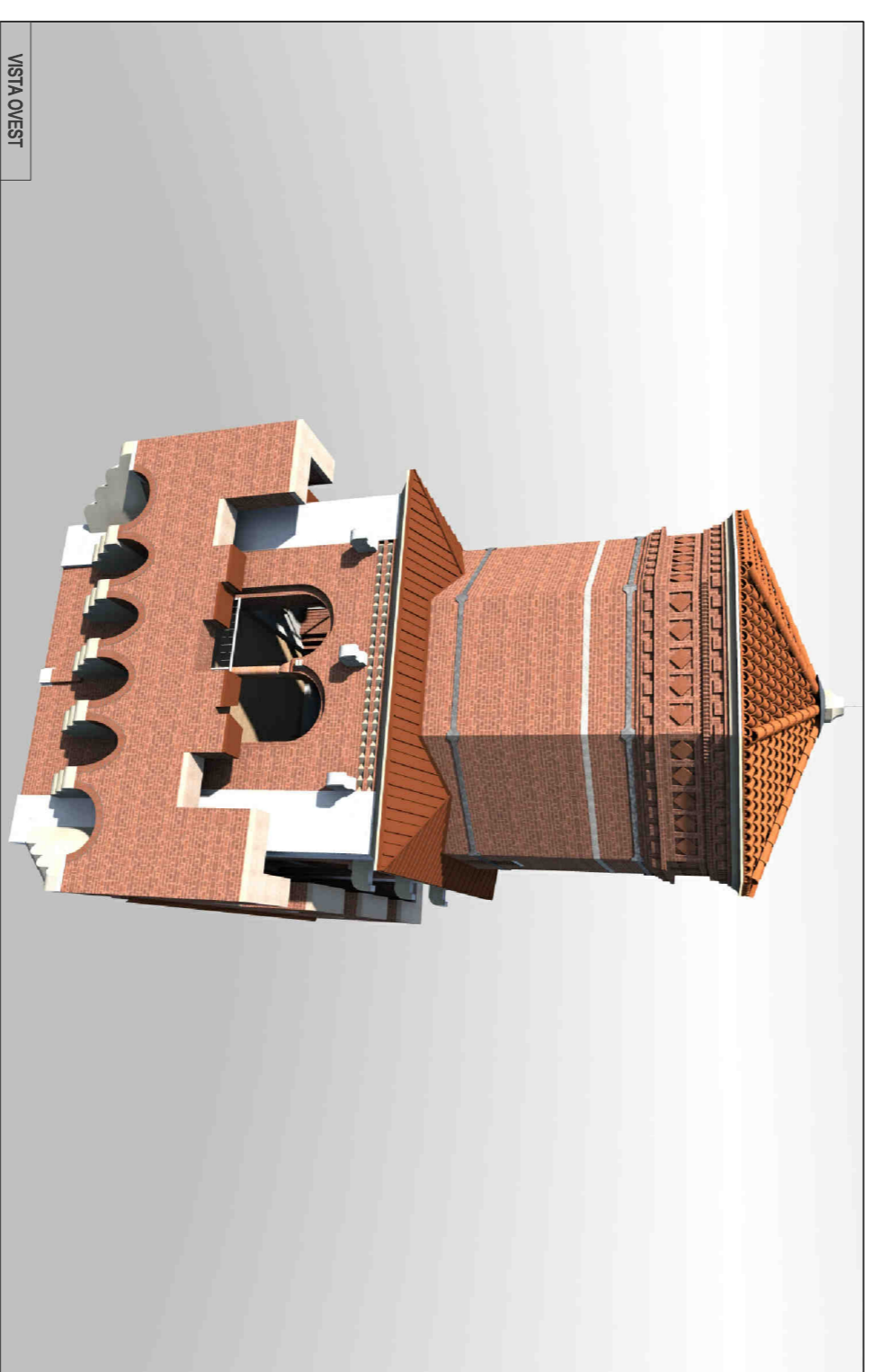
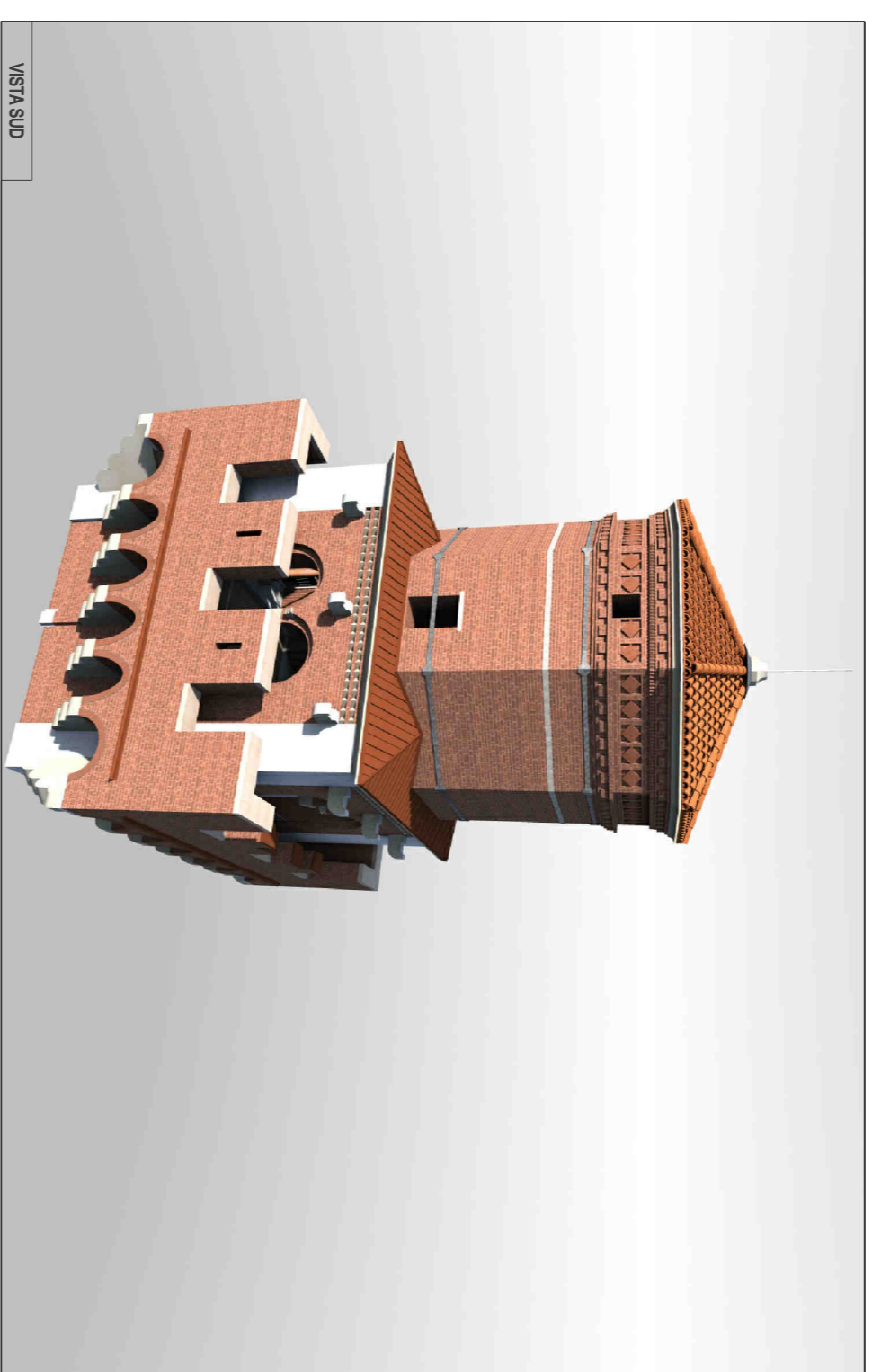
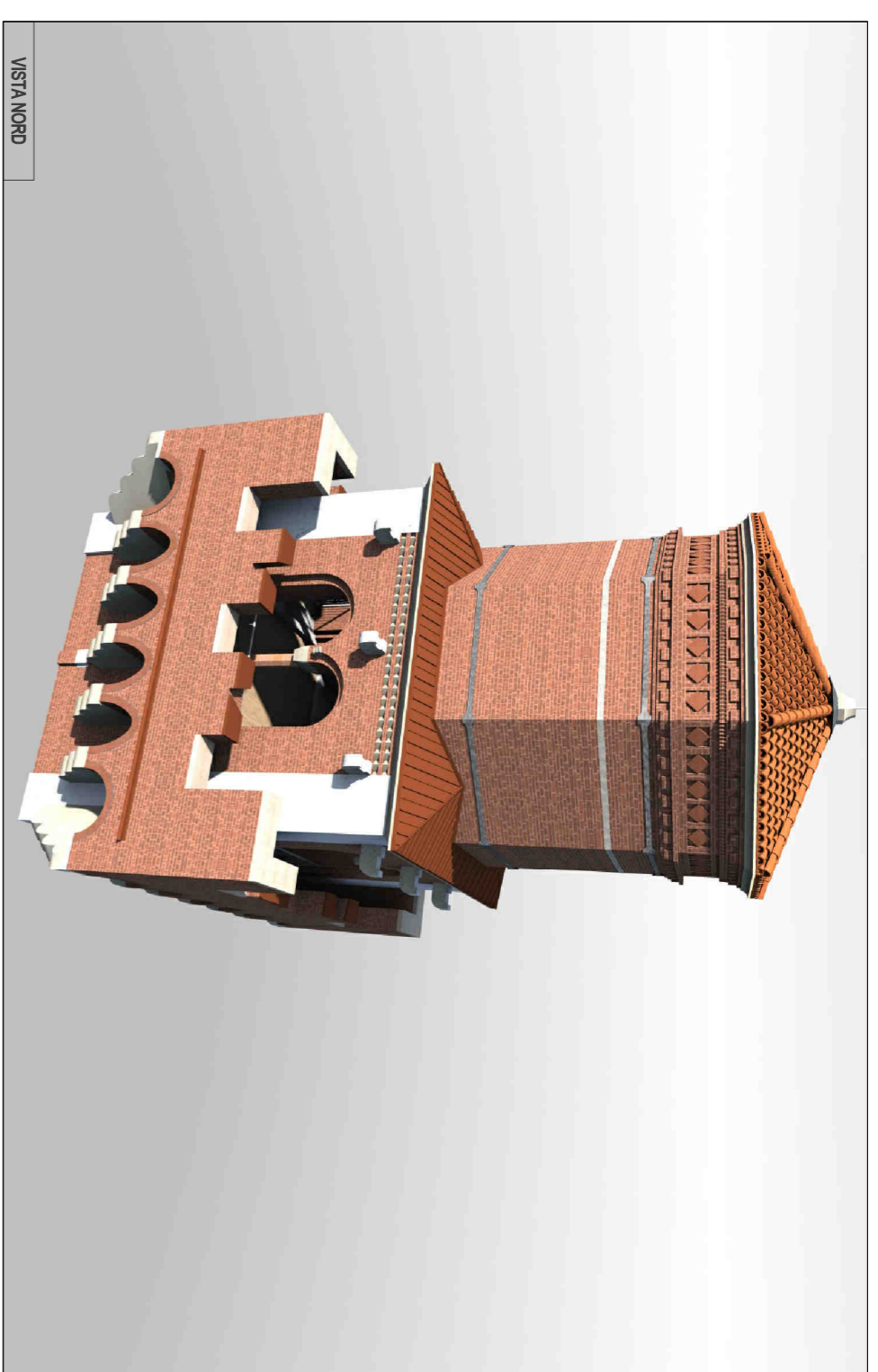
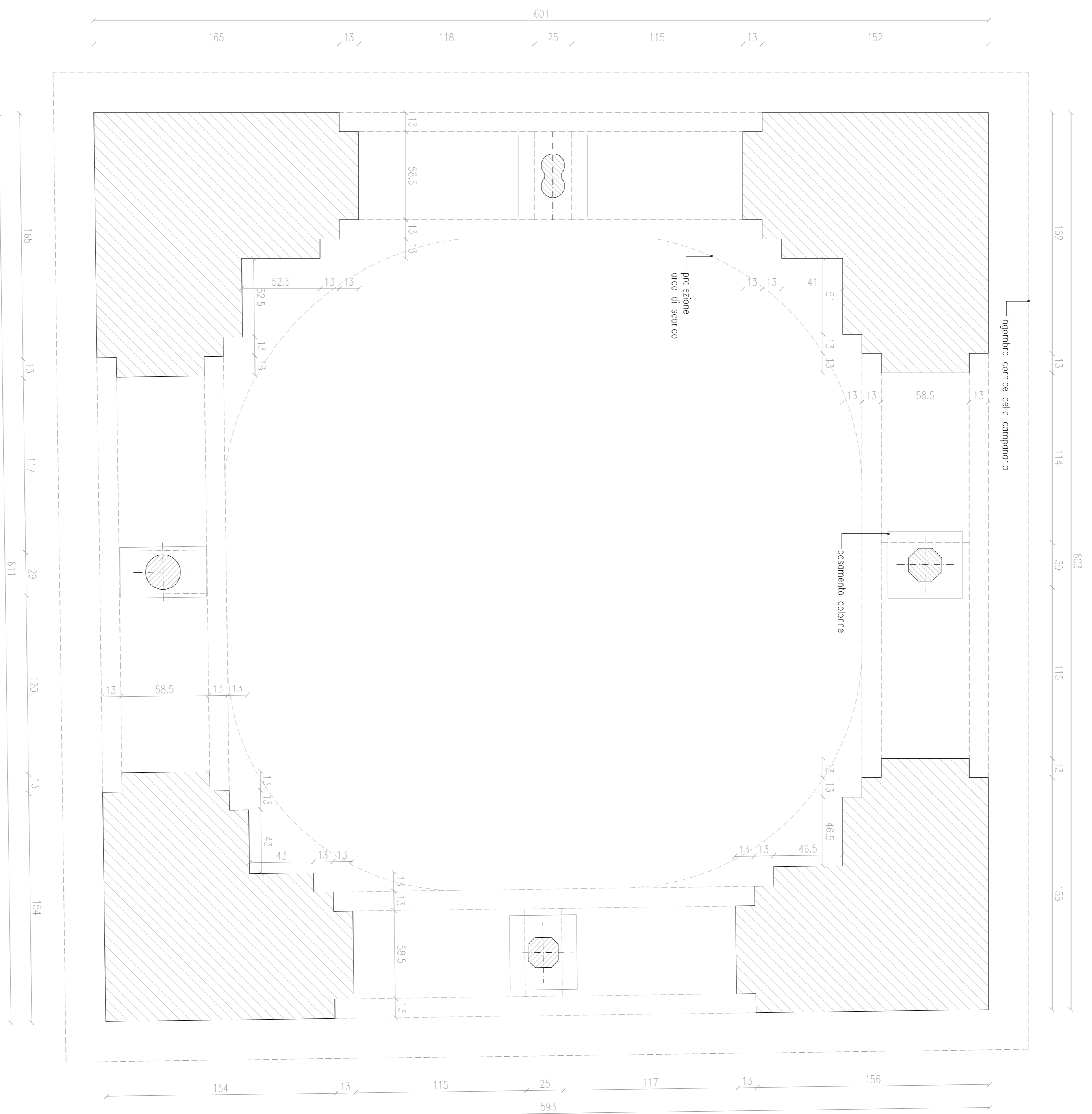


Università degli Studi di Pisa - Facoltà di Ingegneria - Corso di Laurea in Ingegneria delle Opere e Impianti di Costruzioni e Trasporti  
 Tesi di laurea: Rilevo e restituzione 3D e in-dimensionale della sala campanaria del santuario lamburo della Torre della chiesa del SS. Falso e Fortunato a Venezia: e conseguente valutazione delle condizioni di sollecitazione degli elementi lapidei e murari.  
 Relatore: Chiar.mo prof. Zappalà Francesco

Lanese/De Paoli/De Paoli 4/14/81/ID

TAV 01  
 Oggetto: Copertura lamburo  
 Scale: 1:10 - 1:20

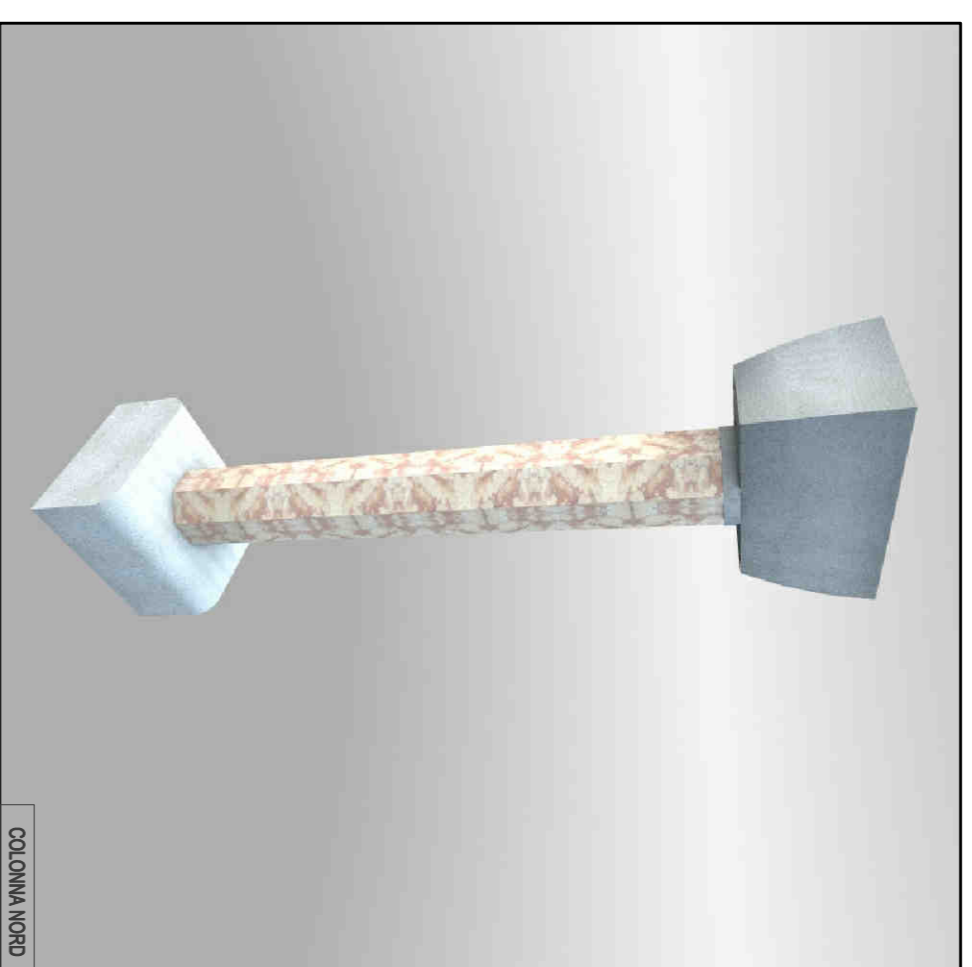
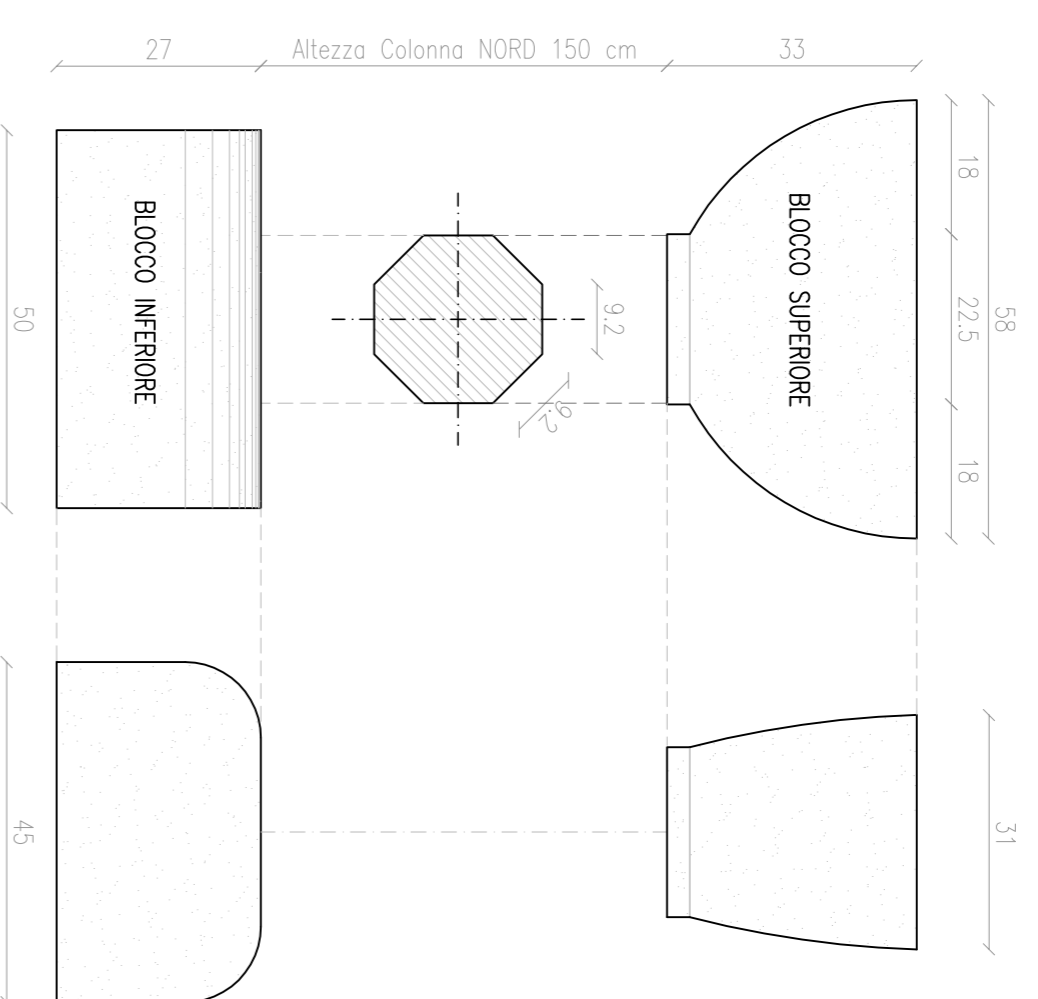
PIANTA CELLA CAMPANARIA  
Scala 1:20



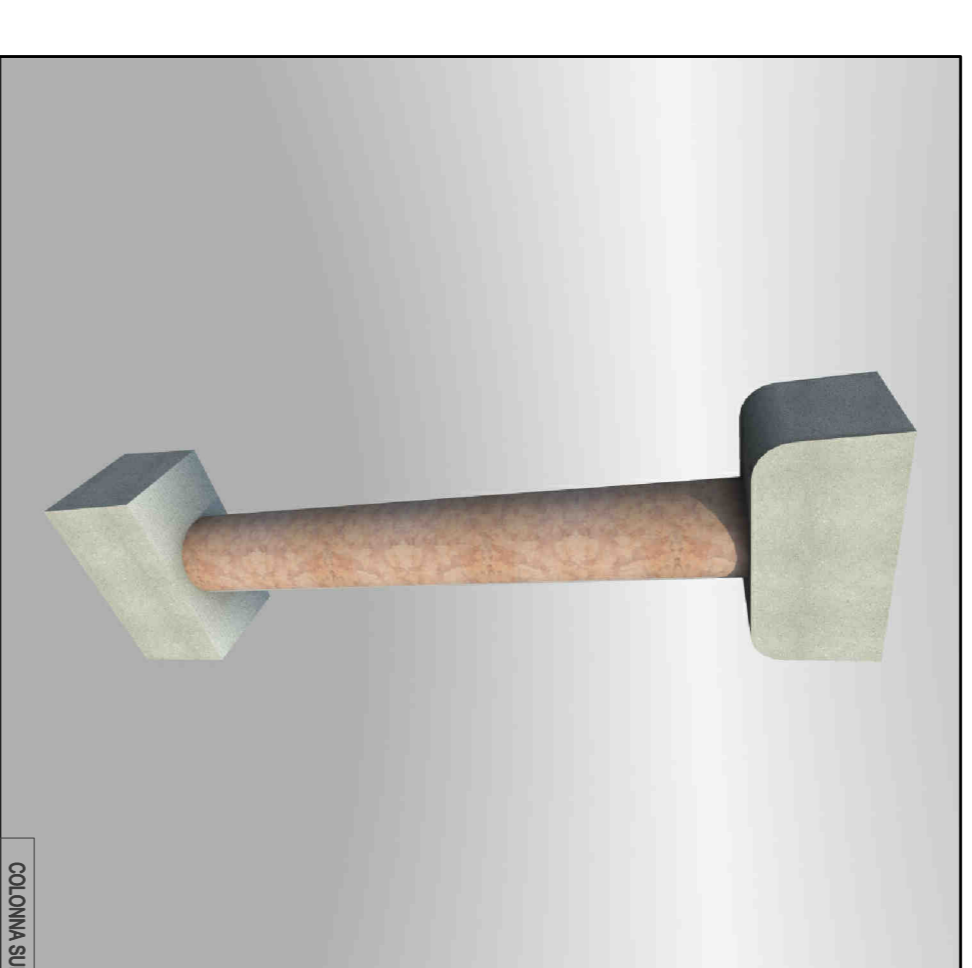
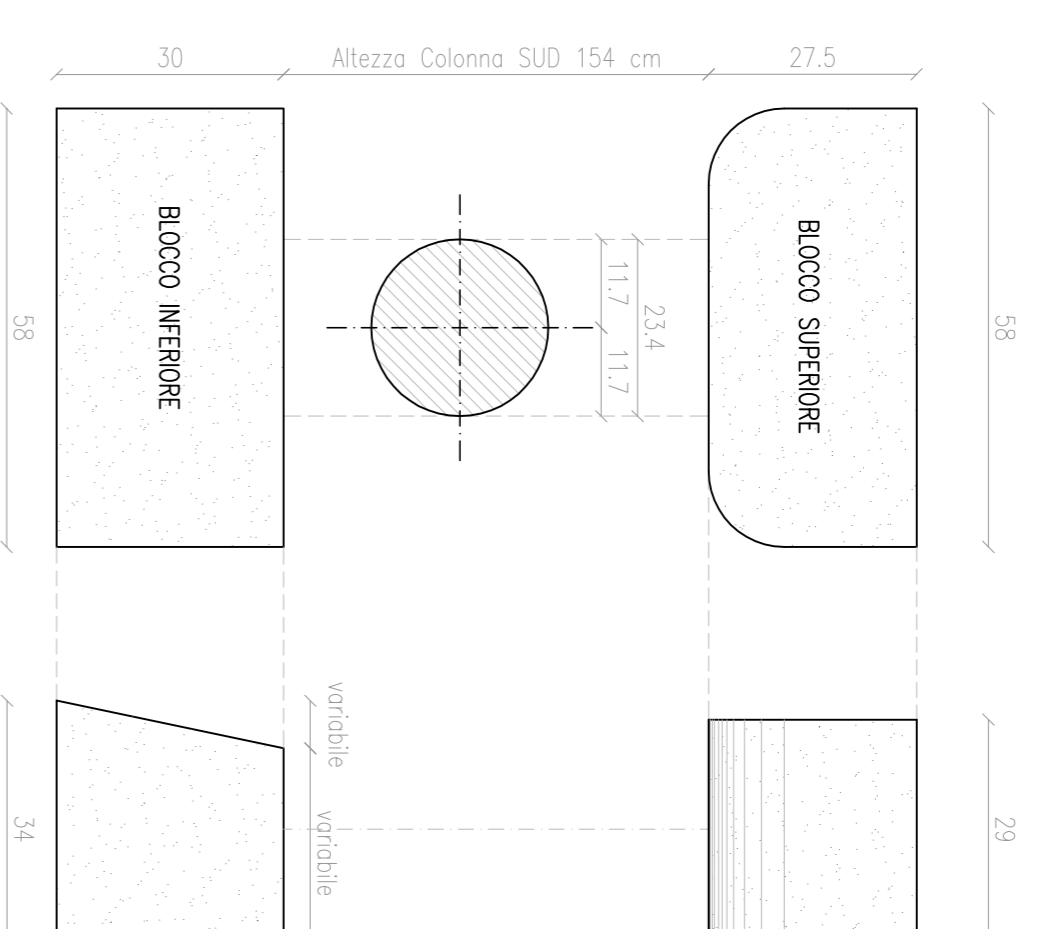
Università degli Studi di Pavia - Facoltà di Ingegneria - Corso di Laurea in Ingegneria edile  
 Dipartimento di Costruzioni e Trasporti  
 Tesi di laurea: Rilevato e restituzione in 3D e tridimensionale della cella campanaria e del sovrastante tamburo della Torre della chiesa del SS. Felice e Fortunato a Venezia, e conseguente valutazione delle condizioni di sollecitazione degli elementi lapidei a murari.  
 Relatore: Chiar.mo prof. Zappalà Francesco

TAV. 02  
 Oggetto: Cella Campanaria  
 Scala: 1:20  
 Laureando: Paolo Diego 41448 /0

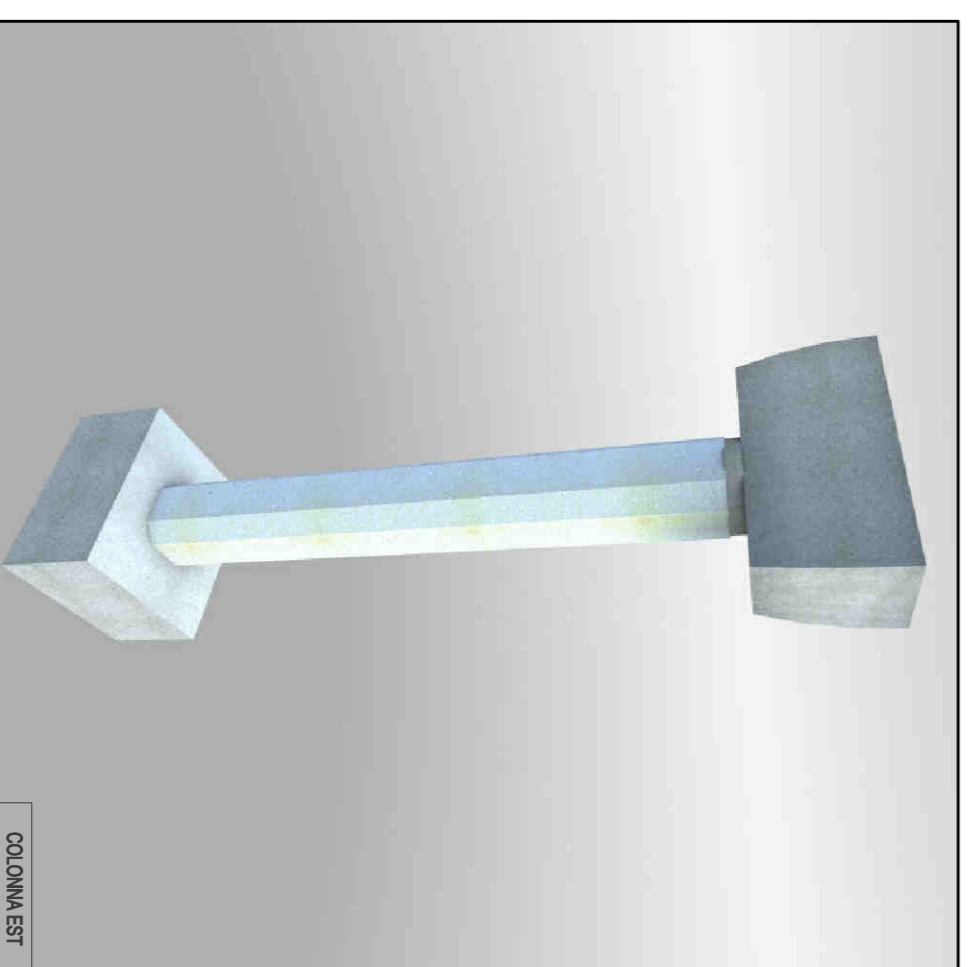
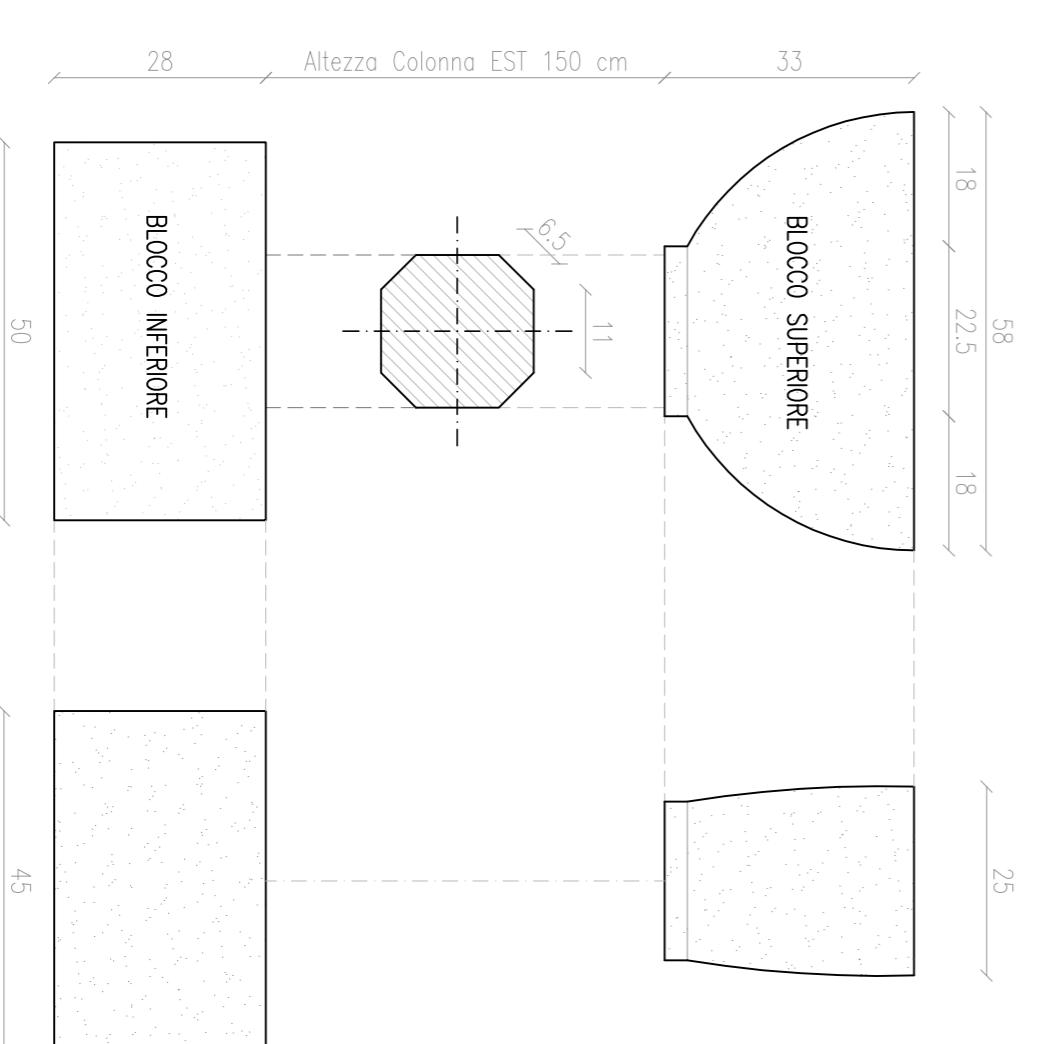
**COLONNA NORD**  
Scala 1:10



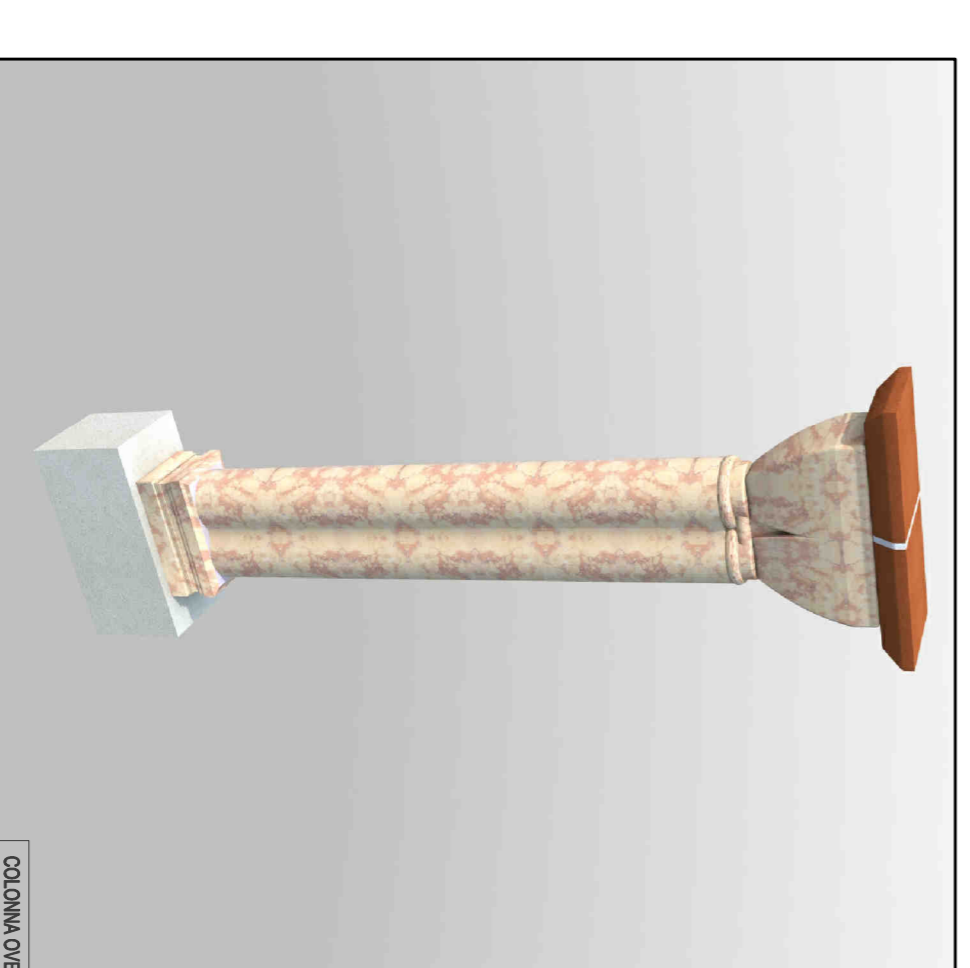
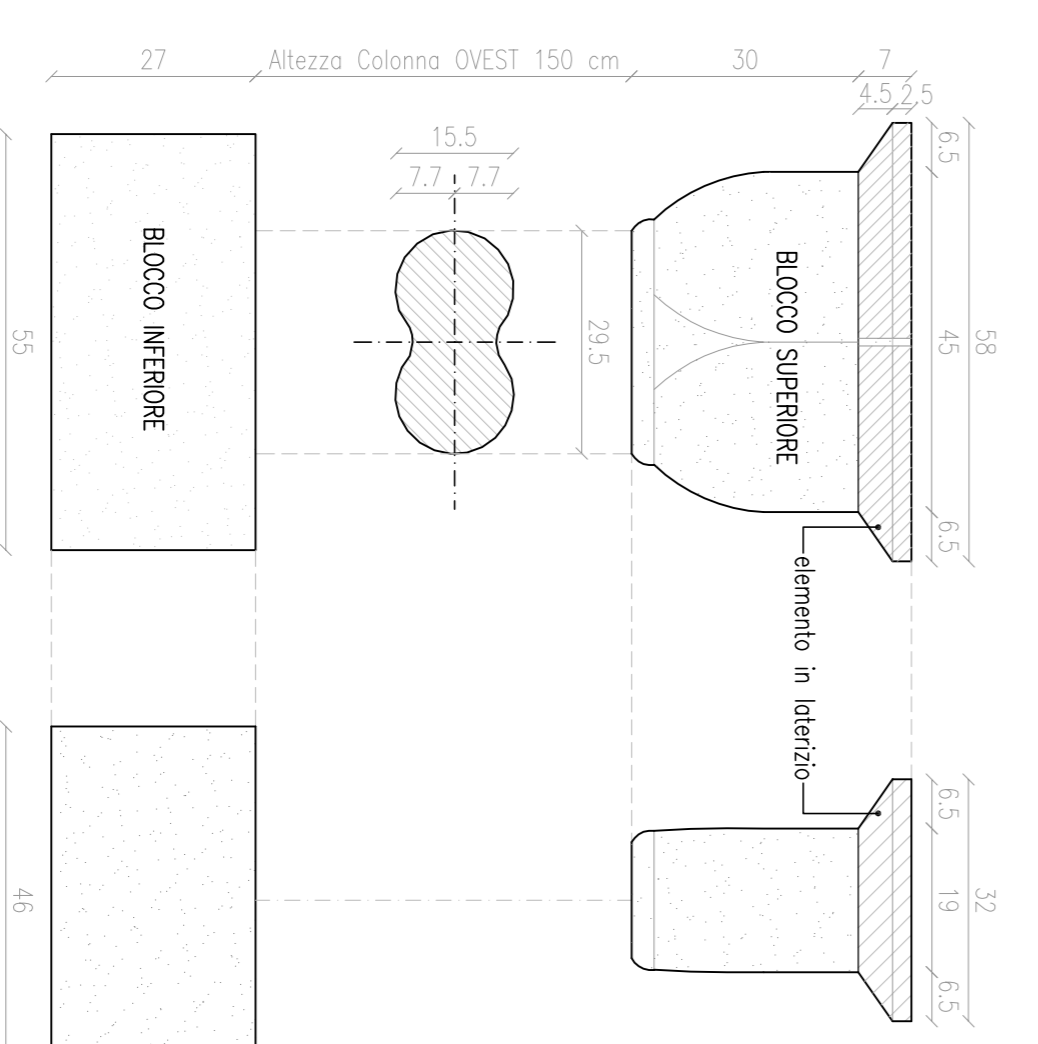
**COLONNA SUD**  
Scala 1:10



**COLONNA EST**  
Scala 1:10

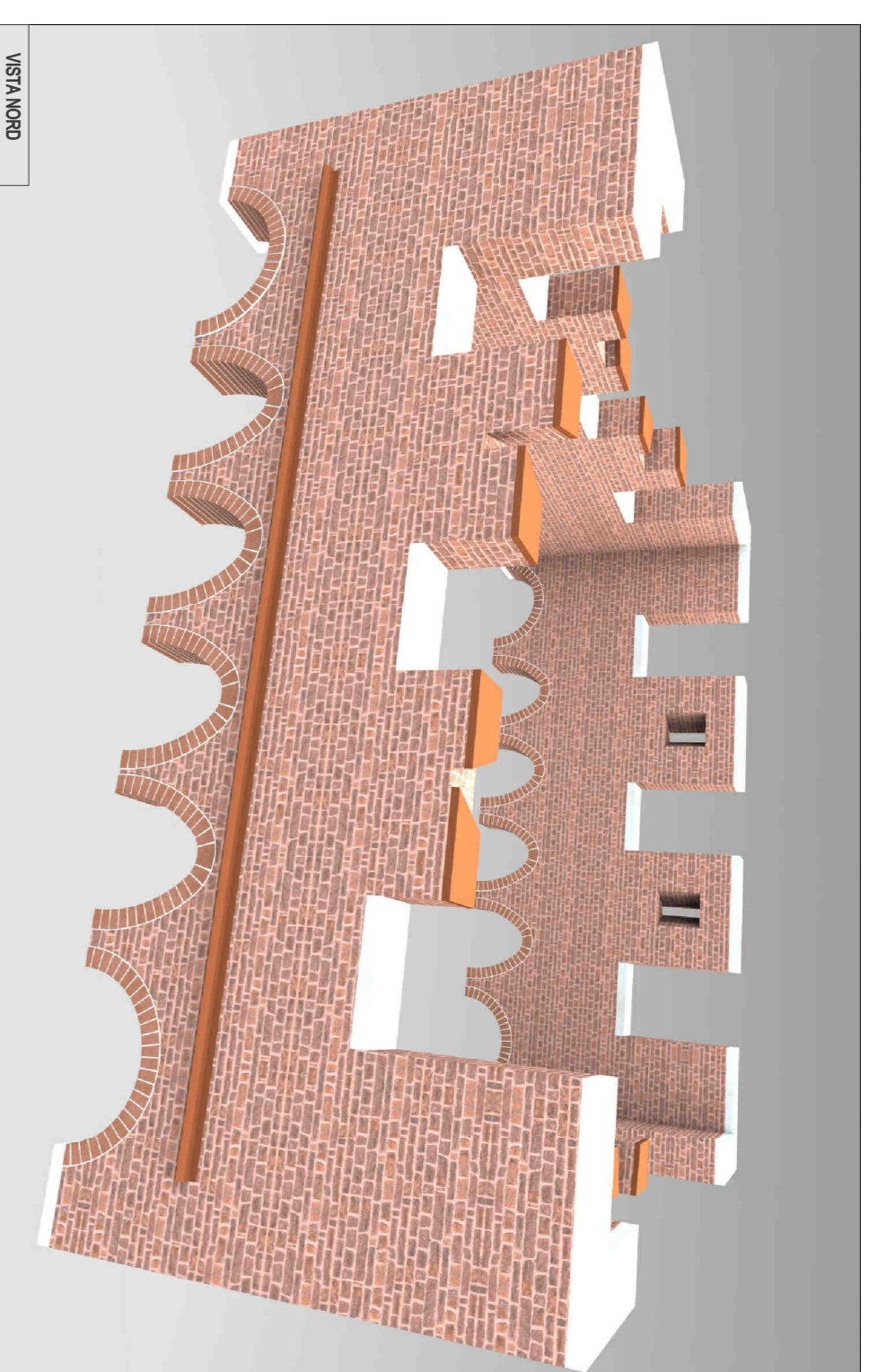
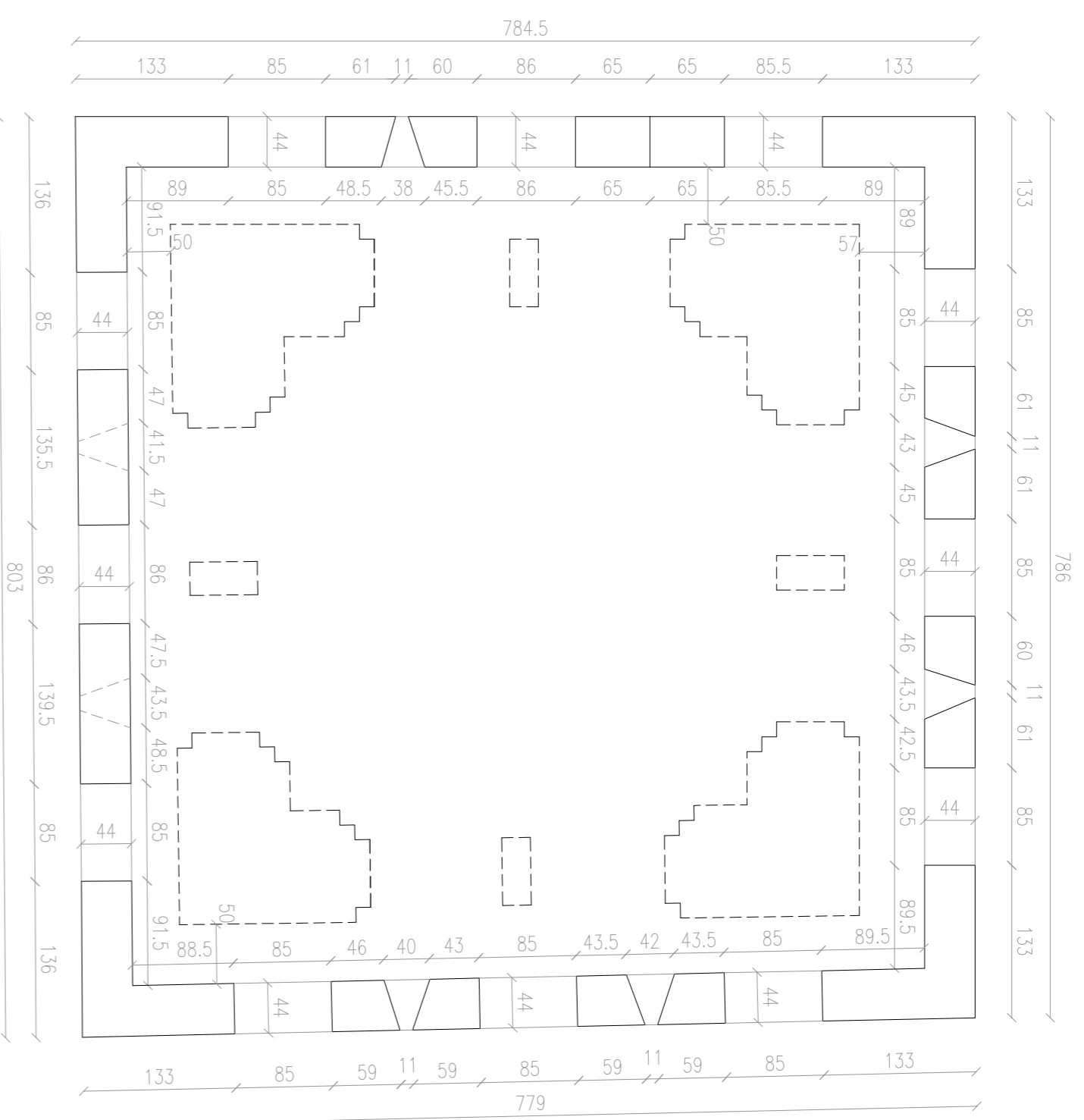


**COLONNA OVEST**  
Scala 1:10



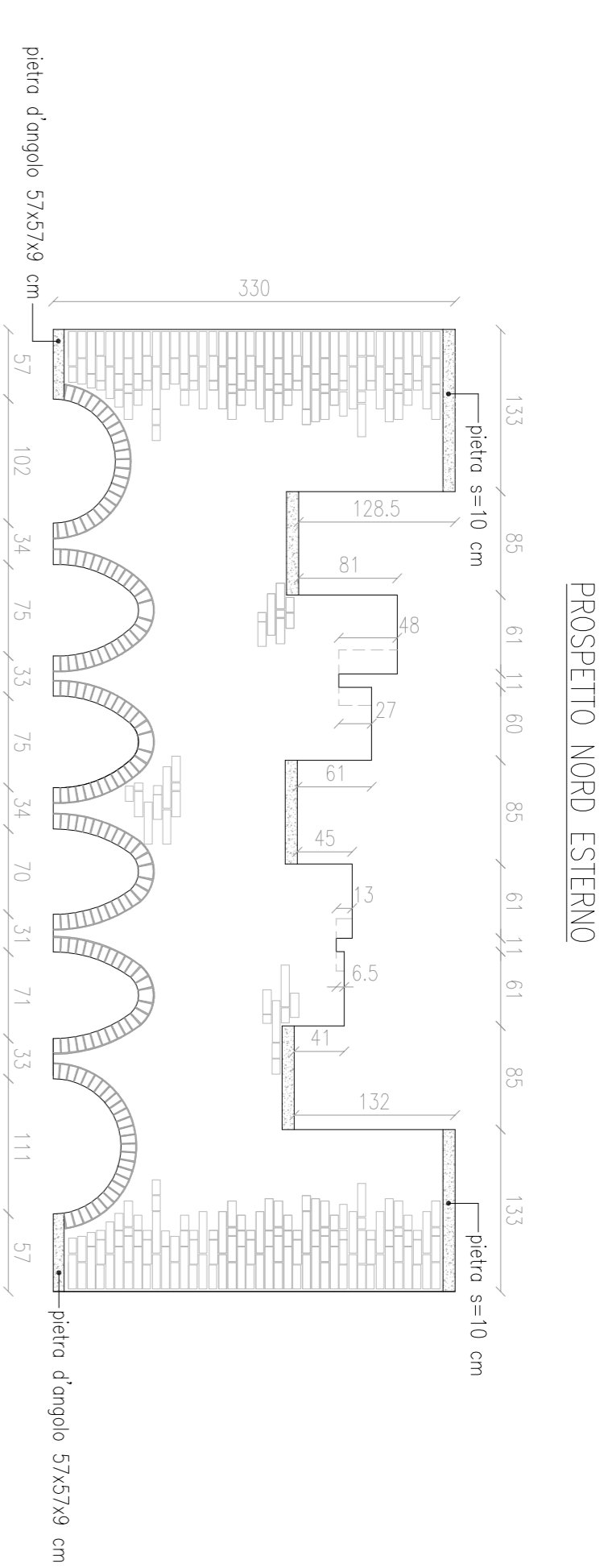
Università degli Studi di Padova - Facoltà di Ingegneria - Corso di Laurea in Ingegneria delle  
Opere e Impianti di Costruzioni e Trasporti  
Tesi di laurea: Rilevo e restituzione 3D e 4D-dimensionale della sala campanaria e del sonnacchio turco della  
Torre della chiesa del SS. Falso e Fortunato a Venezia: e conseguente valutazione delle condizioni  
di solidazione degli elementi lapidei e murari.  
Relatore: Chiar.mo prof. Zappalà Francesco  
Lamauro: Paolo Diego 414481/ID  
TAV 03  
Oggetto:  
Colonne della Campanaria  
Scala: 1:10

PIANTA MERLATURA  
Scala 1:50

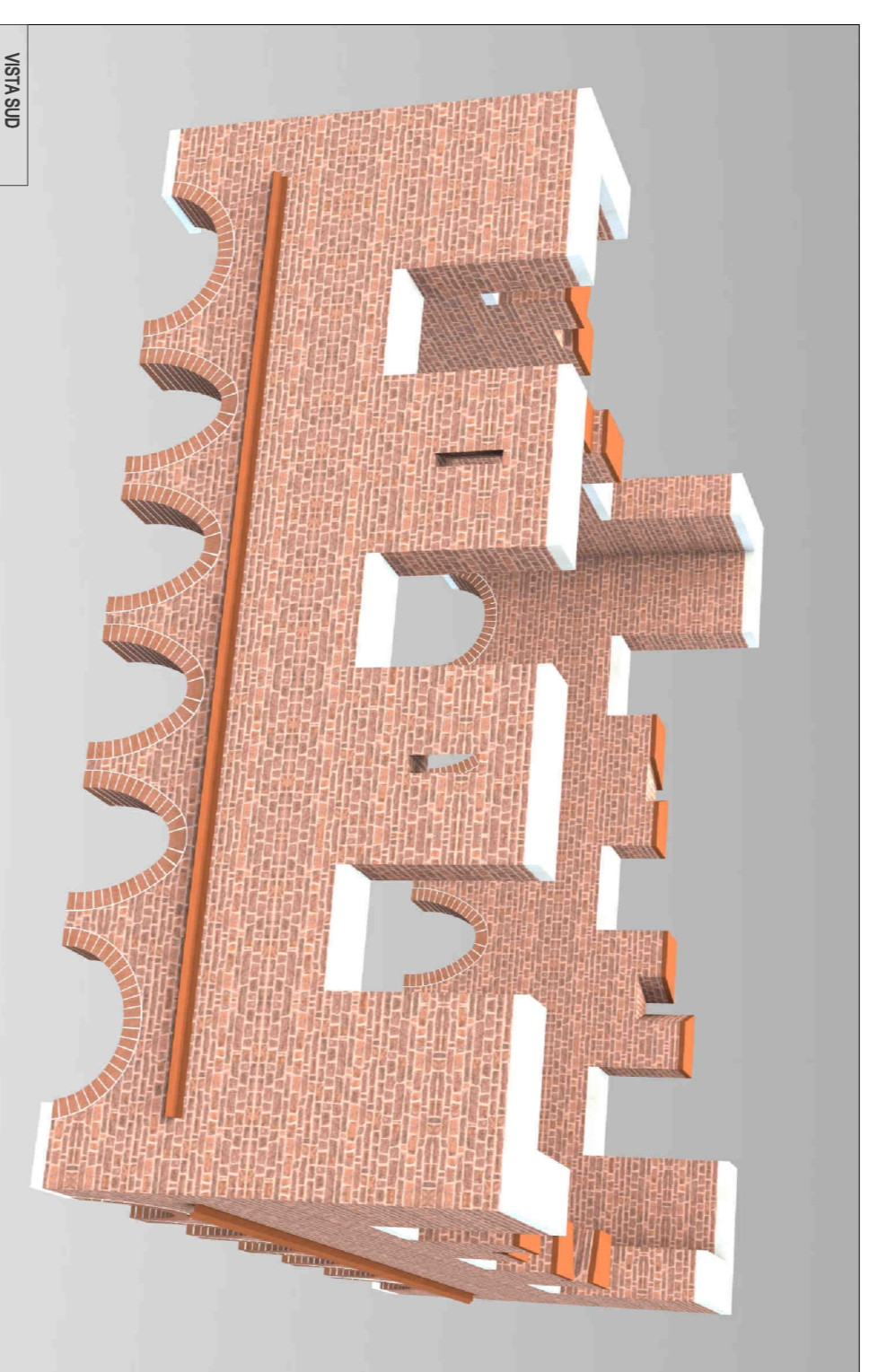


VISTA NORD

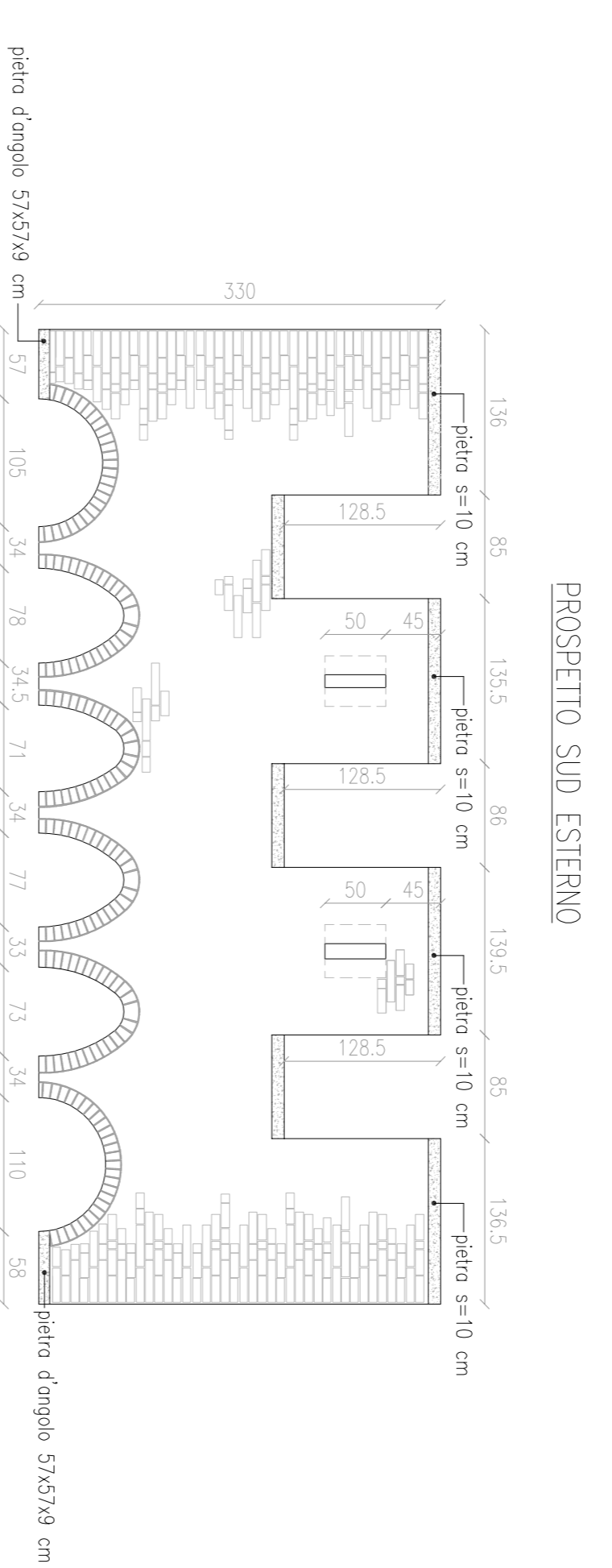
PROSPETTI MERLATURA  
Scala 1:50



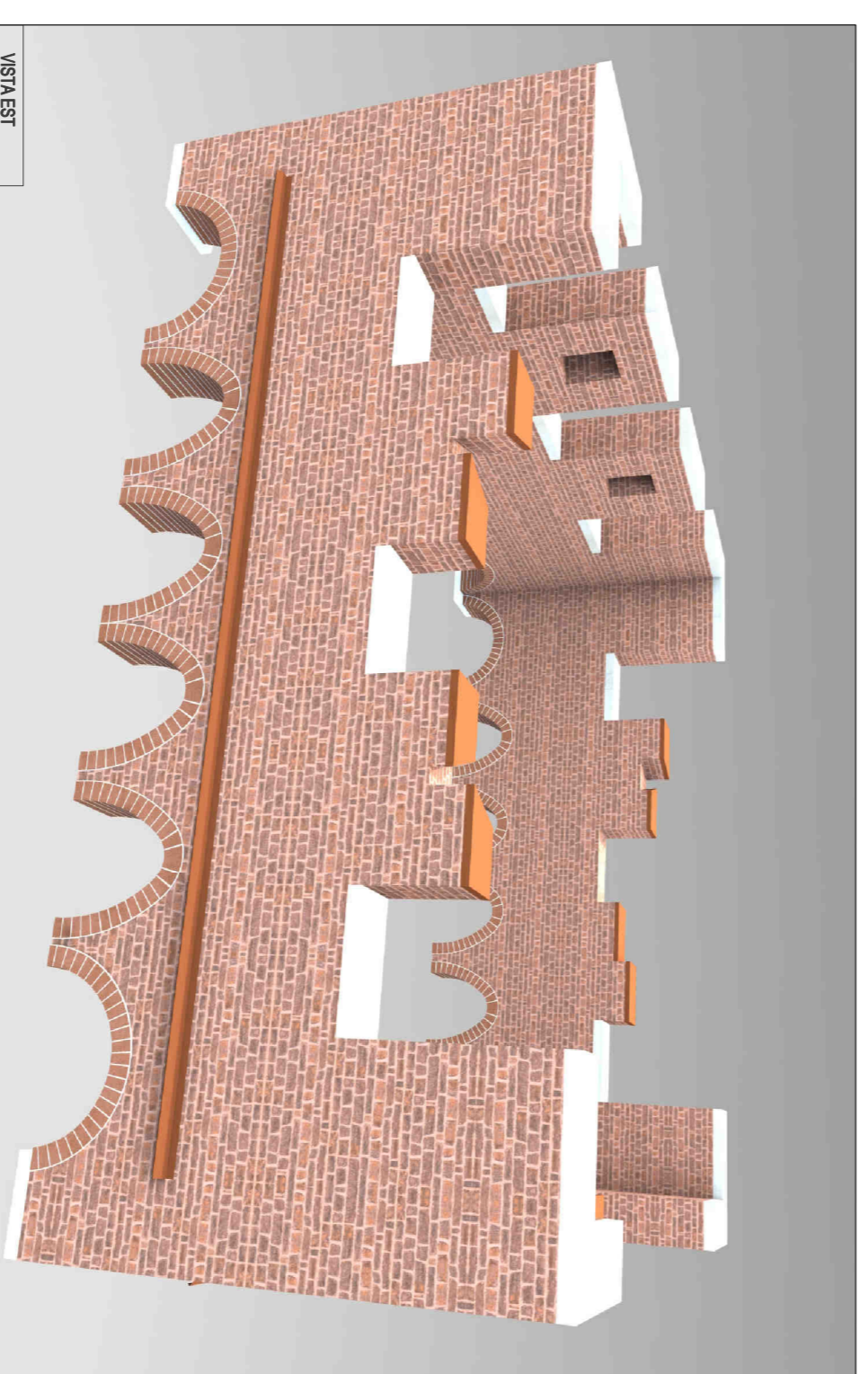
PROSPETTO NORD ESTERNO



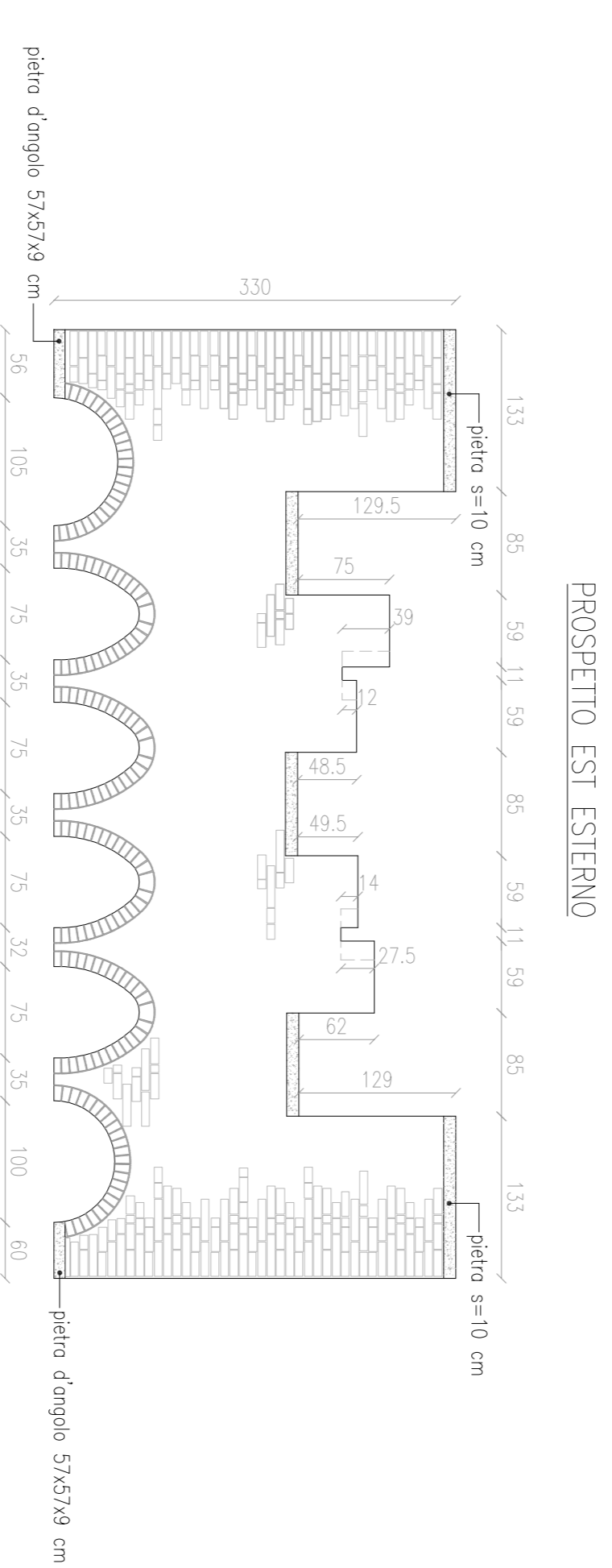
VISTA SUD



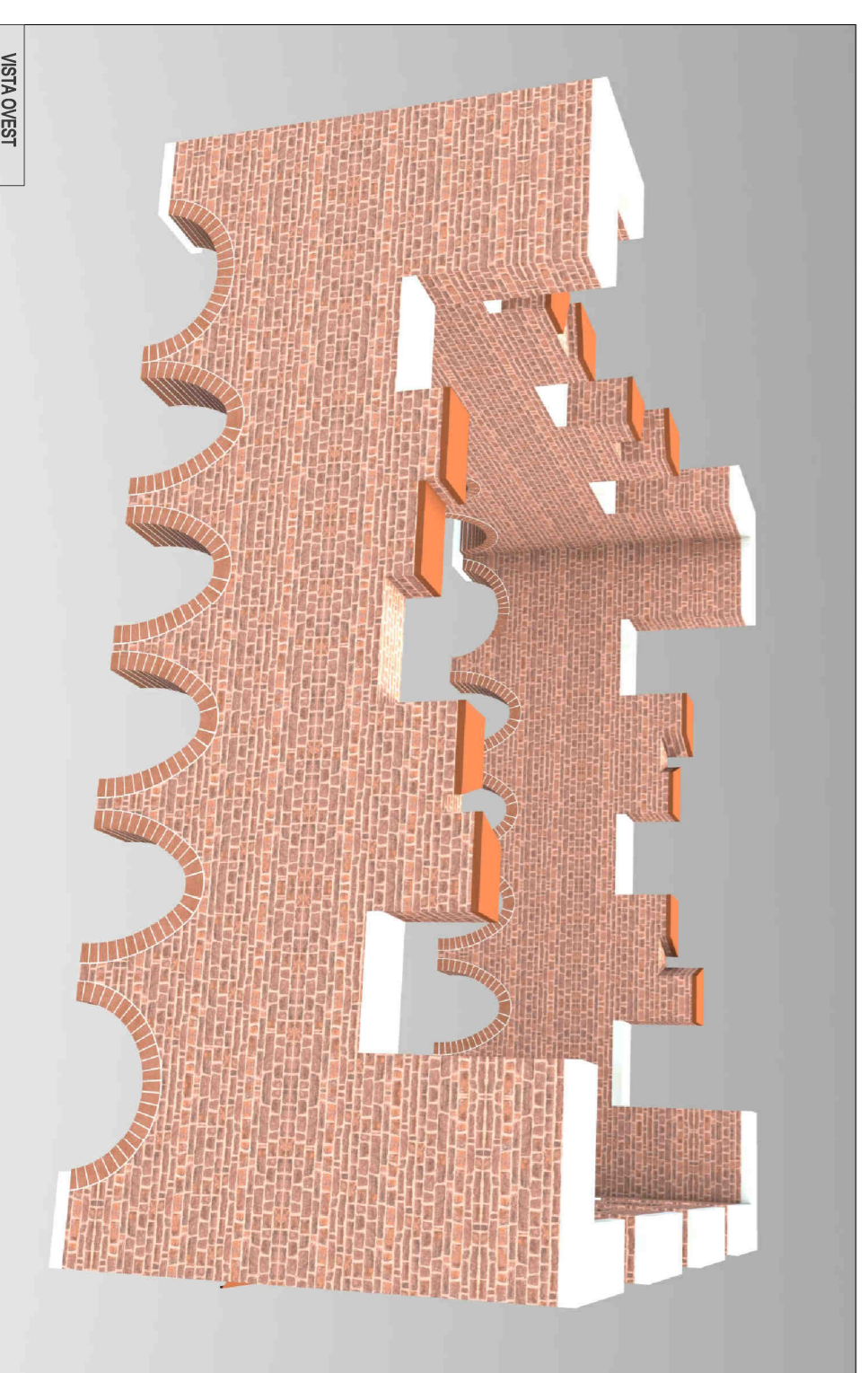
PROSPETTO SUD ESTERNO



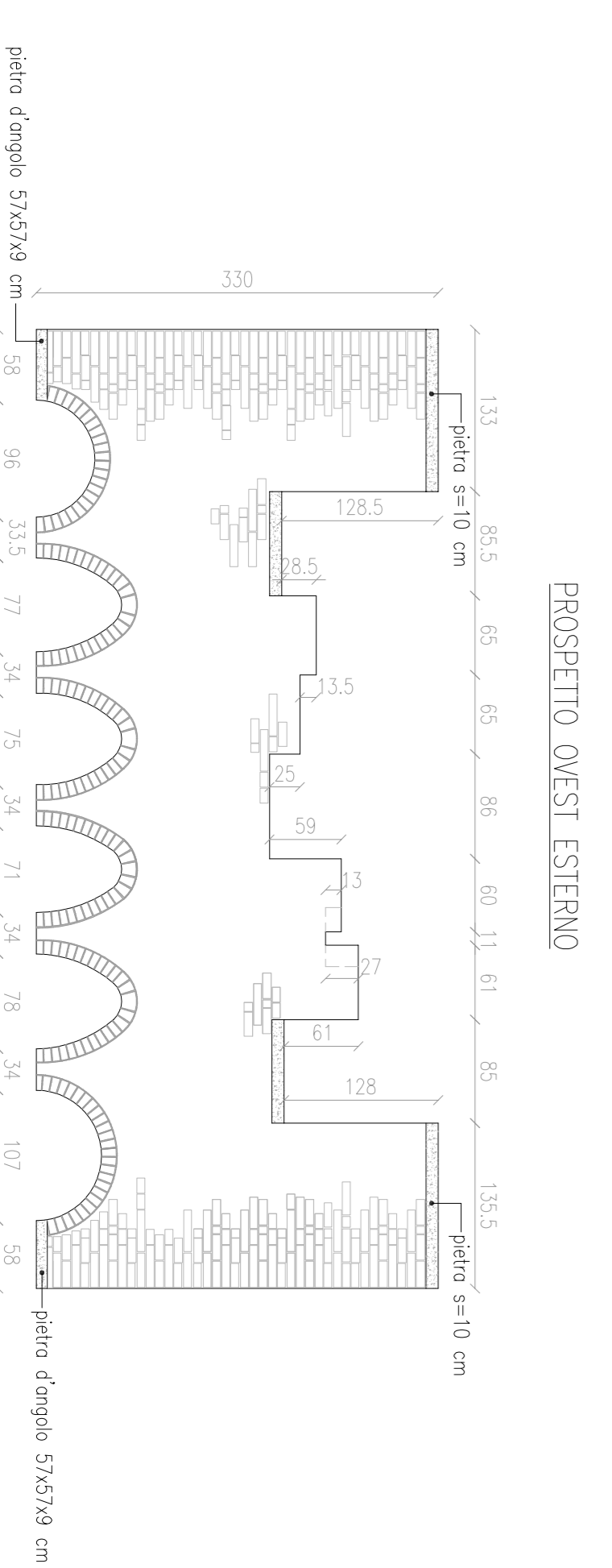
VISTA EST



PROSPETTO EST ESTERNO



VISTA OVEST



PROSPETTO OVEST ESTERNO

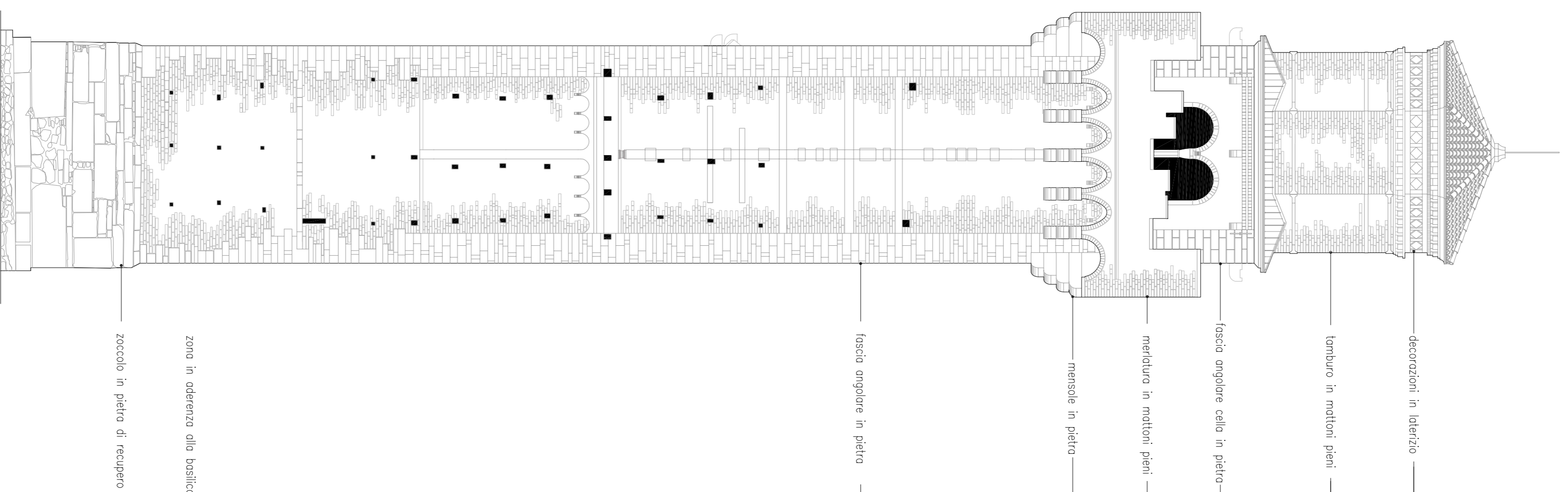


Università degli Studi di Padova - Facoltà di Ingegneria - Corso di laurea in Ingegneria edile  
Dipartimento di Costruzioni e Trasporti  
Tesi di laurea: Rilevato e restituzione in 2 e 3 dimensioni della chiesa di Santa Maria della Merlatura  
Torna alla chiesa del SS. Fiacco e Feliciano a Venezia, e conseguente valutazione delle condizioni di sollecitazione degli elementi lapidei a murari.  
Relatore: Chiar.mo prof. Zuppa Francesco

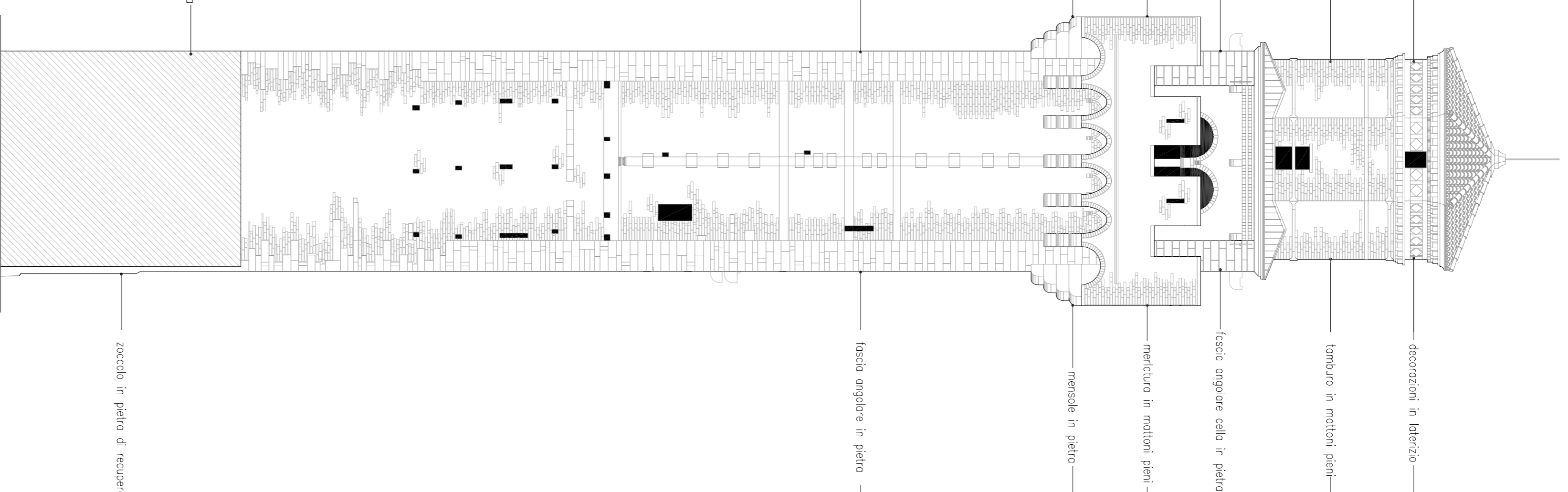
TAV. 04  
Oggetto: Merlatura  
Scala: 1:50

Laureando: Paolo Diego 41446 / 0

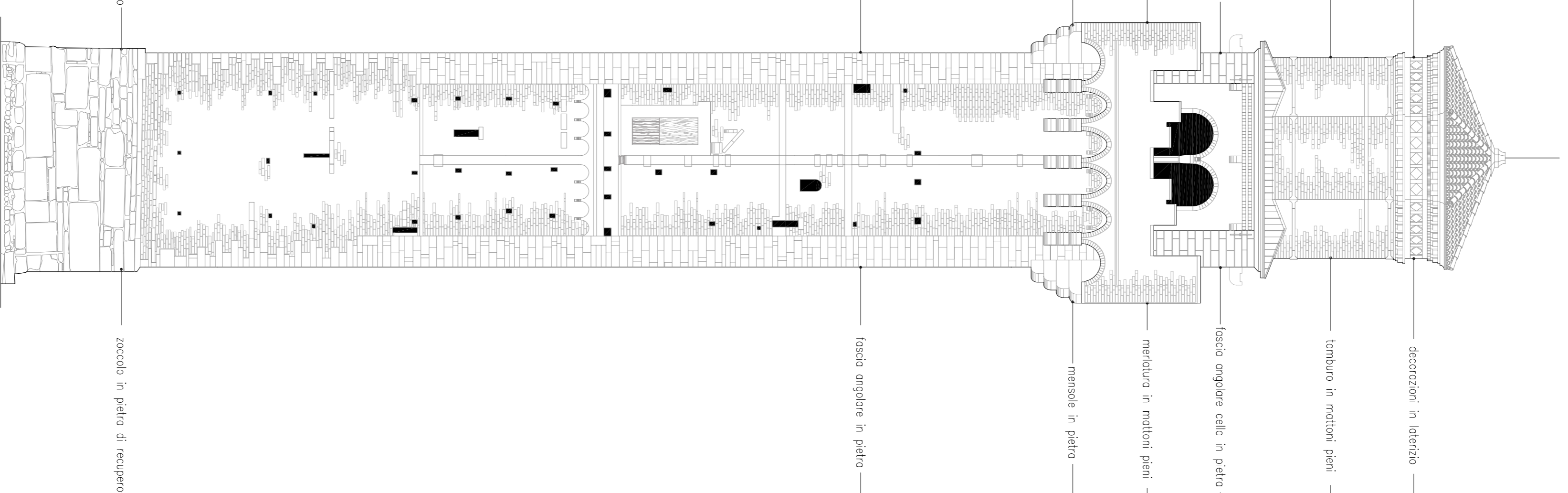
PROSPETTO NORD  
Scala 1:100



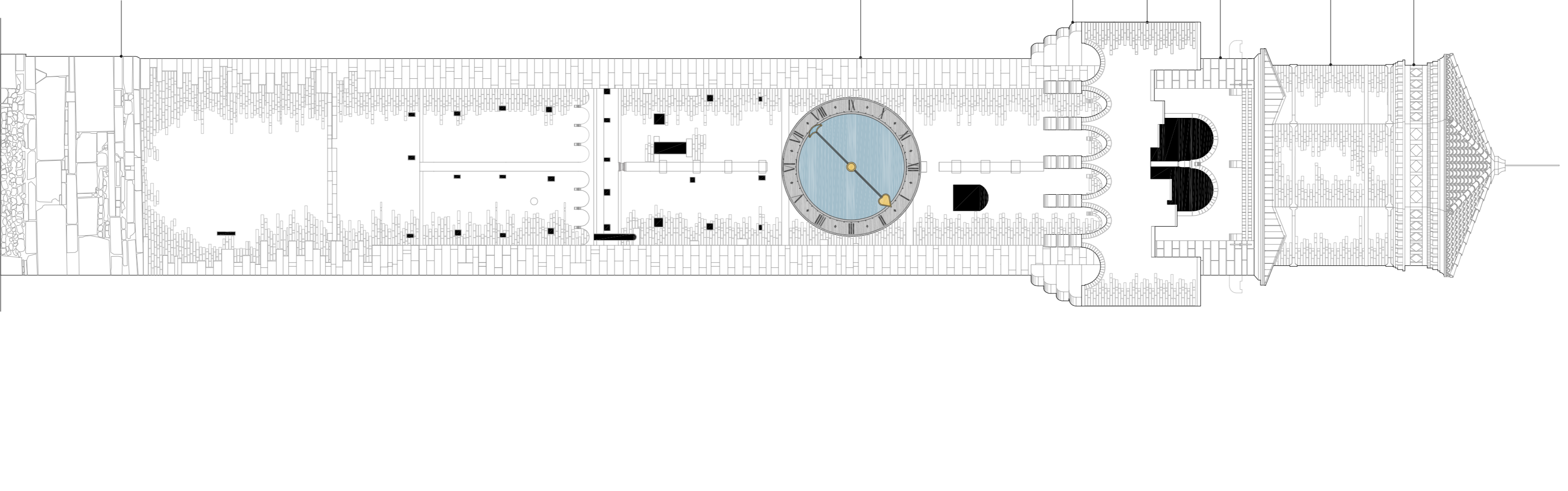
PROSPETTO SUD  
Scala 1:100



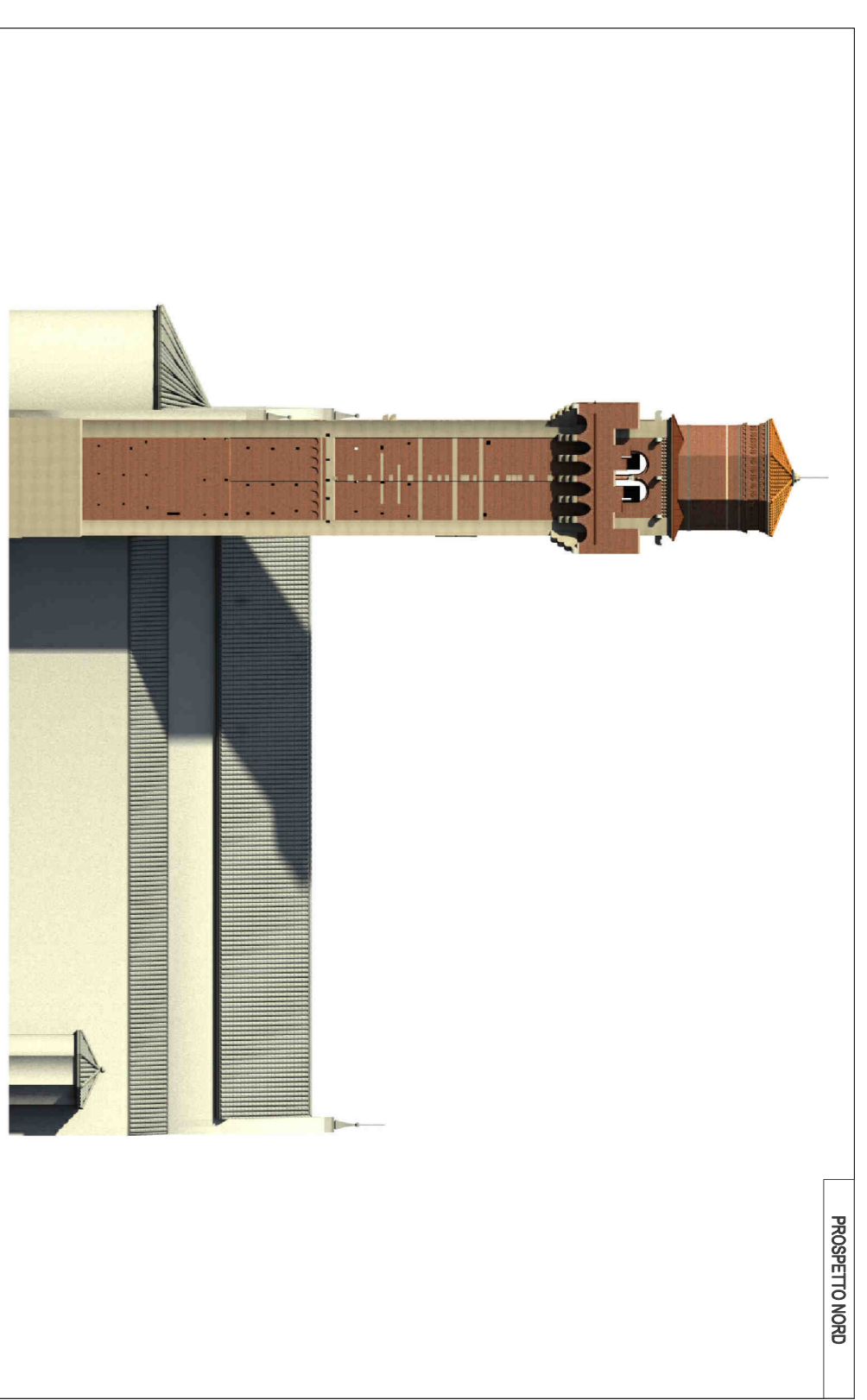
PROSPETTO EST  
Scala 1:100



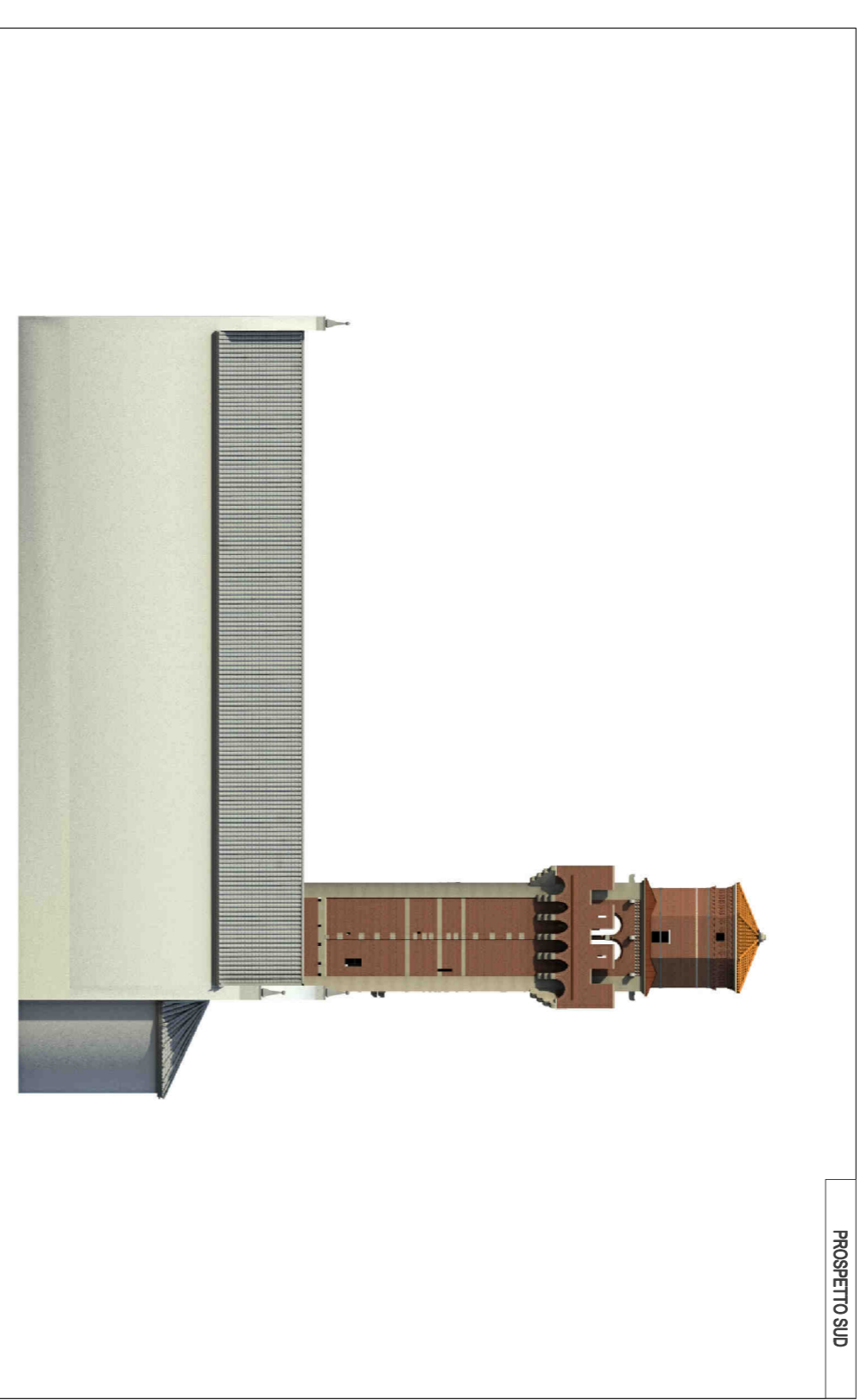
PROSPETTO OVEST  
Scala 1:100



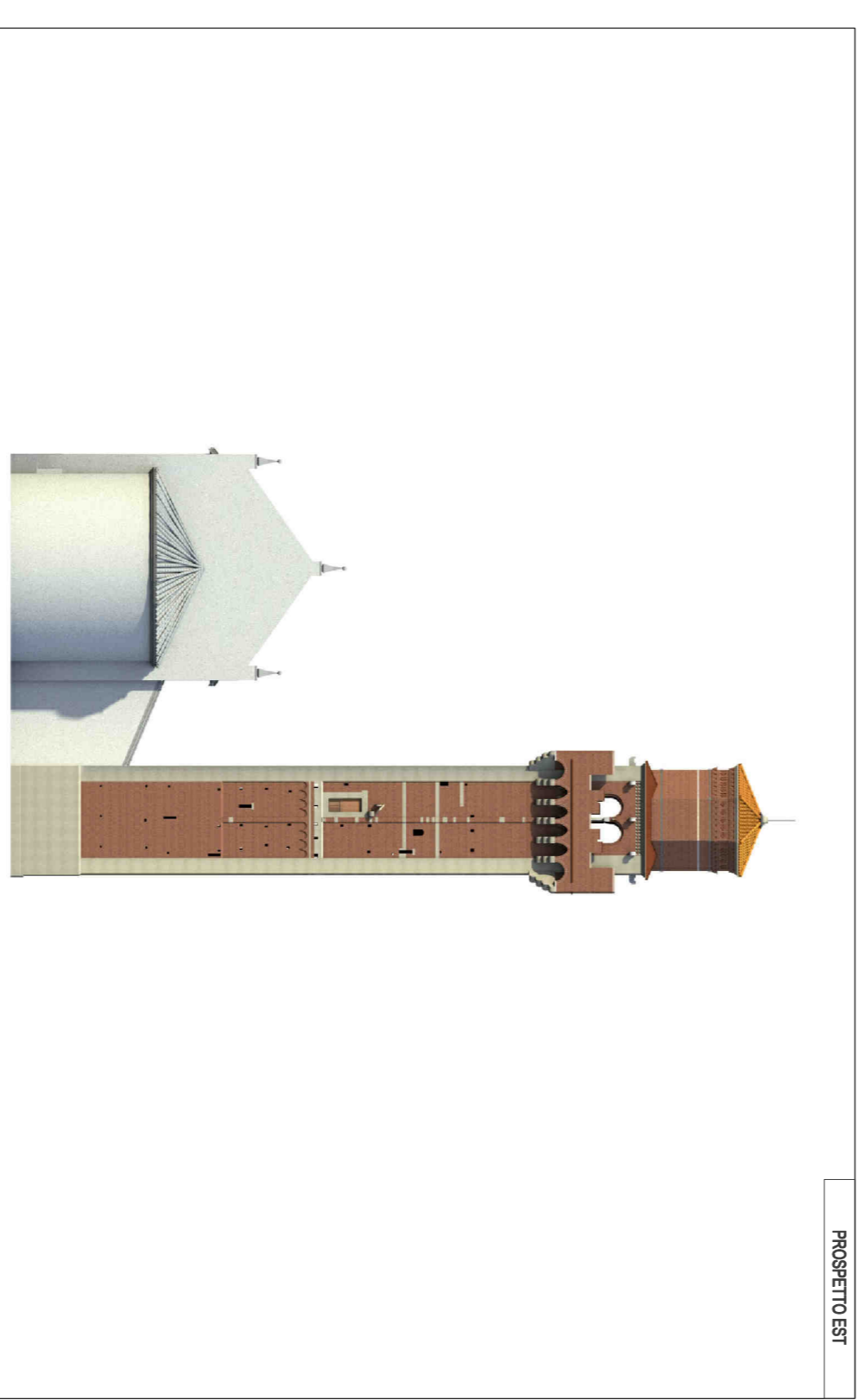
PROSPETTO NORD



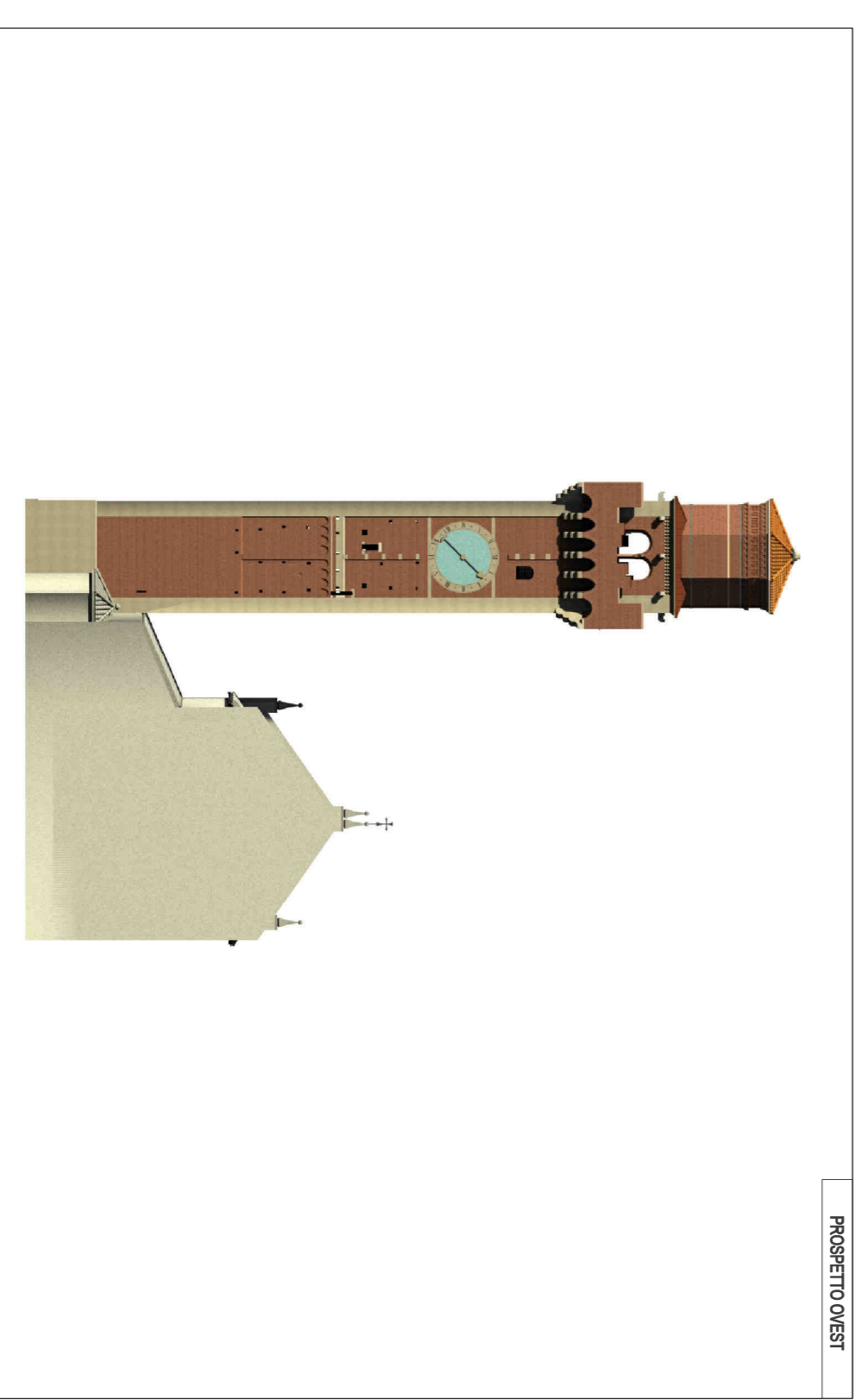
PROSPETTO SUD



PROSPETTO EST



PROSPETTO OVEST



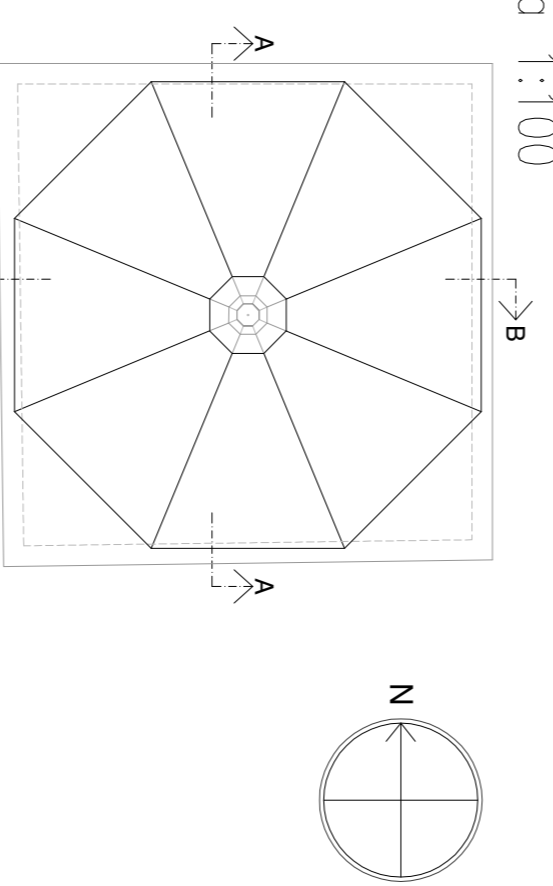
Università degli Studi di Pavia - Facoltà di Ingegneria - Corso di Laurea in Ingegneria edile  
Dipartimento di Costruzioni e Trasporti  
Test di laurea: Rilevato e restituzione in 2 e 3 dimensioni della cella campanaria e del sovrastante tamburo della  
Torre della chiesa del SS. Felice e Fortunato a Vercelli, e conseguente valutazione delle condizioni  
di sollecitazione degli elementi lapidei e murari.  
Relatore: Chiar.mo prof. Zappalà Francesco

TAV. 05  
Oggetto:  
Prospetti Torre  
Scala: 1:100

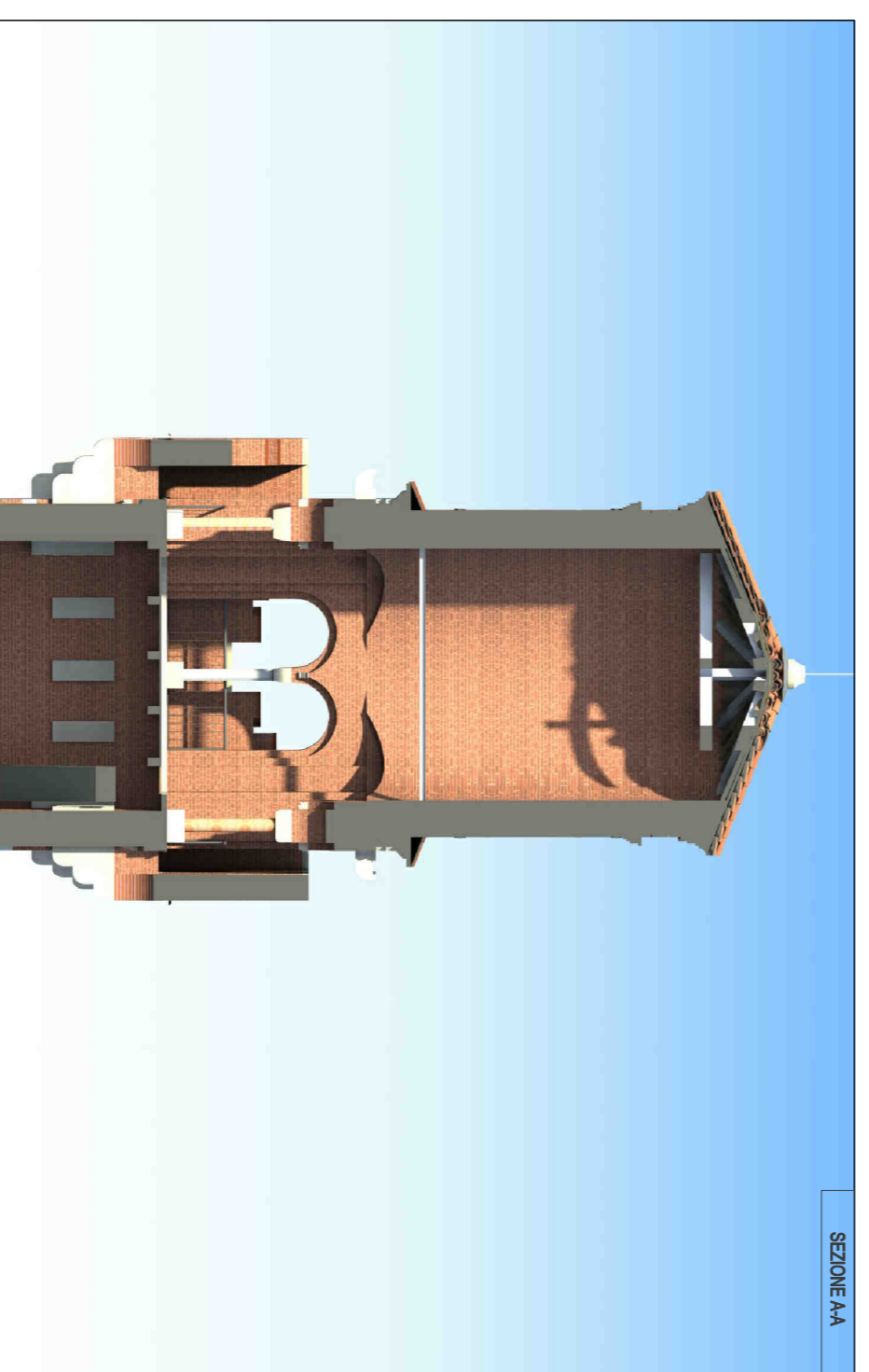
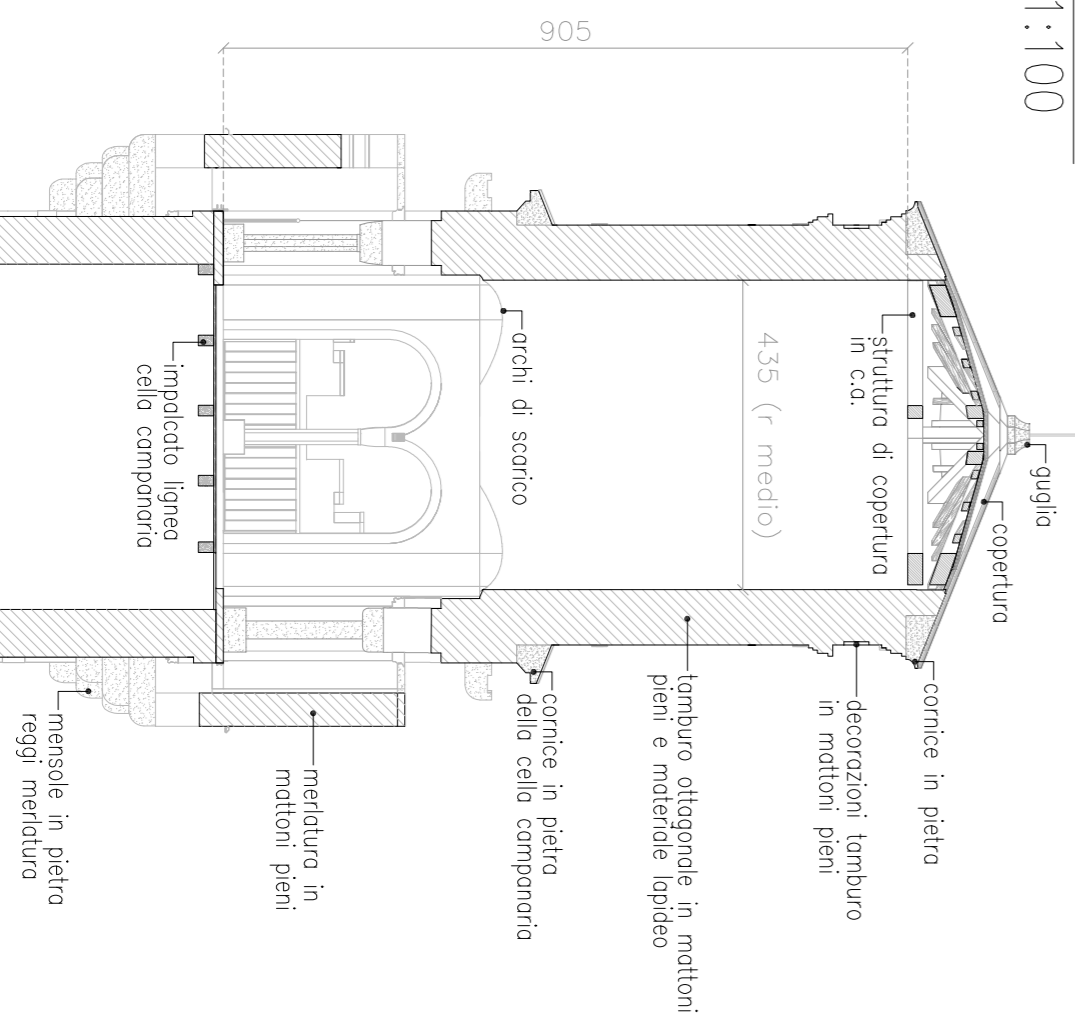
Laureando: Paolo Diego 414148 ID



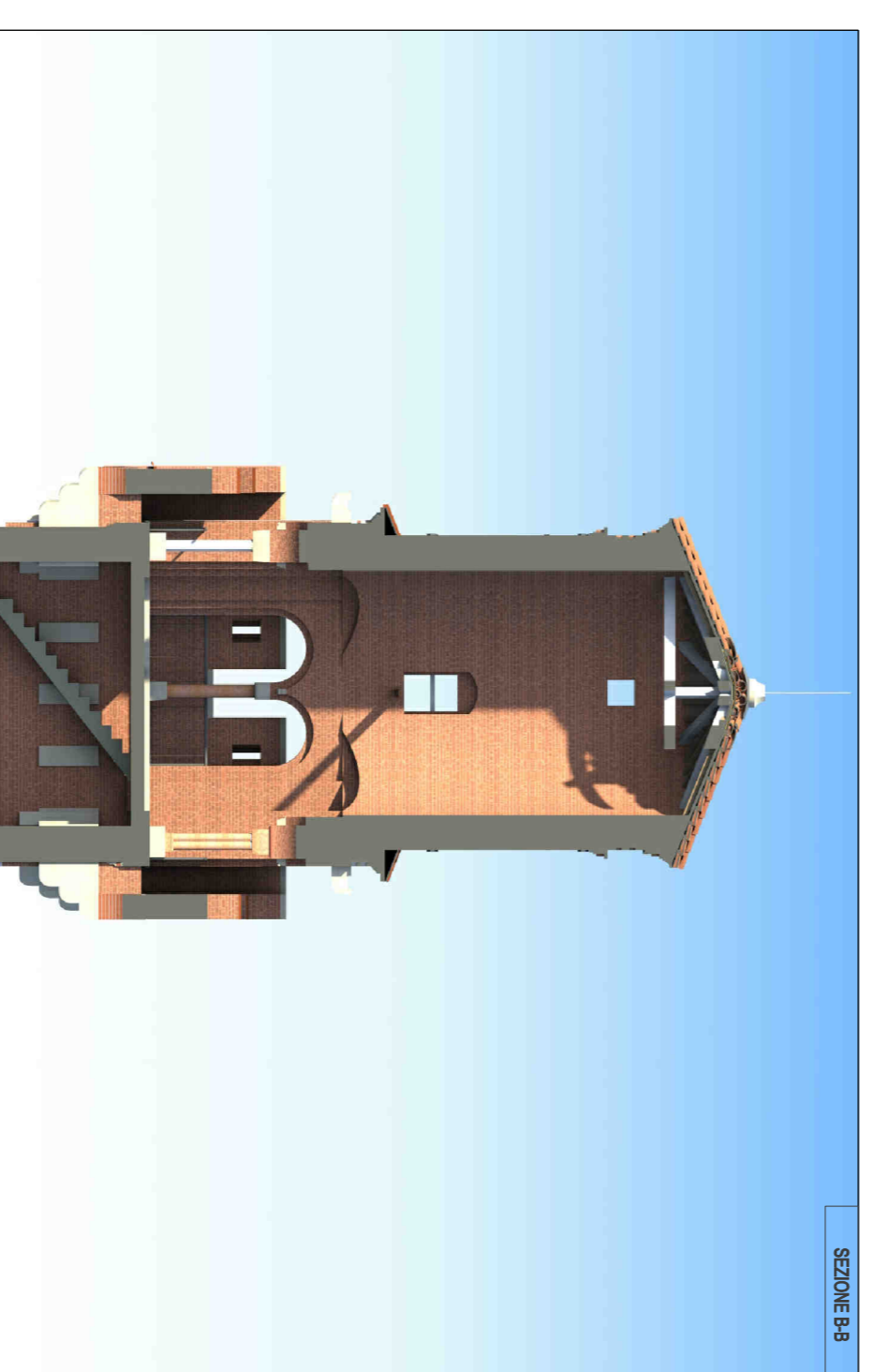
PIANTA SCHEMATICA DELLA COPERTURA  
 Scala 1:100



SEZIONE A-A  
 Scala 1:100



SEZIONE A-A



SEZIONE B-B



SEZIONE A-A



SEZIONE B-B



Università degli Studi di Pavia - Facoltà di Ingegneria - Corso di Laurea in Ingegneria delle  
 Dipartimenti di Costruzioni e Trasporti  
**Tesi di laurea: Rilevato e restituzione in 2 e 3 dimensioni della cella campanaria e del sovrastante tamburo della  
 Torre della chiesa del SS. Felice e Fortunato a Vercenza e conseguente valutazione delle condizioni  
 di sollecitazione degli elementi lapidei e murari.**  
 Relatore: Chiar.mo prof. Zappalà Francesco

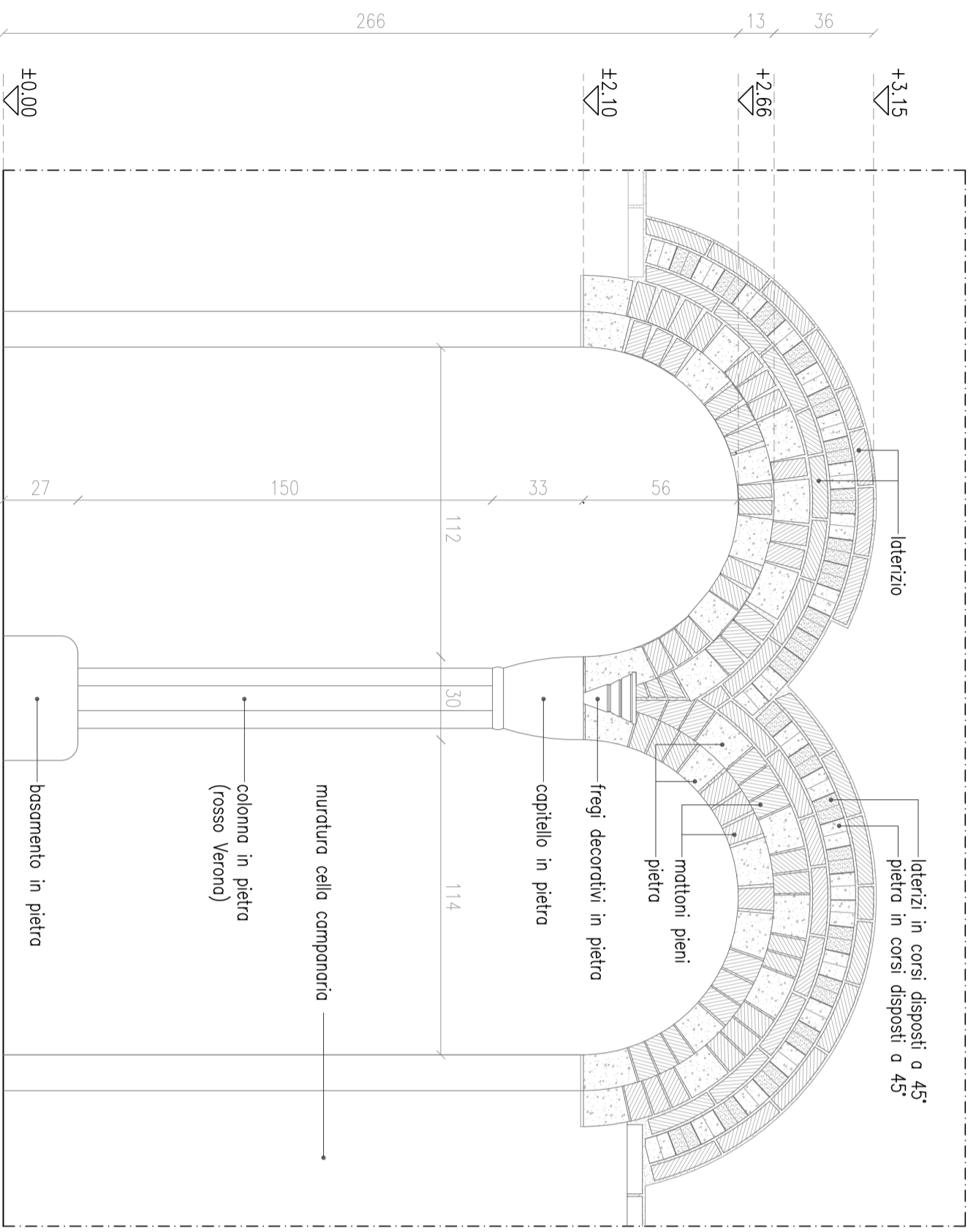
TAV. 06  
 Oggetto:  
 Sezioni

Scala: 1:100

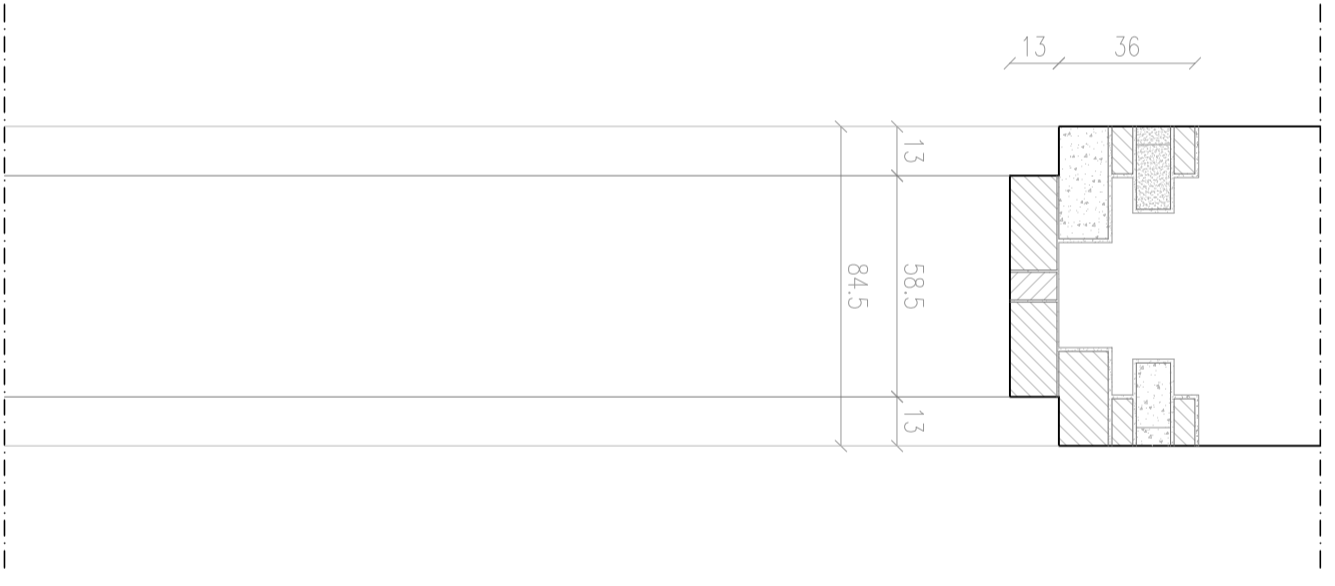
Laureando: Paolo Diego 414148 /01



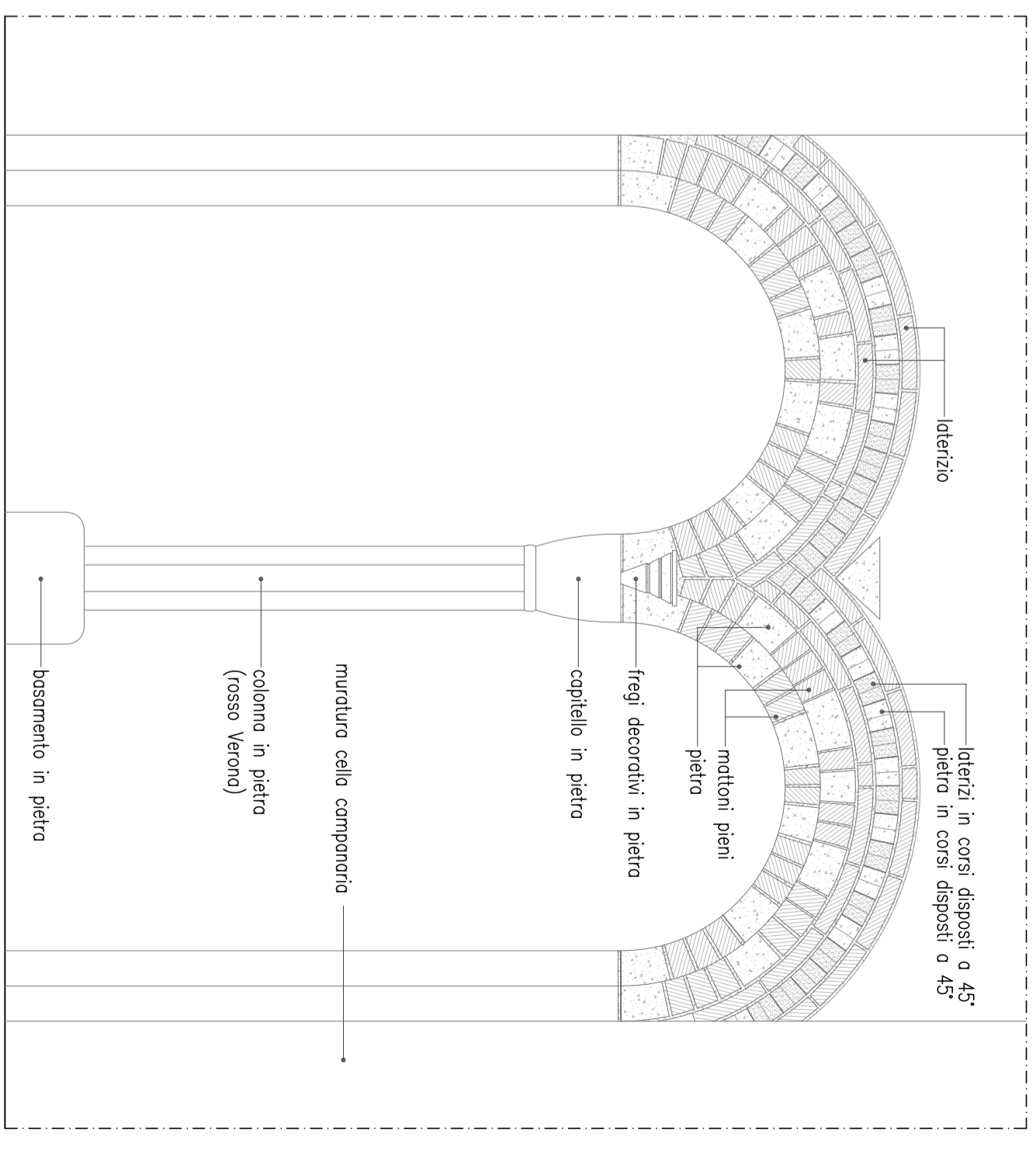
ARCO NORD – ESTERNO  
scala 1:20



ARCO NORD – SEZIONE  
scala 1:20

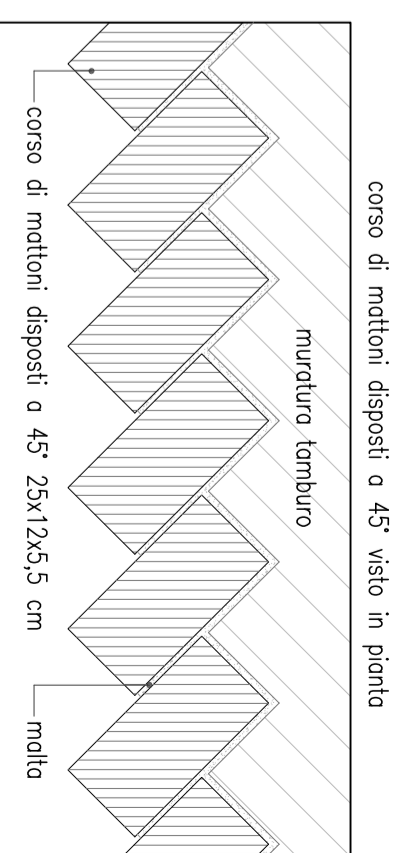
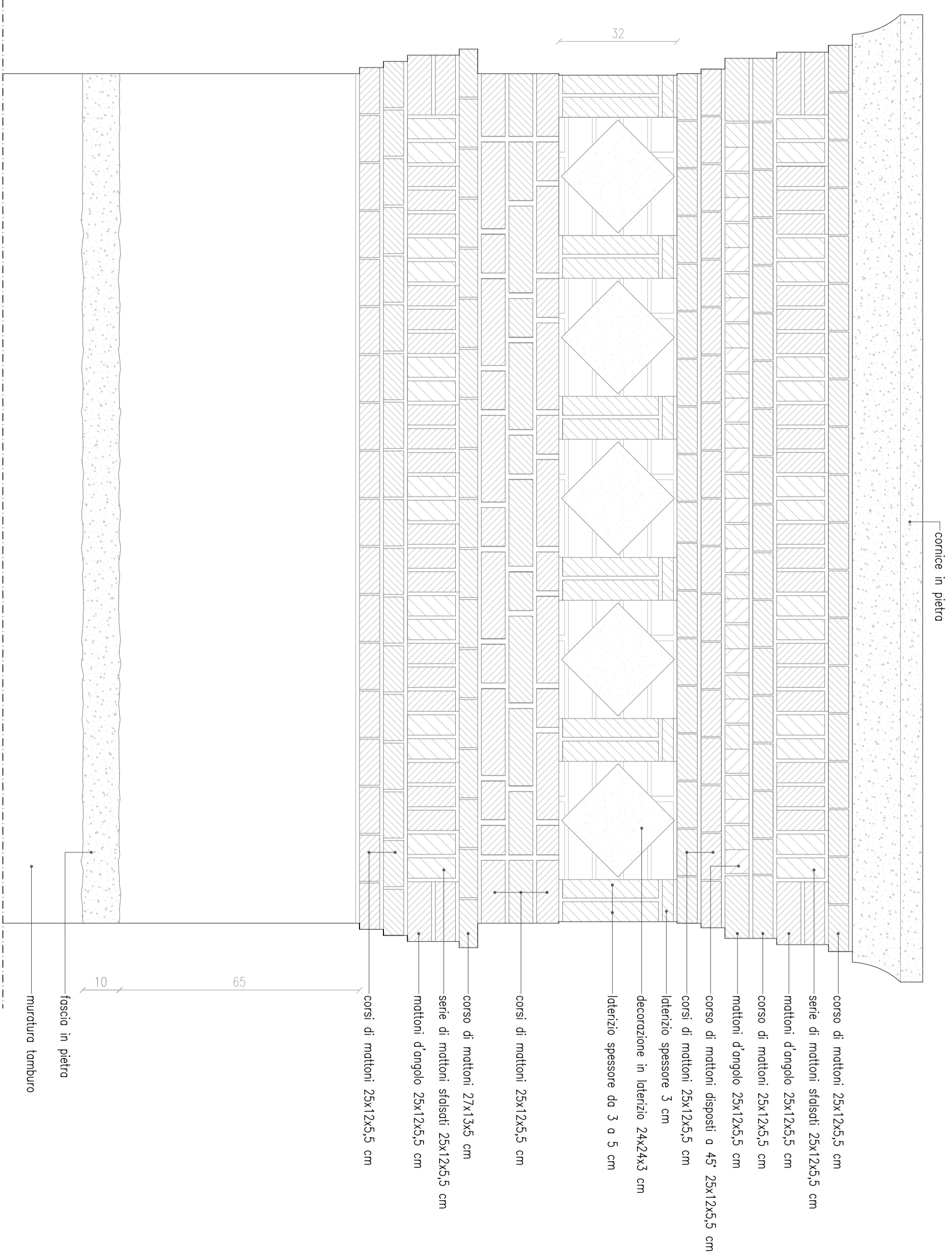
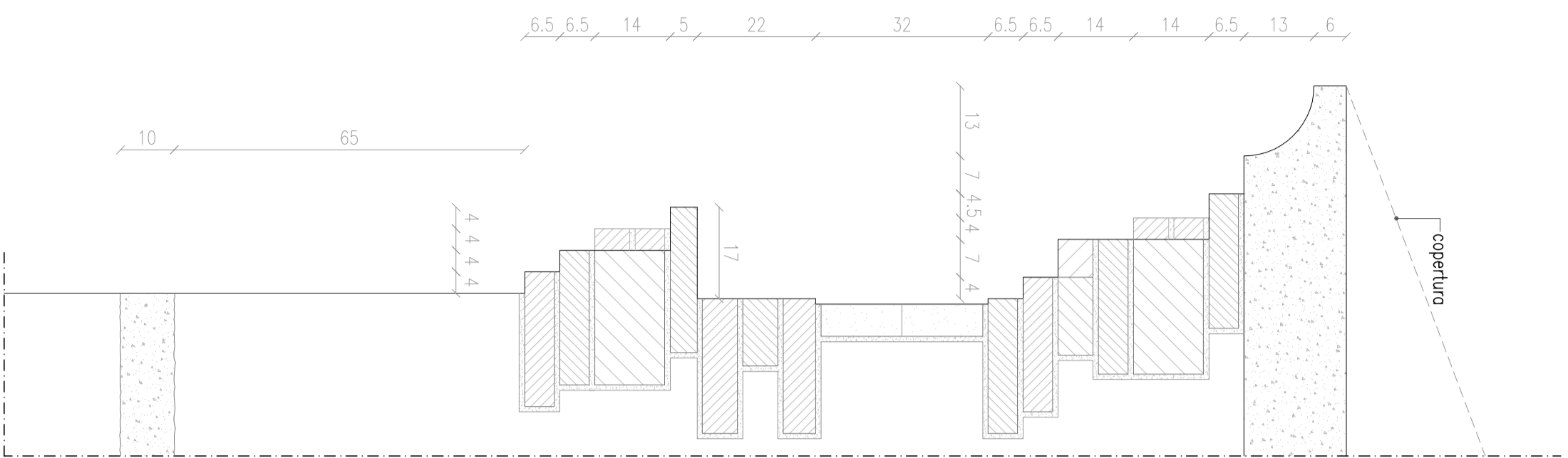


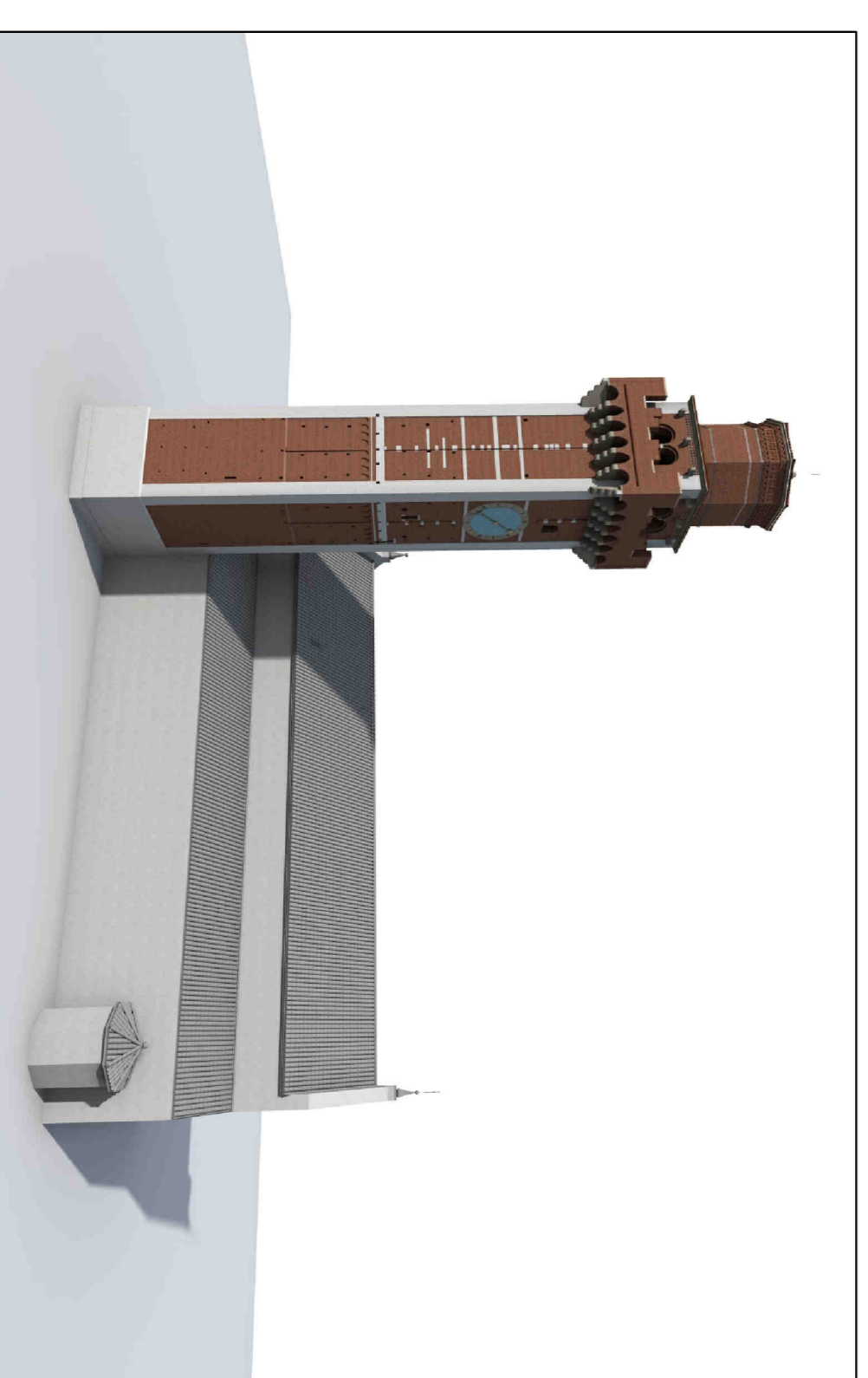
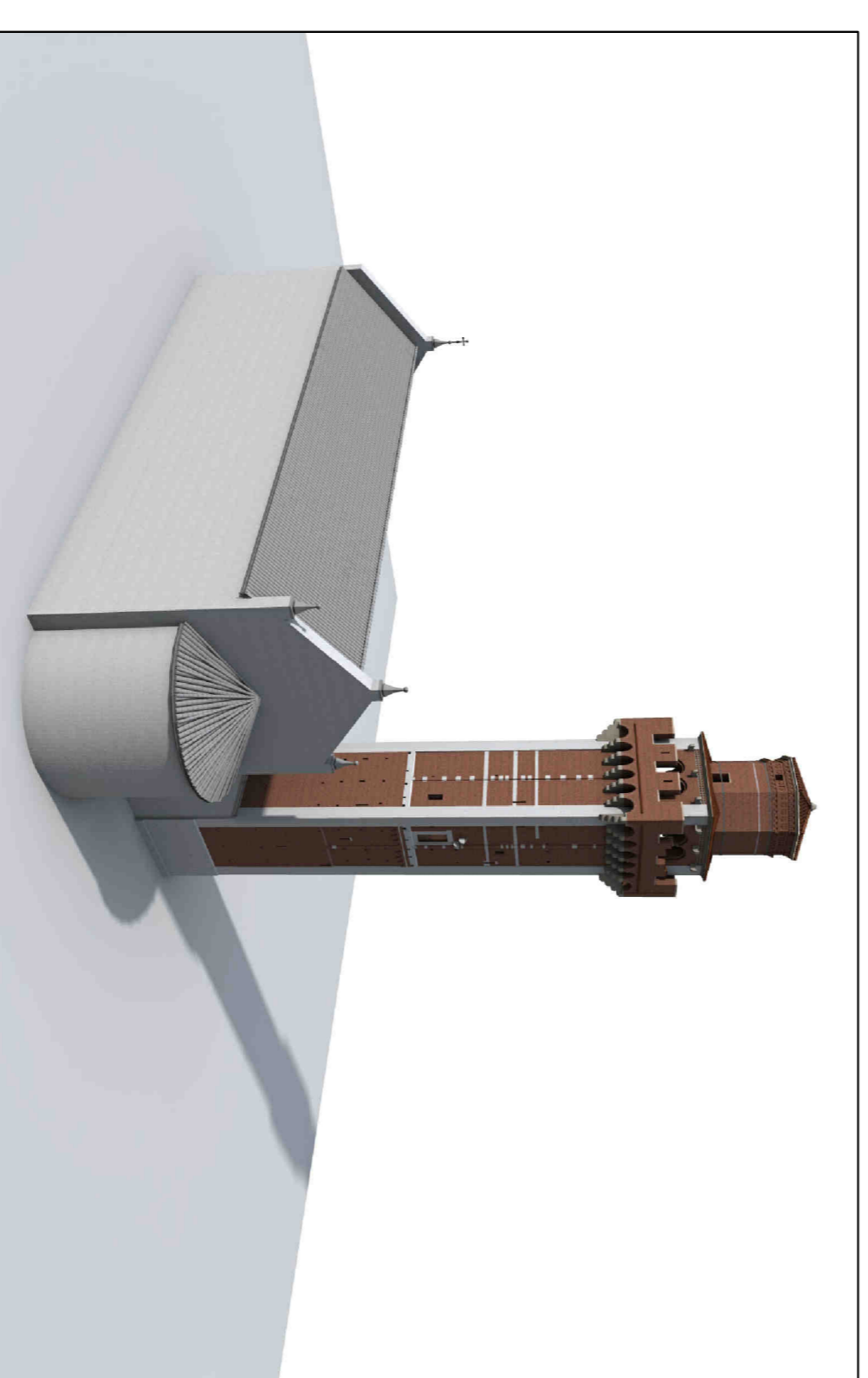
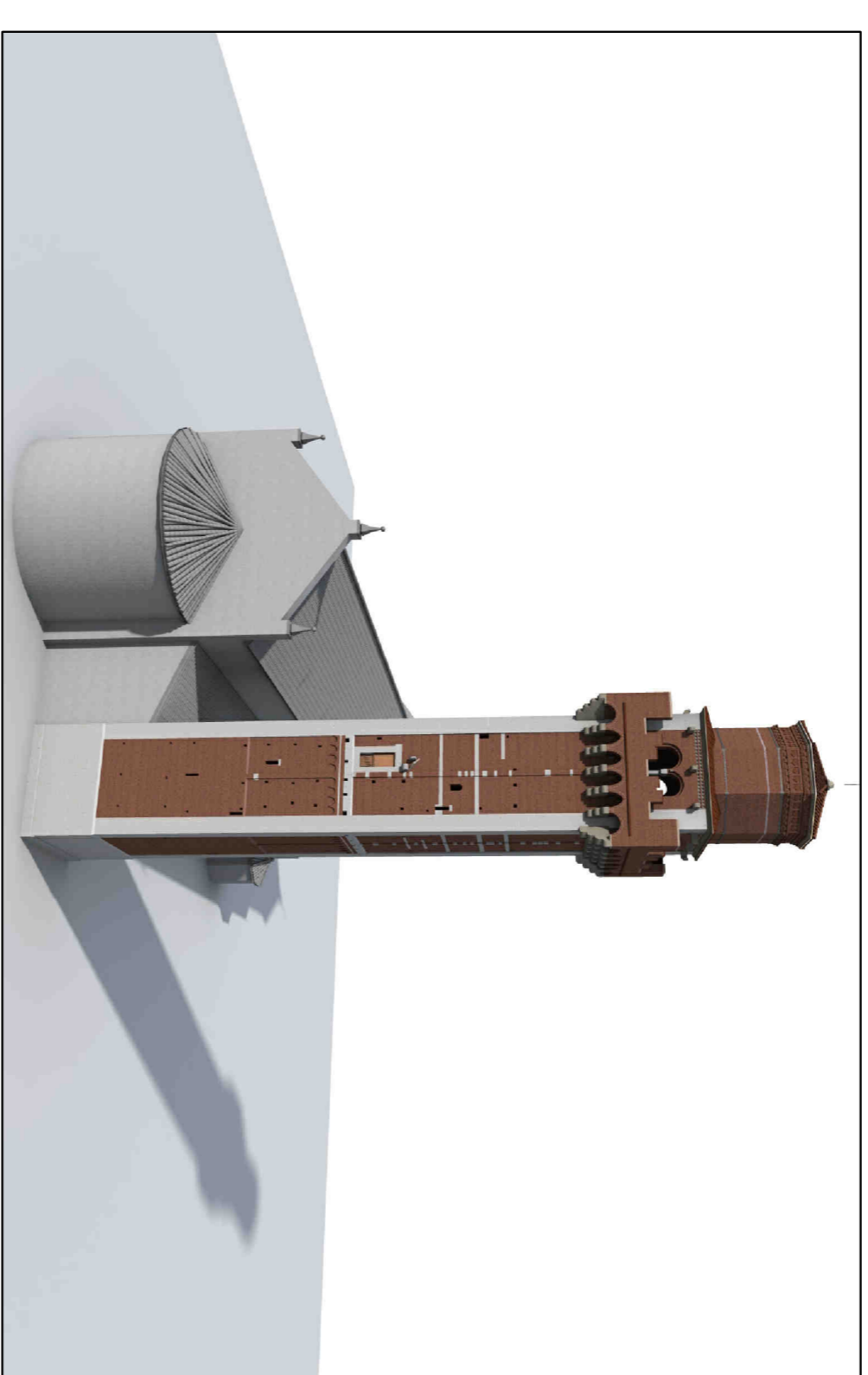
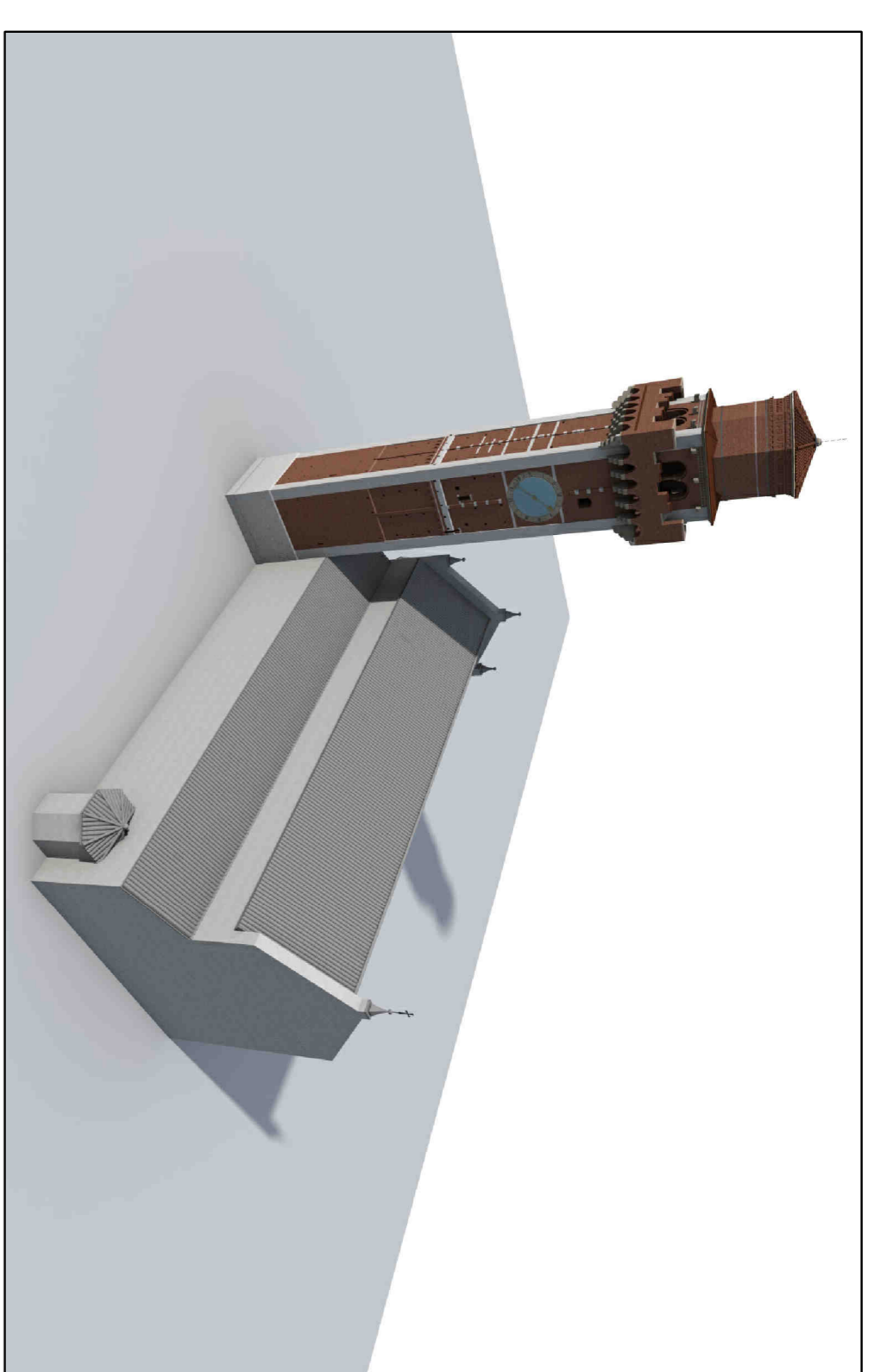
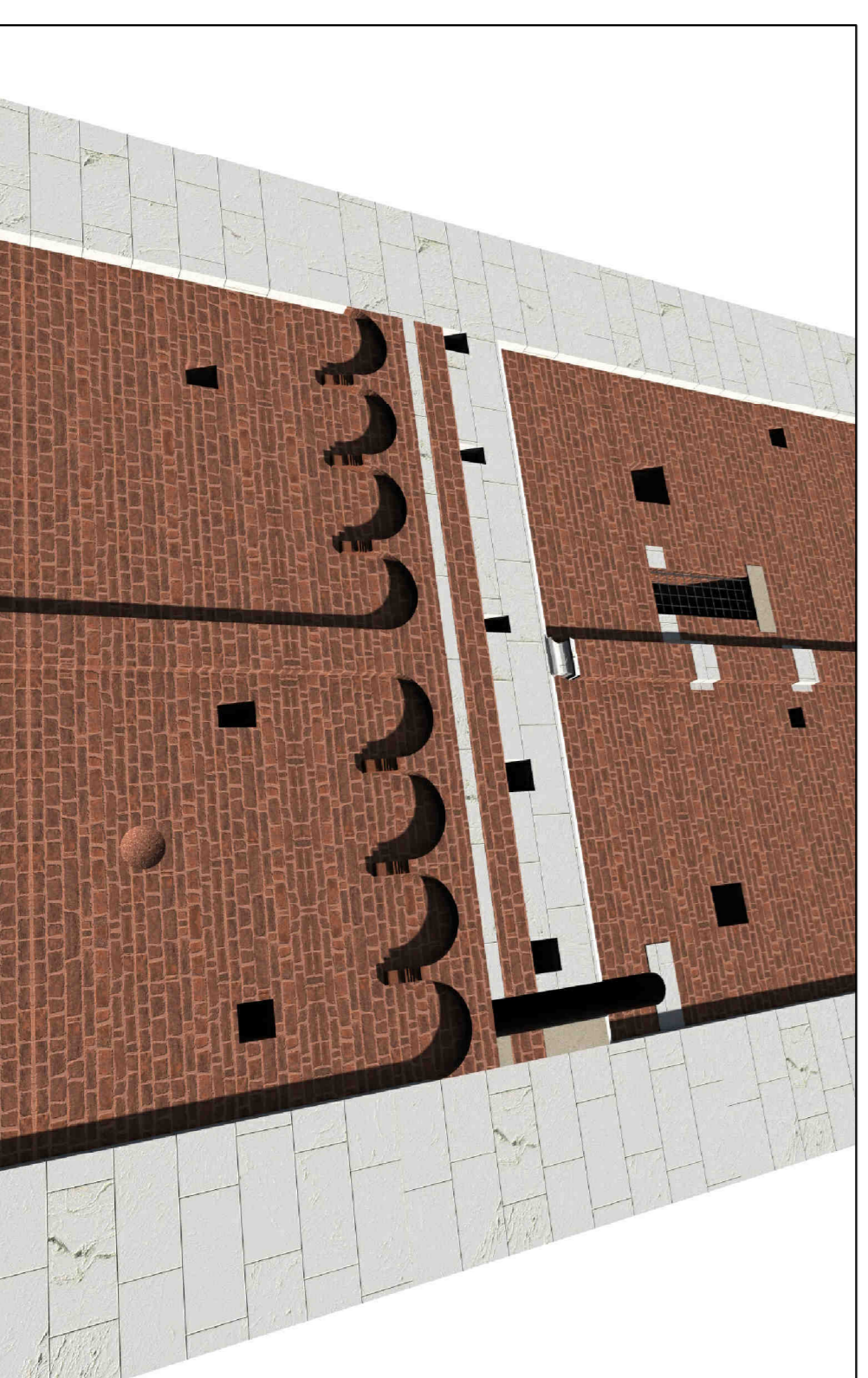
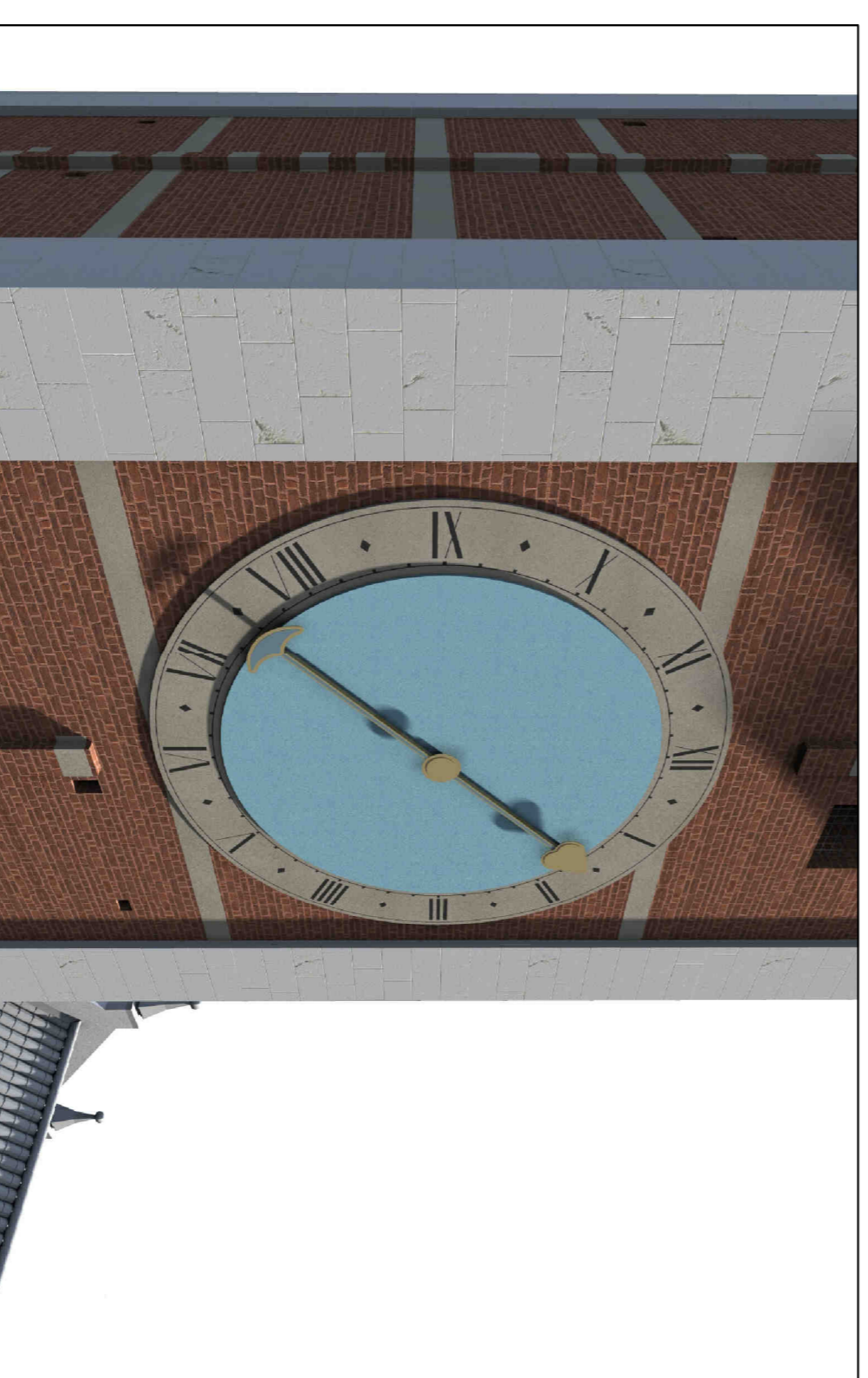
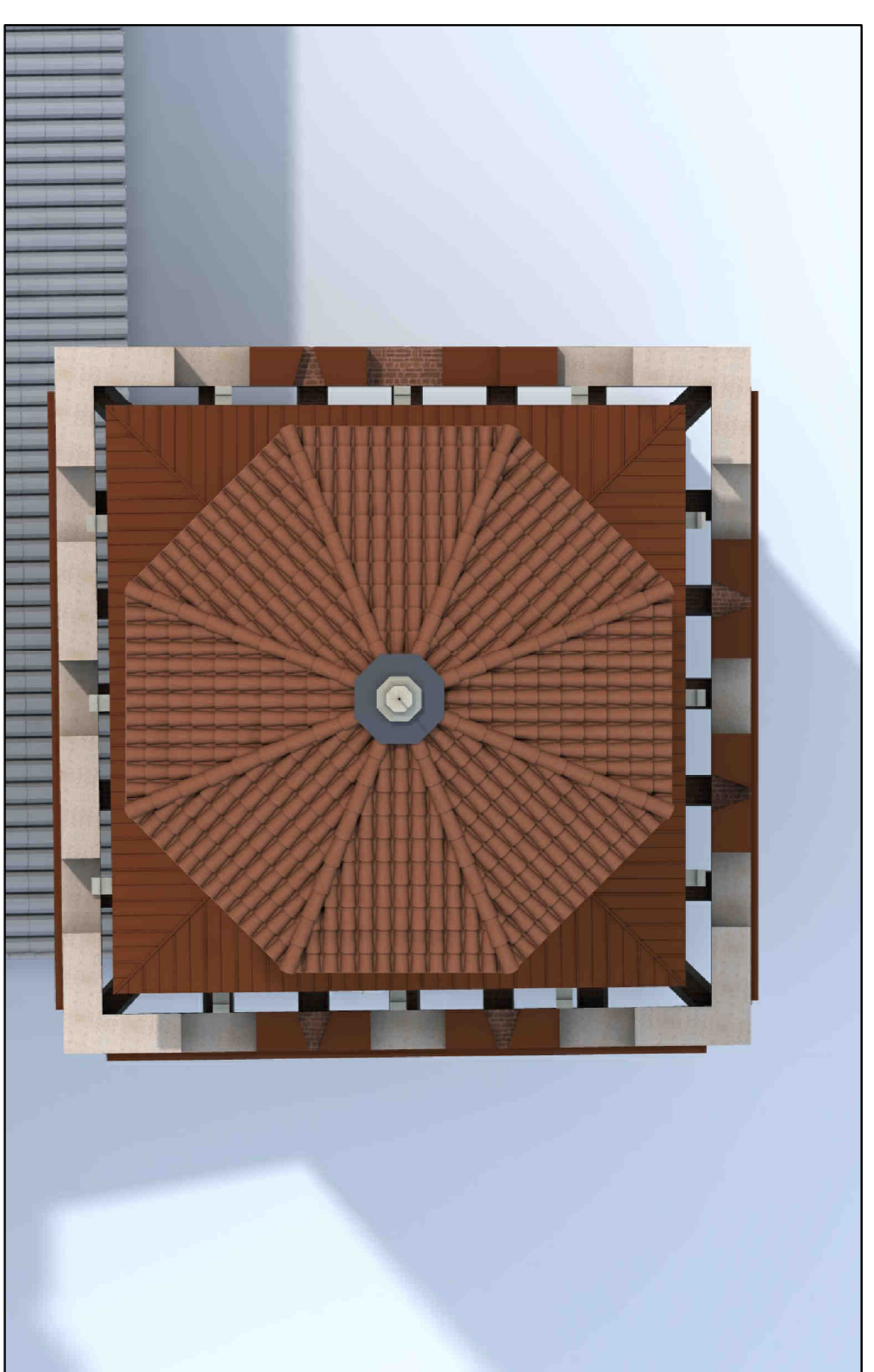
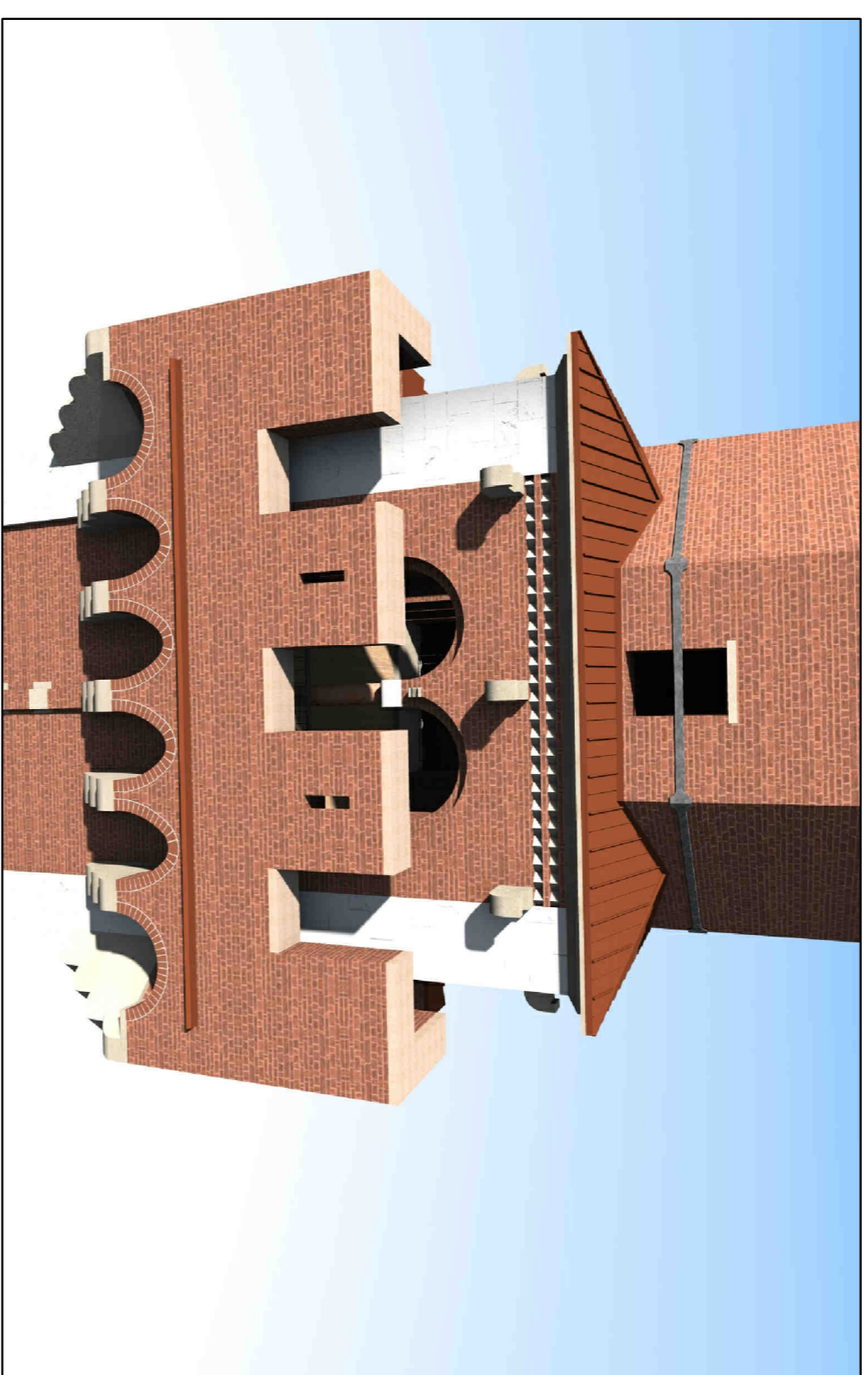
ARCO NORD – INTERNO  
scala 1:20





**DECORAZIONE TAMBURO SOTTOSTANTE CORNICE**  
 scala 1:10





Università degli Studi di Pavia - Facoltà di Ingegneria - Corso di Laurea in Ingegneria edile  
 Dipartimento di Costruzioni e Trasporti  
 Tesi di laurea: Rinvio e restituzione in 3D e tridimensionale della chiesa e del campanile lambro della  
 Torre della chiesa del SS. Felice e Fortunato a Venezia, e conseguente valutazione delle condizioni  
 di sollecitazione degli elementi lapidei a murari.  
 Relatore: Chiar.mo prof. Zappalà Francesco

TAV. 09  
 Oggetto:  
 Rinvio  
 Scala: 1/4

Laureando: Paolo Diego 414148 / 0