



Laboratori Ingegneria Ferrara s.r.l.

sede legale: via Palestro 25 - 44121 Ferrara (FE) - Italy
sede operativa: via Ascari 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE) - Italy
ufficio 0532.1673129 – fax +39.0532.473486 - mobile +39.320.6651813
web: www.lifelab.it - mail: info@lifelab.it - pecmail: lifecert@pec.it



Management
System
ISO 9001:2008

www.tuv.com
ID 9105086584

Committente

ARCIDIOCESI DI FERRARA E COMACCHIO

Oggetto

INDAGINI SPECIALISTICHE SULLE MURATURE DELLA CHIESA DEI SANTI FILIPPO E GIACOMO DI RAVALLE (FE)



Titolo

RAPPORTO CONCLUSIVO DI INDAGINE

Emesso:

ing. Rachele Ferioli

Approvato:

Ing. Sergio Tralli

Commissa	Codice - Documento	Rev.	Motivazione	Data	Nome file
0940 - 2017	Doc6-Rapporto conclusivo	00	Prima emissione	16/02/2017	comm940-17-doc6-rev00-ravalle

INDICE

1.	PREMESSA	4
2.	INDAGINI SULLE STRUTTURE IN MURATURA.....	5
2.1	Rilievo delle tessiture murarie	6
2.2	Rilievo del collegamento tra le colonne e le lesene.....	6
2.3	Prove penetrometriche sui corsi di malta	7
3.	PRELIEVO DI CAMPIONI DI MURATURA	8
3.1	Prove di compressione su prismi di laterizio	9
3.2	Prove meccaniche su campioni di malta	10
4.	ELENCO ALLEGATI	10

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1:	inquadramento generale e identificazione dell'ubicazione dell'area di cantiere	4
Figura 2:	vista aerea con identificazione dell'edificio oggetto di indagine.....	4
Figura 3:	prospetto laterale	5
Figura 4:	porzione della facciata di ingresso	5
Figura 5:	rimozione degli intonaci per il rilievo delle tessiture murarie	6
Figura 6:	penetrometro per malte	7
Figura 7:	schema tipologico posizionamento dei prelievi	8
Figura 8:	prelievo di campioni mediante asportazione di blocchi.....	8
Figura 9:	provini prismatici ricavati da mattone pieno – indagine ID 02.....	9
Figura 10:	campione di malta prelevato dal punto di indagine ID 02	10

1. Premessa

Su incarico della Committenza, **ARCIDIOCESI DI FERRARA E COMACCHIO**, la scrivente società ha eseguito una campagna di indagini specialistiche sulle strutture in muratura della **CHIESA DEI S.S. FILIPPO E GIACOMO** sita in via Beccari 220 a Ravalle (FE).



Figura 1: inquadramento generale e identificazione dell'ubicazione dell'area di cantiere



Figura 2: vista aerea con identificazione dell'edificio oggetto di indagine

2. Indagini sulle strutture in muratura

La campagna di indagini sulle murature, pianificata in accordo con la Committenza e i progettisti incaricati delle verifiche, ha previsto sia attività da eseguire in situ sia attività di laboratorio.

Le attività di indagine in situ, eseguite in data 25 gennaio 2017 dai tecnici della scrivente società, hanno interessato le murature portanti della Chiesa e nello specifico sono state volte a determinare l'eventuale presenza di un collegamento tra le colonne e le lesene in muratura e l'omogeneità della malta utilizzata nella realizzazione della Chiesa.



Figura 3: prospetto laterale



Figura 4: porzione della facciata di ingresso

2.1 Rilievo delle tessiture murarie

Le caratteristiche delle murature che costituiscono l'edificio oggetto di indagine, rilevate mediante tecniche di misura diretta, sono riportate nell'allegato 3. Il rilievo è stato eseguito preliminarmente a qualsiasi tipo di attività di indagine specialistica. Particolare attenzione è stata posta al rilievo delle tipologie e geometrie dei blocchi in laterizio impiegati, alla qualità della malta impiegata e agli spessori dei giunti malta sia orizzontali sia verticali.



Figura 5: rimozione degli intonaci per il rilievo delle tessiture murarie

Si osserva che la maggior parte dei giunti di malta risulta essere ristilata ed inoltre è evidente un fenomeno di dilavamento dei giunti molto esteso fino alla quota di 150 cm dal piano di calpestio.

2.2 Rilievo del collegamento tra le colonne e le lesene

Scopo principale della campagna di indagine è stato analizzare la tipologia di collegamento tra le colonne della navata e le lesene dei muri perimetrali. L'indagine ha evidenziato la presenza di catene metalliche e di puntoni lignei posti a quote differenti, ma tali elementi non formano un collegamento rigido tra le colonne e le lesene.

Alla quota di circa 730 cm (Livello 1) dalla pavimentazione interna è presente una catena metallica realizzata con un elemento a sezione rettangolare che collega la colonna alla muratura perimetrale.

Alla quota di circa 1000 cm (Livello 3) sono presenti due puntoni in legno che si innestano nella colonna e vanno a confluire nella parete perimetrale.

Tra questi due livelli sono presenti altri collegamenti (questa zona è stata definita Livello 2): due catene metalliche e altri due puntoni in legno (stessa tipologia di collegamento presente al livello 3).

Le risultanze del rilievo sono riportate graficamente nelle tavole in allegato 2.

2.3 Prove penetrometriche sui corsi di malta

Le prove penetrometriche sui giunti di malta eseguite in sito hanno lo scopo di determinare l'omogeneità della malte delle murature dell'edificio oggetto di indagine.

Tali prove sono classificate come non distruttive e consistono nel misurare l'infissione di una punta avente diametro 4mm all'interno del giunto di malta ad opera di una massa battente. La misura viene eseguita per un numero prefissato di colpi pari a 10.

La tabella seguente riassume le risultanze di indagine, riportando le caratteristiche geometriche del giunto di malta oggetto di prova.

PROVE PENETROMETRICHE SU GIUNTI DI MALTA										
ID	angolo [deg]	h foro [cm]	tecnico	giunto tipo	spessore [mm]	N° COLPI	punta [mm]	preforo [mm]	residuo [mm]	infissione [mm]
2	0	150	LVS	ORIZZONTALE	10	10	220	60	140	20
3	0	150	LVS	ORIZZONTALE	10	10	220	40	155	25
4	0	100	LVS	ORIZZONTALE	10	10	220	20	184	16
5	0	100	LVS	ORIZZONTALE	10	10	220	30	178	12
6	0	100	LVS	ORIZZONTALE	10	10	220	60	148	12
7	0	100	LVS	ORIZZONTALE	10	10	220	60	144	16



Figura 6: penetrometro per malte

3. Prelievo di campioni di muratura

Il prelievo di campioni di muratura possono essere eseguiti mediante due metodiche differenti:

- A. mediante carotaggio posizionandosi in maniera tale da ottenere un provino caratterizzato da giunto di malta orizzontale in posizione diametrale B
- B. campioni mediante asportazione/rimozioni di uno o più elementi resistenti congiunti da letti di malta.

Entrambe le tipologie di prelievo permettono di avere a disposizione campioni di laterizio e malta adatti per eseguire in laboratorio prove di compressione su prismi di laterizio e prove di punzonamento su letti di malta.

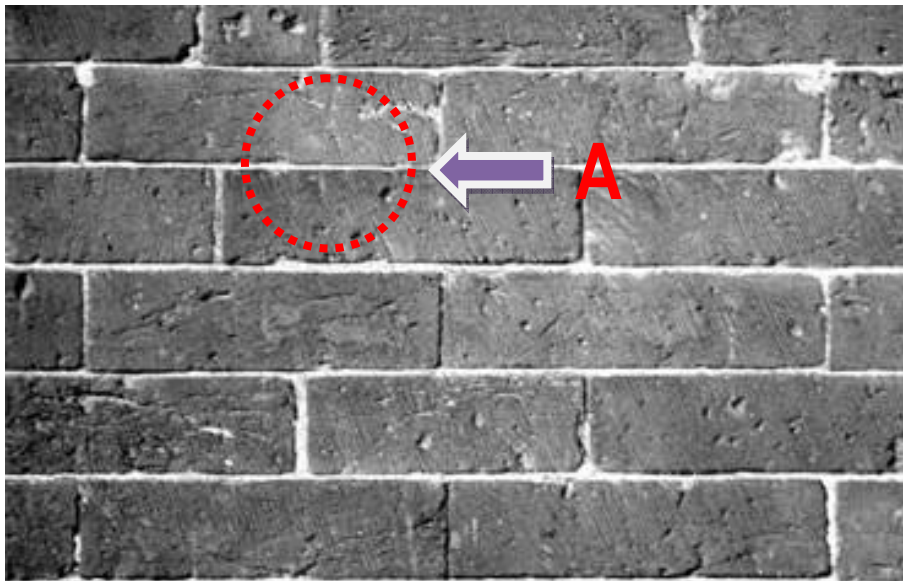


Figura 7: schema tipologico posizionamento dei prelievi

Nel caso in esame la tessitura muraria non ha permesso di eseguire il carotaggio di tipo A.



Figura 8: prelievo di campioni mediante asportazione di blocchi

3.1 Prove di compressione su prismi di laterizio

Dal campione di mattone prelevato al punto di indagine ID 02 sono stati isolati i letti di malta e sono stati ricavati mediante taglio/rettifica tre provini prismatici di lato pari a circa 40mm. La resistenza media a compressione calcolata su quattro provini risulta pari a 14 MPa.



Figura 9: provini prismatici ricavati da mattone pieno – indagine ID 02

PROVA DI COMPRESIONE SU PRISMI RICAVATI DA MATTONI PIENI									
progressivo prova	ID provino	Caratteristiche Provino				Massa volumica [kg/m ³]	Carico di Rottura [kN]	Resistenza [MPa]	Resistenza (media) [MPa]
		base 1	base 2	altezza	massa				
		[mm]	[mm]	[mm]	[g]				
1	940-02	38,0	38,0	38,0	88,0	1604	23,3	16,1	14,0
2	940-02	38,0	38,0	38,0	89,0	1622	19,2	13,3	
3	940-02	38,0	38,0	38,0	87,0	1586	17,9	12,4	

3.2 Prove meccaniche su campioni di malta

A partire dai campioni di letti di malta prelevati al punto di indagine ID 02 è possibile fornire una stima della resistenza a compressione mediante una serie di prove di punzonamento. Il diametro del punzone viene appositamente selezionato in funzione dello spessore del letto di malta prelevato.

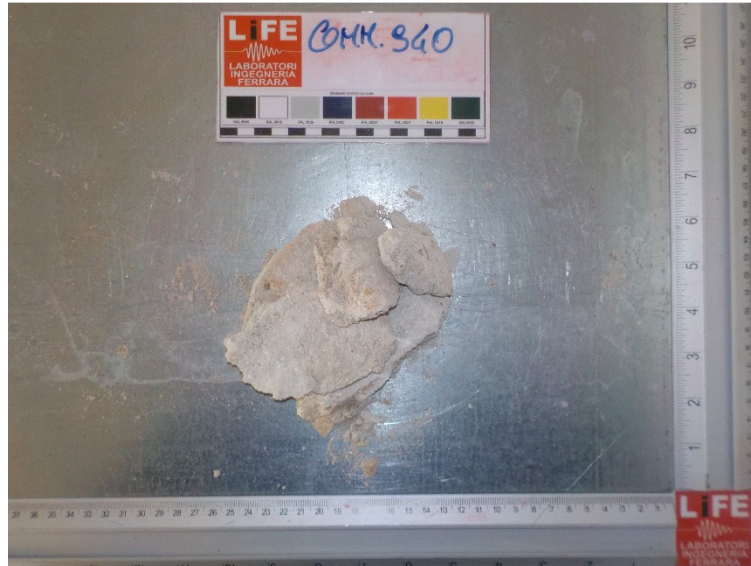


Figura 10: campione di malta prelevato dal punto di indagine ID 02

PROVA DI PUNZONAMENTO SU CORSI DI MALTA						
progressivo prova	ID campione	spessore malta	diametro punzone	Carico di Rottura	Resistenza	Resistenza (Media)
		[mm]	[mm]	[N]	[Mpa]	[Mpa]
1	940/2	9	10	270,0	3,44	2,9
2	940/2	10	10	230,0	2,93	
3	940/2	11	10	235,0	2,99	
4	940/2	10	10	230,0	2,93	
5	940/2	10	10	220,0	2,80	
6	940/2	11	10	210,0	2,68	
7	940/2	11	10	225,0	2,87	
8	940/2	9	10	230,0	2,93	
9	940/2	9	10	215,0	2,74	
10	940/2	10	10	180,0	2,29	

La resistenza media a compressione della malta prelevata è risultata pari a 2.9 MPa, ricavata da prove di punzonamento.

4. Elenco allegati

Allegato 1	Schede tecniche strumentazione
Allegato 2	Elaborati grafici
Allegato 3	Rapporti di prova

ALLEGATO 1

Schede tecniche strumentazione

Penetrometro RSM



Campo di Applicazione:

- Misura della omogeneità dello strato del giunto di malta dallo strato esterno a quello interno al fine di verificare fenomeni di degrado, carbonatazione, applicazioni ed interventi successivi
- Misura della omogeneità di differenti porzioni di malta disposte in punti differenti della stessa struttura o in strutture limitrofe
- Stima della resistenza meccanica della malta*

* In relazione al punto 3 la DRC Srl consiglia di eseguire le misure in sito e contestualmente procedere al prelievo di un campione della malta da sottoporre a prove distruttive al fine di eseguire la corretta calibrazione del metodo.

Descrizione: grazie all'esperienza trentennale maturata da DRC nella produzione di strumenti per CNC e alla collaborazione con importanti Laboratori Prove, nasce il penetrometro meccanico per le malte RSM. Lo strumento è stato testato, messo a punto e realizzato a seguito del sisma verificatosi in Emilia nel 2012. Il penetrometro RSM rientra tra le strumentazioni di prove Non Distruttive. Lo strumento consente di misurare la risposta della malta alla penetrazione di un ago e correlarla alle prestazioni meccaniche del materiale. Il penetrometro per malta serie RSM fornisce indicazioni sulla qualità ed omogeneità della malta sia lungo il proprio spessore sia rapportata a differenti punti della struttura sottoposta ad indagine.

Il penetrometro per malta RSM è realizzato totalmente in Italia, impiegando materiali accuratamente selezionati e a basso impatto ambientale.

Principio di Funzionamento: La prova non distruttiva eseguita attraverso utilizzo del penetrometro RSM ha lo scopo di fornire informazioni sulla resistenza che il giunto di malta offre alla penetrazione di un ago di acciaio infisso mediante colpi generati da una massa in movimento con energia costante.

Il risultato che il penetrometro RSM fornisce è quindi la profondità di penetrazione, espressa in millimetri su un numero di colpi definiti secondo il tipo di procedura utilizzata (per tutte le informazioni consultare la sezione WEBHELP dello strumento)

Attraverso l'utilizzo di curve di correlazione è possibile ottenere una stima indicativa della resistenza meccanica della malta in rapporto alla profondità di penetrazione. Le curve di correlazione fornite a corredo dello strumento sono state ricavate attraverso sperimentazioni eseguite in sito. Le caratteristiche meccaniche dei materiali [malte] testate non sono comunque rappresentative di tutte le malte presenti in sito.

Specifiche Tecniche Penetrometro RSM

Prestazioni

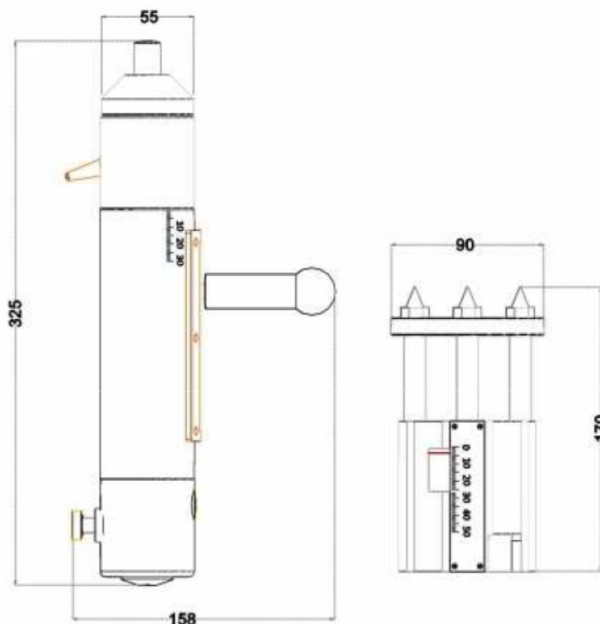
Energia Impatto :	4,55 Nm
Massa Impatto :	835 g
Corsa:	82 mm

Meccaniche

Corpo Esterno :	Alluminio Lega 6060 - 115
Trattamento :	Satinatura Chimica OX Nero
Massa interna :	Acciaio al carbonio
Trattamento :	NIT-OX
Organi di scorrimento :	Acciaio
Ago Puntale :	Acciaio Carbocementato

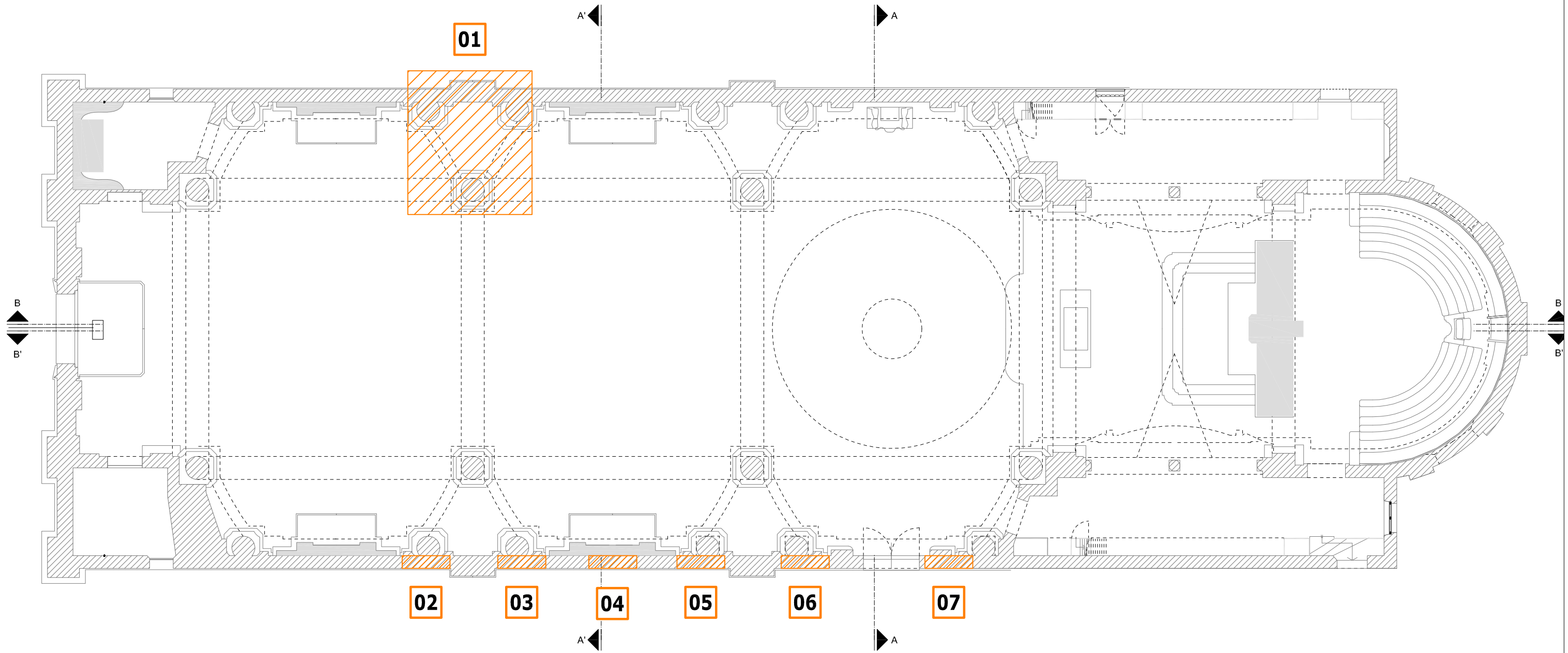
Fisiche

Dimensioni :	300 x 70 x 70 mm
Peso :	1,3 Kg
Imballo :	400 x 300 x 150



ALLEGATO 2

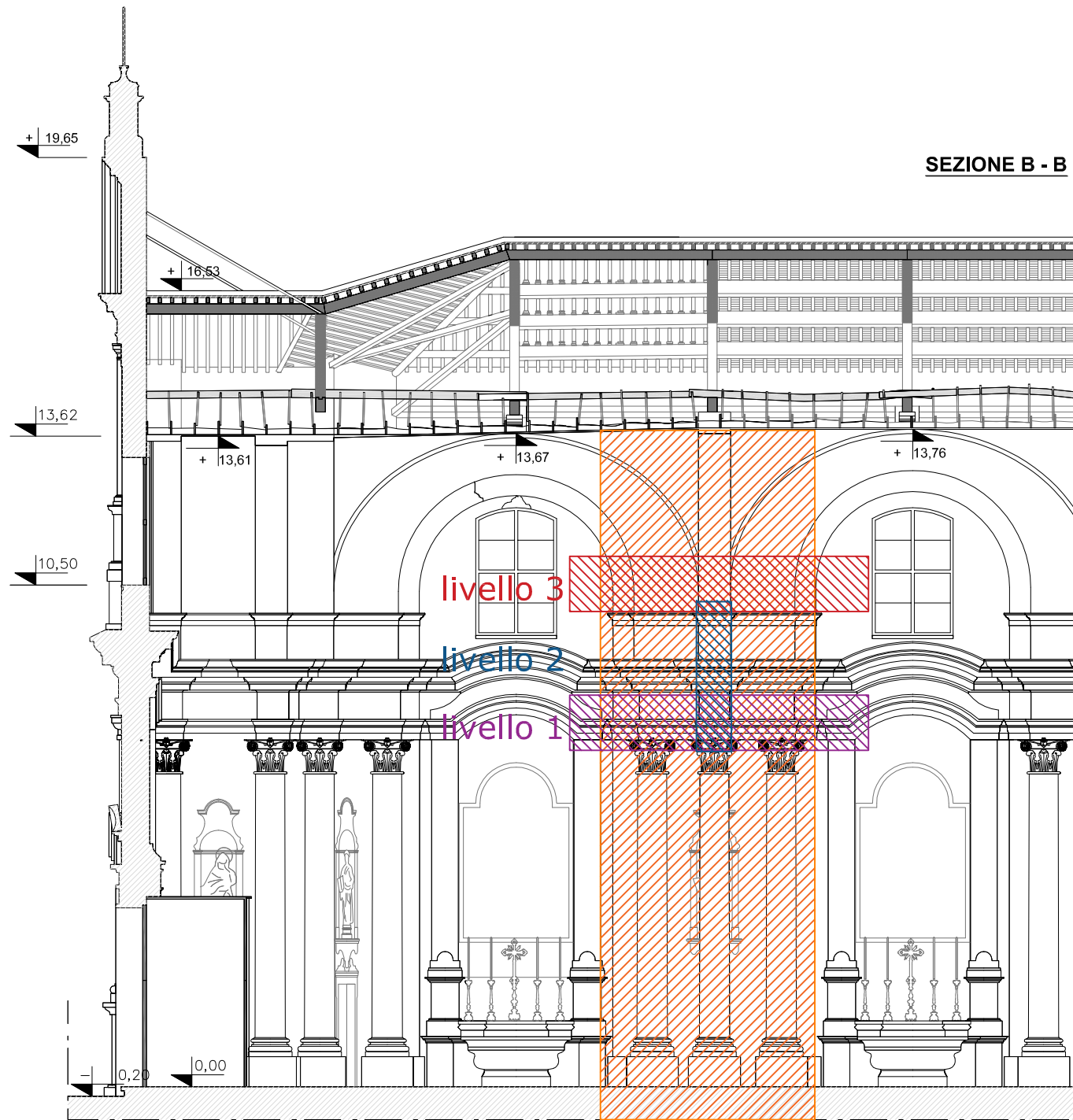
Elaborati grafici



PIANTA

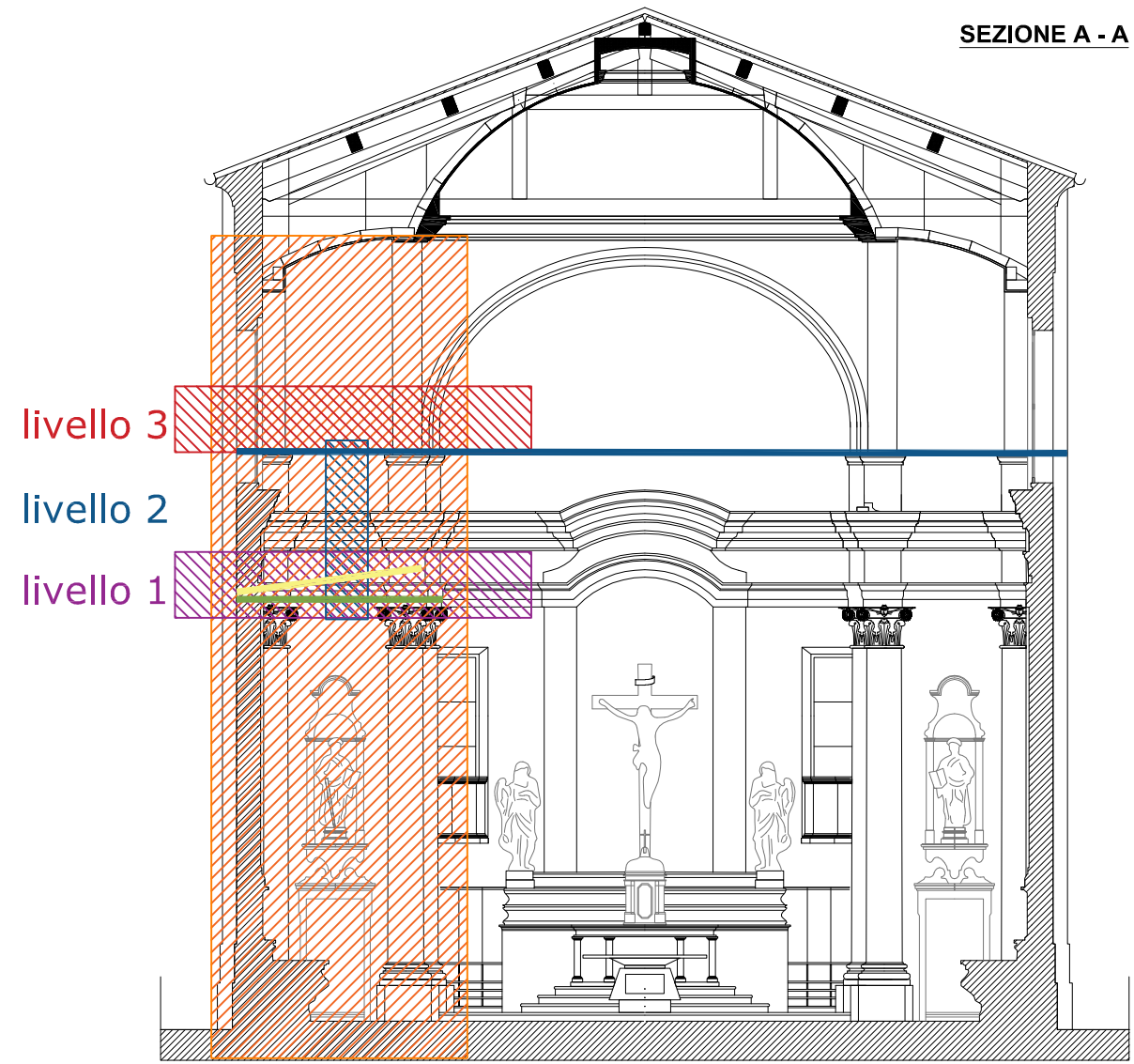


SEZIONE B - B



01

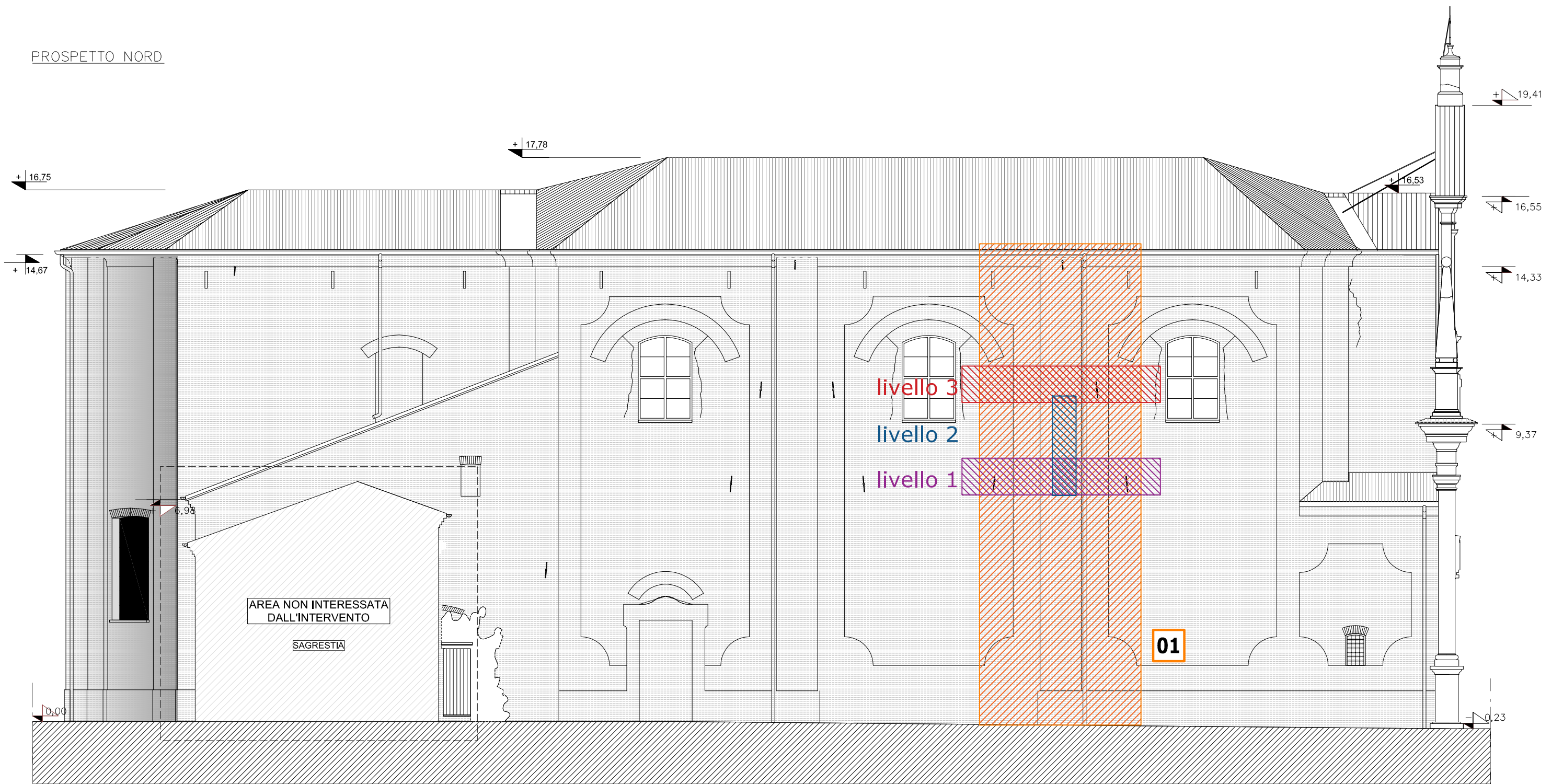
SEZIONE A - A

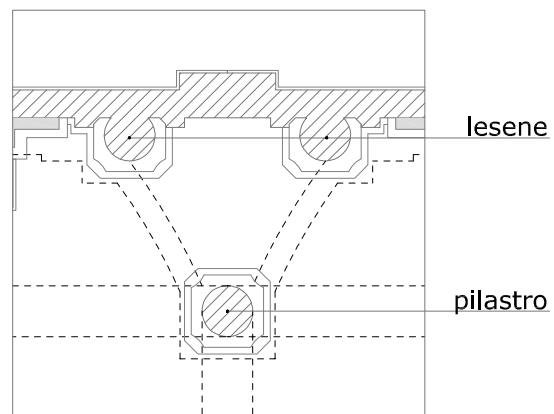


01



PROSPETTO NORD





ID 1

Dal pavimento fino alla quota LIVELLO 1 (730 cm) troviamo un pilastro di sezione circolare (Ø300mm) e due lesene.

Al di sopra di tale quota tutti e tre gli elementi assumono sezione quadrata

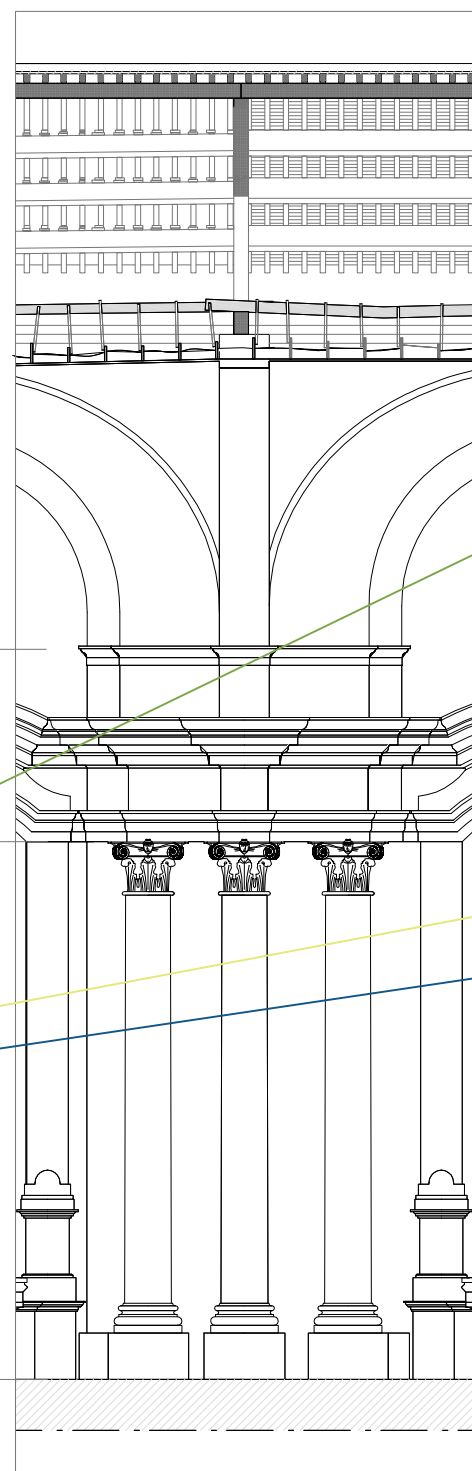
LIVELLO 3 (990 cm)

LIVELLO 2

LIVELLO 1 (730 cm)

260

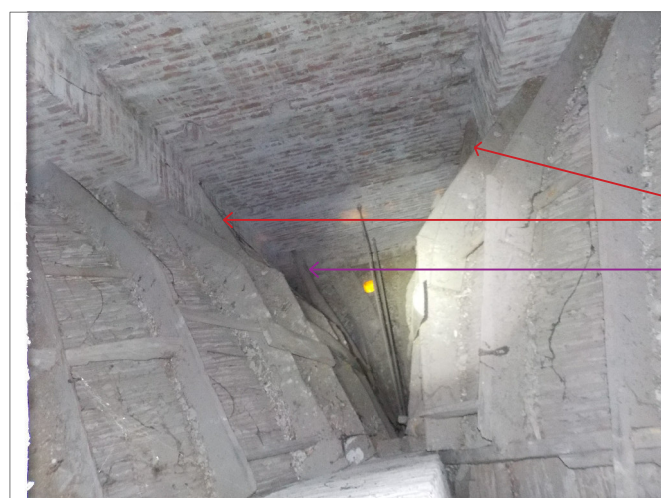
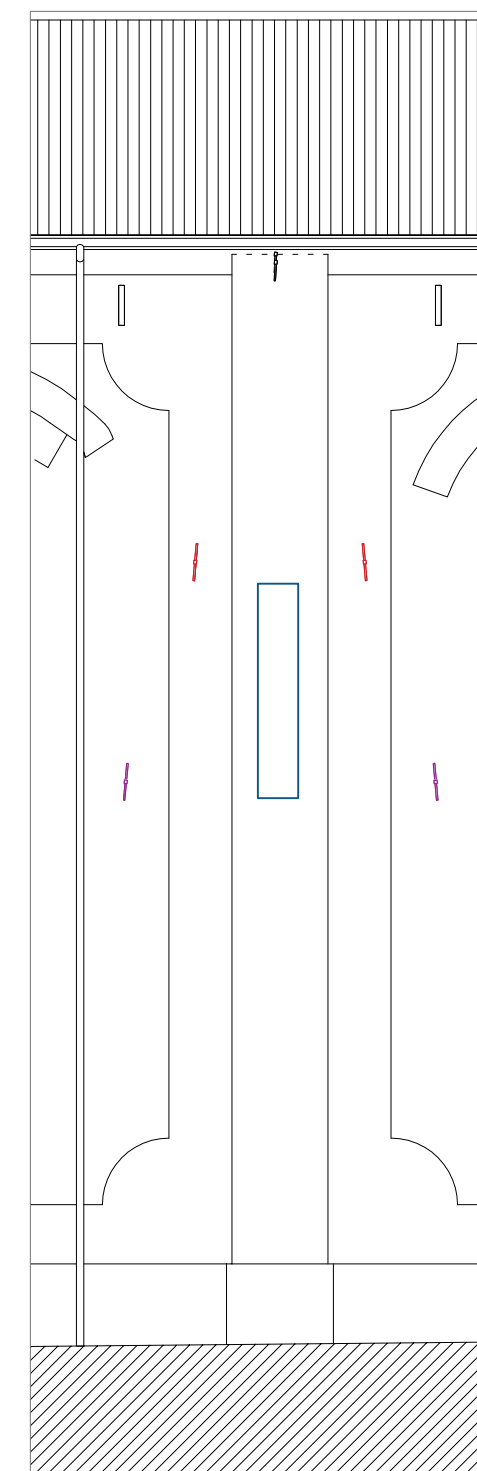
730



ID 1

I tre elementi ad assverticale (pilastri e lesene) non risultano essere connesse tra loro da un sistema rigido e regolare. In corrispondenza del primo livello è possibile individuare una catena metallica (piatto - linea verde nella sezione A-A) che collega il pilastro alla muratura perimetrale e due puntoni in legno che vanno a confluire in corrispondenza dei due capochiave inferiori (viola). In corrispondenza del livello 3 sono presenti altri due puntoni lignei che vanno a confluire in corrispondenza dei due capochiave che si vedono sul prospetto e indicati con il colore rosso.

Osservando il prospetto è stata individuata una rimaneggiatura della tessitura muraria tra il livello 1 e il livello 3 (indicata con livello 2): indagando dal sottotetto, in corrispondenza di tale zona, è stato individuato un altro sistema di catene metalliche di cui una si innesta in corrispondenza di quella del livello 1, ma si sviluppa in diagonale e l'altra invece ha sviluppo orizzontale ed è visibile dall'interno della Chiesa (vedi sez. A-A).



puntoni in legno - livello 3
puntoni in legno - livello 1



ALLEGATO 3

Rapporti di prova

INDAGINE ID 2 - SCHEDA MONOGRAFICA MURATURA

PARTE D'OPERA: MURO PERIMETRALE

DATA PROVE: 25/01/17



Tipologia di muratura

Muratura in mattoni pieni e malta di calce

Ricorsi e/o listature

ASSENTI		√	PRESENTI
---------	--	---	----------

Paramenti semplicemente accostati o mal collegati

PRESENTI		√	ASSENTI
----------	--	---	---------

Collegamenti trasversali

ASSENTI		√	PRESENTI
---------	--	---	----------

Dimensione muratura [cm]

spessore	--	intonaco	0	lato esterno
----------	----	----------	---	--------------

Dimensione dei blocchi [cm]

MIN	28	x	12	x	5,5
MAX	29	x	13	x	6

Tessitura a regola d'arte

M

Caratteristiche della malta

M

Regolarità dei giunti di malta

B

S = SCARSA	M = MEDIA	B = BUONA
-------------------	------------------	------------------

Dimensione dei giunti di malta [mm]

ORIZZONTALI	15	MIN	15	MAX
VERTICALI	15	MIN	20	MAX

Note:

Muratura in mattoni pieni e malta di calce; superficialmente è presente ristilatura dei giunti, mentre in profondità è presente malta di calce di colore grigio chiaro abbastanza lavorabile alla punta. Fino all'altezza di 150 cm da terra sono presenti zone di dilavamento di malta.
 Tessitura abbastanza regolare, presenza di diatoni ogni 2-3 mattoni

PROVE PENETROMETRICHE SU GIUNTI DI MALTA

ID	angolo	tecnico	giunto	spessore	N°	punta	preforo	residuo	infissione
	[deg]		tipo	[mm]	COLPI	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
2	--	LVS	orizzontale	10	10	220	60	140	20