



# COMUNE DI PADOVA

Settore Lavori Pubblici

ELENCO ANNUALE ANNO 2021

## PROGETTO ESECUTIVO RESTAURO DELLA TORRE DEGLI ANZIANI

IMPORTO COMPLESSIVO: Euro 1.500.000,00

N.Progetto 2021/046

Nome File  
APPR\_35

MAGGIO 2022

CUP H95F21001460005

EDP\_2021/046

RELAZIONE ILLUSTRATIVA INTERVENTI STRUTTURALI

### Progettisti

PROGETTO  
ARCHITETTONICO  
Arch. Gianni Tommasi

PROGETTO OPERE  
STRUTTURALI  
Ing. Carlo Bettio

### RUP

Arch. Domenico Lo Bosco

### Capo Settore

Ing. Emanuele Nichele





## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>IPOTESI DI INTERVENTO .....</b>	<b>4</b>
2.1	Copertura .....	4
2.1.1	<i>Stato di fatto</i> .....	4
2.1.2	<i>Interventi</i> .....	8
2.2	MERLATURE SOMMITALI .....	12
2.2.1	<i>Stato di Fatto</i> .....	12
2.2.2	<i>Interventi</i> .....	14
2.3	Nuovo Impalcato sopra la cella .....	18
2.4	Cella campanaria .....	24
2.5	CASTELLO CAMPANE.....	28
2.5.1	<i>Stato di Fatto</i> .....	28
2.5.2	<i>Interventi</i> .....	29
2.6	Volta Sotto La Cella Campanaria .....	32
2.6.1	<i>Stato di Fatto</i> .....	32
2.6.2	<i>Interventi</i> .....	36
2.7	Nuovo impalcato livello 13-14 .....	39
2.8	Volta a quota circa + 30 m .....	42
2.9	RIPARAZIONE DELLE CATENE LESIONATE.....	47
2.9.1	<i>Catene con composizione mista acciaio-legno</i> .....	47
2.9.2	<i>Catena in acciaio spezzata</i> .....	49
2.10	RIMOZIONE CATENE DEL 1938-40 .....	50
2.11	Sistema di Scale Interne .....	53





2.11.1	Stato di fatto.....	53
2.11.2	Stato di Progetto.....	54
2.12	VANI VOLTATI INFERIORI.....	61
2.12.1	Accessibilità.....	61
2.12.2	Interventi Sulle Volte.....	62
2.12.3	Ripristino dell'apertura al piano terra.....	64
2.13	PORZIONE DEL PALAZZO DEGLI ANZIANI INTERESSATA DAL PERCORSO DI ACCESSO (STATO DI FATTO).....	68
2.13.1	Copertura.....	68
2.13.2	Scala esistente di accesso alla Torre.....	70
2.13.3	Locali posti in aderenza alla Torre.....	72
2.13.4	Porticato del Palazzo degli Anziani.....	73
2.1	PORZIONE DEL PALAZZO DEGLI ANZIANI INTERESSATA DAL PERCORSO DI ACCESSO (STATO DI PROGETTO).....	77
2.1.1	Copertura e nuovo impalcato al di sopra del vano scale.....	77
2.1.2	Nuovo impalcato Palazzo Anziani.....	78
2.1.3	Nuova scala.....	80
2.1.4	Porticato del Palazzo degli Anziani.....	82
2.2	CORPO DI FABBRICA POSTO SUL PROSPETTO SUD.....	84
<b>3</b>	<b>BASE DEL FUSTO MURARIO.....</b>	<b>90</b>
<b>4</b>	<b>MONITORAGGIO.....</b>	<b>94</b>
<b>ALLEGATO A: SINTESI DELLA STORIA DEL MANUFATTO CON I PRINCIPALI EVENTI RIGUARDANTI LA STATICA.....</b>		<b>95</b>







## 1 PREMESSA

Nella presente relazione viene riportata la progettazione a livello esecutivo relativa alle opere strutturali connesse all'intervento di recupero della torre con realizzazione un sistema di scale che consenta l'accesso di gruppi limitati di visitatori.

Nella sommità della torre, al di sopra del livello della cella campanaria, è prevista la realizzazione di un nuovo impalcato leggero con struttura in acciaio e orizzontamenti composti da pannelli (che in base alle scelte architettoniche potranno essere composti sia da lastre di vetro che da pannelli opachi realizzati in legno multistrato eventualmente rivestiti con lamiera metallica bugnata). In questo modo è possibile evitare la rimozione del castello campanario che con il suo notevole ingombro rende di fatto non fruibile il livello della cella campanaria.

Si tratta di interventi che non modificano in modo significativo l'attuale distribuzione delle rigidità e delle masse.

E' stata eseguita una campagna di indagini strutturali da parte di Expin srl a cui si rimanda per i dettagli:

[A] Expin srl "Torre Anziani – Relazione Tecnica: Indagini diagnostiche" – revisione 02 del 06/12/2021- Cod.Elaborato RT-ID / Cod. Commessa 210611\_CPD

Quanto riportato a seguire potrà essere soggetto a modifiche ed adattamenti in base alle verifiche in corso d'opera quando la realizzazione dei ponteggi esterni e le fasi di pulizia e gli smontaggi permetteranno una conoscenza più approfondita del manufatto.

Le strutture dovranno essere adeguatamente protette (es. con vernici intumescenti) in relazione alle richieste di resistenza al fuoco.

Si ricorda che il progetto dal punto di vista statico prevede interventi di riparazione ed interventi locali che riguardano singole parti della struttura senza cambiare significativamente il comportamento globale della costruzione.

Le verifiche ed analisi di tipo globale relative alla stabilità della torre (sia per azioni statiche che sismiche) non sono comprese nell'incarico affidato allo scrivente.

Per tali aspetti l'amministrazione comunale fa attualmente riferimento ai seguenti elaborati che potranno essere integrati in base alle prescrizioni delle normative vigenti:

[1] Prof. ing. Lamberto Briseghella – "LA TORRE DEGLI ANZIANI"; "Elaborato A: Relazione generale" ed "Elaborato B: Relazione di calcolo" del - 20 ottobre 2005.

[2] Leidy Elvira Bejarano Urrego "Methodology for Seismic Assessment applied to the Case Study of Tower Anziani in Padua (Italy)" – University of Padua - Advanced masters in structural analysis of monuments and historical constructions, 23 luglio 2014 - Supervisor(s): Phd. Francesca da Porto, Phd. Giulia Bettiol.





## 2 IPOTESI DI INTERVENTO

### 2.1 Copertura

#### 2.1.1 Stato di fatto

E' presente una copertura a struttura lignea con tavelloni in laterizio. L'orditura lignea principale è composta da quattro travi diagonali inclinate che convergono su un monaco e la cui spinta è assorbita da un sistema di catene metalliche. Il manto di copertura è posato su un livello di tavelloni in laterizio poggianti su morali lignei a sezione approssimativamente quadrata.

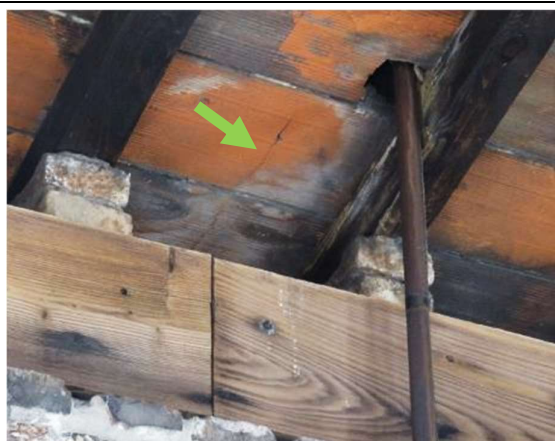
E' presente un cordolo perimetrale coperto da tavole lignee la cui consistenza è stata valutata nel corso della recente campagna di indagini prevista su indicazione dello scrivente in accordo con l'amministrazione comunale.



*Particolare della copertura lignea*

All'esame visivo la struttura lignea della copertura non presenta evidenti segni di dissesti e/o cedimenti. I tavelloni presentano invece in molti punti segni di degrado.

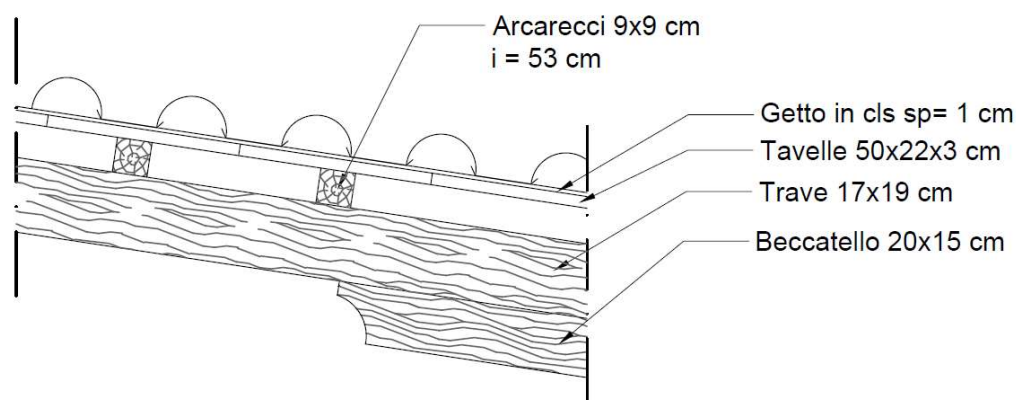




Particolari di degrado dei tavelloni forati in laterizio (si tratta di elementi "moderni" di tipo estruso)

RG.01

Rilievo geometrico zona 1



Estratto della relazione [A] (Expin srl - revisione 02 del 06/12/2021)

Lo smontaggio di una porzione di tavola della fascia alla base della copertura ha mostrato la presenza di un cordolo in calcestruzzo armato rivestito da tavole lignee.

A seguire vengono riportati degli estratti delle indagini, per maggiori indicazioni si rimanda al rapporto di prova [A] del laboratorio Expin srl.

Le indagini con resistograph condotte a campione sulle teste dei diagonali lignei hanno inoltre mostrato un discreto stato di conservazione delle travi principali.





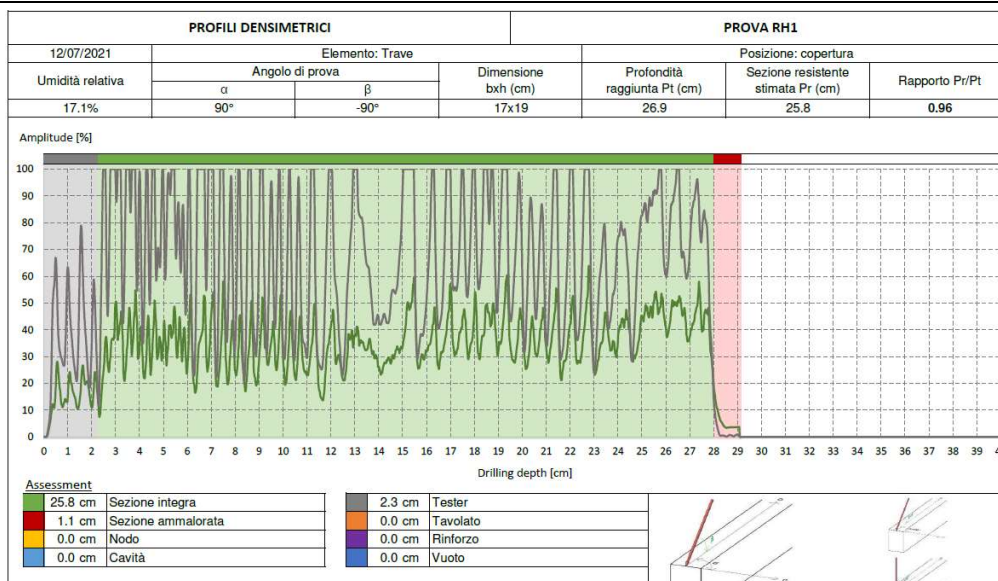
**PROVE PENETROMETRICHE NEL LEGNO**

UNI 11119:2004

test n.	Data prova	Ora prova	Tipo elemento <sup>1</sup>	b x h <sup>2</sup> [cm]	UL <sup>3</sup> [%]	Pt <sup>4</sup> [cm]	Pr <sup>5</sup> [cm]	Pr/Pt
RH.01	05/07/21	8:30	T	17x19	17.10%	19	19	1.00
RH.02	05/07/21	9:00	B+T	20x15 - 17x19	19.4% - 17.10%	34	31.5	0.93
RH.03	05/07/21	9:15	B+T	19x14.5 - 18x19	19.5% - 17.2%	34.6	31.9	0.92
RH.04	05/07/21	9:30	B+T	20x14.5 - 17.5x20	20.5% - 18.3%	34.6	31.6	0.91
RH.05	05/07/21	9:45	B+T	19x14.5 - 17x20	18.1% - 17.3%	34.5	34.5	1.00

Estratto della relazione [A] (Expin srl revisione 02 del 06/12/2021)

Nota: Il rapporto Pr/Pt tra Profilo Resistente e Profilo totale di penetrazione risulta superiore al 90% per tutte le prove eseguite a campione



Estratto della relazione [A] (Expin srl) – Si nota che la zona ammalorata ha uno spessore dell'ordine del centimetro. In queste condizioni non risulta necessaria la realizzazione di protesi

In corso d'opera, dopo lo smontaggio del manto di copertura saranno possibili controlli più approfonditi che permetteranno di valutare la necessità di eventuali interventi (es. realizzazione di protesi lignee con la sostituzione delle parti ammalorate ecc..).

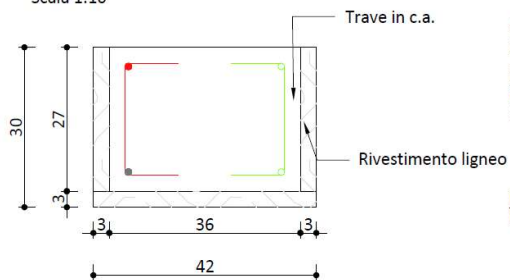






Particolare del cordolo in c.a. evidenziato dalle indagini

SS.02  
Scasso su cordolo sopra cella campanaria, sezione  
Scala 1:10



ARMATURA LONGITUDINALE  
Ø10 l., copriferro 25 mm  
STAFFE  
Ø10 l., passo 45 cm  
copriferro medio 15 mm

NOTA:  
Ferri con patina di corrosione

LEGENDA	
	Armatura rilevata con calibro
	Armatura individuata con pacometro
	Barra di difficile localizzazione
	Armatura ipotizzata
l. = barra liscia	a.m. = barra ad aderenza migliorata
- = valore non fornito dallo strumento	Ø##/## = diametro/copriferro

Estratto della relazione [A] (Expin srl)



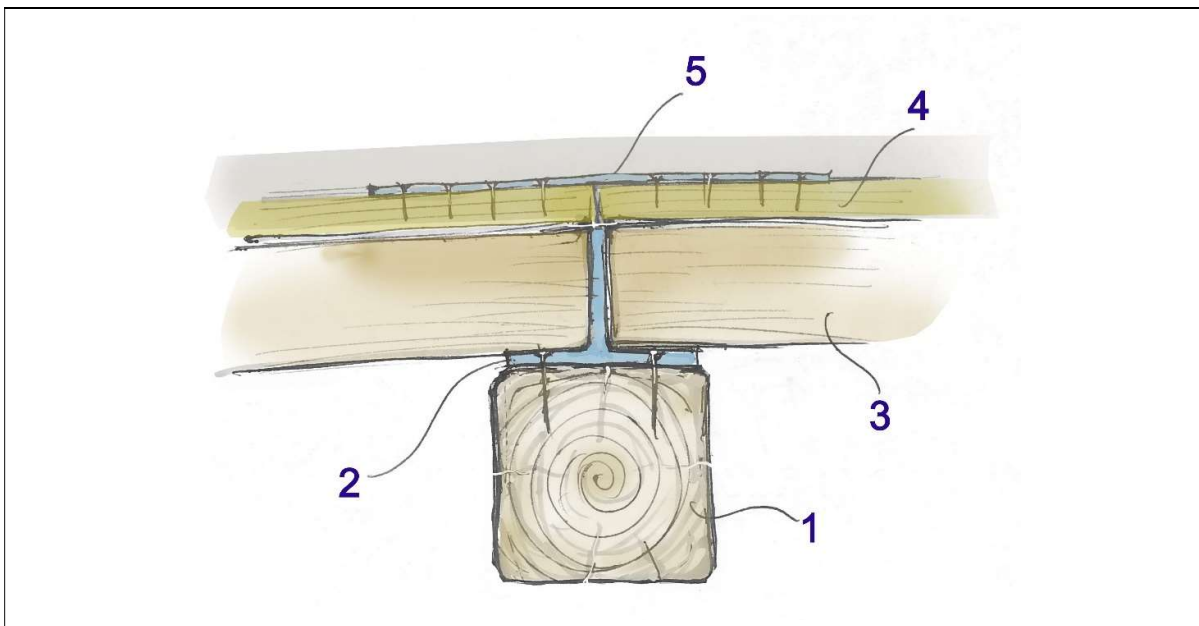


## 2.1.2 Interventi

	
<b>INTERVENTO</b>	
<p><i>Sostituzione dei tavelloni con tavolato ligneo ed inserimento di controventi realizzati con nastro forato in acciaio;</i></p> <p><i>Verifica dello stato di degrado delle travi esistenti ed inserimento di rinforzo con profilo a T in acciaio sopra le travi diagonali (come da schemi a seguire);</i></p> <p><i>Prevedere integrazione della cerchiatura esistente con fasciatura in fibra di acciaio;</i></p> <p><i>Inserimento di ancoraggi per evitare il sollevamento della copertura in caso di eventi meteorologici particolarmente avversi;</i></p>	
<p><i>Note su interventi non strutturali:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <i>Vista l'altezza e l'esposizione della torre dovrà ovviamente essere posta particolare cura nel fissaggio dei coppi prevedendo ad esempio sistemi di ganci ed il fissaggio con viti;</i></li><li>- <i>L'amministrazione comunale suggerisce di prevedere la messa in opera di una gronda ampia e ben collegata alla struttura in modo da fermare eventuali coppi e/o frammenti di coppo che dovessero accidentalmente scivolare o staccarsi. La gronda avrebbe quindi una funzione simile a quella della struttura di protezione provvisoria attualmente presente di cui si prevede lo smontaggio.</i></li></ul>	

La sostituzione dei tavelloni con tavolato permette di controventare le strutture di copertura senza incrementare i pesi. In questo modo è possibile recuperare le strutture esistenti (fatto salvo la sostituzione di eventuali elementi degradati in modo diffuso) ed evitare il completo rifacimento delle strutture lignee.

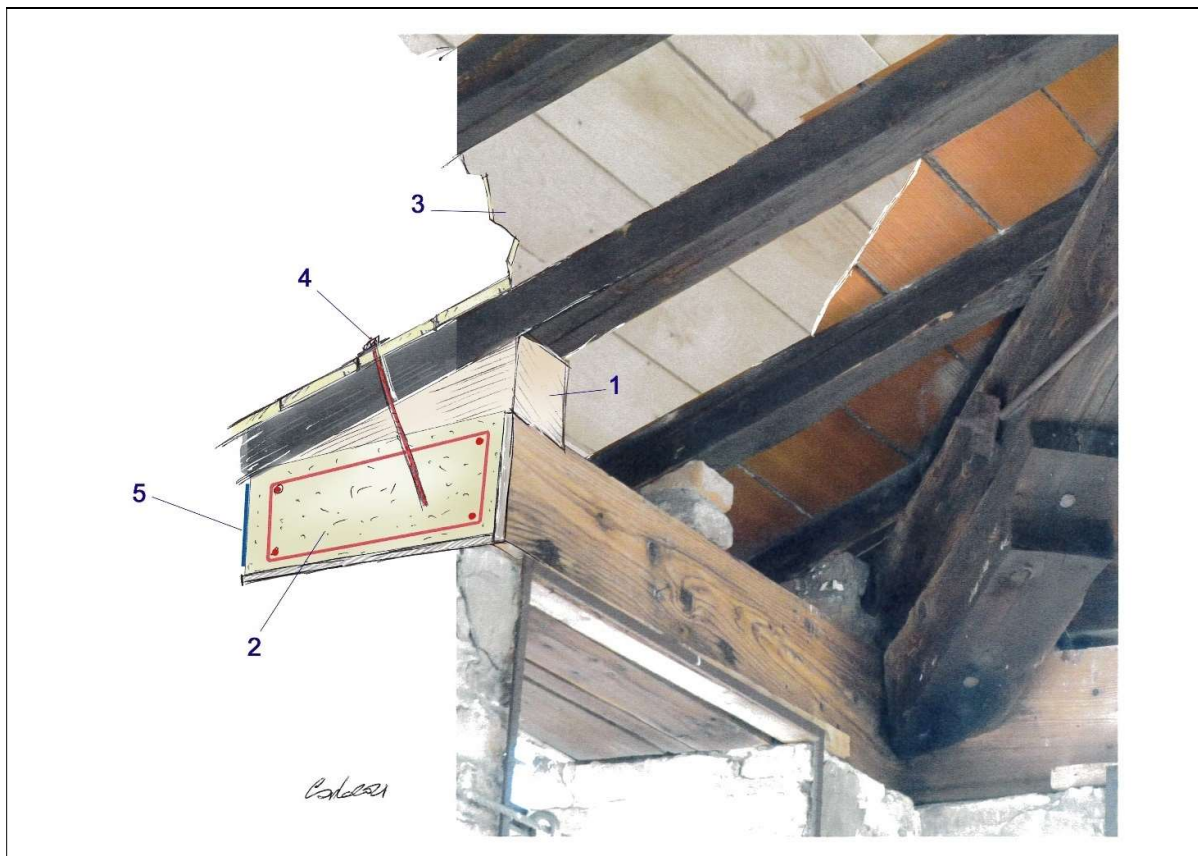




*Legenda: 1> travi diagonali esistenti; 2> rinforzo in acciaio collegato alle travi con viti e con piastrine/squadrette per fissare gli arcarecci; 3> revisione arcarecci con sostituzione degli elementi degradati; 4> tavolato spessore 30 mm; 5> collegamenti con nastri forati*

Nello schema a seguire si riporta l'intervento di rinforzo tipo sul cordolo di appoggio della copertura.





*Intervento sul cordolo di copertura – particolare tipo*

*Legenda: 1> inserimento di cunei in legno al posto dei mattoni; 2> cordolo in c.a. esistente; 3> inserimento di tavolato ligneo in sostituzione dei tavelloni; 4> ancoraggio con barre inox filettate inghisate nel cordolo; 5> smontaggio della tavola esterna ed inserimento di fasciatura con tessuto in fibre di acciaio unidirezionale ad alta resistenza (es. tipo GeoSteel G600 di Kerakoll o equivalente – doppio strato di altezza 20 cm). La tavola verrà successivamente riposizionata*

*Prima della posa del rinforzo in fibra verrà eseguito il risanamento delle strutture in c.a. con: rimozione del cls degradato (operando con microscalpelli); la pulizia e trattamento passivante dei ferri esposti ed il ripristino del cls con idonea malta.*

#### INDICAZIONI D'USO

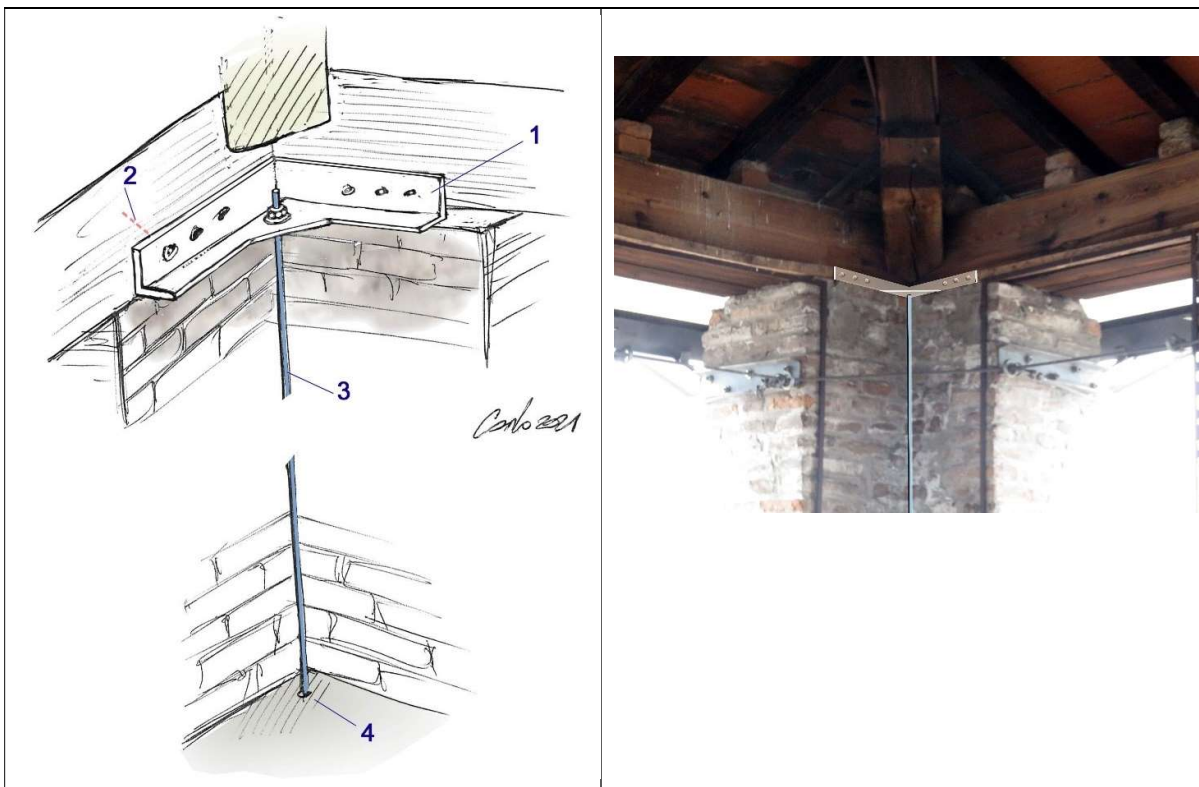
Di seguito si riporta una tabella dove vengono elencate le resistenze di trazione di un connettore, in funzione del tipo di tessuto GeoSteel Hardwire™ e delle relative larghezze di fascia adottate:

Tessuto	Larghezza della fascia (cm)	Numero Di Trefoli*	Carico di Rottura a Trazione
GeoSteel G600	10	16	> 24 kN
GeoSteel G600	15	23	> 35 kN

\*n° trefoli per cm = 1,57;  
carico di rottura a trazione di un trefolo > 1500 N.







*Ipotesi di ancoraggio della copertura, particolari tipo.*

*Legenda: 1> staffa angolare in acciaio; 2> ancoraggio al cordolo in c.a. esistente (fori inclinati verso l'alto); 3> fune in acciaio inox con capocorda filettato; 4> inghisaggio nella muratura*



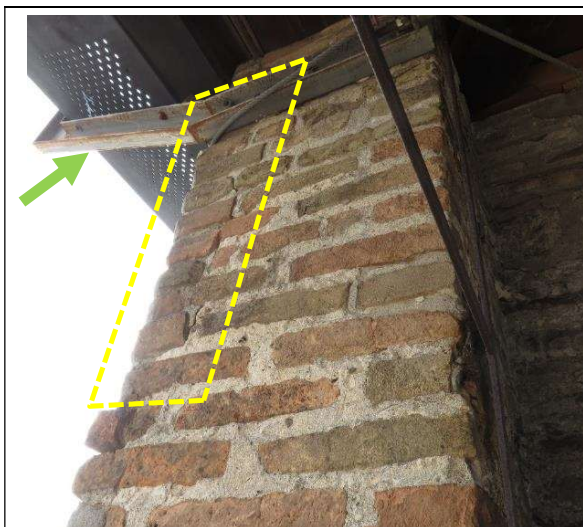


## 2.2 MERLATURE SOMMITALI

### 2.2.1 Stato di Fatto

All'esame visivo (effettuato dall'interno) sulle merlature si notano alcune discontinuità.

Si notano inoltre, alla base dei merli, alcune lesioni di antica formazione in parte già risarcite nel passato con malta cementizia.



*Particolare merlature a sostegno della copertura con evidenziato uno spigolo non adeguatamente ammorsato*



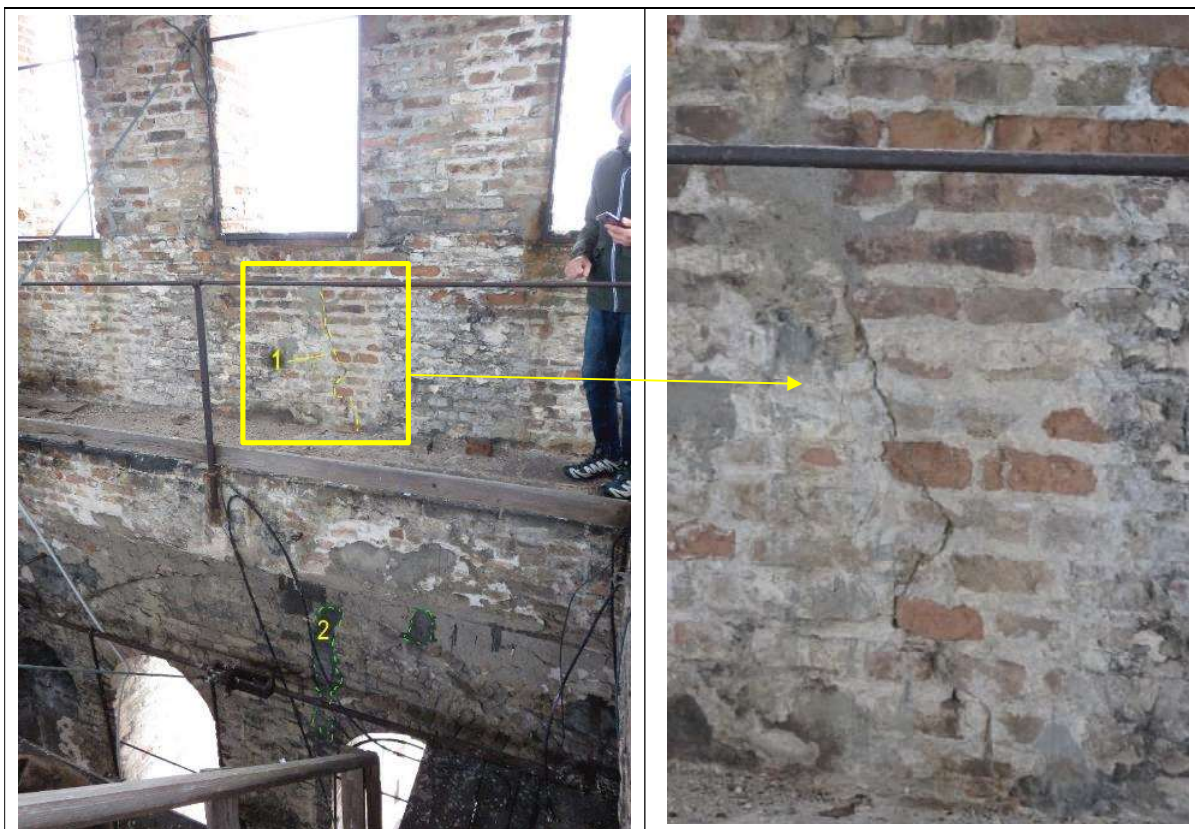
*Vista di una delle merlature. Si nota che la muratura non risulta omogenea e sembra composta da parti realizzate con materiali diversi*

*Note su interventi non strutturali:*



*Protezione provvisoria posta in opera nel passato per bloccare la caduta di coppi. Potrebbe essere rimossa curando in modo adeguato il fissaggio del manto di copertura e prevedendo sistemi di protezione meno invasivi (es. canale di gronda in rame sufficientemente ampio)*





*Particolare lesione <1> in corrispondenza della cella campanaria. Al di sotto dell'arco di scarico in muratura sono presenti sarciture in malta cementizia <2>.*





	<i>Estratto da VE.01</i>	
	<i>Estratto da VE.07</i>	
<i>Estratti dal rapporto di prova [A] redatto da Expin srl - revisione 02 del 06/12/2021</i>		
<i>La video-endoscopia evidenzia una muratura di mattoni pieni. Nelle endoscopie VE.01 e VE.07 si nota la presenza di qualche vuoto. La muratura nel complesso appare compatta</i>		

## 2.2.2 Interventi

Si prevede di migliorare le condizioni di stabilità delle merlature prevedendo fasciature con barrette inox di piccolo diametro inserite a scomparsa nei giunti di malta (vedi schema a seguire).

Se gli esiti delle indagini dovessero essere confermati, visto che si tratta di elementi soggetti a carichi verticali limitati, non è invece necessario ricorrere all'effettuazione di iniezioni che verranno eseguite solo in presenza di vuoti.

Per le lesioni si prevedono invece interventi di riparazione effettuati basandosi sulle tecniche tradizionali (scuci-cuci ed iniezioni) cercando però ridurre l'impatto degli smontaggi e successive ricostruzioni limitando il ricorso allo scuci-cuci e prevedendo per quanto possibile la sostituzione di singoli mattoni per la creazione di morse e l'inserimento a scomparsa entro i giunti di malta di legature costituite da barre inox a.m. di piccolo diametro.

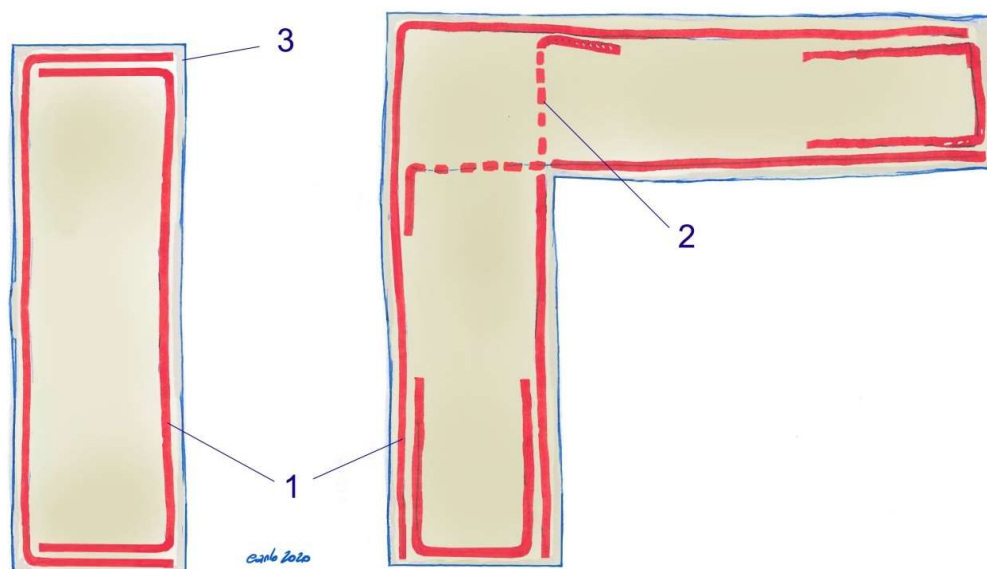
Si prevede inoltre l'inserimento di quattro nuove catene ad integrazione delle quattro catene a sezione circolare poste nel passato allo scopo di assorbire la spinta degli archi di scarico in muratura presenti sopra le trifore della cella campanaria.





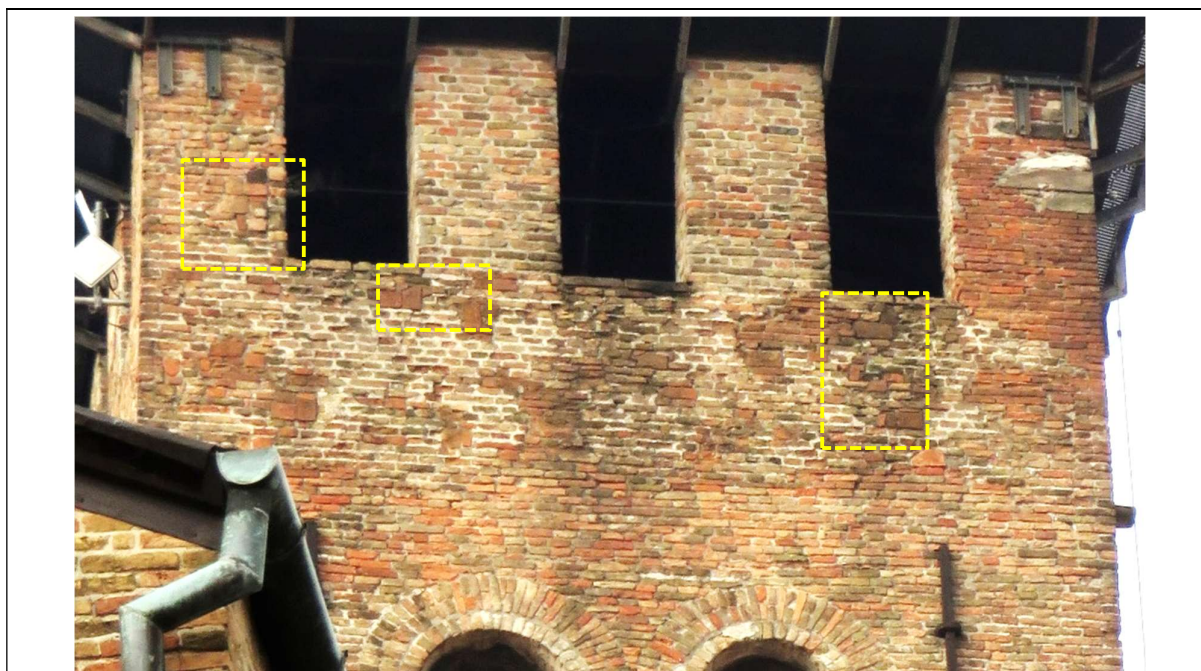
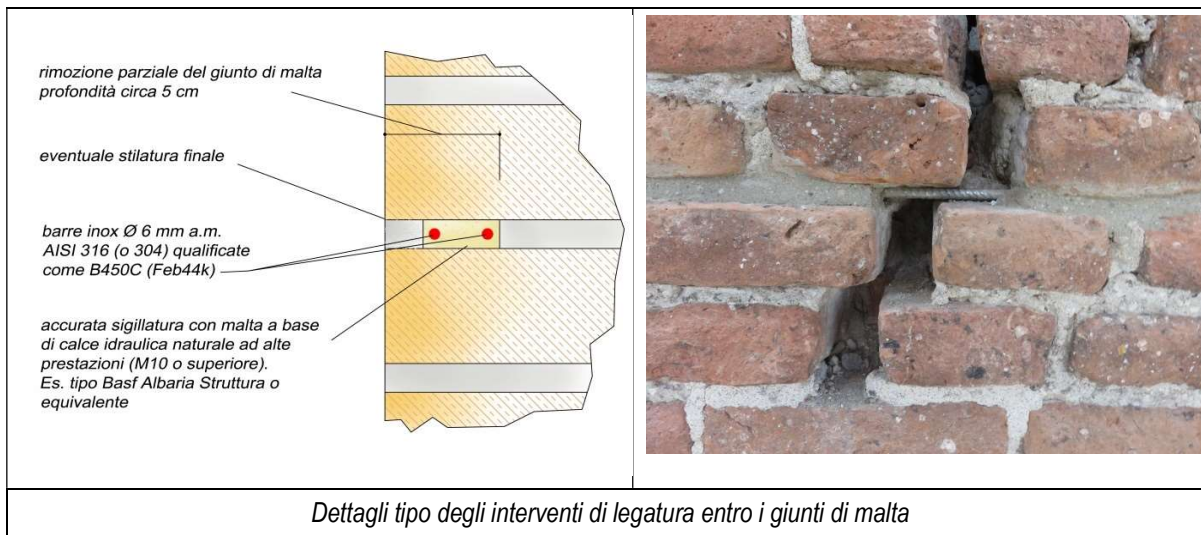


*Fasciatura dei merli in copertura con barre inox inserite a scomparsa nei giunti di malta*



*Legenda: 1> inserimento di barre inox a.m. diametro 6 mm entro scarnitura praticata nel giunto di malta; 2> inserimento entro perforazione; 3> alternare giunti su lati lunghi e lati corti*





Particolare prospetto esterno  
(immagine scattata dal basso con teleobiettivo)

Si nota la presenza di numerose discontinuità nella muratura con mattoni posti di piatto (in "foglio") e piccoli elementi in cotto di dimensioni irregolari. Vista la notevole altezza che rende molto complesse ed onerose verifiche con piattaforme elevatrici tale aspetto potrà essere verificato in corso d'opera dopo il montaggio dei ponteggi.

I consolidamenti potranno essere attuati con tecniche tradizionali (es. scuci-cuci; iniezioni; ristilature ecc...) integrati con legature eseguite con barre inox di piccolo diametro



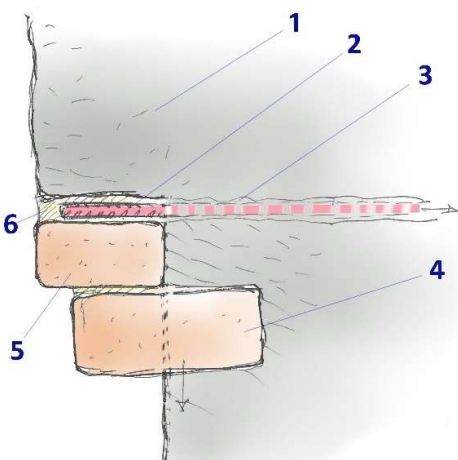




*Possibile disposizione delle barrette inox entro i giunti di malta per collegare porzioni di muratura non adeguatamente ammorstate*



*Particolare lacuna alla base degli archetti interni che può essere consolidata con scuci-cuci (rimuovendo le tavolette in legno) e con legature con perni inox (es. come da schema a seguire)*



*Possibile intervento per stabilizzare parti a sbalzo*

*Legenda:*

- 1> Parte a sbalzo da stabilizzare;
- 2> Inserimento di perno inox diametro 10-12 mm;
- 3> Inghisaggio entro foro;
- 4> Morsa;
- 5> Ricostruzione in mattoni pieni ;
- 6> Stilatura finale con malta;





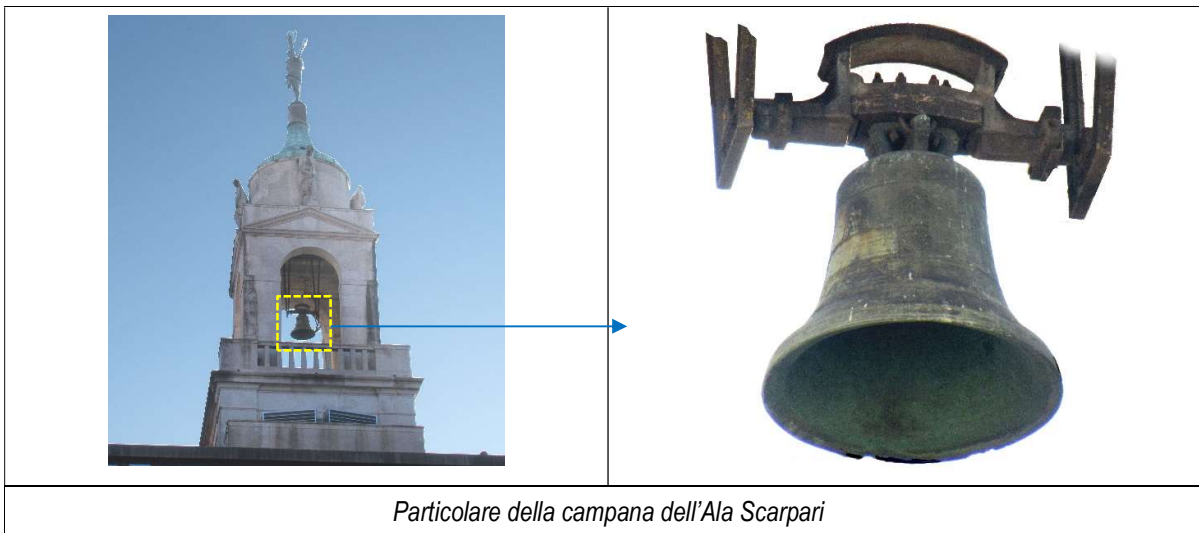
### 2.3 Nuovo Impalcato sopra la cella

Per evitare lo smontaggio del castello campanare che attualmente occupa quasi totalmente lo spazio della cella campanaria, si prevede la creazione, al livello superiore, di un nuovo impalcato che permetta ai visitatori l'affaccio sui quattro lati della torre. Si prevede inoltre l'integrazione delle catene prevedendo tiranti con capochiave esterno inseriti sotto il mattonato esistente.

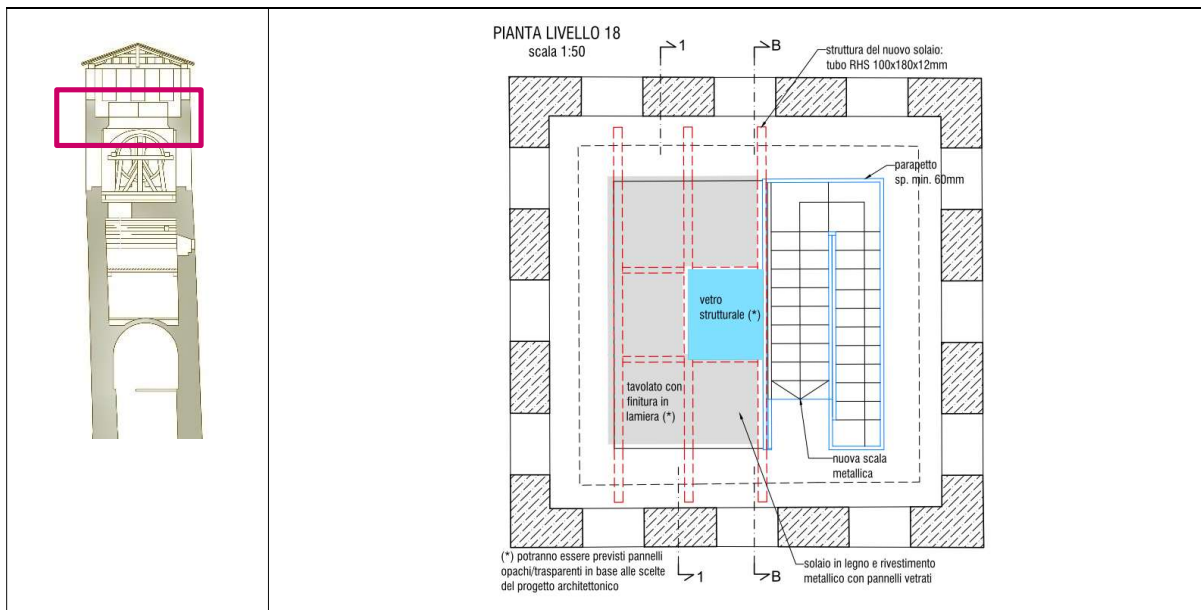
L'amministrazione comunale aveva inizialmente valutato il trasferimento in questo impalcato della campana attualmente alloggiata nella torretta dell'Ala Scarpari del Palazzo Moroni. Si tratta della campana "minore" originariamente montata sulla Torre degli Anziani il cui peso, secondo indicazioni verbali fornite dai consulenti del committente (Elettrocampane Giacometti) dovrebbe aggirarsi sui 300 kg. Tale ipotesi è stata poi scartata in quanto l'ingombro della campana comprensiva del castello avrebbe ridotto ulteriormente gli spazi disponibili per i visitatori che erano già molto limitati.

Dal punto di vista dei carichi statici (senza considerare gli effetti dinamici dovuti al sisma) il peso della campana è comunque in linea di massima confrontabile con le azioni dovute alla folla. Se si ipotizza infatti per la campana un peso complessivo di circa 600 kg (comprensivo di ceppo; castello in legno di rovere con piastre ed elementi di controventamento e sistema a "martello" per il suono) e si considera che il castello abbia un ingombro a filo esterno pari a circa 1,2 x 1,2 metri si ottiene sovraccarico di circa 4.16 kN/mq e quindi non superiore al sovraccarico dovuto all'affollamento 4.00-5.00 kN/mq.

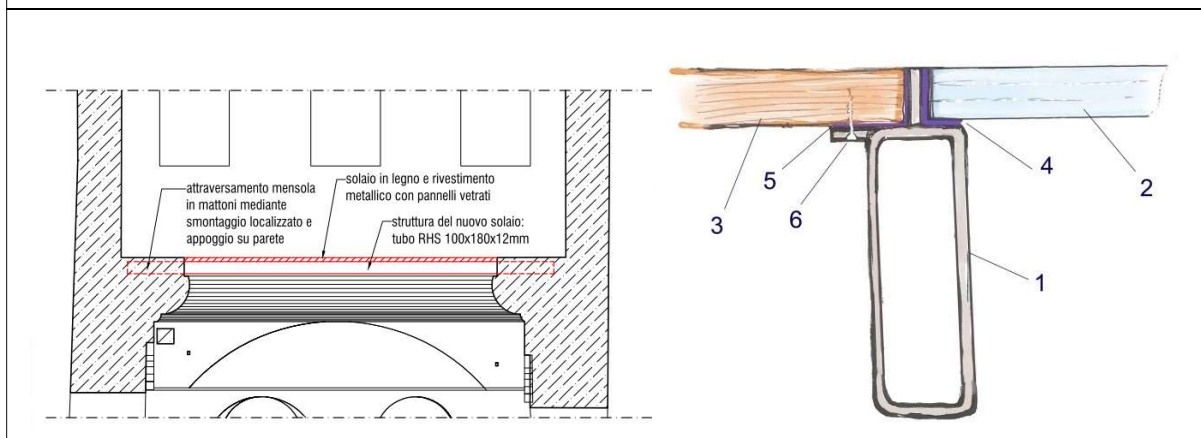
Per evitare sollecitazioni dinamiche sul nuovo impalcato e per contenere gli ingombri del castello la campana avrebbe dovuto suonare a martello e non a slancio e tra il castello e le strutture dell'impalcato dovevano essere inseriti idonei elementi di dissipazione (es. tappetini in gomma/neoprene).







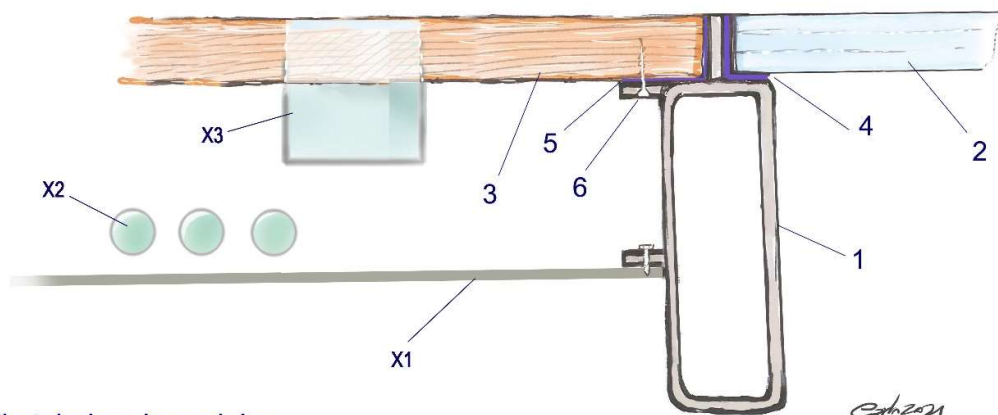
IPOTESI DI INTERVENTO



Legenda: 1> Struttura portante in acciaio; 3> tavoloni/pannelli in legno ad elevata durabilità (es. rovere classe D30) con eventuale rivestimento in lamiera bugnata (\*); 2> lastra in vetro stratificato antisfondamento secondo indicazioni del progetto architettonico (\*); 4-5 > cordone in materiale elastico (dovranno essere previsti idonei dispositivi di ritenuta per evitare sollevamento in caso di sovrappressione all'intradosso);

Nota (\*): I pannelli opachi/trasparenti verranno realizzati secondo le indicazioni del progetto architettonico (es. superficie antridrucciolo, eventuale trattamento di tempra ecc...) e dovranno garantire una portata di 500 kg/mq (secondo normative vigenti).

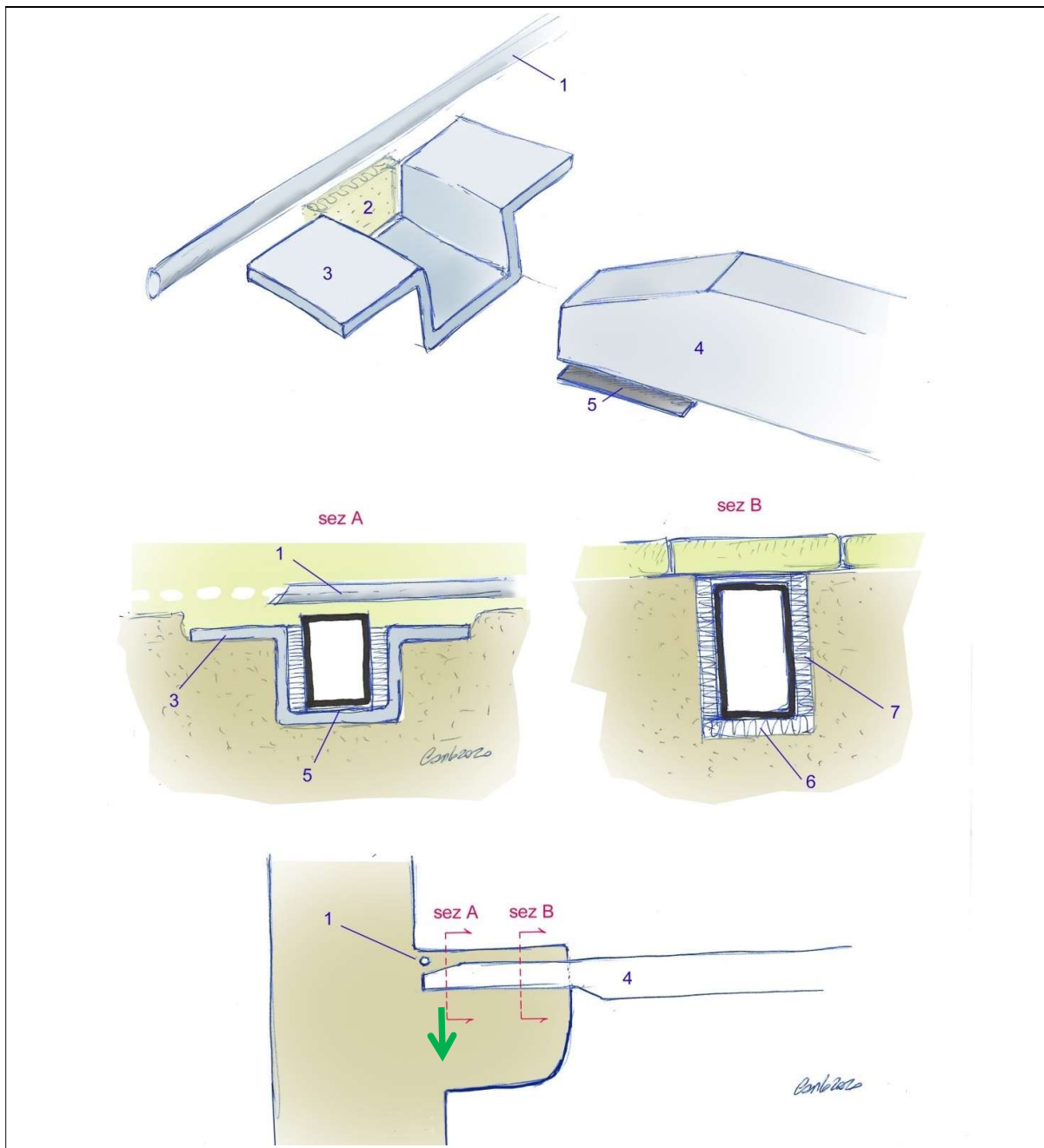




- 1> profilo tubolare in acciaio;
- 2> eventuali elementi in vetro;
- 3> pannelli opachi
- 4> guarnizioni;
- 5,6> fissaggio con viti;
- x1> contropannello per esigenze impiantistiche;
- x2> passaggio impianti;
- x3> eventuali faretti ad incasso;

*Possibile adattamento per creazione di intercapedine per impianti ed eventuale inserimento di faretti a pavimento*





Appoggio della struttura in acciaio e passaggio nuove catene

Legenda: 1> nuova catena con capochiave esterno; 2> tamponi in materiale deformabile a basso modulo elastico per consentire dilatazioni termiche e dissipazione in caso di sisma; 3> piastra di appoggio in acciaio sagomata; 4> profili tubolari in acciaio; 5> elemento di scorrimento (es. tappetino in neoprene tipo Rothoblaas NEO sp. 20mm o altro materiale idoneo); 6> tampone in materiale deformabile per non trasferire carichi verticali sulla parte a sbalzo 7> appoggi laterali in elastomero (x dissipazione)

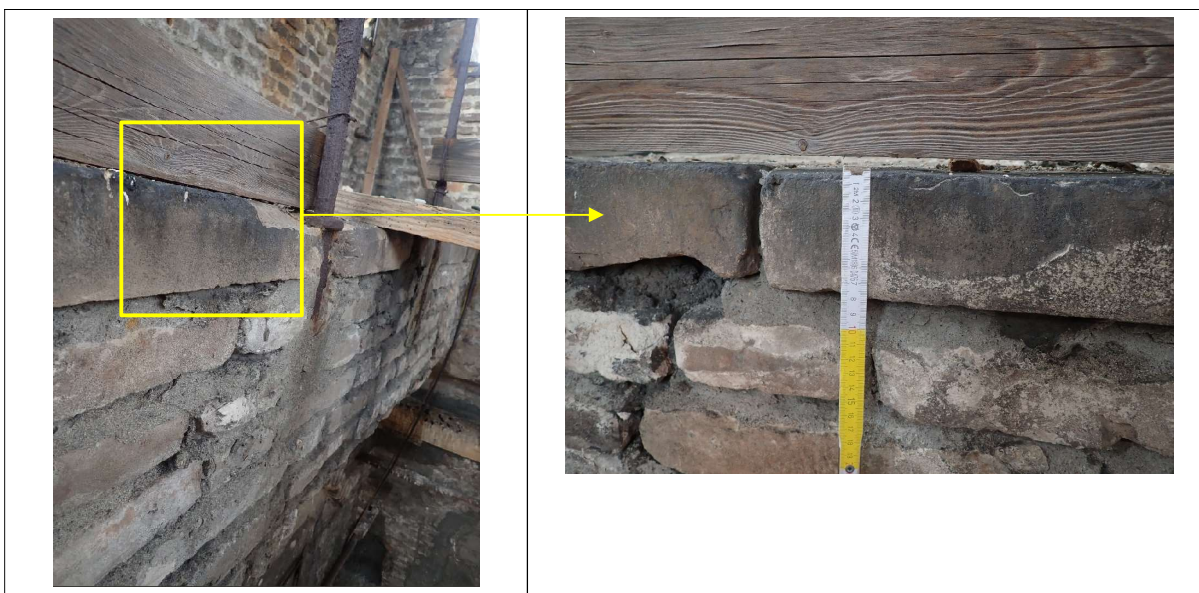




Le sedi per l'appoggio delle travi dell'impalcato e dei cosciali di sbarco della scala verranno realizzate smontando i quadroni di pavimentazione in cotto (operando in modo accurato per evitare la rottura) e ricavando l'alloggiamento delle travi dall'alto mediante scuci-cuci.

Dopo lo smontaggio verrà eseguita una valutazione delle condizioni della parte in aggetto prevedendo se necessario interventi di consolidamento quali inserimento di legature in acciaio inox o la posa, sotto la pavimentazione, di una rete di rinforzo (es. fibra di basalto o carbonio) collegata alla muratura con sfiocchi.

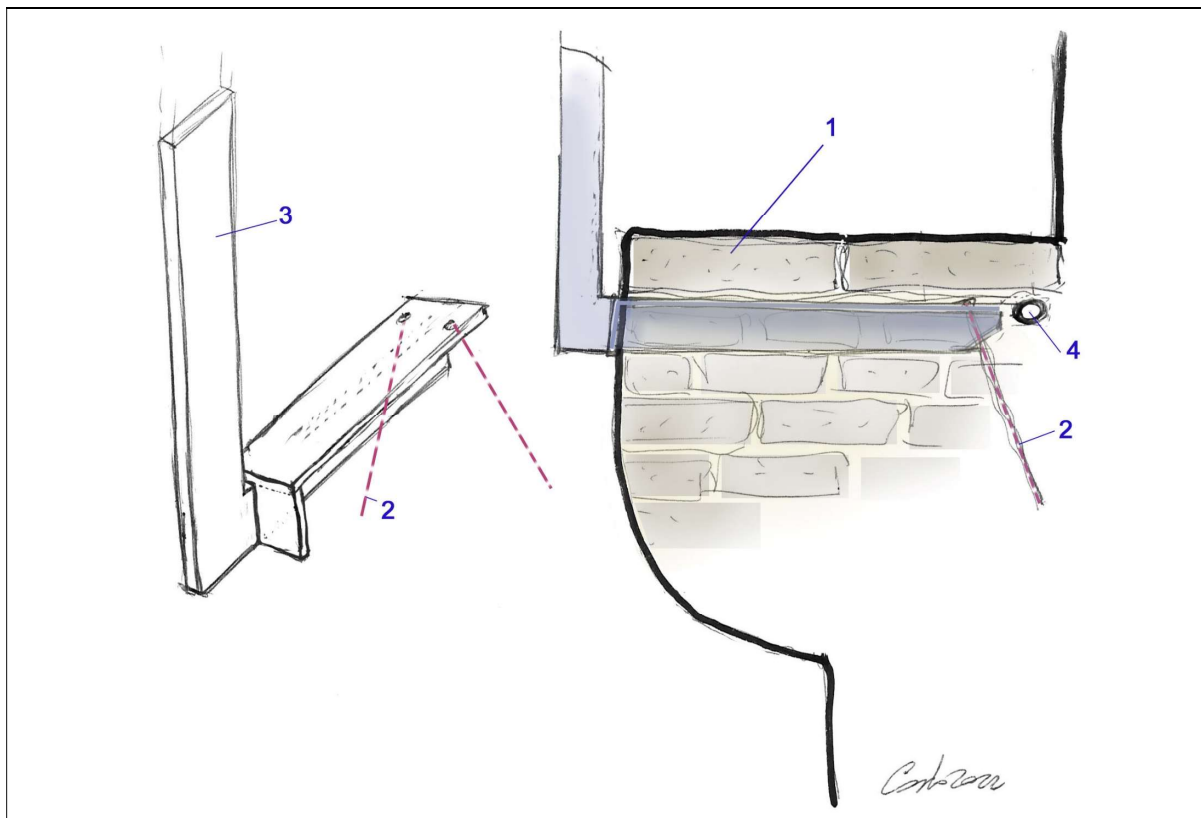
Al termine delle operazioni verrà ricollocata la pavimentazione in cotto seguendo le indicazioni della DL e del progetto architettonico.



*Particolare della fascia di muratura in aggetto su mensola*

*Si osserva che i montanti del parapetto esistenti non sono adeguati a sopportare le spinte orizzontali previste dalla normativa*





*Ipotesi di inserimento di elementi di sostegno del parapetto*

*L'intervento potrà essere definito dopo lo smontaggio della pavimentazione*

*Legenda: 1> pavimentazione in cotto da smontare e ricollocare; 2> ancoraggi con barre inox filettate; 3> montante del parapetto in acciaio (possono essere utilizzate le sezioni utilizzate per le scale adattando opportunamente gli interassi); 4> tirante (barra geodinox)*



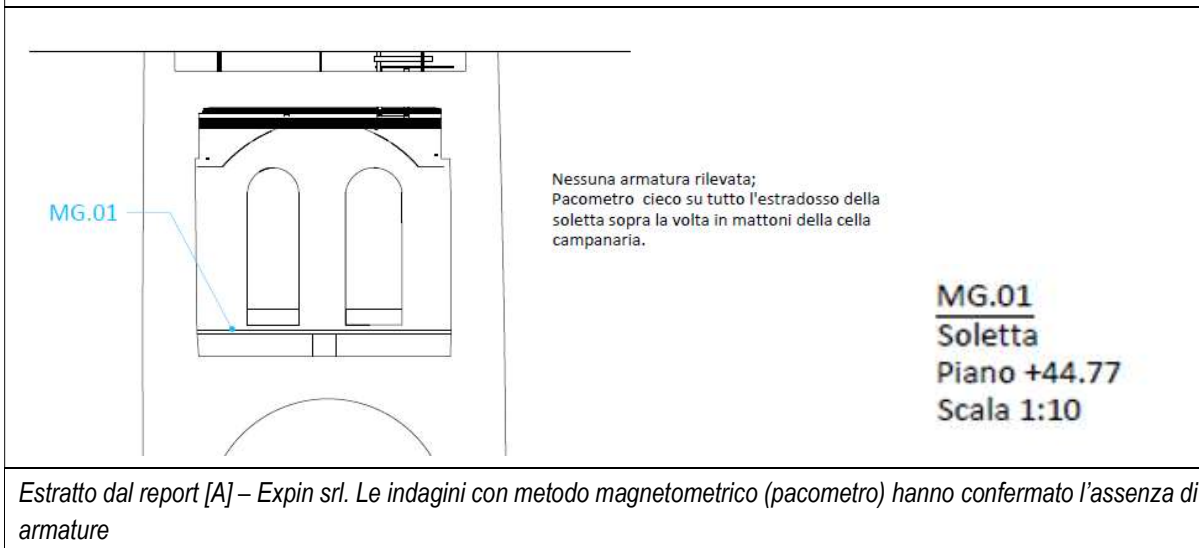




## 2.4 Cella campanaria



Nella foto particolare del solettone di grosso spessore in cls (3) presumibilmente non armato che presenta una rete di fessurazioni (4). Al di sotto si può notare la volta in laterizio (1) ed il materiale di riempimento (2)



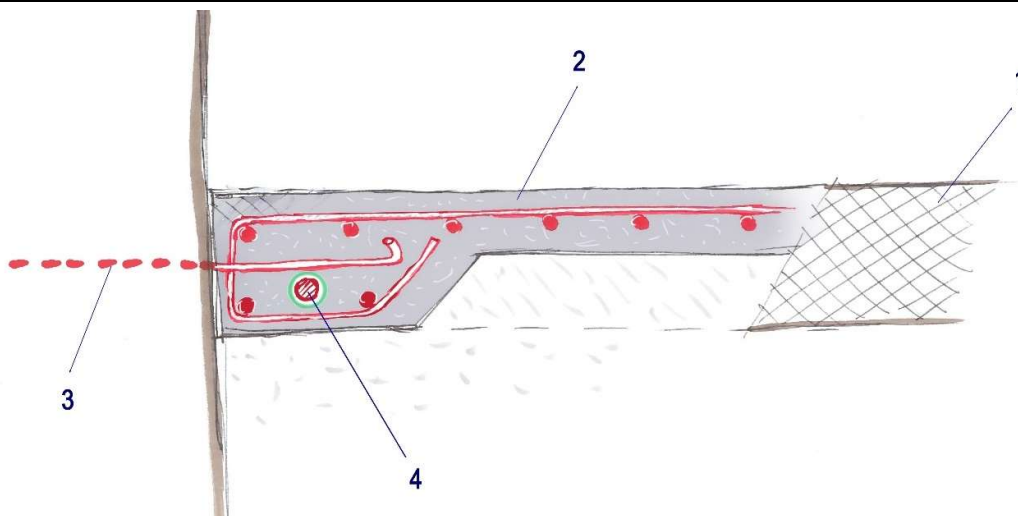


## IPOTESI DI INTERVENTO

Rimozione della soletta in cls non armato fessurata (operando con estrema cura per evitare vibrazioni) e realizzazione di nuova soletta in cls alleggerito con doppia orditura di barre ancorate alla muratura.

Rinforzo dei pilastri con fasciature inox inserite a scomparsa entro i giunti di malta in analogia a quanto previsto per le soprastanti merlature.

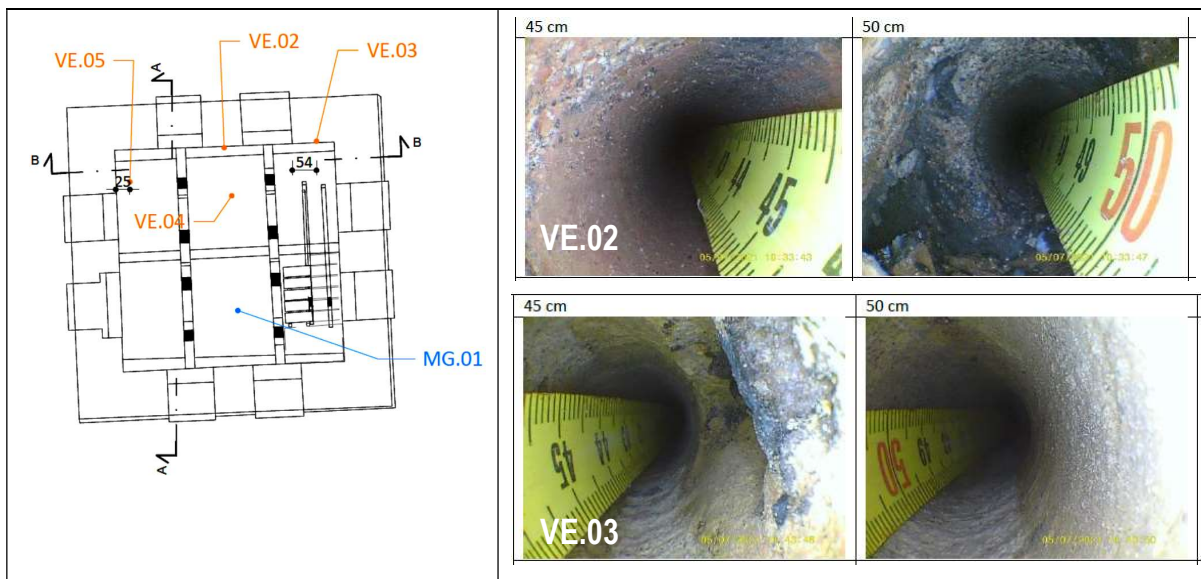
In questo modo si può compensare il, seppur limitato, incremento locale di sollecitazioni sui pilastri dovuto al montaggio del nuovo impalcato in acciaio-legno-vetro (in ogni caso è da notare che tali pilastri prima degli interventi dell'ing. Forlati del 1938 reggevano il peso della cupola e della lanterna ottagonale che sono stati demoliti riducendo l'altezza della torre da circa 56 metri a 45 m circa).



Legenda: 1> rimozione soletta esistente; 2> posa di guaina e getto di nuova soletta in cls alleggerito con doppia orditura di armatura; 3> ancoraggi perimetrali (con barre inox ad a.m. inghisate); 4> eventuali tirantature con capochiave esterno (in base alla verifica del quadro fessurativo dopo il montaggio dei ponteggi). In corrispondenza del perimetro prevedere intonaco di sacrificio (o altro elemento separatore) per separare il getto dalle murature esistenti.

Nota: Dovranno essere previste idonee pendenze; sistemi di smaltimento delle acque meteoriche ed eventuali rivestimenti e trattamenti superficiali (seguendo le indicazioni della DL e quanto previsto dal progetto generale/architettonico).





*Estratto dal report [A] – Expin srl. Le endoscopie hanno mostrato per i pilastri un nucleo in mattoni abbastanza compatto se si eccettua una discontinuità locale in corrispondenza del sondaggio VE.02.*



*Particolare fasciatura dei pilastri della cella campanaria con legature inox di piccolo diametro inserite a scomparsa entro i giunti di malta*

*L'effettivo posizionamento potrà essere adattato dopo i rilievi del quadro fessurativo esterno resi possibili dopo il montaggio dei ponteggi. E' opportuno integrare le endoscopie già eseguite per valutare l'opportunità di eseguire iniezioni di boiaccia a base di calce idraulica per consolidare il nucleo dei pilastri (in caso di presenza di vuoti).*







*Al di sotto della cella campanaria sembrano presenti delle linee di discontinuità che potranno essere verificate dopo il montaggio dei ponteggi*



*Eventuali legature con barre inox di piccolo diametro (es. barre 6 mm ad aderenza migliorata) inserite a scomparsa entro i giunti di malta*



*Verificare presenza di eventuali discontinuità, distacchi e dissesti su cui si interverrà con tecniche di riparazione locale (es. scuci-cuci; ristilature; iniezioni; imperniature ecc...)*

*Si prevederà inoltre il controllo ed il trattamento di restauro di tutti i capochiave esistenti (es. trattamento passivante secondo indicazioni del progetto di restauro). In caso di degrado che può compromettere la portata del tirante potranno essere inseriti tiranti integrativi.*





## 2.5 CASTELLO CAMPANE

### 2.5.1 Stato di Fatto

La grossa campana poggia su un castello ligneo che tramite due travi dormienti poggianti su dadi in muratura scarica il peso su due lati della cella.

Sono presenti un paio di blocchi in legno inseriti nel passato come appoggio integrativo verosimilmente per sopperire a carenze dell'incastellatura lignea.

Tali appoggi vanno a caricare la volta stessa ed hanno innescato la formazione di fratture nella soletta (vedi paragrafo precedente).



*Particolare della cella campanaria con evidenziati gli elementi in legno inseriti come puntellazione*

L'ingombro del castello e della campana impedisce di fruire lo spazio della cella e rende estremamente disagiata la salita al livello soprastante.







## 2.5.2 Interventi

In accordo con il committente è stato concordato di prevedere il restauro del castello con installazione di sistema “a martello”. Il ripristino del movimento a slancio della campana avrebbe infatti richiesto un intervento più invasivo con la necessità di rivedere quasi completamente la struttura lignea che attualmente interferisce e blocca le oscillazioni della campana. Le sollecitazioni dinamiche dovute all'oscillazione delle campane avrebbero inoltre richiesto l'installazione di sistemi di dissipazione con la necessità di creare degli idonei giunti tra il castello campane e le murature difficilmente realizzabili senza intervenire sulla geometria del castello.

Gli interventi dovranno prevedere in generale le seguenti fasi:

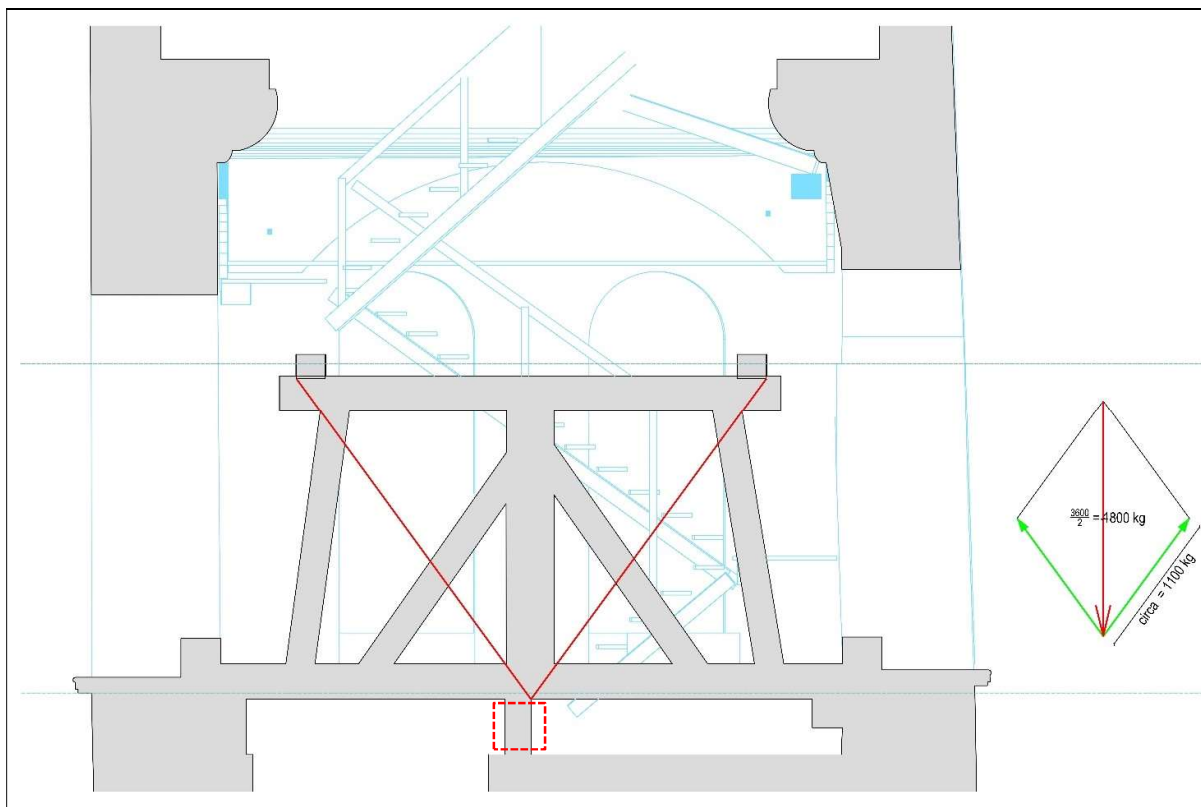
- Sostituzione delle parti degradate;
- Integrazione delle connessioni ed inserimento di controventamenti per il rinforzo del castello;
- Sollevamento/Sospensione del castello per permettere la revisione della soletta;
- Traslazione castello verso nord per creare uno spazio sufficiente alle scale di accesso al piano superiore;



Vista del castello campanario

*Legenda: <1>; <2> ipotesi di controventamento con barre/funi per controventare ed irrobustire il castello ligneo; <3> come previsto dal progetto architettonico si ipotizza una traslazione verso nord del castello per permettere di allargare la scala di accesso al livello superiore. Le due rampe verranno allargate ciascuna di 20 cm e l'andamento delle scale dovrà essere opportunamente studiato in modo che da limitare il più possibile tale traslazione (es cercare di non superare una traslazione di 50-60 cm).*



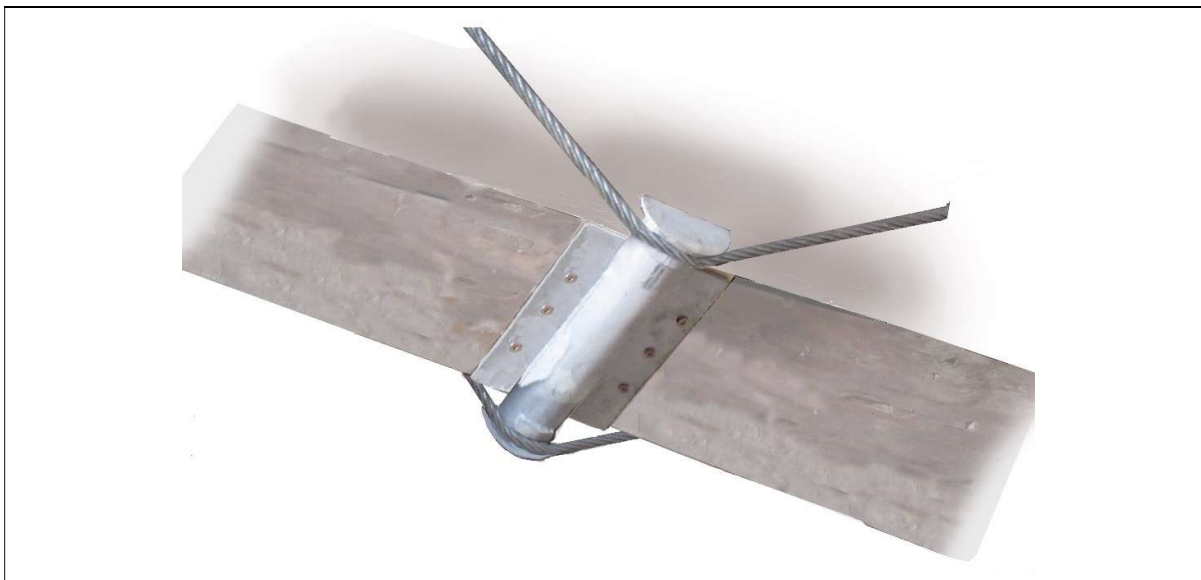


*Schema con disposizione delle funi di rinforzo. Con un peso della campana pari a 3'600 kg (vedi relazione [1] ing. L. Briseghella) lo sforzo in condizione SLE sulle funi risulta pari a circa 1'100 kg. Possono essere previste funi con diametro circa 10-12 mm.*



*L'inserimento di funi ed il restauro delle parti lignee possono permettere di eliminare gli appoggi intermedi che scaricano azioni direttamente sulla parte centrale della volta*





*Schemi tipologici di possibile nodo per l'inserimento delle coppie di funi di "rinforzo" del castello*



*Puntelli intermedi che scaricano azioni direttamente sulla parte centrale della volta e che possono essere eliminati con l'intervento di rinforzo*

Per maggiori indicazioni sul restauro del castello si rimanda alla voce di computo ed al progetto degli interventi di restauro redatto dallo Studio Tommasi.







## 2.6 Volta Sotto La Cella Campanaria

### 2.6.1 Stato di Fatto

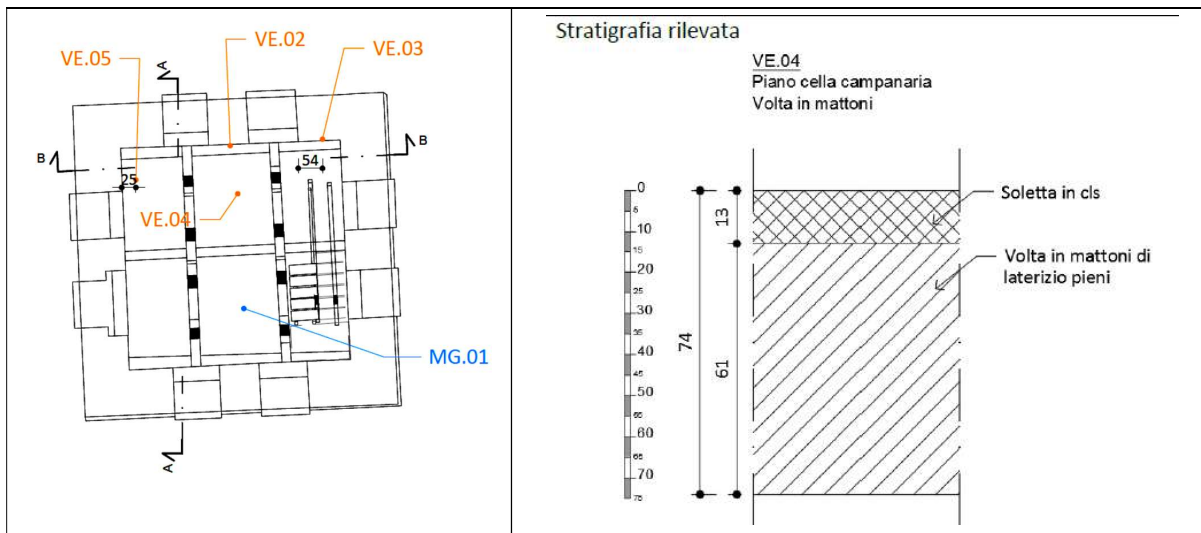
La volta in muratura posta a sostegno del pavimento della cella campanaria ha un notevole spessore. In chiave lo spessore totale è superiore ai 70 cm con uno spessore della parte strutturale pari a circa 45 cm (muratura a tre teste).

Osservando la composizione della volta dai fori esistenti, lo strato di riempimento sembra costituito da muratura legata con malta e non da materiale sciolto. Le indagini condotte da Expin sembrano confermare questa ipotesi.



*Particolari della struttura della volta attraverso il foro esistente*





Estratto dal report [A] – Expin srl revisione 02 del 06/12/2021.

*Le endoscopie hanno mostrato al di sotto della soletta una muratura compatta in laterizio pieno e malta. Non è stato evidenziato una differenziazione tra la parte strutturale della volta ed il riempimento. Le caratteristiche della volta dovranno essere verificate in corso d'opera contestualmente agli smontaggi previsti per allargare il foro di accesso.*

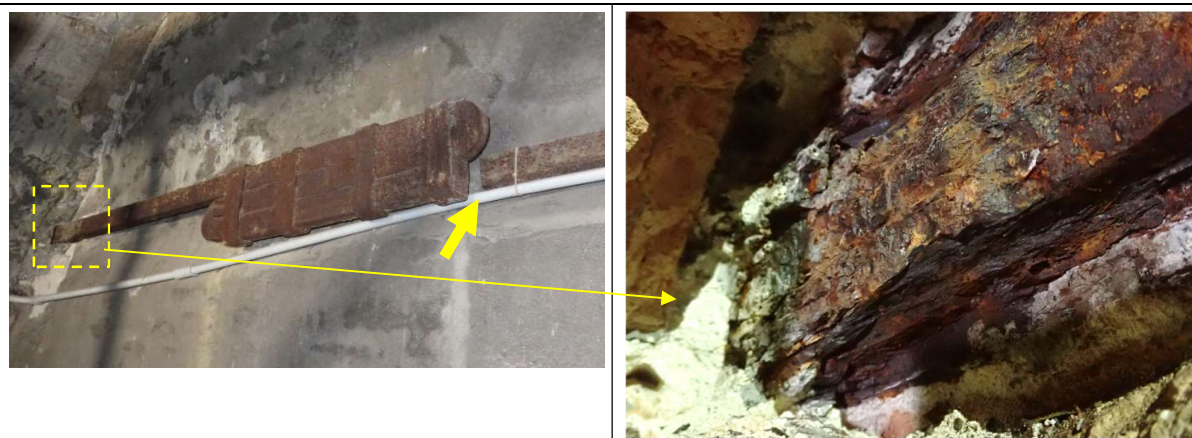
All'intradosso si osservano alcune lesioni che potrebbero anche essere state innescate dalla rottura di una delle catene (vedi foto a seguire).

E' da notare che la parte superiore della torre ha subito nei secoli parecchie manomissioni come ad esempio la demolizione della originaria lanterna e la successiva realizzazione dell'attuale copertura.





*Vista dell'intradosso della volta con evidenziato uno dei sistemi di lesioni*



*Particolare catena spezzata presente sul lato est della volta. A dx evidenziata l'ossidazione osservata nel tratto all'interno della muratura dopo l'esecuzione di un saggio a cura di Expin srl.*



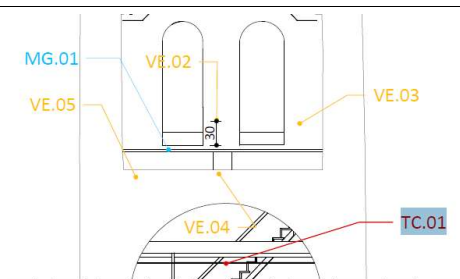




## PROVE DI TENSIONAMENTO SU TIRANTI E CATENE

UNI ISO 5348:2007 – UNI 11568:2015

Oggetto dell'attività effettuata	Verifica del tensionamento di catene metalliche esistenti.								
Descrizione del setup di prova	Effettuazione di due misure per ogni catena - una ambientale ed una con forzante esterna - tramite l'applicazione di accelerometri in mezzeria ed ai quarti della luce della catena stessa.								
test n.	Data e ora	$b/\phi^1$ [mm]	$h^2$ [mm]	$L^3$ [m]	Frequenze rilevate con FFT			Tiro [kN]	Tensione [N/mm <sup>2</sup> ]
					f1 [Hz]	f2 [Hz]	f3 [Hz]		
TC.01	05/07/2021 16:15	30	53	4.24	5.66	18.95	39.55	14.94	9.40
TC.02	06/07/2021 10:30	16	78	3.84	16.99	34.77	53.71	128.03	102.59
TC.03	06/07/2021 11:15	16	78	3.84	16.02	33.40	61.72	123.76	99.16



Estratto dal report [A] – Expin srl.

La catena esistente posta sotto la volta presenta un tasso di lavoro relativamente contenuto.

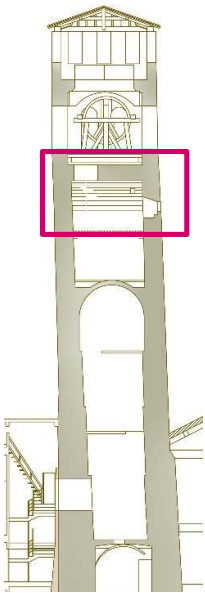







## 2.6.2 Interventi

Gli interventi dovranno prevedere innanzitutto la riparazione delle lesioni/fessurazioni della volta che possono essere attuati con tecniche tradizionali (es. iniezioni di boiacche a base di calce idraulica naturale; sostituzione di singoli mattoni per creare ammorsature ecc...).

Gli interventi più consistenti saranno invece legati all'esigenza di allargare l'apertura esistente per rendere più agevole il passaggio dei visitatori. Per evitare eccessive manomissioni delle strutture murarie sarà comunque importante limitare al massimo tale allargamento adottando una elevata pendenza della rampa compatibilmente con le esigenze legate al passaggio dei visitatori.

	
<b>IPOTESI DI INTERVENTO</b>	
	<i>Spostamento o rimozione di una delle due travi lignee che fungono da ancoraggio per il castello campane. L'intervento terrà conto del fatto che la campana verrà fatta suonare a martello con conseguente riduzione delle azioni dinamiche dovute al movimento della campana stessa.</i>
	<i>Allargamento dell'apertura sulla volta con inserimento di telaio di rinforzo in acciaio</i>
<i>Integrazione delle catene esistenti. Le indagini hanno infatti evidenziato fenomeni di ossidazione delle catene metalliche nelle parti incassate nella muratura e non ispezionabili. E' quindi opportuno prevedere nuove catene, oltre alla riparazione della catena attualmente spezzata.</i>	





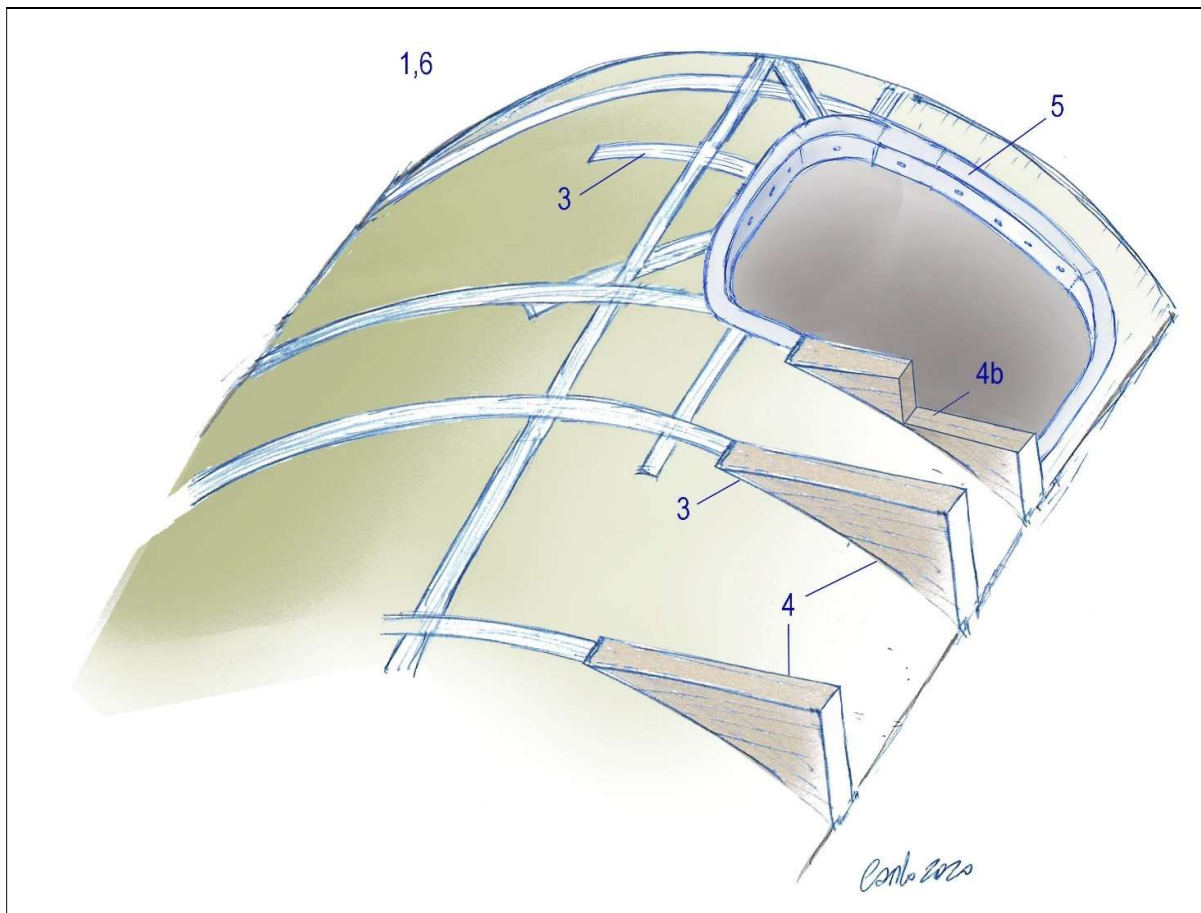
Particolari tipo di possibili adattamenti degli ancoraggi del castello campano

Schema soprastante: <1>,<2> nuove zeppe/tamponi lignei con spostamento del tirante di ancoraggio <2> che permette di traslare la sottostante trave lignea

Schema sottostante: <1>nuova zeppa lignea con spostamento del tirante di ancoraggio <3> verrà ancorato alla nuova soletta in conglomerato di calce idraulica armata con barre inox <2>. In questo modo è possibile rimuovere la trave lignea sottostante che interferisce con il passaggio dei visitatori.





**Legenda:**

- 1> Rimozione del riempimento (\*);
- 2> Riparazione della volta: chiusura lacune con scuci-cuci; ristilature; sarcitura di eventuali lesioni con iniezioni e creazioni di morse con sostituzione di singoli mattoni;
- 3> Messa in opera di rinforzi FRCM in fibra di acciaio inox posati in malta a base di calce idraulica con connettori sfioccati;
- 4> Realizzazione di eventuali frenelli in muratura prevedendo smusso <4b> per passaggio rampa della scala
- 5> Allargamento dell'apertura (previa puntellazione) ed inserimento di un contro- telaio in acciaio;
- 6> Ripristino del riempimento in materiale alleggerito e debolmente legato con calce.

Si prevede inoltre la riparazione e l'integrazione delle catene esistenti

**Nota (\*):** l'intervento andrà adattato in corso d'opera in base alle effettive condizioni rilevate dopo la rimozione della soletta in c.a. esistente. Ad esempio, in caso di riempimento molto compatto e legato con malta si potrà valutare di evitare o comunque limitarne la rimozione.





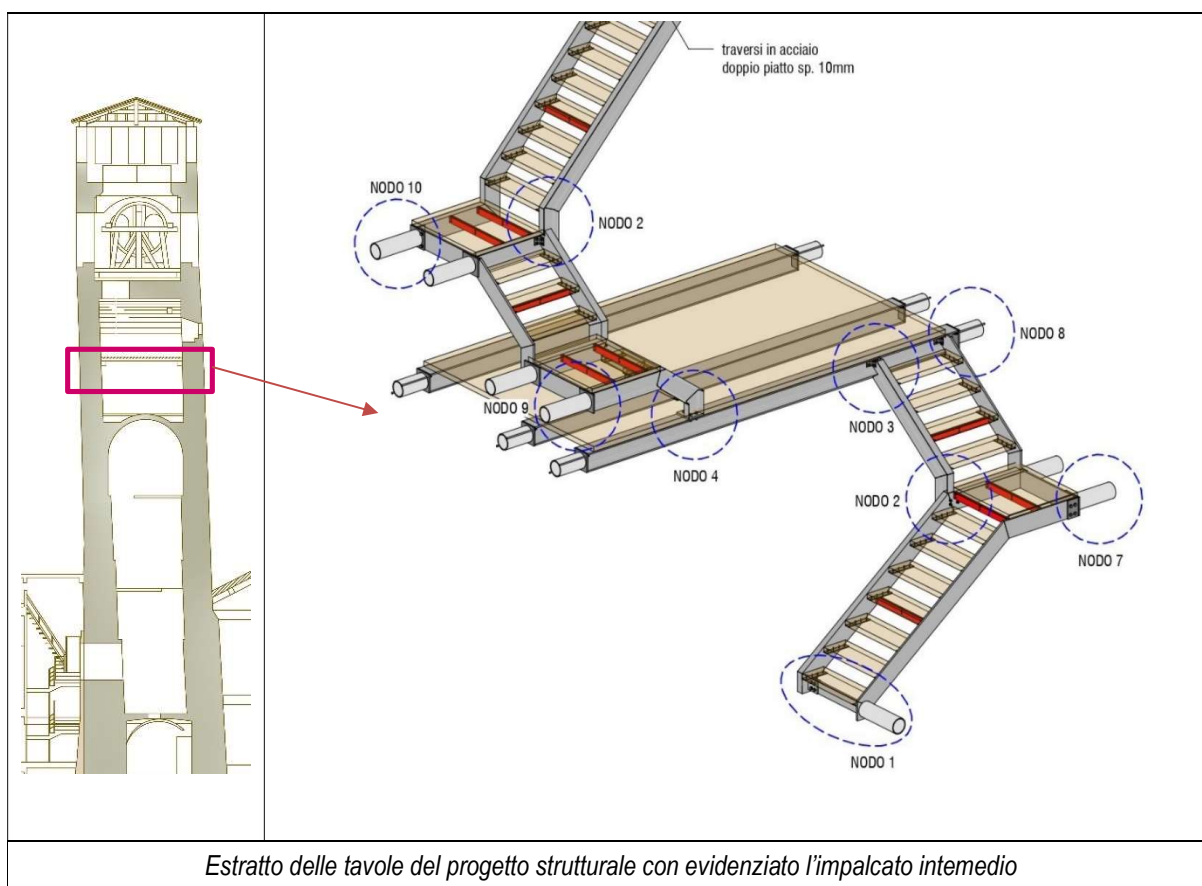


## 2.7 Nuovo impalcato livello 13-14

Il progetto architettonico prevede una nuova porzione di impalcato in acciaio sopra la volta esistente (quota circa +30 metri) da cui parte le scala che permette di raggiungere la cella campanaria.

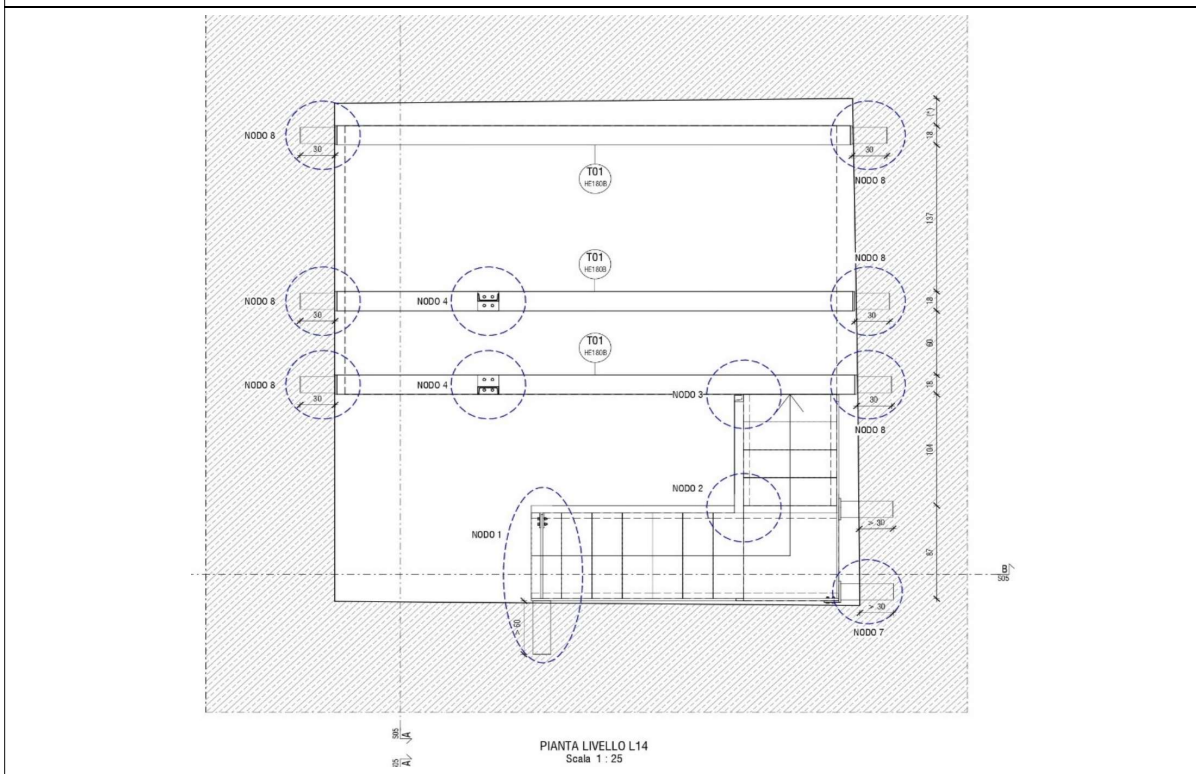
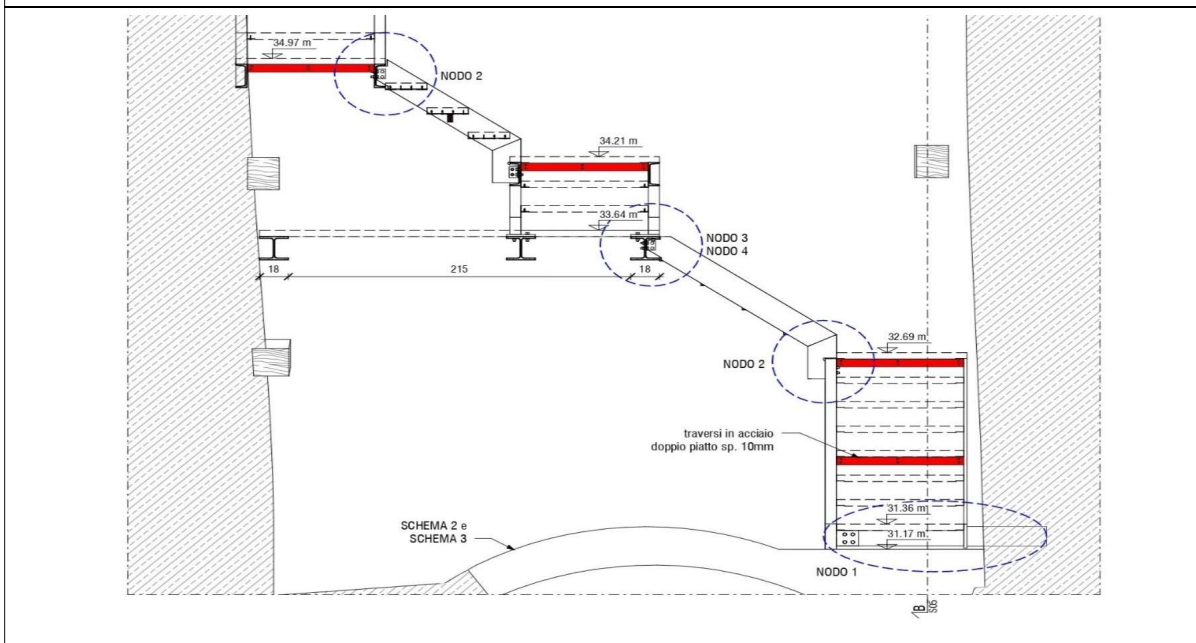
Per la struttura portante si prevede l'inserimenti di tre profili in acciaio sopra i quali potrà essere montato un tavolato ligneo strutturale di collegamento. Le tavole strutturali in legno di rovere stagionato di prima scelta dovranno essere con incastro maschio femmina e continue sulle due campate. Su autorizzazione della DL potranno essere previste soluzioni alternative quali un tavolato strutturale in legno di abete rivestito con listoni di rovere.

Il passaggio degli impianti potrà essere realizzato all'intradosso prevedendo eventuali pannelli per realizzare un'intercapedine tecnica e nascondere le canalizzazioni (vedi schemi a seguire).



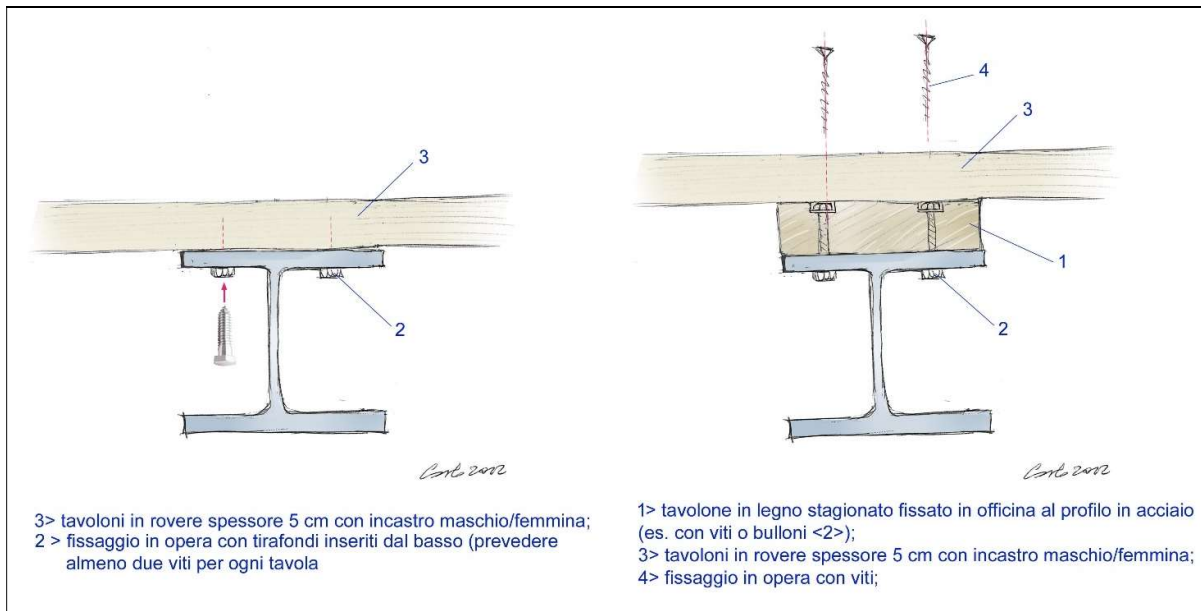


*IPTESI STRUTTURA PORTANTE DELL'IMPALCATO*



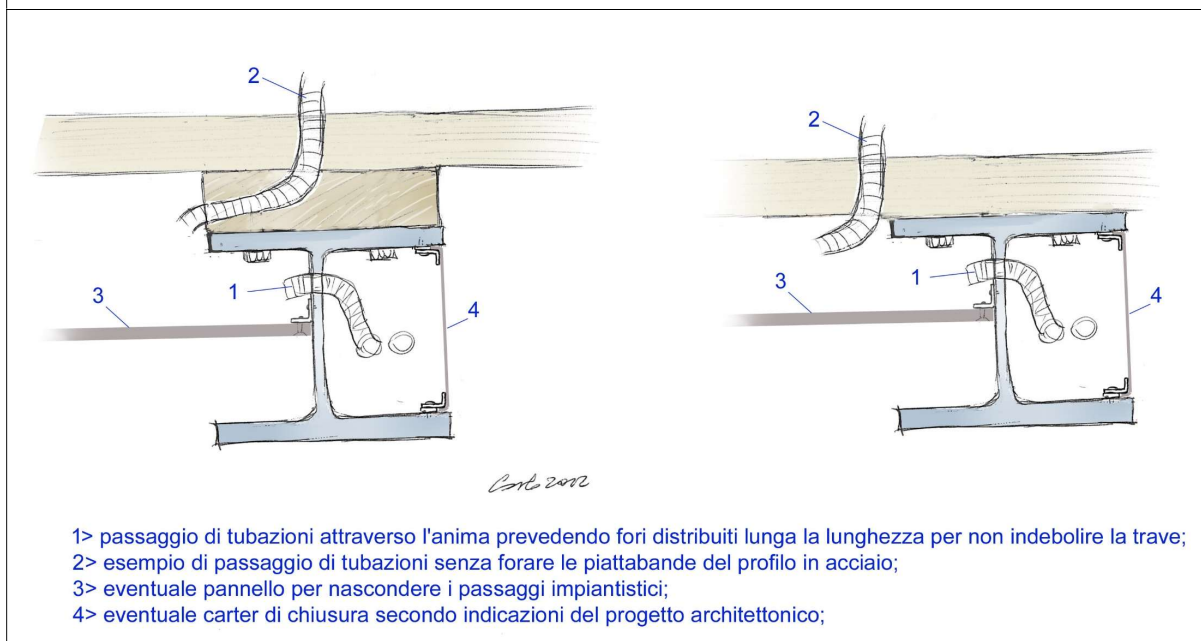
*Particolati (sezione e pianta) dell'impalcato*





Schemi con possibili ipotesi per il fissaggio del tavolato alle travi HE

Nota: la soluzione di dx se adottata richiede un adattamento dei dettagli strutturali della scala.



Esempi di possibili soluzioni per il passaggio degli impianti







## 2.8 Volta a quota circa + 30 m

La volta presenta numerose aperture in breccia nelle quali si prevede di ricostituire la continuità della struttura muraria con interventi di ricostruzione integrati dall'inserimento di legature metalliche a scomparsa (vedi schemi a seguire).

In funzione dei risultati delle indagini potrà essere migliorata la stabilità prevedendo l'inserimento di frenelli in muratura e di fasce di rinforzo in tessuti in fibra di acciaio applicati con legante inorganico malta a base di calce idraulica naturale).



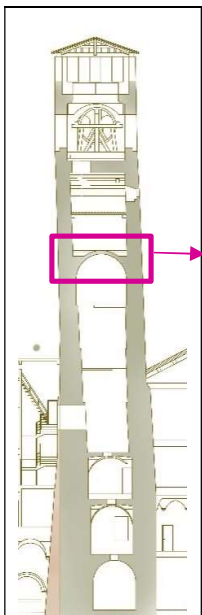
Vista della volta V4 a +29.5 m.

Legenda: <1> lacuna da risarcire; <2> chiusura con tavole (probabile presenza di una vecchia apertura da risarcire almeno parzialmente); <3> apertura per il passaggio delle scale; <4> profili UPN in acciaio (\*); <5a> e <5b> tiranti inseriti nel 1940; <6> catena che dovrà essere rimossa per permettere il passaggio della scala <3b> allungamento del foro per permettere l'inserimento della rampa di scala.

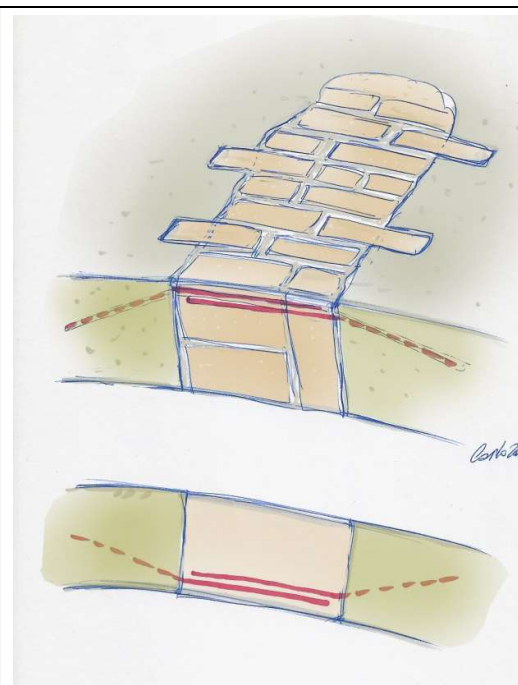
Nota: (\*) prima della rimozione verificare se i profili UPN hanno anche funzione di tirante







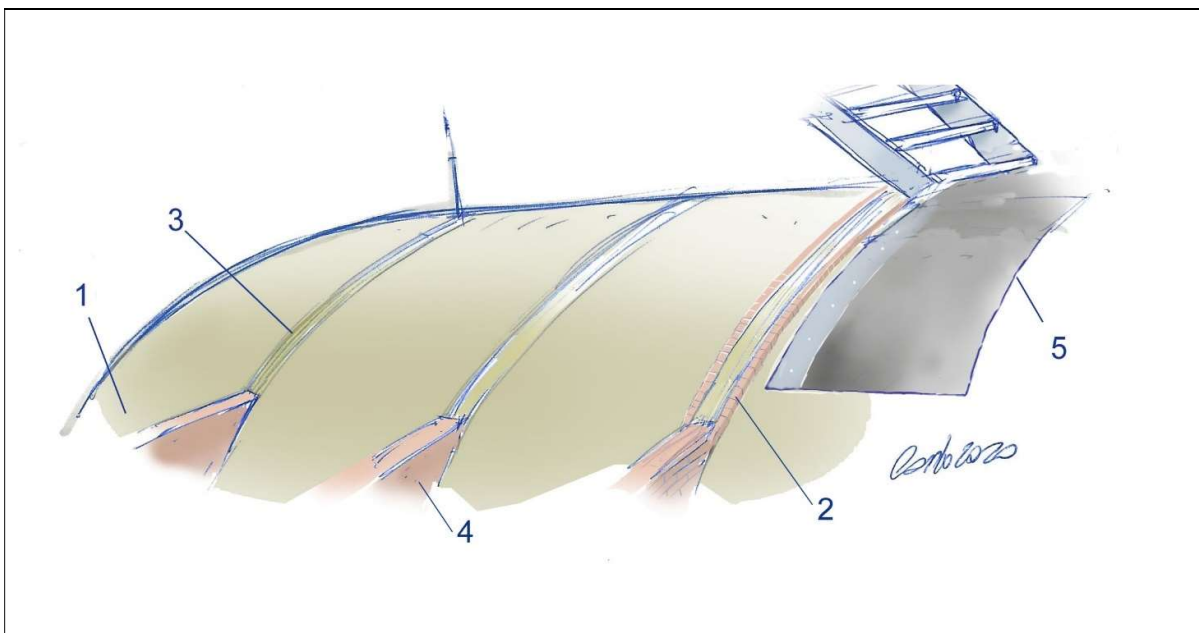
(\*)



*Particolare lacuna da risarcire con scuci-cuci con muratura di mattoni pieni prevedendo l'esecuzione di morse e collegamenti con barrette inox a.m. 6 mm inserite nei corsi di malta ed inghisate entro fori*

*Nota (\*): l'apertura non corrisponde alla ruota del campanario e non era quindi uno dei fori di passaggio delle funi legati al funzionamento delle campane*





*Legenda:*

- 1> Pulizia della volta con rimozione dei depositi di guano accumulati in corrispondenza delle reni;  
Riparazione della volta: chiusura lacune con scuci-cuci; ristilature; sarcitura di eventuali lesioni con iniezioni e creazione di morse con sostituzione di singoli mattoni;
- 2> Nervatura in mattoni in corrispondenza del bordo dell'apertura;
- 3> Rinforzi con fasce in fibra di acciaio inox posati in malta (FRCM) e collegati alle estremità con sfocchi;
- 4> Inserimento di frenelli in muratura;
- 5> Allargamento dell'apertura (previa puntellazione) ed inserimento di un contro-telaio in acciaio;

*Nota (\*) i rinforzi in fibra di acciaio possono essere inglobati in una striscia di intonaco dello spessore di circa 1 cm*

*Nota: in corso d'opera dovrà essere verificata la possibile presenza di catene metalliche all'interno del riempimento della volta. Gli interventi dovranno essere opportunamente adattati in base a quanto rilevato dopo la rimozione del riempimento.*





PIANTA PIANO +29.90  
Scala 1:100

*Estratto dal rapporto di prova [A] redatto da Expin srl*

*Entrambe le catene hanno un tasso di lavoro molto elevato dell'ordine delle 12 tonnellate.*

**PROVE DI TENSIONAMENTO SU TIRANTI E CATENE**

UNI ISO 5348:2007 – UNI 11568:2015

Oggetto dell'attività effettuata	Verifica del tensionamento di catene metalliche esistenti.								
Descrizione del setup di prova	Effettuazione di due misure per ogni catena - una ambientale ed una con forzante esterna - tramite l'applicazione di accelerometri in mezzeria ed ai quarti della luce della catena stessa.								
test n.	Data e ora	b/φ <sup>1</sup> [mm]	h <sup>2</sup> [mm]	L <sup>3</sup> [m]	Frequenze rilevate con FFT			Tiro [kN]	Tensione [N/mm <sup>2</sup> ]
					f1 [Hz]	f2 [Hz]	f3 [Hz]		
TC.01	05/07/2021 16:15	30	53	4.24	5.66	18.95	39.55	14.94	9.40
TC.02	06/07/2021 10:30	16	78	3.84	16.99	34.77	53.71	128.03	102.59
TC.03	06/07/2021 11:15	16	78	3.84	16.02	33.40	61.72	123.76	99.16

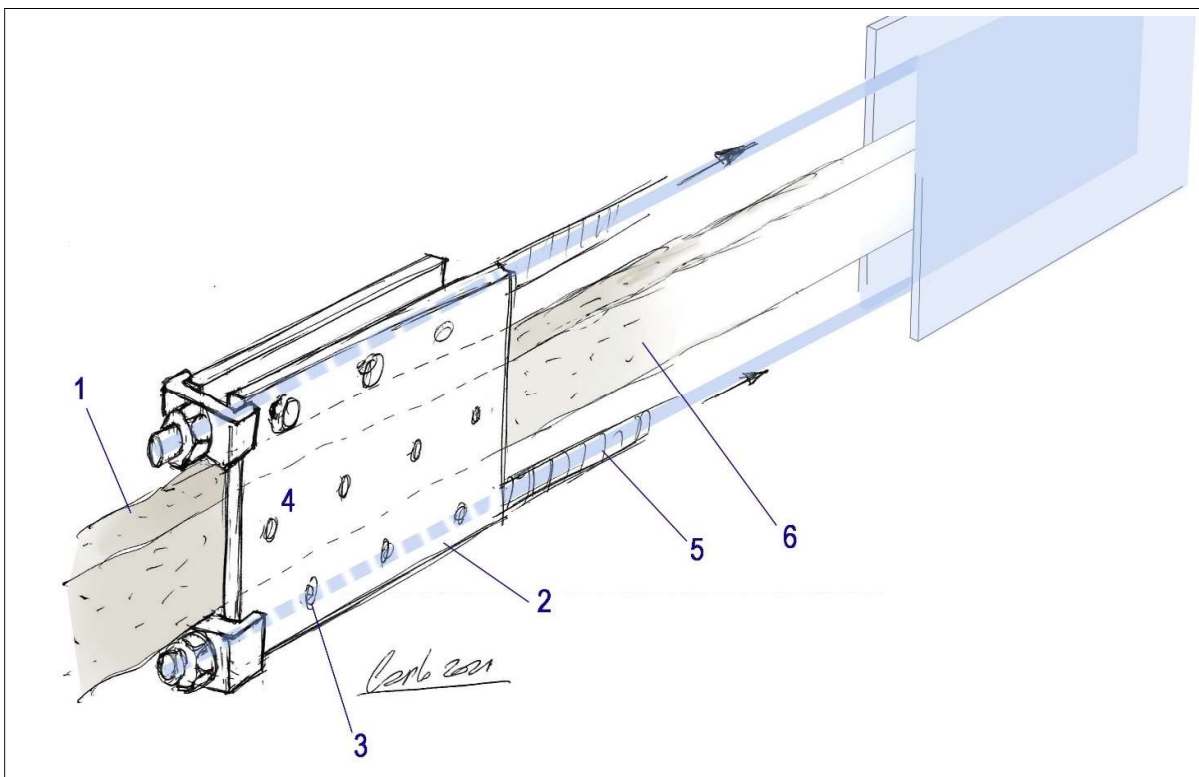
La rimozione della catena (vedi schema precedente) è un intervento delicato visto l'elevato tasso di lavoro evidenziato dalle indagini e dovrà prevedere in generale le seguenti fasi:

- 1> Ri-Valutazione dell'attuale tensione nella catena (es. con metodi dinamici basati sulla misurazione delle frequenze proprie e delle forme dei modi di oscillazione);
- 2> Messa in opera di sensori (es. strain-gauges e/o estensimetri) che permettono di valutare variazioni di tensione della catena;
- 3> Inserimento di nuove catene in acciaio inossidabile. Si posizioneranno due nuove catene tipo Geodinox QT850 diametro 30-32 mm in vicinanza della catena da rimuovere ed una catena in prossimità della catena storica che rimarrà operativa.
- 4> Messa in tensione monitorando le variazioni tensionali nella catena da rimuovere (sia con gli Strain-gauges che per mezzo delle frequenze). **Si ipotizza che tale operazione consenta una sensibile riduzione nello stato tensionale della catena da tagliare ed anche nella catena storica adiacente. In caso contrario dovranno essere previsti opportuni accorgimenti (es. inserimento di ulteriori tiranti)**





- 5> Scarico della catena. L'operazione dovrà avvenire lentamente agendo ad esempio sui cunei posti sui paletti esterni continuando a monitorare le eventuali variazioni di tensione. In alternativa si può valutare l'inserimento di piastre provvisorie che permettono di trasferire lo sforzo della catena su una coppia di barre filettate prima del taglio della catena stessa (come da schema seguente).
- 6> Rimozione della catena mantenendo in opera i capochiave esterni (come memoria del passato).



*Ipotesi di procedura per il taglio della catena*

*Legenda: 1> catena esistente (da strumentare con strain gauges); 2> Pulizia ed irruvidimento delle superfici di contatto ed inserimento di due coppie di piastre collegate con bulloni ad alta resistenza (3) messi in tensione con chiave dinamometrica per permettere il trasferimento dello sforzo tramite attrito (\*); 4> inserimento di bulloni entro fori praticati nella catena esistente; 5> barre filettate messe in tensione (\*); 6> taglio della catena esistente ed allentamento progressivo delle barre (5).*

*Nota: (\*) le verifiche andranno eseguite in base al tiro residuo della catena rilevato in corso d'opera dopo l'inserimento delle catene integrative*







## 2.9 RIPARAZIONE DELLE CATENE LESIONATE

### 2.9.1 Catene con composizione mista acciaio-legno

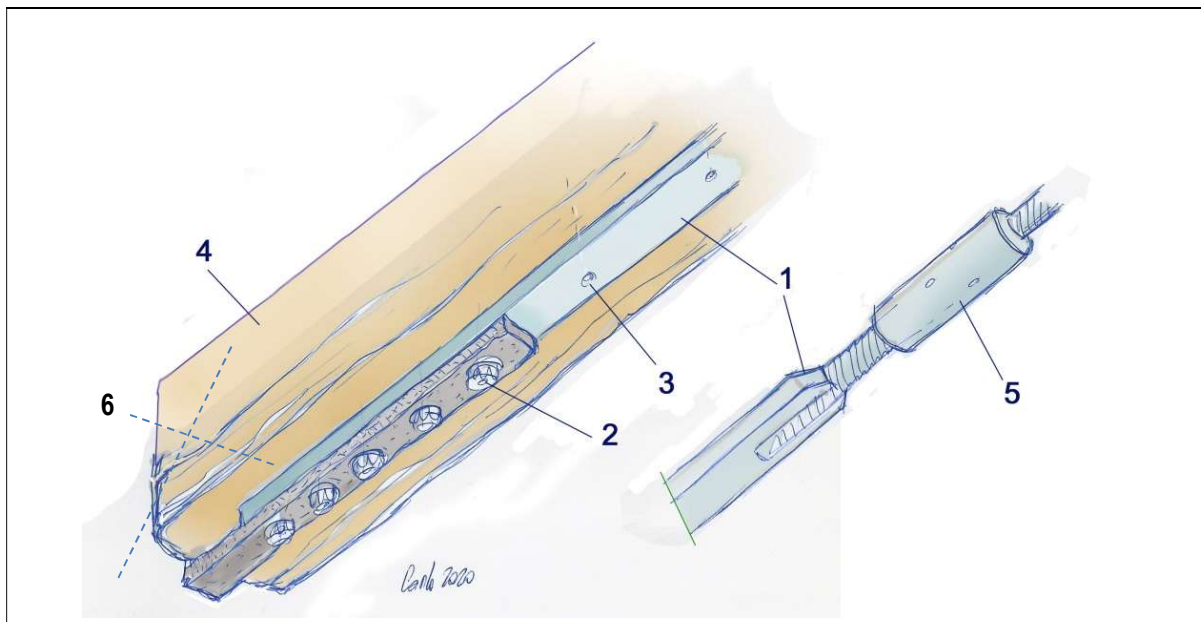


*Particolare catena storica composta da una trave lignea sui quali sono chiodate le estremità metalliche. La trave lignea presenta evidenti segni di degrado.*

Il ripristino può essere realizzato prevedendo lo smontaggio dell'elemento ligneo esistente e l'inserimento di un nuovo tratto di catena in acciaio per collegare i due spezzoni di tiranti metallico come da schema riportato a seguire.

La trave lignea può essere quindi riposizionata senza però svolgere una effettiva funzione portante.



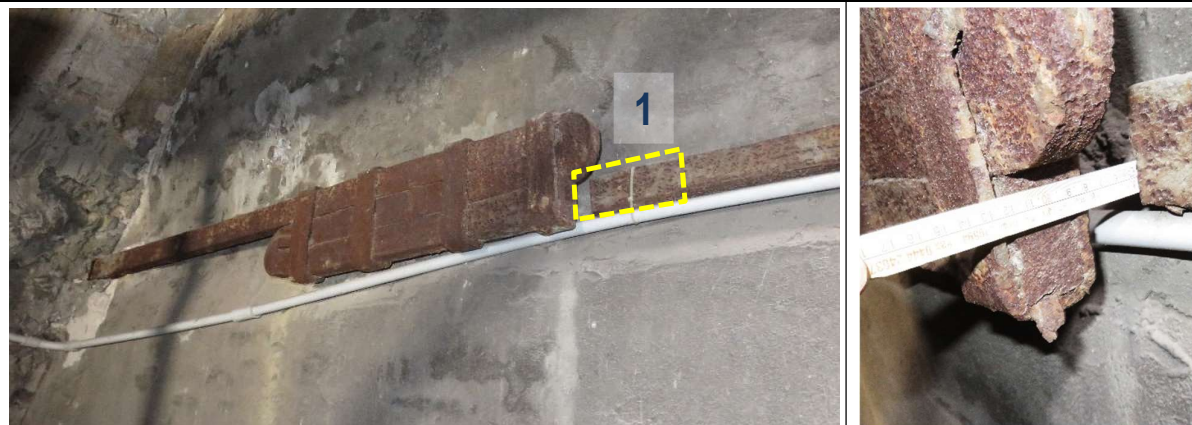


*Legenda: 1> nuovo piatto in acciaio (prevedere la stessa sezione resistente del piatto esistente); 2> collegamento con bulloni classe 8.8. e rondelle utilizzando i fori esistenti (le superfici di contatto verranno pulite e rese scabre per migliorare la capacità di trasferire gli sforzi per attrito); 3> fori per viti di collegamento alla trave lignea esistente <4>; 5> manicotto tenditore. La trave esistente verrà ricollocata ed adeguatamente collegata (es. con viti a tutto filetto <6>).*





### 2.9.2 Catena in acciaio spezzata



*Particolare catena storica spezzata posta al di sotto della cella campanaria*

*Nel corso delle indagini è stato previsto il prelievo di un campione sul quale è stata effettuata un'analisi di laboratorio per verificare la possibilità di riparare la catena mediante saldatura. Il campione è stato ricavato tagliando uno spezzone a destra del punto di rottura.*

#### MACCHINE DI PROVA / TESTING MACHINE

Denominazione: Spettrometro in emissione ottica,  
Modello: Spectrolab M - Spectro Analytical Instruments,  
Matricola: 120115/06

#### Risultati delle prove / test results

Numero saggio <i>Test piece n°</i>	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Cr	%Ni	%Mo	%Al	%Cu	%V	%N
BA.01	0,65	0,009	0,066	0,007	0,006	0,001	0,001	0,003	0,006	0,007	<0,001	0,008

Annotazioni: CEV = 0.66

Notes:

*Estratto dal rapporto di prova [A] (Expin srl revisione 02 del 06/12/2021)*

La prova di laboratorio su di un campione evidenzia un elevato valore del Carbonio Equivalente (CEV superiore a 0.50) che denota una pessima saldabilità.

Le ispezioni ed i saggi hanno inoltre evidenziato una sensibile corrosione della catena nella parte appena all'interno della muratura.





Si propone quindi di integrare tale catena inserendo all'intradosso della volta una nuova coppia di catene in acciaio inossidabile.

In corso d'opera possono essere comunque condotte delle prove di saldabilità per valutare comunque la possibilità di riparare la catena prevedendo opportuni accorgimenti (tipo di elettrodo, preriscaldamento, ecc...).

## 2.10 RIMOZIONE CATENE DEL 1938-40

Le catene a sezione circolare inserite attorno al 1940 nell'ambito degli interventi di restauro e consolidamento diretti dall'ing. Ferdinando Forlati hanno una disposizione estremamente irregolare ed interferiscono con il passaggio dei visitatori attraverso le scale interne.

Le indagini condotte (es. vedi elaborati [1] del prof. Brisighella e [2] di Leidy Elvira Bejarano Urrego) e le ispezioni condotte dallo scrivente mostrano che tali elementi non risultano attualmente in tensione.

Si prevede qui la loro rimozione previa la messa in opera e tesatura di sistemi di tiranti equivalenti in termini di rigidità e di resistenza.

In generale si prevede l'inserimento di una nuova catena del diametro di 30-32 mm (es. catene di geodinox della Geodag con capochiave a paletto esterno) per ogni due catene esistenti rimosse.

Nella campagna di indagini condotta da Expin è stata prevista l'esecuzione di una prove di trazione su una delle estremità sporgenti di una delle catene del Forlati. E' stata misurata una tensione a rottura pari a 439 N/mm<sup>2</sup> per un diametro di circa 18 mm (ridotto a 12 mm per l'esecuzione della prova di trazione).



*Particolari catene e barre trasversali di confinamento delle murature inserite nel 1938-40. Sulle pareti sono visibili le tracce delle iniezioni di boiacche cementizie.*







Descrizione prova/ <i>Test description:</i>		<b>Prova a trazione</b> <i>Tensile Test</i>																
Metodo di Prova/ <i>test method:</i>		UNI EN ISO 6892-1:2020 – Metodo di prova a temperatura ambiente. POI 1.																
Strumentazione/ <i>Equipments:</i>		964 – 972 – 1381																
Inizio prove il / <i>initial test date:</i>		26/07/21				Fine prove il / <i>End test date:</i>		26/07/21										
<b>RISULTATI DI PROVA / TEST RESULTS</b>																		
MIF 6794 – N° 1 TONDINO PER C.A. IDENTIFICATO BA.02																		
<b>Località del cantiere: Torre degli Anziani – Padova</b>																		
Riferimenti <i>Reference</i>		T <i>Temperature</i>	Posizione <i>Position</i>	Tipo di provino <i>Type of specimen</i>	Dimensioni <i>Dimensions</i>	Sezione <i>Section</i>	Lc	Lo	Le	ReH	ReL	Rp0.2%	Rp1%	Rt0.5%	Rm	A	Z	Note
Lab.	Client.	°C		piece	mm	mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	%	%	
Mif 6794	BA.02	RT	-	C	Ø 11,97	112,5	-	60	50	300	-	-	-	-	439	35,0	-	26/07/21
Estratto dal rapporto di prova [A] redatto da Expin srl revisione 02 del 06/12/2021																		
Nota: lo spezzone prelevato risultava essere di diametro pari a 18 mm ed il laboratorio ne ha ricavato una provetta di diametro 12 mm per poter eseguire la prova di trazione;																		
9°) Ferro tondo da mm. 20/22 lavorato a trancia, di misura obbligata, dato in opera nell'interno dei fori agli angolari della Torre: per ogni kg. in ope										Nella documentazione di archivio (libretti delle misure dei lavori di consolidamento del 1938-40) è riportato un diametro di 20/22 mm.								

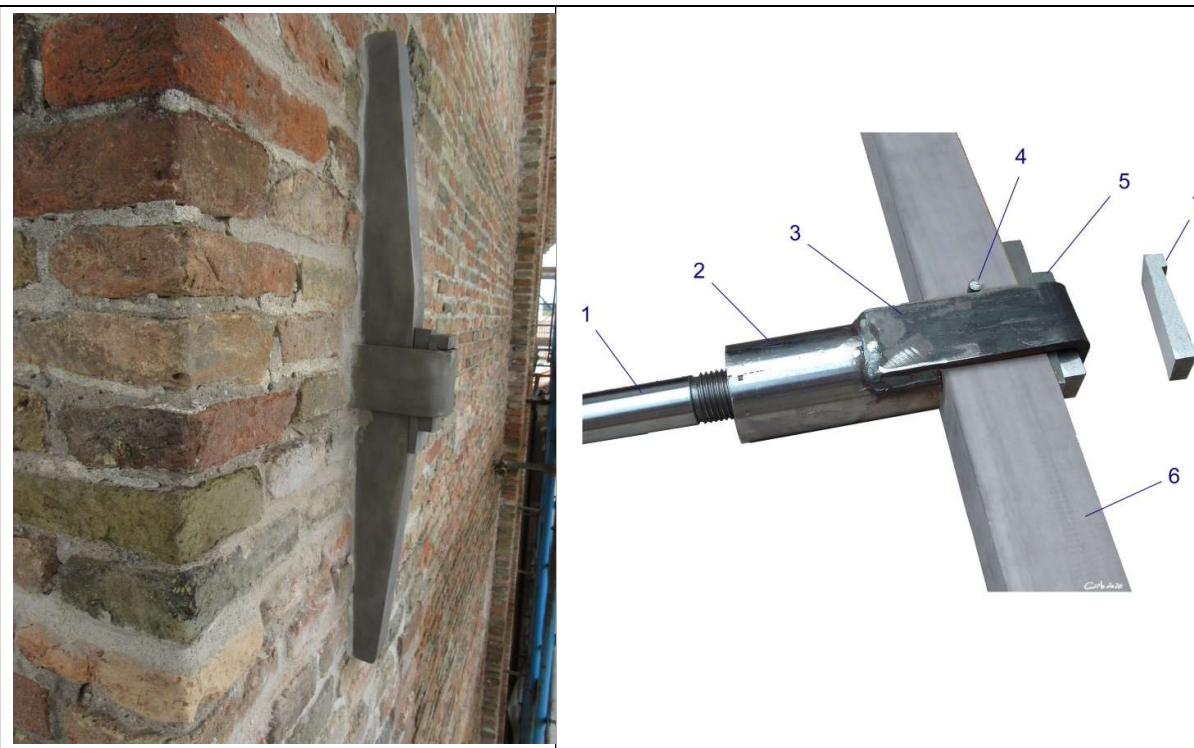
**IPOTESI DI INTERVENTO**

Le nuove catene saranno addossate alle pareti e possono essere preferibilmente inserite in corrispondenza delle riseghe murarie dove l'interferenza con le nuove scale risulta ridotta.

Si può ipotizzare la sostituzione con nuove catene diametro 30-32 mm (es. catene geodinox QT-850 della Geodag con manicotto di giunzione e tensionamento e capochiave a paletto esterno) prevedendo una nuova catena per ogni due catene esistenti rimosse.

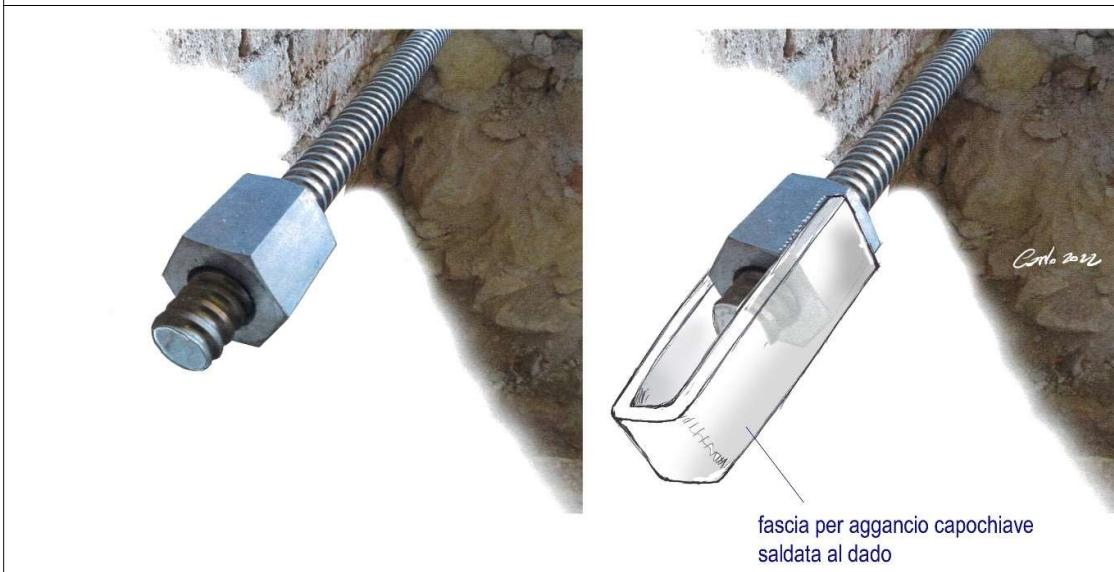
Le catene esistenti vanno ovviamente rimosse solo dopo l'inserimento e la tesatura delle catene integrative.





Esempi di capochiave in acciaio inox

Legenda: 1> tirante inox ad alta resistenza (es. tipo Gedinox della Geodag); 2> boccola filettata; 3> fascia sagomata a caldo saldata alla boccola; 4> perno saldato al paletto per evitare lo scivolamento; 5> cuneo e controcuneo; 6> paletto inox; 7> dente per mantenere in sede i cunei ed evitare lo scivolamento.



Esempi di possibile realizzazione di fascia per aggancio del capochiave alla barra tipo Geodag in acciaio inox





## 2.11 Sistema di Scale Interne

### 2.11.1 Stato di fatto



*Particolari delle scale interne a struttura lignea*

Le scale interne a struttura lignea ed i relativi parapetti lignei sono realizzati con elementi di ridotta sezione e, dal punto di vista strutturale, non appaiono idonee a garantire il passaggio dei visitatori in condizioni di sicurezza.

Le rampe di scale (vedi particolare a seguire) sono realizzate con due cosciali costituiti da tavoloni “moderni” segati a macchina a spigolo vivo sui quali sono incastrate e chiodate le pedate realizzate anch’esse da tavole.

In alcuni punti (es. attraversamento della volta a quota + 29.5 m) il passaggio è assicurato da scale lignee a pioli.





*Particolare di una delle rampe**Particolare scala per l'accesso alla volta V4**Particolari delle scale interne a struttura lignea (Stato di fatto)*

### 2.11.2 Stato di Progetto

Sono state preliminarmente studiate due distinte soluzioni strutturali che prevedevano:

- A) Struttura portante in legno con pedate sempre in legno;
- B) Struttura portante leggera in acciaio con pedate in legno.

Nella prima soluzione totalmente in legno un aspetto “delicato” dal punto di vista statico è la giunzione dei vari tratti della trave a ginocchio. Una struttura lignea “leggera” (con giunzioni che si avvicinano ad un comportamento a cerniera) per garantire la stabilità comporterebbe la formazione di sforzi assiali con rampe che si sostengono reciprocamente ma con la formazione di spinte orizzontali sulle murature.

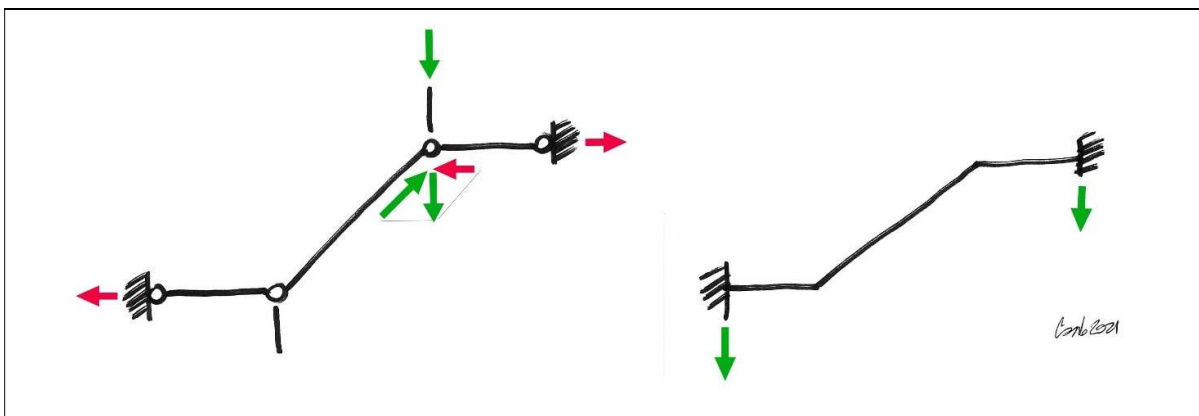
Se si vogliono evitare “spinte” sulle murature (come anche prescritto dalle normative vigenti) è quindi necessario irrobustire tali nodi inserendo ad esempio piastre di collegamento in acciaio capaci trasferire sforzi flessionali.

Tali elementi (vedi schemi a seguire) possono essere inseriti a scomparsa ma comportano un eccessivo appesantimento della struttura che verrebbe a perdere i vantaggi della struttura tradizionale lignea.

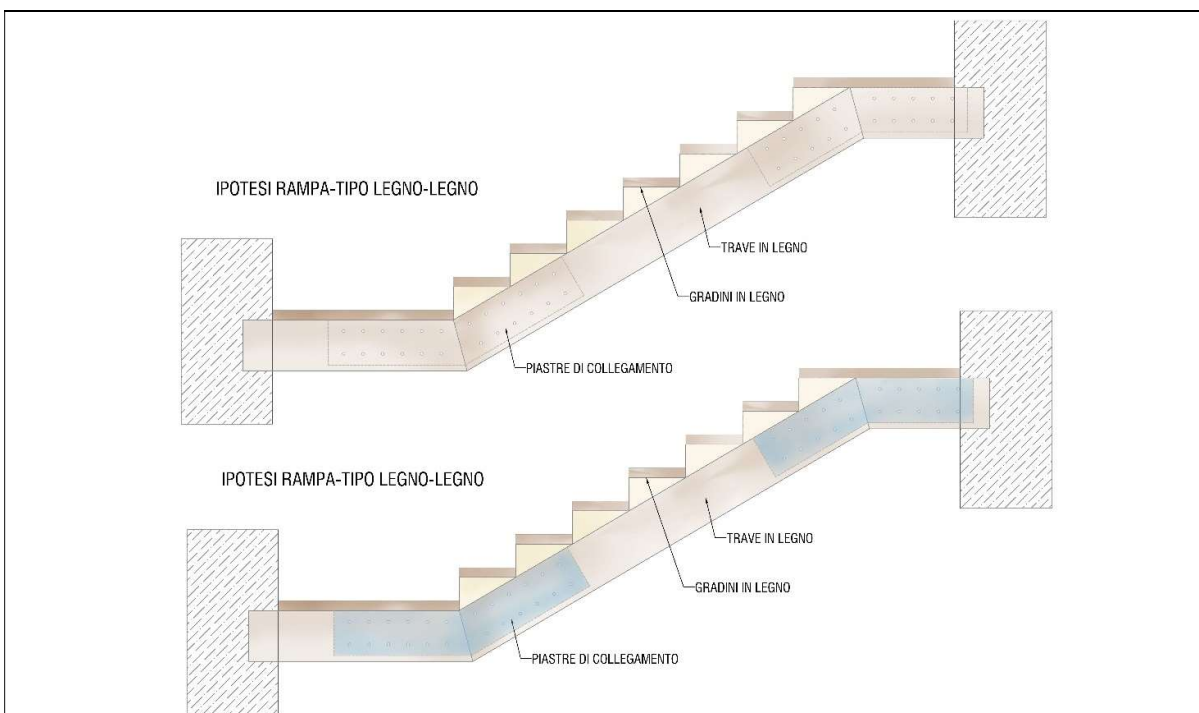
A questo punto, nel confronto, la struttura con profili in acciaio saldati diventa sicuramente più “leggera” (sia dal punto di vista delle masse che degli ingombri) e viene quindi proposta come soluzione progettuale per le nuove scale.





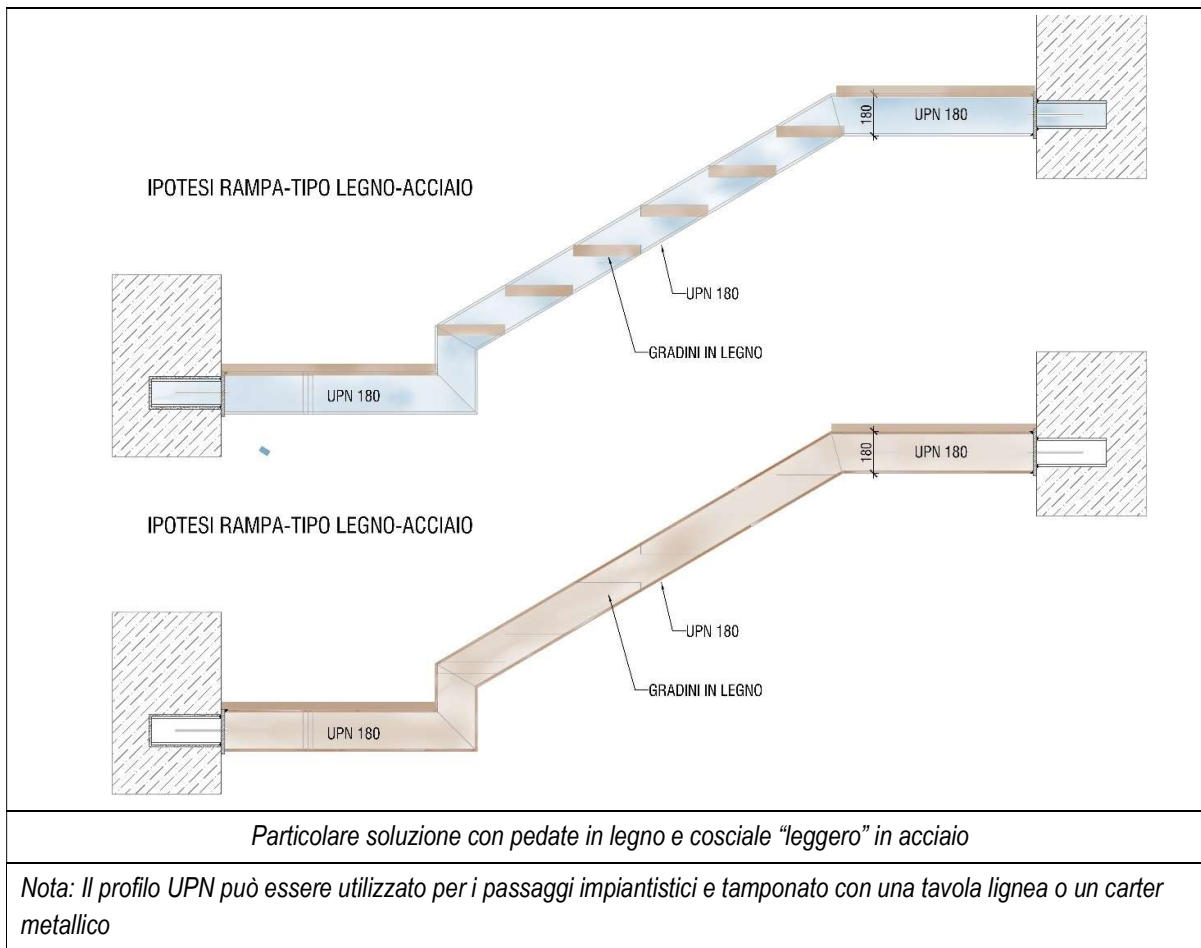


Schema di massima delle travi a ginocchio. In caso di giunzione a "cerniera" tra i vari tratti (schema a sx) si vengono a generare spinte sulle murature che possono essere eliminate prevedendo giunzioni ad incastro (schema a dx).



Particolare soluzione interamente in legno con piastre di collegamento in acciaio



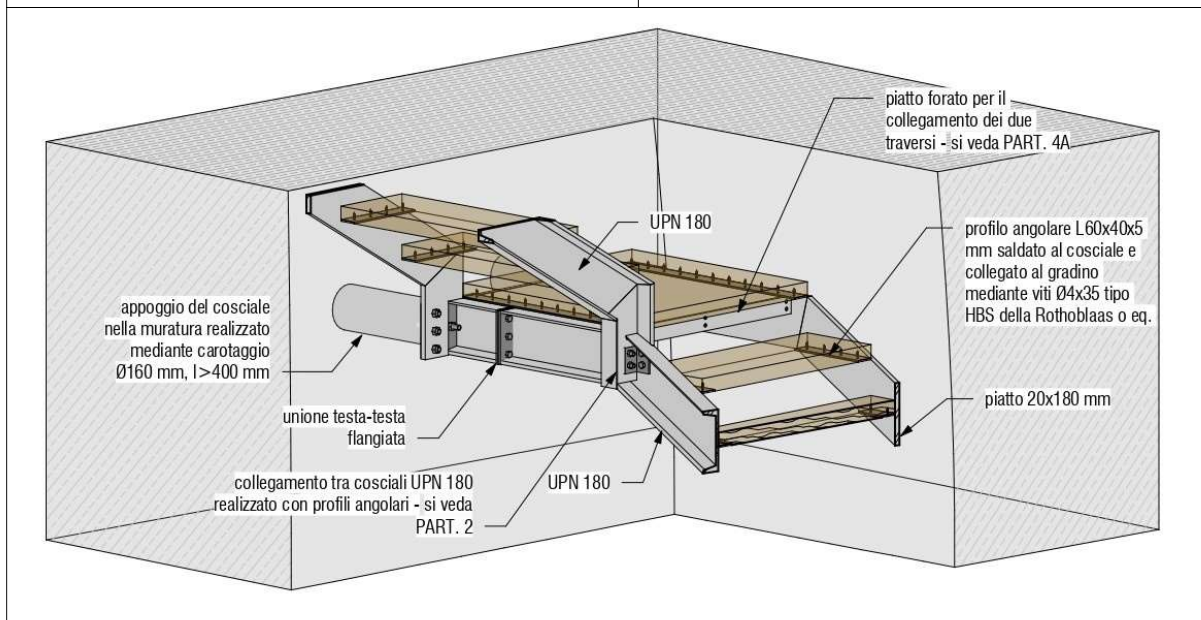
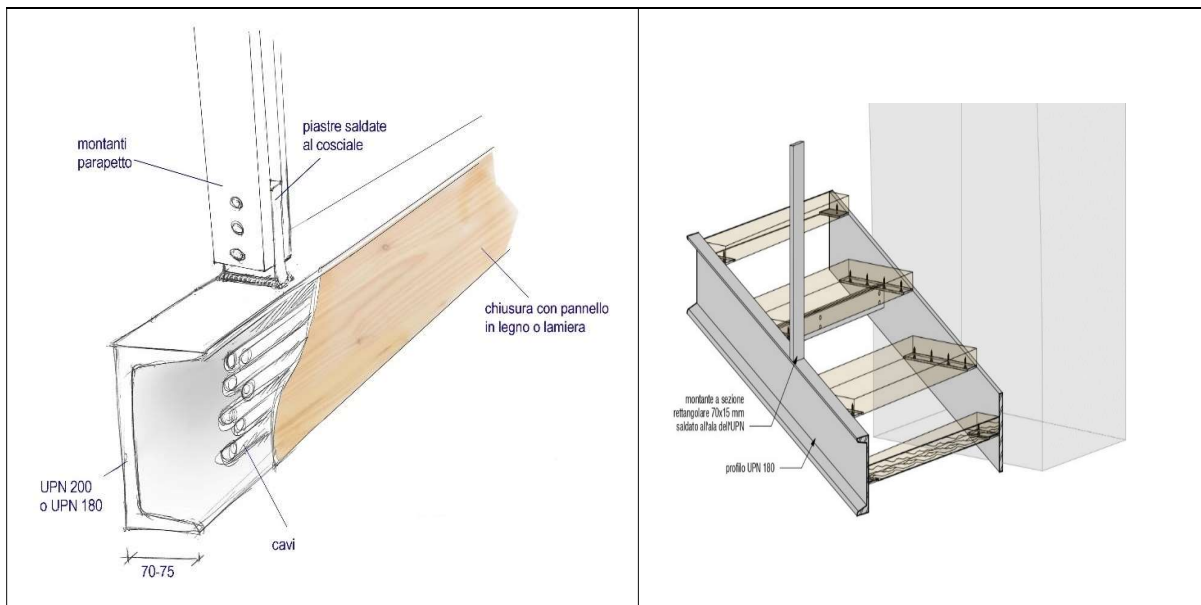


Le nuove scale verranno realizzate con struttura leggera composta da cosciali in acciaio e pedate in legno.

Per gli appoggi, per minimizzare il disturbo sulle murature esistenti, verrà evitata la realizzazione di scassi ed in generale verranno previsti appoggi mediante elementi tubolari inseriti entro carotaggi eventualmente integrati da ancoraggi diffusi (es. con barre filettate inox inghisate nella muratura) nel caso di cosciale esterno che corre in vicinanza della parete.

Si riportano a seguire alcuni schemi tipologici.

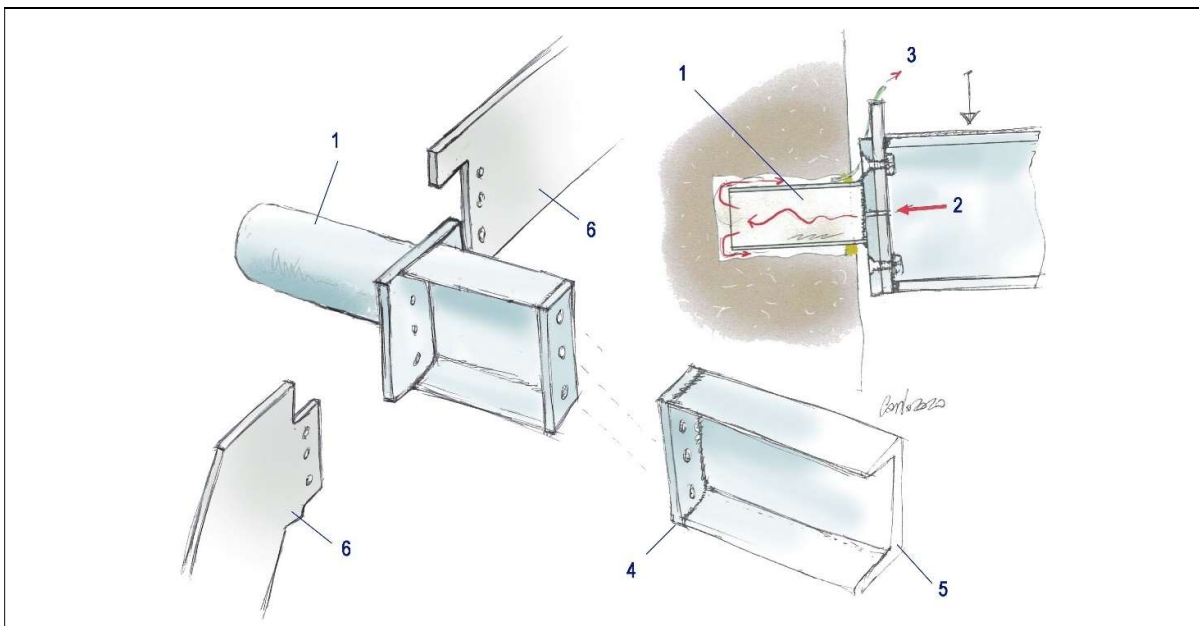




*Particolari tipo delle rampe interne. Per maggiori dettagli si rimanda alle tavole grafiche*

*Le pedate ed i pianerottoli verranno essere realizzati in legno massello (es. Rovere con classe di resistenza non inferiore a D30) in base alle indicazioni del progetto architettonico*

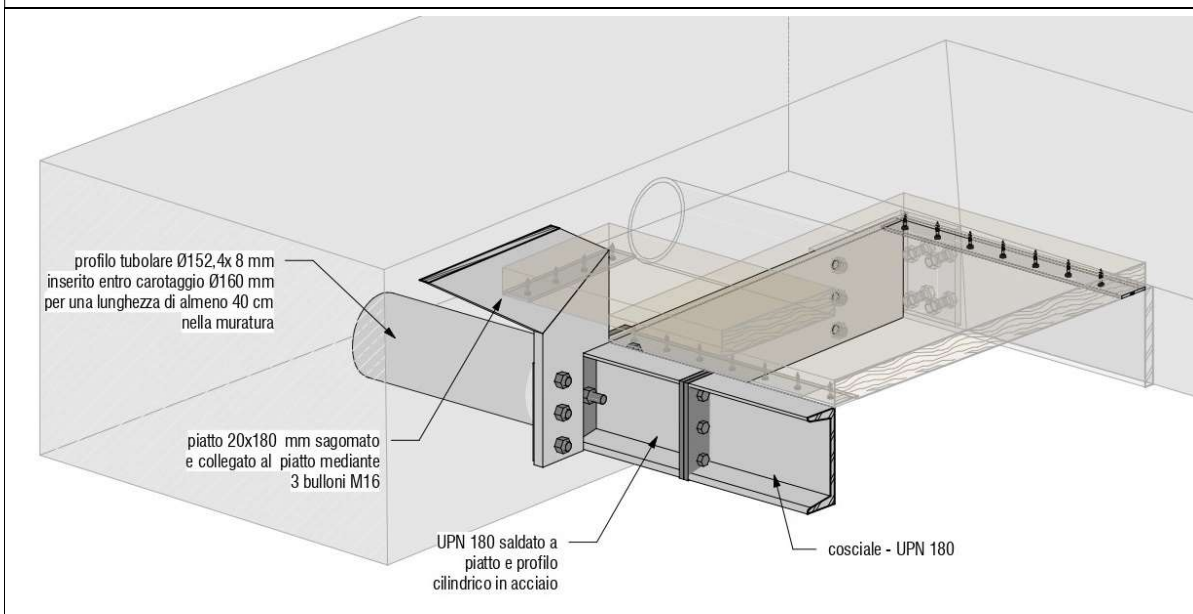




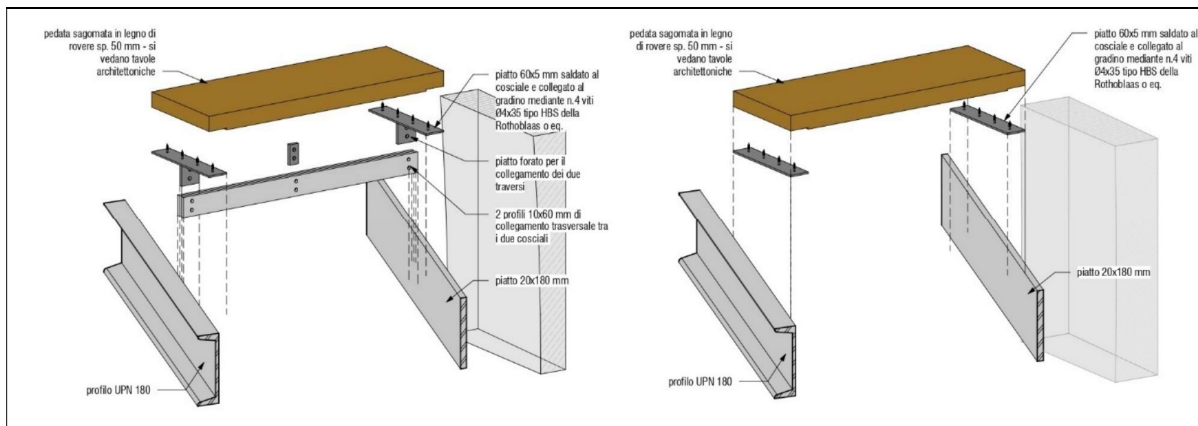
Schema tipologico di appoggio delle scale sulla muratura (da adattare per le diverse situazioni).

Legenda: 1> tubolare in acciaio inserito entro carotaggio; 2> riempimento con boiaccia a base di calce idraulica; 3> foro di sfogo; 4> giunzione con flangia bullonata; 5> cosciale composto da profilo UPN 180-200; 6> cosciali interni (piatto in acciaio).

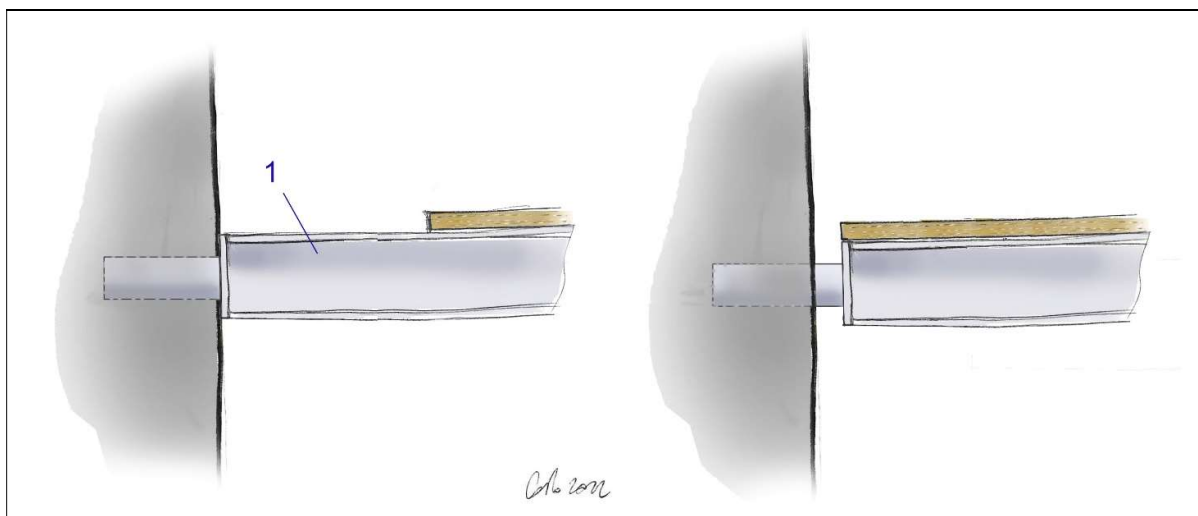
Le condizioni locali della muratura verranno verificate (sfruttando anche la presenza del carotaggio) e, ove necessario, verranno previsti idonei consolidamenti locali delle murature.





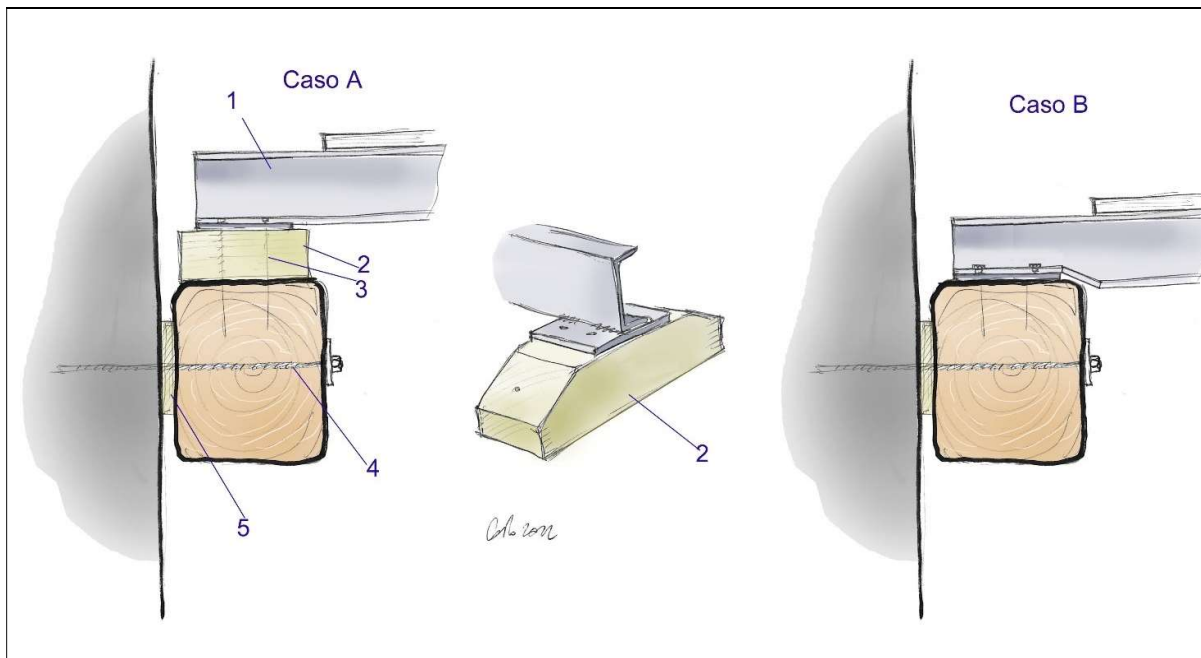


Particolare attacco dei gradini: caso standard (dx) ed in corrispondenza di un traverso (sx)



Particolare appoggio: caso standard (dx) e caso di pianerottolo molto distante dalla parete (sx). ( 1 > profilo UPN 180)





*Particolare tipo di eventuale appoggio su travi lignee esistenti per evitare la realizzazione di scassi sulla muratura (previa verifica dello stato di conservazione delle travi)*

*Legenda: 1> profilo UPN180; 2> spessore in legno duro stagionato; 3> Viti autoperforanti; 4> Eventuali collegamenti della trave esistente alle murature con barre filettate M12 e rondelle DIN da legno; 5> eventuali spessori;*





## 2.12 VANI VOLTATI INFERIORI

### 2.12.1 Accessibilità

I vani voltati inferiori non sono attualmente accessibili.

Per tali ambienti si prevede la predisposizione di scale di servizio per permettere ispezioni periodiche.

Potranno essere installate scale a pioli in alluminio certificate secondo le normative vigenti prevedendo ove necessario un sistema di sicurezza contro le cadute dall'alto costituito da binario su cui può scorrere la navetta anticaduta dotata di assorbitore di energia che può garantire il blocco in caso di caduta accidentale dell'operatore.

Tale sistema verrà utilizzato solo in situazioni straordinarie da parte di tecnici formati per eventuali ispezioni ed interventi di manutenzione del sistema di illuminazione.



*Legenda: 1> rimozione della cordolatura in cls esistente; 2> Inserimento di un controtraliccio in lamiera di acciaio (es. profilo ad L saldato); 3> inserimento di scale in alluminio con corrimano e dispositivi di sicurezza secondo norme vigenti*



In funzione dei risultati delle indagini e delle verifiche effettuate in corso d'opera potrà essere previsto lo smontaggio della pavimentazione e del riempimento; la riparazione di eventuali lesioni presenti all'estradosso delle volte; l'eventuale rinforzo con fibre ed il successivo ripristino con materiali alleggeriti.

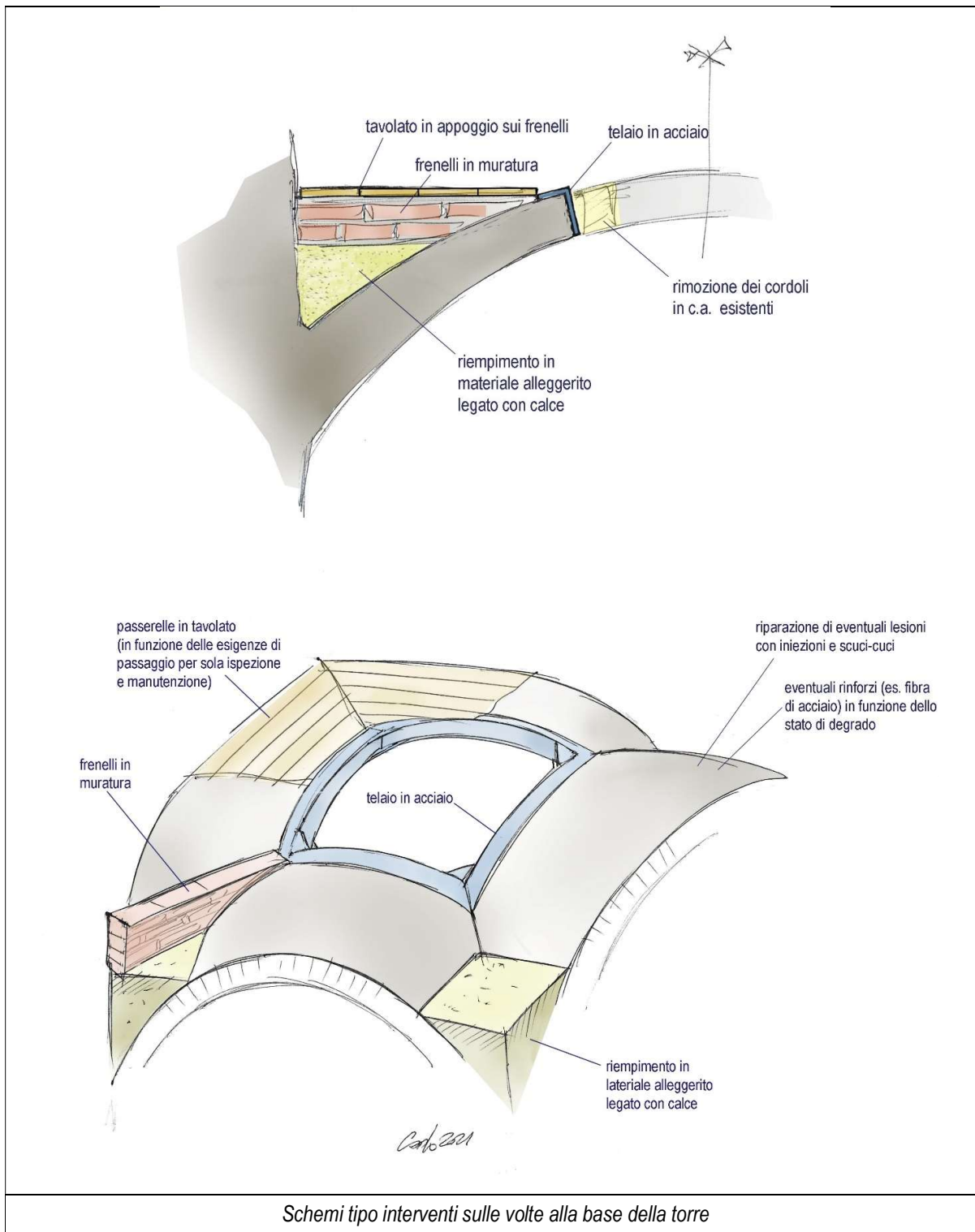


### 2.12.2 Interventi Sulle Volte

Per le tre volte poste alla base della torre, oltre alla sostituzione dei cordoli in c.a. con più leggeri telai in acciaio, si prevede in generale un intervento di:

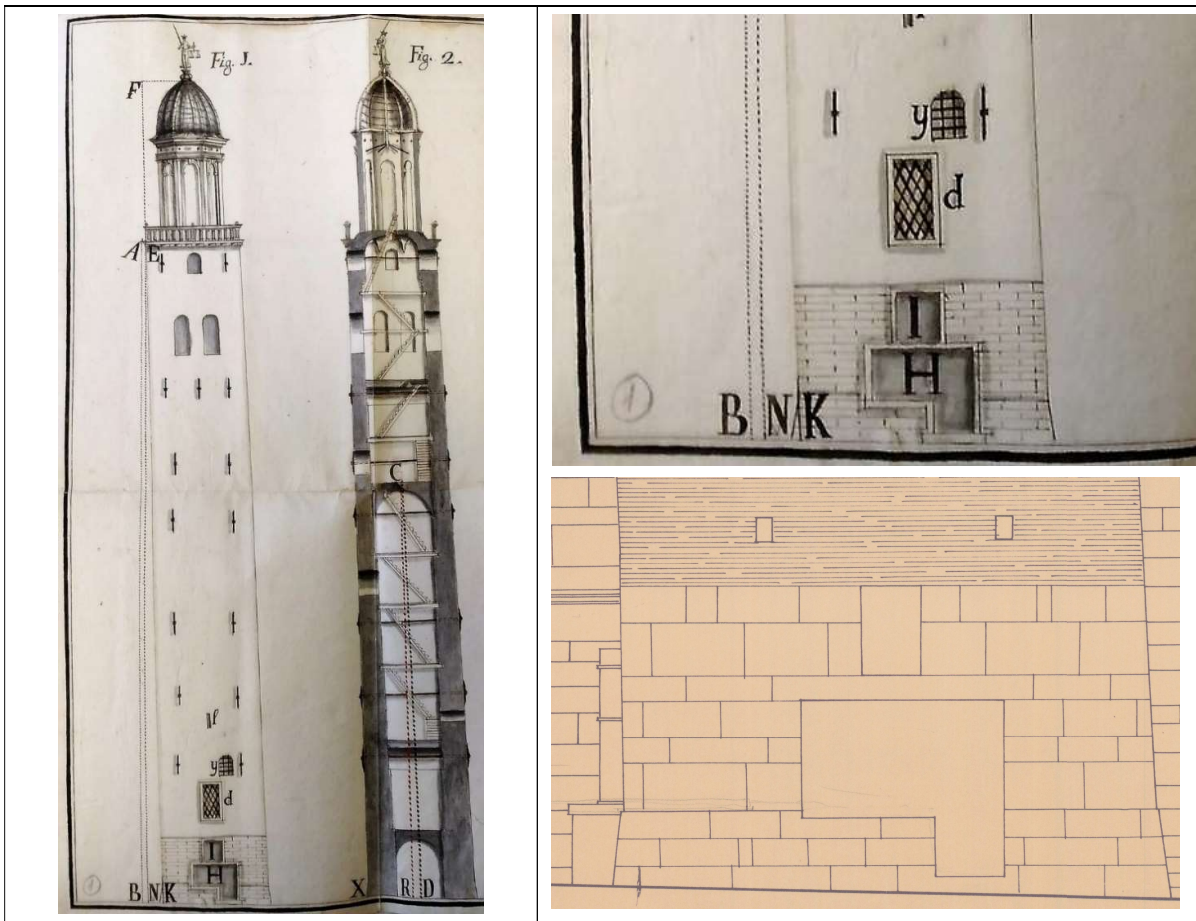
- Rimozione del riempimento e successiva verifica dello stato di conservazione della volta;
- Eventuali interventi di riparazione con tecniche tradizionali (es. iniezioni di boiacche a base di calce; sostituzione di singoli mattoni; scuci-cuci) integrati se necessario con fasciature con materiali fibrorinforzati (es. fasce in fibra di acciaio o reti in fibra di basalto);
- Ripristino di parte del riempimento con materiale alleggerito legato con calce idraulica naturale;
- Realizzazione di frenelli in muratura;
- Posa di passerelle costituite da tavoloni lignei ove necessario per permettere il passaggio per ispezione;







### 2.12.3 Ripristino dell'apertura al piano terra



Particolari dell'apertura da materiale storico e dalla relazione del prof. L. Brisighella





Nella relazione del prof. Lamberto Brisighella viene proposta la riapertura completa dell'apertura.

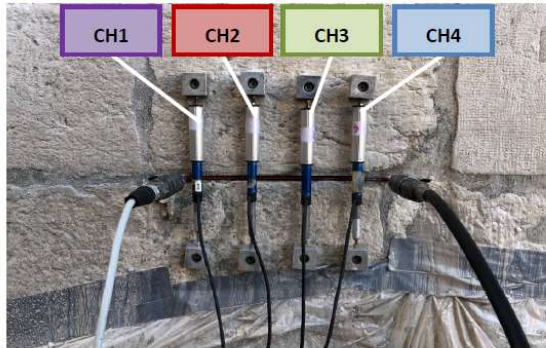
A mio parere occorre riaprire le aperture verso gli edifici adiacenti e riaprire la grande apertura alla base, per riproporre l' utilizzo originario del piano terra e per permettere una buona ventilazione delle murature, attualmente sofferenti per umidità. L' apertura del vano al piano terra non modifica sensibilmente l' impegno tensionale, sia per il forte legame voluto dal prof. Danusso tra torre e sperone, sia per l' esecuzione del tamponamento, a deformazioni ormai prefissate.

*Estratto dalla relazione del prof. L.Brisighella [1]*

#### PROVA CON MARTINETTO PIATTO SINGOLO

ASTM C1196-14a

Test n.	MS.01	Data prova:	04/11/2021	Ora prova:	9.00		
Tipo martinetto <sup>1</sup> :	C	Dim. martinetto <sup>2</sup> :	350x250 mm	$K_m^3 =$	0.9	$K_a^4 =$	1
Tipo muratura <sup>5</sup> :	LS	Data costruzione <sup>6</sup> :	NN				
Utilizzo di spessori <sup>7</sup> :	No	Condiz. ambientali <sup>8</sup> :	12°C/76%	Pressione ripristino <sup>9</sup> :	7.58		



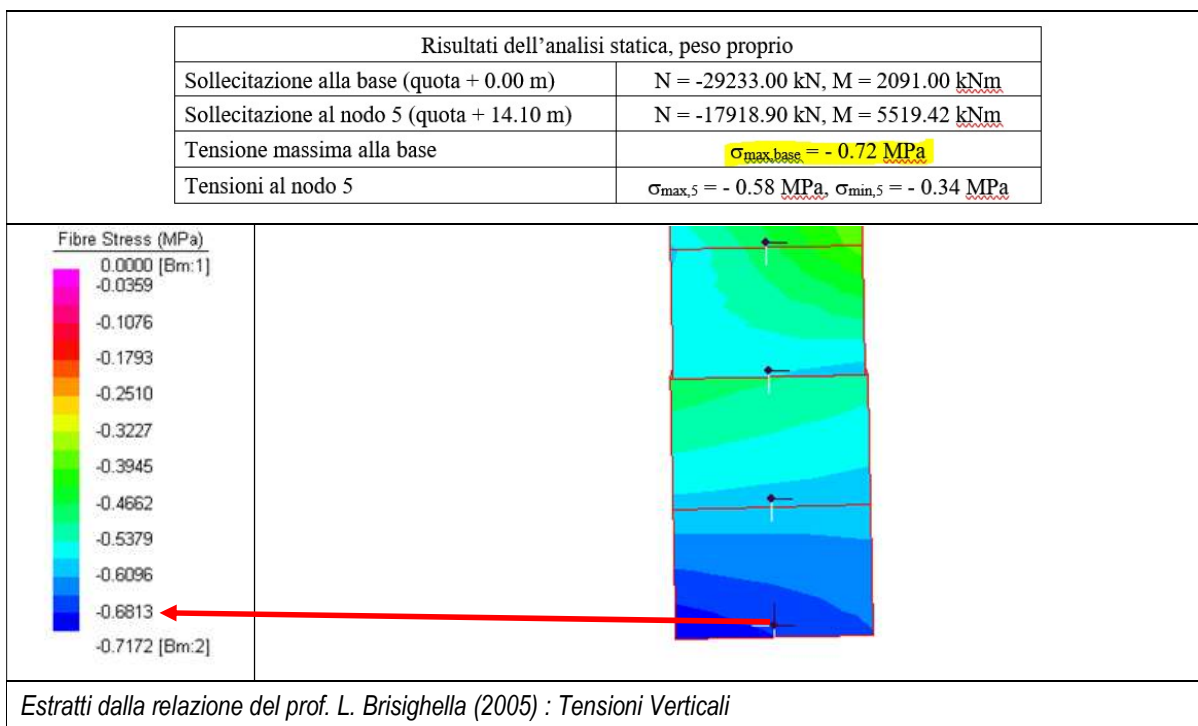
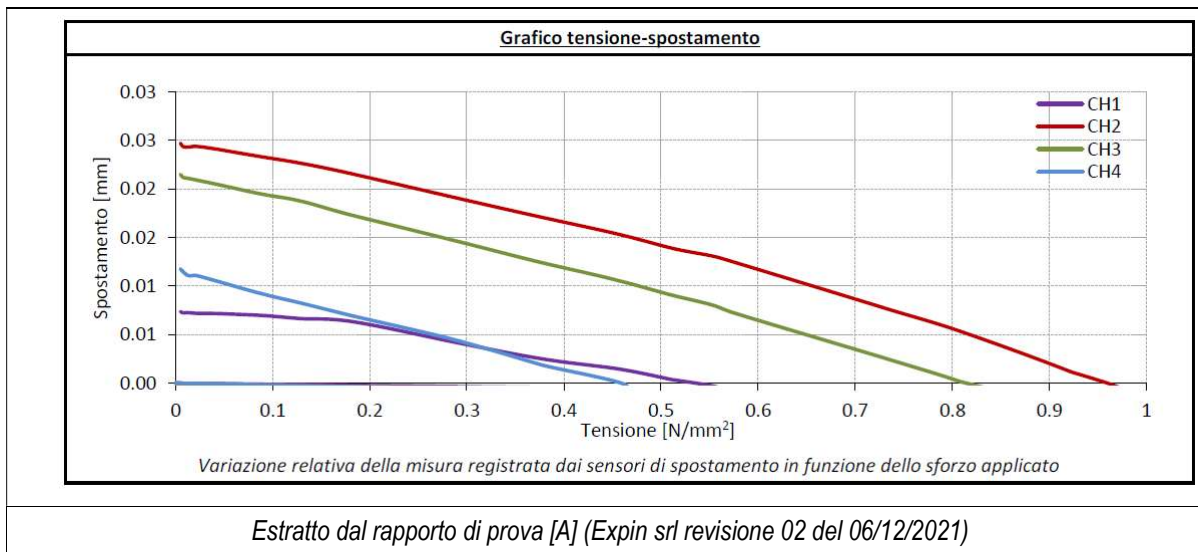
*Schema dei sensori durante la prova*

#### Tensione di compressione in corrispondenza della compensazione della lettura [N/mm<sup>2</sup>]

Sensore 1 (CH1)	0.53
Sensore 2 (CH2)	0.95
Sensore 3 (CH3)	0.81
Sensore 4 (CH4)	0.44
Media sui sensori ( $\sigma$ locale)	<b>0.68</b>

Note<sup>10</sup>: ND

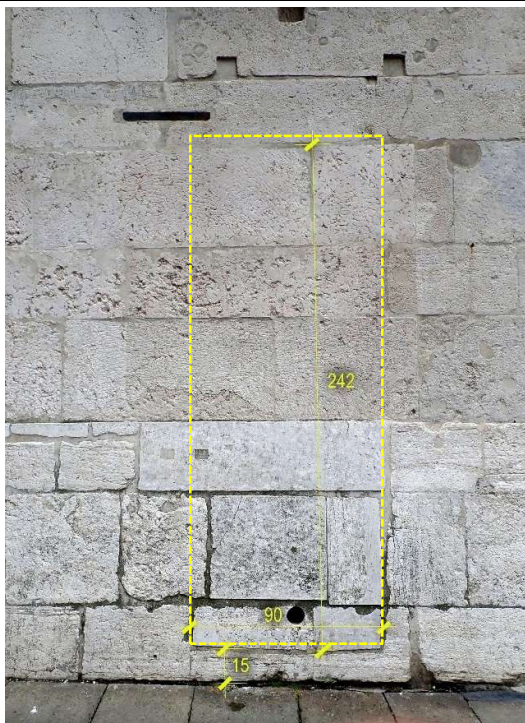




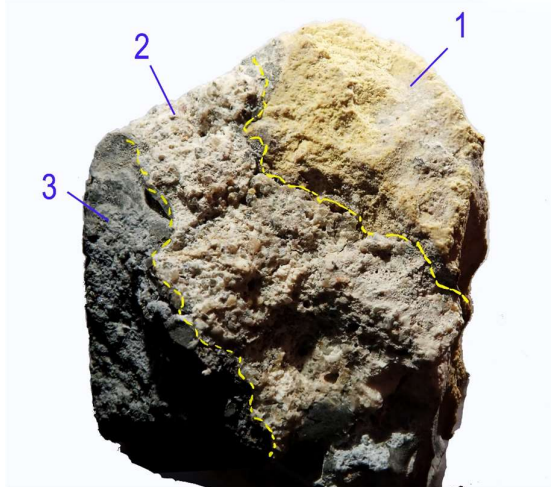
La tensione nel tamponamento misurata con il martinetto piatto singolo è molto simile a quella calcolata nella relazione del prof. L. Brisighella. La nuova muratura è quindi stata messa in tensione ed è pienamente entrata in compressione. L'eventuale rimozione risulterebbe quindi un'operazione molto delicata. Sentita anche la Soprintendenza e visti anche i limitati vantaggi che si otterrebbero realizzando una nuova apertura è stato deciso di evitare la rimozione del tamponamento.







*Particolare della zona in cui è stata valutata l'ipotesi di rimozione del tamponamento*



- 1 > laterizio
- 2 > malta allettamento
- 3 > boiaccia cementizia (interventi Rodio / ing. Forlati - 1939-40)

*Particolare di un frammento estratto dal carotaggio alla base della torre (foto dello scrivente): si nota la presenza di una boiaccia cementizia ascrivibile con buona probabilità agli interventi dell'ing. Forlati degli anni 1939-40*





## 2.13 PORZIONE DEL PALAZZO DEGLI ANZIANI INTERESSATA DAL PERCORSO DI ACCESSO (STATO DI FATTO)

La prima parte del percorso di accesso interessa alcuni locali del vicino Palazzo degli Anziani.

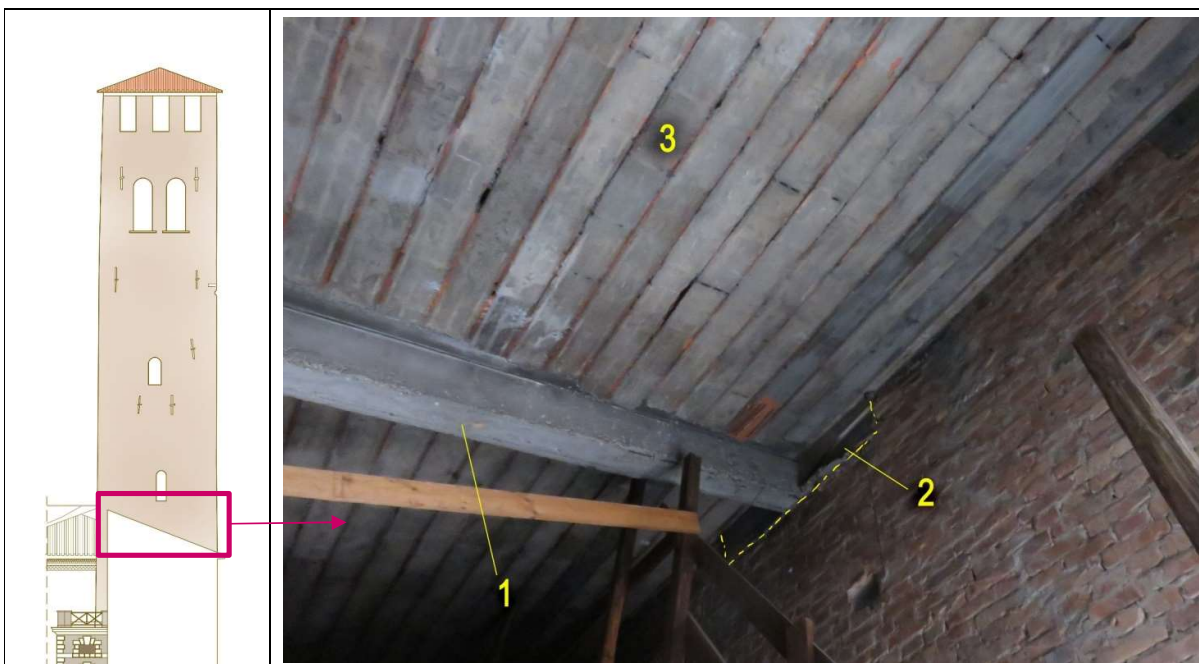
Si tratta di strutture ampiamente rimaneggiate nel corso degli interventi condotti nel secolo scorso (1939-1940). Le indagini hanno confermato come il palazzo sia stato di fatto “svuotato” e tutti gli impalcati originari sostituiti con impalcati in conglomerato cementizio armato ed elementi di alleggerimento in laterizio.

### 2.13.1 Copertura

L'attuale copertura del Palazzo degli Anziani risulta composta da travi inclinate in cemento armato sulle quali poggia un impalcato in laterocemento.

A seguire viene riportata una breve descrizione fotografica.

Nella campagna di indagini a cura di Expin srl sono state previste indagini per il rilievo delle armature e dei particolari costruttivi di tali strutture.



Particolare della copertura degli ambienti posti ad est della torre

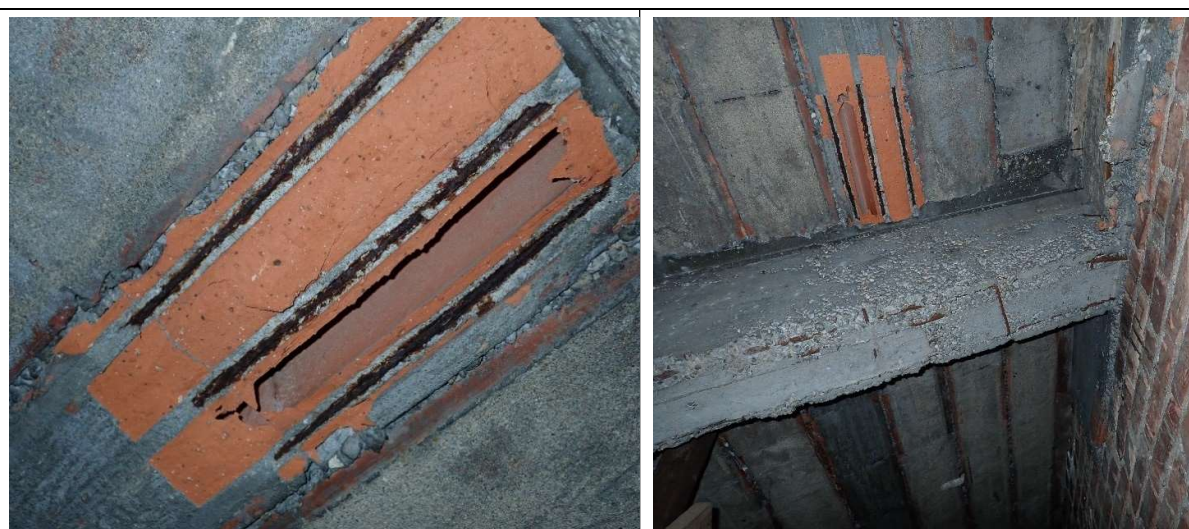
Legenda: <1> trave inclinata in c.a. che poggia sulla muratura tramite una trave di ripartizione sempre in c.a. <2>. Solaio in laterizio e cemento







*In corrispondenza dell'appoggio basso (lato nord) la trave poggia su un cordolo continuo in c.a.*



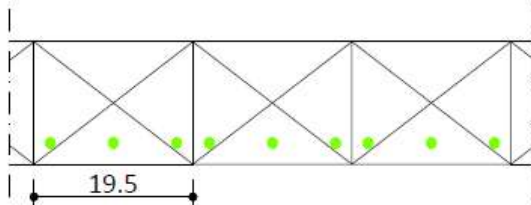
*Particolari dell'impalcato della falda e della trave*



**SS.05**

Scasso su solaio copertura palazzo anziani

Scala 1:10

**ARMATURA LONGITUDINALE**

3Ø3 l., copriferro - mm

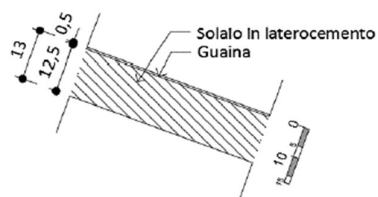
**NOTA:**

Solaio tipo "SAP"

travetti in laterocemento senza soletta

VE.16

Copertura palazzo anziani



0 cm



5 cm

*Estratti da rapporto di prova Expin srl revisione 02 del 06/12/2021***2.13.2 Scala esistente di accesso alla Torre**

Sul lato Est della torre, all'interno del sottotetto del palazzo degli anziani è presente una serie di rampe che permette di accedere alla torre.

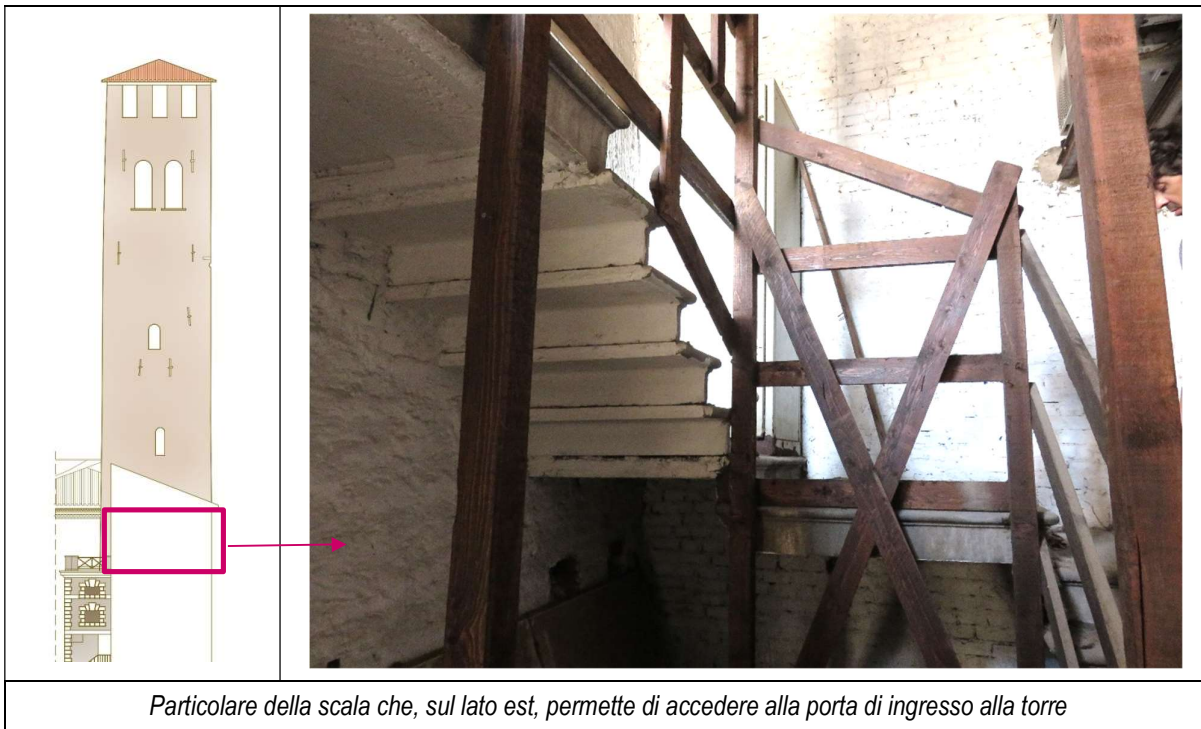
La scala che sul lato est permette di accedere alla torre è relativamente recente e risulta realizzata con elementi in griglia di cemento incastrati nella muratura della torre. Il parapetto è realizzato in maniera molto sommaria con listelli in legno chiodati.

Si tratta evidentemente di una struttura non idonea a garantire il passaggio dei visitatori in condizioni di sicurezza.

Visto lo stato della struttura è previsto lo smontaggio e la sostituzione con una nuova scala con struttura in acciaio della stessa tipologia delle rampe che verranno installate all'interno della torre.





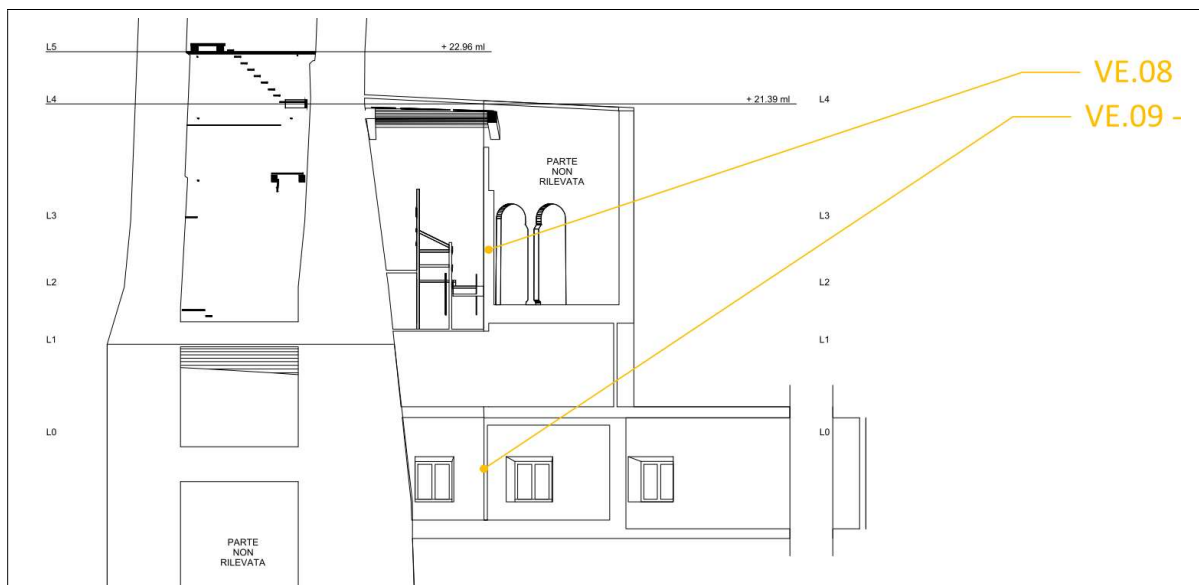




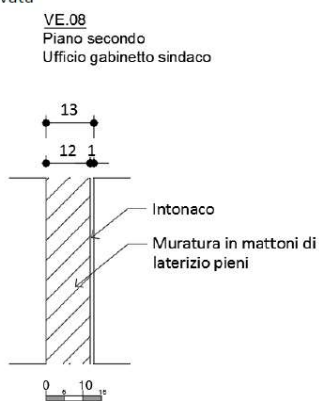
### 2.13.3 Locali posti in aderenza alla Torre

Le indagini condotte sulle strutture dei locali posti in aderenza alla torre hanno evidenziato la presenza di impalcati relativamente recenti in calcestruzzo armato e laterizio.

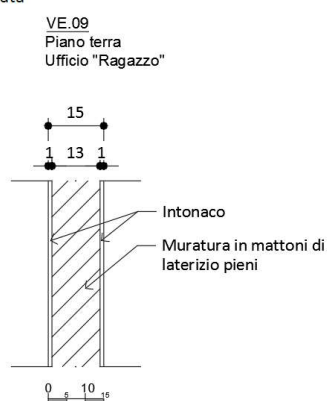
Il setto murario trasversale contrariamente a quanto indicato nei rilievi precedenti non è continuo ai vari livelli ed è costituito da muratura di mattoni pieni di ridotto spessore (pari ad una testa).



Stratigrafia rilevata



Stratigrafia rilevata



Estratti dal rapporto di prova Expin srl revisione 02 del 06/12/2021



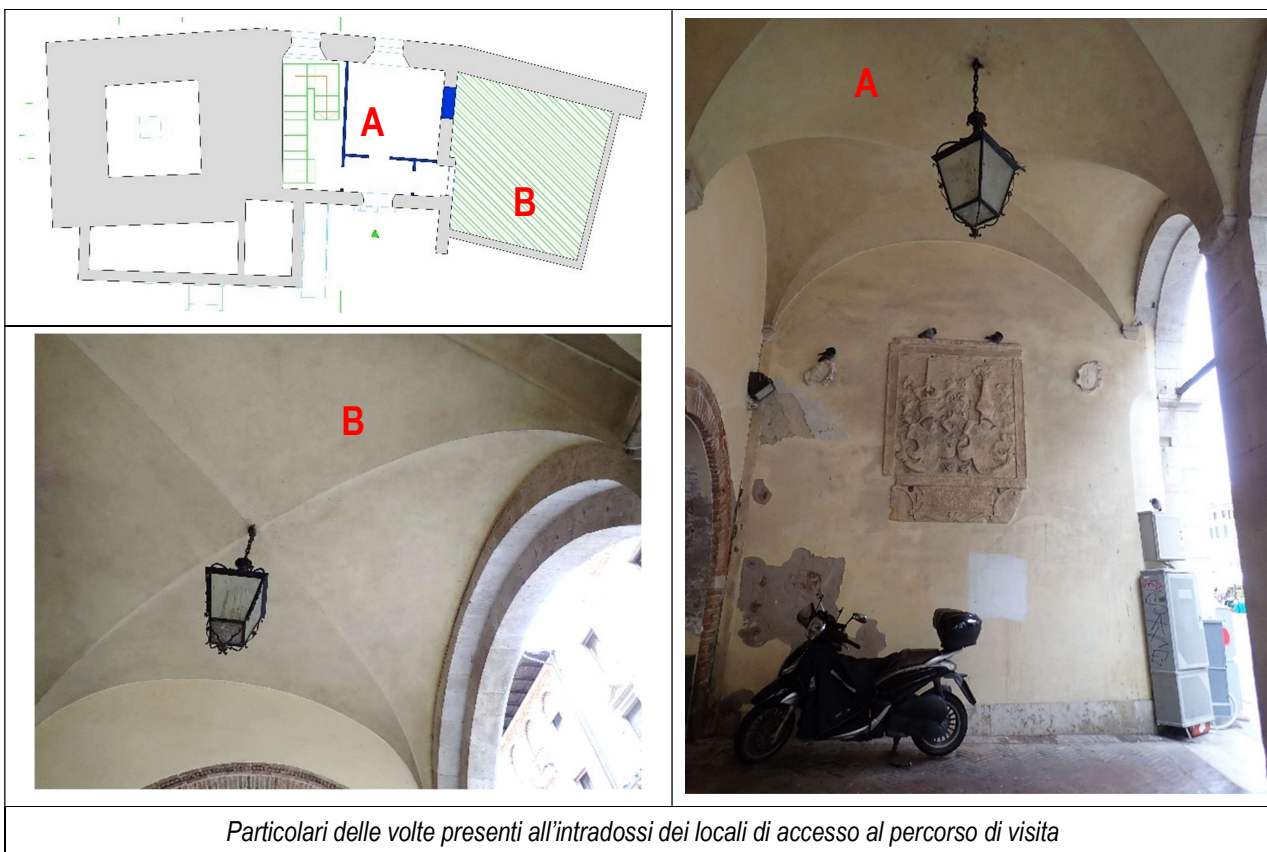


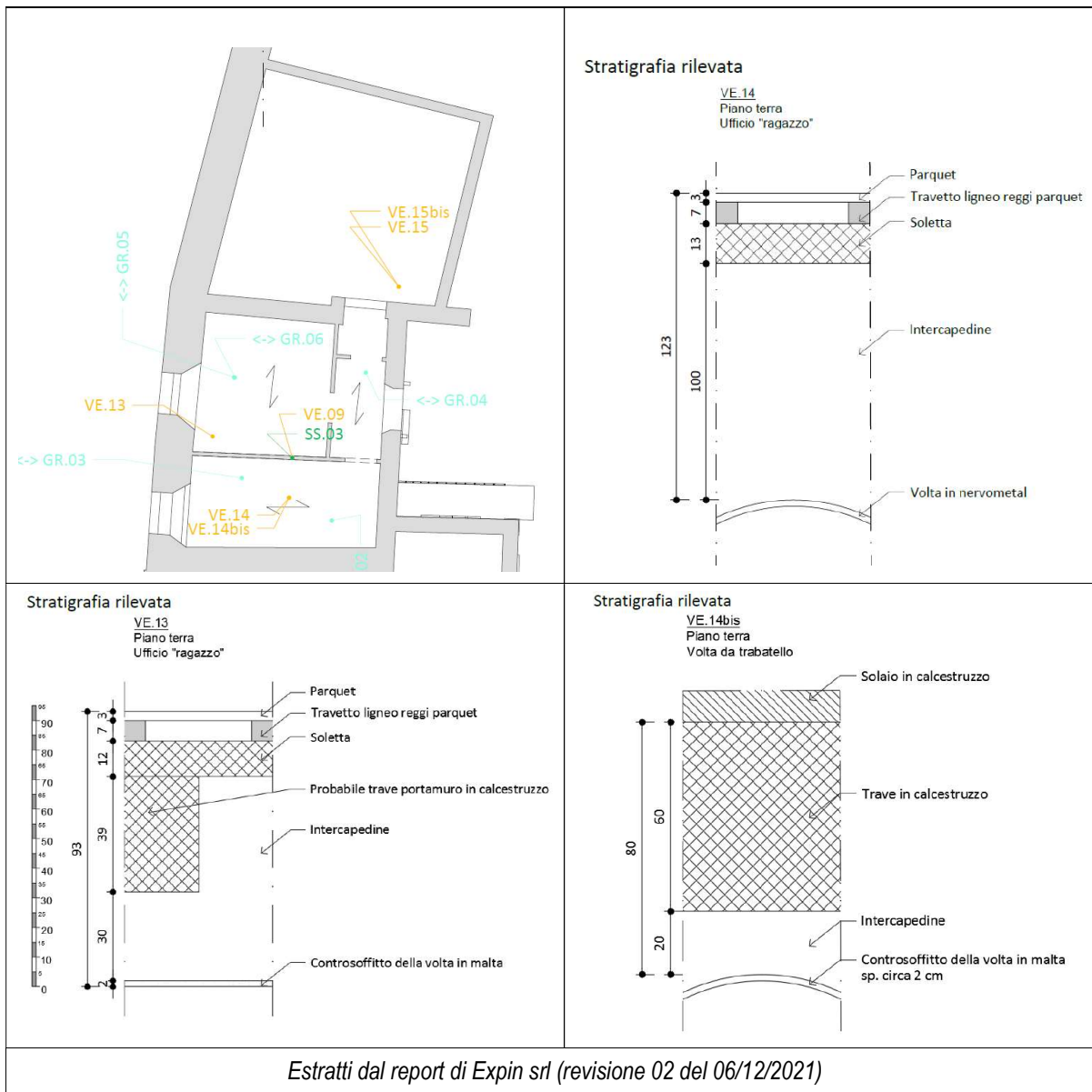
### 2.13.4 Porticato del Palazzo degli Anziani

Il percorso di visita previsto dal progetto architettonico prevede per l'accesso l'utilizzo di alcune sale poste sopra le volte del portico.

Le indagini previste per verificare gli spessori hanno mostrato che non si tratta di volte in muratura strutturali ma di finte volte costituite da uno strato di intonaco posato su una rete metallica.

Negli interventi di ristrutturazione del Palazzo degli Anziani le originali volte a crociera in muratura sono state quindi sostituite da impalcati in laterocemento e la sottostante volta ha una funzione puramente estetica.





I locali sono attualmente in uso e l'esigenza di condurre indagini a basso impatto ha permesso di eseguire controlli con endoscopio eseguiti su fori di piccolo diametro che hanno consentito di rilevare soltanto gli spessori e le tipologie degli impalcati.

Le indagini non hanno quindi permesso di ottenere elementi sufficienti a caratterizzare dal punto di vista meccanico gli impalcati.

Per verificare la tipologia, l'orditura e la quantità delle armature di rinforzo saranno necessarie indagini più invasive che potranno essere presumibilmente condotte in corso d'opera quando sarà possibile puntellare le volte e realizzare una saggio più ampio demolendo una piccola porzione di impalcato e/o di volta.

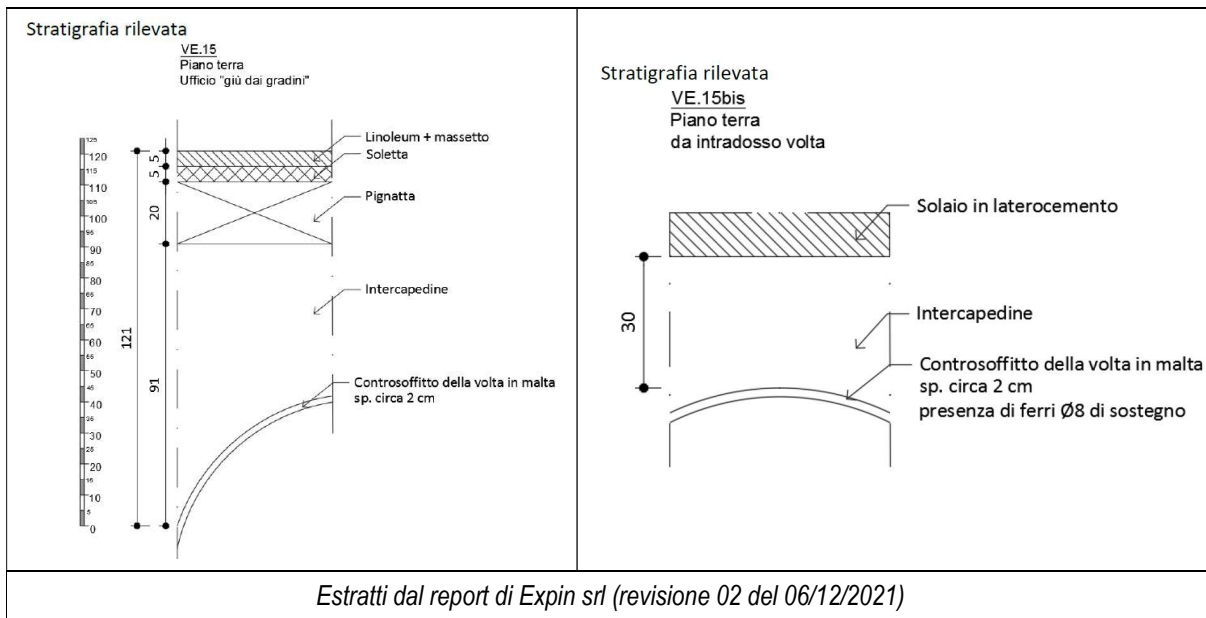






Visti gli spessori degli impalcati e quanto rilevato in solai realizzati probabilmente nell'ambito degli stessi interventi degli anni '39-'40 è molto probabile che tali strutture non abbiano una portata utile sufficiente in relazione alla nuova destinazione d'uso. Si ricorda che i locali sono attualmente adibiti ad uffici chiusi al pubblico e verranno destinati ad attività espositive con un notevole aggravio dei carichi variabili.

E' inoltre da considerare che, date le ridotte dimensioni degli ambienti, anche limitando il numero di visitatori è comunque possibile che si possano creare delle concentrazioni di carico sugli impalcati.





Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

Cat.	Ambienti	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
A	<b>Ambienti ad uso residenziale</b>			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	<b>Uffici</b>			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	<b>Ambienti suscettibili di affollamento</b>			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atrii di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00

Estratto dalle NTC 2018 con evidenziata la variazione dei sovraccarichi

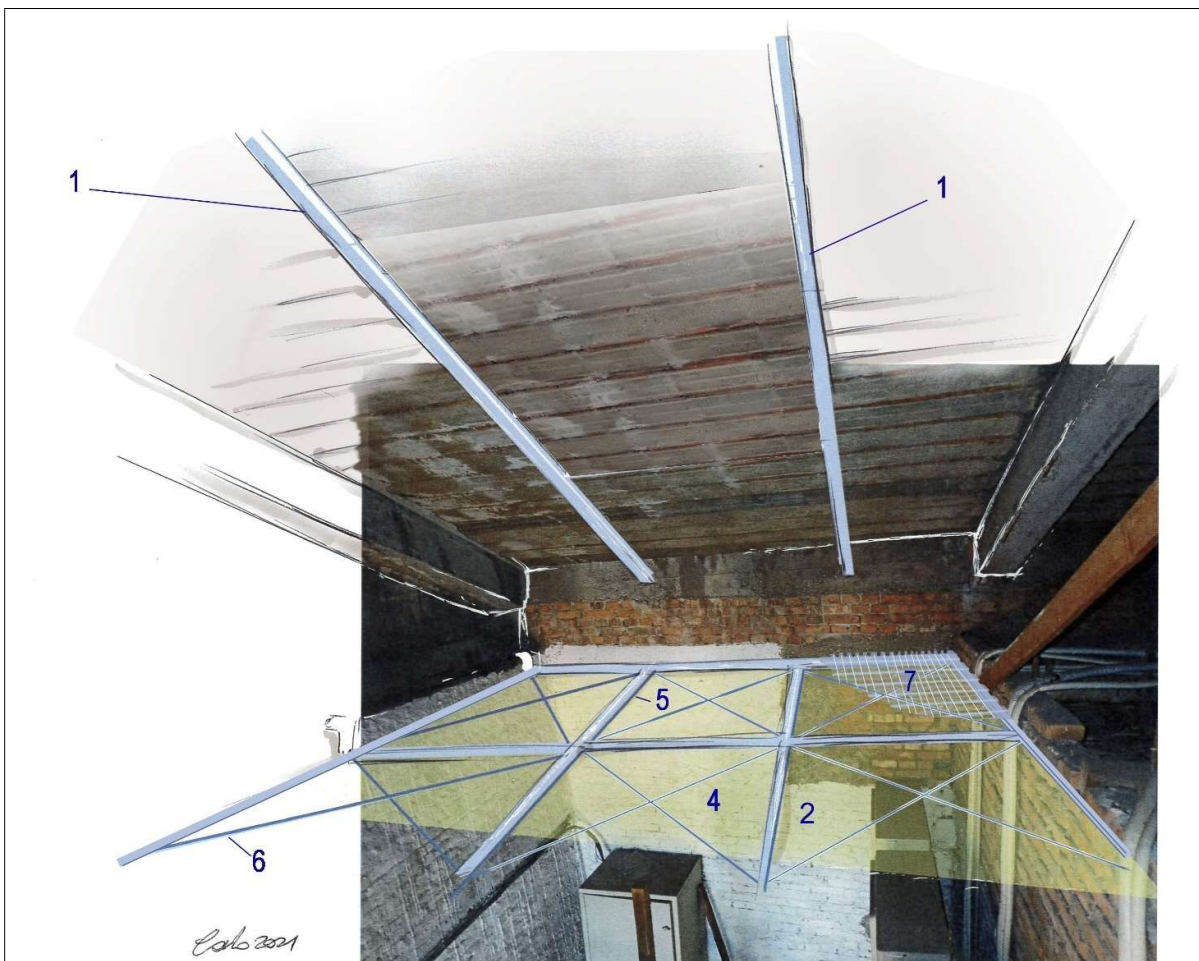




## 2.1 PORZIONE DEL PALAZZO DEGLI ANZIANI INTERESSATA DAL PERCORSO DI ACCESSO (STATO DI PROGETTO)

### 2.1.1 Copertura e nuovo impalcato al di sopra del vano scale

In alternativa al rifacimento della falda di copertura si prevede l'inserimento di una coppia di travi rompitratta in acciaio allo scopo di ridurre le sollecitazioni sia sull'impalcato in laterocemento che sulla trave in c.a..



Legenda: 1> Inserimento di travi in acciaio all'intradosso; 2> Controsoffitto REI (vedi progetto architettonico ed impiantistico); 4> Impalcato con orditura metallica <5> e croci di controventamento <6>; 7> Grigliato. Una delle croci di controventamento potrà essere rimossa per permettere la messa in opera di una scaletta di accesso ai sottotetti (vedi progetto architettonico)





### 2.1.2 Nuovo impalcato Palazzo Anziani



*Particolare degli impianti attualmente presenti lungo il percorso di accesso e di cui è previsto lo spostamento*

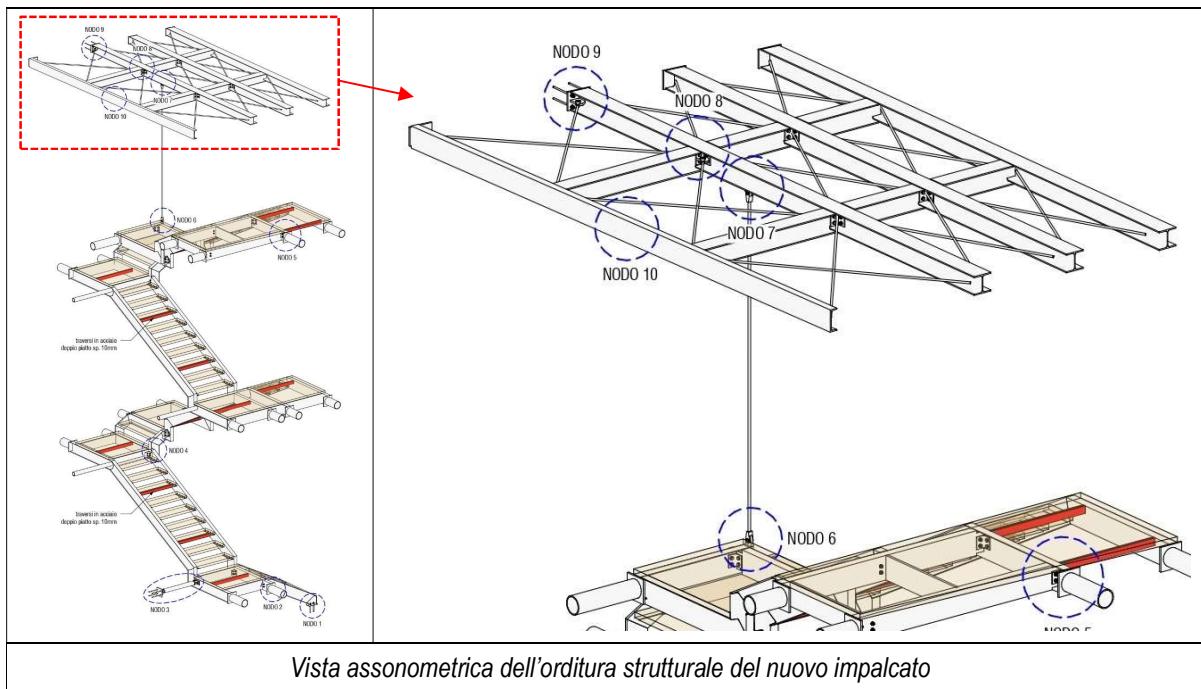
L'impalcato posto al di sopra del vano scale verrà realizzato prima della demolizione dei solai sottostanti (necessaria per l'inserimento delle nuove scale previste dal progetto architettonico) e verrà controventato nel proprio piano con croci in acciaio.

E' da notare che il corpo di fabbrica del palazzo degli Anziani è situato sottopendenza rispetto alla Torre e potrebbe avere nel tempo assunto una funzione di stabilizzante. Già nel corso degli interventi conclusi nel '39 ci si era preoccupati di lavorare per cantieri in modo che non venisse a mancare alla torre l'effetto di "speronatura" di questo edificio (notizia ricavata dalla pubblicazione di R. Martin "La Torre degli Anziani a Padova. Vicende di carta, pietra e bronzo")

Prudenzialmente è quindi opportuno realizzare questo nuovo impalcato prima di demolire le due fasce dei solai sottostanti esistenti in modo da non variare l'assetto attuale.









### 2.1.3 Nuova scala

E' prevista una nuova scala con struttura metallica che permette di accedere alla torre partendo dai locali posti appena al di sopra del livello del portico.

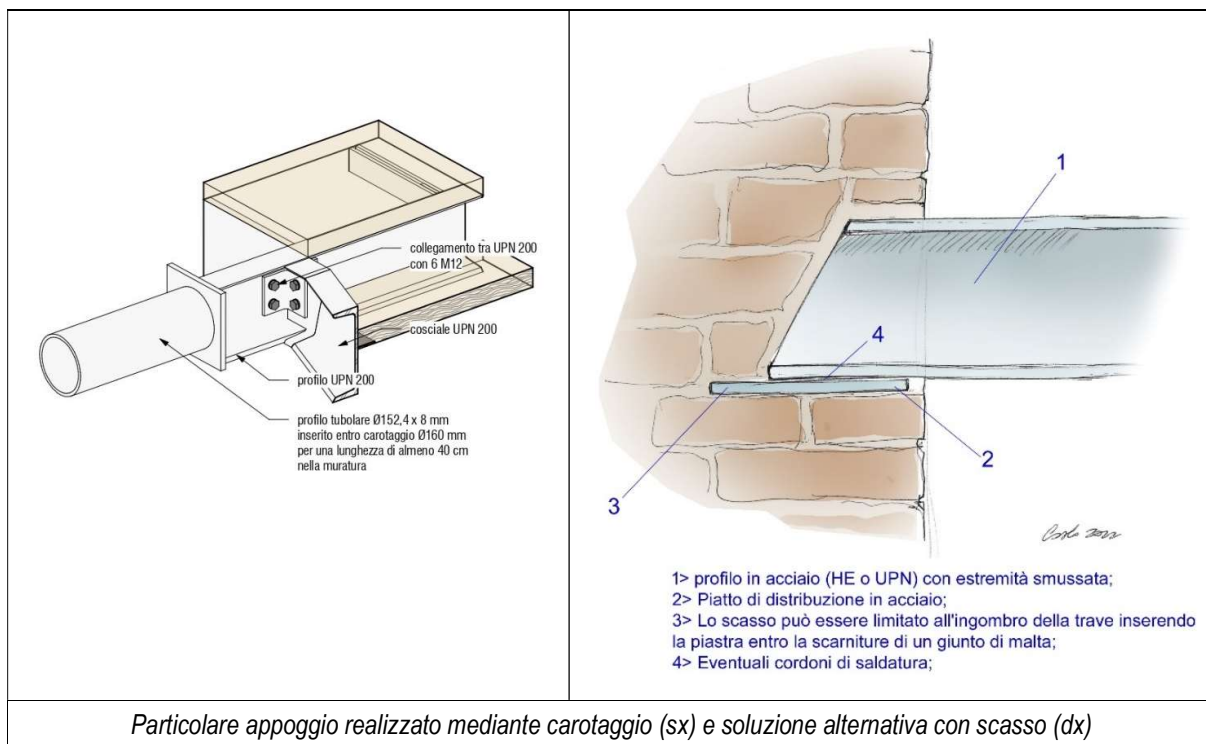
Le rampe sostenute da profili in acciaio andranno in appoggio sulle pareti Nord e Sud del Palazzo.

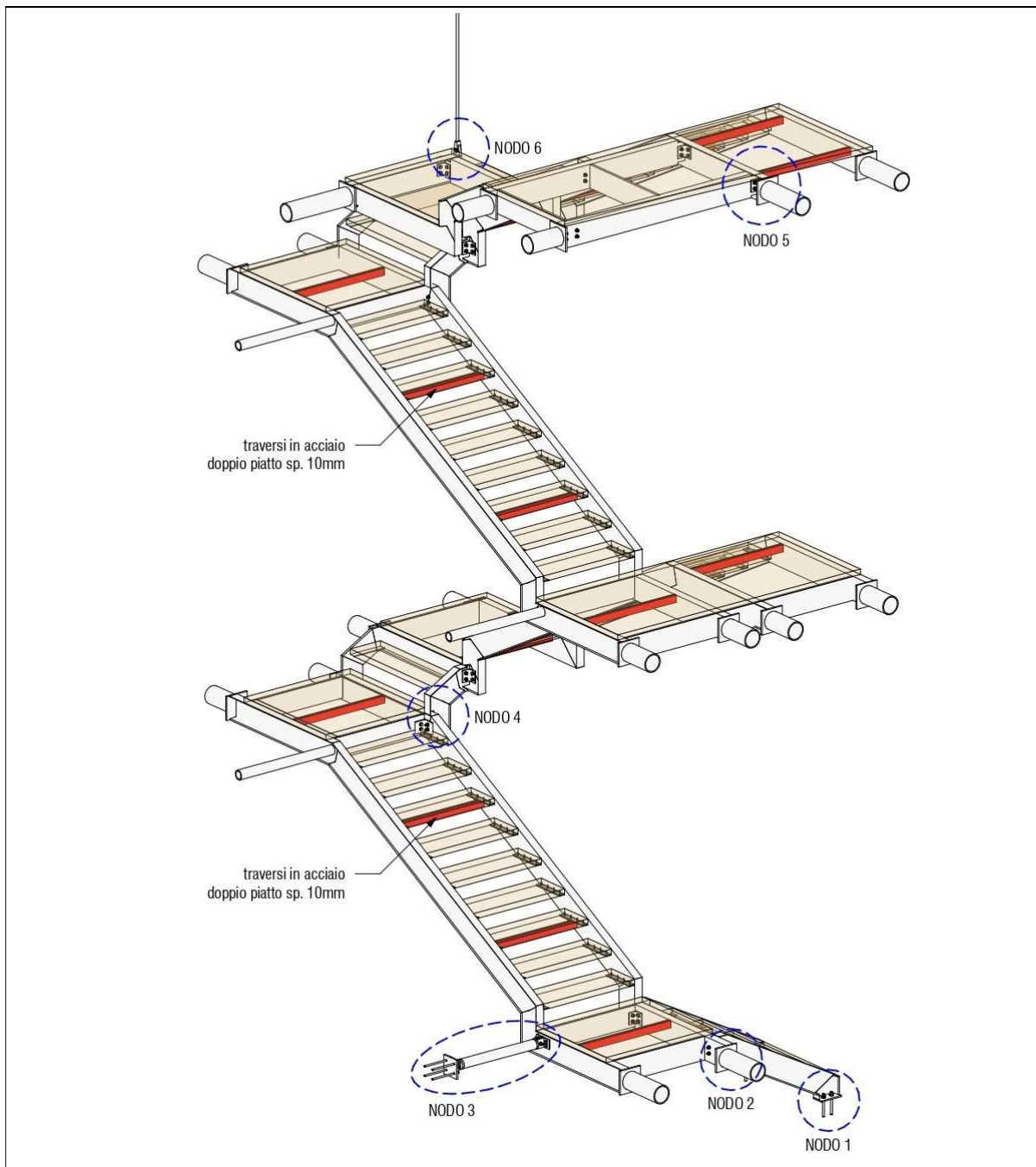
Prima della demolizione della parete in mattoni pieni al livello inferiore si prevede la messa in opera di una coppia di travi di rinforzo in acciaio che verranno inglobate nella nuova parete divisoria (che può essere realizzata con struttura "leggera" in cartongesso) da realizzare al livello intermedio.

Prima della demolizione dei solai dovranno essere realizzati dei saggi conoscitivi in particolare per verificare l'interfaccia tra gli impalcati da rimuovere e la torre. Dovranno essere inoltre condotte indagini (es. carotaggi con endoscopia) per verificare la connessione tra il contrafforte del '600 ed il fusto della torre.

Se ritenuto opportuno dalla DL potranno essere previste delle fasciature/legature (es. con piatto in acciaio e tiranti di collegamento in acciaio inox inseriti entro prefori).

La scelta di integrare le connessioni tra il fusto della torre ed il contrafforte del '600 potrà essere definita anche tenendo conto dei risultati del monitoraggio (es. vedi paragrafi successivi).





*Vista assometrica del sistema di scale di accesso da realizzare all'interno del palazzo Anziani. Per contribuire al sostegno delle pianerottolo sommitale è previsto l'inserimento di un tirante di sospensione ancorato al nuovo impalcato soprastante. Si prevede comunque di inserire una mensola in acciaio ancorata alle murature della torre per garantire la stabilità in caso di incendio (nel caso non fosse possibile realizzare una sufficiente protezione al fuoco del tirante)*





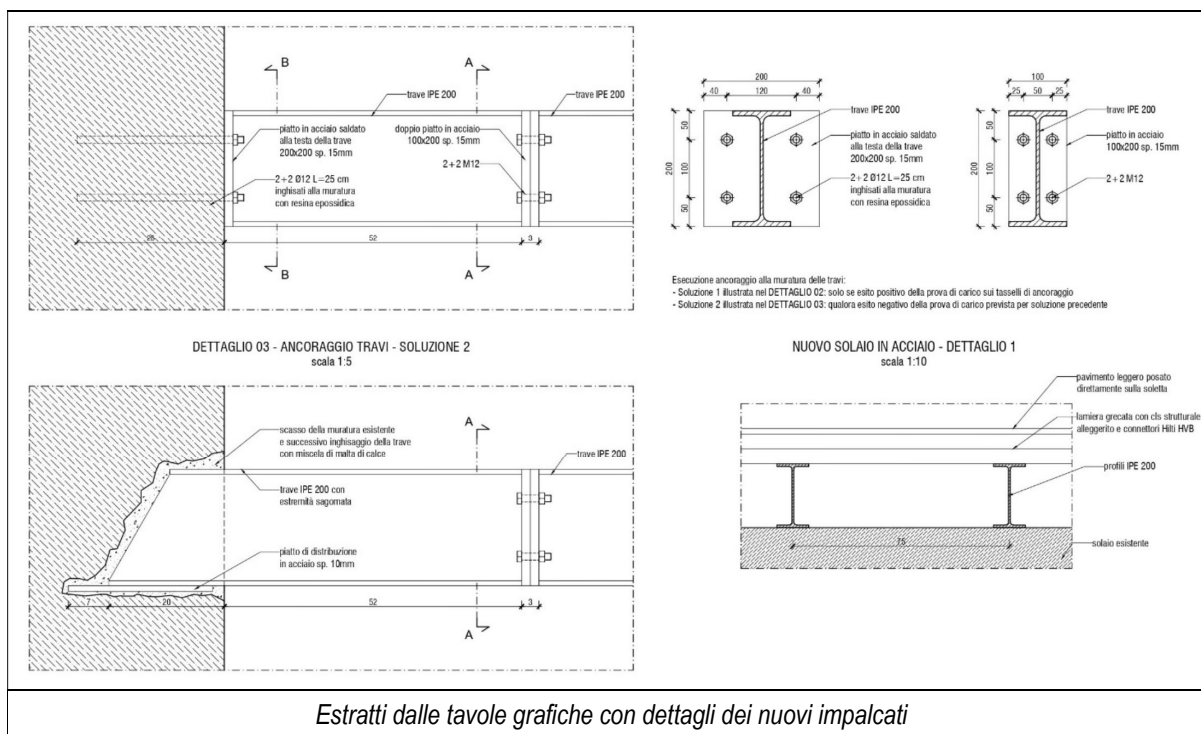
### 2.1.4 Porticato del Palazzo degli Anziani

Gli interventi dovranno essere definiti sulla base di verifiche che potranno essere condotte in corso d'opera. Per la sala più ampia posta ad est, dato che il progetto architettonico prevede un aumento di quota del piano di calpestio sarà possibile realizzare un nuovo solaio con struttura "leggera" in travi di acciaio e soletta in cls alleggerito gettata su lamiera grecata. Prima della posa del nuovo impalcato verrà rimossa completamente la pavimentazione e l'eventuale massetto esistente per contenere gli aumenti dei pesi.

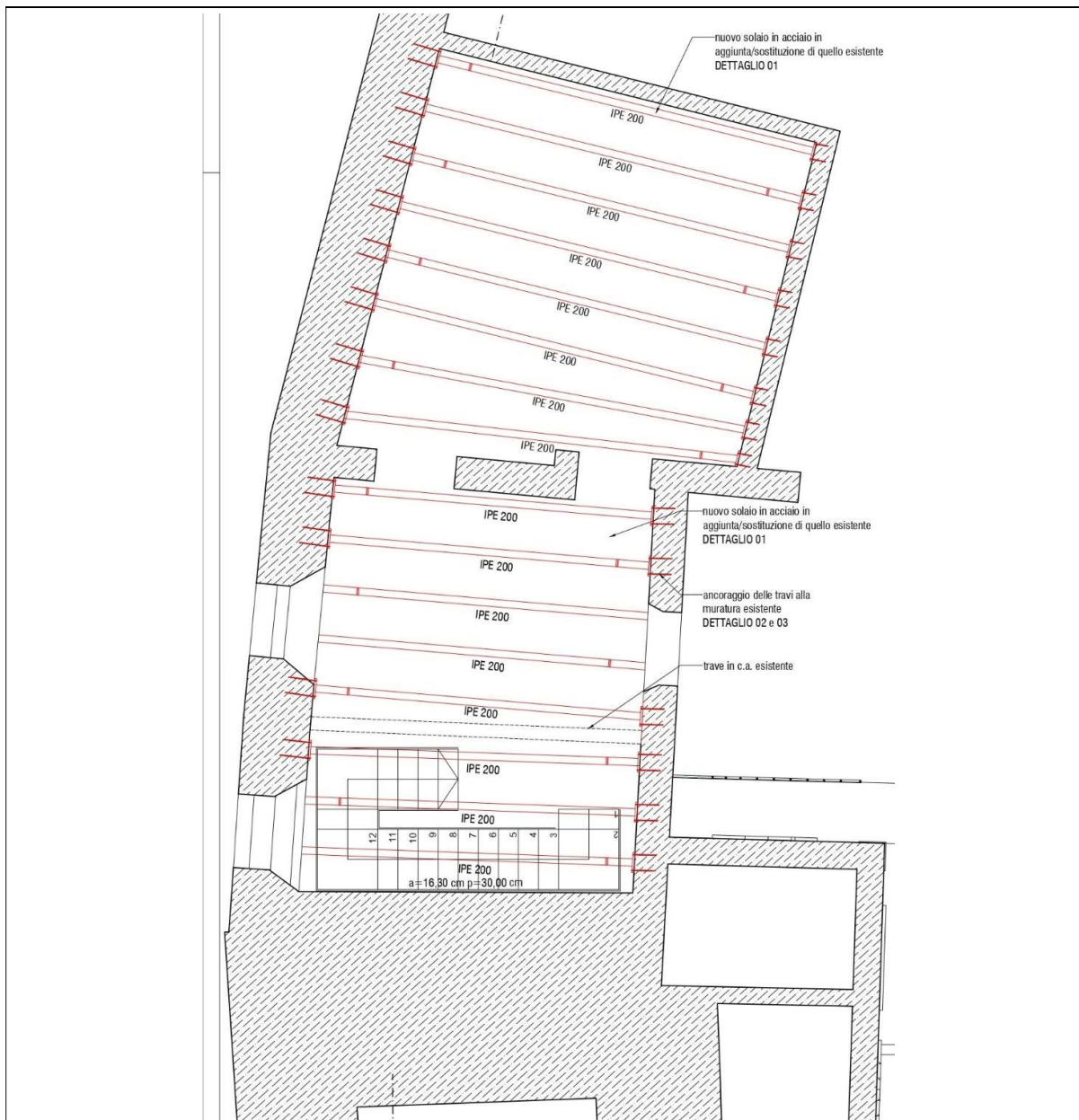
Per le stanze poste ad ovest, a ridosso della torre, sarà invece necessario demolire gli impalcati per strisce sostituendoli con un nuovo impalcato simile a quello della stanza posta ad est.

Un aspetto da verificare è rappresentato dal fatto che le sottostanti volte in ferro-cemento siano autoportanti o siano appese in qualche punto al solaio da rinforzare/so sostituire.

Ovviamente gli interventi andranno adattati in funzione di indagini eseguite con saggi (es. rimozione delle pavimentazioni e massetti e demolizioni locali degli impalcati) attualmente non possibili essendo i locali correntemente utilizzati. Non è da escludere la possibilità di rinforzare i solai esistenti ove possibile.







*Pianta dei locali posti sopra le volte del portico con ipotesi di intervento*

*Gli interventi andranno adattati in funzione di indagini eseguite con saggi (es demolizioni locali) attualmente non possibili essendo i locali correntemente utilizzati.*



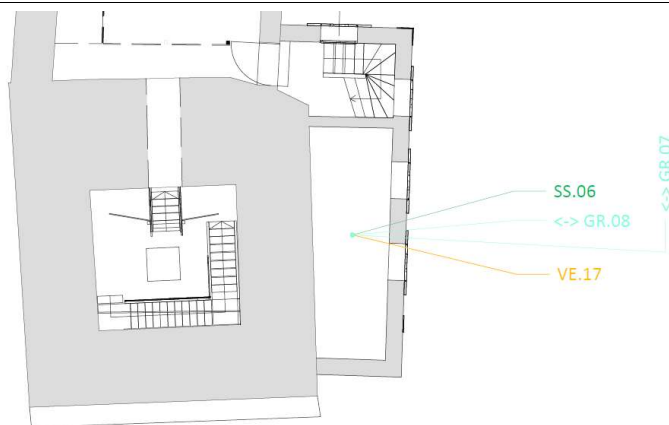


## 2.2 CORPO DI FABBRICA POSTO SUL PROSPETTO SUD





Le indagini in corso di esecuzione hanno mostrato uno spessore molto ridotto della soletta ed una scarsa consistenza del cls

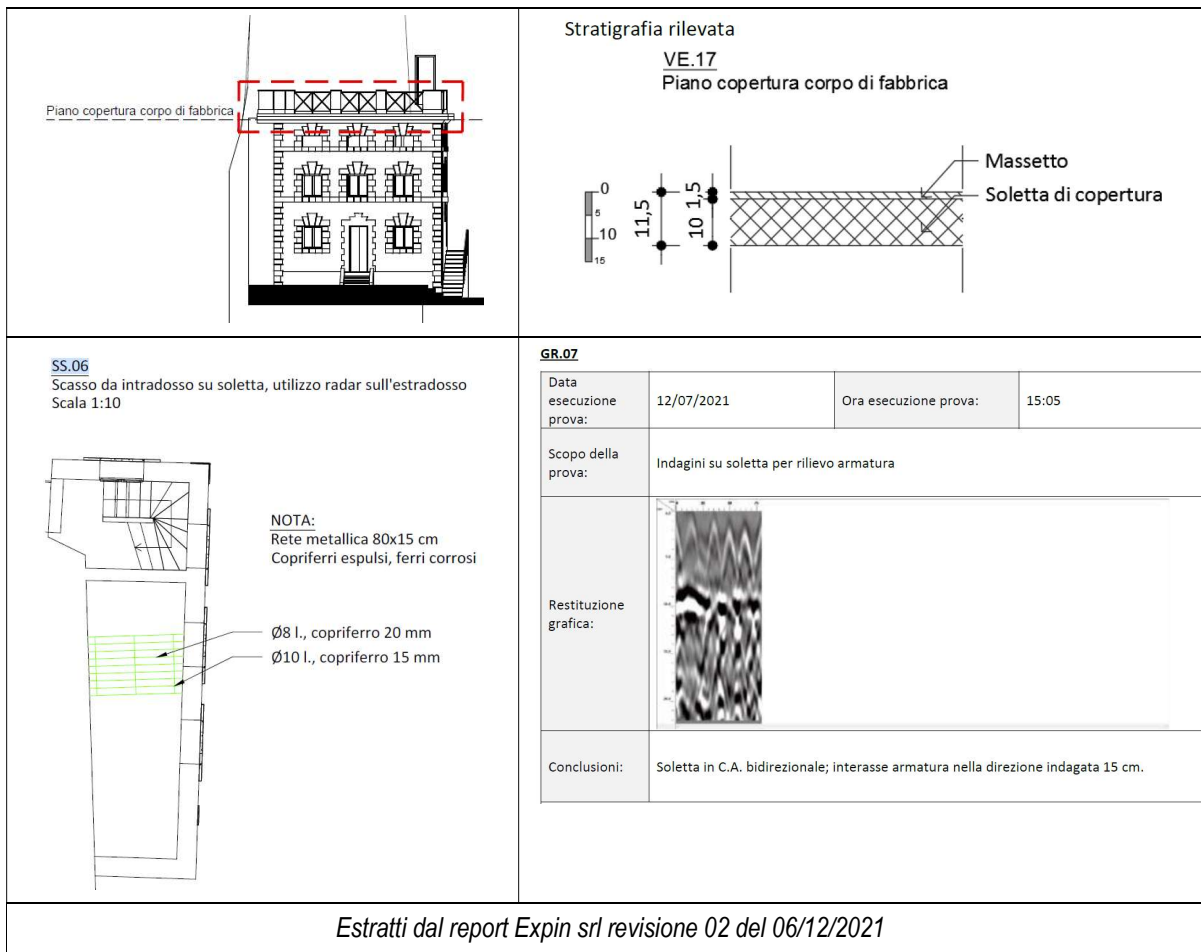


LEGENDA	
nr. prove per piano	Definizione prova
1	SS Saggio per rilievo dell'armatura
1	VE Indagine endoscopica
2	GR Indagine con georadar

Estratti dal report Expin srl revisione 02 del 06/12/2021







### Intervento

Un ipotetico intervento di riparazione della soletta dovrebbe prevedere la:

- scarifica all'intradosso;
- pulizia e trattamento dei ferri esistenti ed integrazione con nuove armature zincate;
- successivo ripristino del copriferro con betoncino reoplastico.

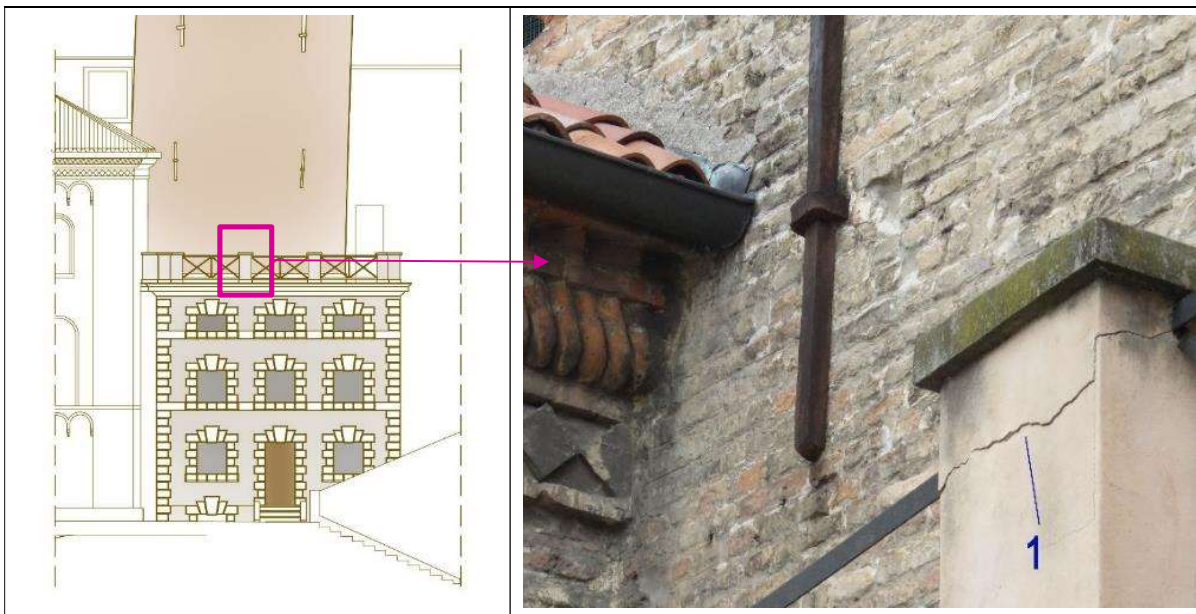
Lo spessore esiguo della soletta, la scarsa consistenza del calcestruzzo e la grave corrosione dei ferri di armatura rendono però di fatto impossibile un'intervento di questo tipo.

In tali condizioni è sicuramente consigliabile la rimozione (operando con estrema cura con strumenti in grado di evitare vibrazioni nocive per le strutture murarie circostanti) ed il successivo rifacimento della soletta.

Sarà chiaramente evitata qualsiasi manomissione sulle murature della torre. Per l'appoggio della soletta, dopo la rimozione della soletta, si potrà valutare di sfruttare eventuali appoggi già presenti e/o di inserire un elemento ad L in acciaio di appoggio fissato alla torre con inghisaggi eseguiti con barre inossidabili.





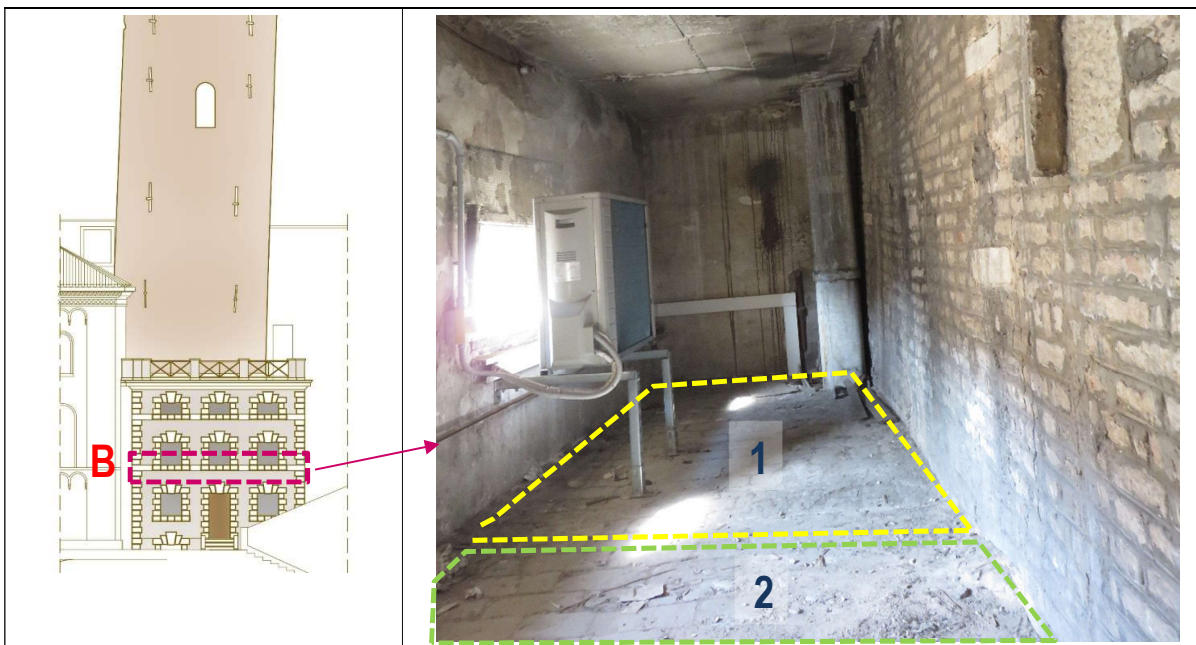


*Particolare fessurazione dei pilastri a supporto del parapetto della copertura piana lato sud*

#### **IPTOTESI DI INTERVENTO SUL PARAPETTO**

*Per tali elementi per la riparazione si può prevedere lo smontaggio; il trattamento passivante e protettivo degli elementi in ferro e la ricostruzione. Il progetto generale non prevede l'accesso dei visitatori alla terrazza nella quale verranno trasferite le unità di trattamento e sarà quindi previsto il solo accesso per la manutenzione da parte di tecnici. Si può quindi ipotizzare di eseguire un semplice restauro del parapetto utilizzando altri elementi per evitare il rischio di caduta (es. sfruttare come parapetto gli elementi di mascheramento delle unità tecnologiche).*






IMPALCATO INTERMEDIO

L'impalcato intermedio poggia su travi lignee (fascia <1>) e su una voltina in muratura <2>.



Nota relativa ad aspetti non strutturali: sul fondo si nota la presenza di canalizzazioni che sembrano composte da cemento-amianto che andranno ovviamente smaltite.



	<b>TORRE DEGLI ANZIANI - PROGETTAZIONE STRUTTURALE DEL SISTEMA DI SCALE INTERNE</b>	
	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE ILLUSTRATIVA</b>	Pagina 89 di 96

Per la fascia con struttura lignea si prevedono in generale i seguenti interventi:

- smontaggio del mattonato all'estradosso e successiva verifica del tavolato e dello stato di conservazione delle travi lignee;
- sostituzione di elementi degradati e/o sottodimensionati (in alternativa al loro rinforzo con accoppiamento di tavoloni lignei);
- verifica ed eventuale integrazione degli ancoraggi del controsoffitto.

Per la voltina in muratura si prevedono in generale i seguenti interventi:

- smontaggio del mattonato e del riempimento;
- verifica e riparazione di eventuali lesioni della struttura muraria (es. iniezioni, ristilature ed eventuali sostituzioni di mattoni);
- eventuali rinforzi con fibre (es. reti carbonio/basalto posate con malta ed ancorate lungo il perimetro con sfocchi);
- ripristino del riempimento (con materiale legato con calce) e del mattonato.

Vista la limitatissima estensione di tali impalcati e le luci ridotte è stato concordato con l'amministrazione comunale di eseguire le indagini direttamente in corso d'opera dopo lo smontaggio della pavimentazione.





### 3 BASE DEL FUSTO MURARIO

Non è in teoria prevista l'esecuzione di interventi generali di consolidamento del fusto murario ad eccezione degli interventi locali necessari a ripristinare le catene da rimuovere per permettere il passaggio dei visitatori ed i rinforzi locali connessi all'inserimento del nuovo sistema di scale.

La relazione redatta nel 2005 dal prof. Brisighella indica che la torre presenta un'adeguata sicurezza statica (vedi estratto riportato a seguire).

Si è studiata la sicurezza della Torre degli anziani di Padova. Si sono considerati, con riferimento a modelli di varia complessità, il comportamento statico e dinamico (peso proprio, vento, sisma e campana) con la scorta di prove sperimentali e con riferimento alla normativa DIN 4178, 2003-08.

Dall'esame complessivo dei dati ottenuti risulta che la torre presenta un'adeguata sicurezza statica.

*Estratto da Relazione di Calcolo (Elaborato B) – ottobre 2005 – Prof. Ing. L. Brisighella*

Si segnala che le ispezioni recentemente condotte hanno evidenziato la presenza sulla base della torre di lesioni come riportato nelle immagini a seguire.

Si tratta in generale di lesioni di antica formazione. Le lesioni poste sul lato sud in particolare sono state monitorate con spie in gesso poste in opera negli anni '40 ed evidenziano negli ultimi 80 anni un movimento relativamente modesto dell'ordine del millimetro.

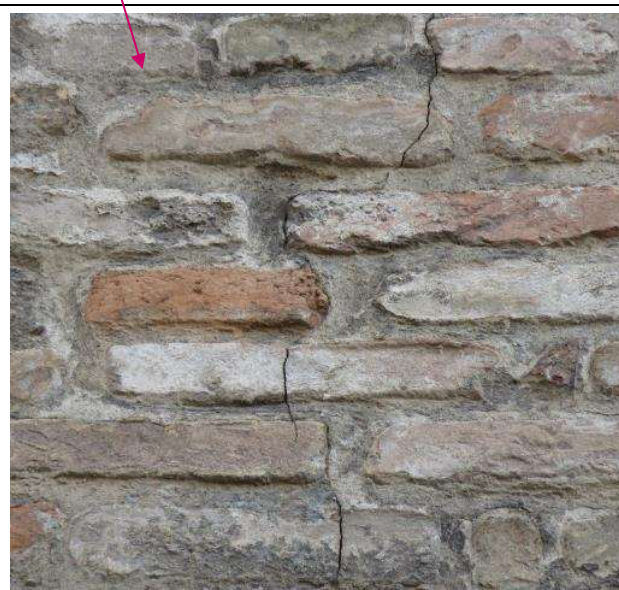
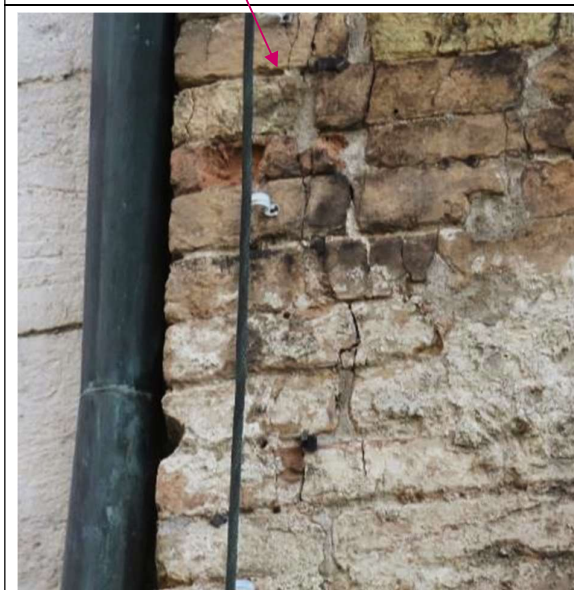
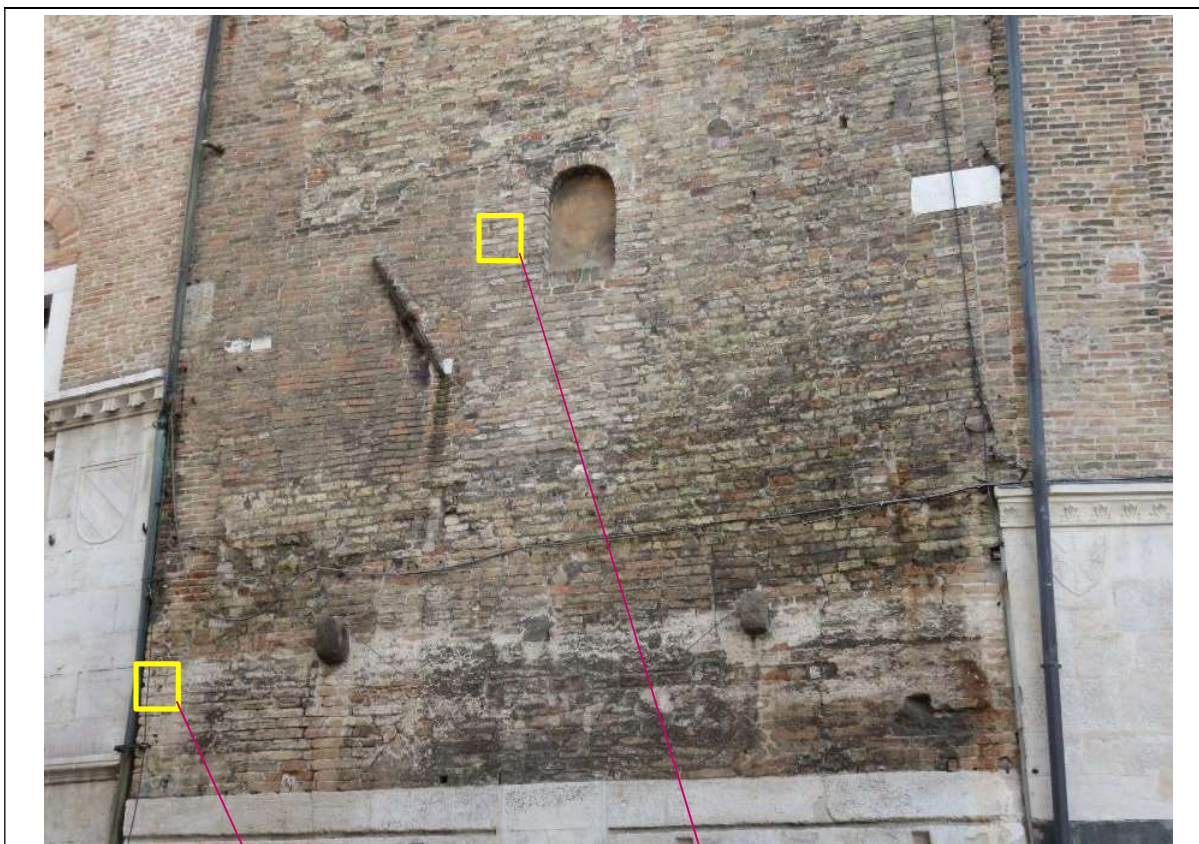
E' da ricordare che alcune lesioni (es. quelle visibili sul prospetto sud) sembrano connesse a movimenti relativi tra il fusto della torre ed il contrafforte seicentesco. Contrafforte che era stato legato alla torre nel corso degli interventi eseguiti dalla ditta Rodio alla fine degli anni trenta.

In base alle ulteriori ispezioni ed indagini (es. ispezione dei tre ambienti voltati alla base della torre attualmente non accessibili) e sulla base dei risultati del monitoraggio si potrà decidere l'eventuale integrazione degli incatenamenti.

Gli interventi di riparazione locale dovranno comunque prevedere la sarcitura delle lesioni con tecniche tradizionali (es. iniezioni di boiacche a base di calce idraulica naturale; creazione di morse con mattoni) integrate da interventi con materiali moderni (es. legature con barre inox inserite a scomparsa entro giunti di malta).





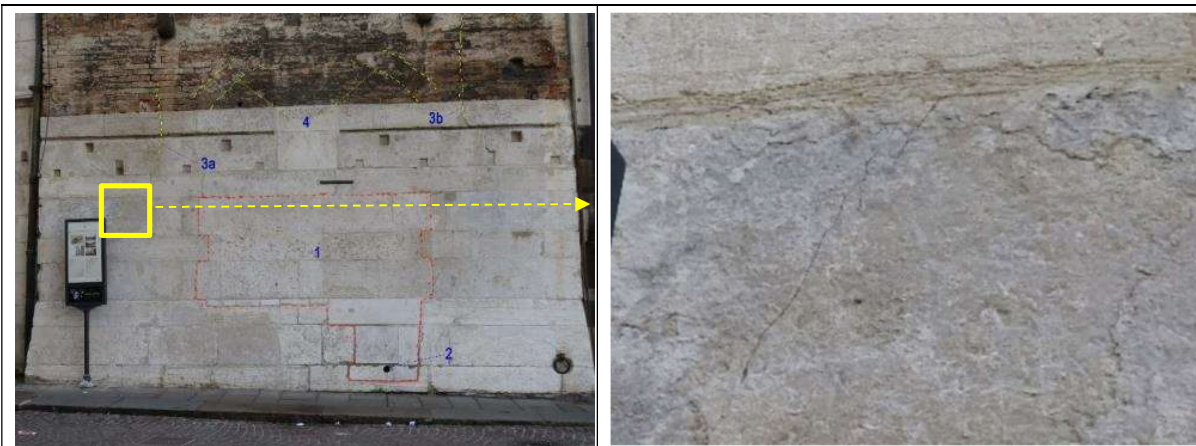


*Particolari di alcune lesioni presenti alla base del prospetto Nord*

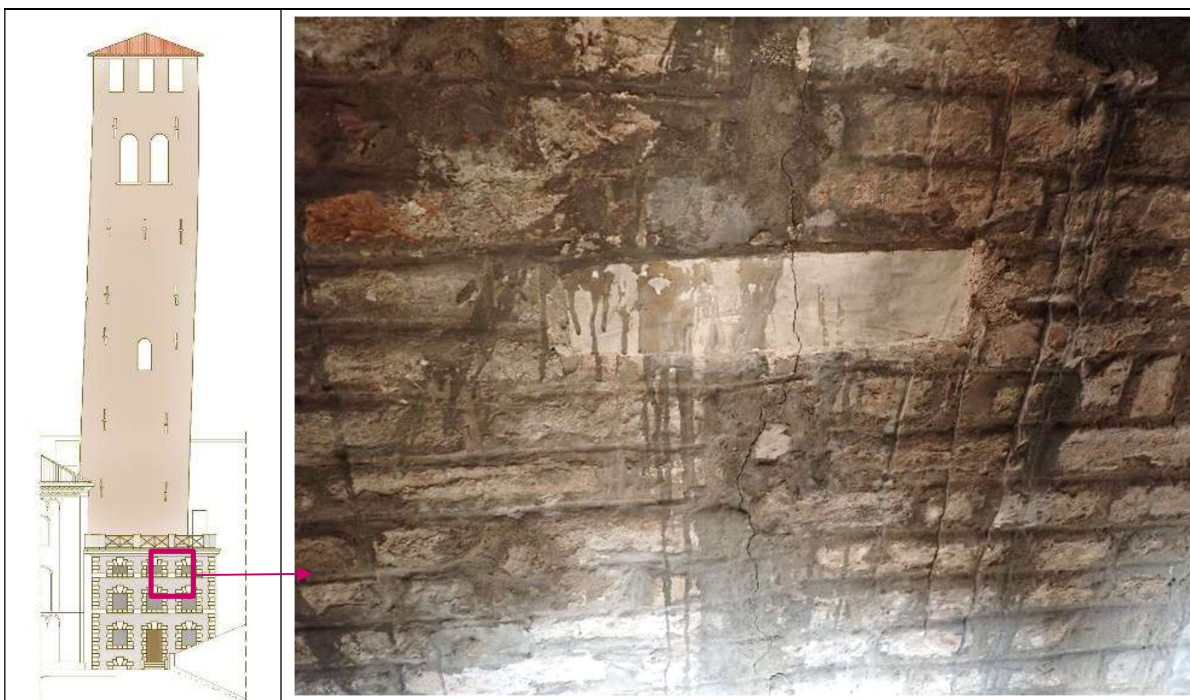
*Tali lesioni possono essere cucite prevedendo legature con barrette inox di piccolo diametro (es. 6 mm) inserite a scomparsa nei giunti di malta*





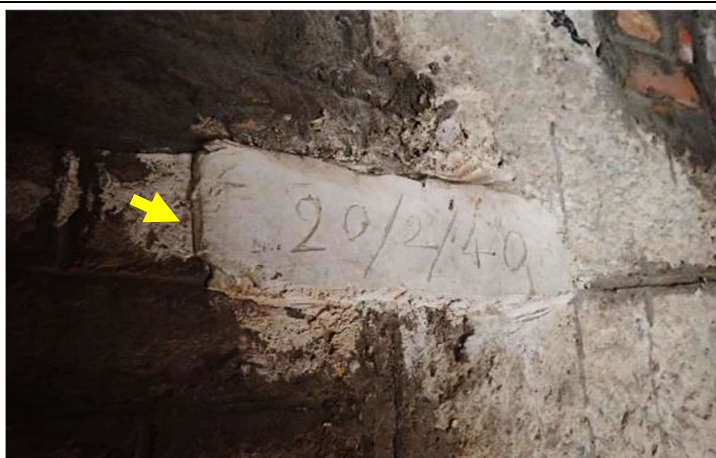


*Particolare lastra in pietra fratturata*



*In corrispondenza del prospetto sud sono presenti delle spie in gesso poste in opera negli anni '40 che evidenziano una modesta tendenza all'apertura.*





*Una delle spie non presenta segni di lesioni ma è molto probabile che la spia stessa non aderisca alla parete sul lato sx e che la spia stessa non sia più quindi efficiente.*



*Dettaglio di una lesione (immagine ruotata). L'ampiezza della lesione è dell'ordine del millimetro riferito ad un intervallo temporale di quasi un secolo (82 anni).*





## 4 MONITORAGGIO

Le analisi specialistiche condotte dal prof. Briseghella sono tranquillizzanti per quanto riguarda la stabilità della torre ma è sicuramente opportuno prevedere un sistema di monitoraggio per controllare l'evoluzione nel tempo dei fenomeni fessurativi e dell'inclinazione della torre.

Il sistema potrà prevedere fessurimetri in corrispondenza delle principali lesioni ed inclinometri (posti a diversi livelli del fusto) e verrà preferibilmente installato prima dell'inizio dei lavori, o nelle prime fasi del cantiere.

Dovranno essere inoltre inseriti alcuni sensori di temperatura (termocoppie per misura sia della temperatura ambiente che della muratura) al fine di permettere la compensazione termica delle letture di fessurimetri ed inclinometri.

Le letture degli inclinometri, rilevate in modo continuo tramite un sistema automatico di acquisizione, potranno essere confrontate con rilevazioni periodiche del fuori piombo effettuate con strumenti topografici di precisione.

- la torre è sicura; la pendenza non deve preoccupare e non vi sono segnali di movimenti recenti anomali;

*Estratto da Elaborato A: Relazione generale - ing. Lamberto Briseghella - Padova, 20 ottobre 2005*

Padova, 04/05/2022

Ing. Carlo Bettio








**ALLEGATO A: SINTESI DELLA STORIA DEL MANUFATTO CON I  
PRINCIPALI EVENTI RIGUARDANTI LA STATICA**



	<b>TORRE DEGLI ANZIANI - PROGETTAZIONE STRUTTURALE DEL SISTEMA DI SCALE INTERNE</b>	
	<b>PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE ILLUSTRATIVA</b>	Pagina 96 di 96

XII sec	Origine della torre. Secondo Brunelli (1940) la costruzione avvenne in tre fasi. La base manifestò un cedimento verso est che venne compensato con la costruzione dei tratti superiori
Età barocca	Chiusura degli spazi vuoti del coronamento merlato e costruzione del rialzo ottagonale. Costruzione della cupola probabilmente databile attorno al 1620
1695	Evento sismico
Gennaio 1696	Ispezione dell'architetto Antonio Gaspari <i>Riporta gravi danneggiamenti alle murature di fondazione dovuti agli scarichi fognari che si infiltrano attraverso le pareti sul lato est. Il fuori piombo misurato è di 2 piedi e 11 oncie (circa 1.01 metri). Propone un intervento di costruzione di un contrafforte di 23 m di altezza fondato su uno "zatterone di legna". Attualmente il contrafforte è parzialmente interrato e sporge per circa 18 metri sopra il livello della strada.</i>
1727	Prima visita di Giovanni Poleni. Misura un fuori piombo di 0.81 metri.
1746	Seconda visita di Giovanni Poleni. Rileva un aumento del fuori piombo che raggiunge i 0.84 metri ma non lo giudica preoccupante
1938	Restauri di Ferdinando Forlati <i>Viene smontata la cupola e la statua e demolita la lanterna ottagonale riducendo l'altezza della torre da circa 56 metri a 45 m circa</i>
1939-40	Consolidamenti della ditta Rodio sotto la direzione di Ferdinando Forlati <i>Iniezioni di cemento (circa 150 tonnellate per 2'500 mc di muratura che corrispondono mediamente a 60 kg/mc). Inserimento di tiranti in acciaio con sezione circolare e diametro tra 16 e 20 mm.</i>
1940	Chiusura del negozio in via Oberdan
2003-2005	Indagini ed Analisi ing. L. Briseghella <i>Fuori piombo di circa 1.1 metri</i>

