



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU



COMUNE DI TERNI
Piazza Mario Ridolfi n. 1
05100 Terni (TR)
P.Iva 00175660554

PNRR – Missione 5, Componente 2 – Investimento/Subinvestimento 2.1. Rigenerazione urbana
CUP F48I20000030005 - CIG 92038297F5

LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE DELLA EX CHIESA DEL CARMINE - ADEGUAMENTO STRUTTURALE COPERTURA

Finanziato Dall'Unione Europea NextGenerationEU

R.U.P.
Ing. Leonardo DONATI



ANDROMEDA
INGEGNERIARCHITETTURA

ING. POMPILIO MOBILIA
Direttore Tecnico

Arch. Floriana Grande
Amministratore

PROGETTO ESECUTIVO



Relazioni generali e specialistiche

RELAZIONE GENERALE E ILLUSTRATIVA

N. ELABORATO		CODICE ELABORATO	
01		P.E.REL.01	
SCALA	DATA	REVISIONE	
	Maggio 2023	REV. 0	
APPROVAZIONE		DATA	REV.

1	PREMESSA.....	3
2	DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO	3
3	DESCRIZIONE DEI DISSESTI E DELLE CRITICITA' RICONTRATE	13
3.1	<i>Dissesti in corrispondenza della copertura.....</i>	13
3.2	<i>Cedimento fondale della Sacrestia.....</i>	17
3.3	<i>Degrado delle finiture murarie</i>	22
3.4	<i>Degrado e Malfunzionamento dei locali servizi igienici e Spogliatoi.....</i>	25
4	STRATEGIE DI INTERVENTO	26
4.1	SMONTAGGIO DELLA TELA E DEL SISTEMA DI AZIONAMENTO	26
4.2	INTERVENTI DI RIPRISTINO E CONSOLIDAMENTO DELLA COPERTURA.....	29
4.2.1	<i>Intervento di eliminazione dei tarli.....</i>	29
4.2.2	<i>Intervento di ripristino delle lesioni nei legni</i>	30
4.2.3	<i>Intervento di ripristino statico della copertura e delle capriate.....</i>	31
4.3	INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DEL CEDIMENTO IN FONDAZIONE DELLA SACRESTIA	35
4.3.1	<i>Interventi di rifacimento delle reti fognarie in prossimità della sacrestia.....</i>	36
4.3.2	<i>Consolidamento del terreno di fondazione con iniezioni di acqua e calce</i>	38
4.4	INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DELLA SACRESTIA	41
4.5	INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLE MURATURE DALL'UMIDITA' DI RISALITA CAPILLARE – SISTEMA CNT	41
4.6	INTERVENTI DI RIFACIMENTO DEGLI INTONACI E DELLE TINTEGGIATURE.....	46
4.7	INTERVENTI DI REVISIONE DELLE COPERTURE, DEI CANALI DI GRONDA E DELLE PLUVIALI.....	46
4.8	RIFACIMENTO SERVIZI IGIENICI.....	46

5 CALCOLO DELLA SPESA E QUADRO ECONOMICO47

1 PREMESSA

La costruzione della Chiesa di Santa Maria del Carmine si deve alla presenza di una immagine della Madonna, dipinta sul muro esterno dell'anfiteatro romano, oggetto della devozione di tanti ternani, tanto da portare alla nascita di una associazione di laici che promosse la realizzazione di una chiesa. In una prima fase venne realizzata una semplice tettoia a protezione dell'immagine che in breve divenne una cappella. Con l'istituzione della Confraternita del Carmine nel 1602, grazie al riconoscimento da parte di Papa Clemente VIII, venne deciso di realizzare una vera e propria chiesa. I lavori durarono piuttosto a lungo concludendosi solo nel 1783 con il completamento della elegante facciata in laterizio. L'immagine venerata venne staccata dal muro e collocata sull'altare maggiore.

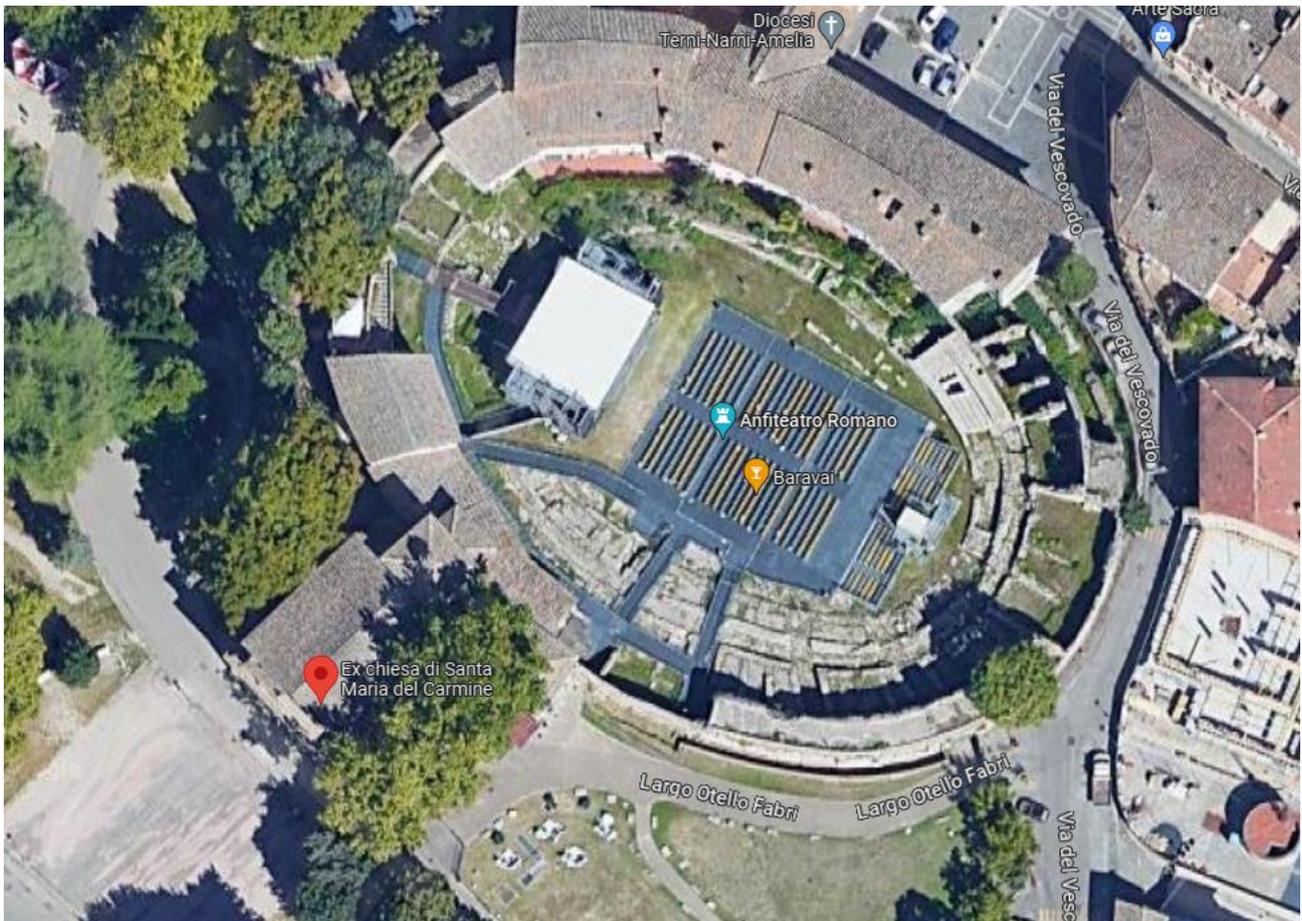
Il complesso conosciuto come la "Chiesa della Madonna del Carmine" è intimamente connesso con le strutture murarie dell'Anfiteatro Fausto e con lo stesso strutturalmente fuso. La facciata della Chiesa mostra sul piano basamentale due finestre tipiche delle chiese rurali umbre utilizzate dal popolo per seguire le funzioni anche dall'esterno evidenziando anche il fatto che al tempo l'area su cui sorgeva era ancora campagna extra meonia.

Il complesso è stato originariamente sede della potente Confraternita dei Carmelitani e nel 1640, a seguito della crescita dell'importanza della Confraternita stessa venne ampliata la prima Cappelletta con l'edificazione dell'attuale conformazione del complesso religioso.

La chiesa è stata nel tempo impreziosita da opere d'arte sia negli altari che nel velario attribuito questo in un primo tempo a Girolamo Troppa, artista molto attivo nel ternano, poi definitivamente agli artisti Pietro Toloni e Paolo Barla, l'opera è stata eseguita presumibilmente tra il 1730 ed il 1740. Il velario originariamente era realizzato in tela su tavolato ed oggi, a seguito di un complesso restauro e reintelamento è stato posto su un telaio in alluminio e dotato di un sistema di sollevamento motorizzato a scomparsa che ne consentono l'abbassamento e quindi le eventuali opere manutentive.

2 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

L'Ex Chiesa del Carmine si trova al Viale D. Giannelli del comune di Terni ed individuata alle coordinate E=12,642676 N=42,559488. Nella successiva immagine si riporta una vista aerea della Chiesa e della sua armonizzazione all'interno dell'Anfiteatro Fausto.



F1. Localizzazione della Ex Chiesa del Carmine – Terni (TR)

Il complesso religioso, chiuso al culto dagli anni cinquanta è stato oggetto di acquisizione da parte del Comune di Terni nell'anno 1977. Intenzione da sempre è stata quella di riqualificare l'immobile e di riaprirlo alla cittadinanza tant'è che nel 1986 comincia l'opera di restauro che si protrarrà fino al 1997 in anni di impegno per lo svolgimento di un complesso e delicato intervento di restauro complessivo che ha interessato sia la parte strutturale, come la vela di facciata, i costoloni della cupola, parte della copertura, le murature portanti e tutto l'apparato decorativo sia fisso che mobile, sia elementi funzionali quali la realizzazione di nuovi impianti, di opere architettoniche di contorno nonché la pregevole tela del soffitto della chiesa.

L'assetto attuale dell'edificio è conseguenziale all'intervento di restauro tra il 1986 e il 1997 che ha riconsegnato alla città sia la chiesa con la sua navata unica, le tre cappelle di destra e di sinistra, l'organo e la cantoria ed anche gli ambienti di servizio, che la sagrestia. La navata è quindi diventata una sala auditorium per n. 169 posti e l'arco trionfale e la zona dell'altare un perfetto palco, adatto per la musica.

La copertura. La copertura è realizzata a due falde inclinate ed è costituita da n. 4 capriate in legno sulle quali sono posizionati un primo ordito di listelli lignei a costituire una orditura primaria ed un secondo ordito di listelli lignei a costituire una orditura secondaria sul quale è posizionato il pianellato in laterizio e gli stati in malta e laterizio della copertura.

Le capriate sono in legno di castagno (cfr. fig. 2) e sono gli unici elementi originari rimasti tali dell'antica copertura, infatti durante i lavori svolti tra la seconda metà degli anni '80 e la prima metà degli anni '90 le capriate non furono oggetto di intervento e sono rimaste inalterate rispetto alla originaria configurazione.



F2. Capriate in legno di castagno originarie

Sulle capriate è presente un ordito ligneo principale anch'esso in elementi di castagno che non sembra sia stato interessato da lavorazioni nell'epoca dell'ultimo intervento. Sopra l'ordito principale è presente un ordito secondario realizzato in travetti di abete rosso palesemente ed evidentemente oggetto di sostituzione degli esistenti eseguito nell'ultimo intervento tra il 1986 e il 1997. L'ordito ligneo di abete si mostra evidente nella differente venatura e cromia rispetto all'ordito ligneo storico come anche rimarcato nella immagine 4 che segue nella lettura del paragrafo.



F3. Ordito principale e secondario

Nella stessa immagine 4 si osserva inoltre il pianellato in laterizio posizionato sull'ordito ligneo secondario (cfr. fig. 4) ed il tutto è stato completato con un getto di malta orientativamente dello spessore di 4/5 cm. Sulla malta gettata sul pianellato in laterizio è stato poi posizionato il manto di copertura in coppo e controcoppo antico.



F4. Ordito principale e secondario

In testa alle murature è inoltre presente un cordolo in calcestruzzo armato, chiaramente visibile nella immagine 5, che ingloba al suo interno le sezioni di appoggio delle capriate e che esternamente è rivestito con i mattoni della facciata e non risulta visibile. Tale intervento è chiaramente stato realizzato in epoca successiva e precisamente all'epoca dell'ultimo intervento.



F5. Cordolo di testa-muro

Le murature portanti. La struttura portante dell'intero edificio è realizzata in muratura con una fine tecnologia che da decoro all'edificio di culto ma che denota anche il carattere povero esecutivo dell'epoca. La muratura infatti è costituita da uno strato più interno in

pietrame di buna tessitura legato con malta di calce e da uno strato più esterno realizzato in mattoni pieni legati con malta di calce. Con tale tecnologia si è realizzata una struttura di notevole dimensioni caratterizzata da importanti resistenze meccaniche, aspetto architettonico degno dell'opera che rappresenta ed economia di realizzazione.



F6. Paramento murario della Ex Chiesa del Carmine

La Sacrestia. Si sviluppa al lato destro della cappella ecclesiastica ed è anch'essa realizzata in muratura portante in pietrame squadrato legato con malta a base di calce. A differenza della cappella ecclesiastica che presenta paramento esterno in mattoni pieni, la casa canonica è intonacata per tutta l'altezza come osservabile nella immagine 7.



F7. Casa Canonica

La tela. Caratteristica unica nel suo genere dell'Ex Chiesa del Carmine è rappresentata dalla tela che sovrasta tutta la sala e rappresenta un importante elemento artistico sospeso al soffitto unico esempio in Italia. All'acquisizione da parte del comune di Terni della struttura ecclesiastica la grande tela si trovava in avanzato stato di degrado tale da mettere in dubbio la possibilità di un intervento di restauro, intervento che comunque fu magistralmente eseguito durante i lavori di restauro tra il 1986 e il 1997.

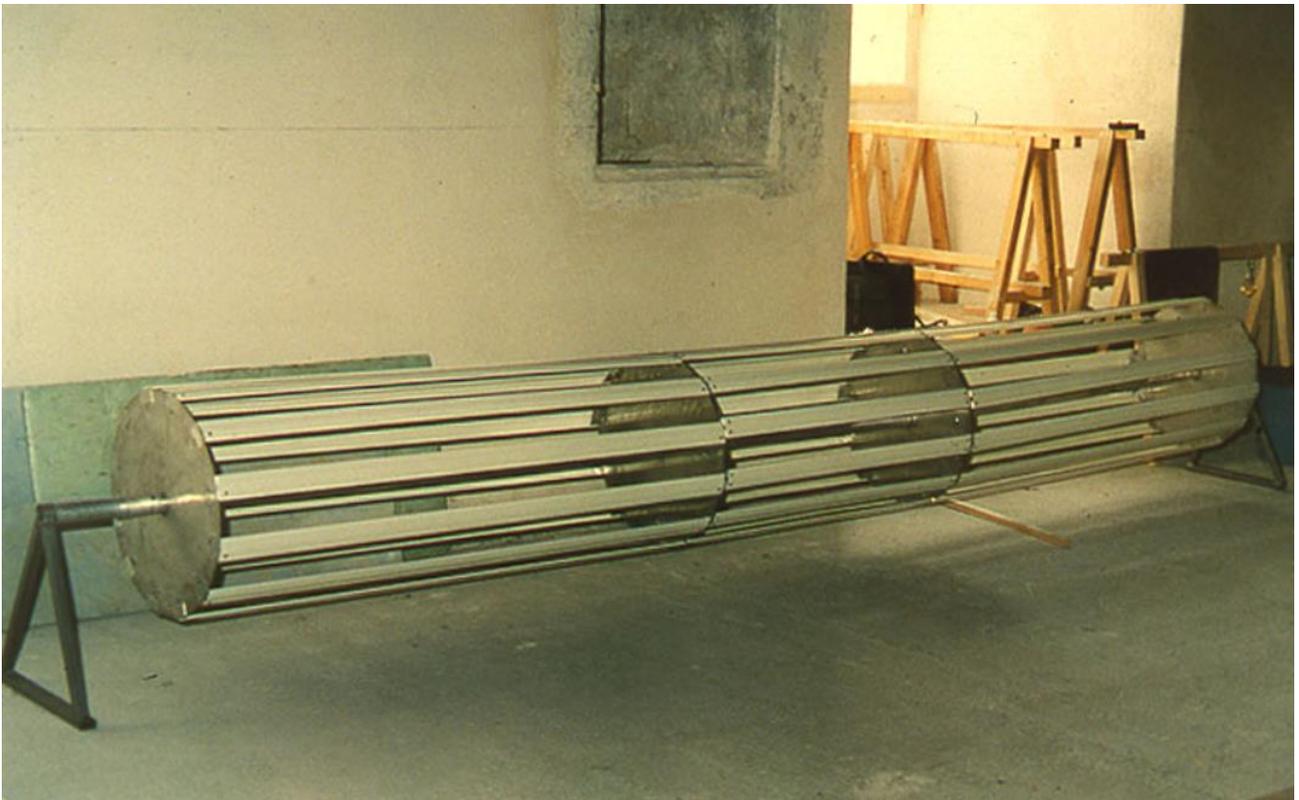
Il supporto, costituito da nove teli larghi oltre 90 cm e lunghi più di 17 metri realizza una superficie unitaria dipinta superiore a 152 mq.

Uno strato preparatorio bianco a base di gesso e colla animale, adeguatamente rasato per ottenere una superficie piana e uniformemente assorbente, supporta lo strato pittorico costituito da pigmenti temperati a colla, stesi secondo la consuetudine della pittura tardo-barocca. Si tratta di materie tutte molto sensibili all'umidità, ed è infatti a questa causa che vanno ascritti, direttamente o indirettamente, i danni sul dipinto riparati col restauro. Già in passato si erano verificati accidenti piuttosto gravi, a carico del supporto e della superficie pittorica causati da infiltrazioni d'acqua dalla copertura che avevano determinato interventi di restauro, (erano presenti lacerazioni grossolane, rattoppi ed estese ridipinture), e crolli con perdita della decorazione sottostante.

Nel 1979 il Comune di Terni, appaltati i lavori di restauro edile, incarica ditta specialistica del recupero della tela per poter procedere al rifacimento delle coperture. Per il recupero si sono utilizzati 9 cilindri metallici di 50 cm di diametro ospitanti 28 porzioni più vari frammenti di tele dipinte, cilindri poi sospesi su impalcatura in tubi innocenti all'interno dell'area di lavoro.



F8. Tela al 1987 all'avvio dei lavori di restauro



F9. Cilindri metallici per l'avvolgimento della tela



F10. *Tela avvolta intorno ai cilindri durante le operazioni di restauro*

Il restauro vero e proprio della tela ha avuto inizio nel 1987 nel seminterrato del Palazzo dell'INA in P.zza Solferino a Terni stante la indisponibilità della chiesa a causa dei lavori edili in corso di svolgimento. Qui si è laboriosamente ricomposta l'unitarietà, riducendo deformazioni, ricongiungendo i lembi di lacerazione e applicando inserti in corrispondenza delle numerose e vaste mancanze di tela.

Le operazioni di foderatura richiedevano spazi assai più ampi che sono stati individuati nel salone nord della Rocca Albornoziana di Spoleto. Trasportata l'opera nel 1989 da Terni a Spoleto, ha avuto inizio la foderatura eseguita con metodologie e materiali tradizionali. Successivamente, dopo oltre dieci anni di separazione, il dipinto è tornato nella chiesa del Carmine per essere sottoposto alle ultime fasi di restauro estetico. La tela, originariamente montata su tavolato ligneo, è stata assemblata su telai appositamente realizzati in alluminio a tensionamento automatico del tipo Rigamonti e sviluppano una superficie complessiva di mq. 164 (i margini laterali dei telai sono destinati ad essere posizionati sopra al cornicione). Per il collocamento in opera del dipinto è stata progettata e realizzata una struttura di sostegno metallica automatizzata in cui i singoli elementi vengono collegati, attraverso un sistema di carrucole scorrevole entro guide, ad una struttura reticolare che viene sollevata da cavi di acciaio movimentati da tre coppie di argani elettrici collocati tra le capriate lignee su carrelli scorrevoli su rotaie ad opera di un settimo motore. Un quadro comandi consente, attraverso l'azionamento, anche automatizzato dei motori, di superare gli ostacoli che si incontrano durante l'ascensione (cantoria dell'organo e cornicione). La struttura di movimentazione e sostegno avrebbe permesso l'ordinaria periodica manutenzione senza la necessità di ingombranti e costose opere provvisorie.

Il grande dipinto, inizialmente attribuito al pittore sabino Girolamo Troppa (Rocchette di Torri in Sabina 1637 - Roma post 1706), è stato successivamente acquisito al catalogo dei

due pittori Pietro Taloni e Paolo Barla sulla base del ritrovamento nell'Archivio Capitolare di Terni di un manoscritto della prima metà dell'800, effettuato da Don Carlo Romani, parroco della Cattedrale. Al centro di una finta architettura che illude la prosecuzione dello schema decorativo delle pareti, gli autori raffigurano *"la Madonna col Bambino ed Elia che ascende al cielo su un carro di fuoco"*.

La successiva immagine 10 mostra il dipinto allo stato attuale il quale si presenta in perfetto stato di conservazione anche perché i lavori di ripristino della copertura hanno evitato fenomeni di infiltrazione preservando la tela stessa.



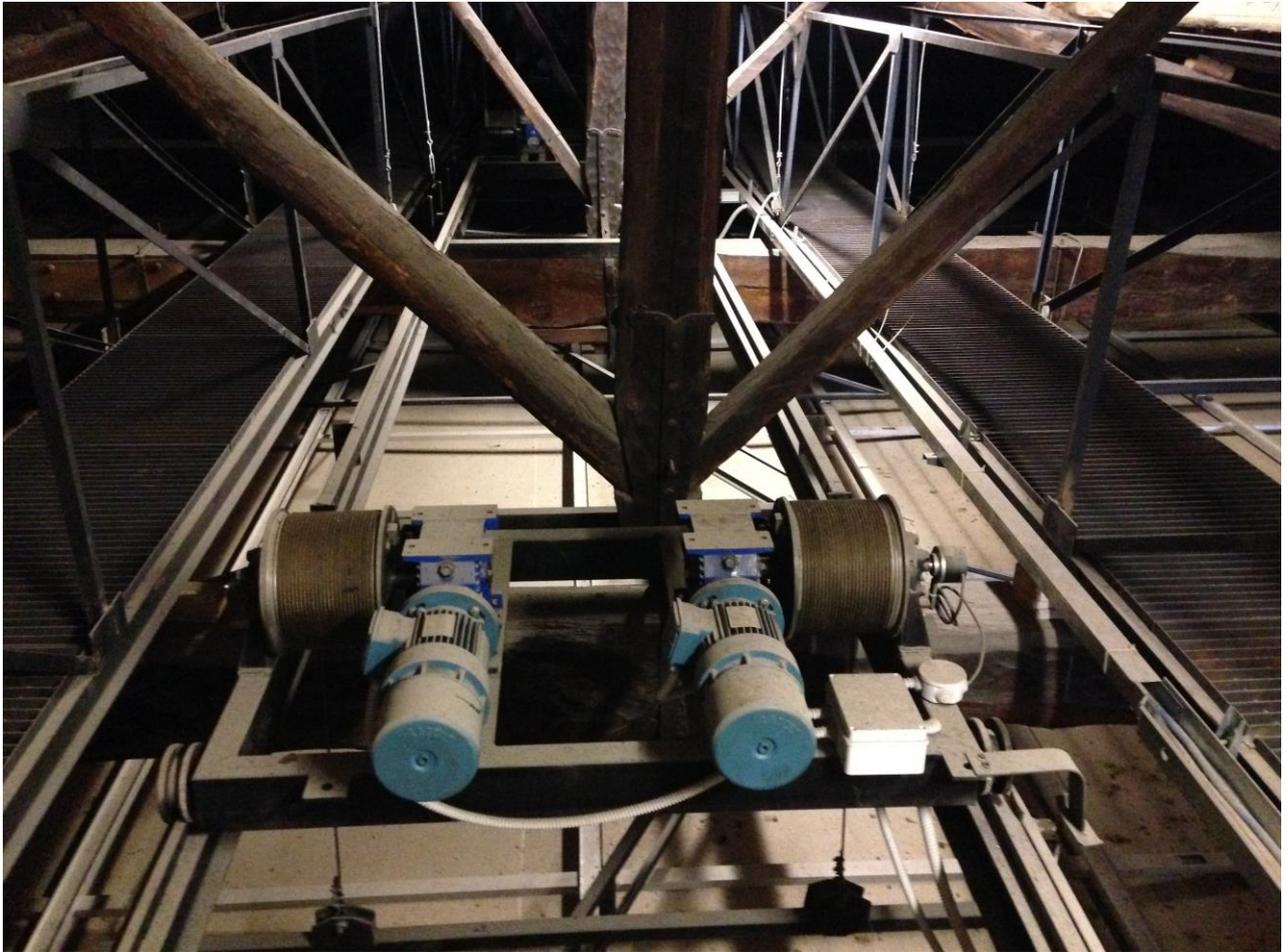
F11. *Tela allo stato attuale*

L'articolato sistema di movimentazione della tela si trova poggiato sulle catene delle capriate come riportato nella successiva immagine 12 ed è azionato da una linea di alimentazione specifica e da quadro di controllo dedicato.

Alla data attuale il sistema non sembra mostrare segni di degrado ma, non essendo stato movimentato ed azionato da molti anni, non è possibile determinare e comprendere se lo stesso funzioni correttamente e si presenti in perfetta efficienza.



F12. Sistema di movimentazione delle tele



F13. Sistema di movimentazione delle tele

3 DESCRIZIONE DEI DISSESTI E DELLE CRITICITA' RICONTRATE

Attualmente L'Ex Chiesa del Carmine presenta delle problematiche inerenti soprattutto la compagine statica del plesso che hanno costretto l'Amministrazione Comunale a precluderne l'uso sottraendo purtroppo alla collettività un bene ricco di fascino storico e sociale che senza dubbio ha necessità di essere restituito nel proprio splendore ed in totale sicurezza.

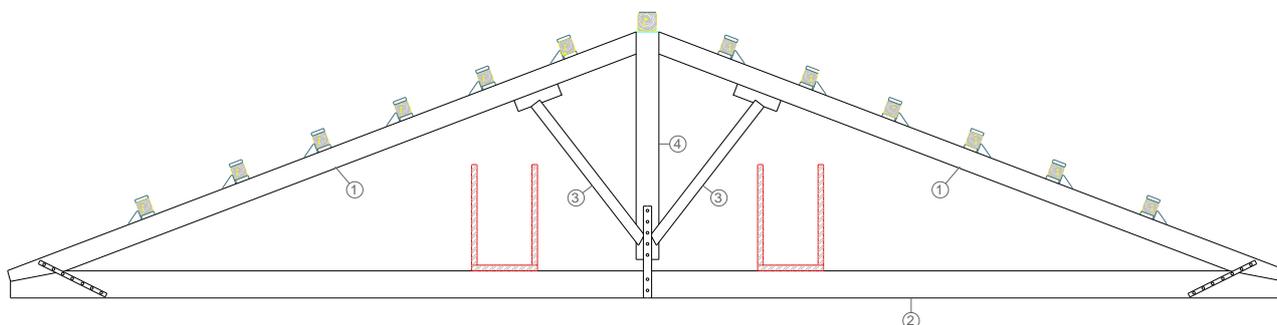
Le problematiche manifestate in maniera incisiva si sono concentrate nella copertura e nella sacrestia posta al lato destro rispetto alla facciata d'ingresso con dissesti statici che se non arginati e mitigati possono portare ad accentuare il problema con il rischio di crollo localizzato e/o generalizzato.

Le problematiche rilevate vengono analizzate dettagliatamente nel seguito in quanto capire in maniera più probabile possibile la causa generatrice porta ad individuare interventi mirati, riconoscibili e minimamente invasivi che consentono di mitigare, al limite arginare completamente la problematica, rispettando la storicità del bene e del sito di interesse storico archeologico sul quale esso insiste.

3.1 DISSESTI IN CORRISPONDENZA DELLA COPERTURA

Il danneggiamento in copertura risulta prevalentemente localizzato in corrispondenza di entrambi i lati delle capriate i quali risultano danneggiati in una sezione prossima alla mezzeria con evidenti lesioni che corrono longitudinalmente in prossimità delle fibre inferiori. A seguito di verifiche si è riscontrato che i danneggiamenti dei puntoni sono essenzialmente attribuibili ad un eccessivo carico in copertura dovuto da un lato al pacchetto eseguito con i lavori di restauro del 1086-1997 e dall'altro al peso del telaio della tela che, unitamente al sistema automatico di movimentazione ed alle passerelle di manutenzione, gravano direttamente sulla capriata incrementando il carico gravante. Infatti la passerella risulta in parte poggiante sulla catena ed in parte appesa ai puntoni stessi con appositi tiranti generando un eccessivo stato di sollecitazione a flessione degli elementi in corrispondenza della mezzeria.

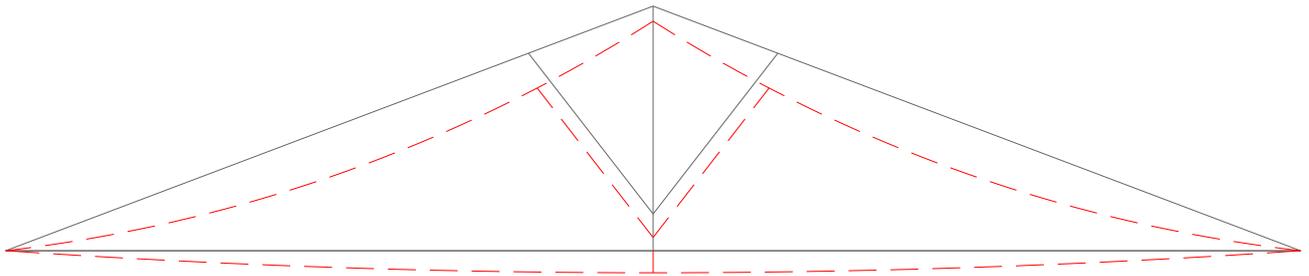
Lo schema della capriata è riportato nella successiva immagine 14 ove sono presenti tutti gli elementi che la costituiscono e nella sezione si osservano anche le passerelle in acciaio installate per le operazioni di manutenzione.



F14. Sezione della capriata

Per effetto dei carichi gravanti la capriata ha subito dei cedimenti e delle rotture concentrate nei puntoni. L'immagine 15 che segue mostra il cinematismo subito

dall'elemento e rappresentato dalla linea tratteggiata in rosso rispetto alla posizione d'origine rappresentata con linea continua in nero.



F15. Schema statico del cinematisma della capriata

L'azione dei carichi ha comportato una elevata sollecitazione in corrispondenza dei puntoni i quali hanno subito una rottura delle fibre tese in mezzzeria come rappresentato nelle immagini a seguire.



F16. Dissesti dei puntoni



F17. Dissesti dei puntoni



F18. Dissesti dei puntoni



F19. *Dissesti dei puntoni*

Dalle analisi eseguite in seguito ad una programmazione di indagine è inoltre emerso che gli elementi lignei delle capriate e della copertura in genere, sono soggetti a fenomeni di degrado materico dovuto a microrganismi. I cosiddetti “tarli” hanno infestati i legni e li stanno logorando provocando continuamente riduzione della resistenza che porta ad un progressivo logorio dei legni.



F20. *Esemplare di Lyctus individuato nel campione ligneo*

L'avanzato stato di decomposizione dovuto ai microrganismi e l'accentuato stato di dissesto statico dei puntoni, stanno man mano dirigendo la capriata verso un dissesto irreversibile che potrebbe portare al crollo della copertura danneggiando in maniera incisiva l'immobile ed in maniera irreparabile la preziosa tela, pertanto risulta di fondamentale importanza intervenire con metodi e tecnologie specifiche che consentano di intervenire eliminando le problematiche emerse.

3.2 CEDIMENTO FONDALE DELLA SACRESTIA

La Sacrestia ha subito un dissesto concentrato nel cantonale e dovuto essenzialmente a cedimento fondale come osservabile dalle immagini a seguire.



F21. Dissesto del cantonale della sacrestia



F22. *Lesioni interne conseguenti al dissesto del cantonale della Sacrestia*



F23. *Lesioni interne conseguenti al dissesto del cantonale della Sacrestia*



F24. Lesioni interne conseguenti al dissesto del cantonale della Sacrestia

L'edificio è stato realizzato a partire dal 1600 e fino ad oggi non aveva subito, o non si è ritrovata traccia, dissesti statici rilevanti come quello in atto, pertanto la causa è da ricercare nelle attività e nelle modifiche recentemente eseguite.

Durante i sopralluoghi preliminari si è osservato che il cantonale dove è concertato il cedimento si trova proprio in prossimità del punto di incontro di due tronchi fognari uno proveniente dalla zona dell'Anfiteatro che convoglia acque meteoriche e, con buona probabilità, anche acque nere dai servizi igienici presenti alle spalle della Sacrestia, un altro proveniente dalla Chiesa che convoglia acqua meteorica proveniente dalla copertura e dai canali di gronda.

Ebbene all'apertura dei pozzetti ed all'attività di ispezione si è riscontrato che le condotte risultano completamente ostruite pertanto non sono in grado di defluire correttamente i fluidi raccolti i quali necessariamente si disperdono nel terreno modificando la struttura dello stesso e creando dei fenomeni di dilavamento delle particelle tipici dei moti di filtrazione. Individuata la causa principale del cedimento sono state eseguite dei saggi costituiti da un carotaggio continuo oltre il volume significativo e fino alla profondità di 20 metri dal piano campagna ed un pozzetto ispettivo in prossimità della fondazione. Dal carotaggio continuo è stato possibile ricostruire la stratigrafia del terreno che viene riproposta nella successiva immagine.

STRATIGRAFIA

Committente

Comune di Terni

Sondaggio n.

S1

Località

Passeggiata – Chiesa del Carmine

Data

Apr. 2023

Tipo Perforazione

Carotaggio continuo - Diametro. 101mm.

Prof. (mt)	Spessore (mt)	Stratigrafia	Acque	Descrizione Terreno	Campioni	SPT	Pocket penetrometer(Cu)/KPa
0,5	1,3			Terreno di riporto superficiale in matrice terrosa bruna sabbioso limosa con dispersi clasti millimetrici calcarei matrice sostenuti. SPT da -1,1 . (12-11-6).		12	
1,0				Limi sabbiosi e sabbie avana chiaro a granuli calcarei a bassa densità SPT da -2,7 . (4-6-9).		11	
1,5	5,8			Livello terroso bruno limoso argilloso inconsistente e molle con clasti millimetrici dispersi		4	
2,0				SPT da -7,5 . (40-R).		6	
2,5				Sedimenti con clasti ghiaiosi e ghiaie anche centimetriche >5cm Ghiaie sabbiose calcaree con spigoli arrotondati		6	
3,0	6,3					9	
3,5						9	
4,0						9	
4,5						9	
5,0						9	
5,5						9	
6,0						9	
6,5						9	
7,0						9	
7,5						9	
8,0						9	
8,5						9	
9,0					9		
9,5					9		
10,0					9		
10,5					9		
11,0					9		
11,5					9		
12,0					9		
12,5					9		
13,0					9		
13,5					9		
14,0					9		
14,5					9		
15,0					9		

F25. Colonna stratigrafica del sondaggio a carotaggio continuo

Dal carotaggio è interessante osservare che sostanzialmente il sottosuolo si suddivide in due macro zone, la prima che si estende fino alla profondità di 6,30 metri dal piano campagna caratterizzata da scarse proprietà meccaniche e scarsi livelli di resistenza e poi un substrato di sedimenti ghiaiosi dotati di grosse capacità meccaniche. Il pozzetto ispettivo ha invece mostrato la realizzazione di un cordolo in calcestruzzo armato immediatamente a ridosso della fondazione esistente della sacrestia (cfr. fig. 26).



F26. Cordolo in calcestruzzo armato realizzato in aderenza alla fondazione della Sacrestia

Il cordolo risulta ancorato alla muratura tant'è che, per effetto del cedimento, ha subito esso stesso una lesione che ben si legge nella immagine 27.

È da sottolineare che durante la esecuzione dello scavo accidentalmente è stato danneggiato un tubo di condotta idrica che ha fatto riempire in poco tempo il cavo. Ebbene, intercettata la condotta in modo che non perdesse continuamente acqua, si è osservato che l'acqua accumulatasi defluiva velocemente sotto le fondazioni dell'edificio confermando quanto ipotizzato a monte della esecuzione delle indagini; le perdite idriche dai sottoservizi presenti hanno eroso e dilavato il terreno fondale (caratterizzato da scarse proprietà meccaniche per i primi 6,30 m) creando dei cunicoli preferenziali ove l'acqua corre dilavando le particelle e riducendo drasticamente la capacità portante del terreno.



F27. Lesione del cordolo in calcestruzzo armato in aderenza alla fondazione della sacrestia

Lo scaldamento del terreno di sedime per effetto dei moti di filtrazione ha comportato quindi notevole riduzione della capacità portante, innesco di fenomeni di micro cedimenti fondali che, in occasione del terremoto del 2016 si sono accentuati per effetto dello scuotimento del terreno e l'assestamento dello stesso con la formazione delle lesioni nelle murature che tutt'oggi si osservano.

Alla luce di quanto sopra analizzato è possibile sottolineare e affermare che il dissesto strutturale che interessa la Sacrestia è generato da perdite delle condotte idriche presenti in prossimità della stessa le quali, per fenomeni di dilavamento, hanno provocato cedimenti differenziali del terreno di fondazione accentuati dal movimento sismico del 2016.

3.3 DEGRADO DELLE FINITURE MURARIE

I locali a nord-est della Chiesa sono interessati da importanti fenomeni di degrado superficiale che interessa principalmente gli strati di finitura. Le problematiche sono particolarmente evidenti in corrispondenza della parte bassa delle murature interessate da importanti fenomeni di umidità di risalita che nel tempo ha provocato il formarsi di macchie, distacchi di intonaci, esfoliazioni.

I locali in questione sono stati nel tempo oggetto di vari interventi di manutenzione attraverso la rimozione e il rifacimento degli intonaci e delle tinteggiature esistenti. Tuttavia

ad oggi le manifestazioni di degrado risultano nuovamente presenti in corrispondenza di numerosi ambienti.

Le principali cause di degrado delle finiture vanno ricondotte alla presenza di fenomeni di umidità di risalita capillare e umidità di infiltrazione.

Umidità di risalita capillare

Il problema dell'umidità da risalita capillare rappresenta una delle principali cause di degrado delle murature dell'edificio, si manifesta in maniera diffusa in particolare in corrispondenza della parete alle spalle della Chiesa esposta a Nord-Est, a confine con l'anfiteatro, sia sul lato interno che esterno.

Dalle immagini riportate a seguire è evidente come il fenomeno sia particolarmente diffuso sul lato interno della muratura in corrispondenza dei bagni, degli spogliatoi e del corridoio.

Le principali manifestazioni del fenomeno sono così identificate:

- Degrado di tipo chimico che si manifesta attraverso corrosione, idrolisi, idratazione, ossidazione;
- Degrado di tipo fisico che si manifesta attraverso dilatazione termica, gelo, cristallizzazione dei Sali;
- Bio- deterioramento che si manifesta attraverso formazione e sviluppo di organismi vegetali e muffe;
- Degrado di tipo termo-igrometrico che si manifesta attraverso peggioramento delle condizioni termoigrometriche degli ambienti interni, con conseguente decadimento del livello di benessere e insorgenza di rischi per la salute degli occupanti.



F28. Evidente degrado da umidità di risalita localizzata sul lato interno della parete esposta a Nord-Est



F29. *Evidente degrado da umidità di risalita localizzata in corrispondenza delle pareti interne ed esterne della sacrestia*



F30. *Evidente degrado da umidità di risalita localizzata in corrispondenza delle pareti esterne esposte a Nord-Est*

Umidità meteorica o umidità da infiltrazione

Il lato esterno verso l'anfiteatro, oltre ad essere interessata da umidità di risalita, seppur in maniera meno marcata rispetto al lato interno, risente fortemente delle infiltrazioni per precipitazioni atmosferiche. L'umidità di infiltrazione è principalmente causata dal cattivo stato di manutenzione delle coperture e dall'inadeguato funzionamento dei sistemi di smaltimento delle acque meteoriche.

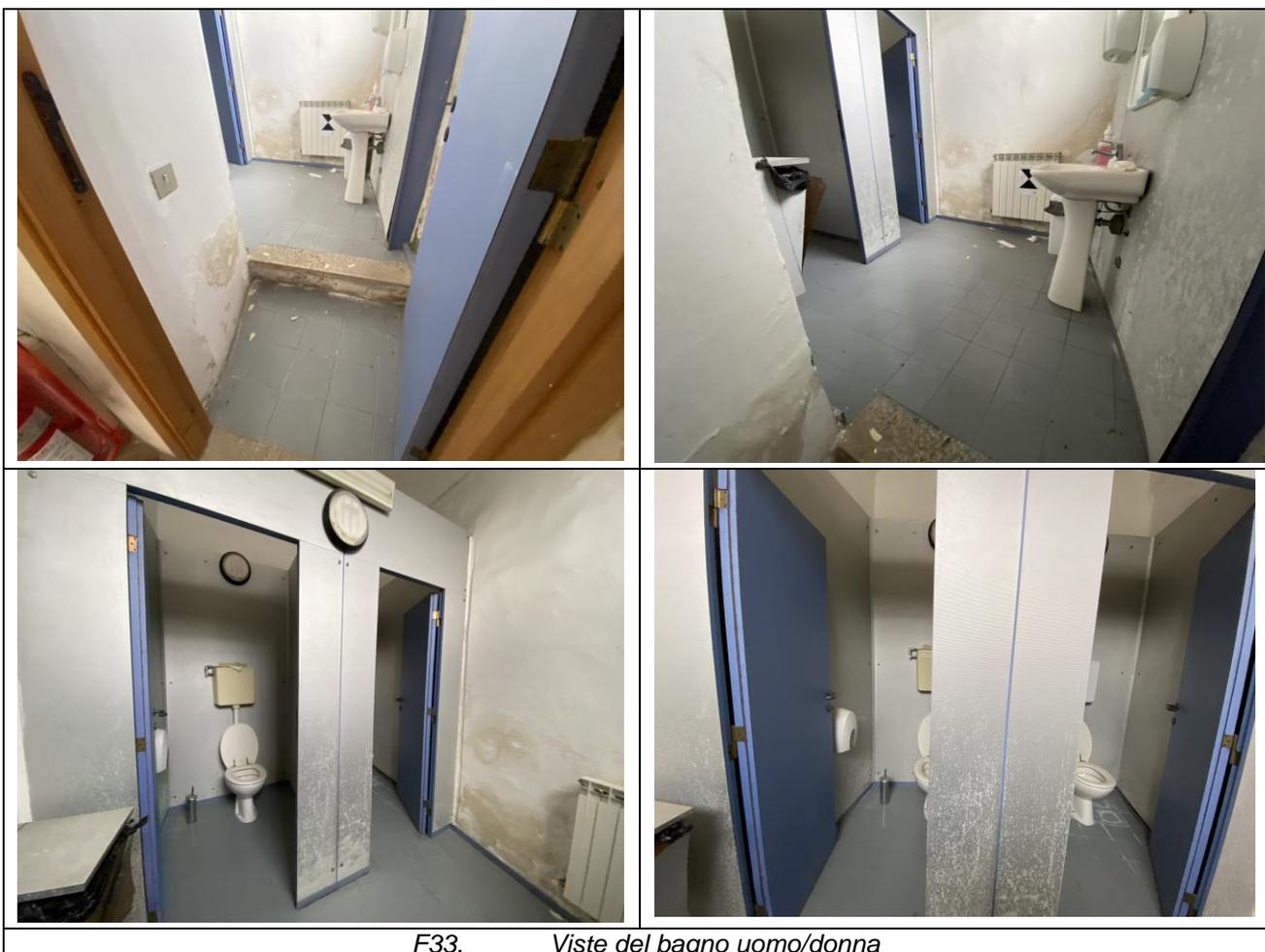


F31. *Evidente degrado da umidità da infiltrazione in corrispondenza delle pareti esterne esposte a Nord-Est*

3.4 DEGRADO E MALFUNZIONAMENTO DEI LOCALI SERVIZI IGIENICI E SPOGLIATOI

I locali alle spalle della Chiesa e della Sacrestia, sono interessati da evidenti fenomeni di degrado causati principalmente da fenomeni di umidità che interessa in misura marcata i servizi uomo donna, in misura meno incisiva il locale bagno disabili.

Il degrado diffuso, ha causato negli anni il cattivo funzionamento degli interi servizi igienici che necessitano oggi di rifacimento.



4 STRATEGIE DI INTERVENTO

Analizzate le criticità che interessano sia l'Ex Chiesa del Carmine che la Sacrestia è fondamentale stabilire una strategia di intervento che consenta di mitigare e/o porre definitivo rimedio alle problematiche statiche e strutturali presenti ed al contempo rispetti l'aspetto storico del bene e dell'area di interesse alla luce del vincolo culturale e archeologico presente in sito.

La problematica non è di facile soluzione e bisogna pensare a strategie di intervento che siano in grado di risolvere i problemi statico, di rispettare l'architettura del bene e di non interessare il sottosuolo in vista della potenzialità archeologica del sito.

Proprio alla luce di queste considerazioni sono state studiate ed espone strategie di intervento che consentono di arginare le problematiche riscontrate invadendo il meno possibile sia la componente architettonica che la componente archeologica e che vengono di seguito analizzate.

4.1 SMONTAGGIO DELLA TELA E DEL SISTEMA DI AZIONAMENTO

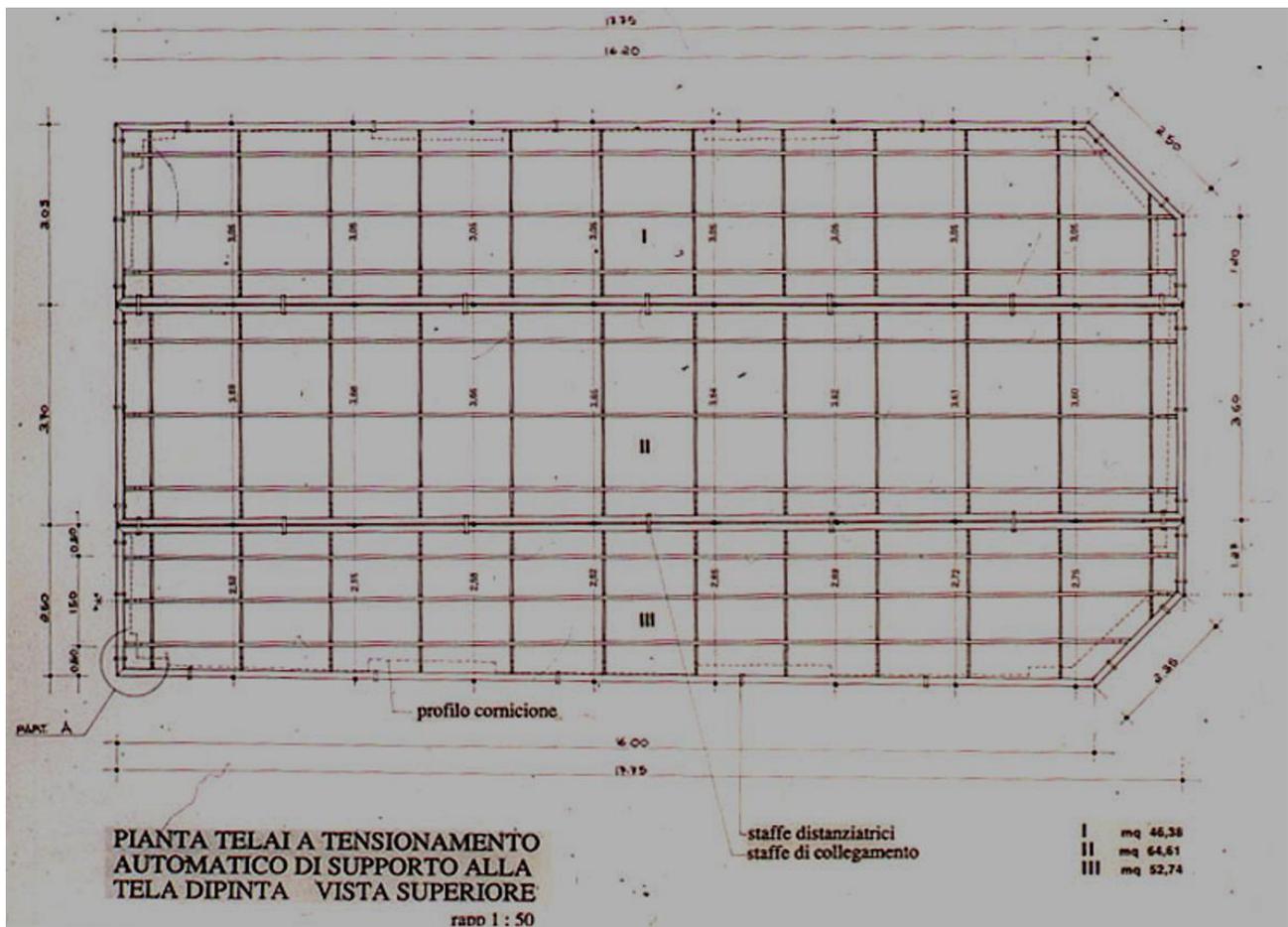
Per poter eseguire i lavori in copertura è necessario provvedere a smontare la grande tela della navata in quanto tutti i lavori dovranno essere eseguiti dall'interno senza smontare la copertura ed inoltre si dovrà provvedere alla esecuzione di una idonea manutenzione di tutto il sistema di movimentazione sia relativamente alla parte meccanica sia relativamente alla parte elettrica.

La pianta dei telai a tensionamento automatico di supporto alla tela è riportata nella successiva immagine estratto progettuale dell'intervento conclusosi nell'anno 1997.

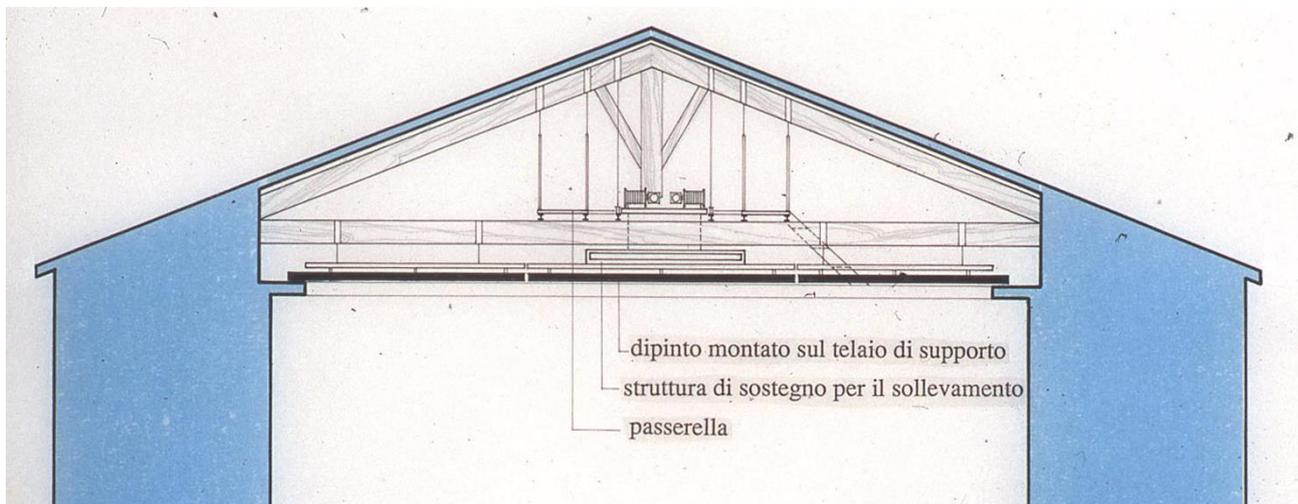
Come si vede il supporto è costituito da n. 3 porzioni di telaio una centrale della larghezza di circa 3,70 metri per una lunghezza di 17,75 metri e due telai laterali della larghezza di circa 3,00 metri per lunghezza massima di 17,75 metro. Il telaio con sistema di movimentazione elettromeccanico è riportato nello schema di funzionamento della figura 29 a seguire. È importante osservare come i due telai laterali sono sovrastanti la cornice di bordo presente mentre la porzione centrale si incastra perfettamente tra i laterali fornendo una visione di continuità generale rendendo impercettibile dall'osservatore a terra il distacco tra gli elementi.

Il telaio è tenuto su da un sistema di funi in acciaio collegati alle capriate lignee e alla struttura metallica di movimentazione ove gli elementi possono scorrere e muoversi con azionamento elettrico al fine di movimentare le tele per le operazioni di manutenzione. L'intervento eseguito tra il 1986 e il 1997 è geniale nello studio e nel sistema di funzionamento ed ha fornito un restauro del dipinto in chiave moderna e funzionale che si integra perfettamente nell'immobile.

Per eseguire le lavorazioni la tela dovrà essere smontata azionando i meccanismi presenti ed adottando le dovute procedure in maniera inversa rispetto al montaggio.



F34. Schema del telaio a tensionamento automatico di supporto alla tela

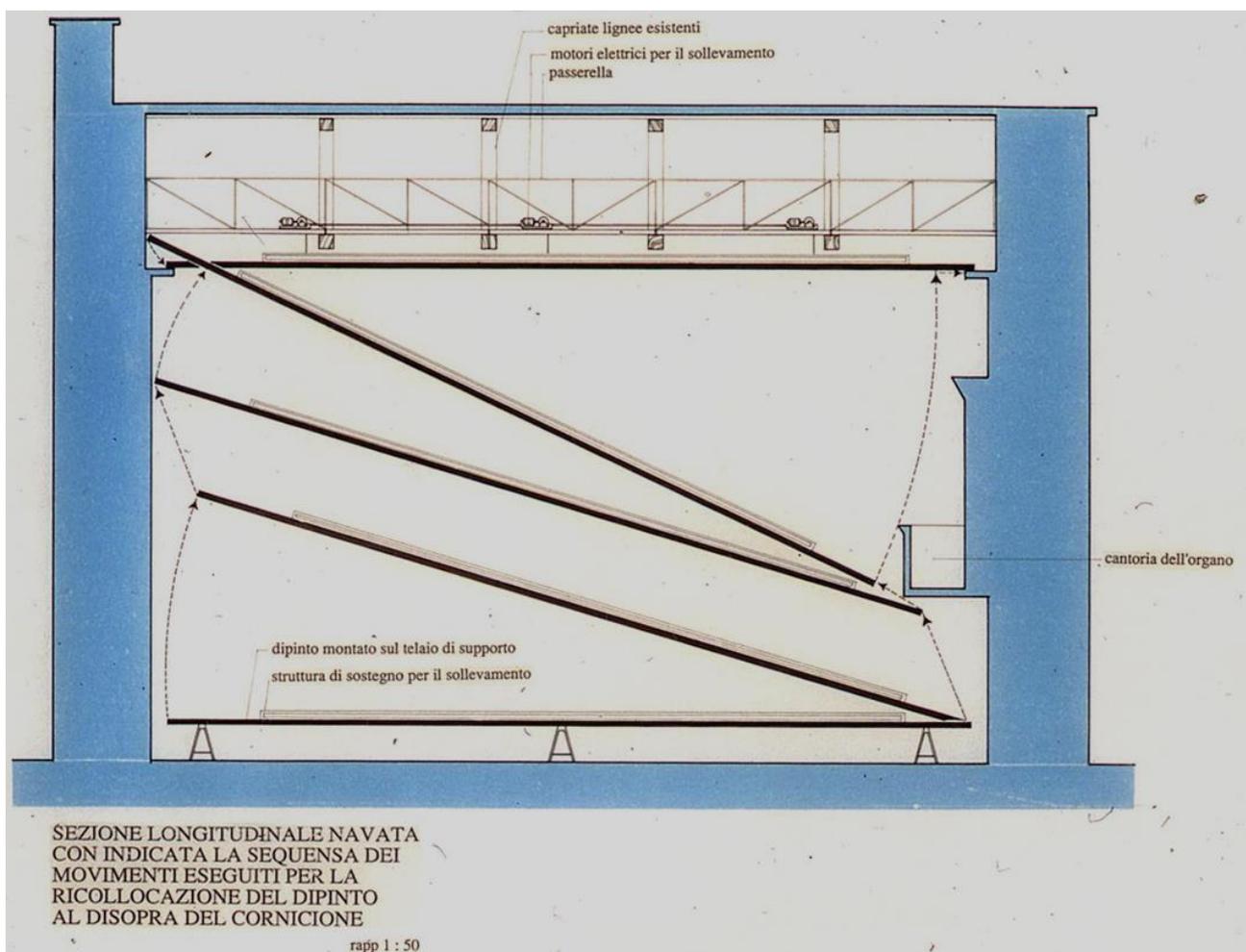


F35. Sezione costruttiva del telaio della tela e sistema di movimentazione e manovra

Per procedere allo smontaggio della tela bisogna rifarsi alla immagine 30 che segue e seguire lo schema di movimentazione di seguito riportato.

1. La porzione centrale del telaio viene leggermente sollevato e viene fatto scorrere all'indietro in modo da superare la cornice verso l'abside;

2. La tela centrale viene abbassata dalla parte anteriore ed il carrello di sostegno viene fatto scorrere in avanti in modo da superare anche la cornice posta a lato posteriore;
3. Superate le cornici la tela viene calata in verticale fino ad essere posata a tessa su idonei supporti opportunamente realizzati e protetti in modo da evitare ogni minima abrasione o danno alla stessa;
4. La tela centrale viene a questo punto opportunamente protetta e confezionata e spostata in luogo asciutto e protetto;
5. La tela di destra viene sollevata e spostata tramite appositi meccanismi nella parte centrale della navata;
6. Procedendo con le stesse modalità precedentemente esposte la stessa viene calata fino a terra e una volta protetta e confezionata viene portata in luogo asciutto e protetto;
7. In maniera analoga viene trattata la tela di sinistra la quale una volta calata viene confezionata e portata a sito di stoccaggio e conservazione temporaneo.



F36. *Movimentazione della tela*

La tela portata in adeguato sito sarà sottoposto solo a scrupolosa opera di pulizia generale. Parallelamente si provvederà alla revisione generale del sistema di

movimentazione e sostegno della tela, di tutti gli automatismi elettrici e meccanici, alla sostituzione di eventuali parti logorate, alla sostituzione dei cablaggi elettrici e di eventuali interruttori e sistemi di comando. Tutte queste operazioni saranno eseguite dopo il restauro degli elementi lignei della copertura e prima di riposizionare le tele precedentemente smontate.

4.2 INTERVENTI DI RIPRISTINO E CONSOLIDAMENTO DELLA COPERTURA

La copertura dovrà essere trattata sia da un punto di vista fisico degli elementi lignei che da un punto di vista statico nella considerazione dell'equilibrio delle forze presenti. L'intervento che si intende adottare per ripristinare il dissesto in copertura sarà eseguito senza rimozione della stessa anche e quindi eseguendo lavorazioni tutte dall'interno dell'edificio. Per prima cosa dovranno essere trattati i legni dalla presenza dei parassiti i quali dovranno essere eliminati con opportuni interventi ed in via definitiva. Successivamente alla eliminazione dei tarli si dovrà provvedere a ripristinare le fibre lignee danneggiate con operazioni di incollaggio epossidico delle stesse in modo da ripristinare la continuità degli elementi ed in terza ed ultima fase si dovrà prevedere l'intervento strutturale volto alla riduzione dei carichi presenti in copertura e conseguentemente alla riduzione delle sollecitazioni gravanti.

4.2.1 INTERVENTO DI ELIMINAZIONE DEI TARLI

Primo passo nel ripristino della copertura consistenza nella eliminazione dei parassiti che tendono ad erodere il legno. Il trattamento di eliminazione dei tarli deve essere eseguito in sito ed in via definitiva e pertanto è necessario adottare tecniche specifiche che consentano la disinfestazione senza alterare il legno della copertura. La tecnica che meglio si adatta alla fattispecie è la disinfestazione Termo-induttiva che consente di eliminare ogni stadio biologico dei tarli, uovo, larva, pupa e adulto. La tecnica consiste nell'elevare la temperatura interna delle strutture lignee sino a 57°-58° all'interno di una coibentazione termica mobile che avvolge le superfici da trattare. La temperatura letale per tali microrganismi ad ogni stadio si aggira intorno ai 53° - 55° ed il trattamento risulta radicale ed assolutamente non nocivo sia per gli operatori che per gli elementi lignei.

Tale tecnica è specificatamente adatta per trattare capriate e travi lignee che non possono essere smontate dalla propria sede. Le superfici sono suddivise in aree omogenee da trattarsi indipendentemente e sono coibentate con speciali teli termici, fissati ai lati delle pareti con chiodi, se si tratta di muri, o graffette, se si tratta di legno. La temperatura diffusa all'interno delle camere termo-induttive è indotta gradualmente nelle travi alternando fasi di aria calda e di raffreddamento delle superfici e sfruttando la capacità del legno di trattenere ed accumulare il calore all'interno, sino a gradi predeterminati di temperatura. I controlli costanti, effettuati con sensori ottici e all'infrarosso, consentono di regolare il rapporto della temperatura esterna - interna, in modo che non superi la soglia predeterminata di scostamento.

La durata dell'intervento tiene conto del diametro e della specie lignea delle travi da trattare e le procedure operative sono regolate su parametri che mantengono i materiali sotto la soglia di stress meccanici di rilievo. Vengono determinati, prima dell'intervento, i

valori di temperatura e umidità nella camera termo-induttiva e sulle superfici lignee. Ad ogni fase di controllo vengono ripetute le misurazioni, aggiungendovi quelle di rialzo progressivo della temperatura al cuore delle travi. Gli scostamenti dei valori di umidità rilevati nelle fibre del legno, vengono controllati nella fase di raffreddamento della camera termo-induttiva, durante il processo di totale riassorbimento, da parte delle travi, dell'umidità precedentemente rilasciata.



F37. Esempi di trattamento termo-induttivo per la disinfestazione da tarli

Dopo il trattamento antitarlo radicale si consiglia sempre di impregnare il legno con bio-deterrente selettivo, raccomandato per inibire eventuali re-infestazioni crociate.

4.2.2 INTERVENTO DI RIPRISTINO DELLE LESIONI NEI LEGNI

Eseguito il trattamento antiparassitario si dovrà procedere al trattamento delle lesioni del legno provvedendo ad incollare le fibre nelle aree dove risultano danneggiate. Per fissare in maniera efficace le fibre lignee danneggiate saranno utilizzate delle colle epossidiche bicomponenti note per la loro elevata efficacia, la loro elevata resistenza e la loro elevata durabilità. Quando utilizzate sul legno, induriscono creando una presa duratura che funziona sia come sigillante che come riempitivo.

Essendo la colla epossidica un adesivo bicomponente dovranno essere praticati dei passaggi affinché risulti una perfetta applicazione efficace ed invisibile all'esterno. I passaggi da adoperare vengono di seguito elencati:

1. Il supporto va efficacemente pulito e va rimossa ogni minima parte di polvere eventualmente presente anche con l'uso di aria compressa;
2. Il supporto potrà essere trattato tramite un film sottile e trasparente di fissante epossidico in modo da rendere meglio efficace la forza di coesione della colla;

3. La colla viene impastata nelle due componenti nella percentuale giusta dettata dal produttore in funzione della tipologia lignea e tramite apposita spatola o siringa viene stesa riempiendo ogni porzione delle parti di legno da incollare;
4. Le porzioni di legno da incollare vengono energicamente avvicinate e la parte viene resa solidale e fissa con l'applicazione di fascette metalliche autostringenti che garantiscono la perfetta aderenza degli elementi;
5. Finita l'applicazione e prima che la colla faccia presa si dovrà procedere alla rimozione della colla in eccesso mentre per le parti già in presa o indurite si potrà procedere con la rimozione meccanica tramite coltello.

Una volta indurita la colla e non meno di 72 ore dall'applicazione potranno essere rimosse le fascette autostringenti precedentemente posizionate per garantire il contatto e la perfetta adesione delle parti incollate.

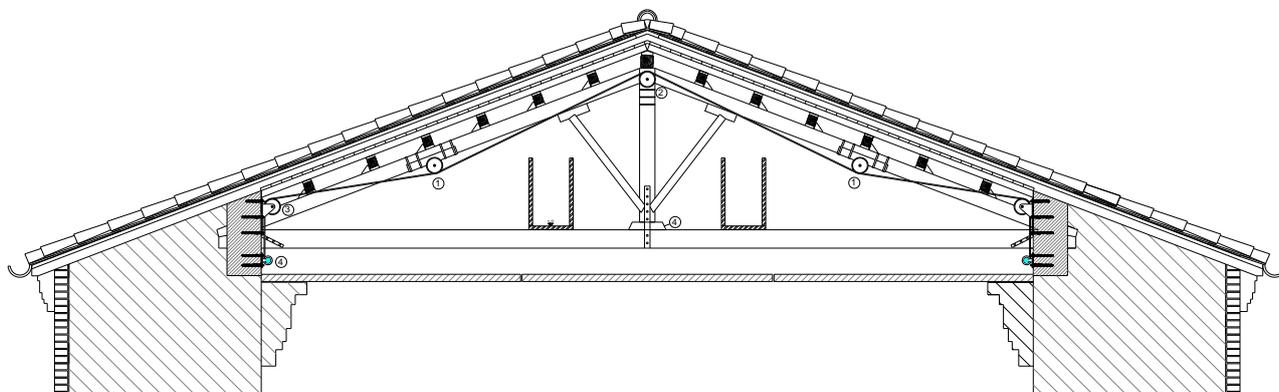
4.2.3 INTERVENTO DI RIPRISTINO STATICO DELLA COPERTURA E DELLE CAPRIATE

Eseguito il trattamento preliminare sugli elementi lignei ed incollate le fibre danneggiate si potrà procedere alla messa in opera di un sistema di adeguamento statico delle capriate in modo da fronteggiare ed equilibrare i carichi presenti.

Nella scelta dell'intervento è importante tener presente la storicità monumentale del plesso e soprattutto è importante rappresentare che le capriate lignee sono l'unico elemento dell'originaria copertura ancora esistente e presente dall'epoca della costruzione. Per tale circostanza l'intervento deve tendere alla massima conservazione delle stesse senza modificare o intaccare tipologia, funzionamento materiali ecc. conservando tutti gli elementi presenti ma allo stesso tempo risolvendo le problematiche strutturali che si sono presentate.

Per mitigare la problematica statica delle capriate si è messo a punto un intervento non invasivo che, tramite equilibrio di forze, riduce il carico gravante sui puntoni delle capriate sgrano parzialmente la capriata dalle azioni sollecitanti. Il sistema viene realizzato tramite funi e carrucole che opportunamente posizionate sono in grado di esercitare un'azione dal basso verso l'alto uguale e contraria alla forza derivante dal carico della copertura in modo da ridurre il carico di competenza dei puntoni nella sezione di mezzaria.

Il sistema messo a punto è riportato schematicamente nella immagine 32 a seguire rimandando alla tavola grafica maggiore approfondimento.

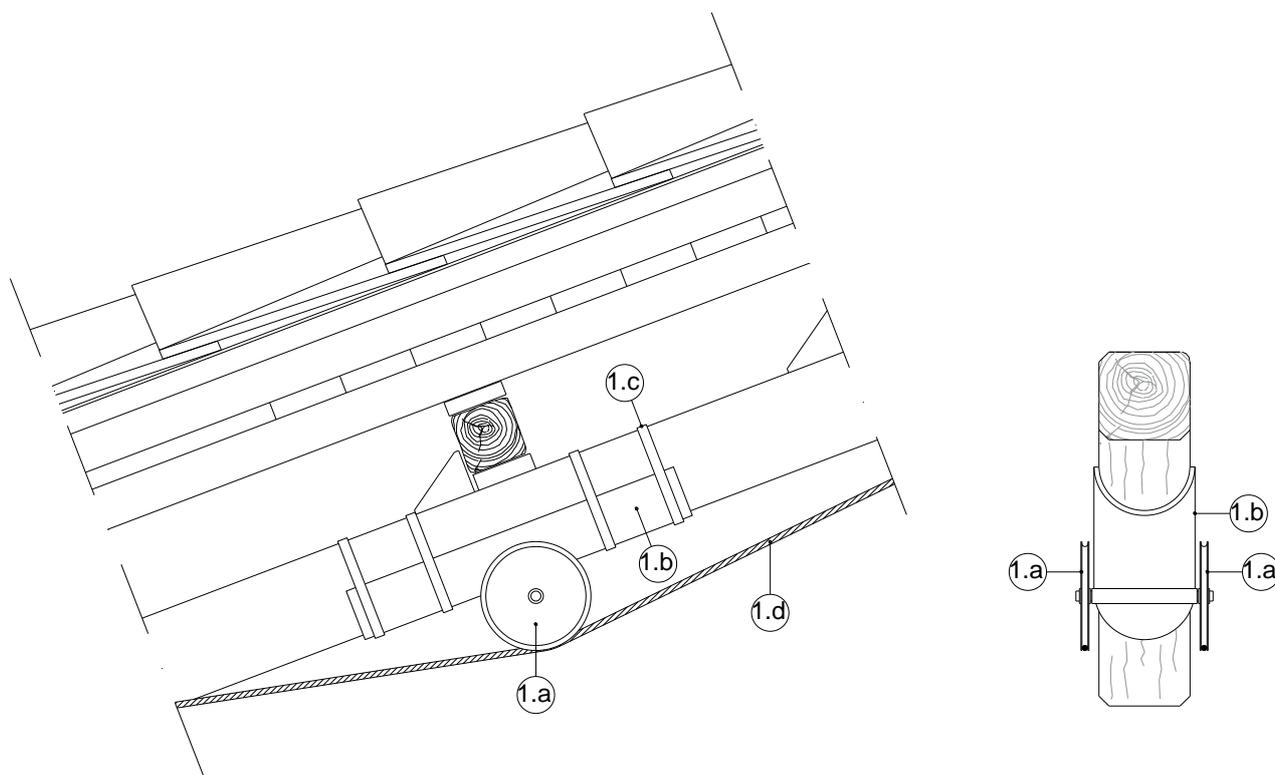


F38. Sezione di intervento della capriata

Il sistema costruttivo è composto da 5 carrucole, 2 cavi in acciaio del diametro di 14mm, 2 sistemi di tensionamento meccanico ed un quadro elettrico di comando da remoto e nello specifico viene analizzato di seguito.

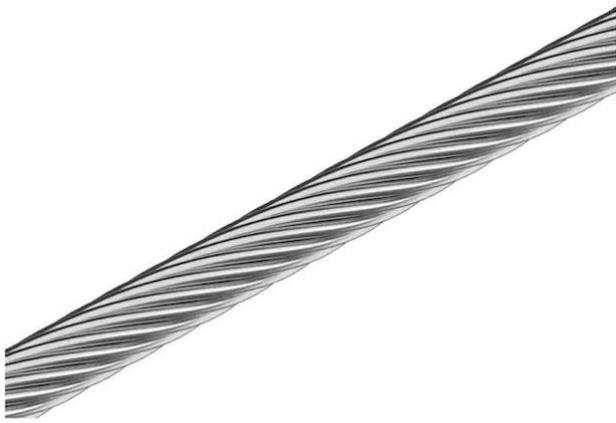
ELEMENTO 1 – carrucola di applicazione della forza in corrispondenza del puntone

Primo elemento del sistema è costituito dalla carrucola che trasferisce l'azione alla mezzeria del puntone, azione uguale e contraria ai carichi provenienti dalla copertura e gli eventuali carichi variabili da neve o manutenzione.



F39. Elemento 1 – carrucola in corrispondenza del puntone

L'elemento è costituito da una doppia carrucola [1.a] posizionata tramite un asse rotante a destra e sinistra del puntone sulla quale passerà il cavo in acciaio armonico [1.d] che opportunamente tesato provvederà ad imprimere una azione dal basso verso l'alto per equilibrare in parte le forze agenti. È necessario predisporre n. 2 carrucole con n. 2 cavi che saranno tensionate insieme da un unico sistema di tiro in modo che l'azione esercitata risulti perfettamente centrata rispetto all'asse del puntone ed inoltre l'uso di n. 2 cavi fa sì che la sezione del cavo risulti inferiore garantendo così una maggiore facilità nell'applicazione del tiro e della tensione conseguente. L'azione del sistema viene trasmessa al puntone tramite una piastra a sezione semicircolare [1.b] di sezione interna pari al diametro esterno del puntone e lunghezza variabile da 0,70 a 1,0 metri, che viene semplicemente appoggiata nella parte inferiore del puntone e fissata allo stesso tramite fascette autobloccate di contenimento. Il sistema quindi come su può ben intuire non intacca minimamente il legno della capriata ma viene semplicemente fissato con fascette ed il sistema funziona semplicemente per aderenza.



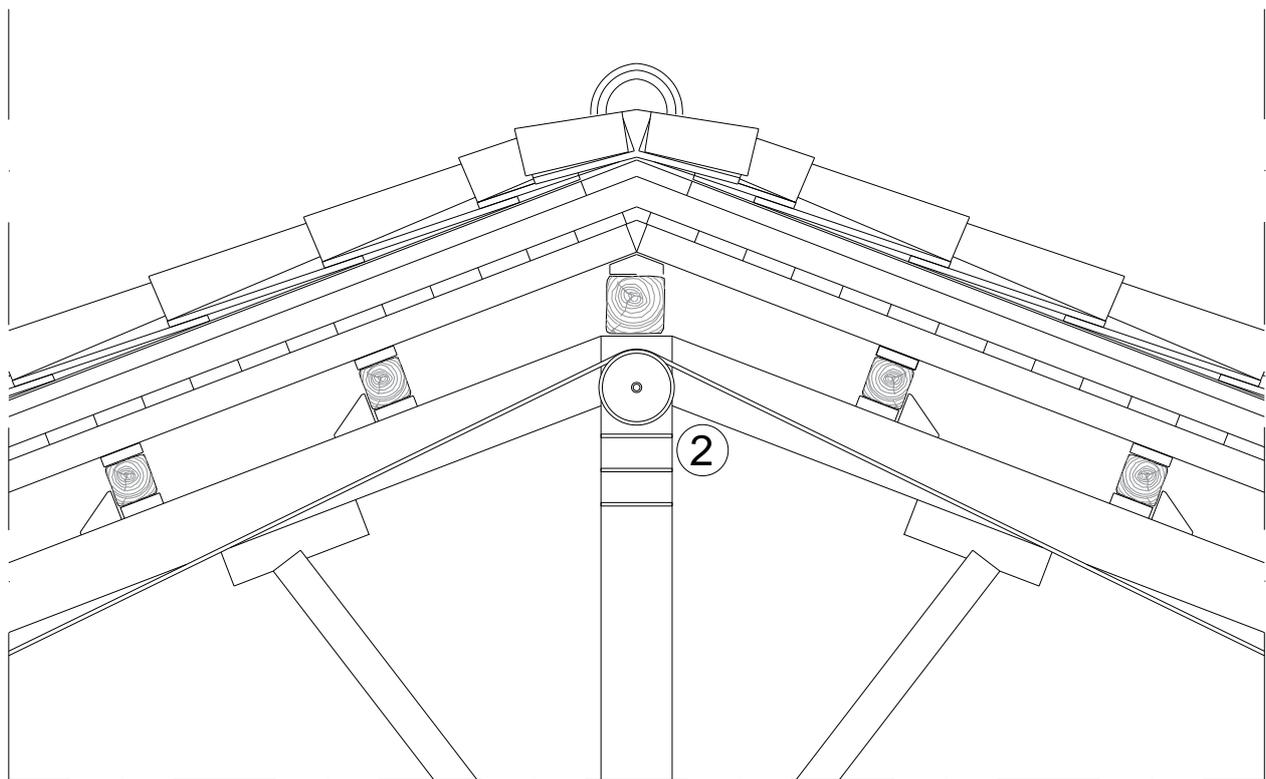
F40. Cavo di tensionamento Ø14mm



F41. Fascette autobloccate

ELEMENTO 2 – carrucola centrale di passaggio

Nella parte centrale della capriata in corrispondenza della parte sommitale del monaco viene posizionata una seconda doppia carrucola con asse passante all'interno del monaco attraverso un foro praticato.



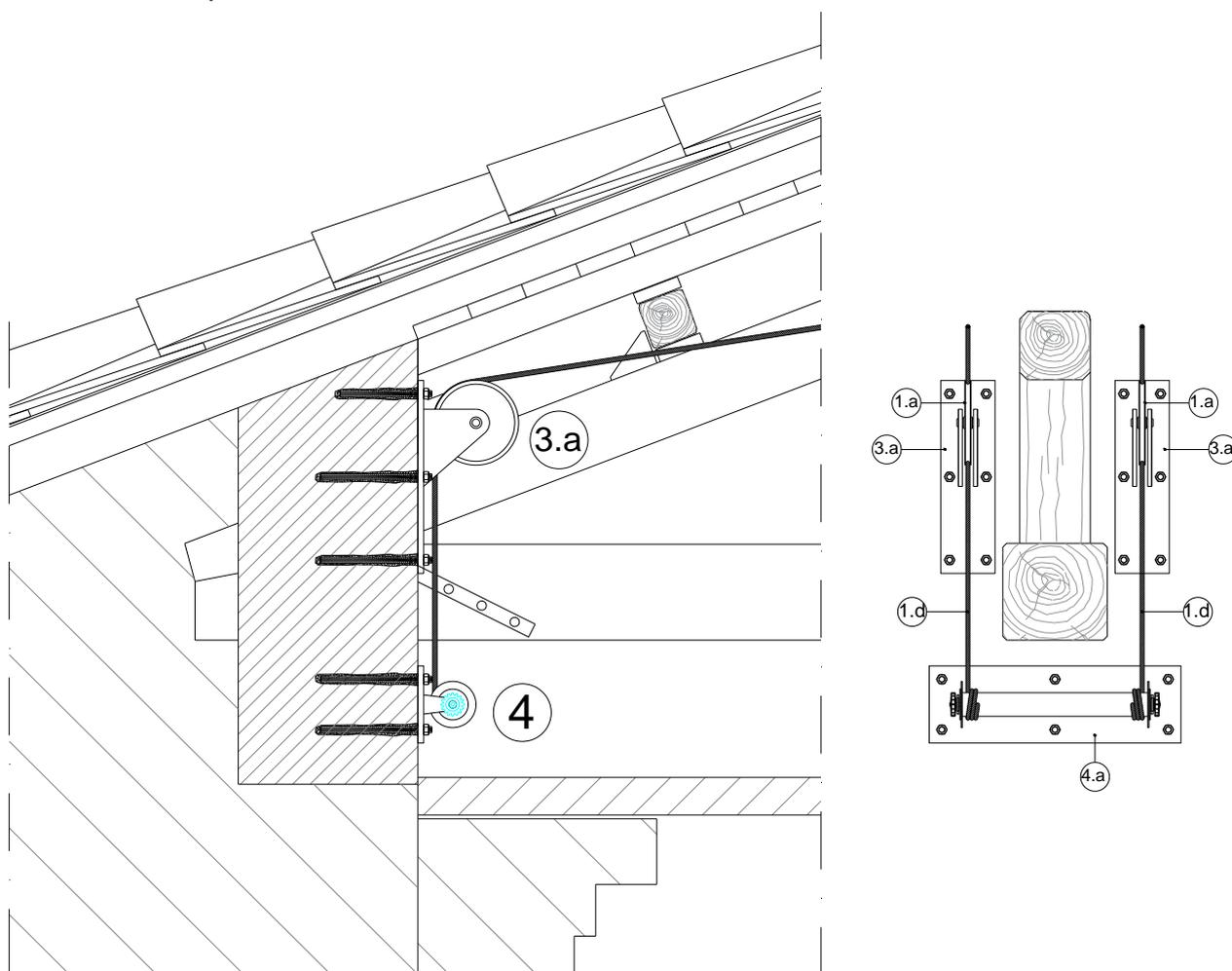
F42. Elemento 2 – carrucola in corrispondenza del monaco

Si dovrà procedere alla esecuzione di un foro centrale in corrispondenza della parte sommitale del monaco, a montare l'asse di rotazione ed a fissare le carrucole ad entrambi i lati della capriata in modo da consentire il passaggio del cavo di tensionamento. Ovviamente in questo caso il sistema esercita una azione dall'alto verso il basso in direzione delle fibre lignee che potrebbe provocare delle lesioni al monaco. Per evitare tali

circostanze saranno posizionate immediatamente al di sotto del foro delle fasce in acciaio autobloccate che grazie all'azione circonferenziale di contenimento che esercitano eviteranno che il monaco si possa lesionare in direzione delle fibre. Le fasce saranno posizionate in numero sufficiente ad evitare tutte le problematiche statiche che potessero interessare il monaco. Di tutto il sistema questo elemento è l'unico che interferisce con la storica capriata, infatti la esecuzione del foro di passaggio dell'asse della carrucola rappresenta l'unica interferenza che il sistema ha con gli elementi lignei nessun altro elemento interferisce con le storiche strutture

ELEMENTO 3 e 4 – Carrucola e sistema di tensionamento

In corrispondenza dell'appoggio della capriata viene posizionato il sistema di tiro e la carrucola corrispondente in modo da consentire il tensionamento dei cavi.



F43. Elemento 3 e 4 – carrucola e sistema di tiro

In corrispondenza dell'appoggio è presente il cordolo in calcestruzzo armato realizzato nell'intervento di restauro del 1986-1997. In corrispondenza del cordolo in c.a. saranno posizionate le staffe [3.] di sostegno delle carrucole e la staffa [4.a] di fissaggio del meccanismo di tensionamento. Il fissaggio al cordolo in c.a. avviene tramite perforazione del calcestruzzo eseguita a rotazione, la pulizia dei fori con aria compressa e la stesa di fissativo specifico. Successivamente i fori saranno riempiti con fissante chimico bicomponente epossidico specifico per impieghi strutturali e saranno posizionate le barre

filettate del diametro di 16mm in acciaio S275 oppure classe 8.8. indurito il fissante chimico sarà possibile posizionare le piastre [4.a] e [3.a] serrando con dado e controdado il sistema eseguito. È importante sottolineare che la piastra [4.a] che supporta l'elemento di tiro deve essere messa in posizione perfettamente orizzontale e tale operazione dovrà essere eseguita con doppio controllo livello laser e livello a bolla in modo da garantire la perfetta planarità del cilindro avvolgicavo. Parallelamente le piastre [3.a] devono essere posizionate in maniera perfettamente verticale in modo che l'asse della carrucola sia perfettamente verticale e consenta un tiro dei cavi in maniera retta senza intralci o cali di tensione per attrito laterale dovuti alla non perfetta planarità dell'asse della ruota con la direzione di tiro. Anche in questo caso il controllo della perfetta verticalità dovrà essere eseguito con doppia livella di cui la prima laser la seconda a bolla. È importante infine controllare la perfetta ortogonalità tra le due carrucole ed il cilindro di tiro, solo utilizzando tali accorgimenti sarà possibile garantire che i due cavi posti ai lati delle capriate eserciteranno la stessa azione a garanzia di un sistema perfettamente equilibrato.

Le carrucole ed il sistema di tiro saranno posti ad entrambi gli appoggi delle capriate e la tesatura avverrà per step successivi incrementando la tensione prima da un lato e poi dall'altro fino a raggiungere lo stesso valore sia a destra che a sinistra garantendo che la forza esercitata sul puntone di destra sia perfettamente uguale alla forza esercitata dal sistema sul puntone di sinistra.

Il sistema di tesatura dei cavi [4] sarà costituito da un cilindro rotante sul quale vengono agganciati e successivamente tesati i cavi in acciaio. Il sistema ha da un lato una ruota dentata che consente il bloccaggio a livello di tesatura desiderata la quale può essere impressa meccanicamente tramite una chiave dinamometrica e anche elettronicamente tramite un quadro elettrico dotato di interruttore di comando e interruttore PCL che controlla il livello di tesatura dei cavi secondo valori preimpostati e che agisce su entrambi gli organi presenti sia a destra che a sinistra della singola capriata facendo in modo che lavorino alla stessa tensione.

Sarà quindi installato un quadro comando elettrico in corrispondenza dell'accesso al sottotetto ed all'interno del quadro partiranno le linee che alimentano i sistemi di tensione che agiscono su ogni singola capriata. Il quadro di comando sarà dotato di protezione magnetotermica, interruttore di azionamento a pulsante interruttore PCL per determinare la tensione massima nei cavi e tutto quanto necessario per il corretto funzionamento nulla escluso anche se non espressamente indicato nella presente descrizione.

4.3 INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DEL CEDIMENTO IN FONDAZIONE DELLA SACRESTIA

La sacrestia come ben noto ha necessità di intervento urgente onde evitare crolli localizzati o generalizzati che possano arrecare danno alla collettività e possano portare alla distruzione parziale o totale del bene. Infatti se da un lato bisogna rispettare la storicità dell'immobile, dall'altro bisogna anche garantire che lo stesso non crolli quindi risulta necessario e senza ombra di dubbio urgente intervenire cercando di arrestare il cedimento fondale e ripristinando le lesioni che conseguentemente si sono venute a creare. Dagli studi geologici si è osservato che il substrato consistente si trova ad una quota di 6,30 metri dal piano campagna e quindi la tecnologia ideale che consentirebbe di arrestare la

problematica venutasi a creare e salvare interamente l'immobile è quella dei micropali, ma tale tecnologia non è attuabile in quanto essendo presente un vincolo archeologico nell'area, la Soprintendenza Archeologica non autorizzerebbe mai la esecuzione di tali interventi e quindi bisogna individuare tecnologie diverse che consentono di salvare la Sacrestia. Non potendo intervenire quindi con i micropali, aimè, si è pensato di intervenire sul terreno di fondazione nello strato già rimaneggiato senza intaccare gli strati sottostanti che sembra siano rimasti inalterati in epoca recente.

È chiaro ormai che la genesi del cedimento è da individuarsi nelle perdite delle reti fognarie presenti nelle immediate vicinanze del cantonale della Sacrestia le quali hanno creato dei fenomeni di dilavamento dei terreni causando i lamentati cedimenti. Le infrastrutture idrauliche presenti sono poste a una profondità variabile da 1,20 metri in corrispondenza dei pozzetti di collegamento a circa 2,00 metri in corrispondenza del cantonale della sacrestia fino a circa 3,00 metri in prossimità dell'innesto alla fogna principale. Quindi mediamente il terreno rimaneggiato per la realizzazione delle reti fognarie si aggira intorno ai 2,00 metri dal piano campagna pertanto l'intervento di consolidamento in fondazione dovrà essere limitato al massimo in questo volume senza intercettare gli strati sottostanti. Per ripristinare i cedimenti di fondazione e le lesioni create nella muratura della sacrestia saranno adottate le seguenti lavorazioni:

- Rifacimento delle reti fognarie in prossimità della sacrestia;
- Iniezioni di acqua e calce con additivi fluidificanti nello strato di terreno fino alla profondità massima di 1,80 metri in modo da aumentare la coesione del terreno e conseguentemente la resistenza;
- Interventi di scuci e cuci sulle murature danneggiate per effetto dei cedimenti.

Le attività sopra descritte vengono specificatamente analizzate nei paragrafi a seguire.

4.3.1 INTERVENTI DI RIFACIMENTO DELLE RETI FOGNARIE IN PROSSIMITÀ DELLA SACRESTIA

La causa del dissesto fondale della sacrestia è da ricercarsi nella fognatura limitrofa che, realizzata nei lavori tra il 1986 e il 1997, ha causato dilavamenti del terreno fondale a seguito di disfunzioni e perdite. All'atto dei sopralluoghi infatti la fogna risultava completamente ostruita e si osservavano perdite in corrispondenza del cedimento.

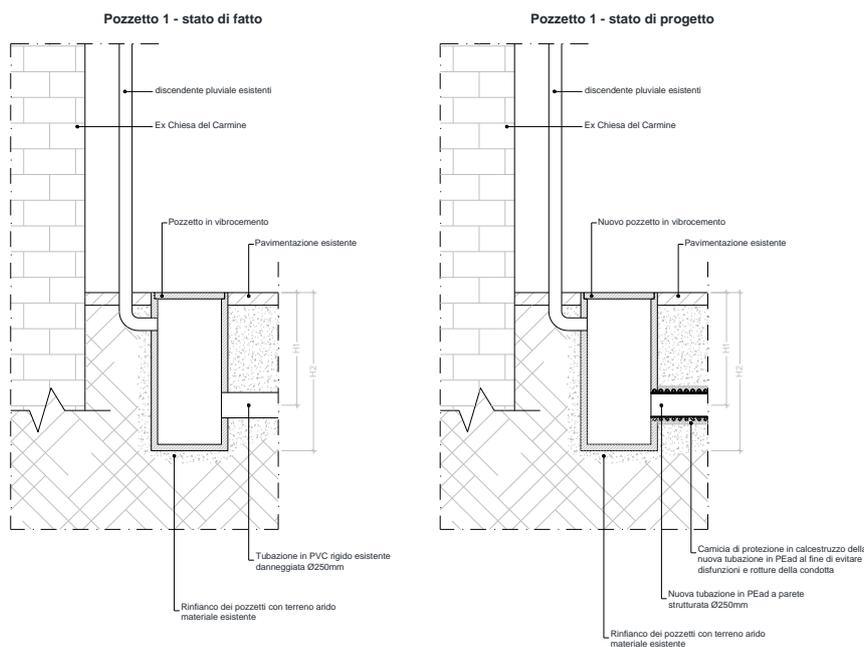
Per arrestare il cedimento in atto ed evitare che le lesioni si propaghino ulteriormente nella sacrestia con conseguenti maggiori e più gravi danni alle strutture è necessario tassativamente provvedere a rimuovere la causa generatrice pertanto si rende necessario provvedere al completo rifacimento della rete fognaria esistente. La rete è costituita essenzialmente da un tronco che parte dalla chiesa e percorre il lato principale della sacrestia ad una distanza di circa 1,00 metri fino ad immettersi nel pozzetto posto all'angolo. Tale tronco convoglia essenzialmente acque bianche provenienti dalla copertura della chiesa e si presenta completamente ostruito e con lesioni e danneggiamenti circa a metà percorso dal quale si riversano i reflui. Un secondo tronco proviene dalla sacrestia e raccoglie i reflui dalle coperture, dalle limitrofe aree pavimentate e dagli scarichi domestici. Le acque raccolte vengono poi convogliate tramite tubazione alla rete principale cittadina per lo smaltimento in apposito impianto di trattamento.

Per l'intervento di prevede di smontare tutti i pozzetti presenti limitrofi alla sacrestia eseguendo lo scavo a mano e rimuovendoli fisicamente. Si prevede inoltre di rimuovere

tutta la tubazione logora sempre eseguendo scavi a mano e portando il materiale di risulta a unità di trattamento e riutilizzo. Nella stessa identica posizione dei pozzetti rimossi e nella stessa identica posizione delle tubazioni rimosse sarà realizzata una nuova linea fognaria avene caratteristiche in termini di materiali, tecnologie costruttive e tenuta, superiori rispetto alla precedente. Essendo l'area soggetta a vincolo archeologico tutte le lavorazioni interesseranno solo ed esclusivamente il volume di terreno strettamente necessario alla posa dell'opera mantenendo le stesse identiche profondità preesistenti e tutti gli scavi e le movimentazioni saranno eseguite manualmente evitando l'uso di mezzi meccanici. La nuova fognatura sarà così realizzata:

- **Pozzetti:** saranno in vibrocemento delle stesse dimensioni dell'esistente e saranno posati alla stessa quota;
- **Tubazioni:** saranno in polietilene a parete strutturata PEad delle stesse dimensioni delle tubazioni in PVC esistenti e posate alla stessa profondità. Le tubazioni in polietilene a parete strutturata hanno una maggiore resistenza ed una maggiore rigidità circonferenziale grazie alla struttura della parete che risulta spiralata e con una inerzia maggiore. Sono inoltre tubazioni a doppia parete e quindi garantiscono una maggiore resistenza meccanica sia nel rispetto dei cedimenti ed assestamenti del terreno che rispetto all'azione meccanica delle radici degli alberi. I materiali attuali inoltre presentano dei sistemi innovativi di collegamento delle giunzioni che garantiscono una elevata tenuta della stessa scongiurando qualsiasi possibilità di perdita ivi localizzata;
- **Bauletto di protezione:** intorno alla tubazione sarà realizzato un bauletto di protezione in calcestruzzo dello spessore di circa 5cm che incrementa le resistenze alle azioni meccaniche delle radici e riduce la prossimità di eventuali perdite.

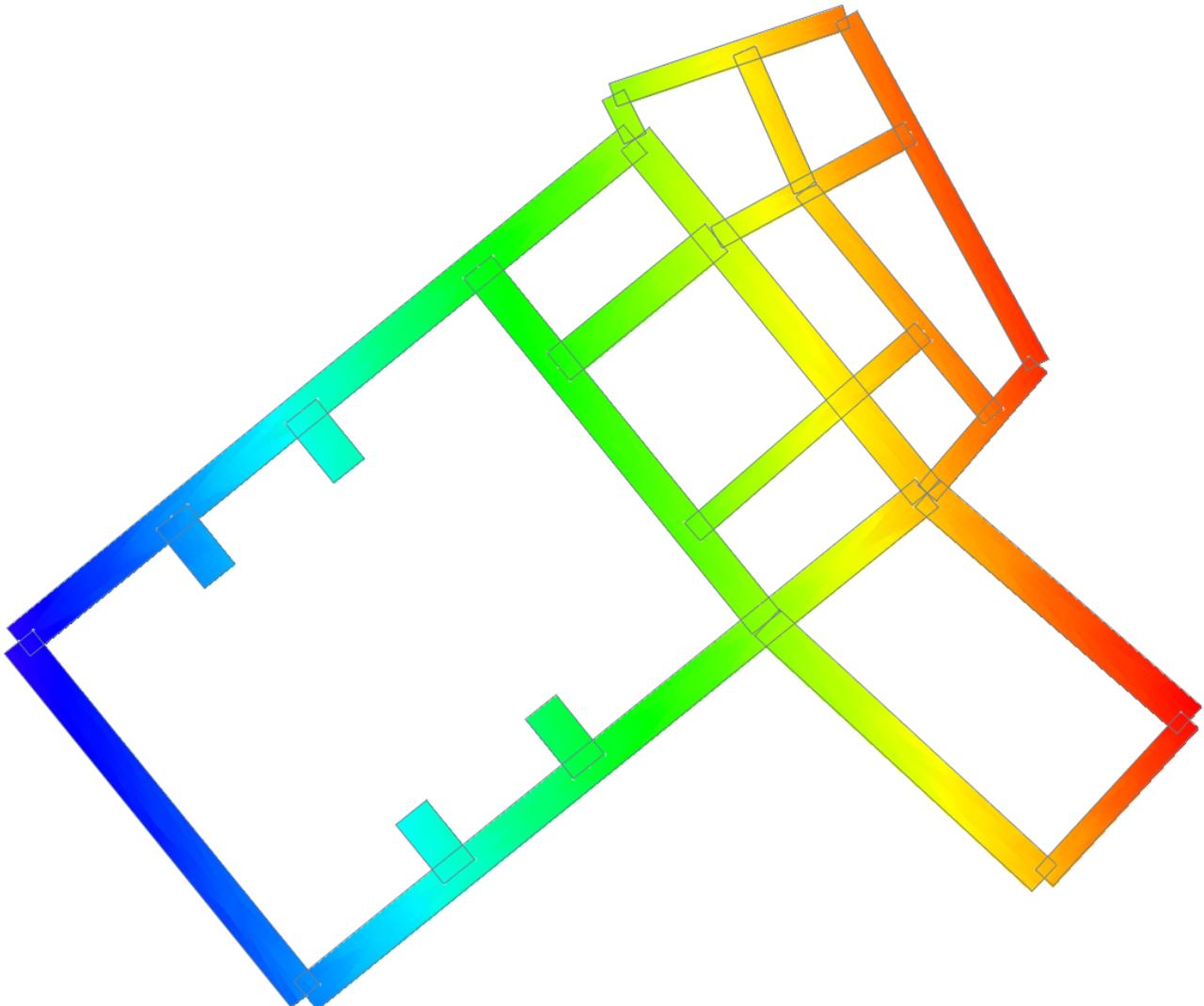
La successiva immagine mostra uno schema esecutivo dell'intervento ed in particolare un confronto tra la condizione di stato di fatto e quella di progetto al fine di mostrare che l'intervento sarà localizzato solo ed esclusivamente nell'ambito dell'esistente.



F44. Intervento di rifacimento delle reti fognarie

4.3.2 CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO DI FONDAZIONE CON INIEZIONI DI ACQUA E CALCE

Eliminata la causa generatrice del dissesto resta da ripristinare le condizioni geotecniche compromesse dei terreni di fondazione. Dall'analisi eseguita la calcolatrice è possibile osservare quanto è la tensione trasmessa dall'edificio al terreno di fondazione secondo il diagramma riportato nella successiva immagine.



F45. Diagramma delle tensioni in fondazione

Tensioni [daN/cm ²]	
1.17	
1.26	
1.34	
1.43	
1.52	
1.60	
1.69	
1.78	
1.86	
1.95	

legenda

La legenda al lato mostra il massimo stato tensionale trasmesso dalla fondazione al terreno si osserva che la sacrestia presenta valori di tensioni, nel punto dove si è verificato il cedimento, che vanno dagli 1,69 kg/cm² agli 1,86 kg/cm². Dallo studio geologico si evince che i terreni sono essenzialmente a grana grossa infatti tutti gli strati sono caratterizzati da una grande componente dell'angolo di attrito e dall'assenza di coesione. Tale circostanza avvalorava l'individuazione della causa generatrice del cedimento infatti i terreni siffatti, soprattutto nei primi strati, sono molto sensibili a fenomeni di dilavamento ed assestamento sotto l'effetto dei moti di filtrazione e delle piccole correnti d'acqua presenti.

Sulla scorta della relazione geologica viene eseguita quindi una analisi della capacità portante del terreno considerando che mediamente l'altezza della fondazione esistenti si attesta a circa 1,20 metri dal piano campagna attuale. La caratterizzazione geotecniche presa in esame viene riportata nella successiva tabella estratta dallo studio geologico del Dr. Geol. Andrea Ricci.

Litologia	Strato	Quota dal p.c.(m.)	γ_n (kN/m ³)	ϕ (°)
Terreno di riporto e antropico	1	0-0,6	14,8	30,1
antropico+Sabbie limose	1-2	0,6-2,4	13,8	23,6
Sabbie limose	2	2,4-4,2	13,8	24,6
Sabbie limose	2	4,2-6,3	13,8	25,7
Passaggio a ghiaie sabbiose	3	6,3-6,9	16,0	30,6
Ghiaie sabbiose	4	6,9-7,2	19,3	35,6

Lo studio viene eseguito con la formula trinomia di Terzaghi considerando la fondazione nastriforme.

$$q_{lim} = N_q \cdot \gamma \cdot h + N_c \cdot c + N_\gamma \cdot \gamma \cdot \frac{B}{2}$$

Viene eseguita la verifica a carico limite considerando l'elemento di fondazione più sollecitato e considerando la geometria della trave fondale assimilata come elemento nastriforme di lunghezza indefinita. Le caratteristiche fisico-meccaniche del terreno sono:

- Profondità del piano di posa $D=1,20m$
- Larghezza della fondazione $B=1,20m$
- Angolo di attrito interno $\phi=23,60^\circ$
- Coesione $c=0,0 \text{ kg/cm}^2$;
- Peso dell'unità di volume sotto fondazione $\gamma=1,38 \text{ t/m}^3$;
- Peso dell'unità di volume sopra fondazione $\gamma=1,48 \text{ t/m}^3$;

I coefficienti dell'espressione trinomia sono:

- $N_q = 8,66$
- $N_c = 18,05$
- $N_\gamma = 8,20$

$$q_{lim} = 8,66 \cdot 0,00138 \cdot 120 + 18,05 \cdot 0 + 8,20 \cdot 0,00148 \cdot 60 = 1,43 + 0,0 + 0,73 = 2,16 \text{ kg/cm}^2$$

pertanto il coefficiente di sicurezza geotecnico è pari a:

$$CS = q_{lim}/R = 2,16/1,95 = 1,107$$

Come si osserva la verifica a carico limite seppur soddisfatta mostra che:

- nello stato imperturbato l'edificio non ha cedimenti fondali in quanto le condizioni di equilibrio sono tali da garantire, anche se pur minimo, un franco di sicurezza;
- che le condizioni di equilibrio fondale sono al limite e pertanto bastano poche e minime perturbazioni di tale equilibrio che possono modificare tale stato e creare fenomeni di cedimento come quelli avuti grazie alle perdite fognarie.

Anche le analisi svolte hanno mostrato quindi che la causa perturbatrice dell'equilibrio fondale è da attribuirsi ai fenomeni di perdite dalle reti fognarie. Assodato che tali perdite vengono arginate con il rifacimento delle tubazioni esistenti è importante ora ristabilire un equilibrio geotecnico del terreno di fondazione. Per far ciò è necessario tener presente il vincolo storico e archeologico presente che non consente di approfondire le fondazioni esistenti con l'uso dei micropali fino a raggiungere strati consistenti, pertanto ci si dovrà limitare a lavorare in superficie ed interessando solo ed esclusivamente la porzione di terreno rimaneggiata. Considerando che la fognatura presenta una quota variabile media di 1,8/2,0 metri si decide di intervenire con delle iniezioni di acqua e calce a bassa pressione e additate con fluidificante, in modo da conferire un minimo di coesione allo strato superficiale di terreno.

L'obiettivo è quello di incrementare la resistenza del terreno iniettando a bassissima pressione acqua con calce la quale va a interessare il terreno fornendo un minimo di coesione cosicché anche il secondo termine della formula di Terzaghi risulti diverso da zero.

Le iniezioni che si andranno ad eseguire si arresteranno massimo ad una profondità di 1,8 metri dal piano campagna e non modificheranno minimamente l'assetto fisico del terreno il quale rimarrà comunque un terreno sciolto evitando quindi che si formino degli strati cementati e consistenti; in sostanza il terreno rimarrà sempre terreno e potrà essere scavato ma avrà una consistenza maggiore grazie alla iniezione della calce. La miscela che si andrà ad iniettare sarà costituita da acqua con l'aggiunta di una frazione di circa il 5% in peso di polvere di calce e pompata a bassissima pressione. Si procederà dal basso verso l'alto e solo nella zona interessata dal cedimento. Con tale tecnica il terreno acquisirà un valore massimo della coesione pari a $0,1 \text{ kg/cm}^2$ e, in tale circostanza, riapplicando la formula trinomia di Terzaghi e considerando un valore di calcolo della coesione pari a $0,05 \text{ kg/cm}^2$ per tenere conto del ridotto strato di terreno nel quale si va ad agire, viene determinato il nuovo carico limite che risulterà pari a:

$$q_{lim} = 8,66 \cdot 0,00138 \cdot 120 + 18,05 \cdot 0,05 + 8,20 \cdot 0,00148 \cdot 60 = 1,43 + 0,90 + 0,73 = 3,06 \text{ kg/cm}^2$$

con un conseguente coefficiente di sicurezza pari a:

$$CS = q_{lim}/R = 3,06/1,95 = 1,57$$

Come si osserva con l'intervento si garantisce una maggiore sicurezza oltre a ripristinare una condizione di equilibrio geotecnico precedentemente alterata.

Le iniezioni vengono effettuate mediante un tubo a valvole poste ad intervalli definiti (tubs à manchettes) che viene infisso nel terreno rimaneggiato per massimo 1,80 metri dal piano campagna. Le valvole sono costituite da manicotti in gomma che, dilatandosi sotto pressione, permettono o impediscono la fuoriuscita della miscela. La miscela consolidante è composta principalmente da acqua e legante (preferibilmente calce), ed è stabilizzata con bentonite o additivi disperdenti; in questo caso l'additivazione della boiaccia è necessaria in quanto la capacità permeante di tale sospensione dipende esclusivamente dalle caratteristiche reologiche (viscosità, rigidità e coesione) nonché dalla stabilità sotto pressione.

4.4 INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DELLA SACRESTIA

Le lesioni della sacrestia saranno trattate con tecnica dello “scuci e cuci” laddove le lesioni risultano di dimensioni rilevanti oppure con le iniezioni di malta specifica a base di calce laddove le lesioni sono di minore entità e la compagine muraria non risulta interamente interessata dal dissesto.

La sequenza delle fasi di lavoro della tecnica del scuci e cuci è particolarmente interessante. Suddivisa in zone la parte ammalorata che si intende ripristinare, si opera la sostituzione della muratura degradata in zone non contigue, in modo da mantenere attiva durante ogni fase del lavoro una porzione di parete sufficiente a garantire la stabilità del muro.

L'intervento di scuci e cuci ha inizio con lo smontaggio di un primo tratto di muratura (il cosiddetto strappo in breccia) e prosegue con l'immediato rifacimento di tale muratura, ammorsandola ai lati e forzandola sul lato superiore al disotto della parte rimanente mediante cunei che verranno sostituiti da mattoni e malta quando sarà concluso il ritiro della parte ricostruita nella prima zona. Successivamente vengono ripetute le stesse operazioni di demolizione e di sostituzione, agendo in zone non contigue.

Come si può immaginare la tecnica dello scuci e cuci è molto laboriosa e richiede grande precisione e abilità da parte della mano d'opera. I mattoni di ciascuna zona devono essere rimossi avendo cura di non rovinare le teste di quelli delle zone contigue sui quali dovrà essere eseguito il successivo ammorsamento dei nuovi elementi.

Lo scuci e cuci, come già accennato, deve essere preceduto da una accurata e attenta fase di diagnosi per valutare la fattibilità dell'operazione in relazione alle possibili rotture o crolli. Si procede quindi per sezioni successive in aree di limitata estensione, evitando l'indebolimento dell'involucro edilizio esistente.

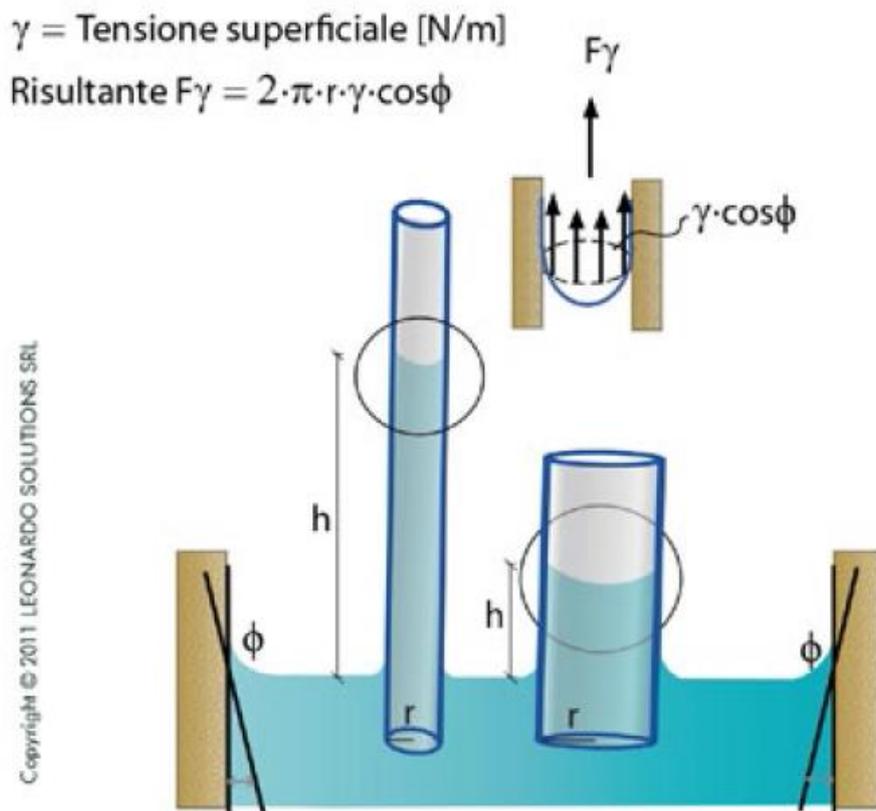
4.5 INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLE MURATURE DALL'UMIDITA' DI RISALITA CAPILLARE – SISTEMA CNT

Il fenomeno della capillarità trae origine dalla complessa interazione chimica e fisica che si esplica tra le molecole d'acqua presenti nel terreno sottostante e/o adiacente alle murature e i materiali porosi costituenti le murature stesse.

Secondo il classico modello del tubo capillare, il fenomeno dello spostamento h (innalzamento o abbassamento) di una colonna di fluido (nel nostro caso acqua) all'interno di un tubo capillare di piccole dimensioni (raggio r) è dato dalla "Legge di Jurin"

$$h = \frac{2 \cdot \gamma \cdot \cos \phi}{\rho \cdot g \cdot r}$$

In cui γ è la tensione superficiale dell'acqua agente al contatto con la superficie interna del capillare, ϕ è l'angolo di contatto (ovvero di inclinazione) della tensione g rispetto alla parete verticale del capillare, ρ la densità dell'acqua e g l'accelerazione di gravità.

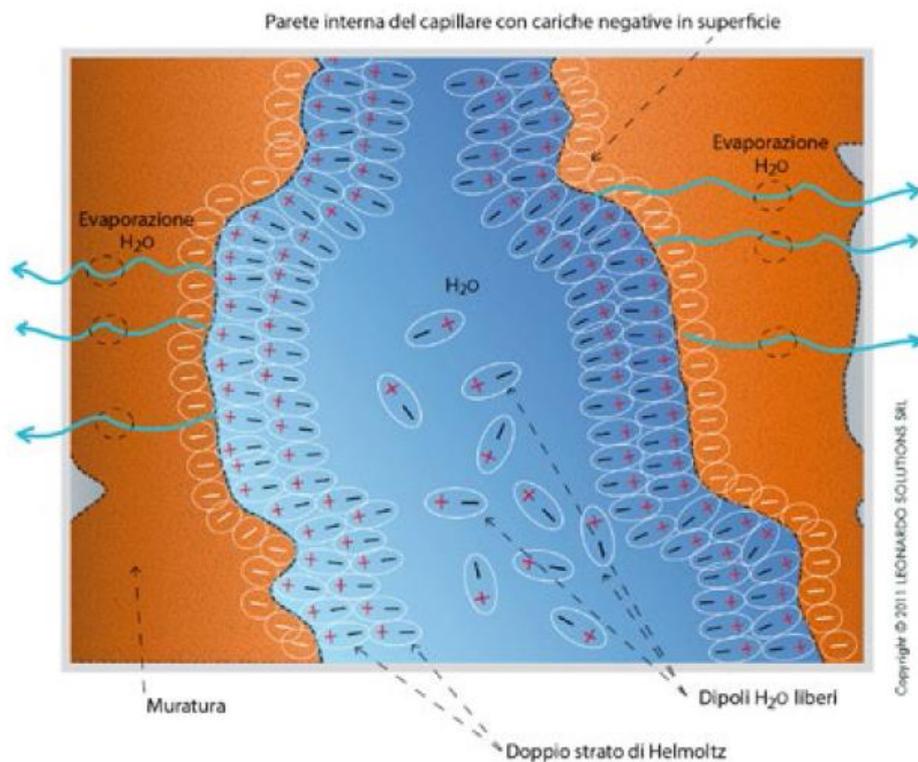


F46. Spostamento del menisco all'interno del capillare per effetto della tensione superficiale

Dalla legge di Jurin si rileva come l'altezza h risulti inversamente proporzionale al raggio r del capillare, tuttavia nei casi concreti tale altezza non è mai riscontrabile, in quanto il modello di tipo "statico" non è sufficiente a descrivere il fenomeno reale.

Come ben noto, infatti, all'interno dei capillari della muratura l'acqua non rimane immobile come nel modello di Jurin, ma al contrario è soggetta a movimento ciclico dal basso verso l'alto, la cui velocità, altezza e intensità risulta variabile in funzione del tasso di evaporazione dell'acqua attraverso la muratura, inoltre dipende dalle più generali condizioni al contorno (tipo di materiale e spessore del muro, tipo di terreno e quantità di acqua in fondazione, condizioni termo-igrometriche interne ed esterne, ecc.)

Tale movimento dell'acqua nei condotti capillari della muratura è fortemente influenzato, oltre che dalla tensione superficiale, anche da un ulteriore importante fattore, rappresentato dal "doppio strato di Helmholtz" associato al potenziale elettrostatico negativo che si instaura, per via naturale, sulle pareti interne dei capillari.



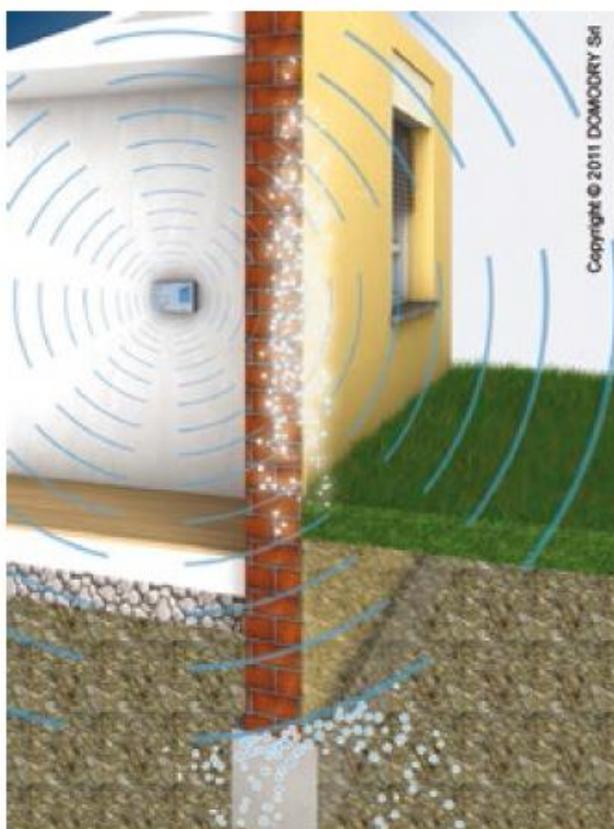
F47. Rappresentazione schematica del “doppio strato di Helmholtz”

A scala microscopica, infatti, la superficie del materiale silicico (componente base della maggior parte dei materiali da costruzione) è carica di potenziale elettrostatico negativo. Pertanto, le pareti interne dei capillari, cariche negativamente, tenderanno ad attrarre le molecole (dipoli) d'acqua, che risulteranno orientate con il polo positivo verso la parete interna – negativa – del capillare. Il “doppio strato” di dipoli che ne deriva è detto di Helmholtz. Quando esiste un flusso di risalita capillare alimentato da una evaporazione in atto dalla parete di un muro, questo movimento lo strato di Helmholtz e, di conseguenza, genera un debole potenziale elettrico differenziale (inferiore a 1V) misurabile tra il terreno e il muro. L'entità del potenziale, è proporzionale all'intensità del flusso di risalita, a sua volta correlato al tasso di evaporazione. I valori possono variare da dai 10 ai 20 mV (in caso di fenomeni di risalita debole o assente) fino ai 300/500 mV nei casi di risalita molto forte. Tali studi, dimostrano che il fenomeno “umidità capillare” nelle murature governato, seppur con dinamiche variabili caso per caso in funzione delle specifiche condizioni al contorno, tanto dalla tensione superficiale dell'acqua agente al contatto con le pareti interne dei capillari quanto, soprattutto, dal potenziale elettrico differenziale dovuto al doppio strato di dipoli d'acqua. I suddetti fattori concorrono ad innescare e alimentare il flusso di risalita capillare entro la muratura senza soluzioni di continuità, fatte salve variazioni indotte da modifiche delle condizioni al contorno.

Posto dunque che il fenomeno della risalita capillare è determinato dall'azione di forze infinitesimali di natura elettrica, al fine di superare i limiti delle soluzioni tradizionali che creando uno “sbarramento” agiscono sugli effetti della risalita senza risolvere la causa, si ritiene ben più efficace e meno invasivo l'adozione di un sistema di intervento di recente sperimentazione che ha dato ottimi risultati in numerosi edifici storici di rilevante importanza in grado di neutralizzare direttamente sul nascere le forze all'origine della risalita stessa.

Il sistema CNT, sfruttando l'applicazione di un potenziale elettrico esterno, induce delle variazioni nella distribuzione delle cariche elettriche all'interfaccia tra un liquido conduttore (ad es. una soluzione acquosa salina) e una superficie solida (ad es. una parete interna di un micro-capillare), effetto che dal punto di vista fisico si traduce nella variazione di tensione superficiale – ovvero dell'angolo di contatto – all'interfaccia tra il liquido e la parete solida del capillare.

Sfruttando tali principi il dispositivo risulta essere un generatore di deboli onde elettromagnetiche impulsive, opportunamente modulate in un definito range di frequenze, innocue per l'organismo umano, il cui effetto risultante all'interno dei capillari della muratura è quello di neutralizzare il potenziale elettrico differenziale del flusso capillare, così da interrompere alla radice - ovvero al contatto stesso tra acqua e muratura – la risalita dell'umidità.



F48. *Principio di funzionamento del sistema elettrofisico a neutralizzazione di carica*

Dal punto di vista applicativo, l'intervento consiste nell'applicazione di alcuni piccoli apparecchi di dimensioni (28 x 17 x 6 cm) che viene collocato all'interno dell'edificio e collegato ad una presa elettrica.

Una volta in funzione, esso inibisce alla radice il fenomeno della capillarità, interrompendo così la risalita di nuova acqua attraverso i capillari del muro.

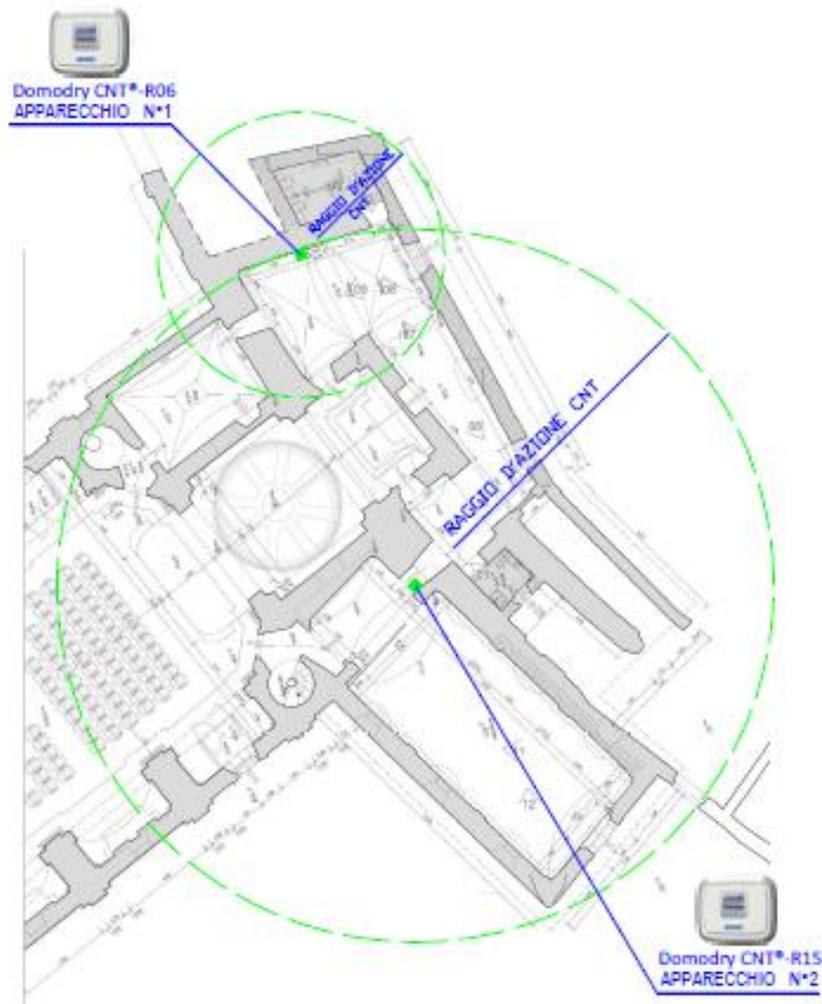
L'umidità in eccesso viene quindi espulsa gradualmente tramite evaporazione spontanea, più o meno velocemente a seconda delle caratteristiche costruttive del muro, della quantità di acqua inizialmente presente, nonché delle condizioni climatiche del luogo.

Completata la deumidificazione sarà sufficiente mantenere in funzione l'impianto così da garantire tramite l'azione di prevenzione anti-risalita esplicata dall'impianto stesso, il mantenimento in via permanente dello stato di equilibrio (umidità igroscopica naturale) raggiunto dalla muratura.



F49. *Apparecchio generatore di impulsi*

L'apparecchio agisce con un raggio fino a 15 m, pertanto nella situazione in esame sarà sufficiente installarne n.2, inoltre non risente della presenza di muri interni, che non costituiscono una barriera al funzionamento del sistema.



L'intervento così definito non presenta carattere di invasività per la struttura e può ritenersi in ogni momento reversibile.

4.6 INTERVENTI DI RIFACIMENTO DEGLI INTONACI E DELLE TINTEGGIATURE

Una volta completato il ciclo di risanamento, si potrà procedere con il rifacimento degli intonaci e delle tinteggiature in corrispondenza delle pareti interessate da fenomeni di degrado.

Sia le pareti dei bagni, che degli spogliatoi, nonché la facciate della casa Canonica sono state di recente interessate da interventi di rifacimento degli intonaci e delle tinteggiature. Pertanto trattandosi di interventi recenti, che di per sé non presentano caratteristiche storiche di pregio se non per il contesto in cui nascono l'intervento potrà prevederne la rimozione manuale, la pulitura delle murature sottostanti e il successivo rifacimento con materiali deumidificanti a base di calce al fine di migliorare il processo di asciugatura delle murature.

A completamento si procederà con la tinteggiatura finale che sarà dal punto di vista cromatico identica alla esistente senza alterazione alcuna dello stato dei luoghi considerando il pregio del manufatto oggetto di intervento e la vicinanza all'area dell'Anfiteatro.

4.7 INTERVENTI DI REVISIONE DELLE COPERTURE, DEI CANALI DI GRONDA E DELLE PLUVIALI

Considerato che il degrado delle facciate è in parte dovuto alle infiltrazioni di acqua piovana che in alcuni punti si sono ancora oggi manifestati, infatti alcune parti della chiesa mostrano evidenti segni di infiltrazione sia sulle pareti che sulla tela la quale ove sono presenti delle piccole macchine di infiltrazione. E' importante nell'intervento con la revisione generale del manto di copertura, la pulizia dello stesso con la eliminazione di tutta la patina biologica che si è venuta a creare, la sostituzione degli elementi danneggiati con l'uso di elementi di recupero di analoga tipologia e fattura di quelli presenti.

Inoltre, considerato che si esegue una revisione generale della copertura, si rende necessario provvedere allo smontaggio dei canali di gronda e delle discendenti pluviali ed alla posa di nuovi canali di gronda e discendenti pluviali in rame dello spessore di 8/10 preferibilmente anticato.

4.8 RIFACIMENTO SERVIZI IGIENICI

Considerate le condizioni attuali in cui versano i servizi igienici della struttura contribuendo a renderla di fatto inagibile, trattandosi di interventi di recente realizzazione priva di pregio storico, se ne preve il completo rifacimento.

L'intervento prevede:

- 1) Lo smontaggio di tutti gli apparecchi igienico-sanitari esistenti malfunzionati e vetusti;
- 2) La demolizione delle pareti esistenti di altezza pari a circa 2,2 metri di separazione nel bagno uomo/donna;
- 3) La rimozione di pavimenti, massetti e rivestimenti, e lo smontaggio del sistema di tubazioni presente
- 4) Il rifacimento delle canalizzazioni di adduzione idrica e di scarico con realizzazione di idoneo collegamento alla rete fognaria
- 5) Messa in opera di pozzetto sifonato con griglia per la raccolta delle acque superficiali di pulizia dei pavimenti e relativa tubazione di scarico di raccordo alla linea principale dei lavandini;
- 6) Il rifacimento del massetto, pavimento e rivestimento;

- 7) La messa a norma dell'impianto elettrico e sostituzione dei corpi illuminanti con luci LED e chiamata disabile all'interno del bagno disabili;
- 8) Installazione di nuovi apparecchi igienico-sanitari; di nuovi sanitari;
- 9) Installazione di scaldanagno elettrico per l'acqua calda sanitaria;
- 10) Messa in opera di pareti in laminato a divisione dei wc uomo/donna.

5 CALCOLO DELLA SPESA E QUADRO ECONOMICO

Dell'intervento è stato eseguito un calcolo della spesa riportato all'interno del computo metrico estimativo e degli elaborati contabili in genere che sono allegati all'interno del presente progetto. per la contabilizzazione è stato utilizzato di base il prezzario della regione Umbria aggiornato a luglio 2022, per le lavorazioni non previste nel prezzario citato è stato utilizzato a supporto il prezzario della regione Toscana valevole per la provincia di Arezzo annualità 2023, mentre per le lavorazioni specifiche del restauro è stato utilizzato il Prezzario del Segretariato Generale del MIC in corso di validità. Per le lavorazioni e gli interventi specificatamente progettati per l'intervento sono state eseguite delle analisi prezzi riportate all'interno dell'elaborato 38_P.E.CO.06_ANALISI PREZZI. L'intervento è stato compiutamente analizzato da un punto di vista del costo generale ed il quadro economico corrispondente viene richiamato di seguito.

QUADRO ECONOMICO					
A - LAVORI					
a.1	Per lavori a corpo(incluso gli oneri diretti per la sicurezza)	€.		841 822.06	
a.2	Costi speciali della sicurezza	€.		140 556.80	
a.3	Maggiorazione m2 Reg. Umbria - Coeff. 1,017	€		16 700.44	
A.I	Totale lavori da assoggettare a ribasso (a.1+a.3)				858 522.50
A.II	Totale Oneri di sicurezza non soggetti a ribasso (a.2)	€.			140 556.80
A	TOTALE IMPORTO LAVORI OGGETTO DELL'APPALTO (AI+AII)	€.			999 079.30
B - SOMME A DISPOSIZIONE DELLA STAZIONE APPALTANTE					
	Descrizione	%	di	Importo	
b.1	Imprevisti	10.00%	A	€.	99 907.93
b.2	IVA su lavori e imprevisti	10.00%	A+b.1		109 898.72
b.3	Fondo (1,6%) funzioni tecniche (art. 113 D.Lgs. 50/2016) su lavori	1.60%			15 985.27
b.4	Studi, sorveglianza archeologica scavi (IVA ed oneri inclusi)				10 000.00
b.5	Indagini geologiche e relazione geologica (IVA ed oneri inclusi)				15 000.00
b.6	prove ed accertamenti sui materiali (IVA inclusa)				22 000.00
b.7	Spese tecniche per progettazione, esecuzione e collaudi (Cassa e IVA inclusi)				230 000.00
b.8	Spese amministrative, pubblicazioni e arrotondamenti				11 202.43
b.9	Accantonamento adeguamento valori economici del progetto	8.00%			79 926.34
b.10	Oneri di smaltimento eventuali per materiali di risulta				20 000.00
b.11	Apparecchiature di deumidificazione muraria raggio d'azione 15m - Sistema CNT (compresa IVA 22%)				45 000.00
b.12	Interferenze e riparazioni degli impianti esistenti (compresa IVA 22%)				50 000.00
b.13	lavori in economia e archeologici in opera ed esclusi dall'appalto (IVA inclusa)			€.	92 000.00
B	TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE			€.	800 920.70
TOTALE COMPLESSIVO (A+B)				€.	1 800 000.00