

LA CONOSCENZA APPROFONDATA DELLA FABBRICA COME STRUMENTO PER UN PROGETTO DI RECUPERO E CONSERVAZIONE SOSTENIBILE.

R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

CONVEGNO TECNICO

Pesaro

26 marzo 2014

Hotel Excelsior
lungomare Nazario Sauro 30/34
ore 16.00_19.00



crediti formativi

INGEGNERI 3 CREDITI

ARCHITETTI 2 CREDITI in attesa di parere del Ministero

EDITATO
o Nazionale
ITETTI

coordinati da
EdicomEdizioni

La Chiesa di Santa Maria della Carità (AP)



prof. ing. Enrico Quagliarini

*DICEA_ Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura
Università Politecnica delle Marche*

Chiesa S. Maria della Carità (Ascoli Piceno)



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

Sciame sismico aquilano.

Le schede di accertamento del bene, redatte il **23 gennaio 1998** e il **27 aprile 2009**, testimoniano un aggravio del quadro lesivo preesistente



Scheda per il rilievo dei danni sismici alle chiese - EMERGENZA POST-TERREMOT
Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - Unità di ricerca di Genova.

Scheda numero: _____ Data: 23-01-98 Squadra: 07

Denominazione della chiesa: S. MARIA DELLA CARITÀ

Comune: ASCOLI PICENO Località (città/piazza): ROSA

Riferimento per sopralluogo: CONUS Telefono: 0736-258403

Caratteristiche del sito: in piano in pendio su rilievo su riporto avvallamenti:

Sezione I. DATI TIPOLOGICI E DIMENSIONALI

1551

Pianta: dimensioni interne dell'aula: 6,34 x 13,00 altezza massima: 14,00 orientamento: ENE/SE
 A - una navata B - tre navate C - più navate D - pianta centrale E - altro

navata centrale (A-B-C)	1° navata laterale (B-C)	2° navata laterale (C)	pianta centrale (D)
larghezza: <u>5</u> altezza navata: _____ numero colonne: _____ <input type="checkbox"/> marmo <input type="checkbox"/> pietra <input type="checkbox"/> muratura volte o controsoffitto: _____ <input type="checkbox"/> volta leggera <input checked="" type="checkbox"/> volta a botte <input type="checkbox"/> volta a crociera <input type="checkbox"/> volta a padiglione <input type="checkbox"/> volta a vela <input type="checkbox"/> cupole <input type="checkbox"/> cassetteoni quota imposta volta: <u>9,00</u> catene trasversali: <input type="checkbox"/> catene longitudinali: <input type="checkbox"/>	larghezza: _____ altezza navata: _____ numero colonne: _____ <input type="checkbox"/> marmo <input type="checkbox"/> pietra <input type="checkbox"/> muratura volte o controsoffitto: _____ <input type="checkbox"/> volta leggera <input type="checkbox"/> volta a botte <input type="checkbox"/> volta a crociera <input type="checkbox"/> cupole o vele catene trasversali: <input type="checkbox"/>	larghezza: _____ altezza navata: _____ numero colonne: _____ <input type="checkbox"/> marmo <input type="checkbox"/> pietra <input type="checkbox"/> muratura volte o controsoffitto: _____ <input type="checkbox"/> volta leggera <input type="checkbox"/> volta a botte <input type="checkbox"/> volta a crociera <input type="checkbox"/> cupole o vele catene trasversali: <input type="checkbox"/>	forma: _____ <input type="checkbox"/> quadrata/rettangolare <input type="checkbox"/> circolare <input type="checkbox"/> ellittica <input type="checkbox"/> poligonale <input type="checkbox"/> croce greca numero altari: _____ volte o controsoffitto: _____ <input type="checkbox"/> volta leggera <input type="checkbox"/> volta a crociera <input type="checkbox"/> volta a padiglione <input type="checkbox"/> cupole <input type="checkbox"/> cassetteoni quota imposta volta: _____ catene: <input type="checkbox"/>

REGIONE MARCHE
GIUNTA REGIONALE

MINISTERO PER I BENI E LE ATTIVITA' CULTURALI
DIREZIONE REGIONALE PER I BENI CULTURALI E PAESAGGIO

SISMA "ABRUZZO aprile 2009"

Rilevamento dei danni nella Regione Marche

SCHEDA PER IL RILIEVO DELLA VULNERABILITA' E DEL DANNO SISMICO ALLE CHIESE

Denominazione: CHIESA S. MARIA DELLA CARITÀ Scheda n. _____
 Comune: ASCOLI PICENO Località: ROSA
 Località: _____ Data: 27.04.09 Squadra n. _____

Sezione I. DATI TIPOLOGICI E DIMENSIONALI

Pianta	1° navata laterale	2° navata laterale	pianta centrale
larghezza: <u>6,34</u> altezza massima: <u>14,00</u> numero colonne: <u>23</u> <input type="checkbox"/> marmo <input type="checkbox"/> pietra <input type="checkbox"/> muratura volte o controsoffitto: _____ <input type="checkbox"/> volta leggera <input type="checkbox"/> volta a botte <input type="checkbox"/> volta a crociera <input type="checkbox"/> volta a padiglione <input type="checkbox"/> volta a vela <input type="checkbox"/> cupole <input type="checkbox"/> cassetteoni quota imposta volta: _____ catene trasversali: <input type="checkbox"/> catene longitudinali: <input type="checkbox"/>	larghezza: _____ altezza navata: _____ numero colonne: _____ <input type="checkbox"/> marmo <input type="checkbox"/> pietra <input type="checkbox"/> muratura volte o controsoffitto: _____ <input type="checkbox"/> volta leggera <input type="checkbox"/> volta a botte <input type="checkbox"/> volta a crociera <input type="checkbox"/> cupole o vele catene trasversali: <input type="checkbox"/>	larghezza: _____ altezza navata: _____ numero colonne: _____ <input type="checkbox"/> marmo <input type="checkbox"/> pietra <input type="checkbox"/> muratura volte o controsoffitto: _____ <input type="checkbox"/> volta leggera <input type="checkbox"/> volta a botte <input type="checkbox"/> volta a crociera <input type="checkbox"/> cupole o vele catene trasversali: <input type="checkbox"/>	forma: _____ <input type="checkbox"/> quadrata/rettangolare <input type="checkbox"/> circolare <input type="checkbox"/> ellittica <input type="checkbox"/> poligonale <input type="checkbox"/> croce greca numero altari: _____ volte o controsoffitto: _____ <input type="checkbox"/> volta leggera <input type="checkbox"/> volta a crociera <input type="checkbox"/> volta a padiglione <input type="checkbox"/> cupole <input type="checkbox"/> cassetteoni quota imposta volta: _____ catene: <input type="checkbox"/>

RISTRUTTURARE
RISANARE
RIQUALIFICARE



2009

Sciame sismico aquilano.

Le schede di accertamento del bene, redatte il 23 gennaio 1998 e il 27 aprile 2009, testimoniano un aggravio del quadro lesivo preesistente



Scheda per il rilievo dei danni sismici alle chiese - EMERGENZA POST-TERREMOTC Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - Unità di ricerca di Genova. Scheda numero: Data: 23-01-98 Squadra: 07 Denominazione della chiesa: S. MARIA DELLA CARITÀ Comune: ASCOLI PICENO Località (città/piazza): FOHA Riferimento per sopralluogo: COMUNE Telefono: 0736-258403

REGIONE MARCHE GIUNTA REGIONALE MINISTERO PER I BENI E LE ATTIVITA' CULTURALI DIREZIONE REGIONALE PER I BENI CULTURALI E PAESAGGIO

(opere urgenti, descrizione di croci locali o globali, caratteristiche delle murature) La chiesa presenta alcune lesioni preesistenti al sisma, ma aggravate e aggravate da questo. Non si ritiene necessario intervenire con urgenza, l'immobile si ritiene agibile.

1998 - Immobile AGIBILE

Sezione 5. AGIBILITA' AGIBILE o Parzialmente inagibile PER L'INAGIBILITA' IL BENEFICIARIO CASOIA CALERA

2009 - Immobile PARZIALMENTE INAGIBILE

I DANNI ADDOTTI AL SISMA 1997 SONO QUATTRO LOCALI ALLA BASE DEL CONTINENTE DI ENTRAMBE LE FRONTI DI FACCIATA. IN PARTICOLARE SULLA FACCIATA DI ENTRAMBE LE FRONTI CONTINUA IL DANNO ALLA VOLTA A BOTTE NELLE ABSIDE.

Presenza di dissesti pregressi non sufficientemente riparati



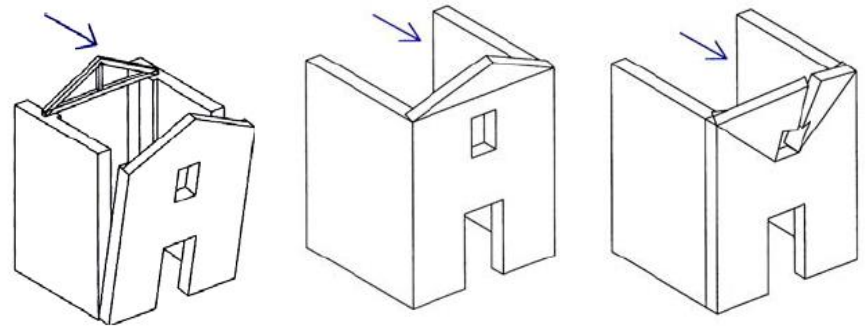
Accentuati dagli eventi sismici del 1997 (umbro marchigiano) e del 2009 (L'Aquila)

Forma di copertura: Presbiterio: dimensioni: 6,30 x 8,80 volte: volta leggera catene: numero aperture: 10 (num.)

Forma di copertura: Presbiterio: dimensioni: 6,30 x 8,80 volte: volta leggera catene: numero aperture: 10 (num.)



criticità: LA FACCIATA



- eccessiva snellezza ($B/H \cong 0.05$)
- scarso ammassamento con pareti laterali
- timpano "libero"
- elementi decorativi posti sulla sommità della facciata alti e snelli

criticità: LA VOLTA E I PIEDRITTI



- Lesioni passanti in chiave nella porzione di volta limitrofa all'arco trionfale, con abbassamento profilo $\cong 40$ cm
- Volta di esiguo spessore (15 cm) su luce di 13 m
- Piedritti di notevole snellezza ($B/H \cong 0,14$)

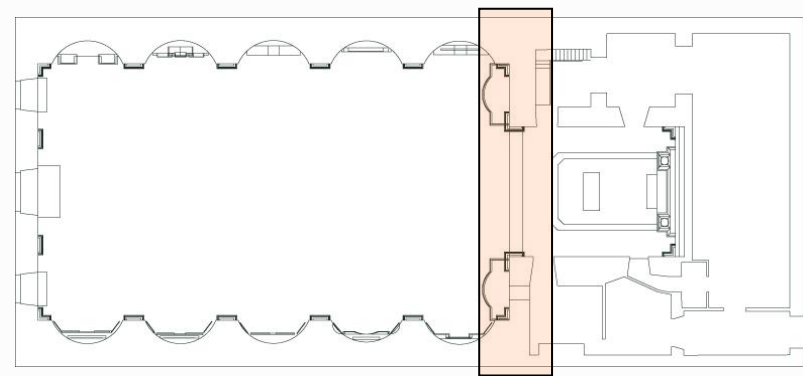
- Copertura spingente: puntoni lignei degradati e gravanti puntualmente sulle costolature della volta

R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

criticità: L'ARCO TRIONFALE



Lesioni ampie e profonde sulla parte destra della parete che sovrasta l'arco

Possibile rotazione/cedimento di una spalla dell'arco

R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

Come intervenire?

- Salvaguardando tutto il portato di informazioni della fabbrica monumentale
 - Budget economico limitato
 - Tempi di realizzazione intervento brevi



MINIMO INTERVENTO

intervento strettamente necessario e sufficiente a raggiungere lo scopo, ovvero, mirato e motivato: una precisa risposta terapeutica e il risultato di un percorso a fronte di una precisa diagnosi di carenza o di vulnerabilità e non una previsione indifferenziata, non mirata e generica

PERCORSO DI CONOSCENZA

- RILIEVO GEOMETRICO e TECNOLOGICO-COSTRUTTIVO
- RILIEVO QUADRO FESSURATIVO, DEFORMATIVO e del DEGRADO
 - ANALISI delle VULNERABILITÀ
 - RICERCA STORICA/ANALISI STORICO-CRITICA



DIAGNOSI

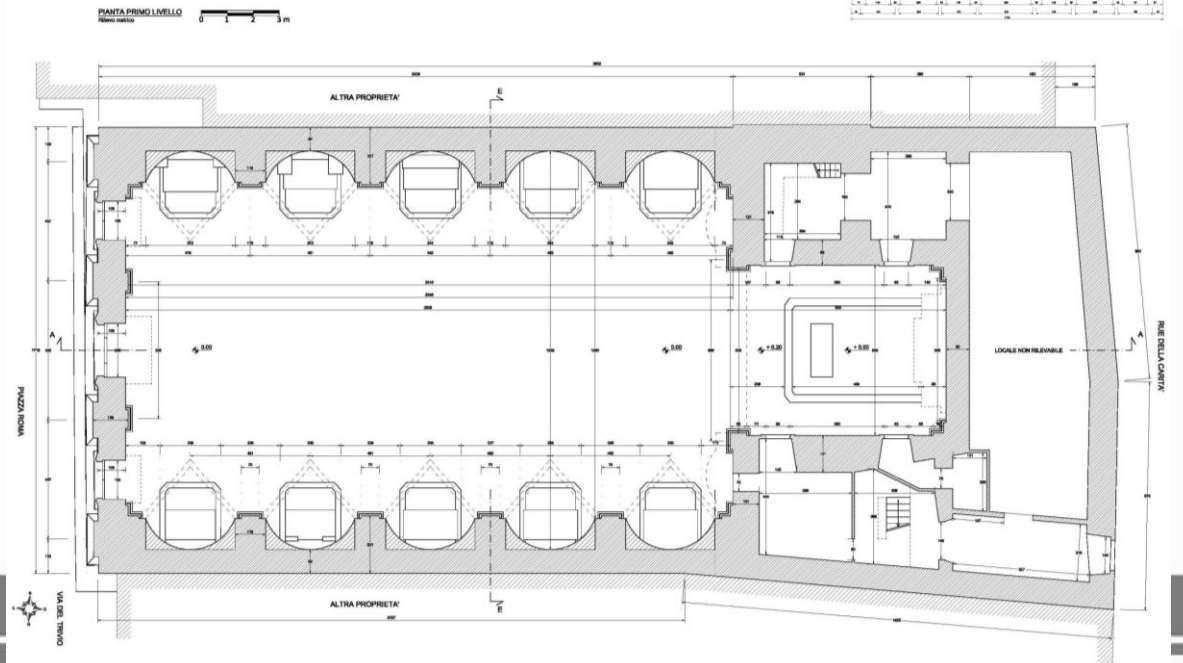
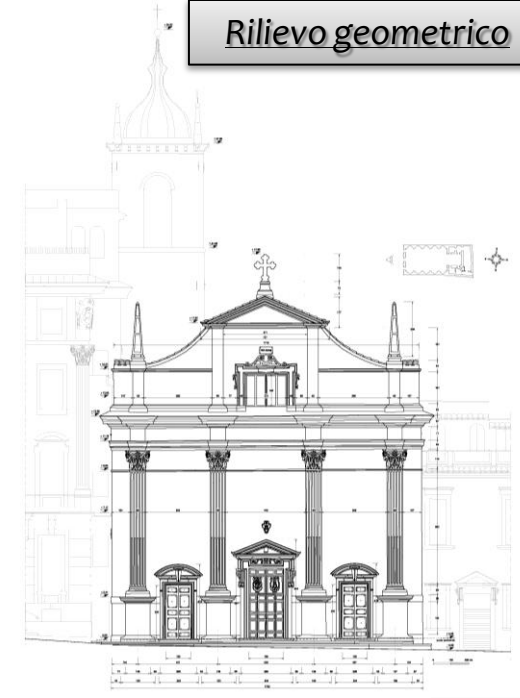
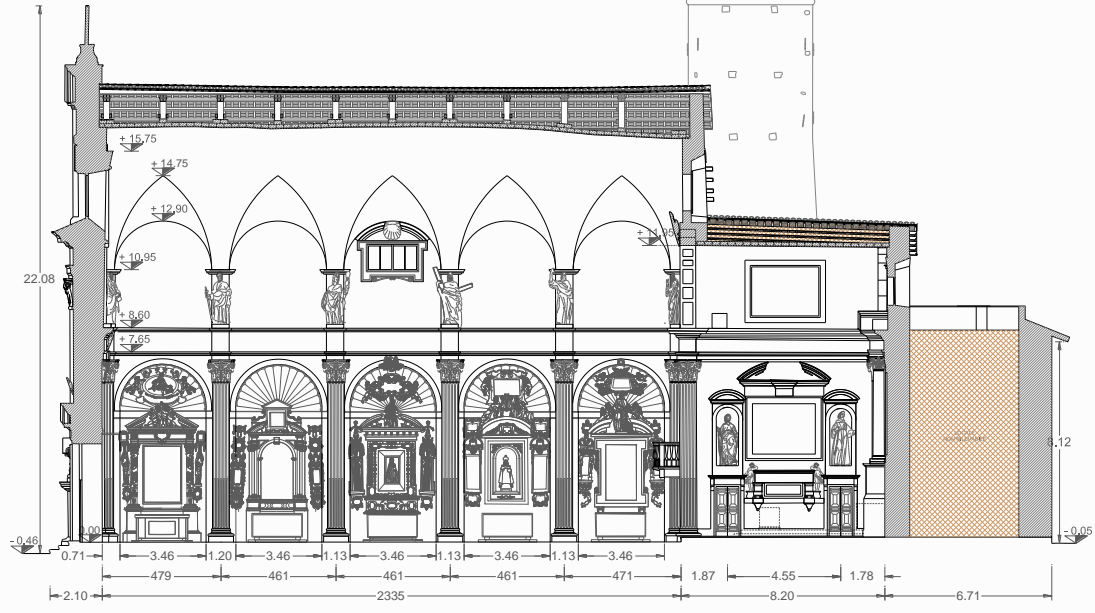


MODELLAZIONE STRUTTURALE



INTERVENTO

Rilievo geometrico



R
R ISANARE
R IQUALIFICARE





R ISTRUTTORARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

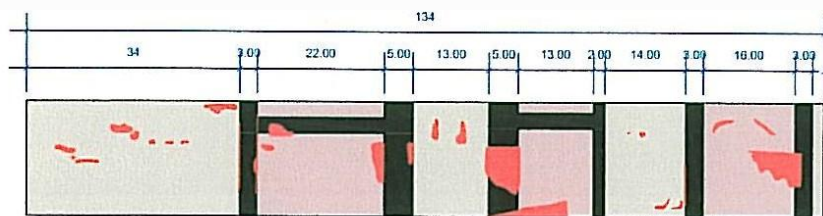
Rilievo

Piedritto lato sud



Descrizione critico – visiva:

0-134 cm: Muratura in conci di travertino squadrato e malta di calce; ottima compattezza; lieve presenza di vuoti interstiziali riguardanti il materiale travertino; legante presente e coerente.



- Muratura in elementi di travertino
- Muratura in elementi di travertino rosa
- Corsi di malta
- Lesioni o discontinuità

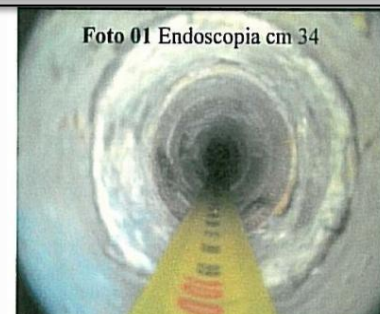


Foto 01 Endoscopia cm 34



Foto 02 Endoscopia cm 50



Foto 03 Endoscopia cm 80



Foto 04 Endoscopia cm 124

R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE



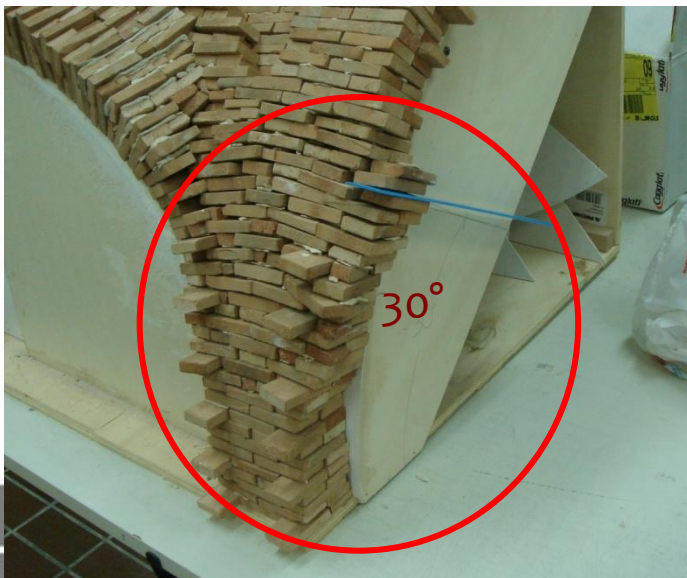
Tessitura muraria della volta *– Il modellino in scala 1:5 –*



▪ **Costruzione della struttura di appoggio mediante fogli di forex e compensato;**

▪ **Studio della tessitura muraria della volta, del costolone grande e di quello piccolo**

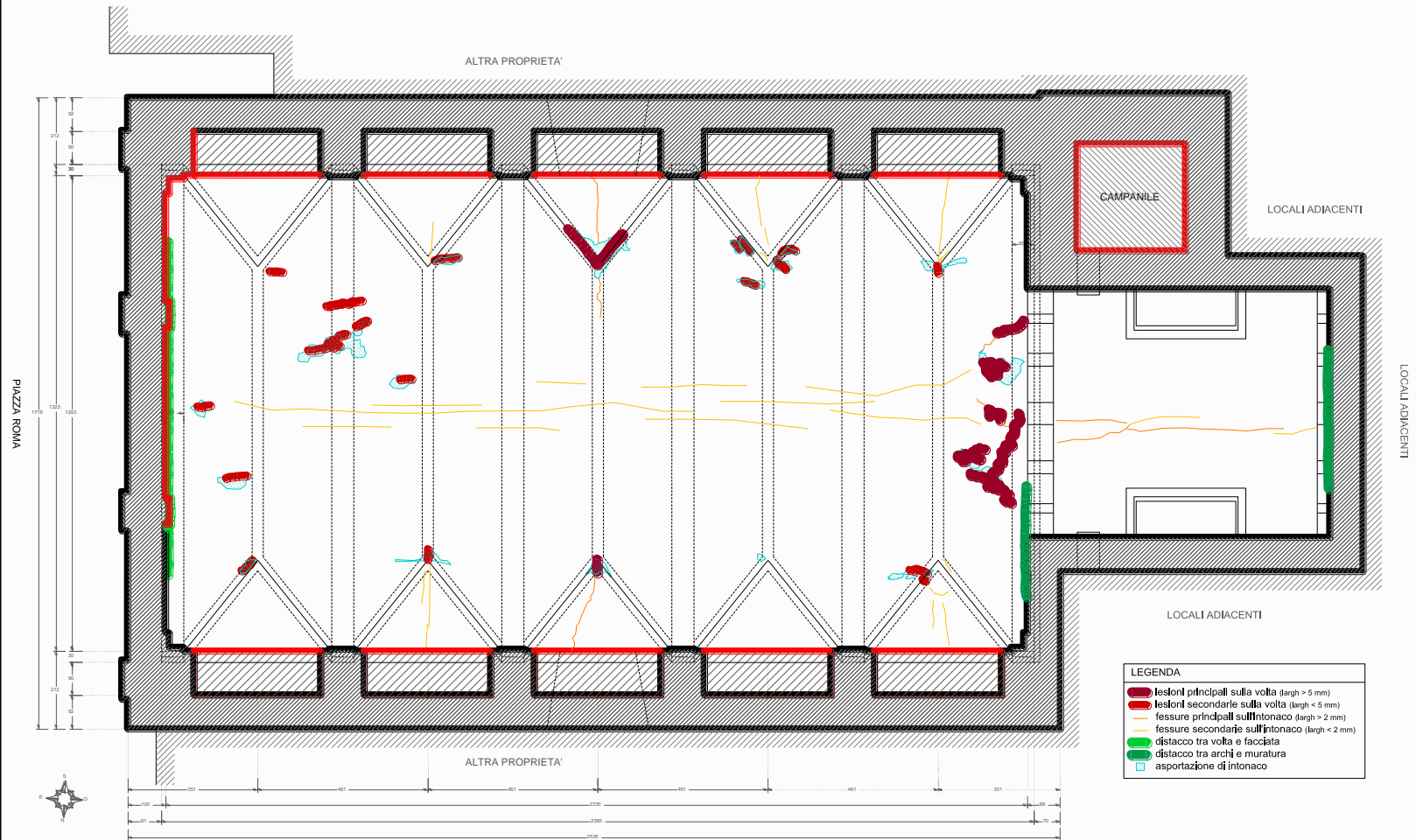




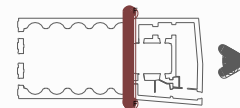
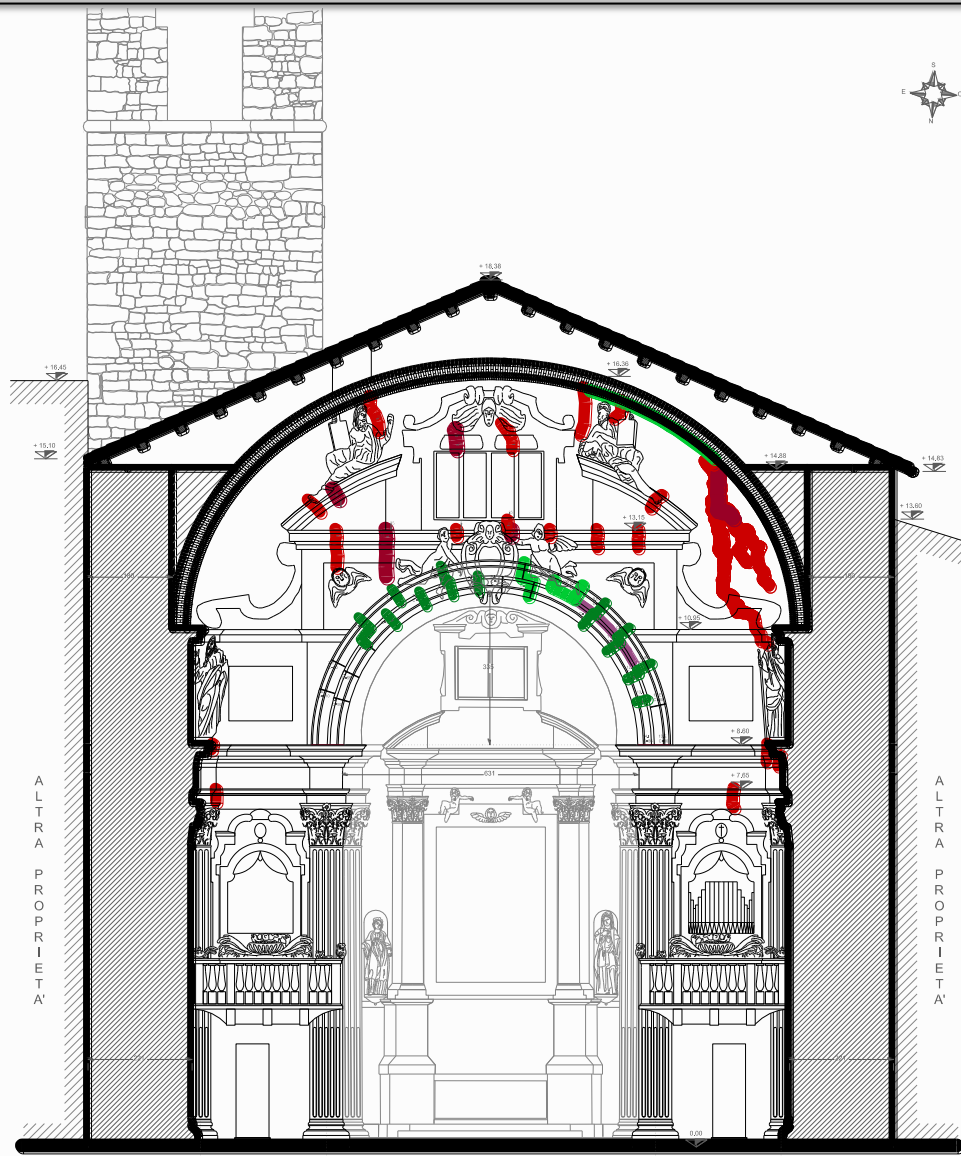
RISULTATI

▪ **Modello finale** completo.

La geometria e le dimensioni degli elementi tridimensionali creano, in corrispondenza dello **spicchio curvilineo**, una zona di **maggior rigidezza** e un consistente aumento della sezione resistente rendendo più verosimile la formazione delle **cerniere ad una quota di circa 30°** e non alle imposte.



Rilievo



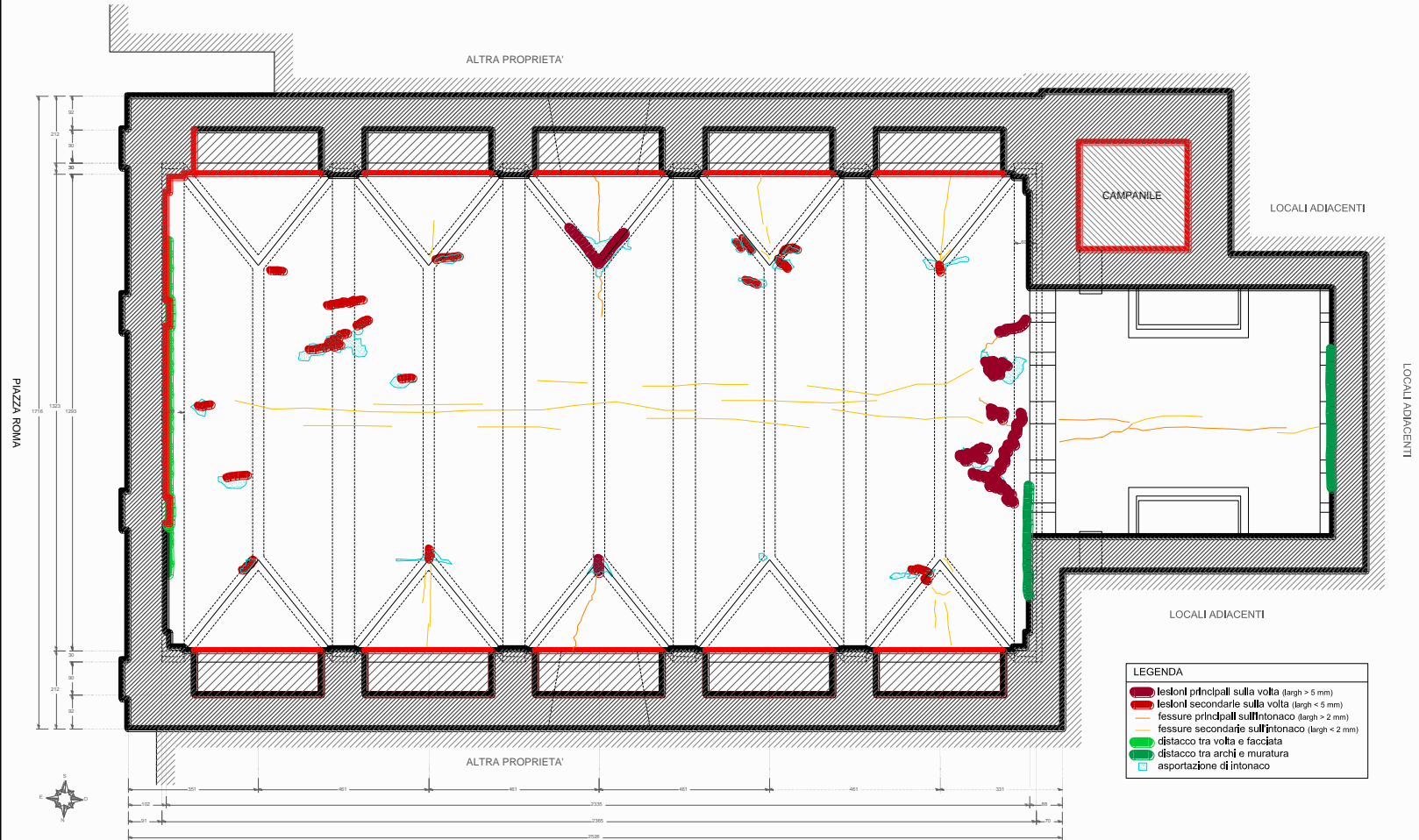
ALTRA PROPRIETA'

ALTRA PROPRIETA'

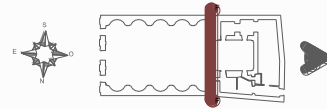
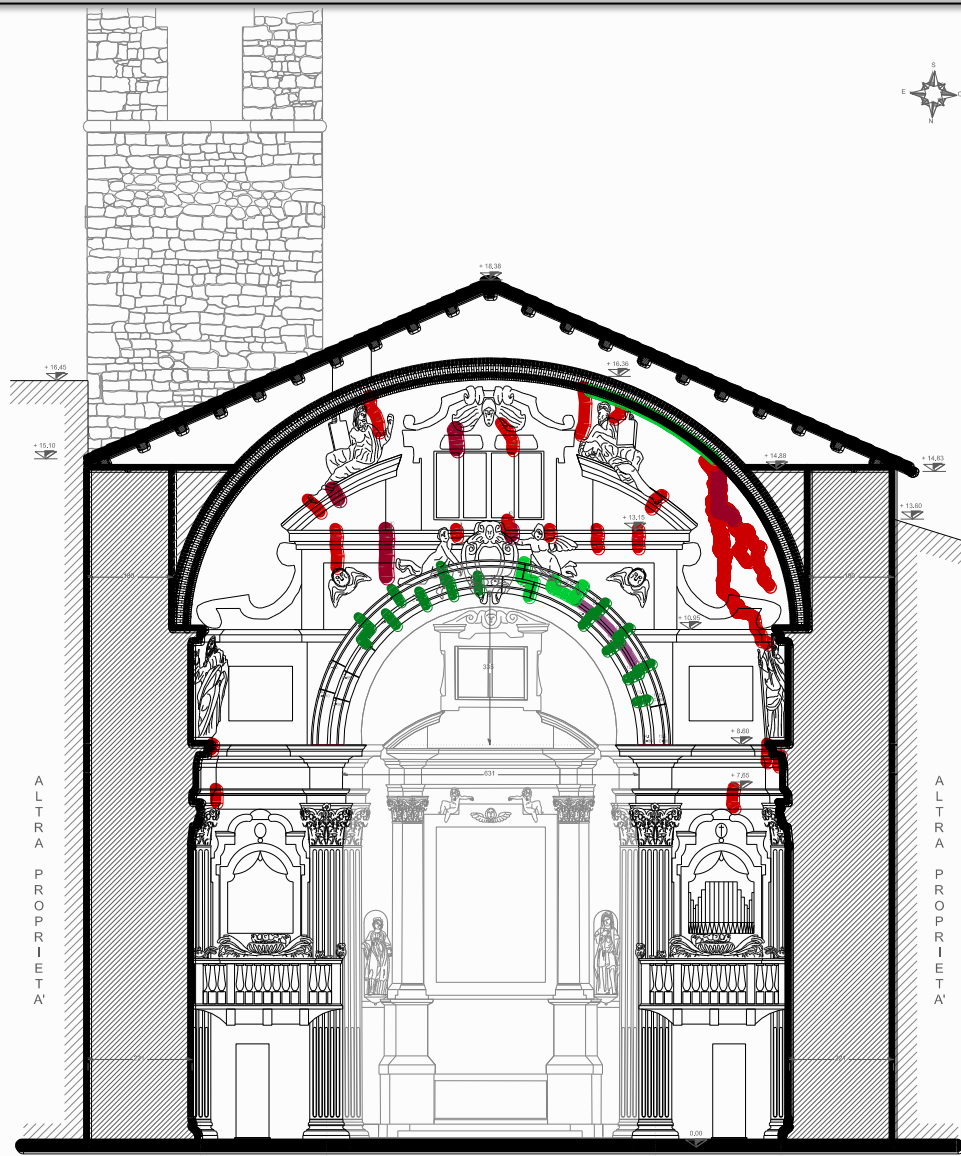
LEGENDA	
	lesioni principali sulla muratura (largh = 20-40 mm)
	lesioni secondarie sulla muratura (largh < 20 mm)
	distacco della volta e dei conci dell'arco
	sconnessioni tra le teste dei conci dell'arco
	sconnessioni tra le superfici d'appoggio dei conci dell'arco
	asportazione di intonaco

SEZIONE F-F





Rilievo



LEGENDA

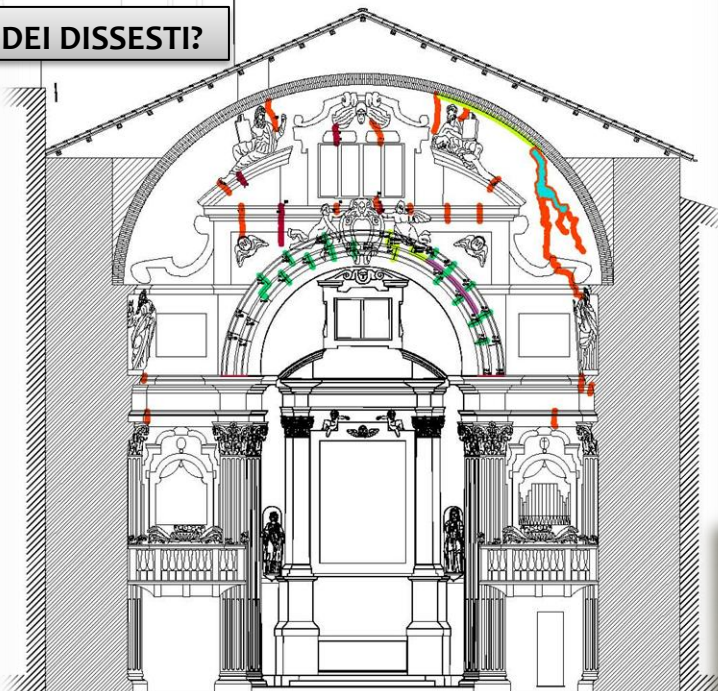
- lesioni principali sulla muratura (largh = 20-40 mm)
- lesioni secondarie sulla muratura (largh < 20 mm)
- distacco della volta e dei conci dell'arco
- sconnessioni tra le teste dei conci dell'arco
- sconnessioni tra le superfici d'appoggio dei conci dell'arco
- asportazione di intonaco

SEZIONE F-F

R ISTRUTTURARE
 R ISANARE
 R IQUALIFICARE



QUALI LE CAUSE DEI DISSESTI?



VISTA F-F
con del quadro Teosofico
0 1 2 3 m

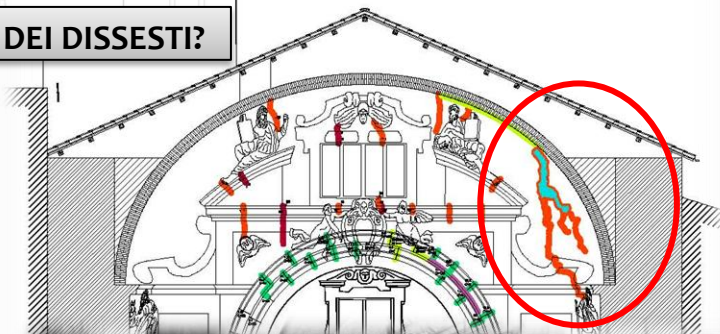


R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

QUALI LE CAUSE DEI DISSESTI?



*– Lesione esistente –
Fotografia del 1968 reperita
all'Archivio Iconografico di Stato.*



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE



13 febbraio 1306
È attestata l'esistenza di una primitiva struttura della chiesa della cui edificazione non è pervenuta la data precisa.
ARCHIVIO DI STATO



1381
Civitas exculi sub anno dominij MCCCLXXXI. *CATASTO*



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE



13 febbraio 1306

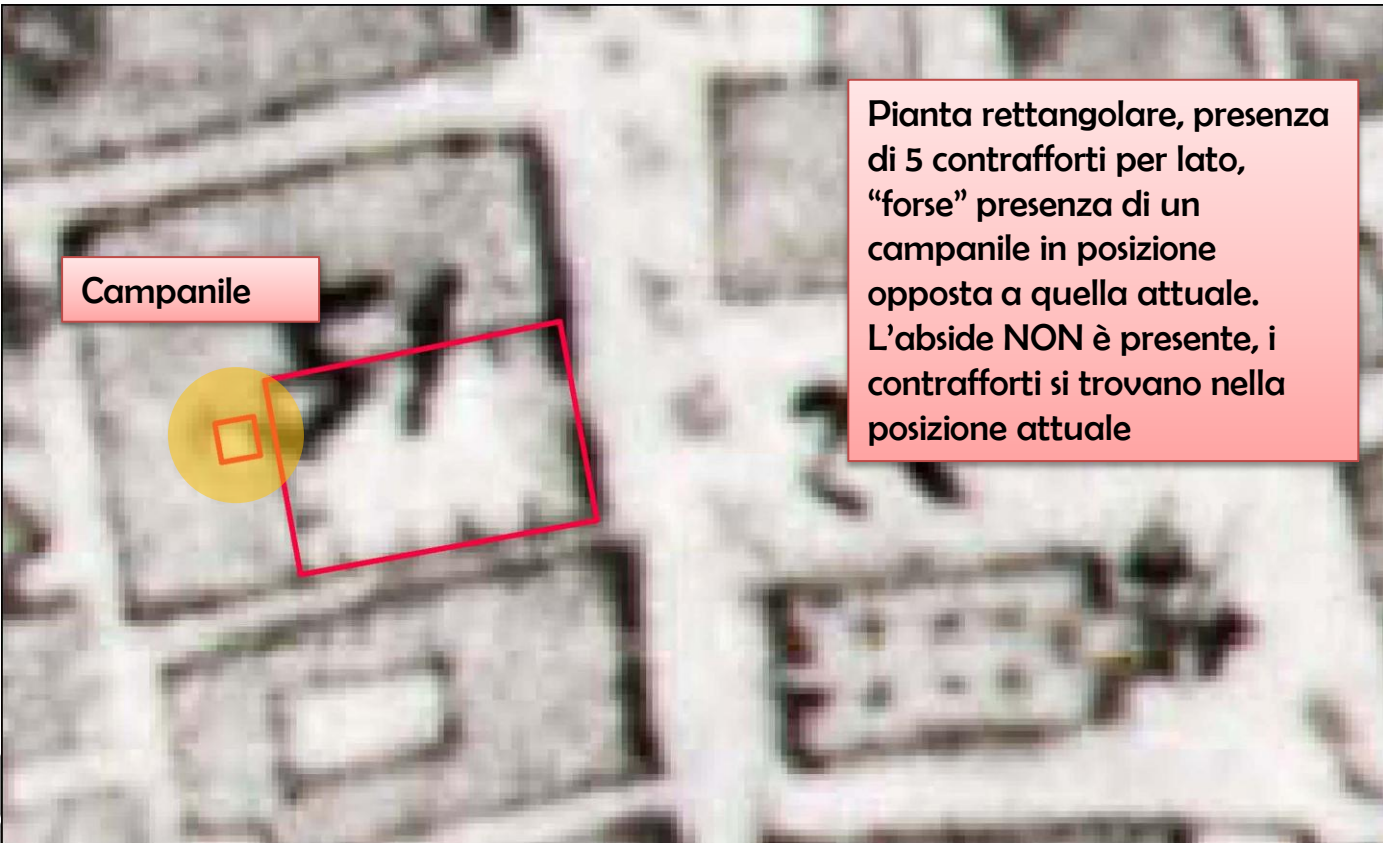
È attestata l'esistenza di una primitiva struttura della chiesa della cui edificazione non è pervenuta la data precisa.

ARCHIVIO DI STATO



1381

Civitas exculi sub anno dominij MCCCLXXXI. *CATASTO*



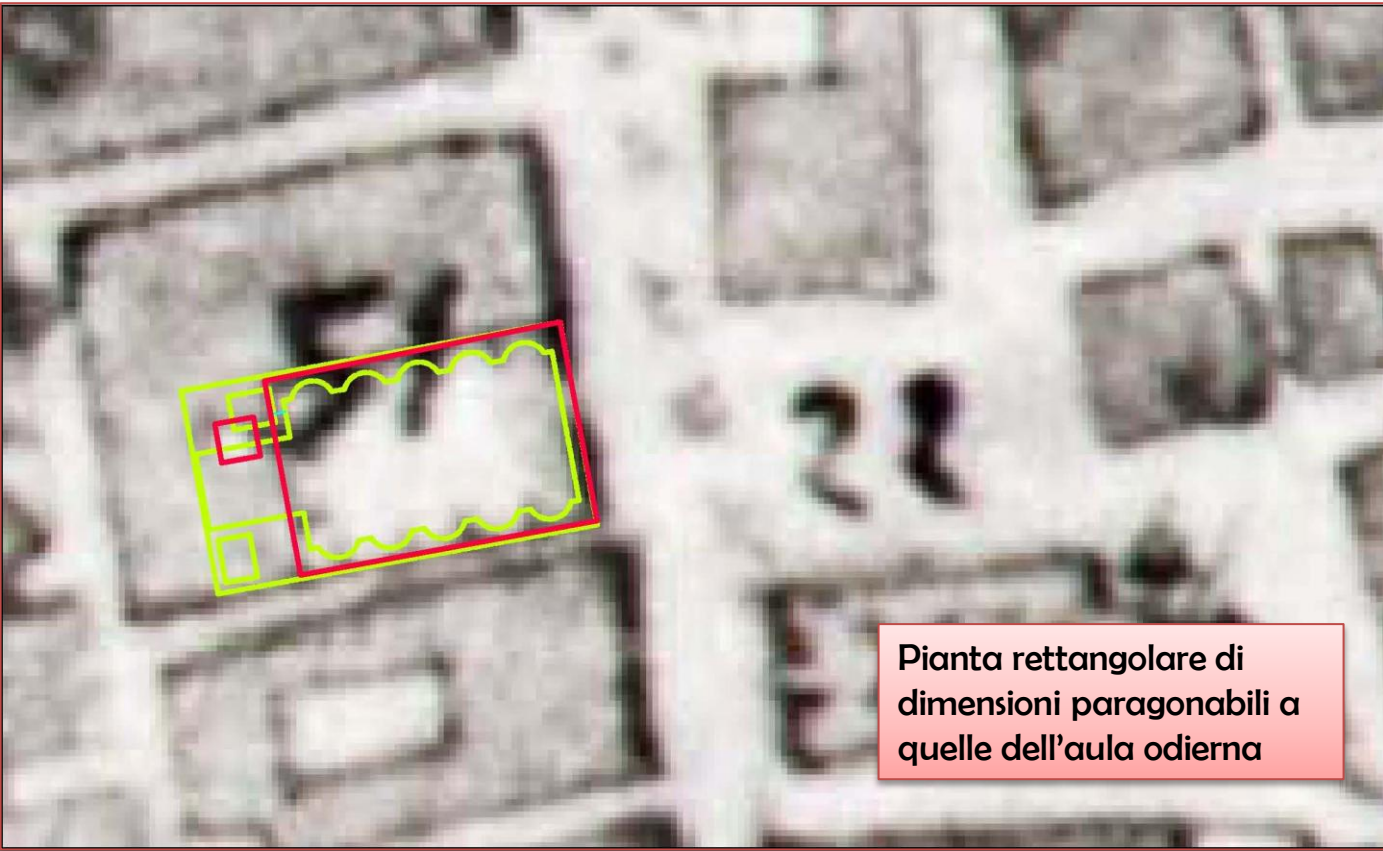
Campanile

Pianta rettangolare, presenza di 5 contrafforti per lato, "forse" presenza di un campanile in posizione opposta a quella attuale. L'abside NON è presente, i contrafforti si trovano nella posizione attuale

13 febbraio 1306
È attestata l'esistenza di una primitiva struttura della chiesa della cui edificazione non è pervenuta la data precisa.
ARCHIVIO DI STATO

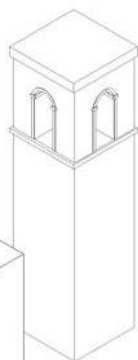


1381
Civitas exculi sub anno dominij MCCCLXXXI. *CATASTO*



Pianta rettangolare di dimensioni paragonabili a quelle dell'aula odierna

RIASSUMENDO LE NOTIZIE STORICHE

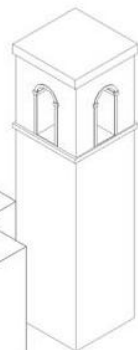
1306
1381

a

1306 - Primitiva struttura della Chiesa.

1381 - La presenza della Chiesa è riscontrabile in una pianta apocrifa, della quale però non è attestata ne l'esattezza ne tanto meno la precisione. Le dimensioni sono paragonabili a quelle dell'aula odierna, sono presenti cinque contrafforti per lato (coincidenti con la posizione attuale), l'abside non era ancora stato edificato e il campanile sembrerebbe localizzato nella posizione opposta a quella attuale.

1541



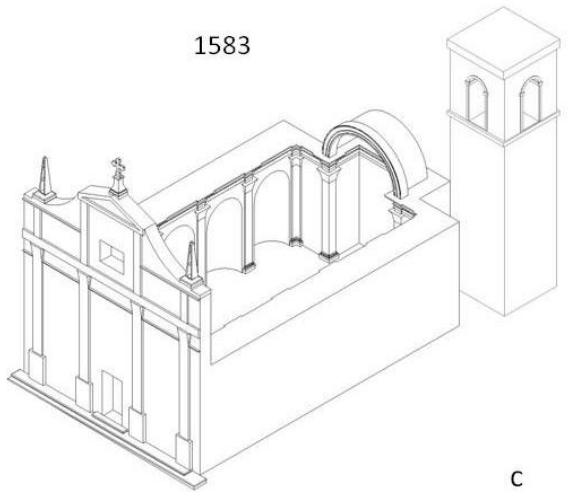
b

1541 - “interpretando” il precedente progetto (risalente al 1532) è stata realizzata la facciata. Sono stati anche realizzati:

- l'arco trionfale;
- la tribuna e la sua copertura a volta.

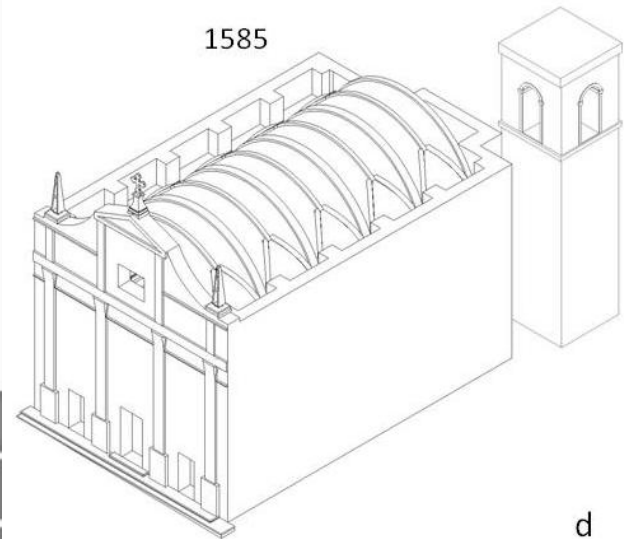
RIASSUMENDO LE NOTIZIE STORICHE

1583



1583 - Completamento della facciata con la realizzazione del timpano.

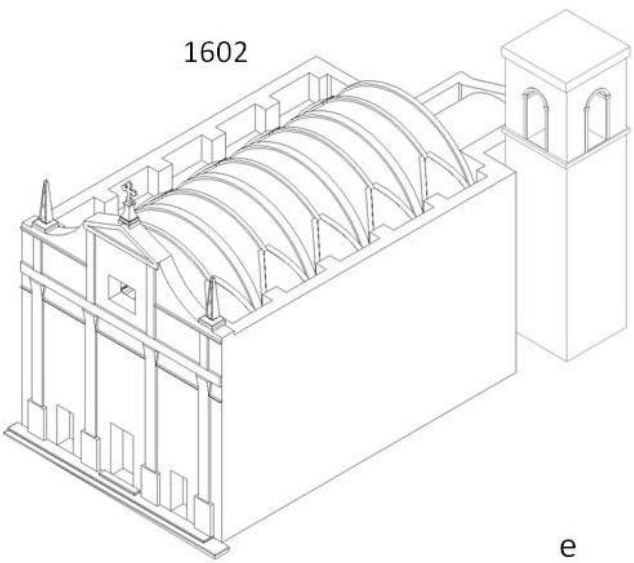
1585



1585 - Sono state realizzate altre due aperture sulla facciata ed è stata realizzata la volta a botte con “lunette” a copertura dell’aula principale.

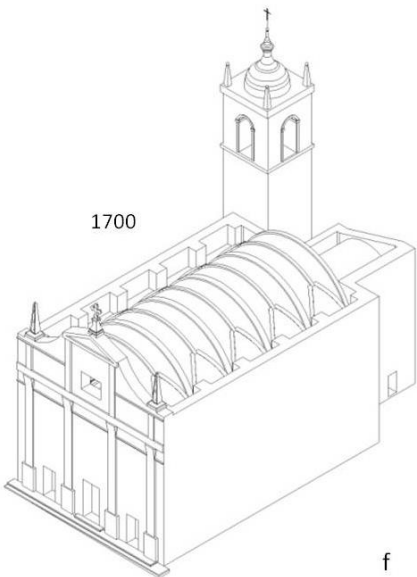
RIASSUMENDO LE NOTIZIE STORICHE

1602



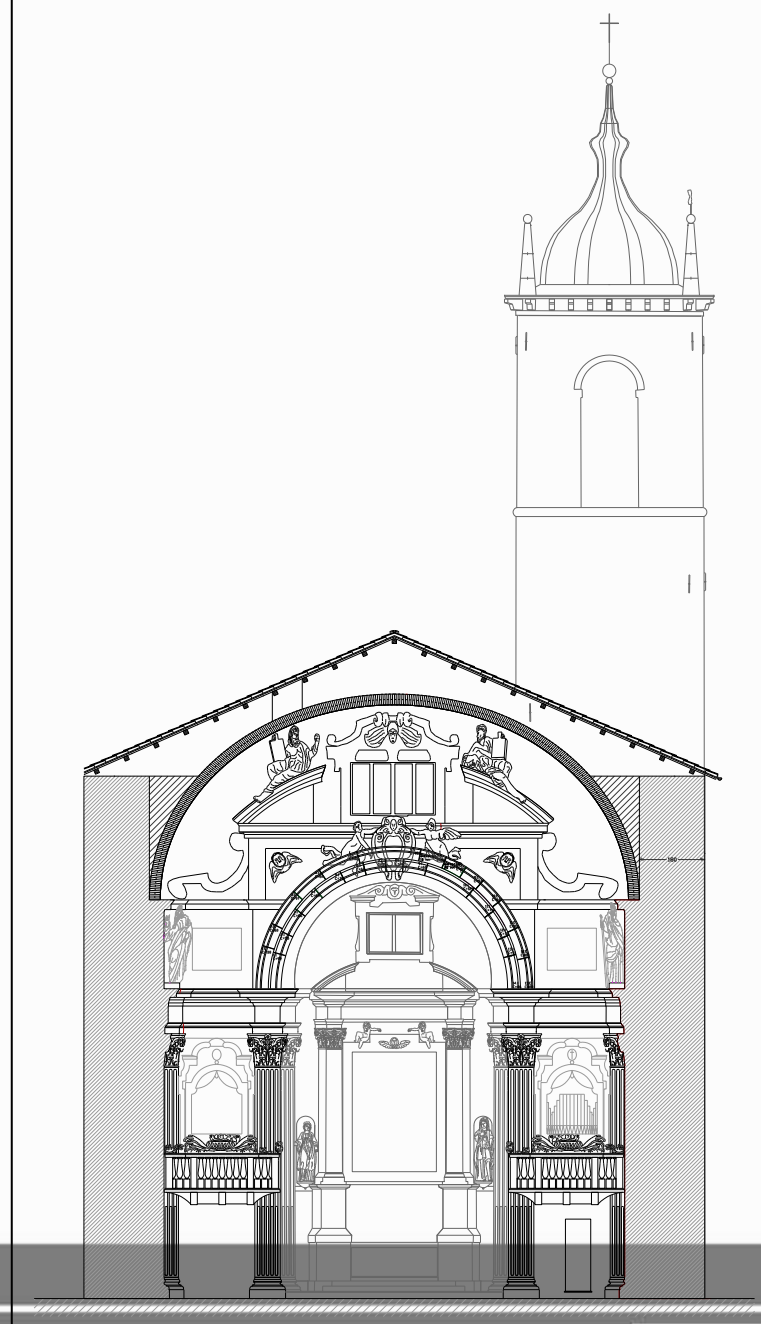
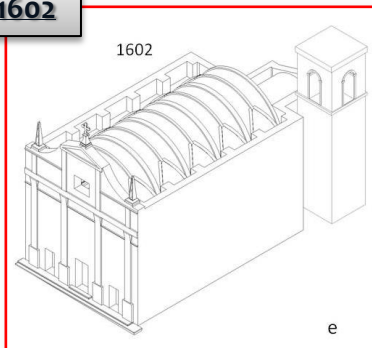
1602 – Viene effettuato l'ampliamento del coro.

1700



1700 – Viene costruito il campanile nella posizione attuale.

1602



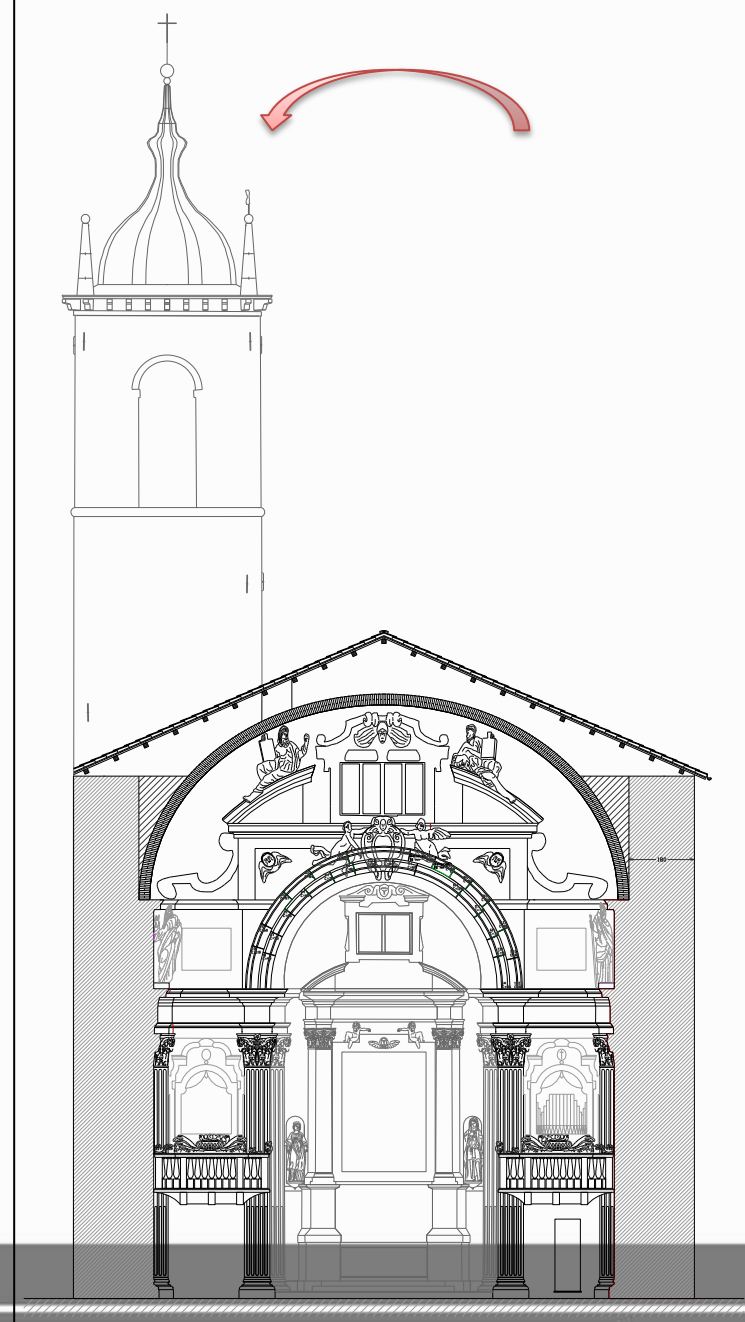
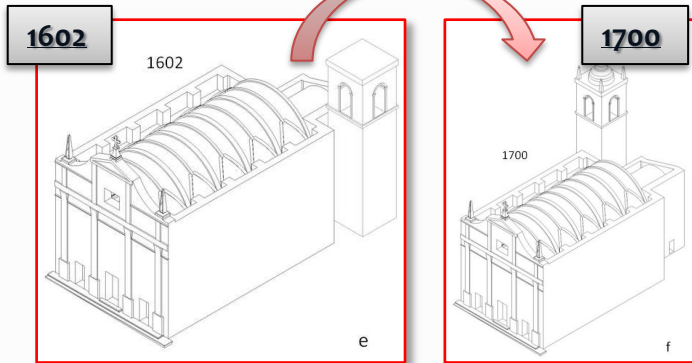
R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

La demolizione e la ricostruzione del campanile ha influito nel quadro fessurativo??

Macroelementi



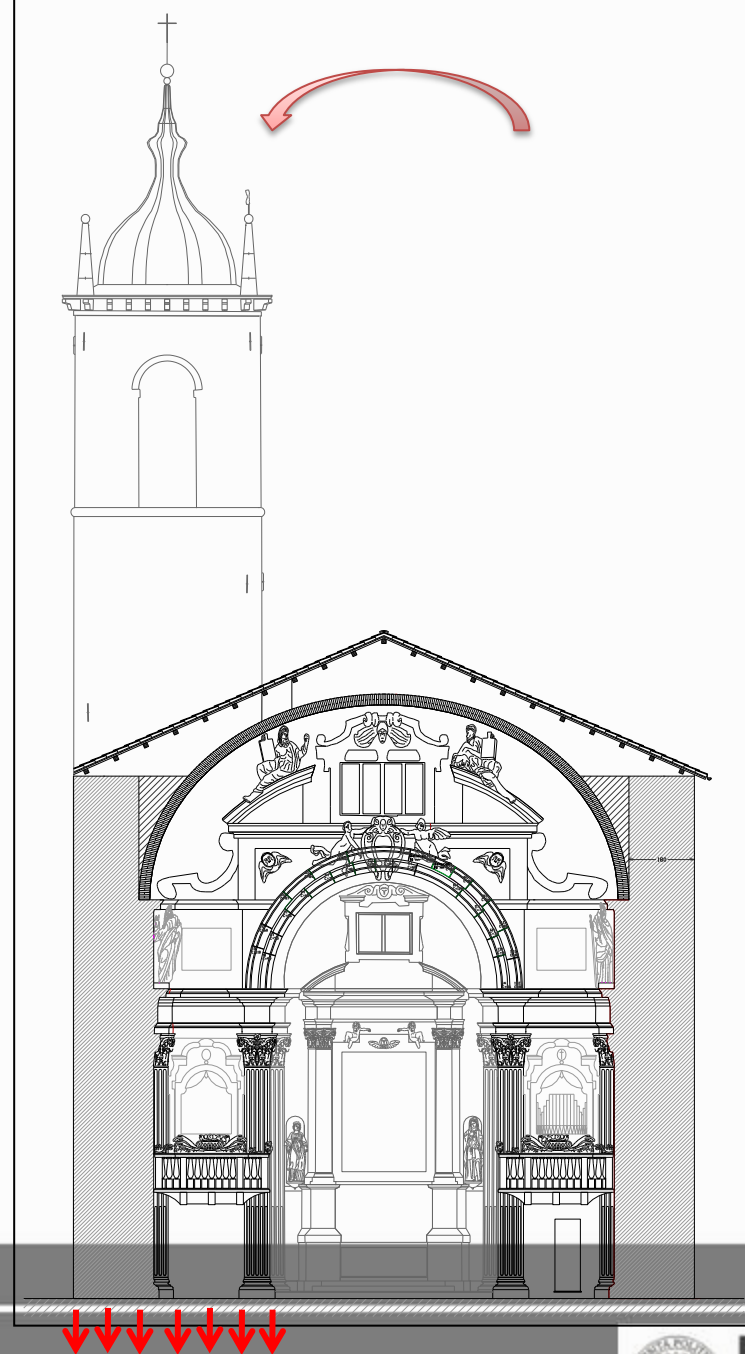
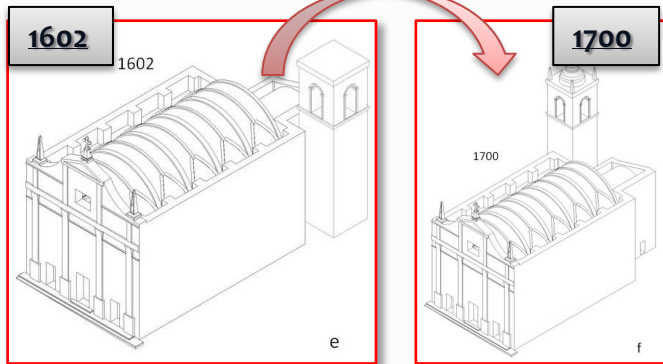
R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

La demolizione e la ricostruzione del campanile ha influito nel quadro fessurativo??

Macroelementi



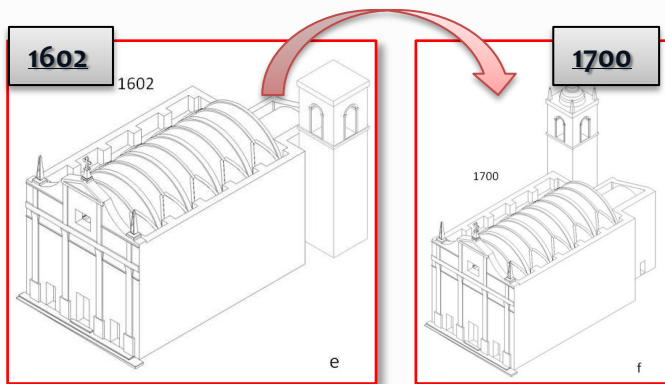
R ISTRUTTURARE

R ISANARE

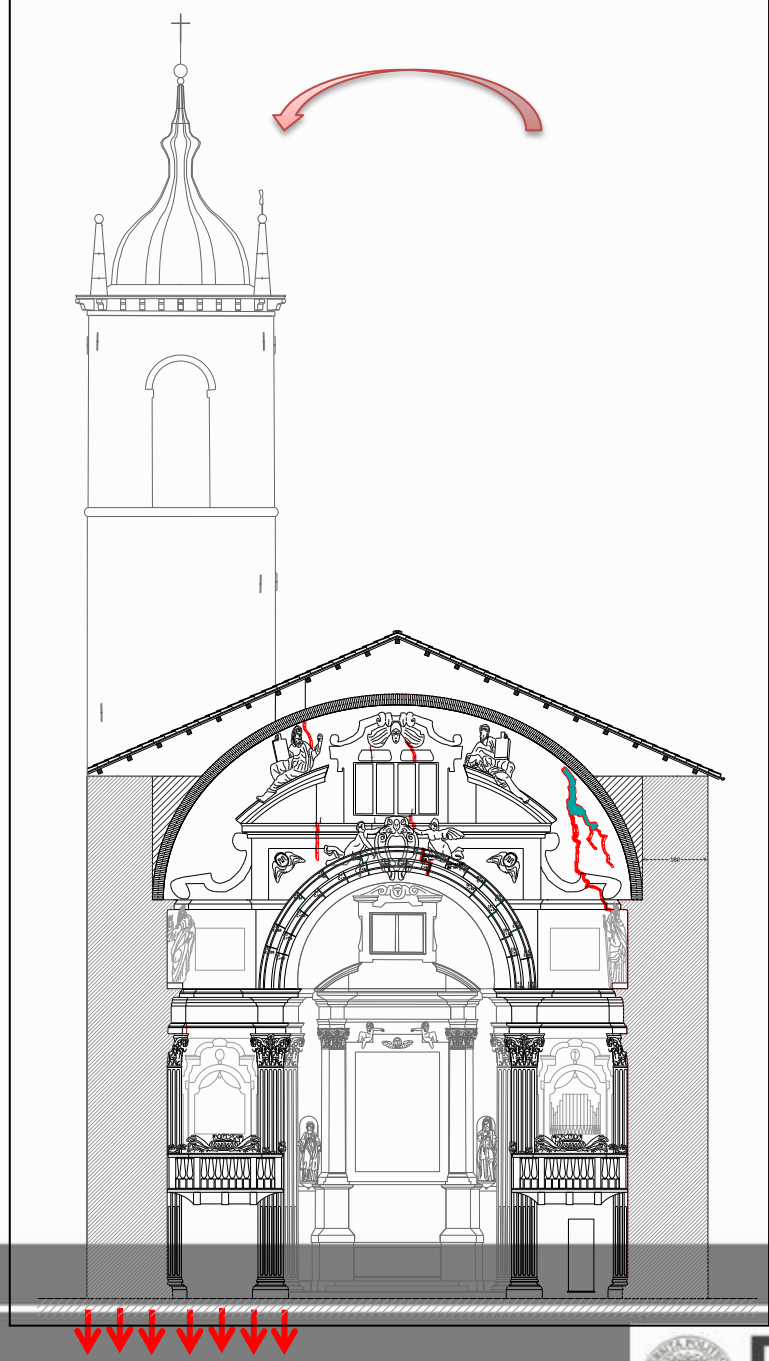
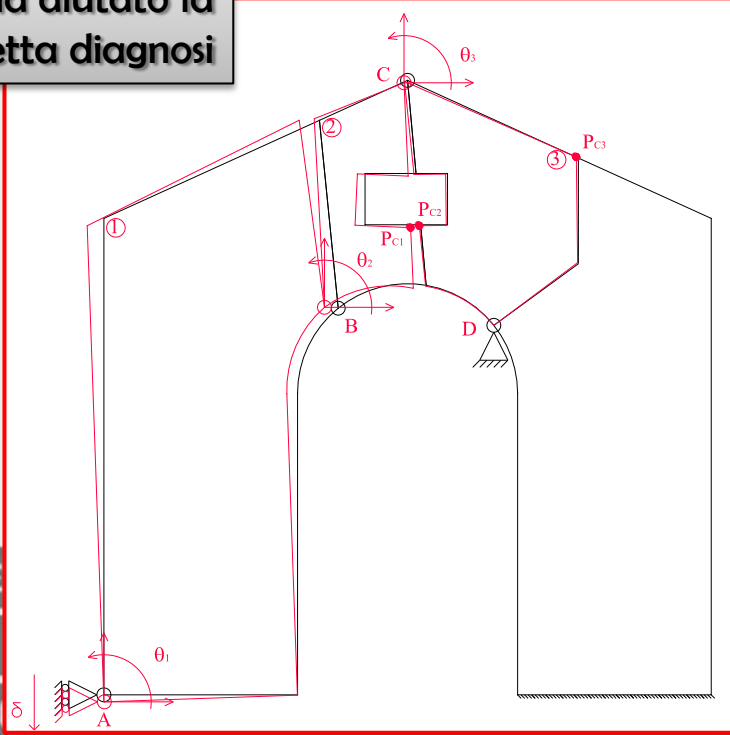
R IQUALIFICARE

La demolizione e la ricostruzione del campanile ha influito nel quadro fessurativo??

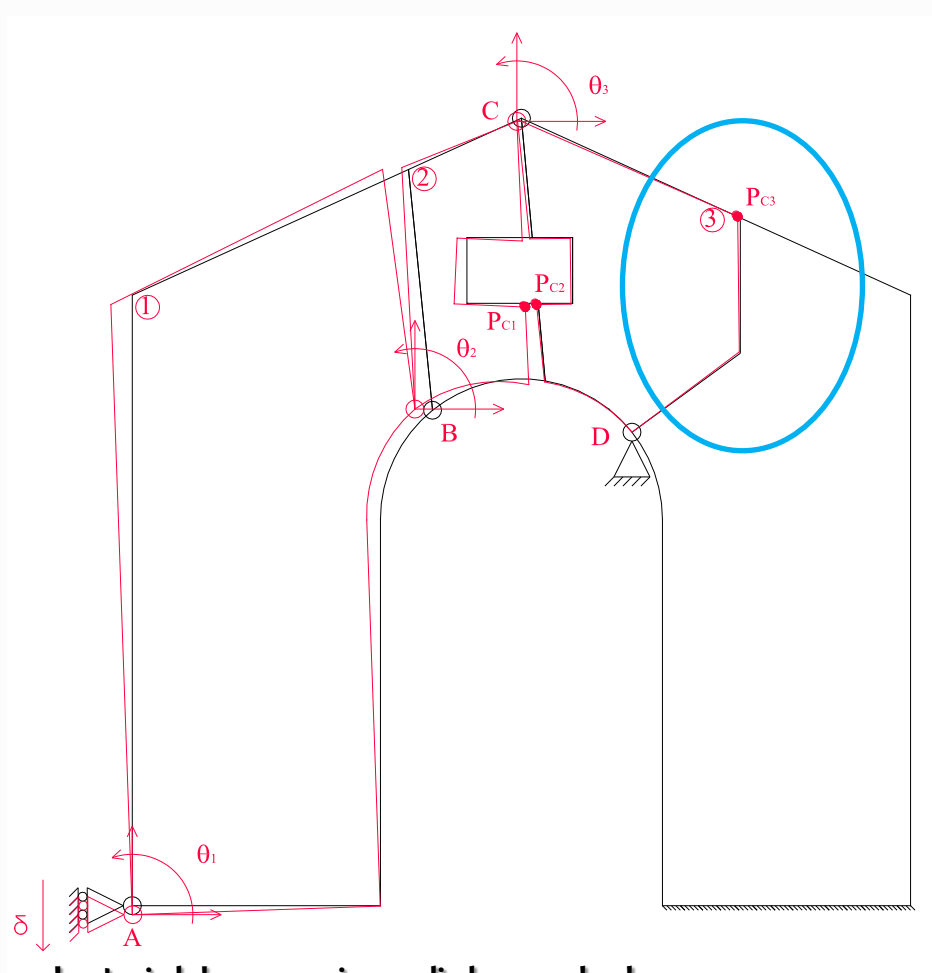
Macroelementi



Il percorso della conoscenza ha aiutato la corretta diagnosi



Il percorso della conoscenza ha aiutato la corretta diagnosi



Ipotesi del meccanismo di danno che ha innescato le lesioni riscontrate

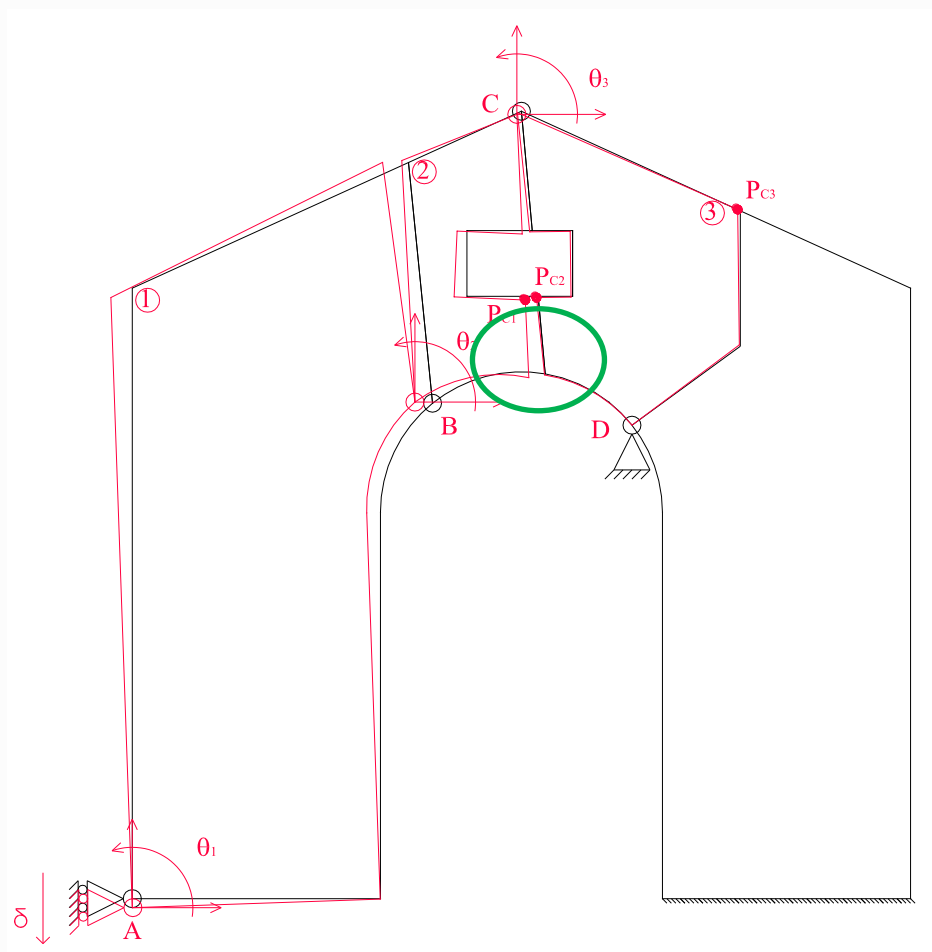
R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE



Il fondamentale percorso della conoscenza ha aiutato la diagnosi



Ipotesi del meccanismo di danno che ha innescato le lesioni riscontrate



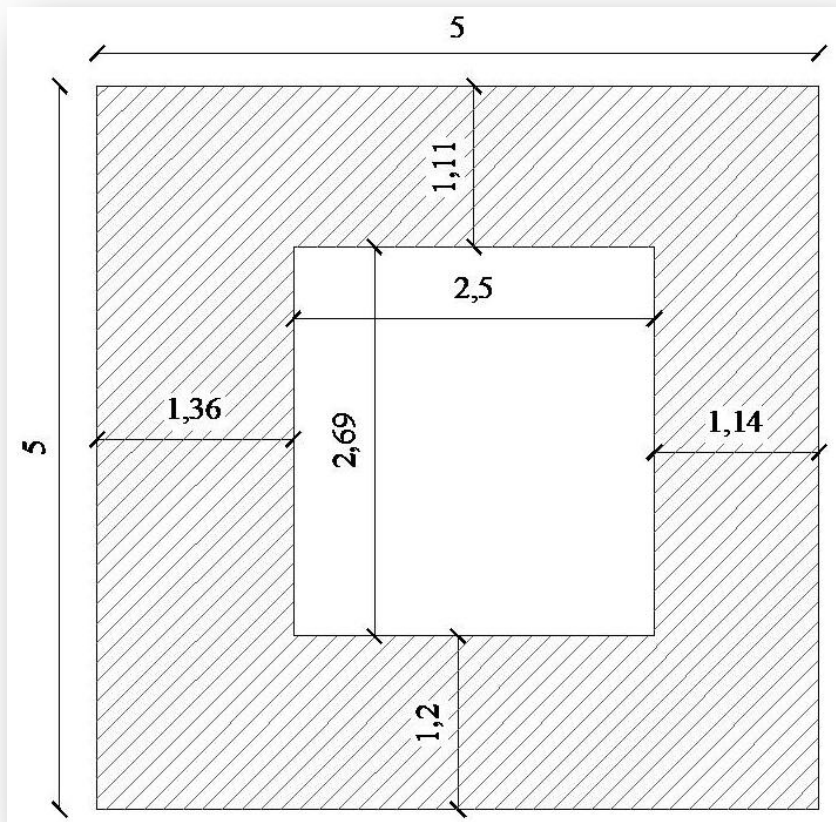
R ISTRUTTURARE

R ISANARE

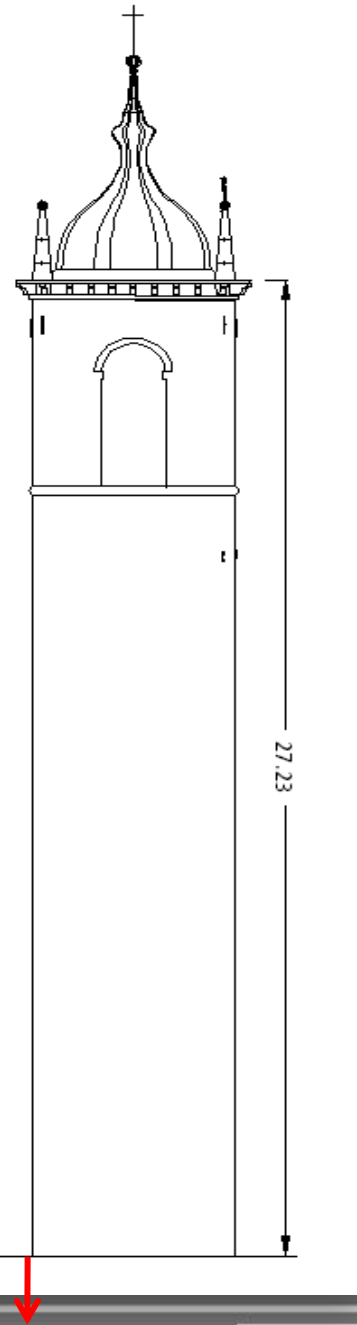
R IQUALIFICARE

Il fondamentale percorso della conoscenza ha aiutato la diagnosi

Come la demolizione e la ricostruzione del campanile ha influito nel quadro fessurativo dell'arco trionfale



$W = 10947,86 \text{ kN}$
 $q = W / A = 598,89 \text{ kN/m}^2$
 $\delta = q \times I_c \times z_i = 20 \text{ cm}$

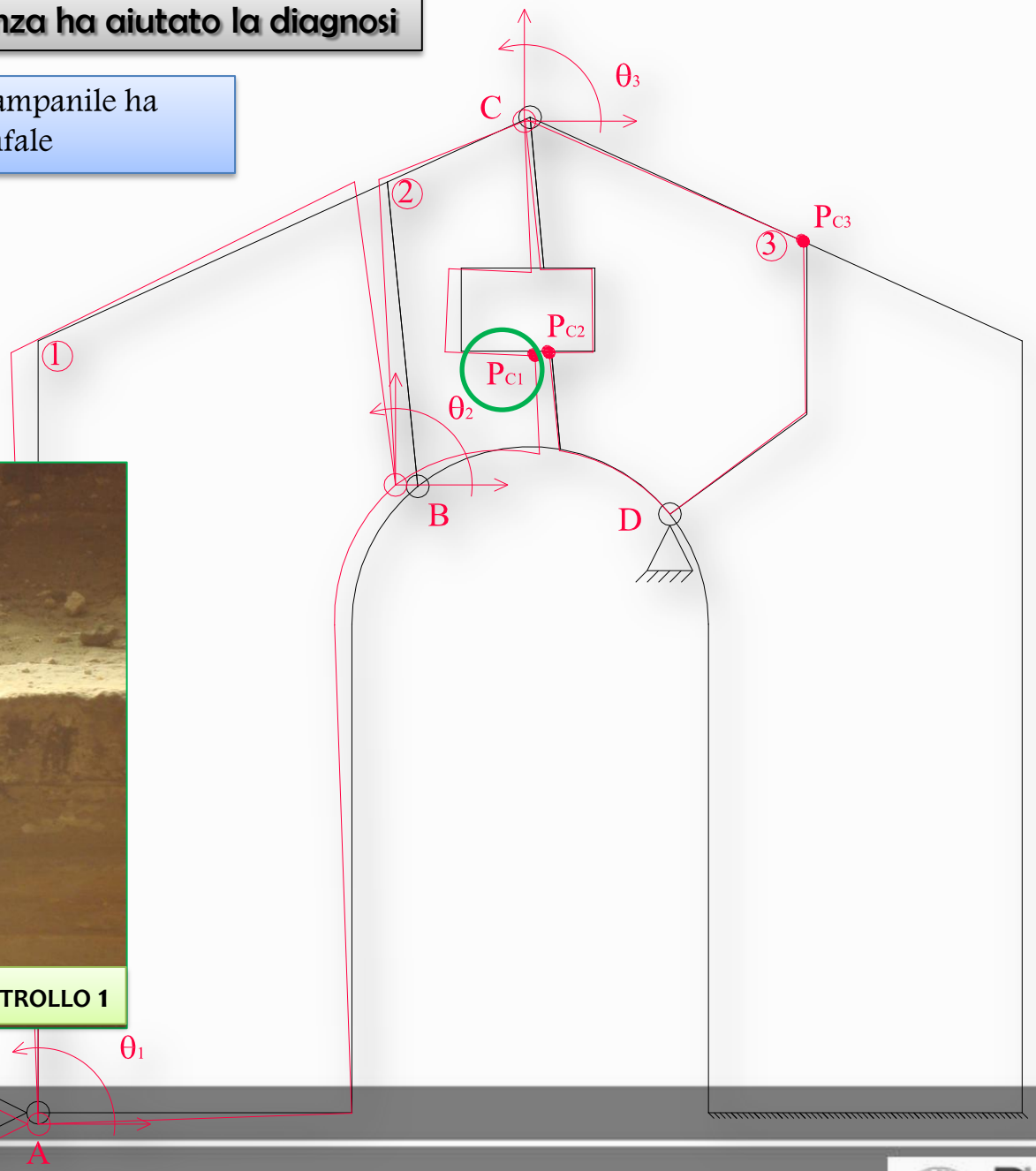


$\delta = 20 \text{ cm}$

Il fondamentale percorso della conoscenza ha aiutato la diagnosi

Come la demolizione e la ricostruzione del campanile ha influito nel quadro fessurativo dell'arco trionfale

Ipotesi del meccanismo di danno che ha innescato le lesioni riscontrate
– ANALITICAMENTE –



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

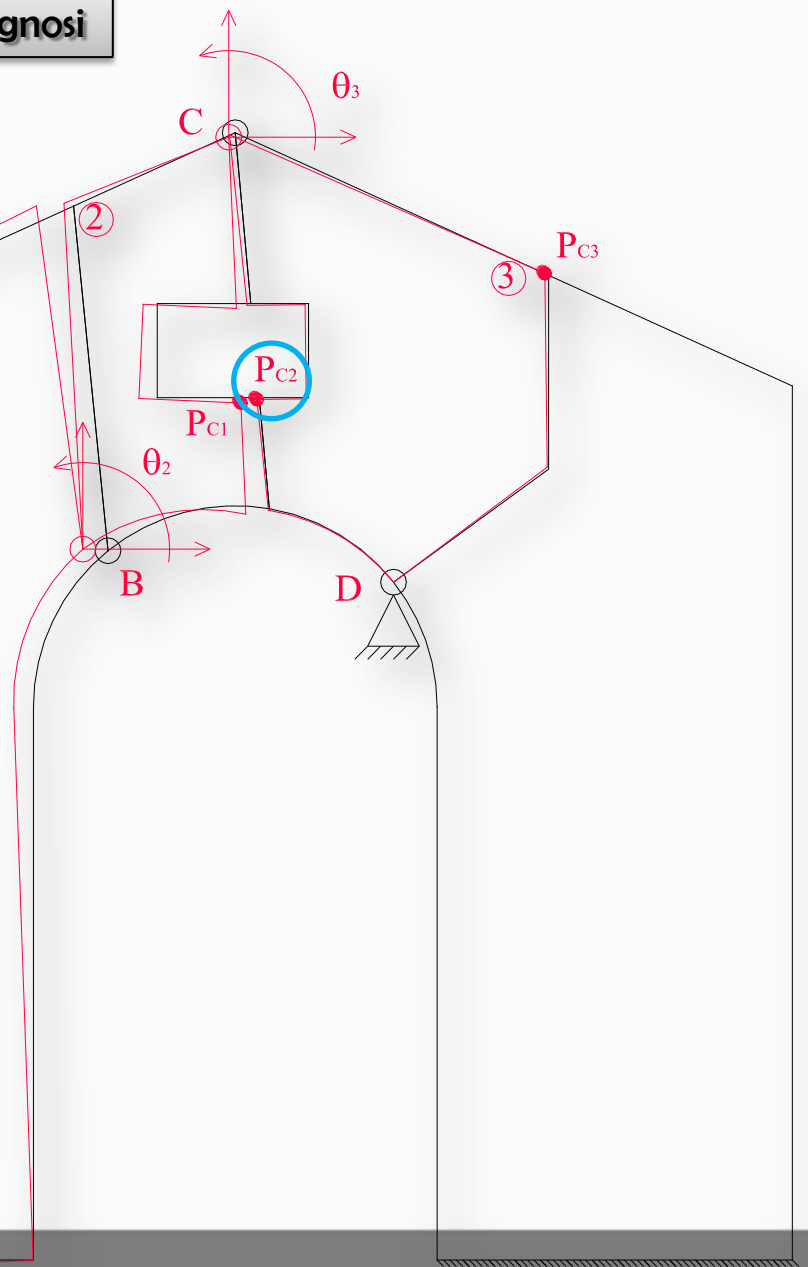
R IQUALIFICARE



Il fondamentale percorso della conoscenza ha aiutato la diagnosi

Come la demolizione e la ricostruzione del campanile ha influito nel quadro fessurativo dell'arco trionfale

Ipotesi del meccanismo di danno che ha innescato le lesioni riscontrate
– ANALITICAMENTE –



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE



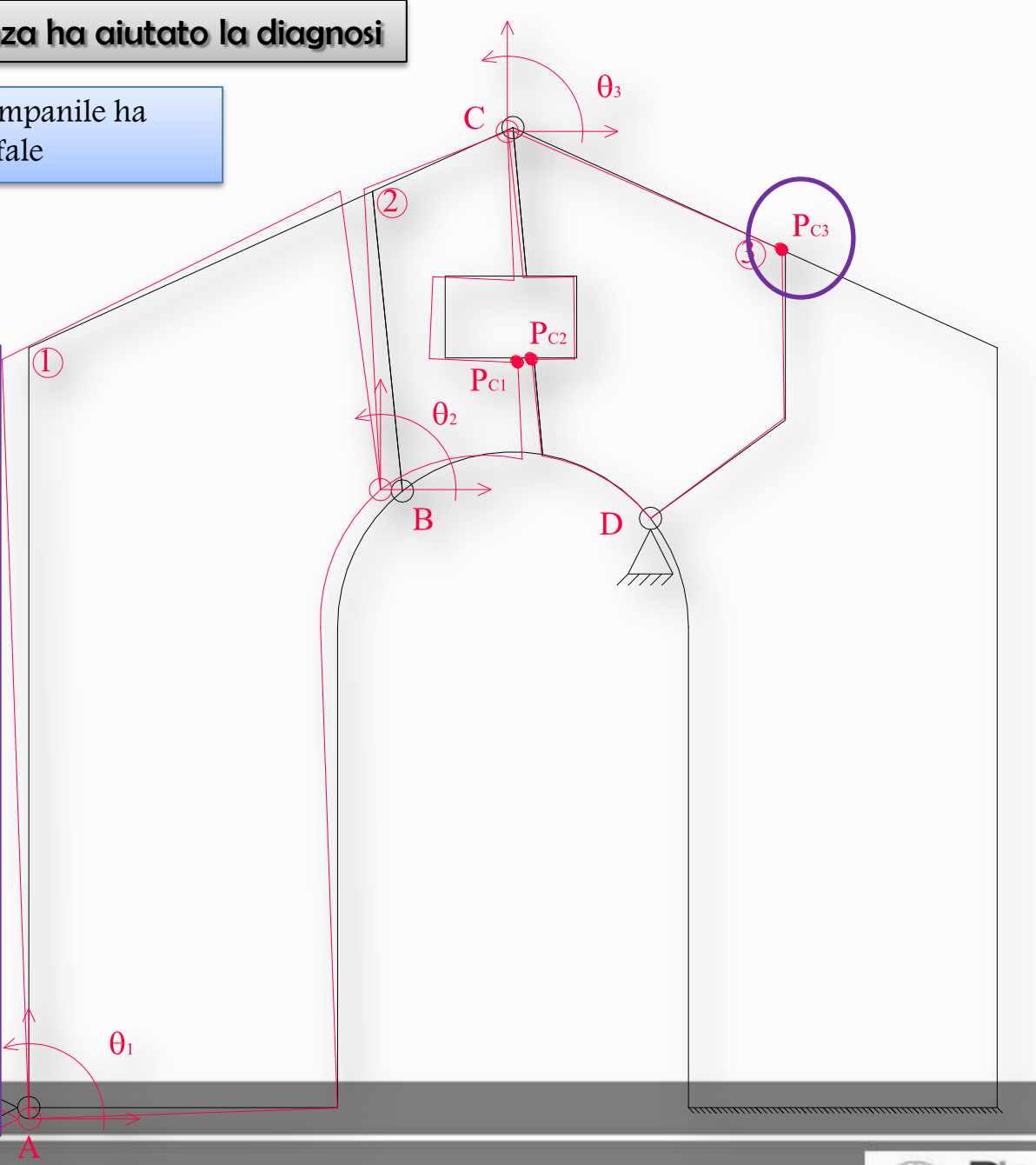
Il fondamentale percorso della conoscenza ha aiutato la diagnosi

Come la demolizione e la ricostruzione del campanile ha influito nel quadro fessurativo dell'arco trionfale

Ipotesi del meccanismo di danno che ha innescato le lesioni riscontrate
- ANALITICAMENTE -



PUNTO DI CONTROLLO 3



Il fondamentale percorso della conoscenza ha aiutato la diagnosi

Come la demolizione e la ricostruzione del campanile ha influito nel quadro fessurativo dell'arco trionfale

Ipotesi del meccanismo di danno che ha innescato le lesioni riscontrate
– ANALITICAMENTE –

PESO DEL CAMPANILE:
 $w = 11000 \text{ kN}$

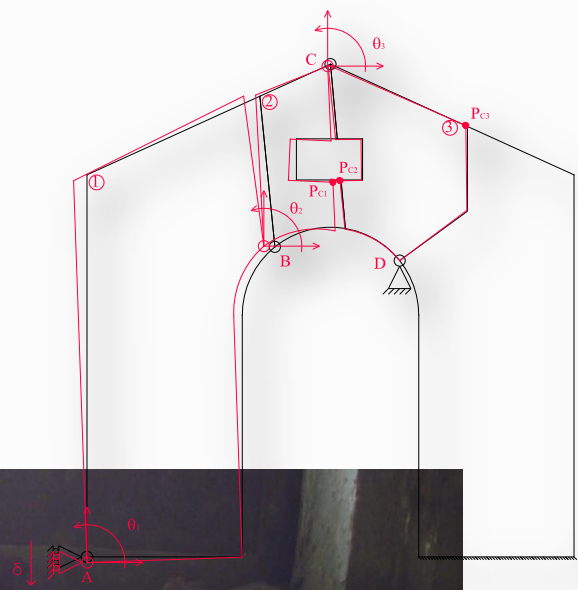
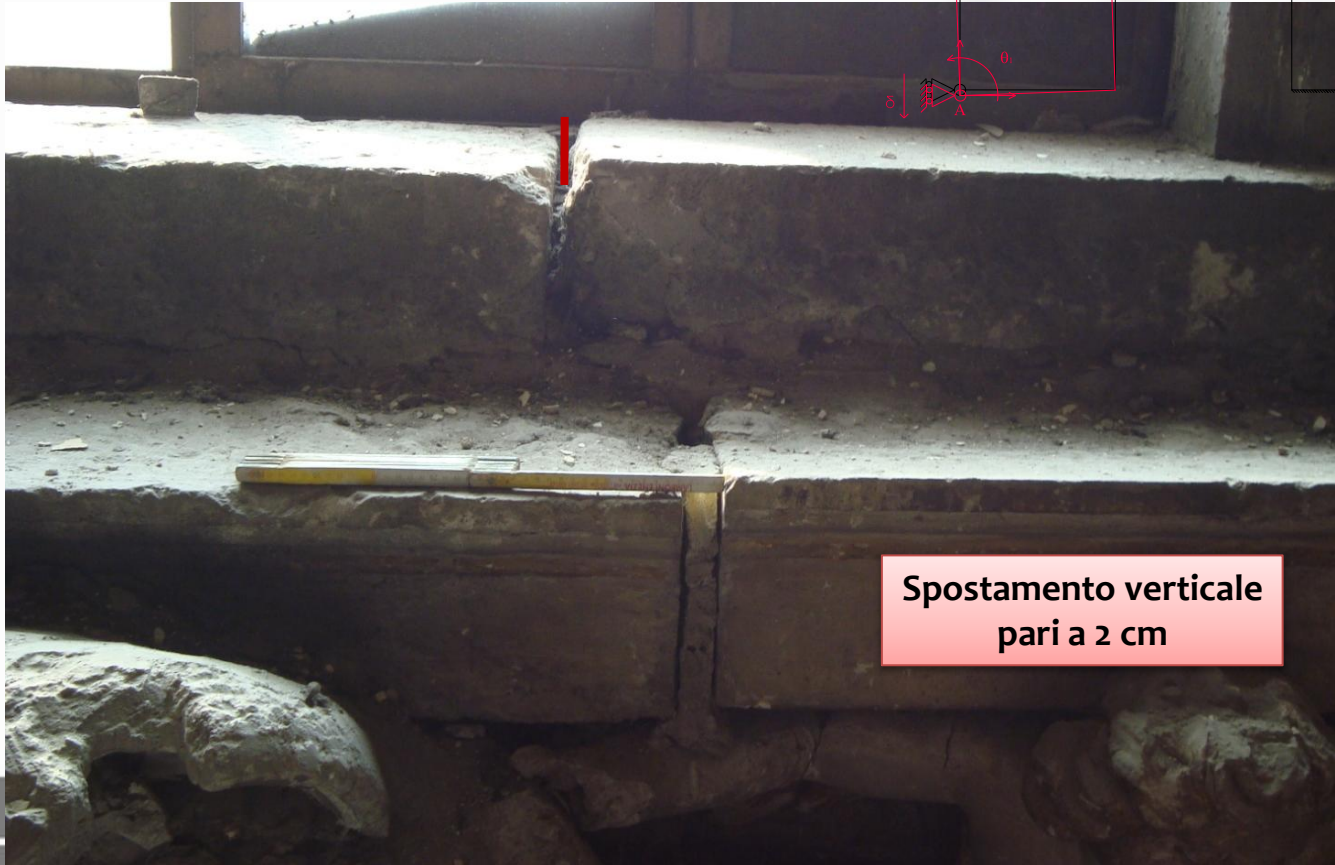


$\delta = 20 \text{ cm}$

$PC_3 = 3 - 5 \text{ cm}$



RISULTATI ANALITICI:
 $\Delta v = 2 \text{ cm}$
 $\Delta u = 28,1 \text{ cm}$



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE



Il fondamentale percorso della conoscenza ha aiutato la diagnosi

Come la demolizione e la ricostruzione del campanile ha influito nel quadro fessurativo dell'arco trionfale

Ipotesi del meccanismo di danno che ha innescato le lesioni riscontrate
- ANALITICAMENTE -

PESO DEL CAMPANILE:
 $w = 11000 \text{ kN}$



$\delta = 20 \text{ cm}$

$PC_3 = 3 - 5 \text{ cm}$



RISULTATI ANALITICI:
 $\Delta v = 2 \text{ cm}$
 $\Delta u = 28,1 \text{ cm}$



Spostamento orizzontale pari a 28 cm

R ISTRUTTURARE

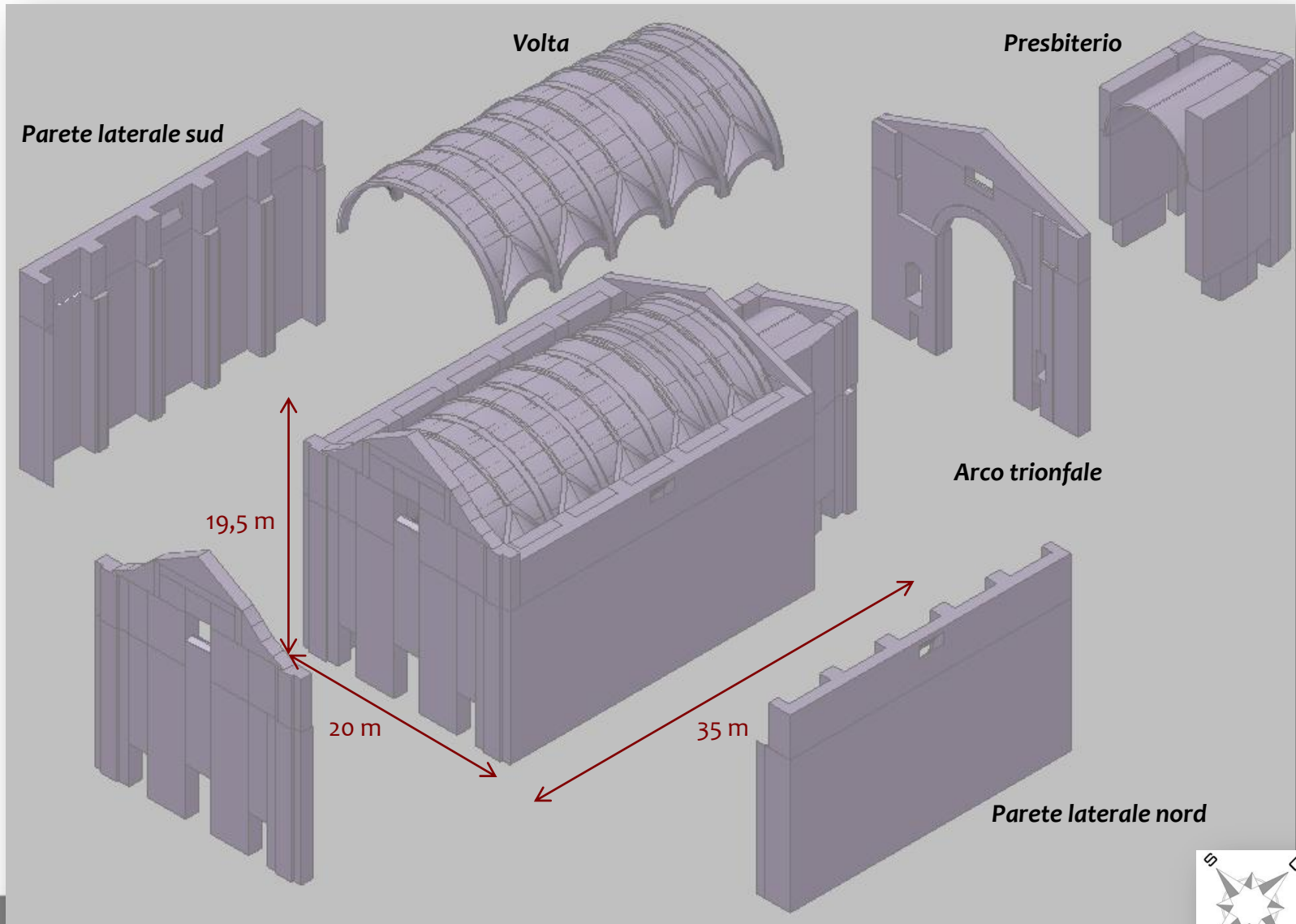
R ISANARE

R IQUALIFICARE



PRIMA VALUTAZIONE: RISPOSTA AL SISMA PER MACROELEMENTI

Macroelementi



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

LA FACCIATA – I CINEMATISMI–

▪ *Facciata considerata come una parete monolitica*

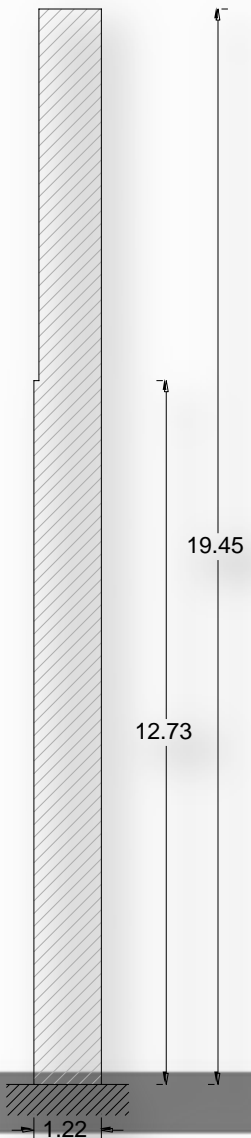


TABELLA DEI GIUDIZI SULLA QUALITÀ DEGLI IPOTETICI APPARECCHI CHE CARATTERIZZANO LA FACCIATA

N° ipotesi	Schema sinottico	Descrizione dell'apparecchio	Possibili intervalli di appartenenza e corrispondente qualità degli ipotetici apparecchi nella gamma di scelta dei trattatisti			
			Rondelet		Sacchi	
			Range	Qualità	Range	Qualità
5		<ul style="list-style-type: none"> - Paramento esterno in elementi di travertino perfettamente quadrati e levigati, con spigoli ben combacianti - Blocchi di lunghezza pari allo spessore totale del muro - Paramento interno in corsi regolari di laterizio dello spessore di due lesse - Riemplimento in pietra sbalzata ed elementi di laterizio per la regolarizzazione dei corsi - Strato di intonaco applicato nel paramento interno 	V - VI - VI (B)	Bloccata - discreta	VII (B)	Discreta
6		<ul style="list-style-type: none"> - Paramento esterno in elementi di travertino perfettamente quadrati e levigati, con spigoli ben combacianti - Blocchi di lunghezza media pari a 75 cm, posti soltanto nella parte interna che nella parte esterna, senza raggiungere lo spessore totale del muro - Paramento interno in corsi regolari di laterizio dello spessore di due lesse - Riemplimento in pietra sbalzata ed elementi di laterizio per la regolarizzazione dei corsi - Strato di intonaco applicato nel paramento interno 	VI - VII (B)	Bloccata - discreta	VII - VIII (B)	Discreta - simile
7		<ul style="list-style-type: none"> - Paramento esterno in elementi di travertino perfettamente quadrati e levigati, con spigoli ben combacianti - Blocchi di lunghezza media pari a 75 cm, posti soltanto nella parte esterna, senza raggiungere lo spessore totale del muro - Paramento interno in corsi regolari di laterizio dello spessore di due lesse - Riemplimento in pietra sbalzata ed elementi di laterizio per la regolarizzazione dei corsi - Strato di intonaco applicato nel paramento interno 	VII (B)	Discreta	VIII - IX (B)	Simile

▪ *Non ammorsata alle pareti laterali*
→ *nella modellazione non si considera il cuneo di distacco*

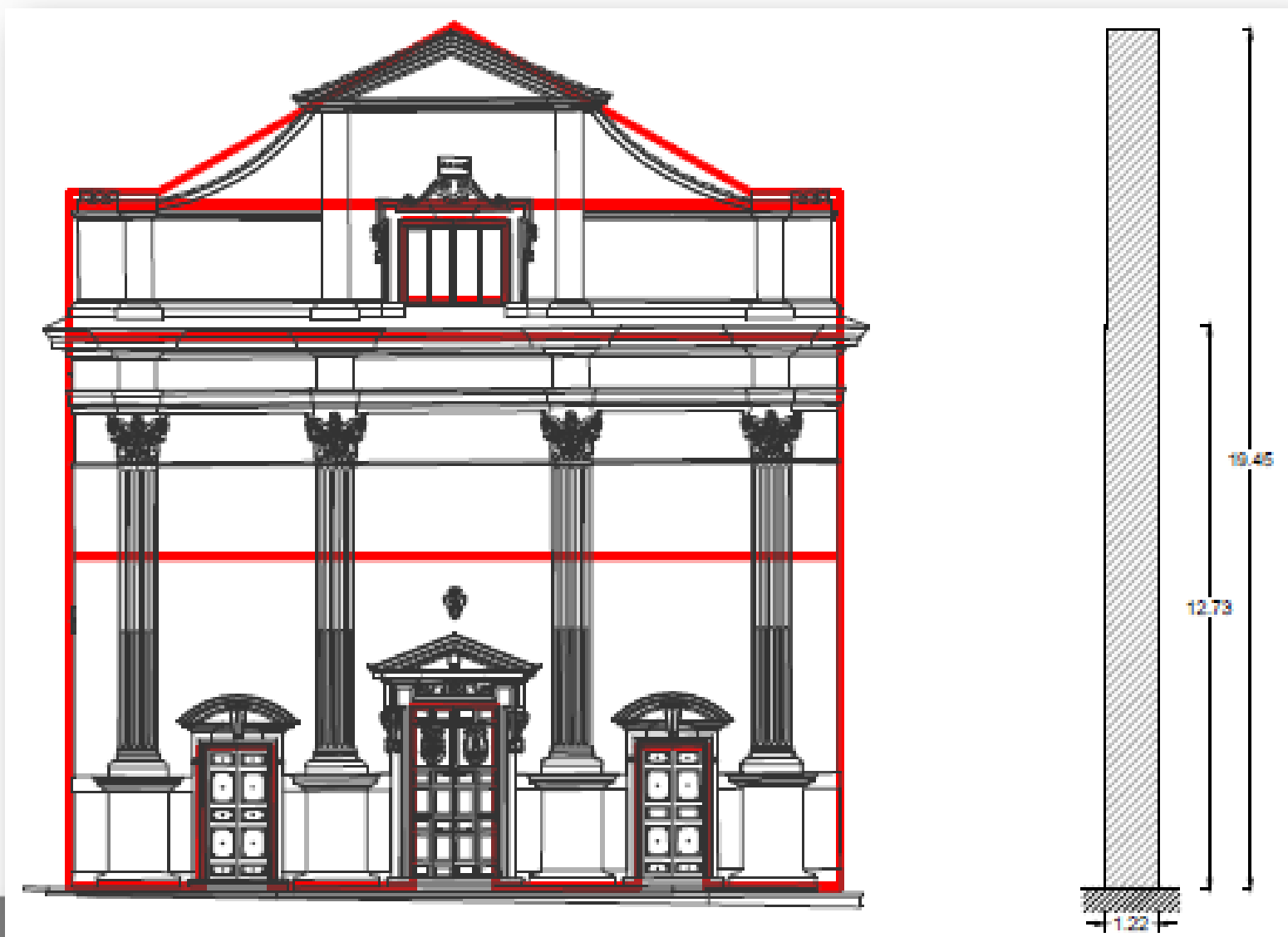
Dal confronto con i trattati storici del
Rondelet e del Sacchi



Muratura di qualità
DISCRETA



LA FACCIATA - I CINEMATISMI-



R ISTRUTTURARE

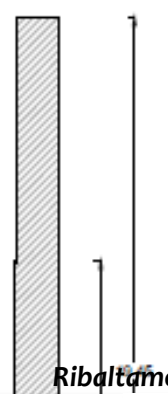
R ISANARE

R IQUALIFICARE

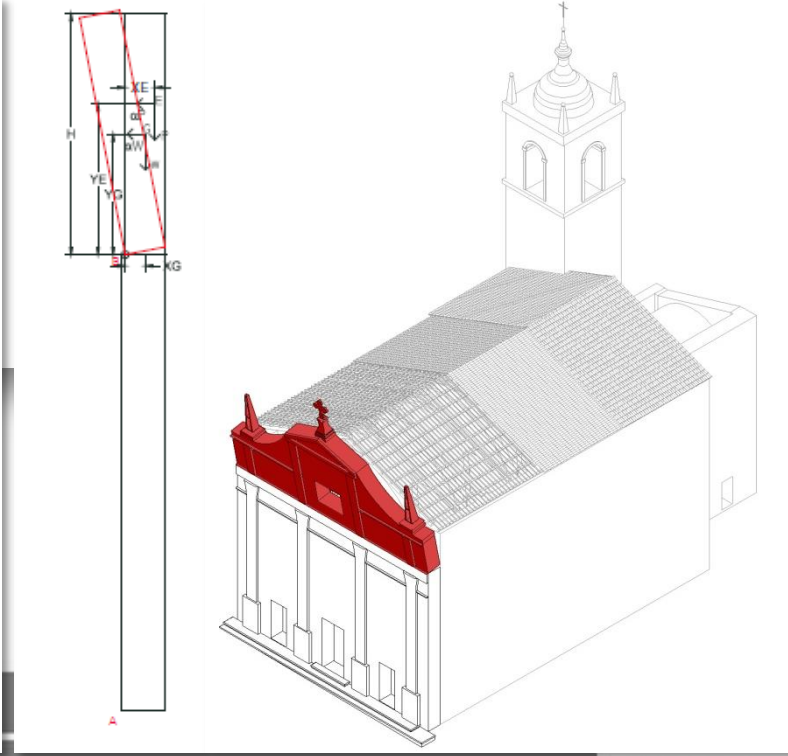
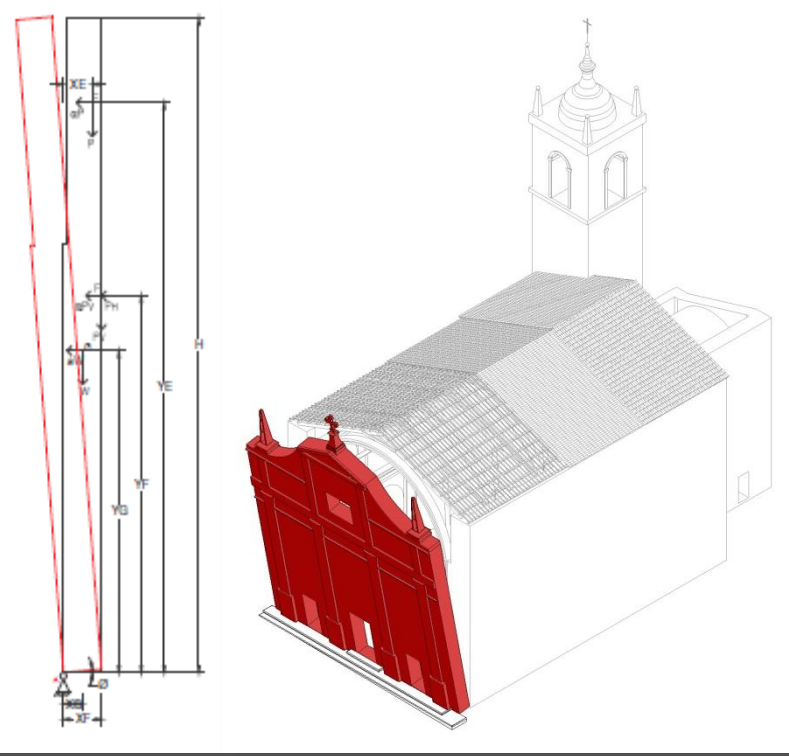
LA FACCIATA – I CINEMATISMI–



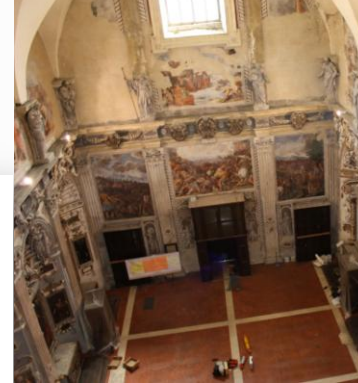
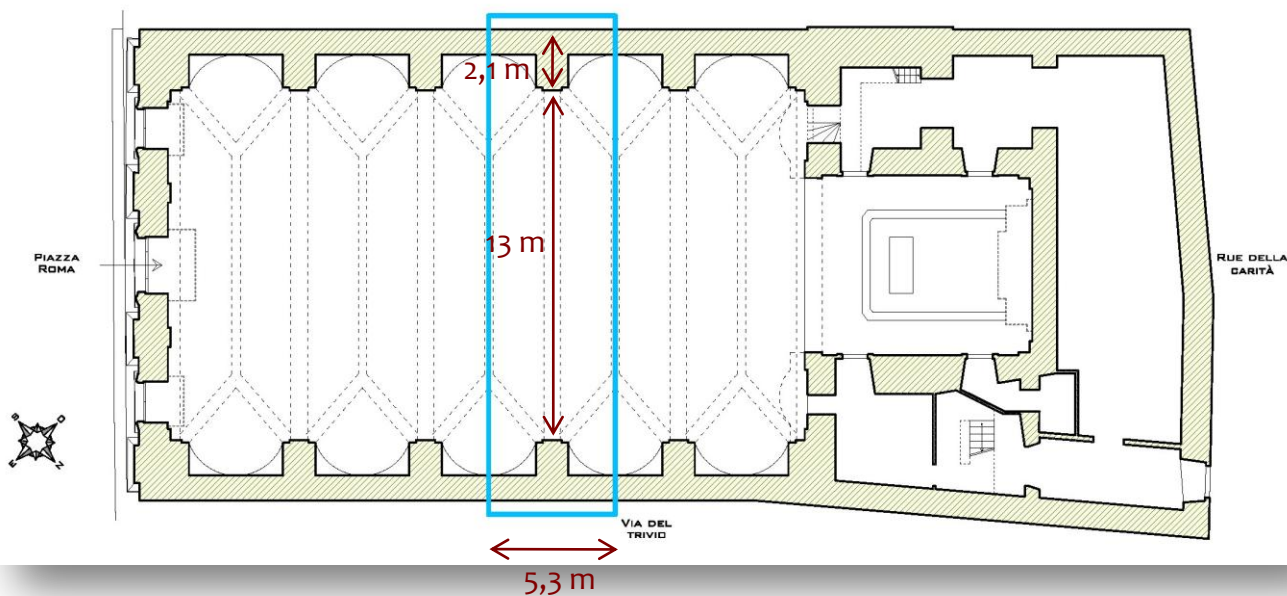
Ribaltamento globale della facciata principale



Ribaltamento parziale della facciata principale



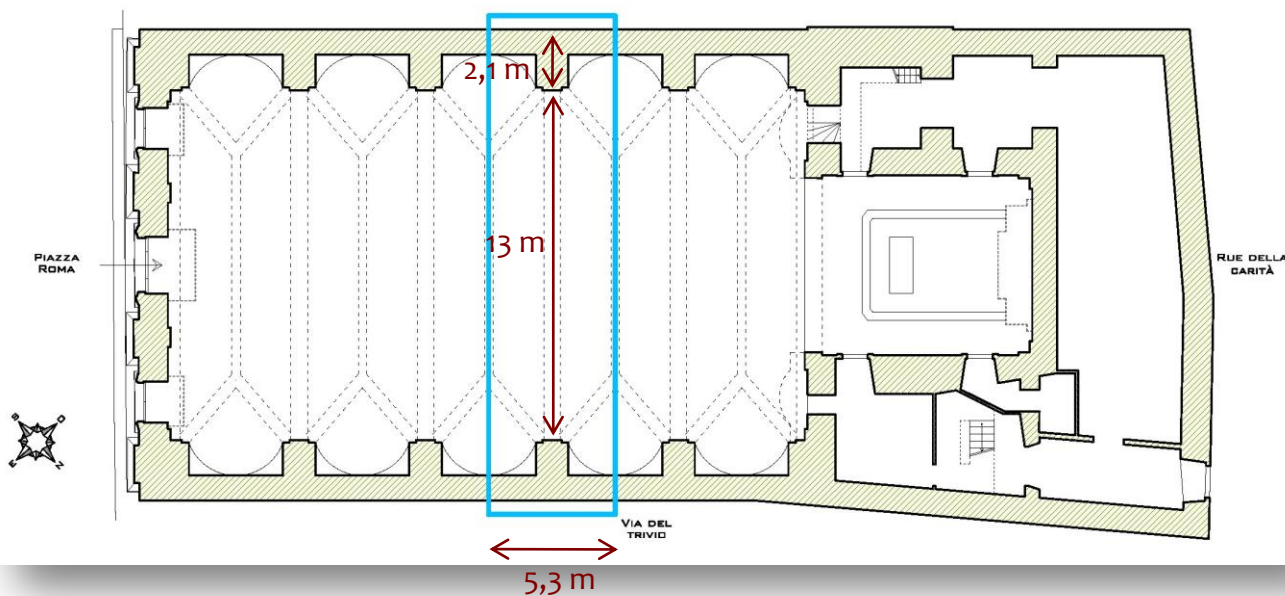
PARETI LATERALI - VOLTA



PECULIARITÀ

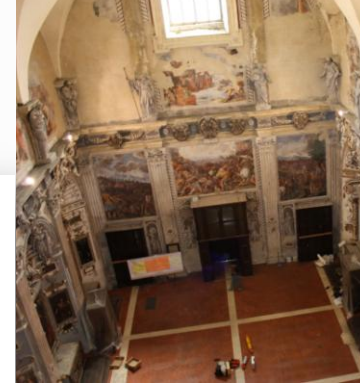
- Volta di esiguo spessore (15 cm) su luce di 13 m;
- Piedritti di notevole snellezza (rapporto Base/Altezza=0,14);
- Modularità.

PARETI LATERALI - VOLTA

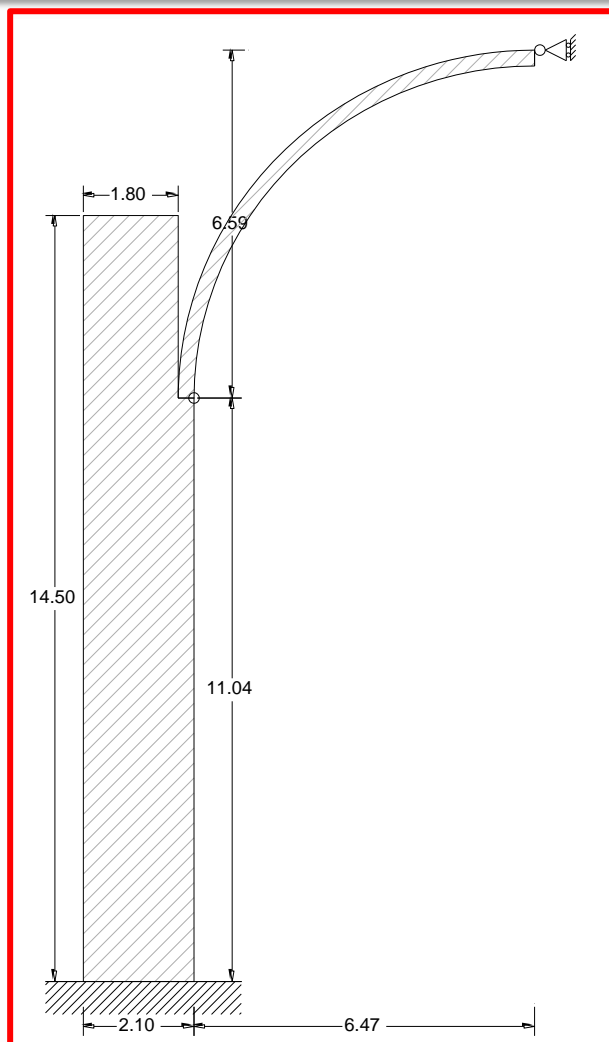


Le scelte della modellazione strutturale sono di seguito sintetizzate:

- *piedritto pieno+nicchie+fasi costruttive → pareti laterali \cong insieme indipendente di piedritti*
- *arconi volta e lunette → volta \cong insieme di arconi indipendenti*
- *costruzione volta+costolone+lunetta+costolone piccolo → quota vincolo cerniera ($\cong 30^\circ$)*
- *influenza posizione orizzontamenti edifici adiacenti → quota cerniera alla base*

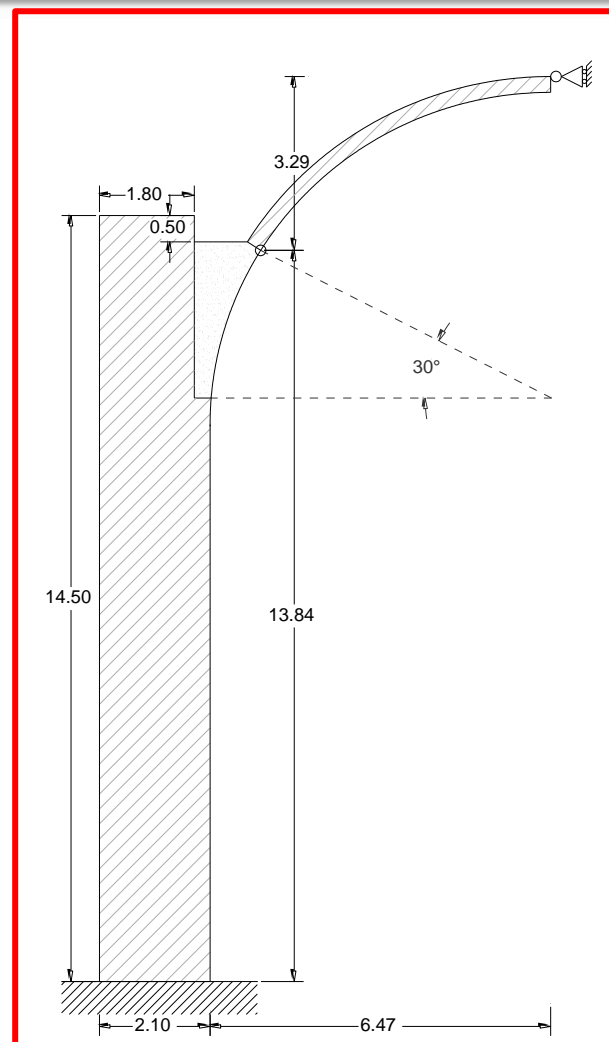


Rappresentazione del piedritto con due possibili ipotesi di modellazione



PRIMO MODELLO

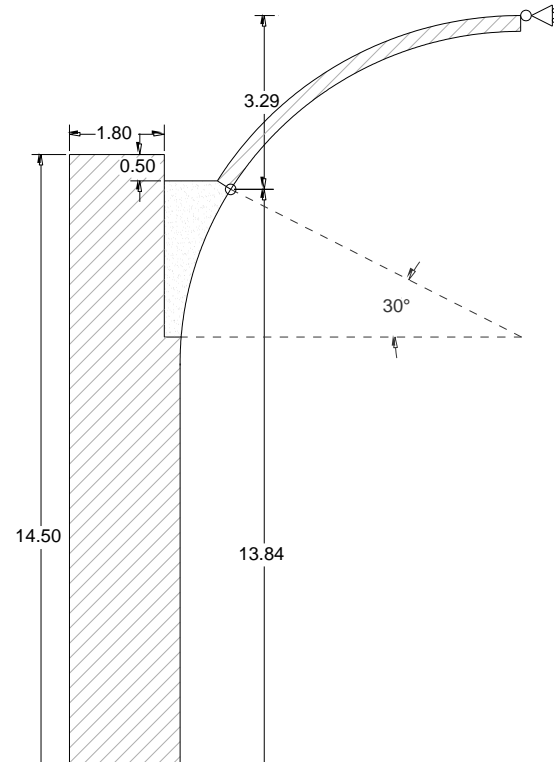
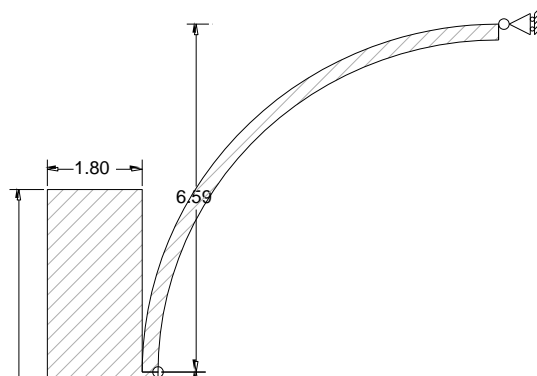
Le cerniere dei vari cinematismi che possono interessare la struttura si sono supposte collocate in corrispondenza della chiave e delle imposte della volta.



SECONDO MODELLO

Per ragioni costruttive, le cerniere sono state collocate in corrispondenza di un angolo sull'orizzontale di 30°.

Rappresentazione del piedritto con due possibili ipotesi di modellazione

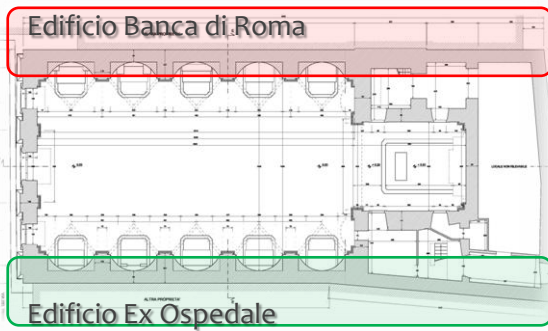


Grazie all'analisi tecnologica costruttiva e alla realizzazione in scala 1:5 di una porzione significativa della volta ...

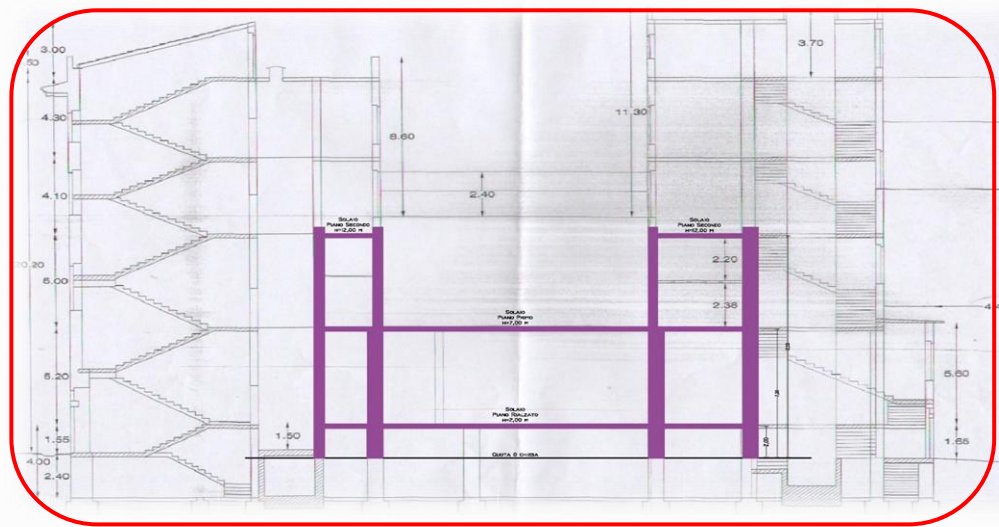
... si è potuto apprezzare come la geometria e le dimensioni degli elementi tridimensionali, vadano a creare in corrispondenza di 30° una zona di maggiore rigidità e un consistente aumento della sezione resistente rispetto al resto dello sviluppo della volta rendendo più verosimile lo scenario ipotizzato nel **SECONDO MODELLO**.

La disposizione dei vincoli

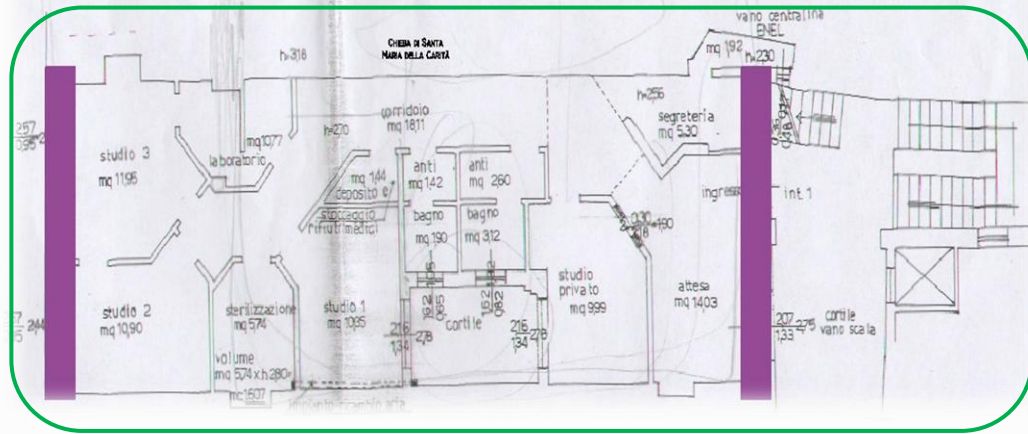
▪ Sul lato sud, originariamente libero, una consistente porzione della parete laterale dell’aula risulta prospiciente a un patio situato a +7,00 m.



▪ Analoga situazione per quanto riguarda il lato nord, in quanto il cortile interno che creava l’edificio dell’ospedale, lasciava priva di confinamento verticale un’ampia porzione della parete. Nella planimetria dei locali del primo piano non si ritrovano strutture di spessore, tali da offrire un contrasto al ribaltamento in quella direzione.



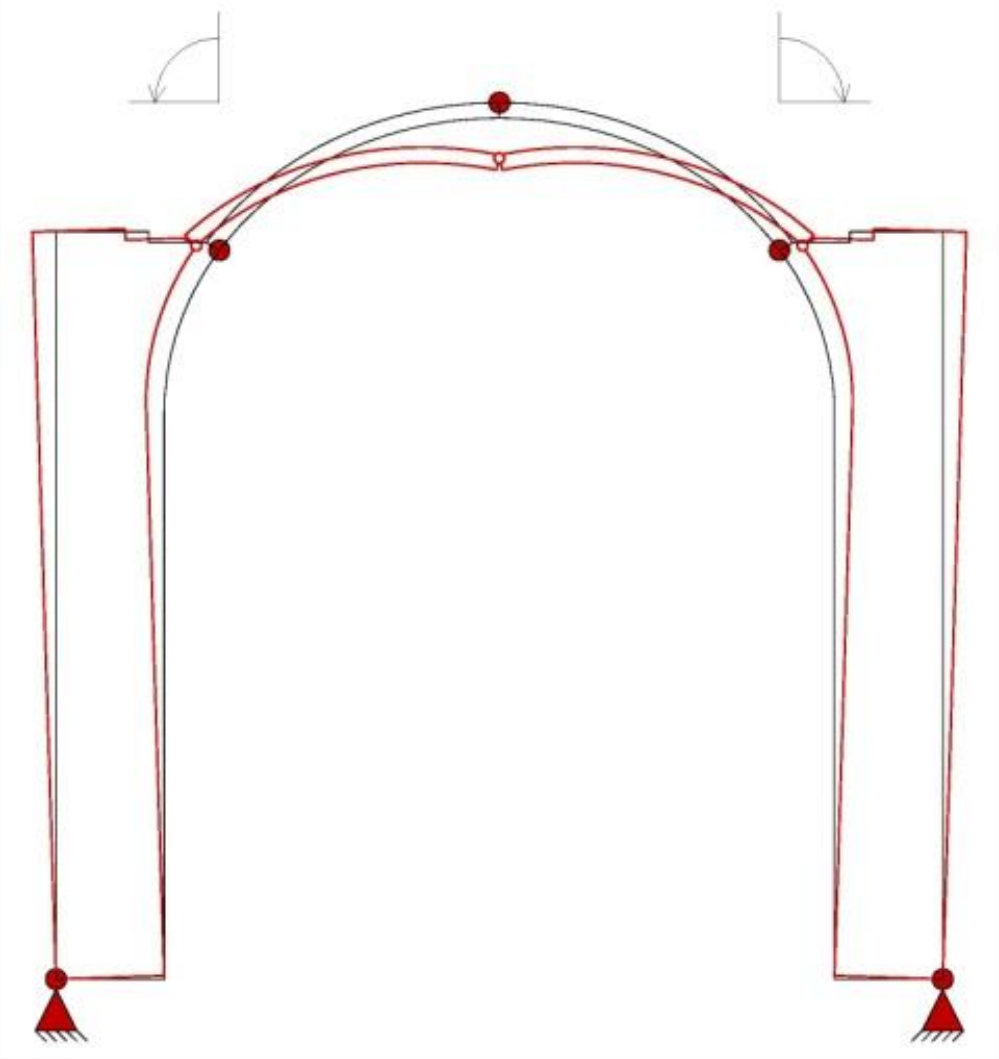
Elaborato progettuale edificio Banca di Roma –
Archivio del Comune di Ascoli Piceno



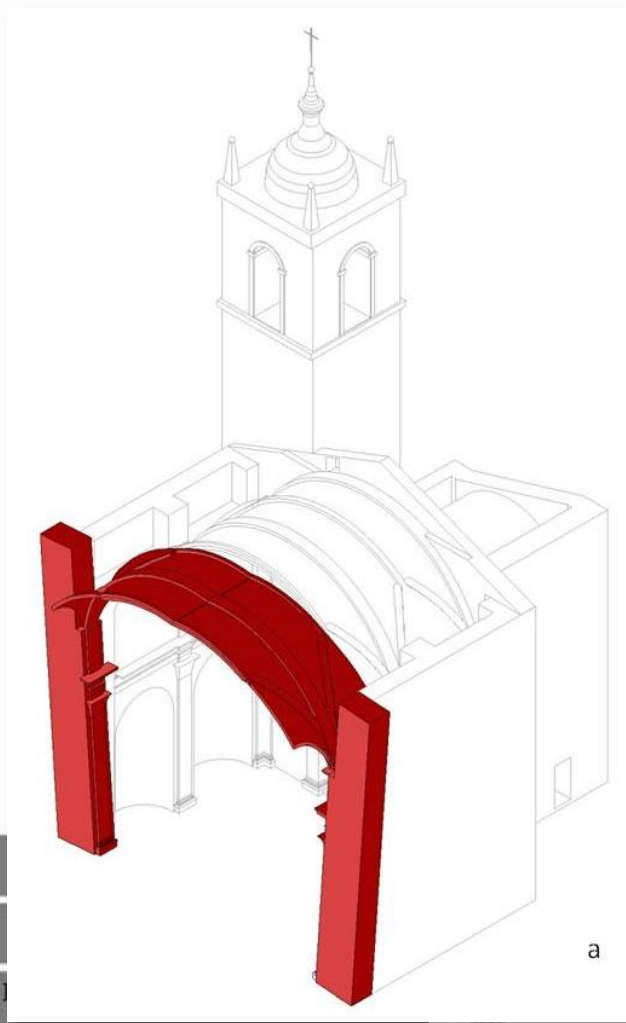
Elaborato progettuale edificio Ex Ospedale –
Archivio del Comune di Ascoli Piceno

Abaco dei meccanismi

Analisi storico – critica
Rilievo
Caratterizzazione meccanica materiali
Livelli di conoscenza e fattori di confidenza
Azioni
Macroelementi



Cinematismo A:
Rotazione bilaterale discorde
dei piedritti della volta
dell'aula.

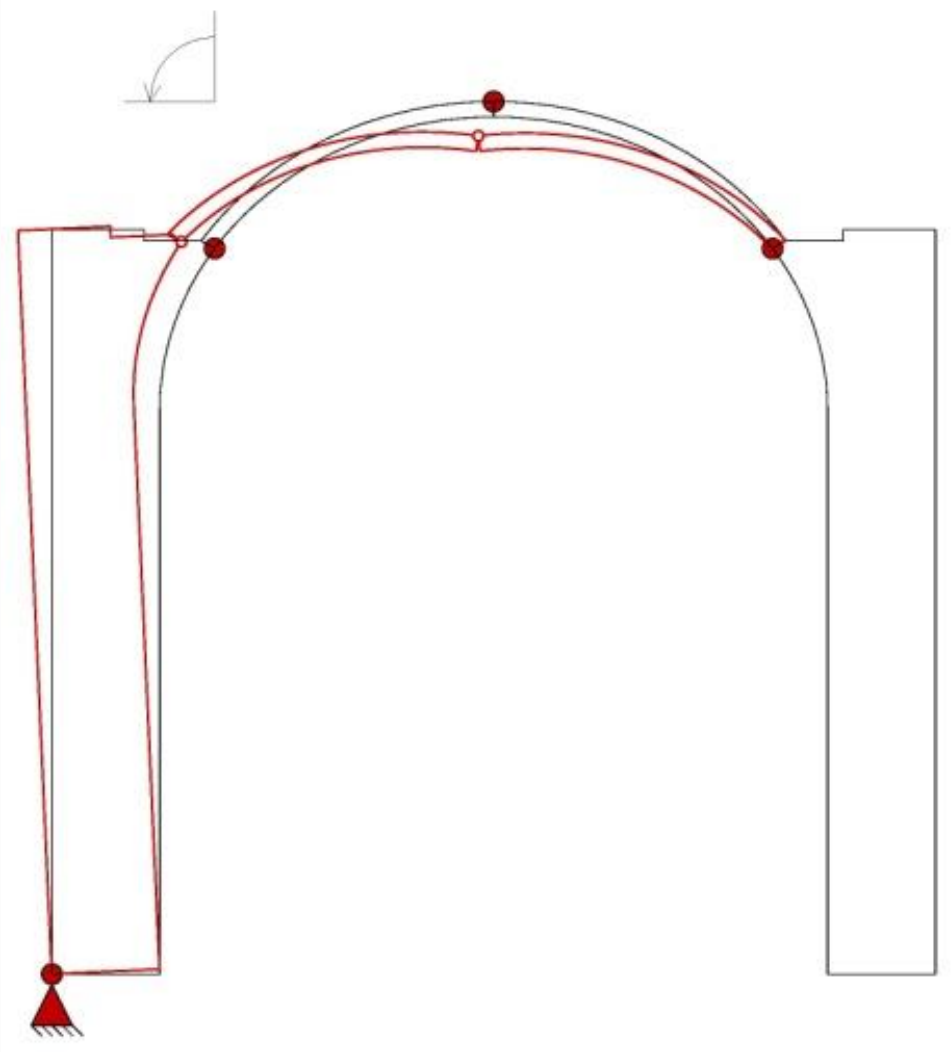


R ISTRUTTURARE

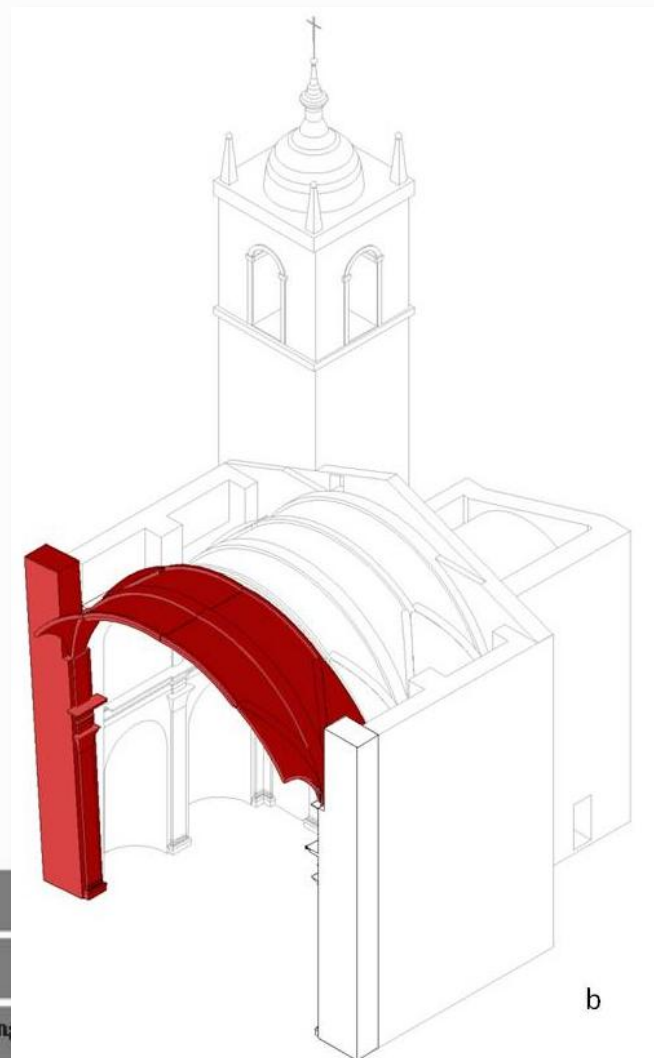
R ISANARE

R IQUALIFICARE

Analisi storico – critica
Rilievo
Caratterizzazione meccanica materiali
Livelli di conoscenza e fattori di confidenza
Azioni
Macroelementi



Cinematismo B:
Rotazione monolaterale di un solo piedritto della volta dell'aula.



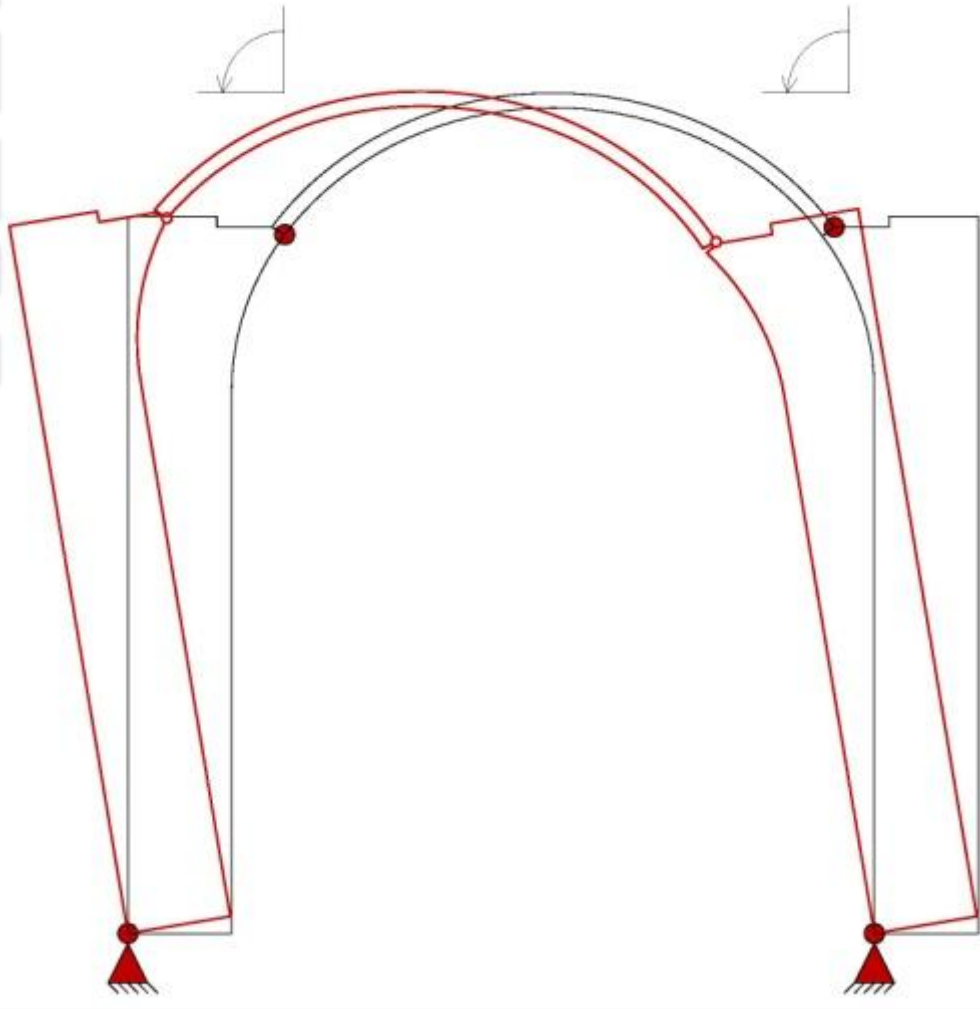
R ISTRUTTURARE

R ISANARE

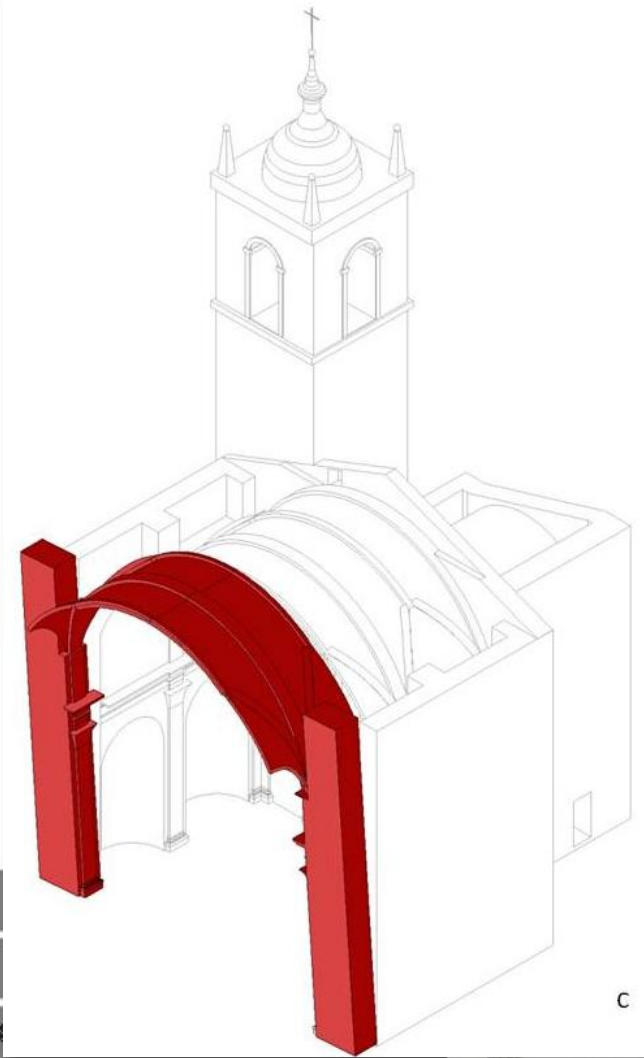
R IQUALIFICARE

Abaco dei meccanismi

- Analisi storico – critica
- Rilievo
- Caratterizzazione meccanica materiali
- Livelli di conoscenza e fattori di confidenza
- Azioni
- Macroelementi**



Cinematismo C:
Rotazione bilaterale concorde
dei piedritti della volta
dell'aula

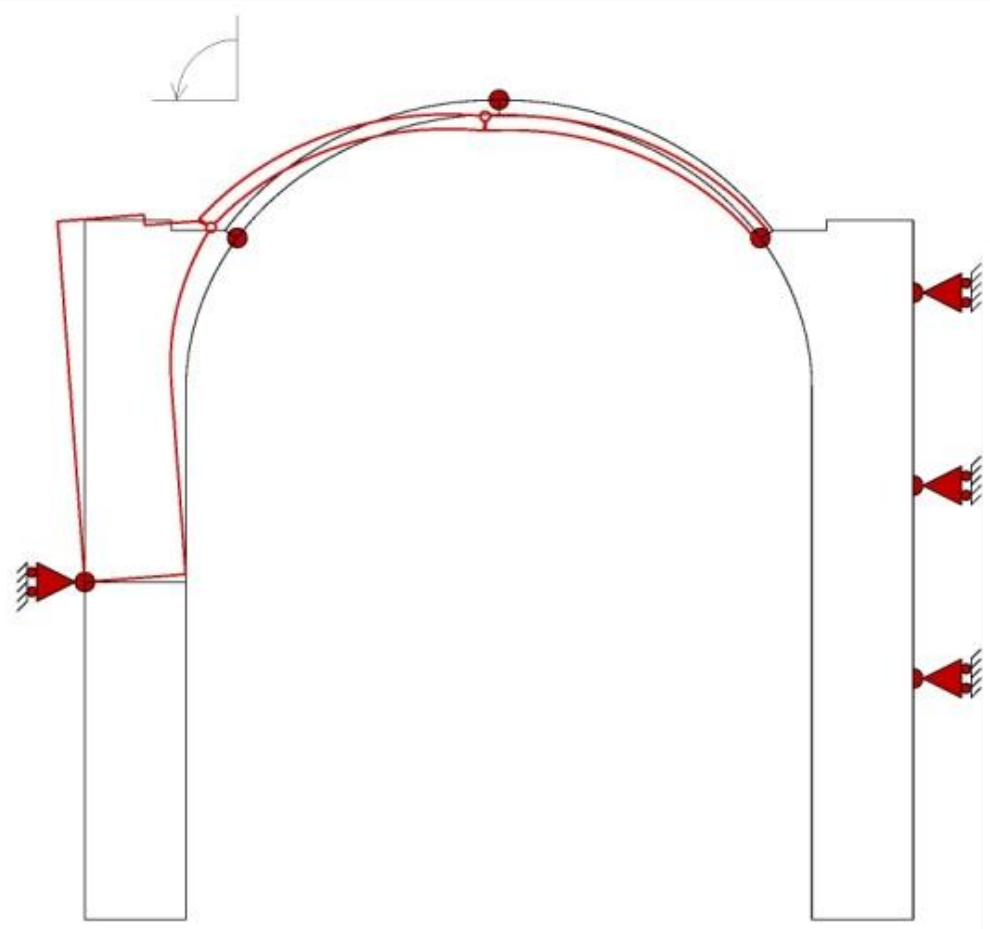


R ISTRUTTURARE

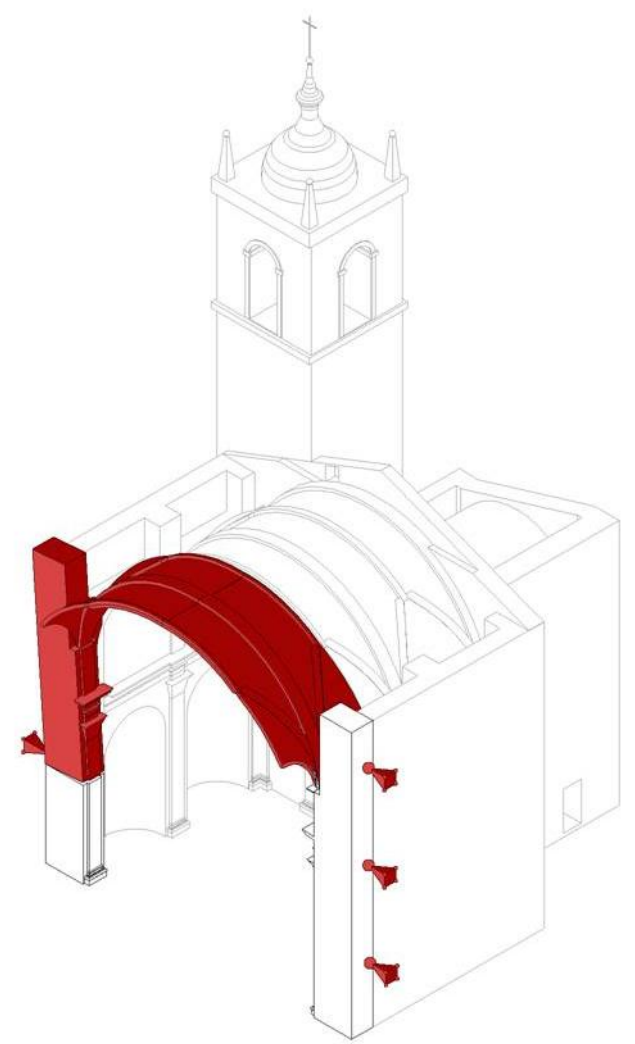
R ISANARE

R IQUALIFICARE

Analisi storico – critica
Rilievo
Caratterizzazione meccanica materiali
Livelli di conoscenza e fattori di confidenza
Azioni
Macroelementi



Cinematismo D:
Rotazione monolaterale di un solo piedritto della volta dell'aula – confinamento laterale (cerniera a +7,00 m).



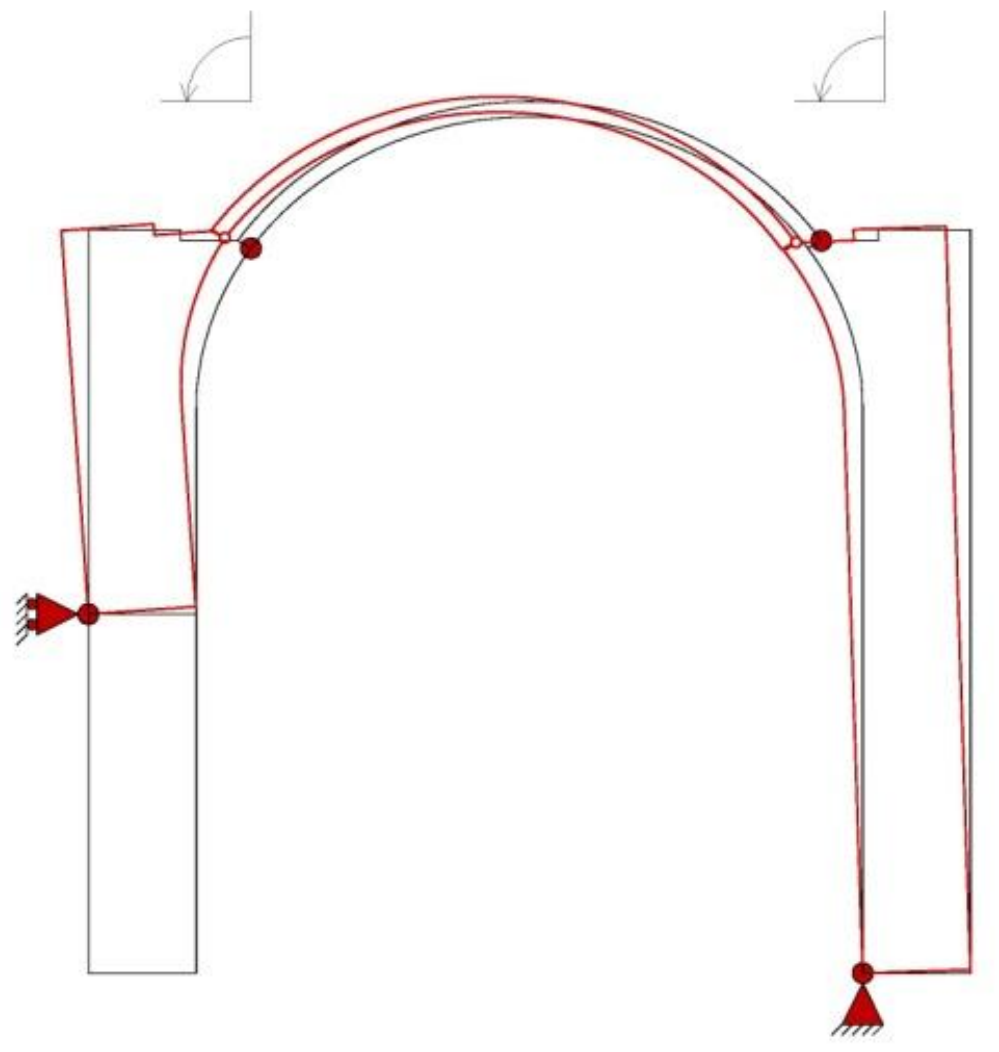
R ISTRUTTURARE

R ISANARE

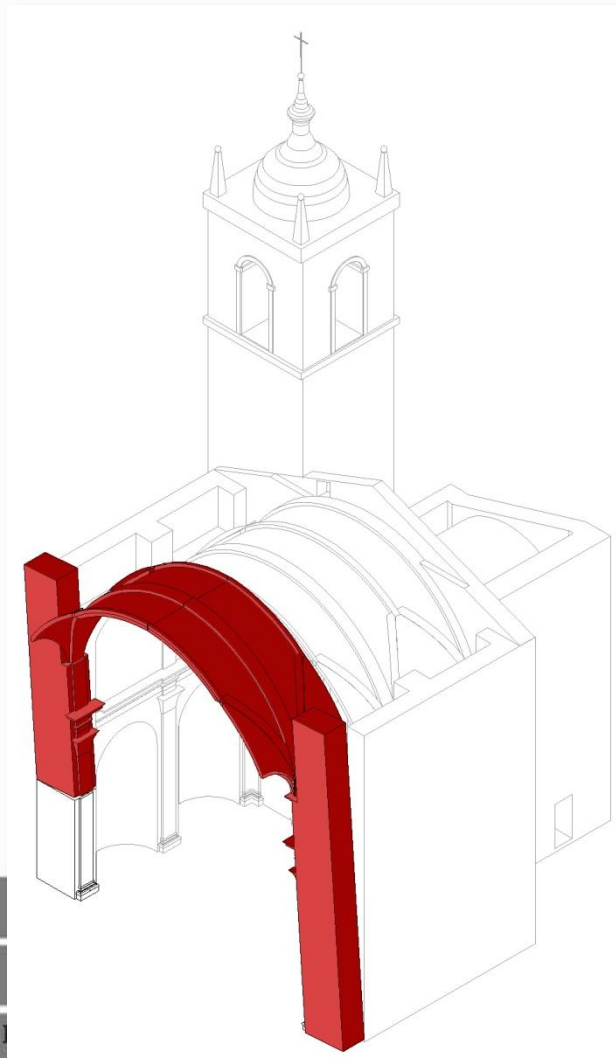
R IQUALIFICARE

Abaco dei meccanismi

- Analisi storico – critica
- Rilievo
- Caratterizzazione meccanica materiali
- Livelli di conoscenza e fattori di confidenza
- Azioni
- Macroelementi**



Cinematismo F:
Rotazione bilaterale concorde
dei piedritti della volta
dell'aula – confinamento
laterale (cerniera a +7,00 m).



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

Intervento di Miglioramento



Valutazione degli interventi



Strumenti

1

Paradigmi del restauro:

- *minimo intervento*
- *compatibilità*
- *reversibilità*
- *riconoscimento*
- *conservazione della materia*
- *impatto visivo*

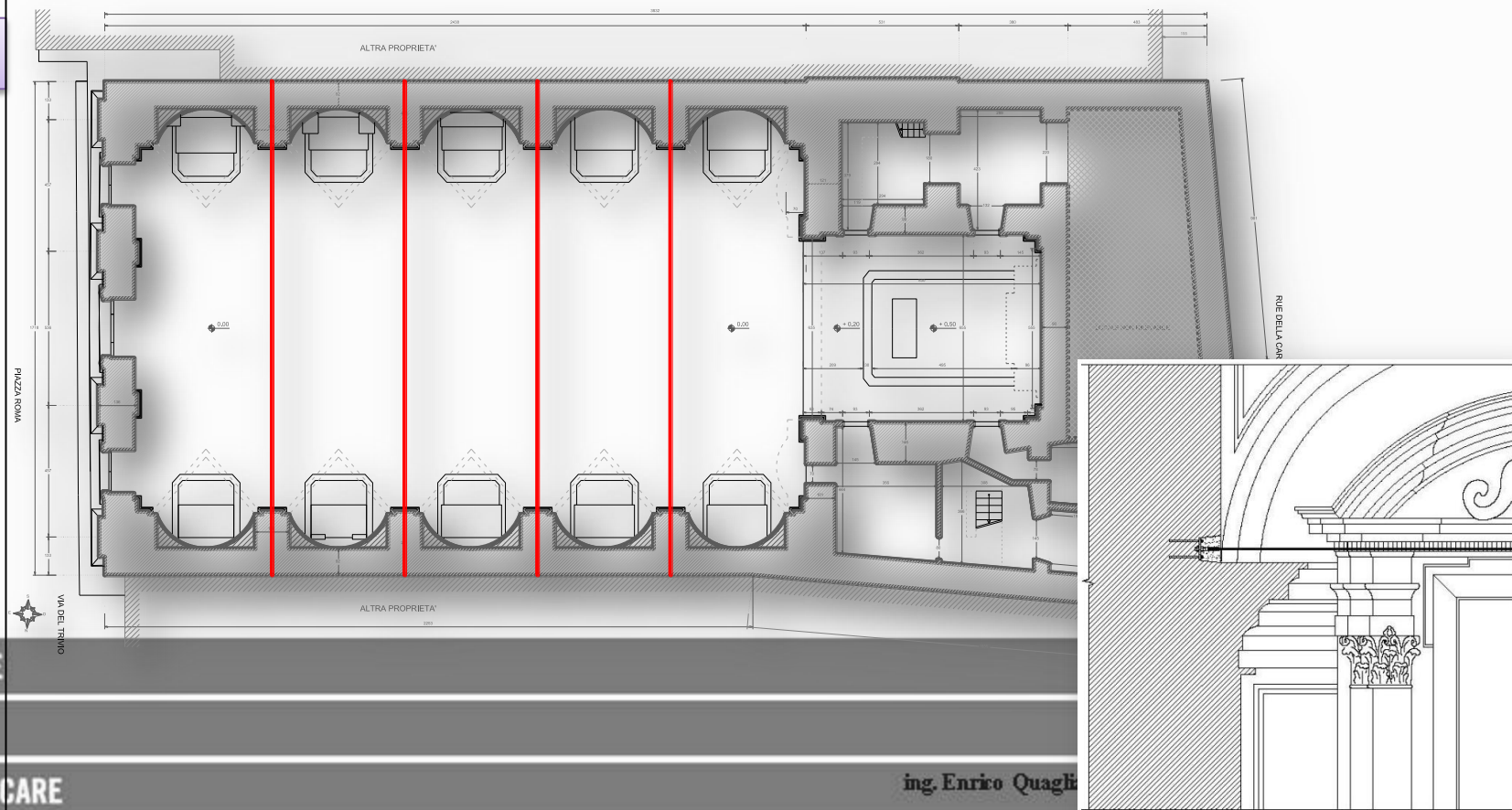
2

**Analisi delle vulnerabilità dei
macroelementi individuati**

Soluzione per la **RIDUZIONE** della **SPINTA STATICA** della **COPERTURA** e della **VOLTA** dell'aula.



Inserimento di catene in acciaio in prossimità di ogni arcone.
Vincolando in sommità i piedritti, si scongiura il 1° meccanismo di collasso attivabile



**Problematica principale costituita dalle
spinte statiche**

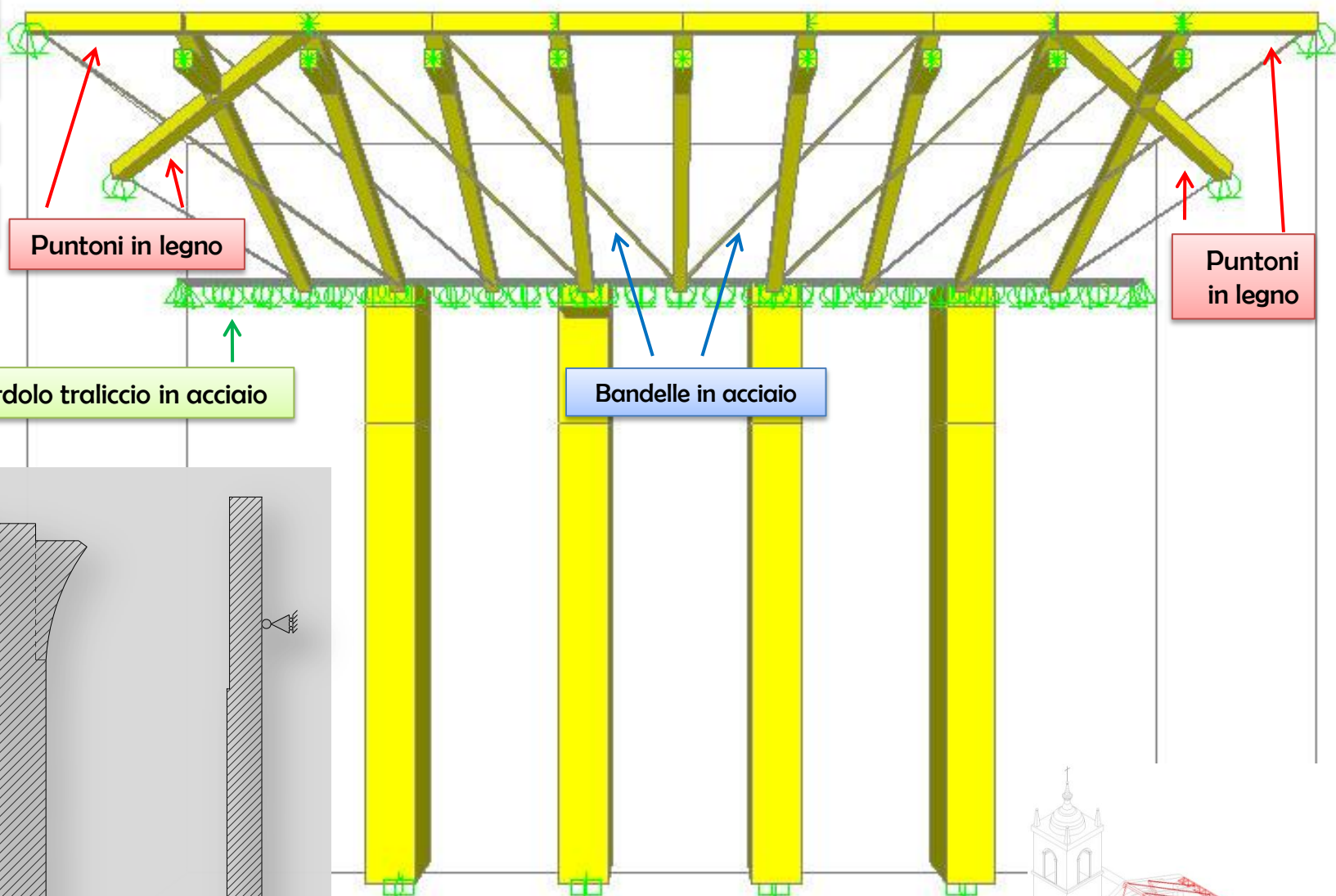


**Ridurre o eliminare al minimo le spinte
statiche derivanti dalle strutture spingenti:
volta in muratura e orditura della copertura**



Intervento
**Realizzazione di una trave reticolare disposta nel
piano di ognuna delle due falde del tetto**

- Analisi storico – critica
- Rilievo
- Macroelementi
- Intervento di Miglioramento

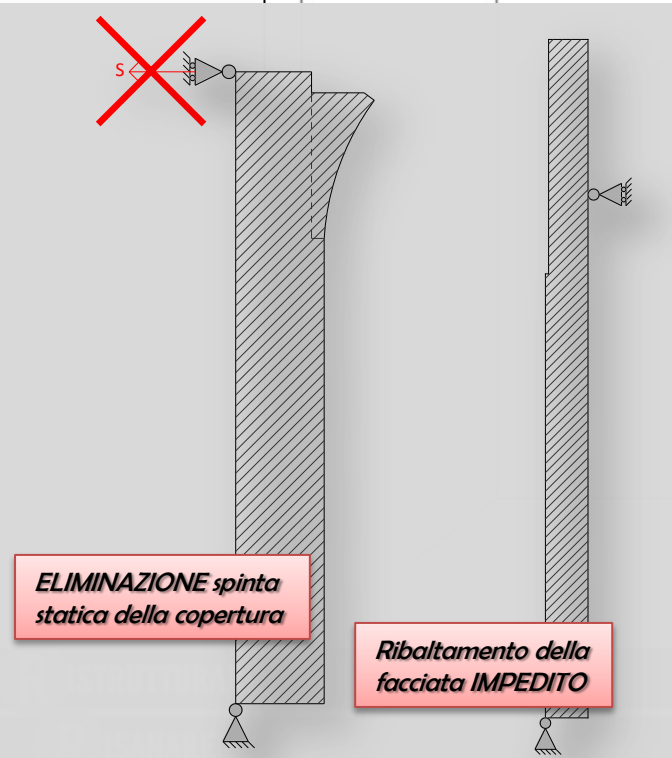


Puntoni in legno

Puntoni in legno

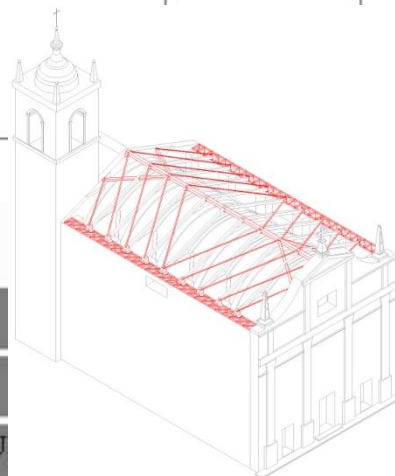
Cordolo traliccio in acciaio

Bandelle in acciaio



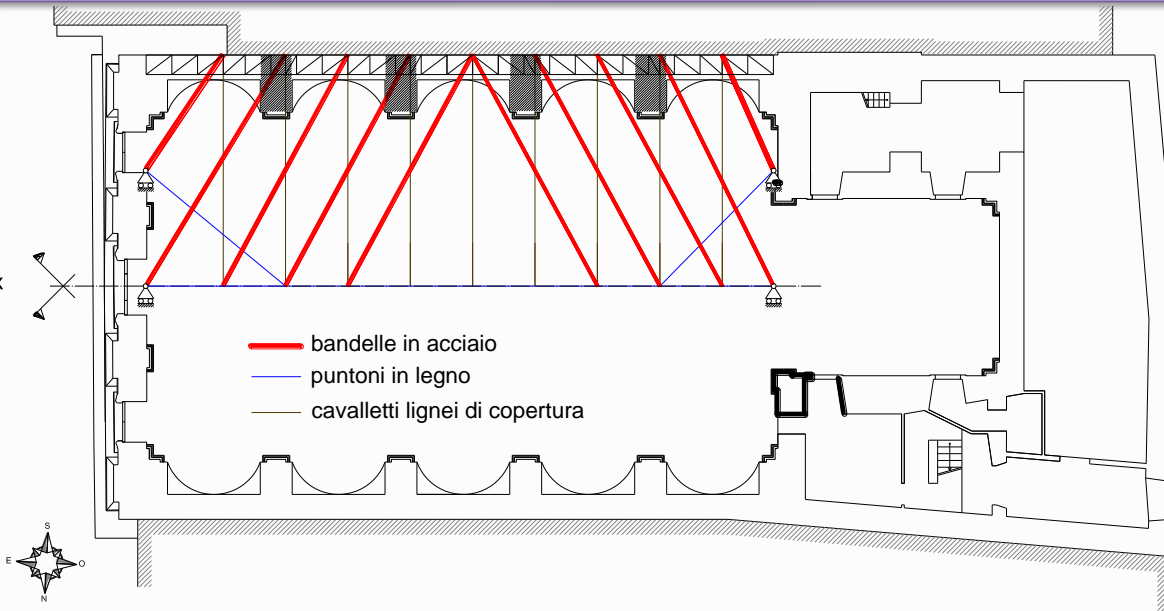
ELIMINAZIONE spinta statica della copertura

Ribaltamento della facciata IMPEDITO



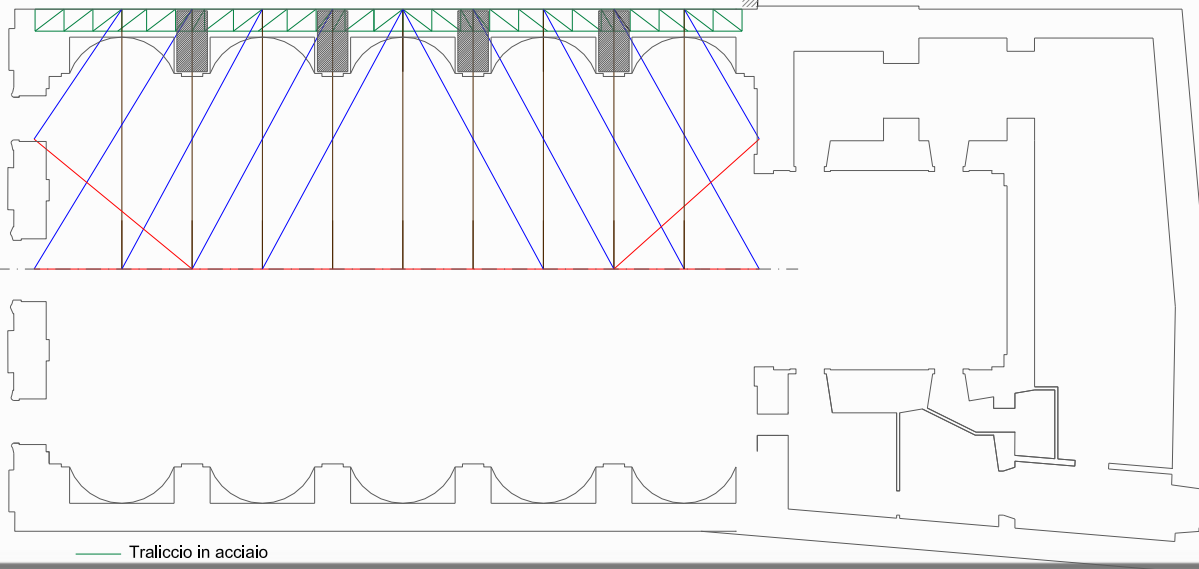
Soluzione per la RIDUZIONE della SPINTA STATICA della COPERTURA e della VOLTA dell'aula

- Analisi storico – critica
- Rilievo
- Caratterizzazione meccanica materiali
- Livelli di conoscenza e fattori di confidenza
- Azioni
- Macroelementi
- Intervento di Miglioramento



Schema finale del modello scelto

Schema finale trave reticolare sul piano delle falde di copertura



Legenda

- Puntoni in legno 33x33 cm
- Bandelle in acciaio
- Cordolo in acciaio realizzato con profili ad L
- Cavalletti di copertura in legno
- Sezione dei piedritti della volta dell'aula

- Traliccio in acciaio
- Bandelle metalliche
- Puntoni in legno
- Cavalletti lignei di copertura

R ISTRUTTURARE

R ISANARE

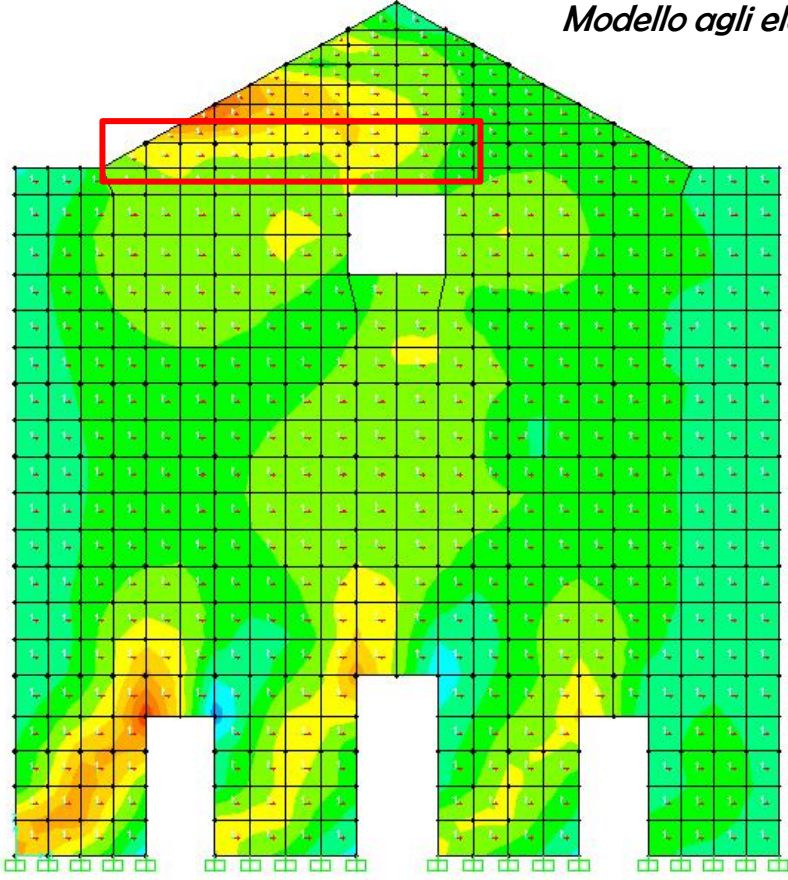
R IQUALIFICARE



Analisi storico – critica
Rilievo
Caratterizzazione meccanica materiali
Livelli di conoscenza e fattori di confidenza
Azioni
Macroelementi
Intervento di Miglioramento

Per verificare gli effetti che le forze scaricate dalla trave reticolare posta sulle falde di copertura potrebbe avere sulla facciata da un punto di vista statico, è stata eseguita un'analisi agli elementi finiti.

Modello agli elementi finiti: tensioni di taglio nel piano della facciata



Porzione di facciata non in grado di contrastare le forze scaricate dalla trave reticolare .



La porzione di muratura potrebbe tendere a scorrere rispetto alla restante facciata sottostante.

Analisi storico – critica
Rilievo
Caratterizzazione meccanica materiali
Livelli di conoscenza e fattori di confidenza
Azioni
Macroelementi
Intervento di Miglioramento

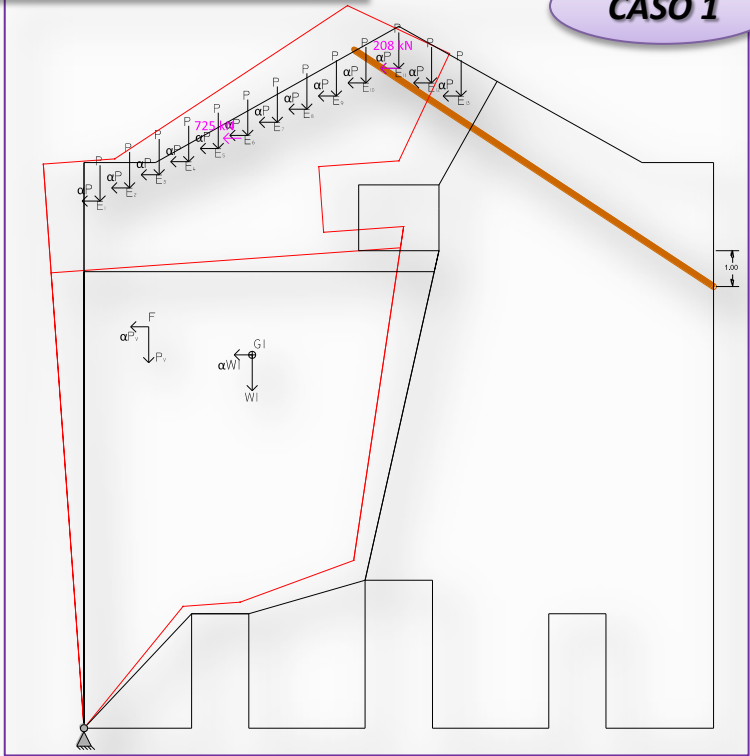
Per valutare l'efficacia dei tiranti inclinati



**Meccanismi di secondo modo:
nel piano della facciata**

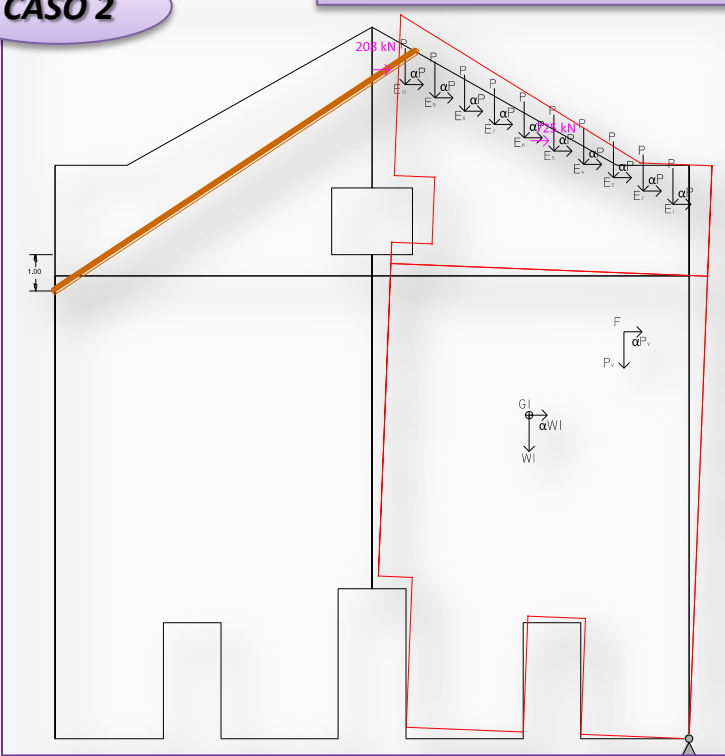
Meccanismo con lesione trasversale su tutta la facciata

CASO 1



CASO 2

Meccanismo con lesione centrale



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

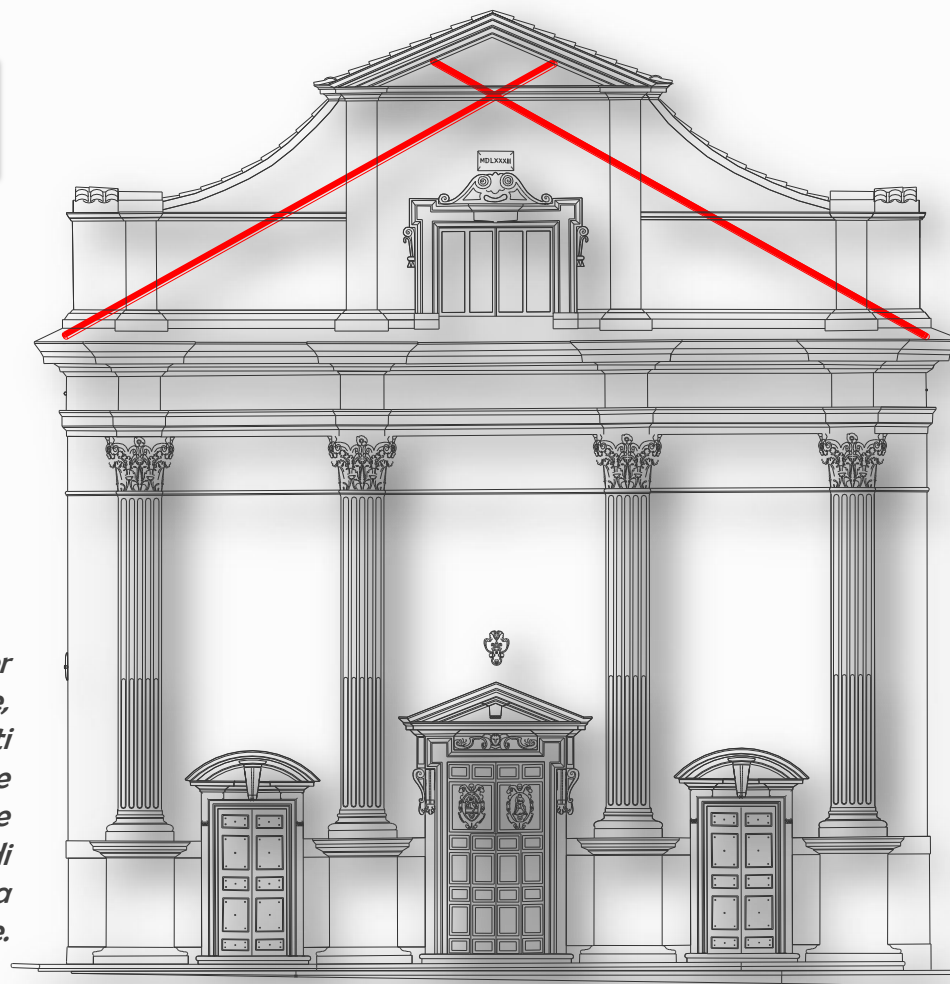


Per scongiurare lo scorrimento della
porzione superiore della facciata



Inserimento di tiranti inclinati

*Il diametro è stato valutato, oltre che per
necessità del soddisfacimento delle verifiche,
anche per ragioni tecnologico – costruttive: infatti
per far funzionare al meglio il sistema e rendere
efficace il tirante, il diametro della barra deve
garantire che non si ecceda con la malta di
riempimento nel preforo, dopo la messa in opera
dello stesso tirante.*



Analisi storico – critica

Rilievo

Caratterizzazione
meccanica materiali

Livelli di conoscenza e
fattori di confidenza

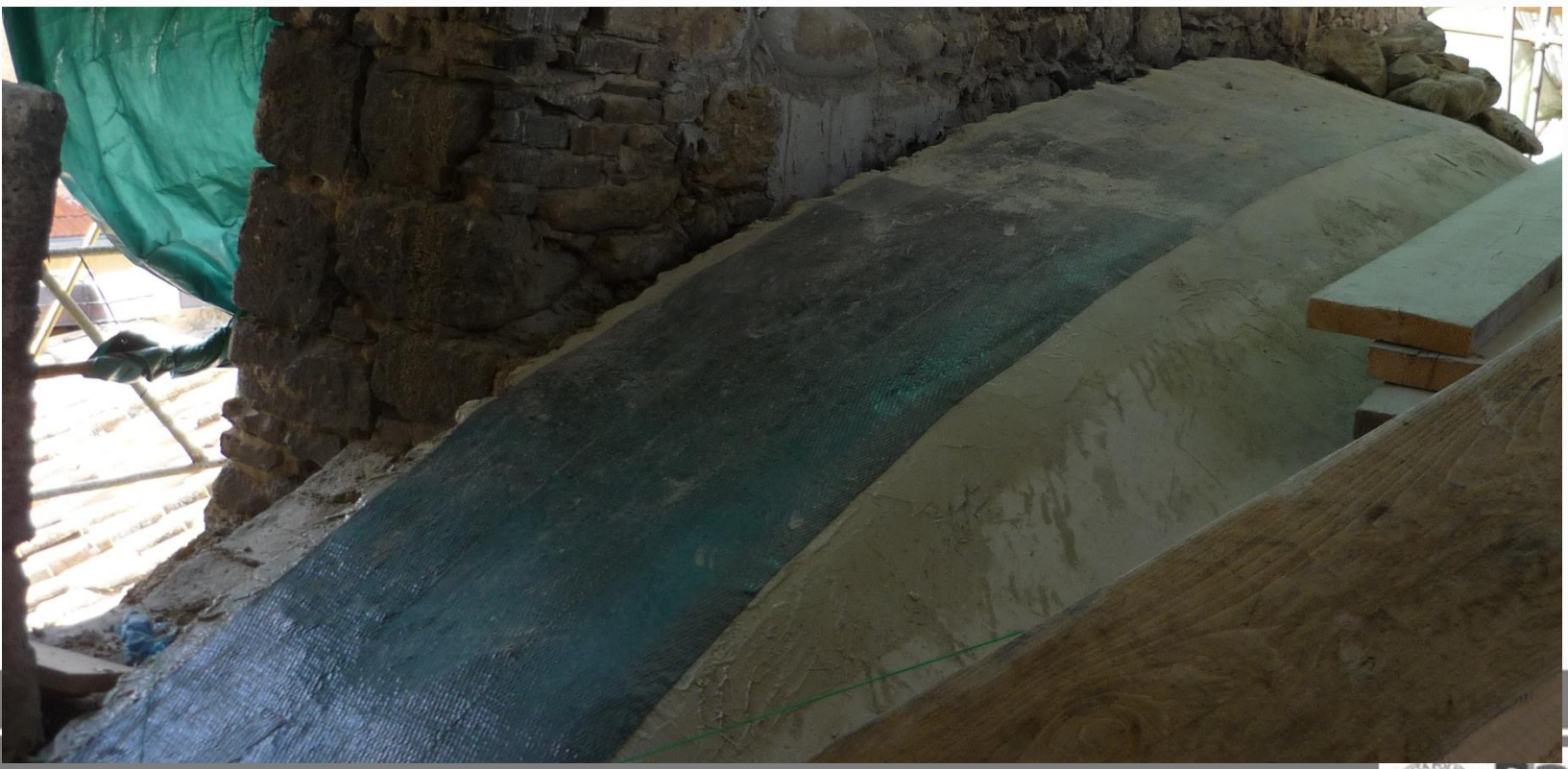
Azioni

Macroelementi

Intervento di
Miglioramento

Consolidamento ESTRADOSSO della VOLTA

*Consolidamento
volta a ridosso
dell'arco trionfale
– fasce estradossali
in FRP sui
costoloni principali*



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE



Analisi storico – critica

Rilievo

Caratterizzazione
meccanica materiali

Livelli di conoscenza e
fattori di confidenza

Azioni

Macroelementi

Intervento di
Miglioramento

Smontaggio COPERTURA

*Lesione longitudinale per inflessione
dell'orditura principale
– Travi sostituite*



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

Analisi storico – critica

Rilievo

Caratterizzazione
meccanica materiali

Livelli di conoscenza e
fattori di confidenza

Azioni

Macroelementi

Intervento di
Miglioramento

Rifacimento COPERTURA



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

Analisi storico – critica

Rilievo

Caratterizzazione
meccanica materiali

Livelli di conoscenza e
fattori di confidenza

Azioni

Macroelementi

Intervento di
Miglioramento

Rifacimento COPERTURA



Nodo originale



Nodo ricostruito

R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE



Analisi storico – critica

Rilievo

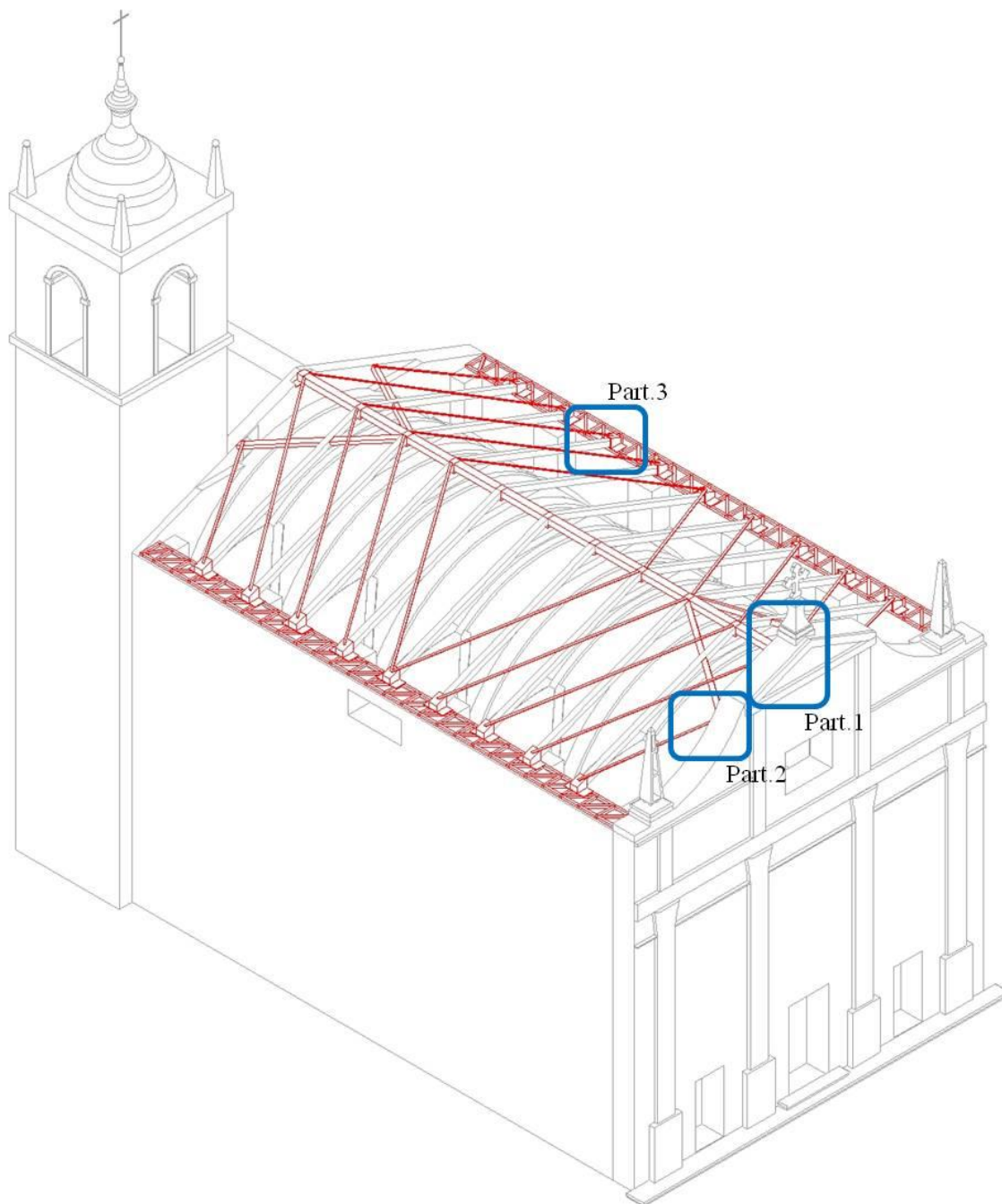
Caratterizzazione
meccanica materiali

Livelli di conoscenza e
fattori di confidenza

Azioni

Macroelementi

Intervento di
Miglioramento



Vista planimetrica della
disposizione della **trave
reticolare** sulle **falde di
copertura** costituita da:

- **puntoni in legno**
- **bandelle metalliche**

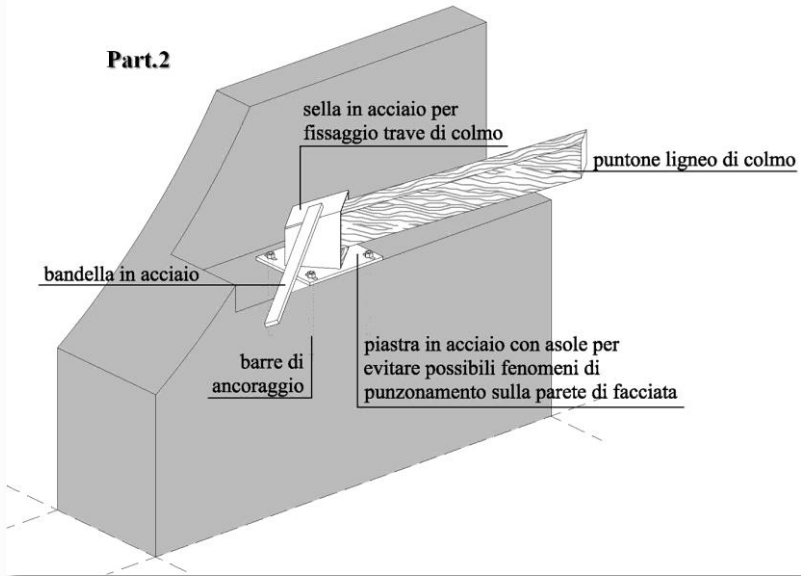
Individuazione dei **nodi**
(A – Part. 2 e B – Part. 1) in
corrispondenza della
facciata principale e della
parete a essa speculare

R ISTRUTTURARE

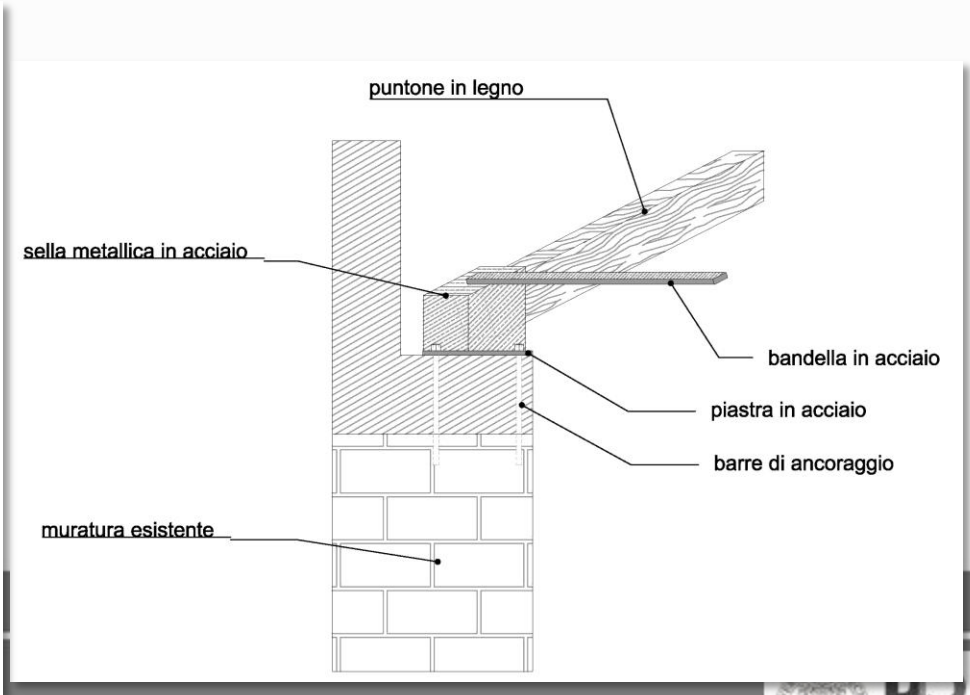
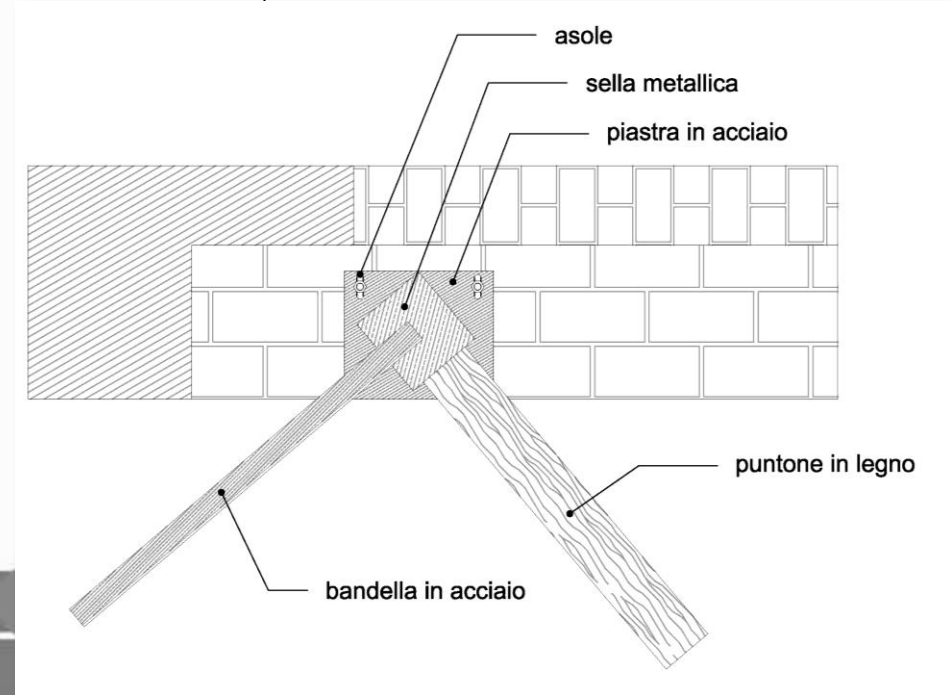
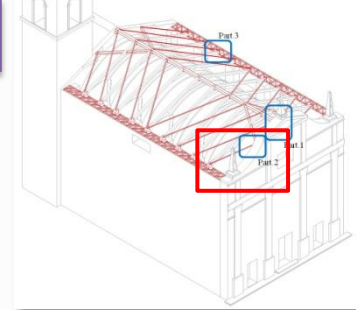
R ISANARE

R IQUALIFICARE

Analisi storico – critica
Rilievo
Caratterizzazione meccanica materiali
Livelli di conoscenza e fattori di confidenza
Azioni
Macroelementi
Intervento di Miglioramento



Nodo A



Analisi storico – critica

Rilievo

Caratterizzazione
meccanica materiali

Livelli di conoscenza e
fattori di confidenza

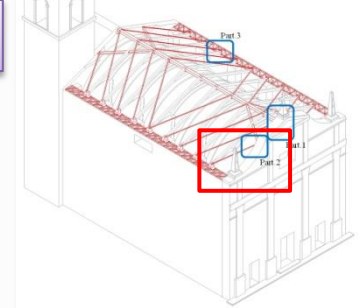
Azioni

Macroelementi

Intervento di
Miglioramento



Nodo A



Asole per la
realizzazione
del carrello



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

Analisi storico – critica

Rilievo

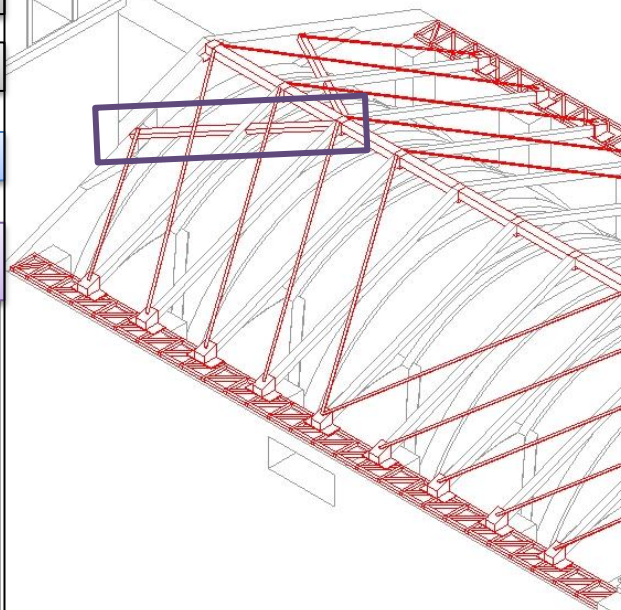
Caratterizzazione
meccanica materiali

Livelli di conoscenza e
fattori di confidenza

Azioni

Macroelementi

Intervento di
Miglioramento



Posa in opera dei **puntoni in legno** della **trave reticolare** sulle falde di copertura



Analisi storico – critica

Rilievo

Caratterizzazione
meccanica materiali

Livelli di conoscenza e
fattori di confidenza

Azioni

Macroelementi

Intervento di
Miglioramento

*Posa in opera dei puntoni in
legno della trave reticolare
sulle falde di copertura*



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

Analisi storico – critica

Rilievo

Caratterizzazione
meccanica materiali

Livelli di conoscenza e
fattori di confidenza

Azioni

Macroelementi

Intervento di
Miglioramento

Posa in opera delle **bandelle
metalliche della trave reticolare** sulle
falde di copertura



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

Analisi storico – critica

Rilievo

Caratterizzazione
meccanica materiali

Livelli di conoscenza e
fattori di confidenza

Azioni

Macroelementi

Intervento di
Miglioramento

Posa in opera delle **bandelle
metalliche della trave reticolare sulle
falde di copertura**



3

Bandelle metalliche

Puntoni in legno



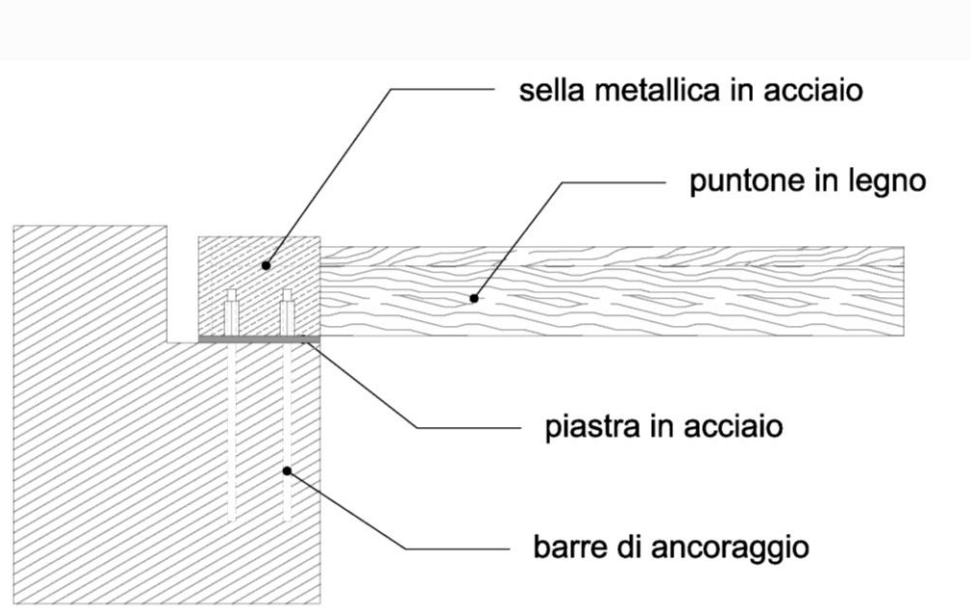
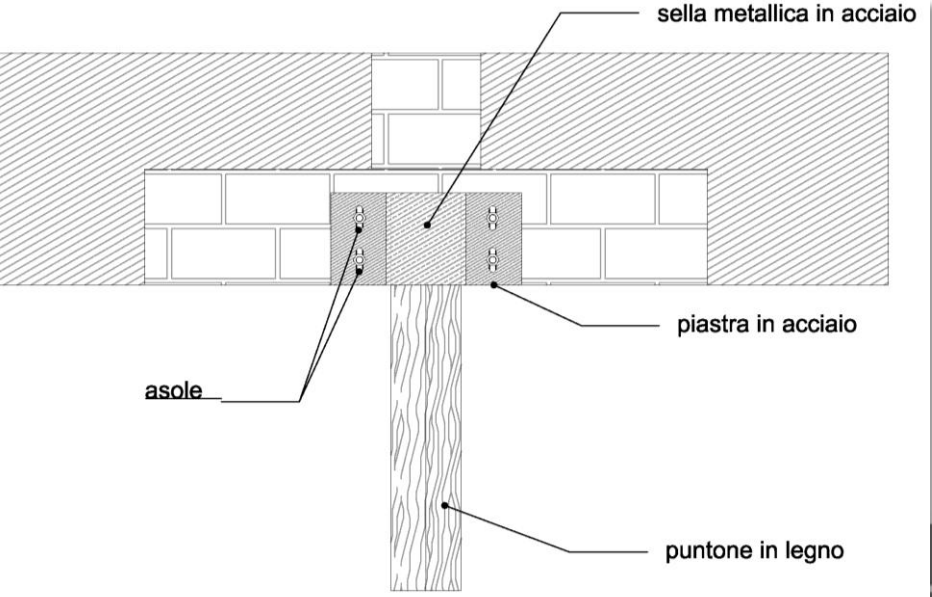
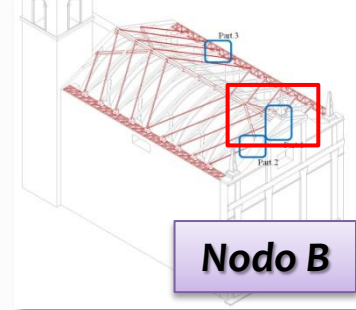
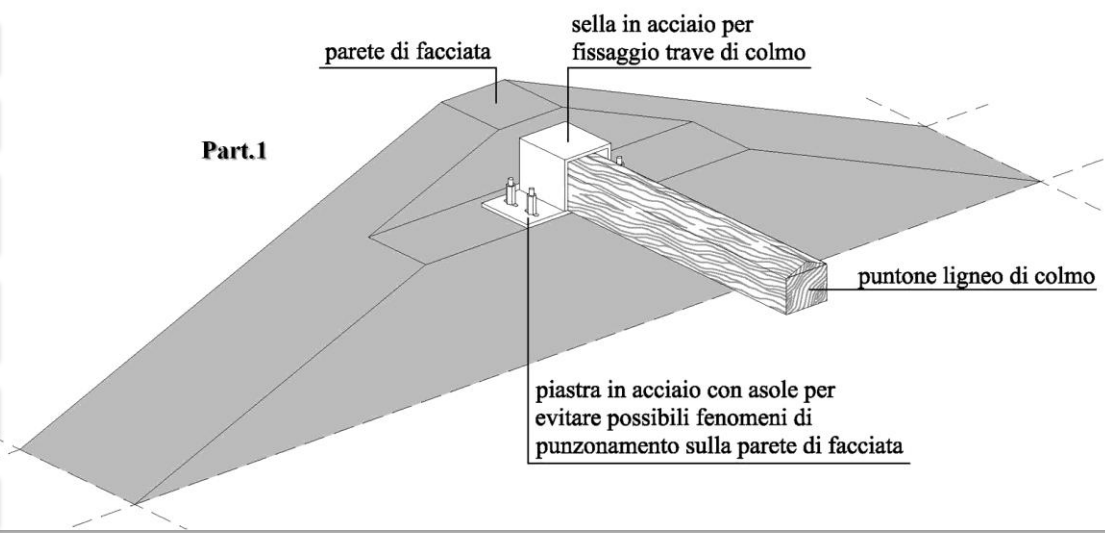
4

R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

Analisi storico – critica
Rilievo
Caratterizzazione meccanica materiali
Livelli di conoscenza e fattori di confidenza
Azioni
Macroelementi
Intervento di Miglioramento



Analisi storico – critica

Rilievo

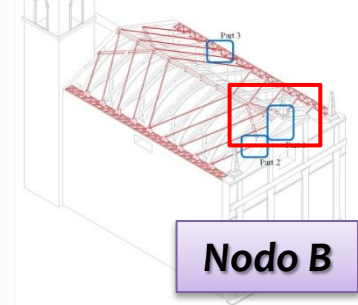
Caratterizzazione
meccanica materiali

Livelli di conoscenza e
fattori di confidenza

Azioni

Macroelementi

Intervento di
Miglioramento



Nodo B

R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

Analisi storico – critica

Rilievo

Caratterizzazione
meccanica materiali

Livelli di conoscenza e
fattori di confidenza

Azioni

Macroelementi

Intervento di
Miglioramento

Intervento sull'ARCO TRIONFALE



Prima



Dopo

Intervento "Scuci e cuci"

R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

Analisi storico – critica

Rilievo

Caratterizzazione
meccanica materiali

Livelli di conoscenza e
fattori di confidenza

Azioni

Macroelementi

Intervento di
Miglioramento

Intervento sull'ARCO TRIONFALE



Intervento "Scuci e cuci"

R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

Analisi storico – critica

Rilievo

Caratterizzazione
meccanica materiali

Livelli di conoscenza e
fattori di confidenza

Azioni

Macroelementi

Intervento di
Miglioramento

Consolidamento dell'ARCO TRIONFALE

*Cuciture armate –
– Chiodature mediante barre in acciaio inox, disposte
radialmente ai conci, fissate con resina epossidica*



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

Analisi storico – critica

Rilievo

Caratterizzazione
meccanica materiali

Livelli di conoscenza e
fattori di confidenza

Azioni

Macroelementi

Intervento di
Miglioramento

Consolidamento dell'ARCO TRIONFALE

Cuciture armate –

– Chiodature mediante barre in acciaio inox, disposte radialmente ai conci, fissate con resina epossidica



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

Analisi storico – critica

Rilievo

Caratterizzazione
meccanica materiali

Livelli di conoscenza e
fattori di confidenza

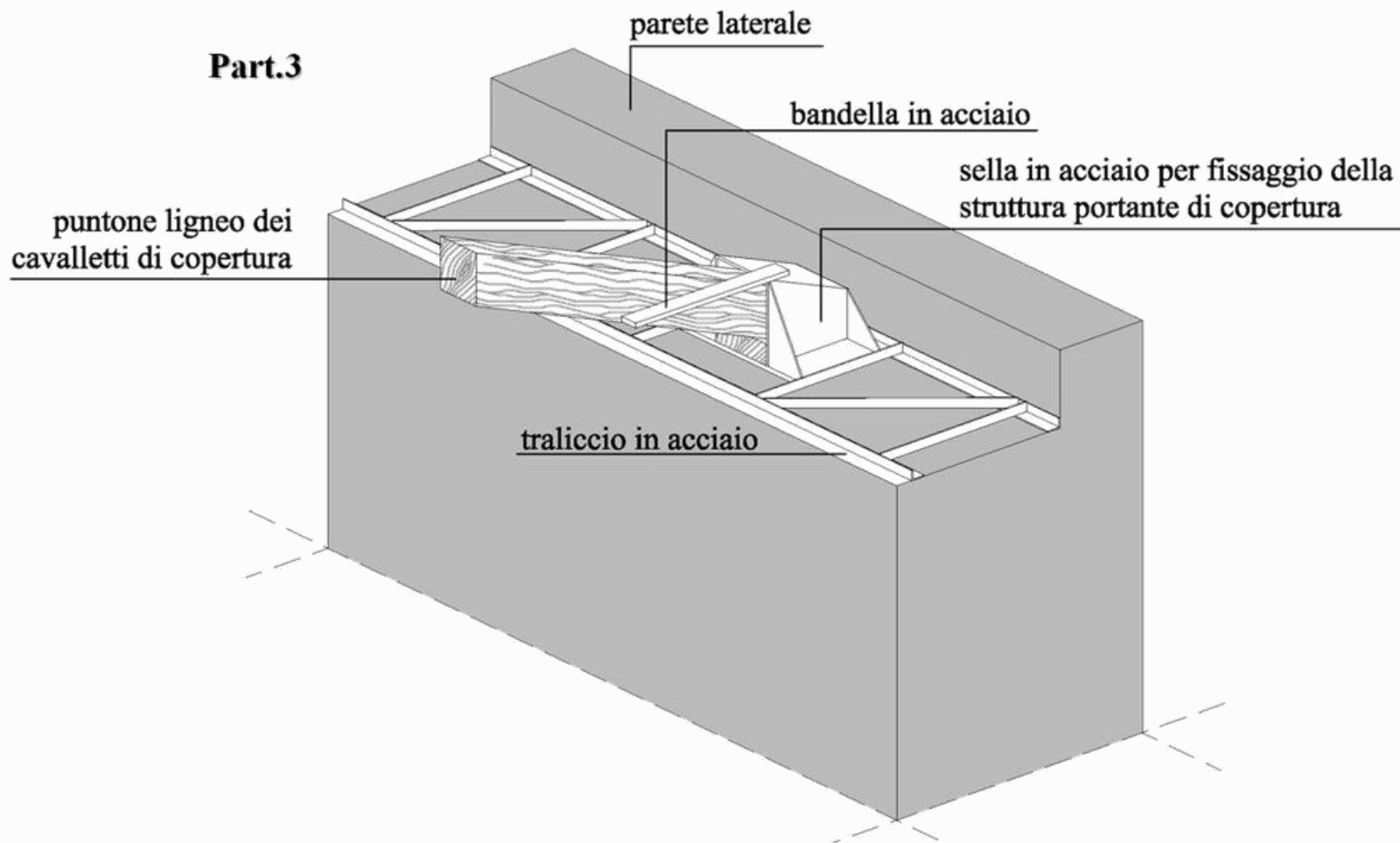
Azioni

Macroelementi

Intervento di
Miglioramento

Intervento in COPERTURA

Part.3



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

Analisi storico – critica

Rilievo

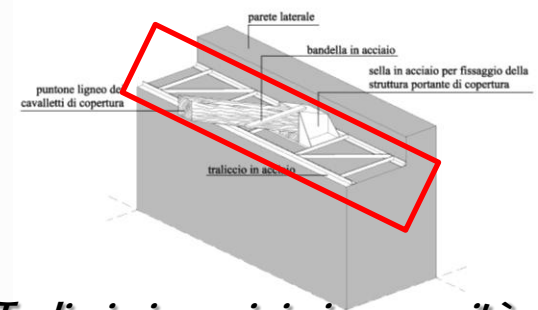
Caratterizzazione meccanica materiali

Livelli di conoscenza e fattori di confidenza

Azioni

Macroelementi

Intervento di Miglioramento



Traliccio in acciaio in sommità alla muratura



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE



Analisi storico – critica

Rilievo

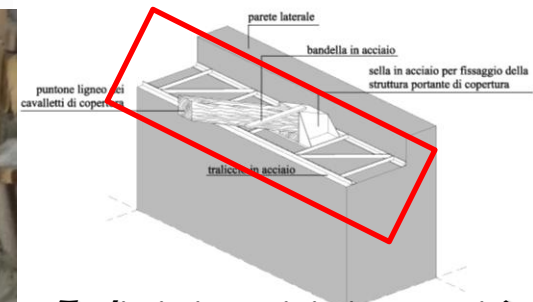
Caratterizzazione
meccanica materiali

Livelli di conoscenza e
fattori di confidenza

Azioni

Macroelementi

Intervento di
Miglioramento



***Traliccio in acciaio in sommità
alla muratura***

***Il traliccio è stato poi fissato
con capochiave in acciaio
inox alla facciata principale***



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

Analisi storico – critica

Rilievo

Caratterizzazione meccanica materiali

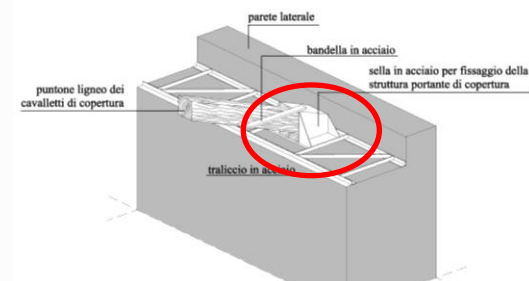
Livelli di conoscenza e fattori di confidenza

Azioni

Macroelementi

Intervento di Miglioramento

Tasca in acciaio per l'orditura principale di copertura



Nodo originario

R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE



Analisi storico – critica

Rilievo

Caratterizzazione
meccanica materiali

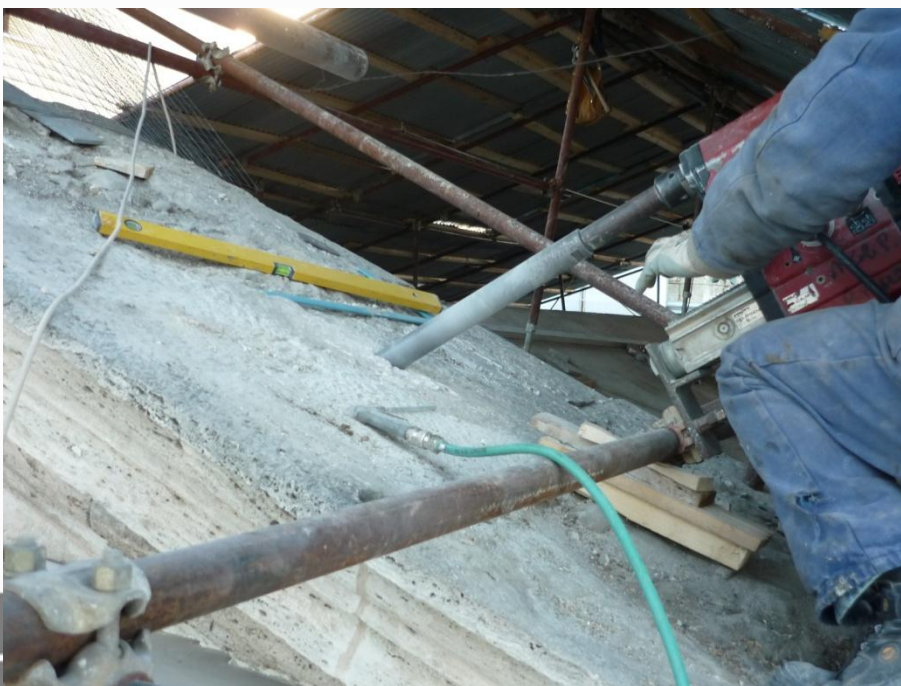
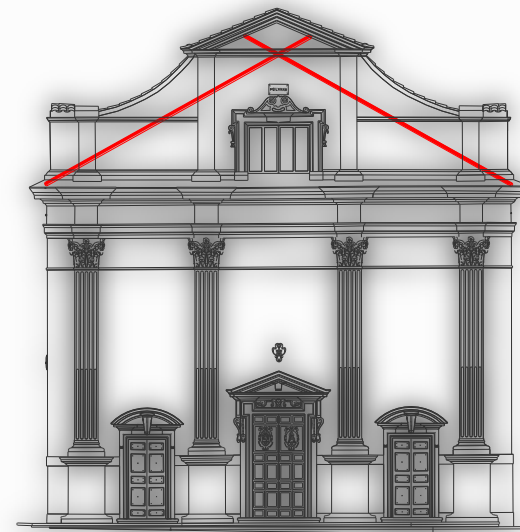
Livelli di conoscenza e
fattori di confidenza

Azioni

Macroelementi

Intervento di
Miglioramento

Inserimento tiranti inclinati nella facciata principale



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

Analisi storico – critica
Rilievo
Caratterizzazione meccanica materiali
Livelli di conoscenza e fattori di confidenza
Azioni
Macroelementi
Intervento di Miglioramento

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

**SI RINGRAZIA L'ING. SARA VALLUCCI
DOTTORANDA DI RICERCA PRESSO IL
DICEA DELL'UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
PER LA PREZIOSA COLLABORAZIONE NELLA STESURA DELLA PRESENTAZIONE**

R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE