

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) |
|---|--|---|--|
| numero altari: <u>5</u> <input checked="" type="checkbox"/> paraste <input type="checkbox"/> colonne <input type="checkbox"/> contrafforti esterni 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 dimens. base: _____ x _____ altezza: _____ collegamento tra navate: <input type="checkbox"/> arco <input type="checkbox"/> architrave catene longitudinali: <input type="checkbox"/> 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 dimens. base: _____ x _____ altezza: _____ collegamento tra navate: <input type="checkbox"/> arco <input type="checkbox"/> architrave catene longitudinali: <input type="checkbox"/> 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"/> volta a vela <input type="checkbox"/> cupola <input type="checkbox"/> cassetteoni quota imposta volta: _____ catene: <input type="checkbox"/> |
| Copertura: <input type="checkbox"/> lignea spingente <input type="checkbox"/> lignea non spingente <input type="checkbox"/> capriate lignee <input type="checkbox"/> c.a. o metallica cordoli: <input type="checkbox"/> continui di falda: <input type="checkbox"/> | Presbiterio: <input checked="" type="checkbox"/> dimensioni: <u>6,30</u> x <u>8,40</u> volte: <input type="checkbox"/> volta leggera <input checked="" type="checkbox"/> volta strutturale <input type="checkbox"/> cupole o vele catene: <input type="checkbox"/> | Transetto: <input type="checkbox"/> numero navate: _____ dimensioni: _____ x _____ volte: <input type="checkbox"/> volta leggera <input type="checkbox"/> volta strutturale <input type="checkbox"/> catino catene: <input type="checkbox"/> | Cappelle: <u>10</u> (num.) dimensioni: <u>3,50</u> x <u>0,95</u> <input checked="" type="checkbox"/> volta leggera <input type="checkbox"/> volta strutturale <input type="checkbox"/> cupole o vele catene: <input type="checkbox"/> |
| Abside: <input type="checkbox"/> dimensioni: _____ x _____ presenza del coro: <input type="checkbox"/> forma: <input type="checkbox"/> rettangolare <input type="checkbox"/> poligonale <input type="checkbox"/> semicircolare volte o controsoffitto: <input type="checkbox"/> volta leggera <input type="checkbox"/> volta a vela <input type="checkbox"/> volta a botte <input type="checkbox"/> volta a crociera <input type="checkbox"/> catino <input type="checkbox"/> altro catene: <input type="checkbox"/> numero aperture: _____ | Campanili: <u>1</u> (num.) altezza: <u>18,00</u> base (dim.): <u>3,00</u> x <u>3,00</u> forma: <input checked="" type="checkbox"/> quadrata o rettangolare <input type="checkbox"/> poligonale <input type="checkbox"/> circolare <input type="checkbox"/> a vela posizione: <u>S</u> (D/S, A/P) <input checked="" type="checkbox"/> inserito in pianta <input checked="" type="checkbox"/> esterno - muro comune <input type="checkbox"/> esterno adiacente <input type="checkbox"/> isolato num. celle campanarie: <u>1</u> aperture su ogni lato: <u>1</u> catene o cerchiatura: <input checked="" type="checkbox"/> | Cupola: <input type="checkbox"/> diametro: _____ forma: <input type="checkbox"/> base circolare <input type="checkbox"/> base poligonale lanterna: <input type="checkbox"/> tamburo: <input type="checkbox"/> num. aperture: _____ cerchiatura: _____ | Sacrestia/altro: <input checked="" type="checkbox"/> posizione: <u>S</u> (D/S, A/P) connessione: <input checked="" type="checkbox"/> adiacente <input type="checkbox"/> incastriata <input type="checkbox"/> ammassata |

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: _____

Sezione I. DATI TIPOLOGICI E DIMENSIONALI

| Pianta | 1° navata laterale | 2° navata laterale | pianta centrale |
|--|--|--|---|
| navata centrale largh. <u>6,34</u> x largh. <u>13,00</u> altezza massima <u>14,00</u> n° colonne: _____ <input checked="" type="checkbox"/> paraste <input type="checkbox"/> contrafforti esterni volte: <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: _____ catene longitudinali: _____ | 1° navata laterale largh. _____ x largh. _____ altezza massima _____ n° colonne: _____ <input type="checkbox"/> paraste <input type="checkbox"/> contrafforti esterni volte: <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: _____ catene longitudinali: _____ | 2° navata laterale largh. _____ x largh. _____ altezza massima _____ n° colonne: _____ <input type="checkbox"/> paraste <input type="checkbox"/> contrafforti esterni volte: <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: _____ catene longitudinali: _____ | pianta centrale largh. _____ x largh. _____ altezza massima _____ n° colonne: _____ <input type="checkbox"/> paraste <input type="checkbox"/> contrafforti esterni volte: <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: _____ catene longitudinali: _____ |
| Copertura: <input type="checkbox"/> lignea spingente <input type="checkbox"/> lignea non spingente <input type="checkbox"/> capriate lignee <input type="checkbox"/> c.a. o metallica cordoli: <input type="checkbox"/> continui di falda: <input type="checkbox"/> | Presbiterio: <input checked="" type="checkbox"/> dimensioni: <u>6,30</u> x <u>8,40</u> volte: <input type="checkbox"/> volta leggera <input checked="" type="checkbox"/> volta strutturale <input type="checkbox"/> cupole o vele catene: <input type="checkbox"/> | Transetto: <input type="checkbox"/> numero navate: _____ dimensioni: _____ x _____ volte: <input type="checkbox"/> volta leggera <input type="checkbox"/> volta strutturale <input type="checkbox"/> catino catene: <input type="checkbox"/> | Cappelle: <u>10</u> (num.) dimensioni: <u>3,50</u> x <u>0,95</u> <input checked="" type="checkbox"/> volta leggera <input type="checkbox"/> volta strutturale <input type="checkbox"/> cupole o vele 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-TERREMOTI 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 Caratteristiche del sito: in piano in pendio su rilievo su riporto avvallamenti: Sezione I. DATI TIPOLOGICI E DIMENSIONALI 1551

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 Inagibile o Temporalmente inagibile - Da diventare Agibile con provvedimenti: Parzialmente inagibile: PER L'INAGIBILITA' IL DISEGNERE PER CASOIA CALERA

2009 - Immobile PARZIALMENTE INAGIBILE

I DANNI ADDOTI AL SISMA 1997 SONO QUASI TOTALMENTE CONTINUI ALL'INTERNO E FRONTALI DI FACCIATA. IN PARTICOLARE SI EVIDENZIA UNA LESIONE ISOLATA CONTINUA IN CUNA ALLA VOLTA A BATE NELLE ABSIDE.

Presenza di dissesti pregressi non sufficientemente riparati



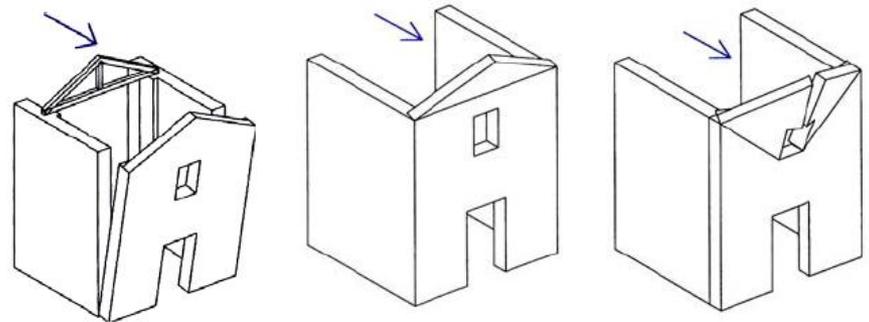
Accentuati dagli eventi sismici del 1997 (umbro marchigiano) e del 2009 (L'Aquila)

Forma: rettangolare, poligonale, semicircolare, etc. Copertura: lignea spingente, lignea non spingente, capriate lignee, etc. Abside: dimensioni, presenza del coro, forma: quadrata o rettangolare, poligonale, circolare, etc. Campanili: dimensioni, base (dim.), forma: quadrata o rettangolare, poligonale, circolare, etc. Cattedre: dimensioni, base (dim.), forma: rettangolare, poligonale, etc. Cappelle: dimensioni, base (dim.), forma: rettangolare, poligonale, etc.

Forma: rettangolare, poligonale, semicircolare, etc. Copertura: lignea spingente, lignea non spingente, capriate lignee, etc. Abside: dimensioni, presenza del coro, forma: quadrata o rettangolare, poligonale, circolare, etc. Campanili: dimensioni, base (dim.), forma: quadrata o rettangolare, poligonale, circolare, etc. Cattedre: dimensioni, base (dim.), forma: rettangolare, poligonale, etc. Cappelle: dimensioni, base (dim.), forma: rettangolare, poligonale, etc.



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 ($B/H \cong 0,14$)

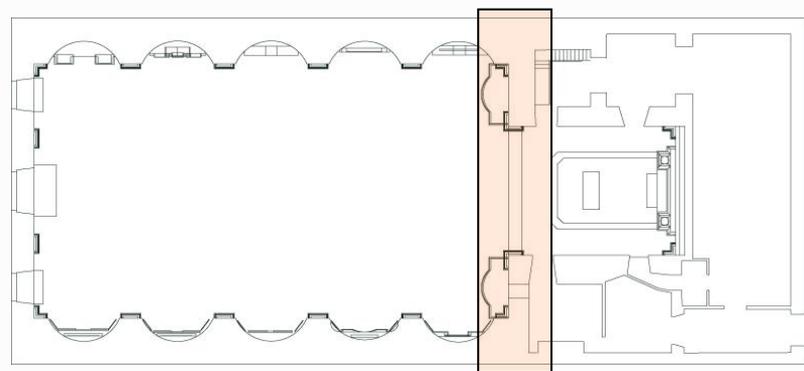
- Copertura spingente: puntoni lignei degradati e gravanti puntualmente sulle costolature della volta

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

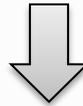


MINIMO INTERVENTO

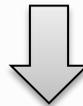
intervento strettamente necessario e sufficiente a raggiungere lo scopo, ovvero, mirato e motivato: una precisa risposta terapeutica e il risultato di un percorso a fronte di una precisa diagnosi di carenza o di vulnerabilità e non una previsione indifferenziata, non mirata e generica

PERCORSO DI CONOSCENZA

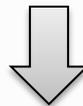
- RILIEVO GEOMETRICO e TECNOLOGICO-COSTRUTTIVO
- RILIEVO QUADRO FESSURATIVO, DEFORMATIVO e del DEGRADO
 - ANALISI delle VULNERABILITÀ
 - RICERCA STORICA/ANALISI STORICO-CRITICA



DIAGNOSI

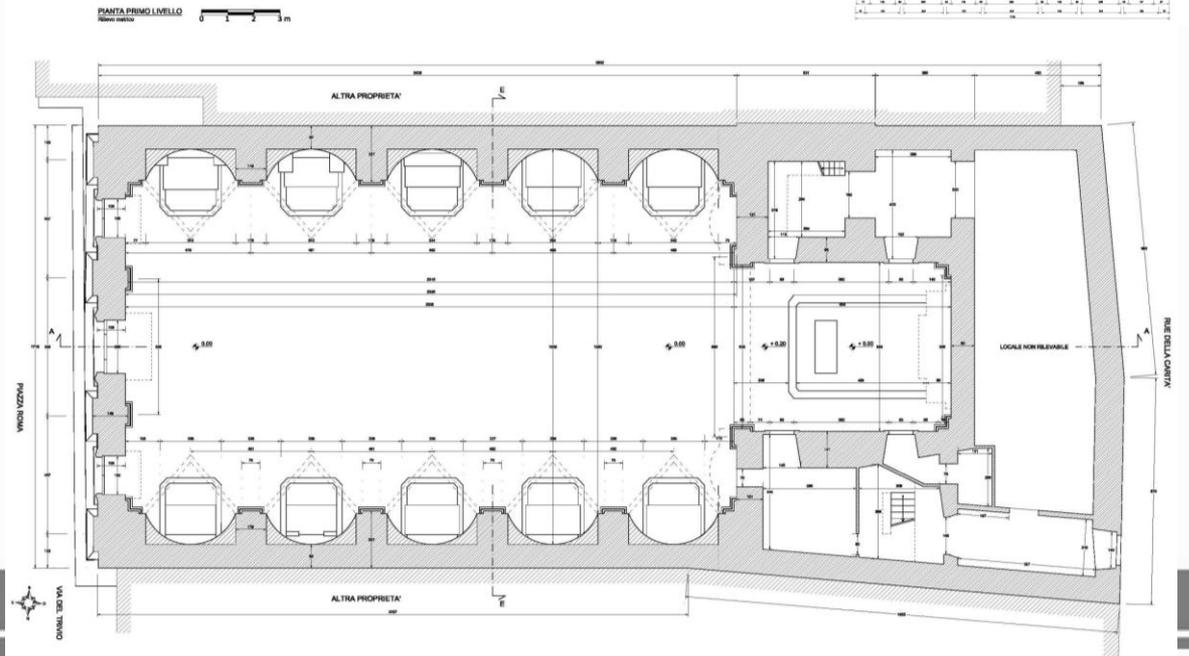
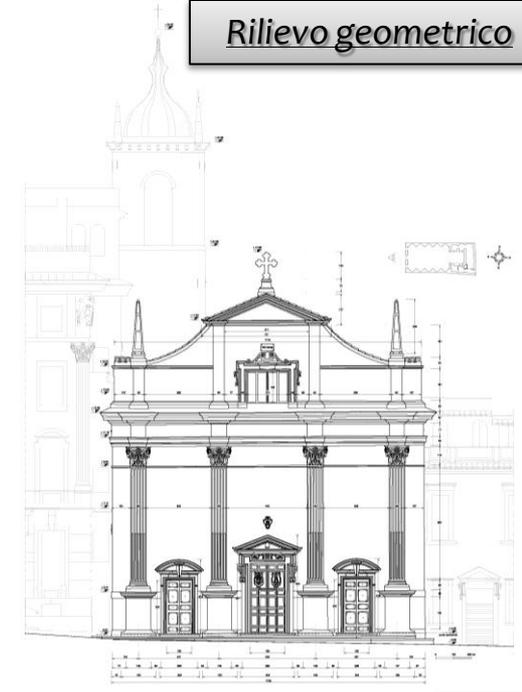
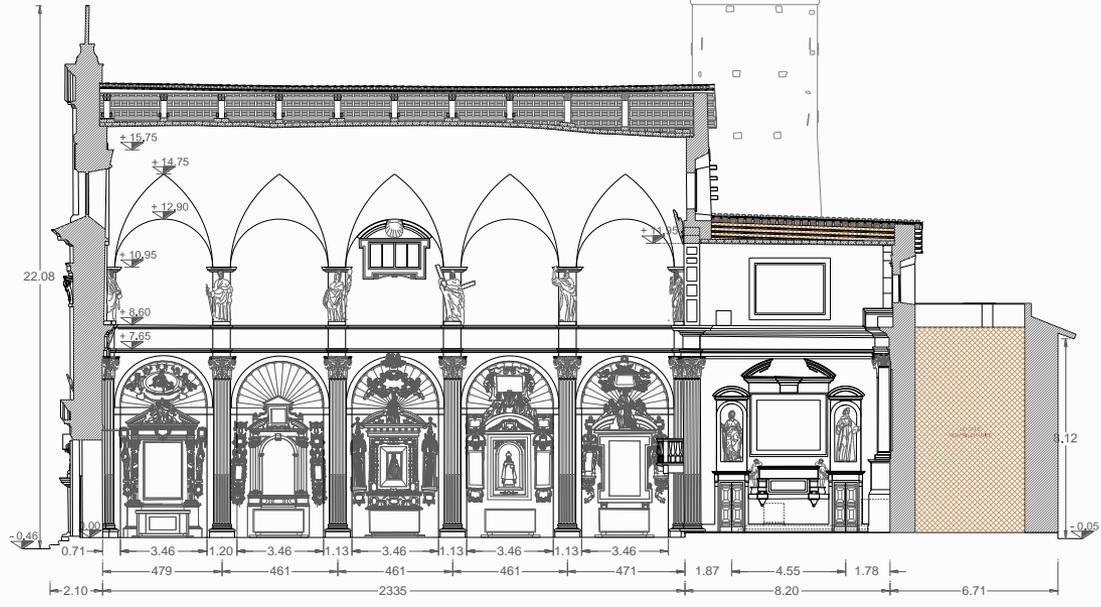


MODELLAZIONE STRUTTURALE



INTERVENTO

Rilievo geometrico



R
R ISANARE
R IQUALIFICARE





R ISTRUTTORARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

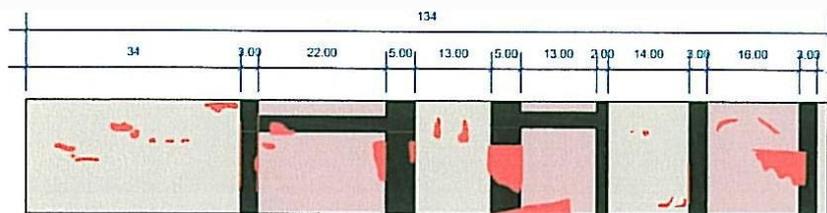
Rilievo

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

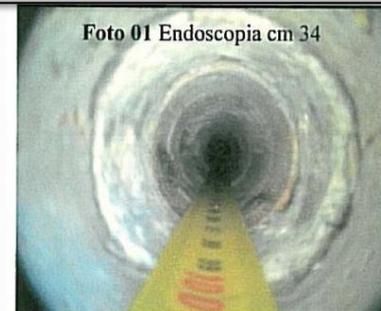


Foto 01 Endoscopia cm 34



Foto 02 Endoscopia cm 50



Foto 03 Endoscopia cm 80



Foto 04 Endoscopia cm 124

R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE



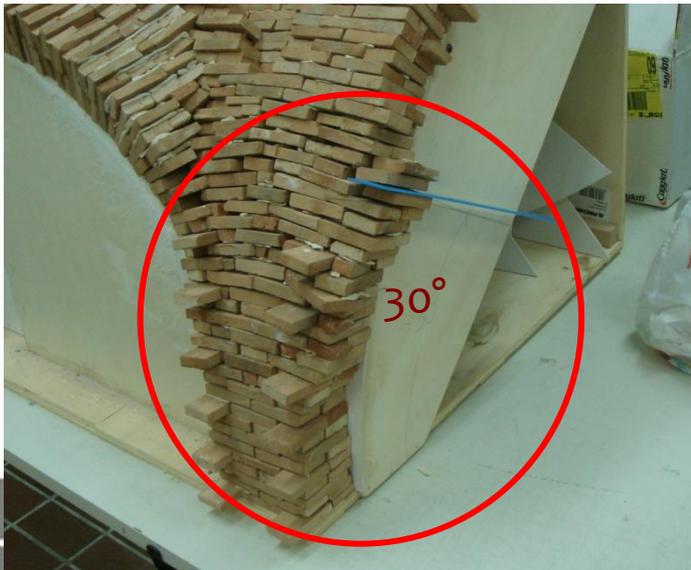
Tessitura muraria della volta *– Il modellino in scala 1:5 –*



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

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

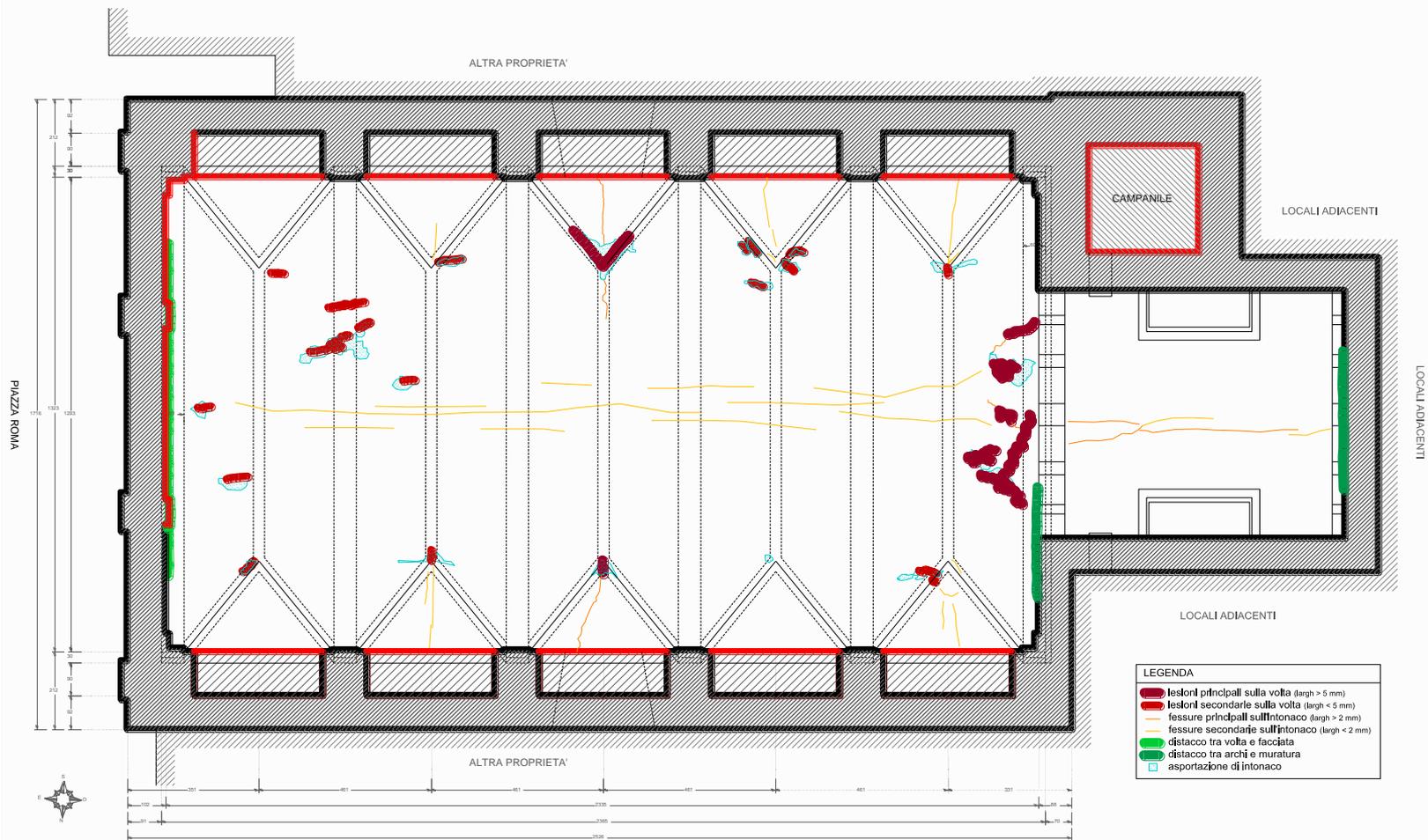




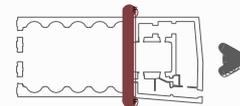
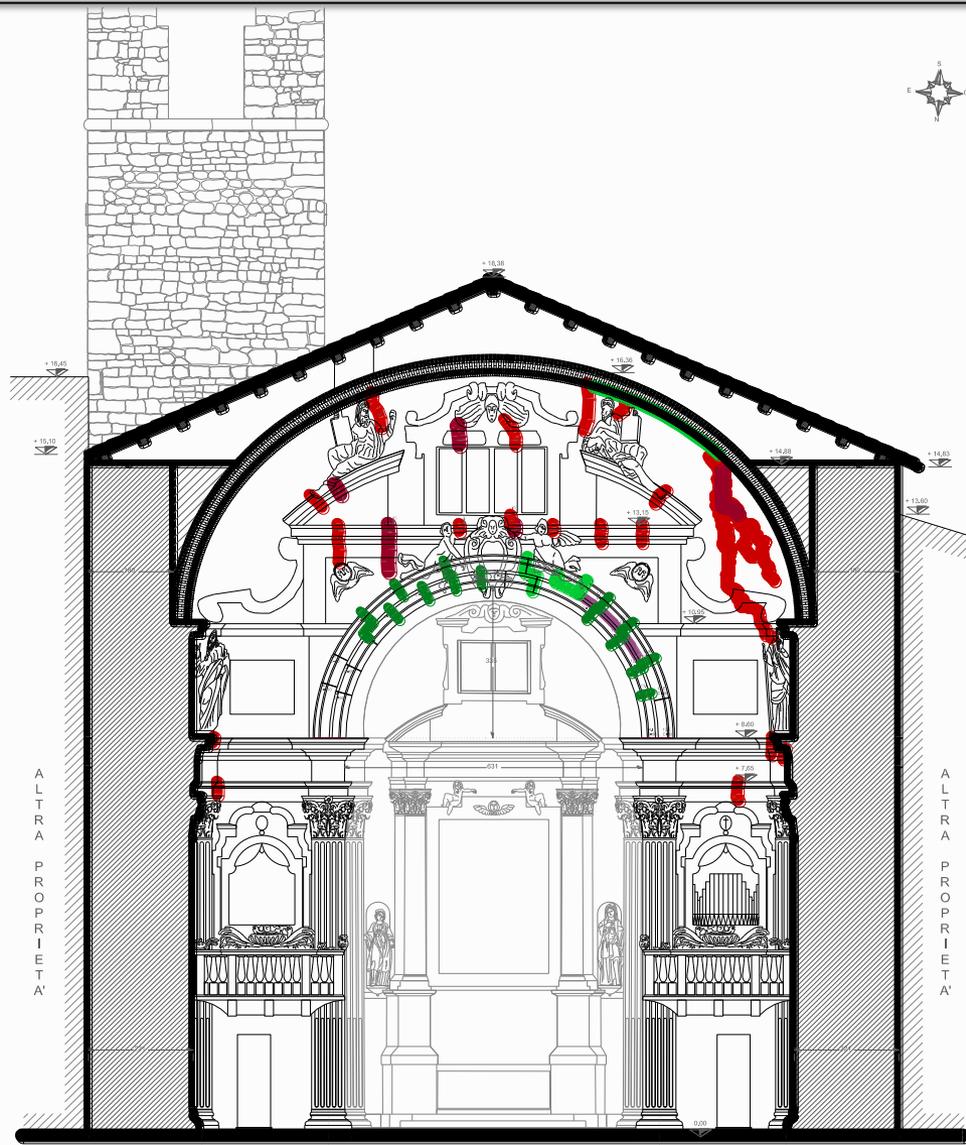
RISULTATI

▪ **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'

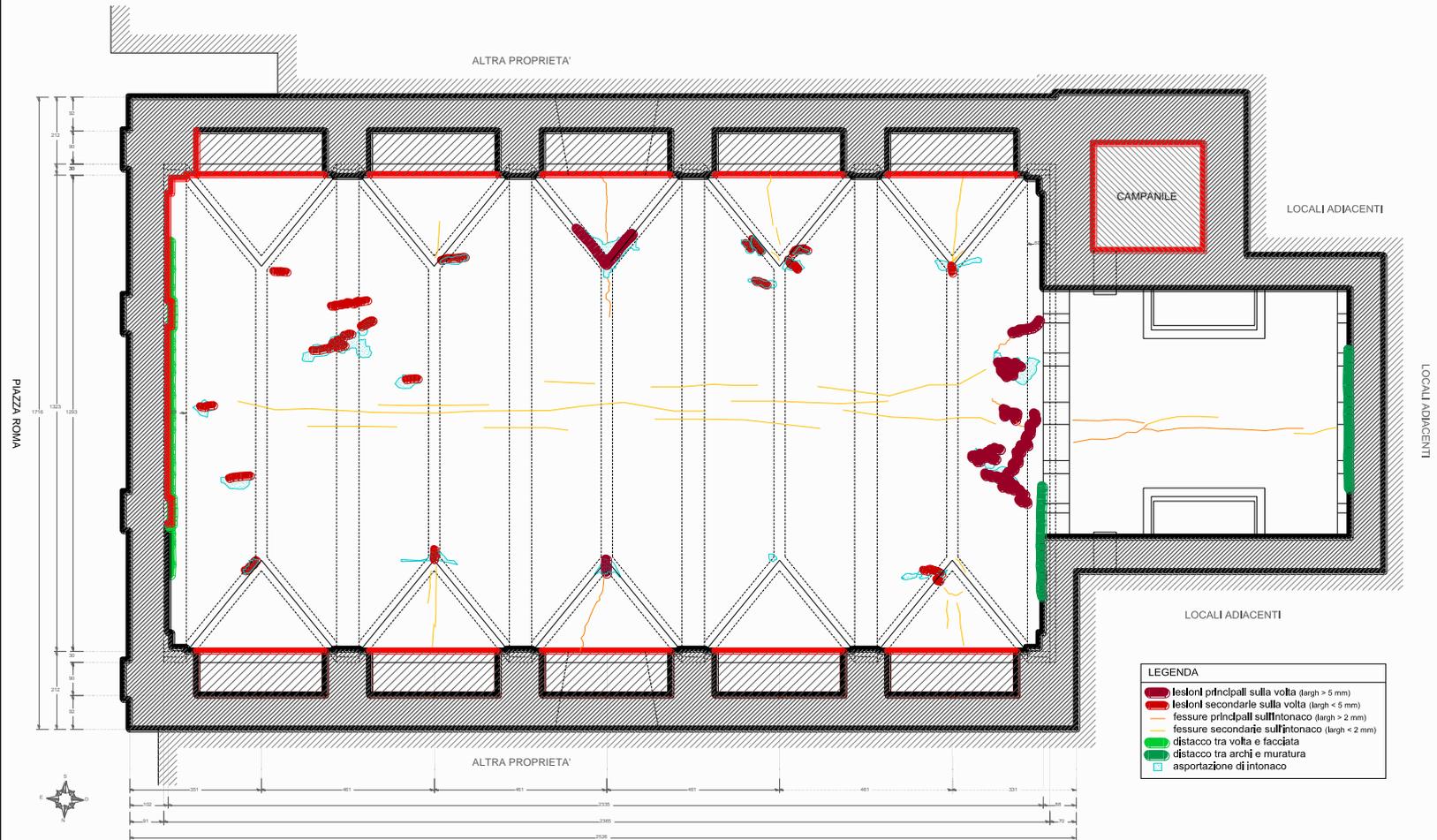
ALTRA PROPRIETA'

| 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 |

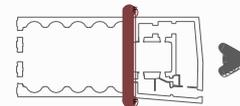
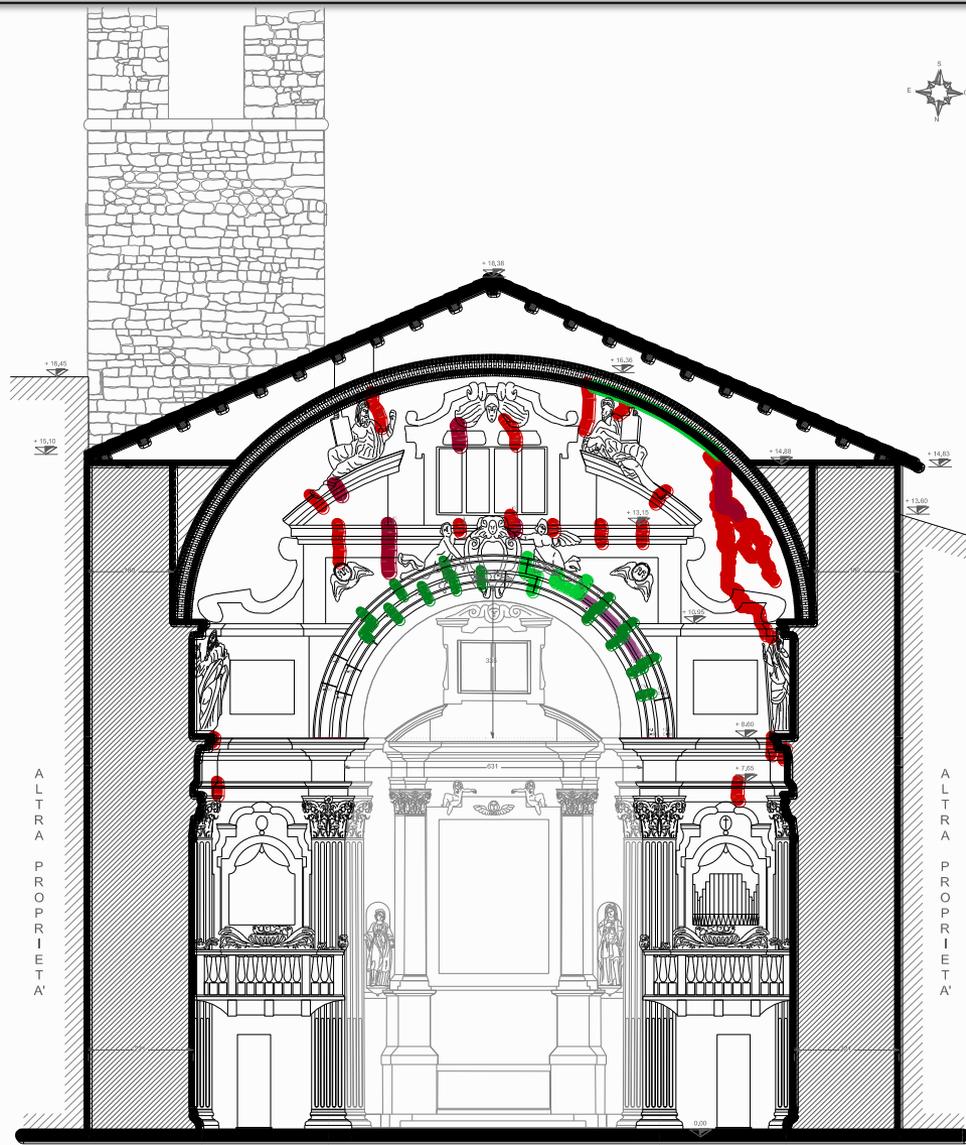
SEZIONE F-F

R ISTRUTTURARE
 R ISANARE
 R IQUALIFICARE





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



QUALI LE CAUSE DEI DISSESTI?

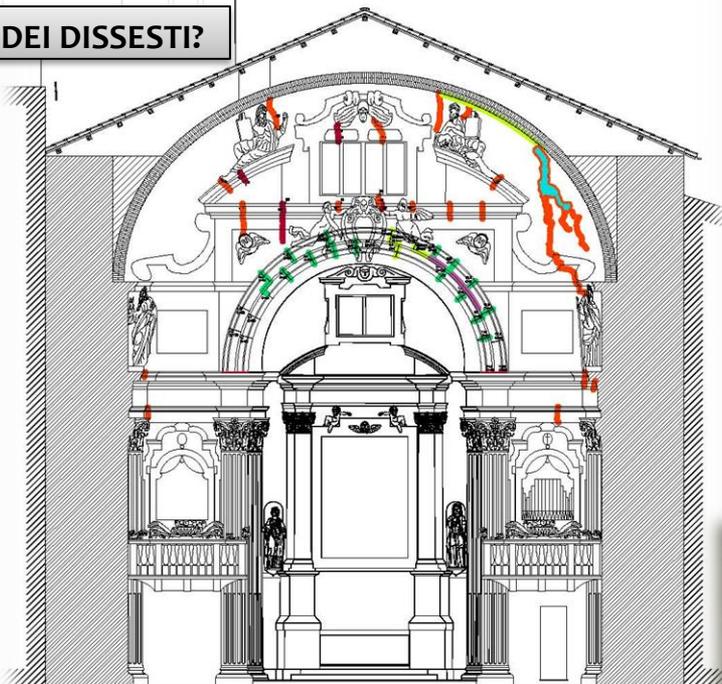


FIGURA F-F
con del quadro Teosofico
0 1 2 3 m

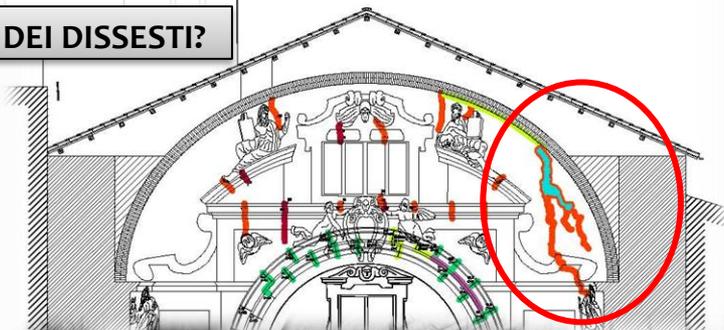


R ISTRUTTURARE

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

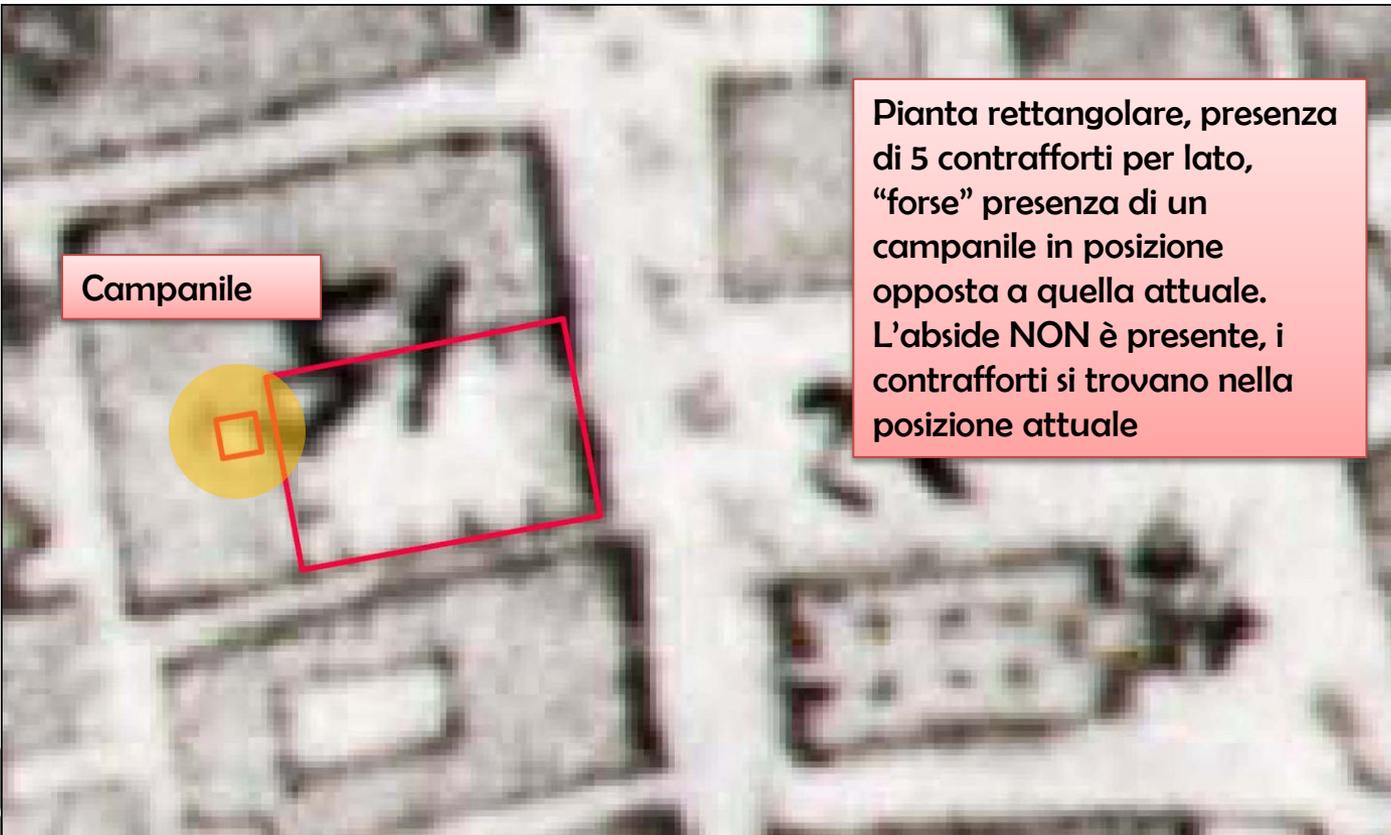
È attestata l'esistenza di una primitiva struttura della chiesa della cui edificazione non è pervenuta la data precisa.

ARCHIVIO DI STATO



1381

Civitas exculi sub anno dominij MCCCLXXXI. *CATASTO*

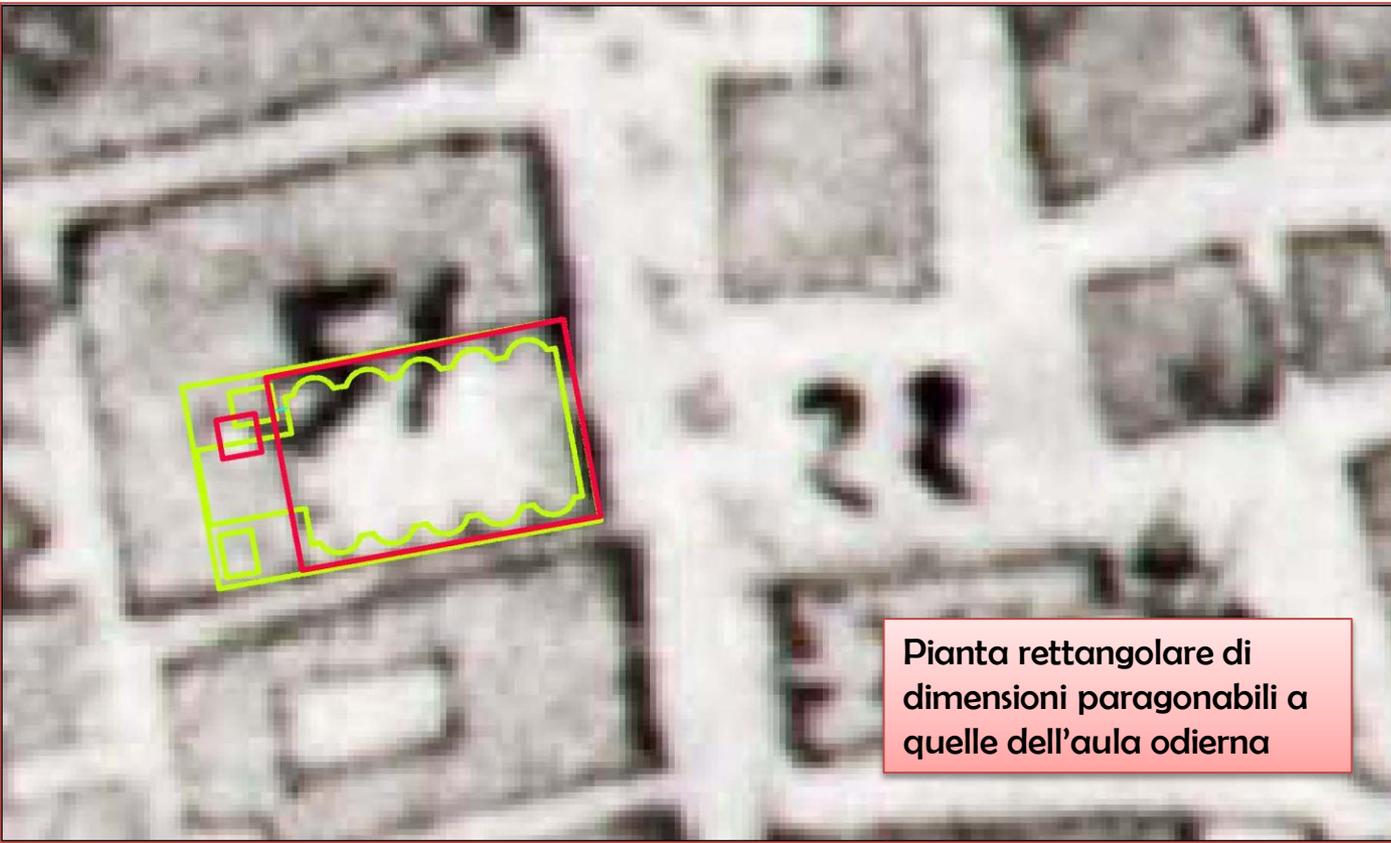


Pianta rettangolare, presenza di 5 contrafforti per lato, "forse" presenza di un campanile in posizione opposta a quella attuale. L'abside NON è presente, i contrafforti si trovano nella posizione attuale

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

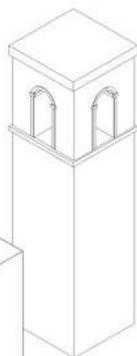


1381
Civitas exculi sub anno dominij MCCCLXXXI. *CATASTO*



Pianta rettangolare di dimensioni paragonabili a quelle dell'aula odierna

RIASSUMENDO LE NOTIZIE STORICHE

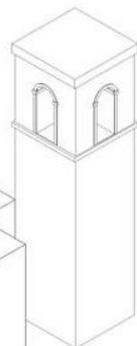
1306
1381

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



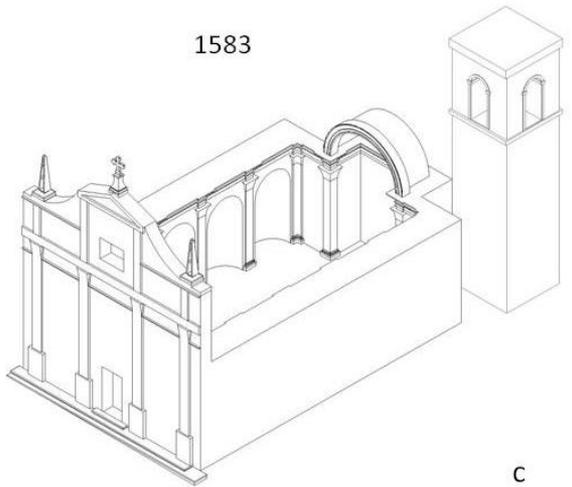
b

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

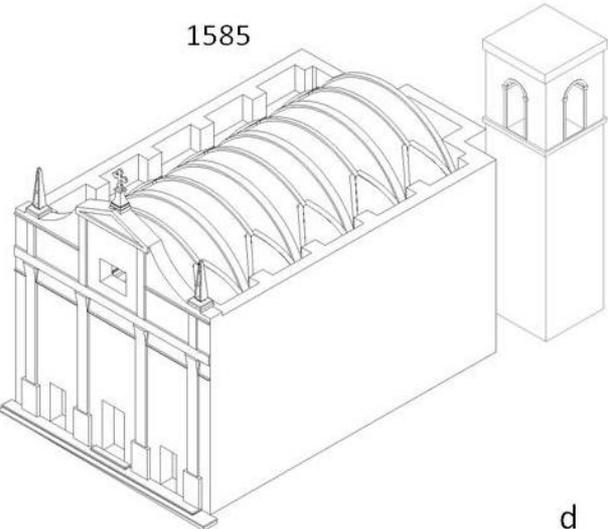
1583



c

1583 - Completamento della facciata con la realizzazione del timpano.

1585

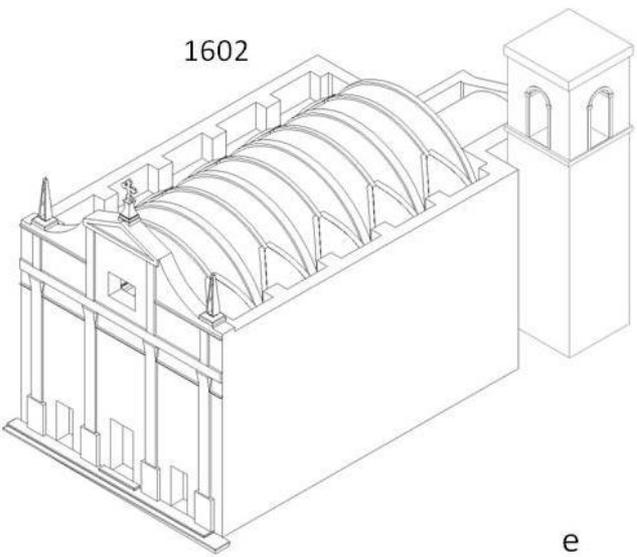


d

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

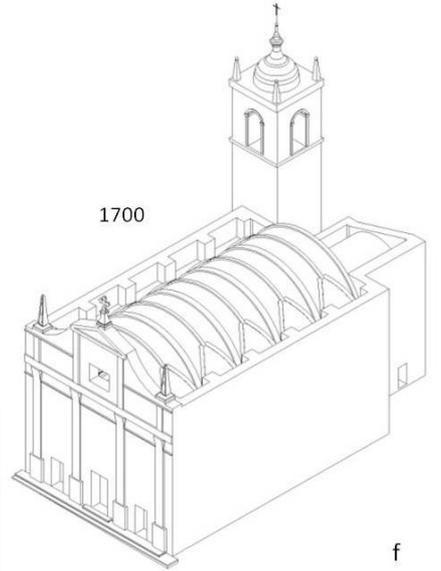
RIASSUMENDO LE NOTIZIE STORICHE

1602



1602 – Viene effettuato l'ampliamento del coro.

1700

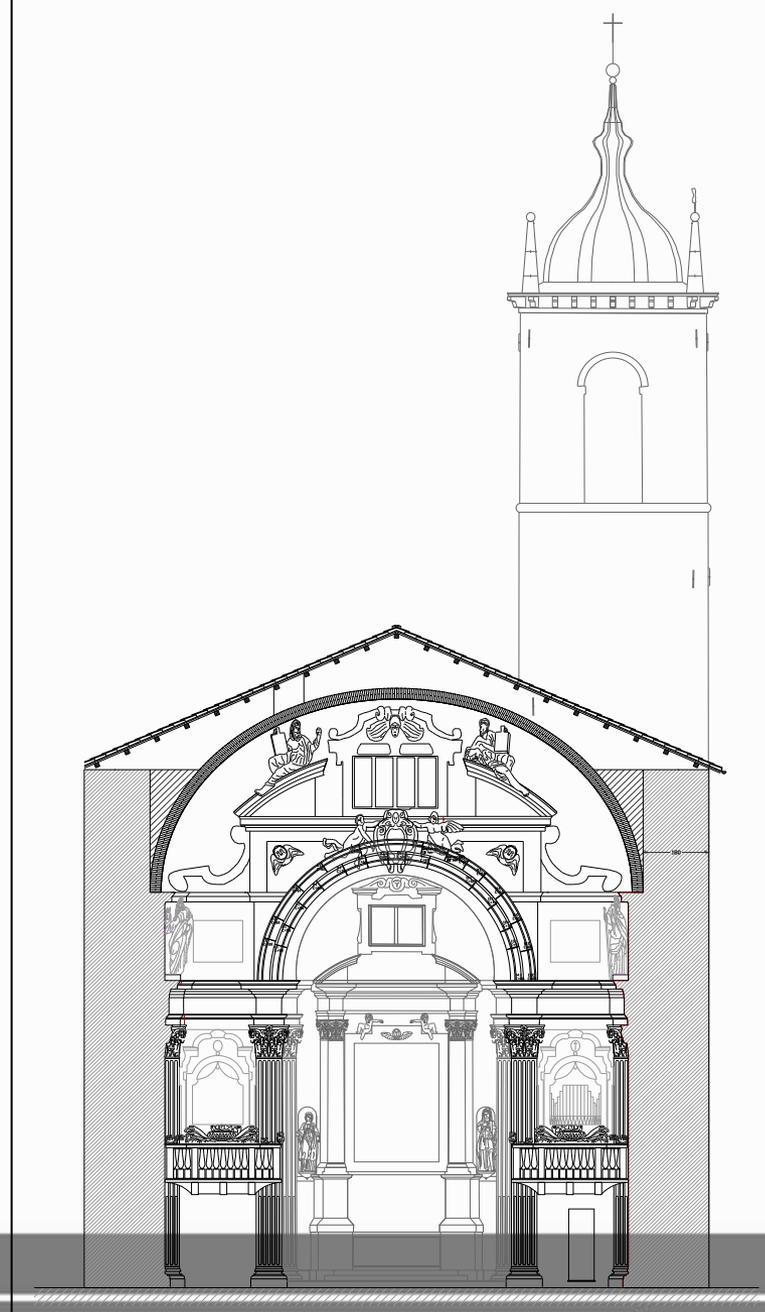
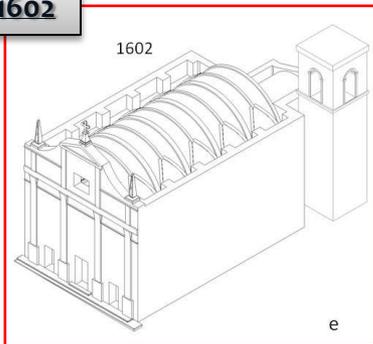


1700 – Viene costruito il campanile nella posizione attuale.

R IS
R



1602



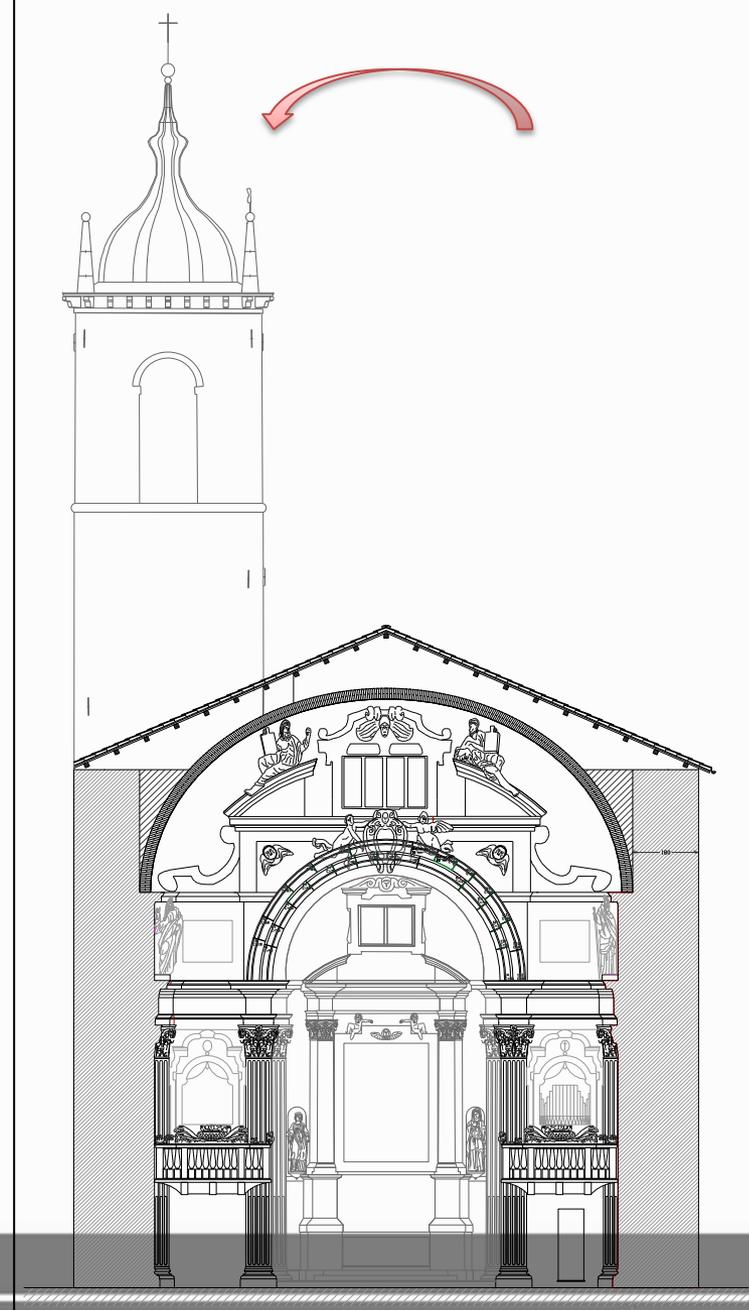
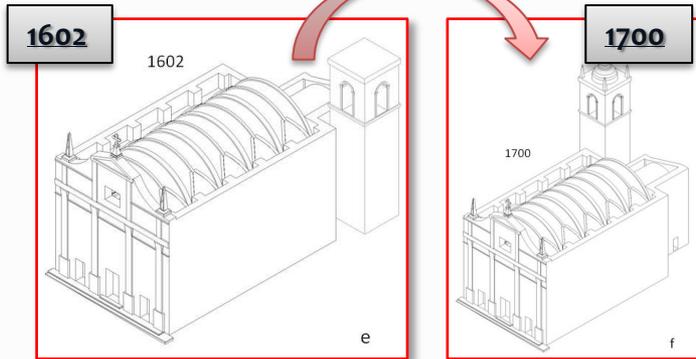
R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

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

Macroelementi



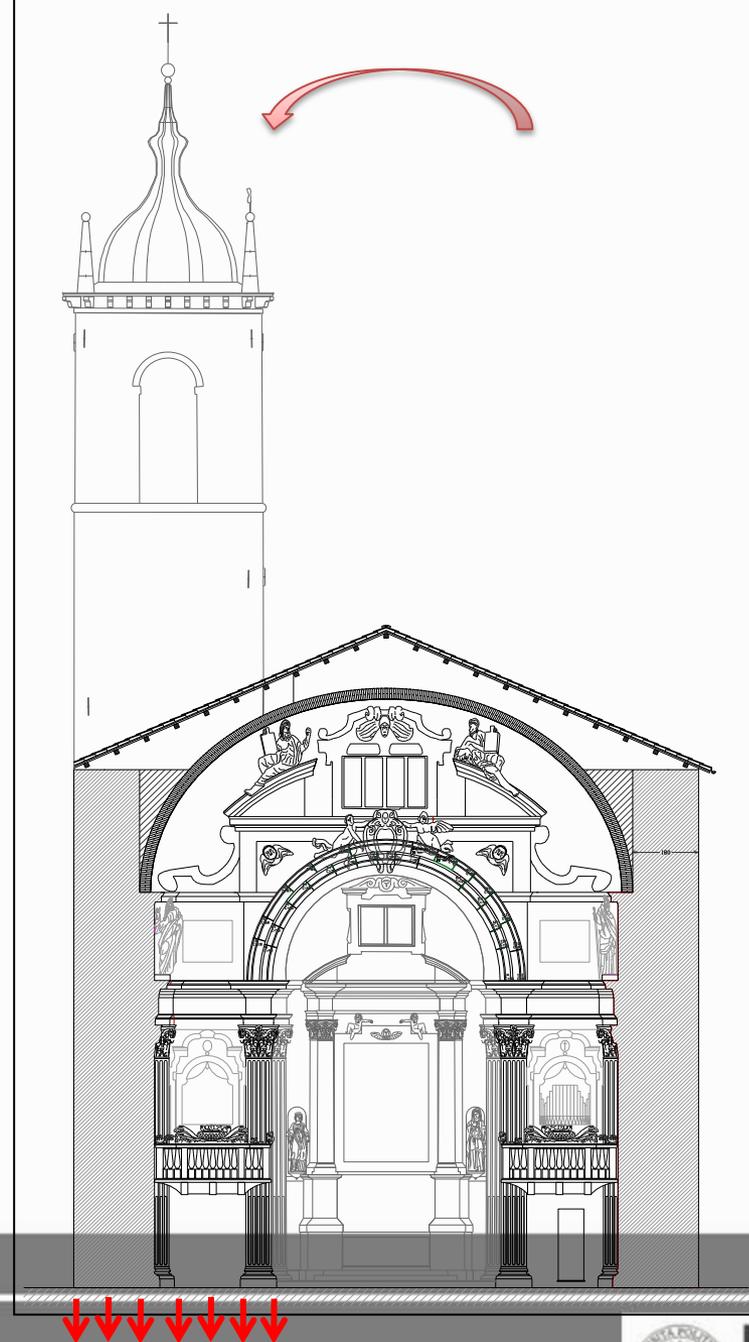
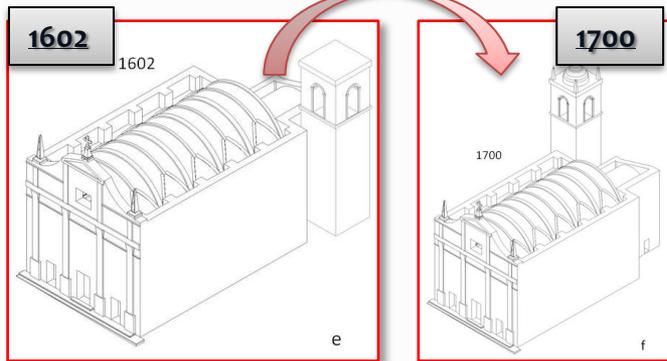
R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

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

Macroelementi



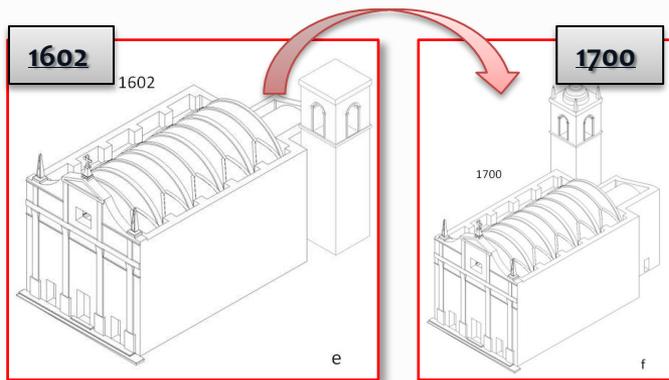
R ISTRUTTURARE

R ISANARE

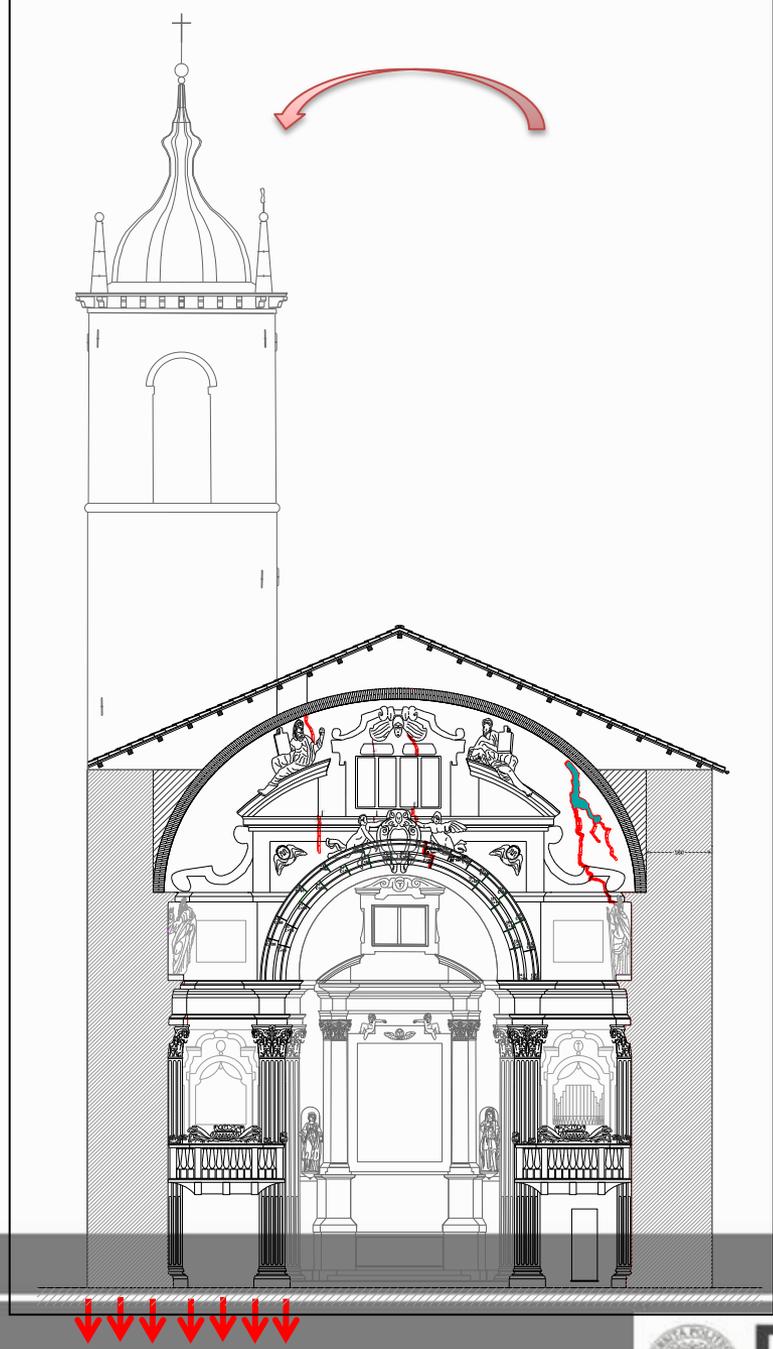
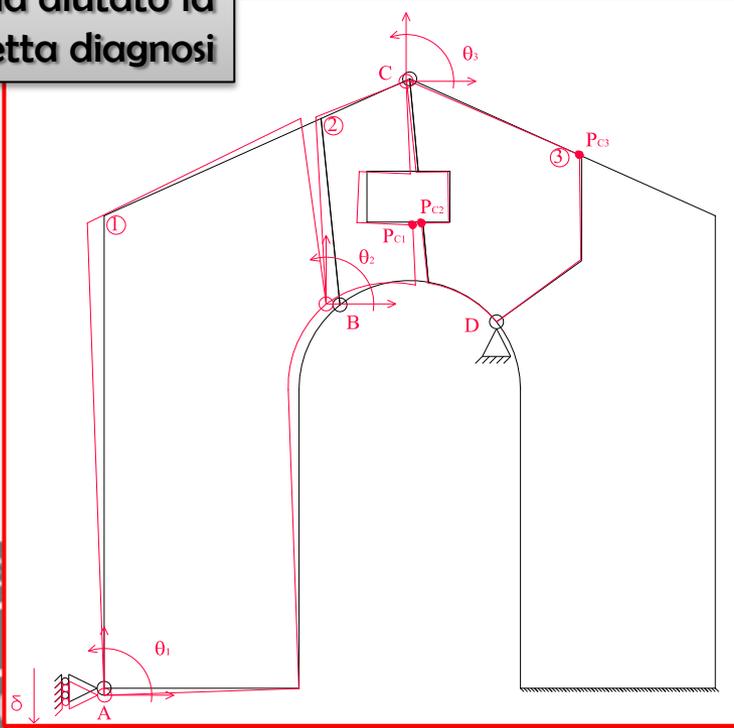
R IQUALIFICARE

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

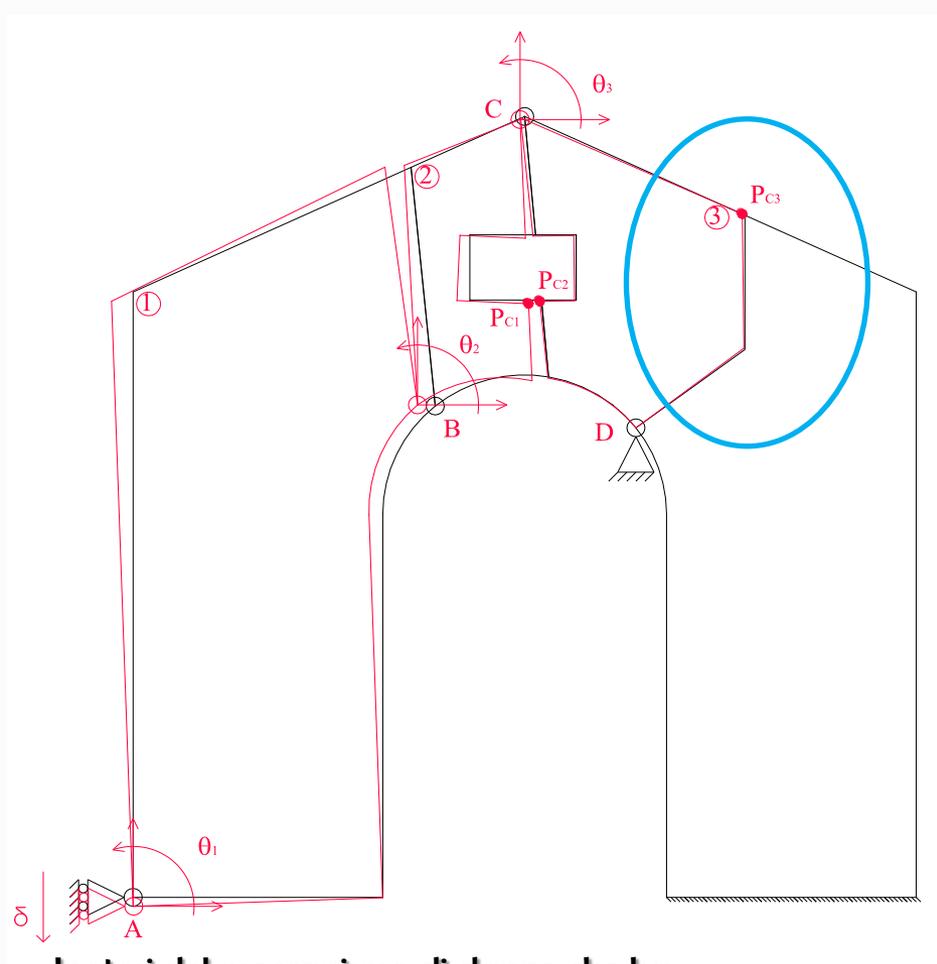
Macroelementi



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

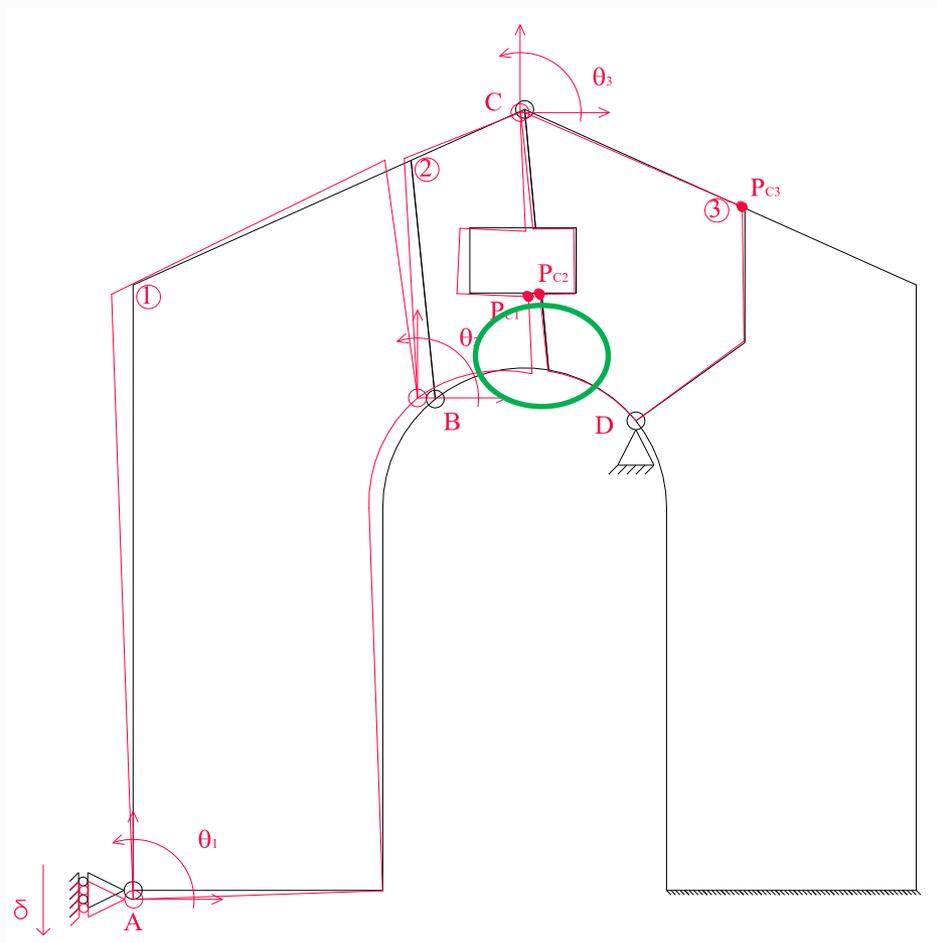
R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE



Il fondamentale percorso della conoscenza ha aiutato la diagnosi



Ipotesi del meccanismo di danno che ha innescato le lesioni riscontrate



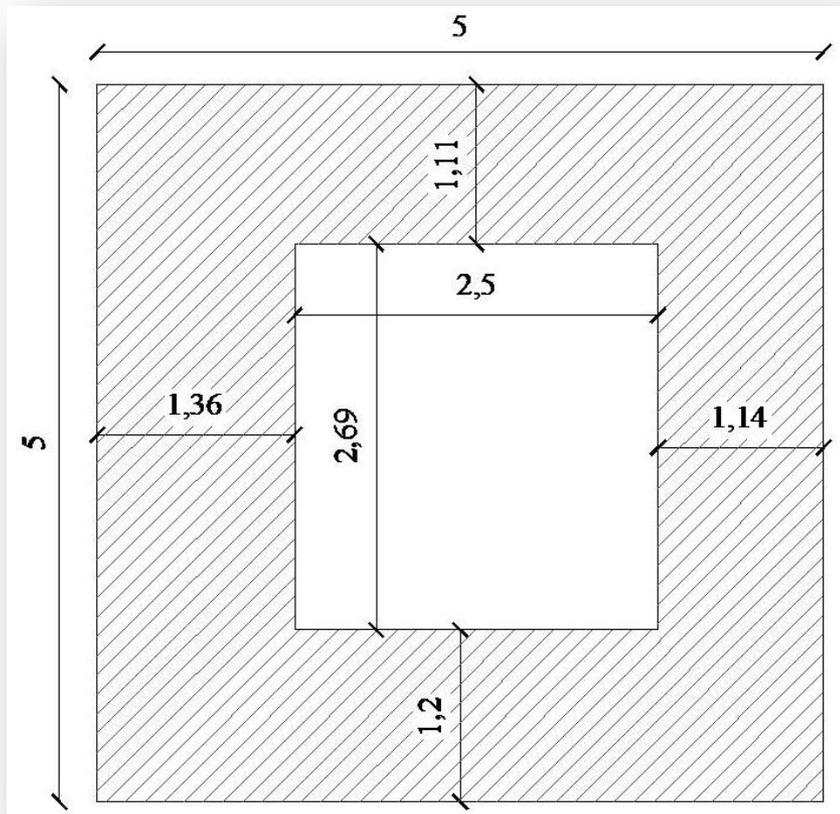
R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

Il fondamentale percorso della conoscenza ha aiutato la diagnosi

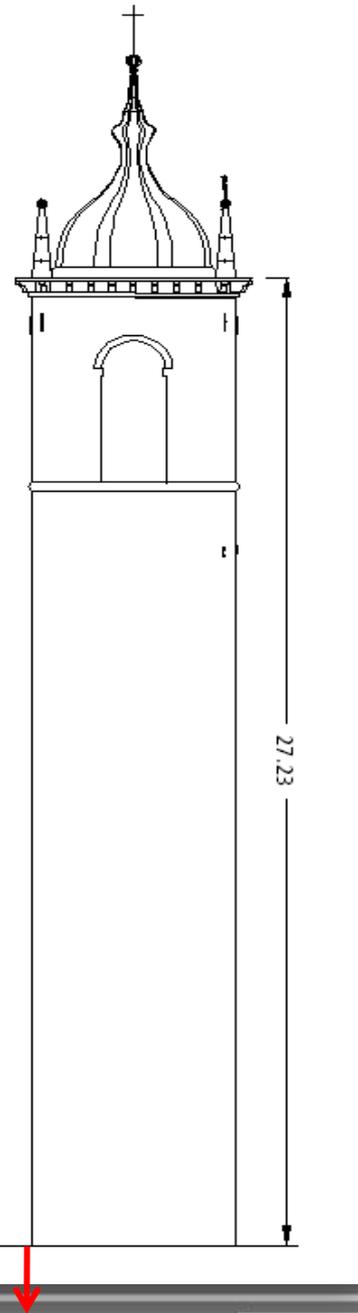
Come la demolizione e la ricostruzione del campanile ha influito nel quadro fessurativo dell'arco trionfale



$W = 10947,86 \text{ kN}$

$q = W / A = 598,89 \text{ kN/m}^2$

$\delta = q \times I_c \times z_i = 20 \text{ cm}$



$\delta = 20 \text{ cm}$

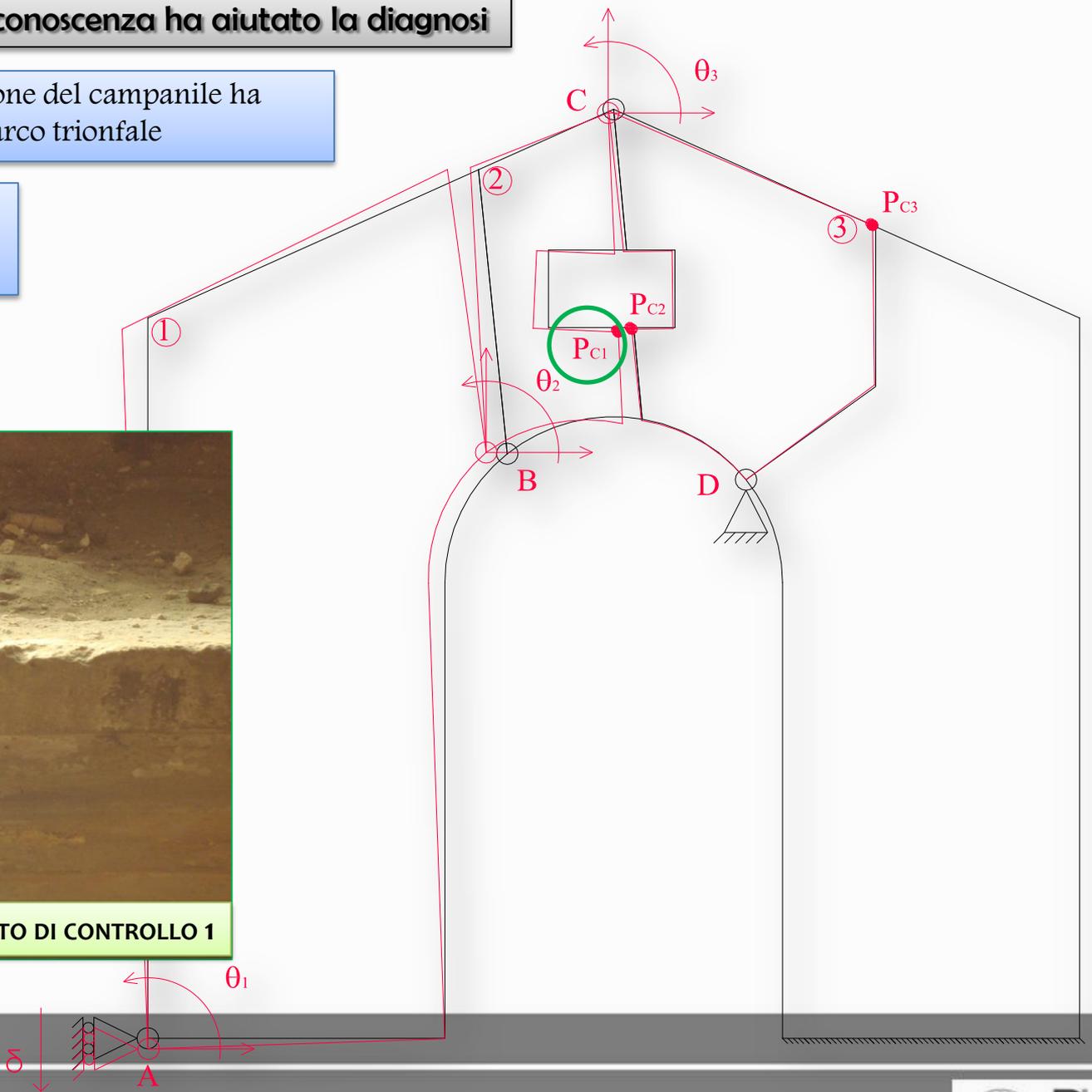
Il fondamentale percorso della conoscenza ha aiutato la diagnosi

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 –



PUNTO DI CONTROLLO 1



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

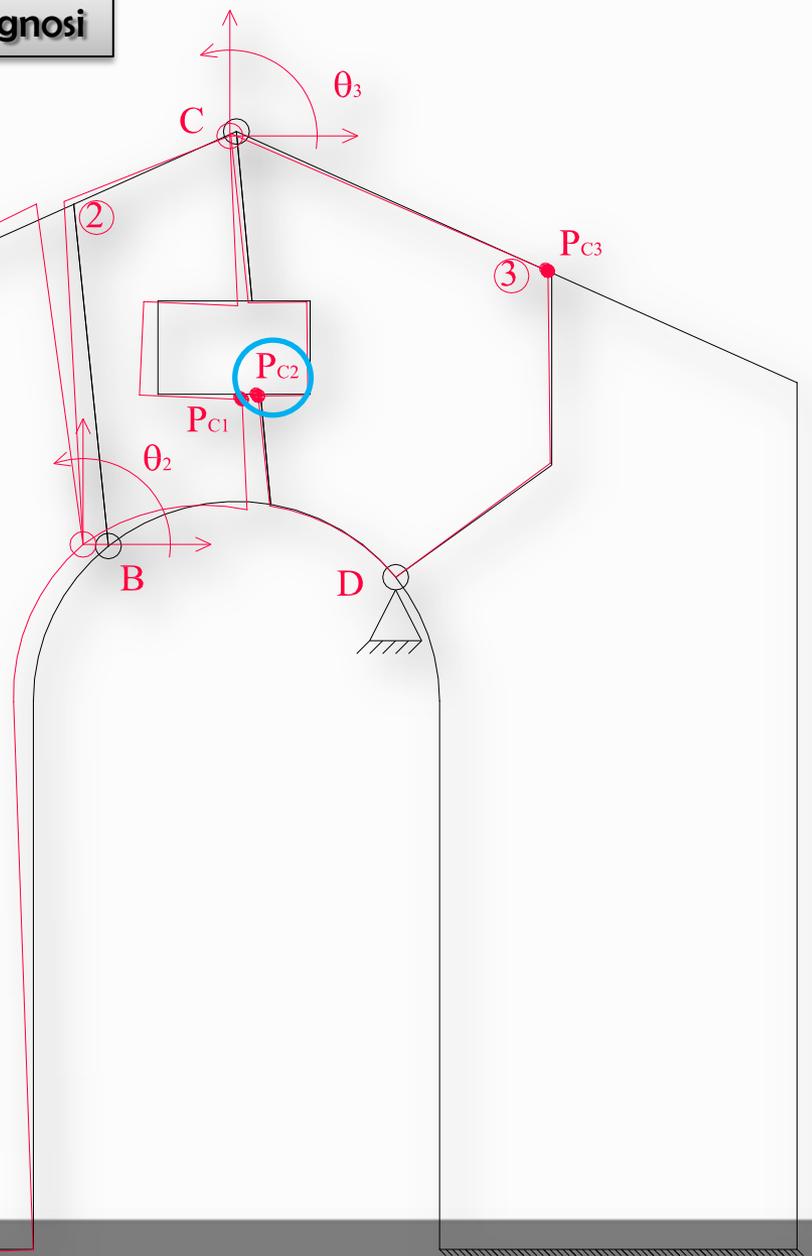
R IQUALIFICARE



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 -



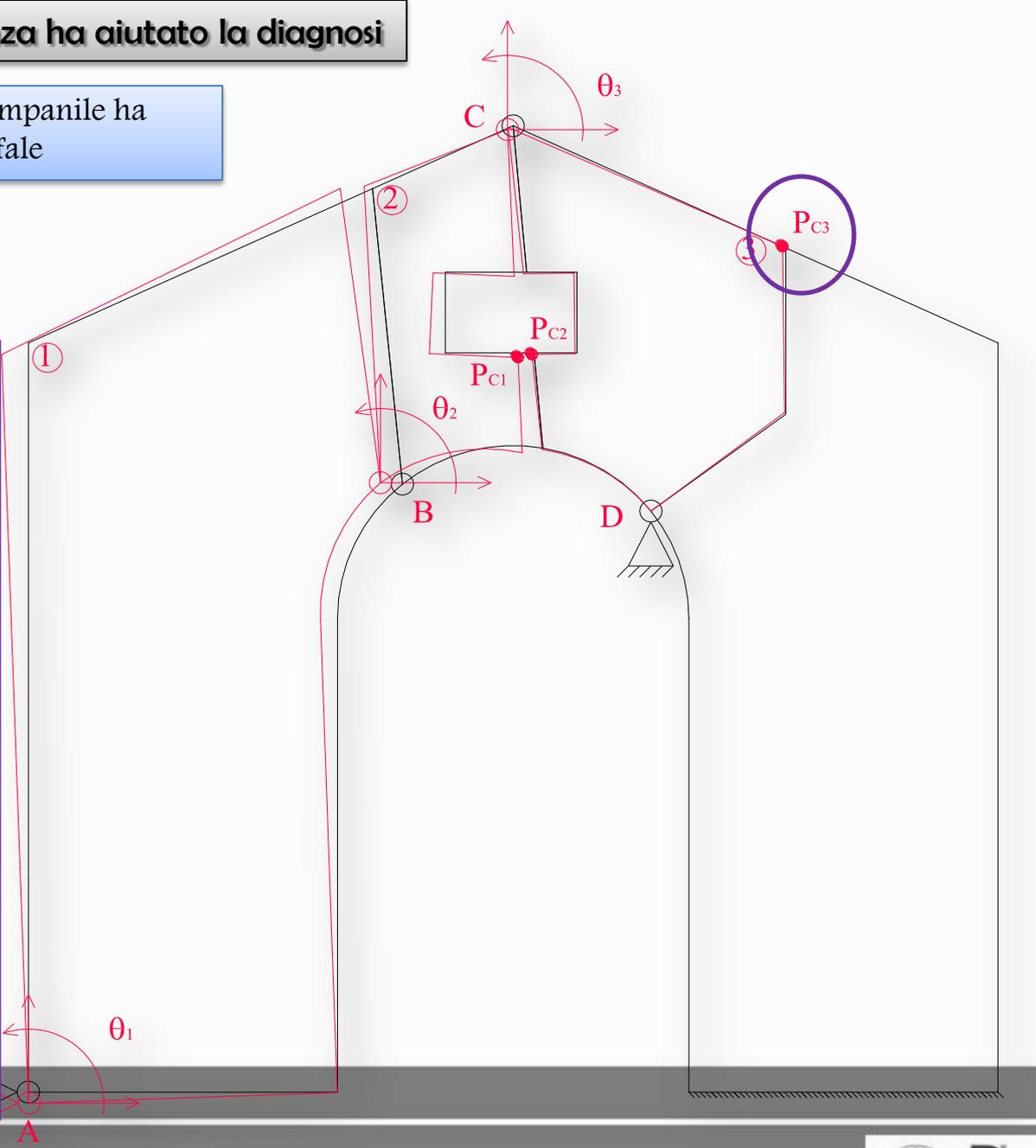
Il fondamentale percorso della conoscenza ha aiutato la diagnosi

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:
 $w = 11000 \text{ kN}$

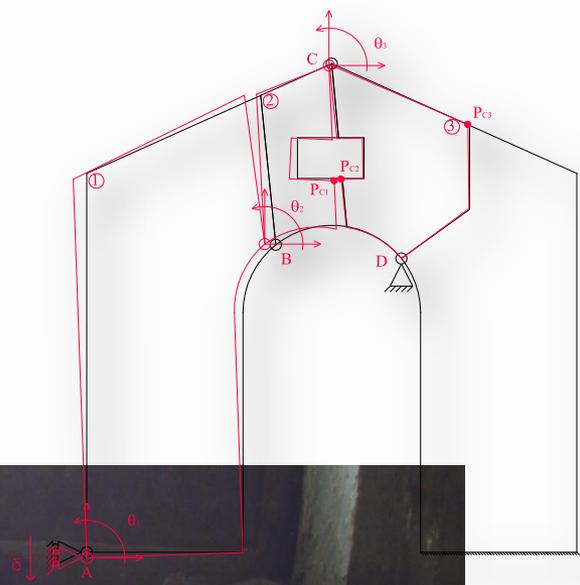
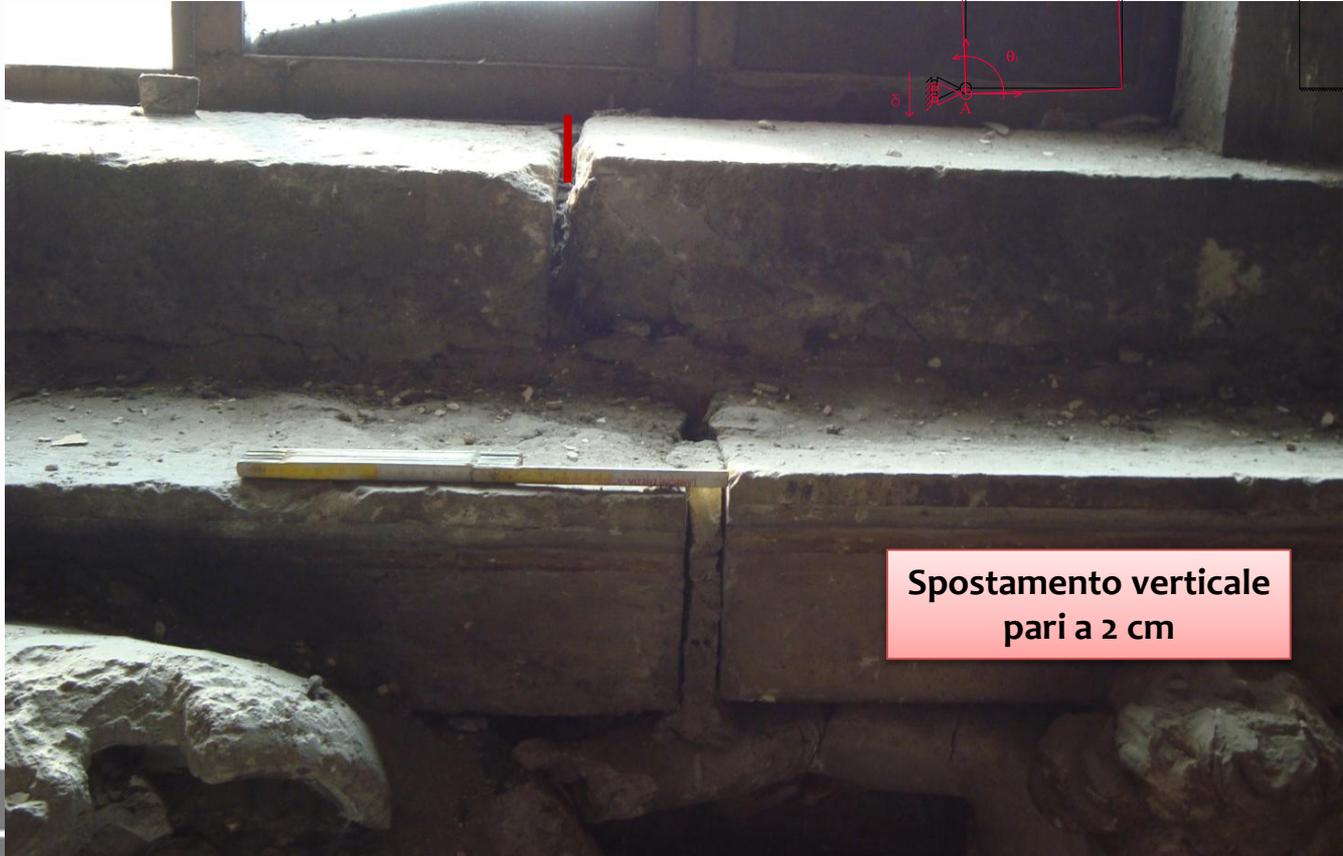


$\delta = 20 \text{ cm}$

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



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



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

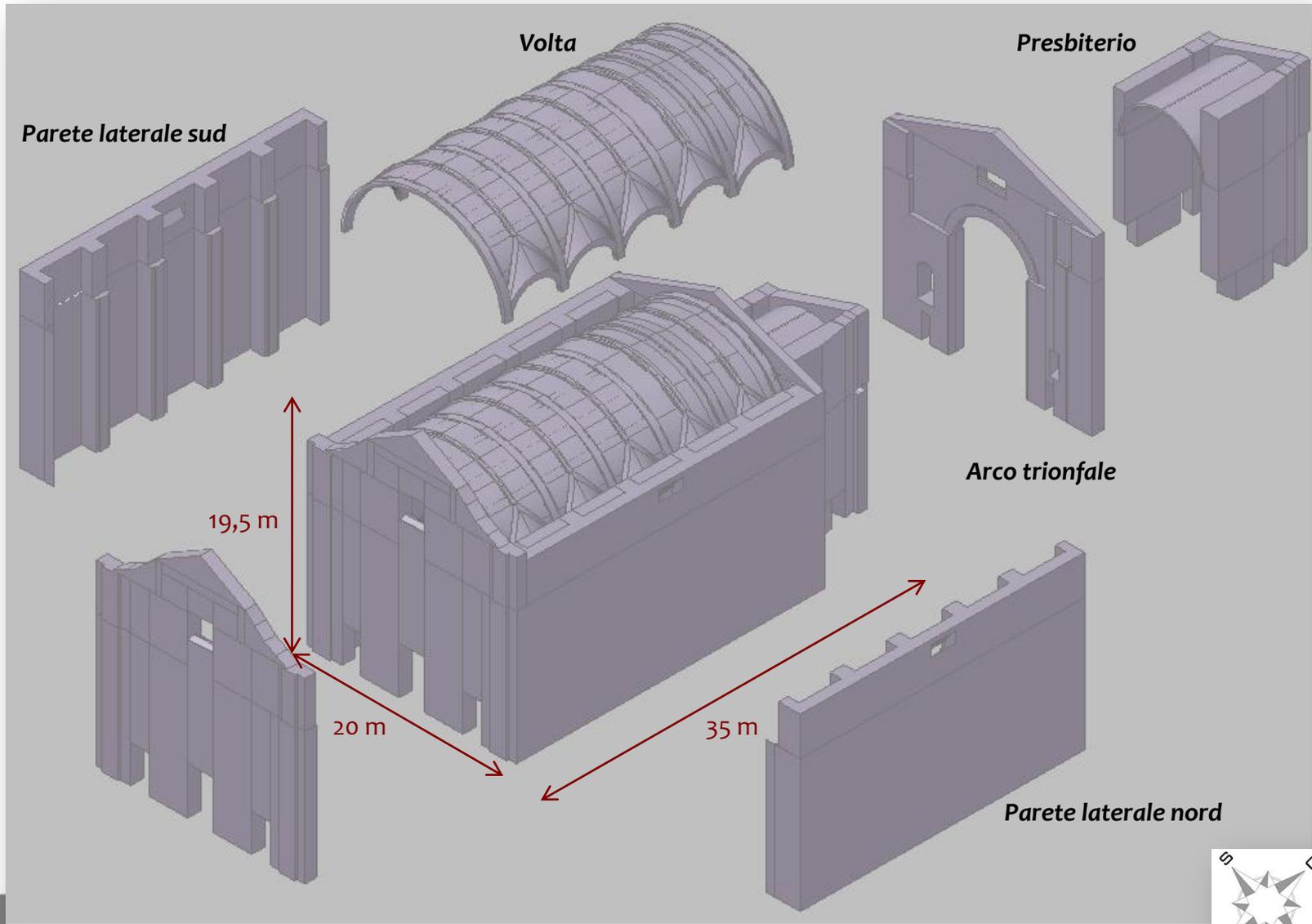
R ISANARE

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*

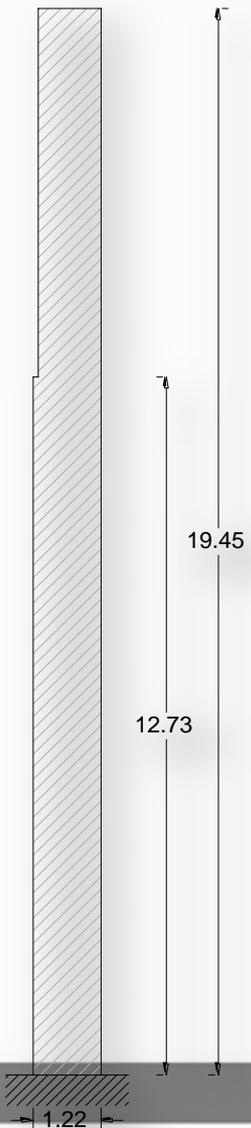


TABELLA DEI GIUDIZI SULLA QUALITÀ DEGLI IPOTETICI APPARECCHI CHE CARATTERIZZANO LA FACCIATA

| N° ipotesi | Schema schematico | 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 Orlanti di lunghezza pari allo spessore totale del muro Paramento interno in corsi regolari di laterizio dello spessore di due lesse Riempimento in pietra sbazzata 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 Orlanti 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 Riempimento in pietra sbazzata 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 - simbolesca |
| 7 | | <ul style="list-style-type: none"> Paramento esterno in elementi di travertino perfettamente quadrati e levigati, con spigoli ben combacianti Orlanti 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 Riempimento in pietra sbazzata ed elementi di laterizio per la regolarizzazione dei corsi Strato di intonaco applicato nel paramento interno | VII (B) | Discreta | VIII - IX (B) | Simbolesca |

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

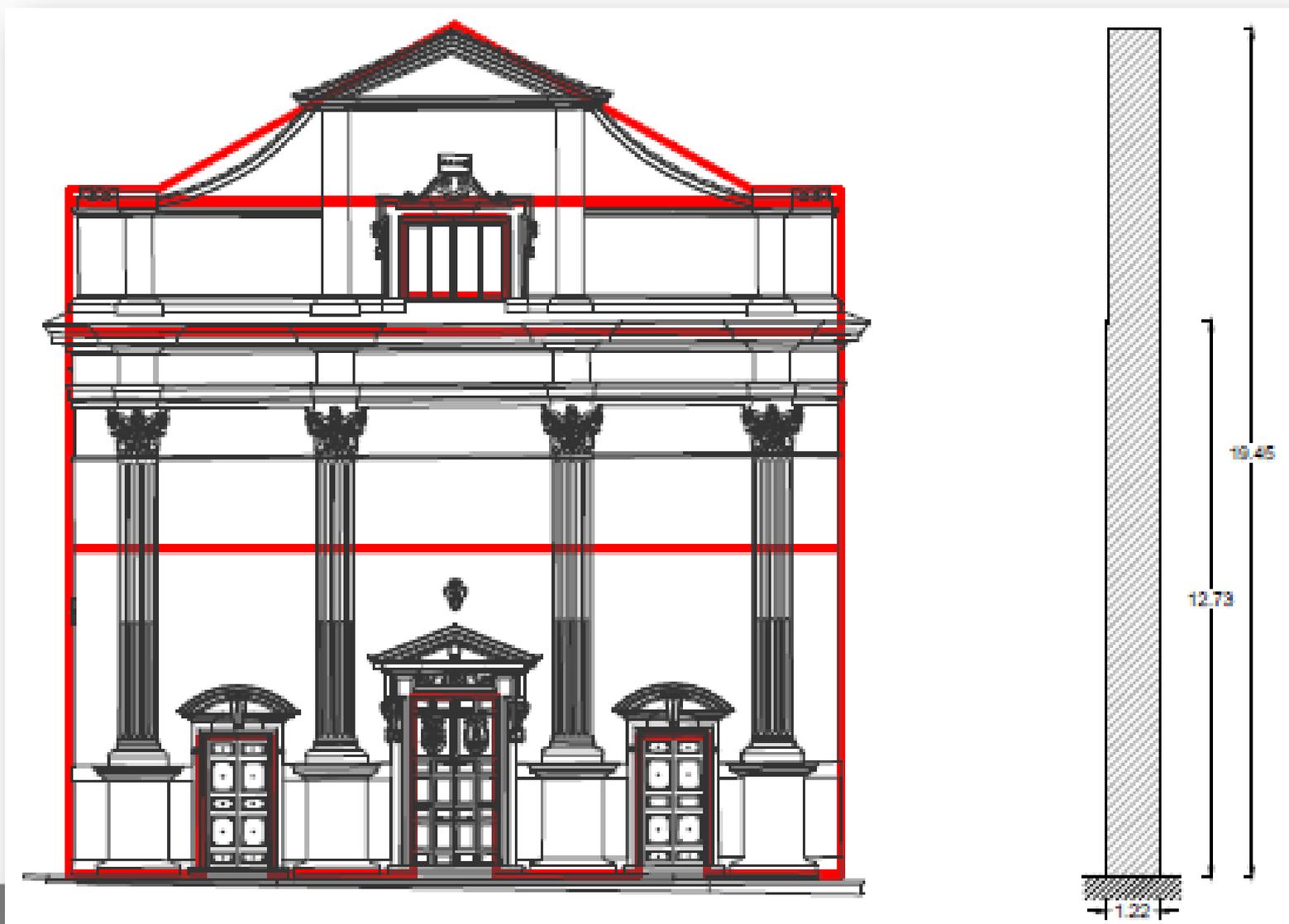
Dal confronto con i trattati storici del
 Rondelet e del Sacchi



Muratura di qualità
 DISCRETA



LA FACCIATA - I CINEMATISMI-



R ISTRUTTURARE

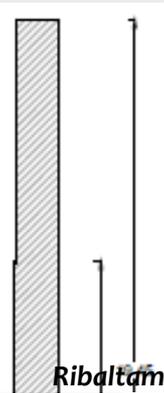
R ISANARE

R IQUALIFICARE

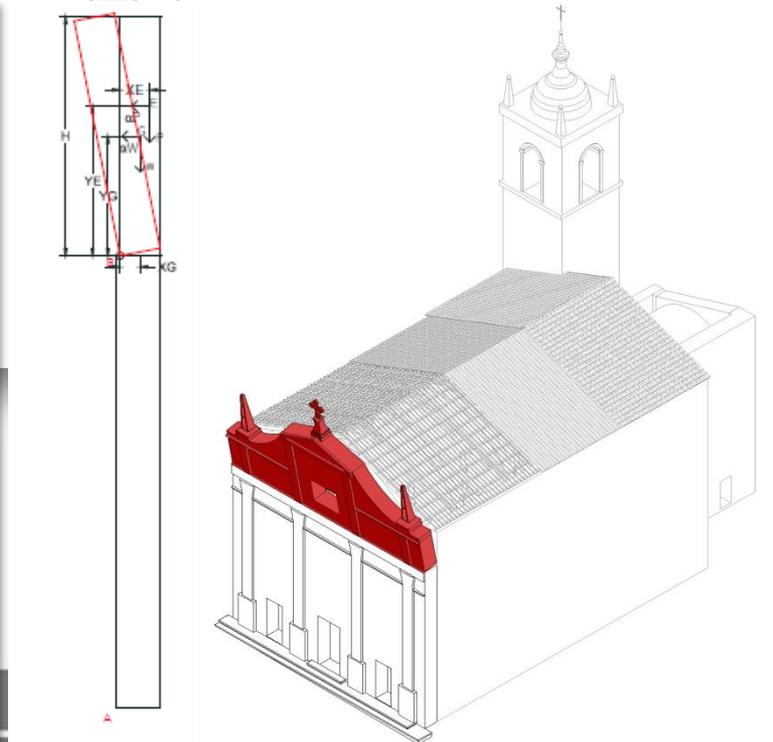
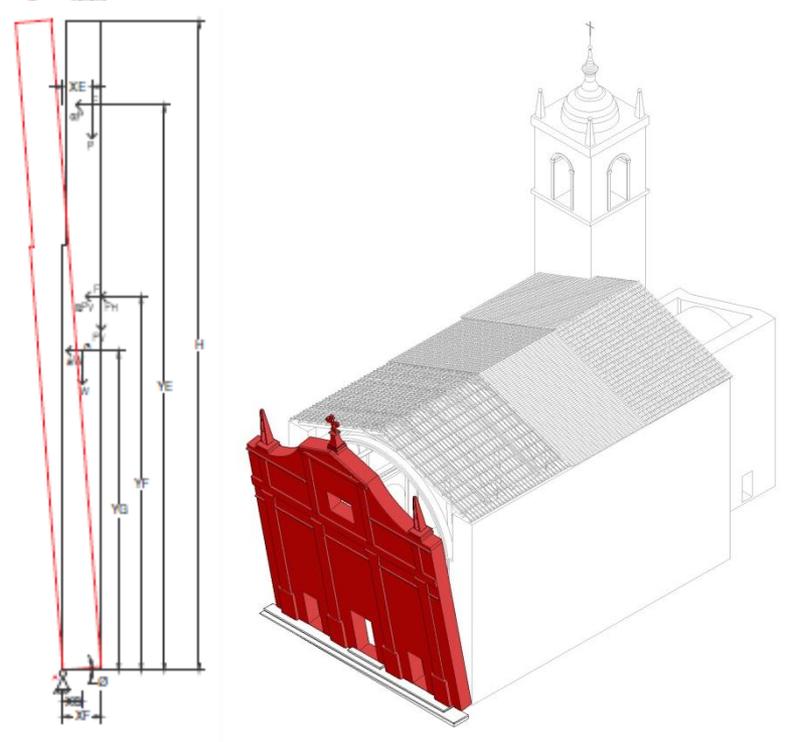
LA FACCIATA – I CINEMATISMI–



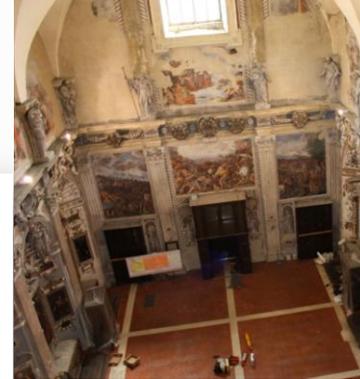
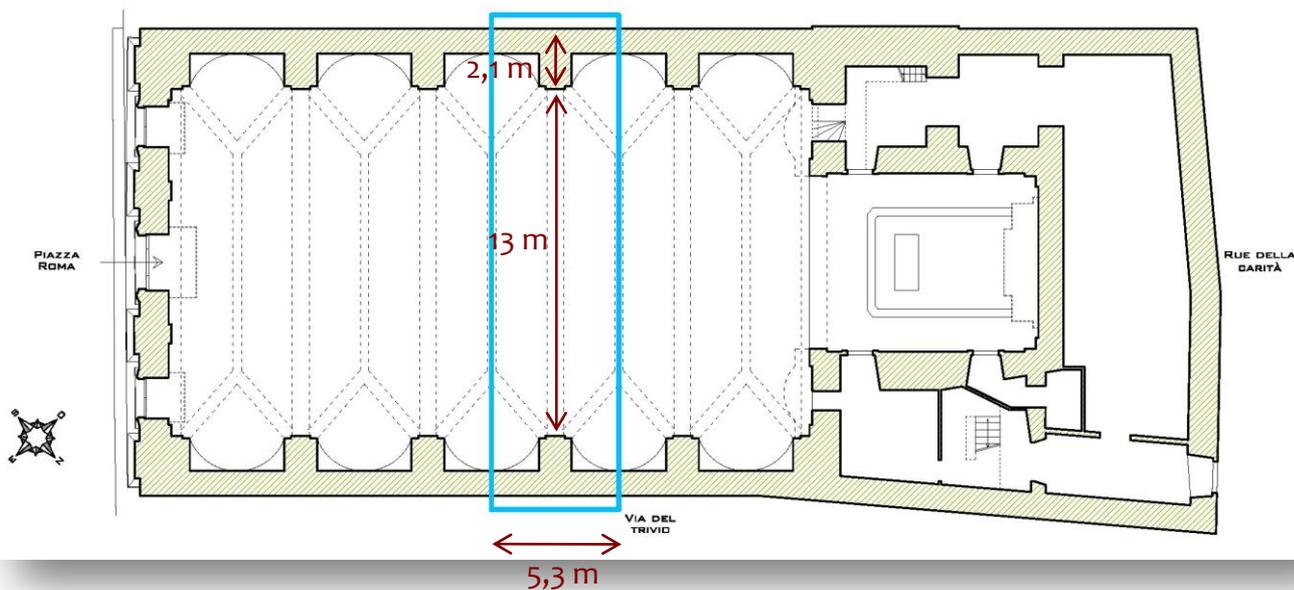
Ribaltamento globale della facciata principale



Ribaltamento parziale della facciata principale



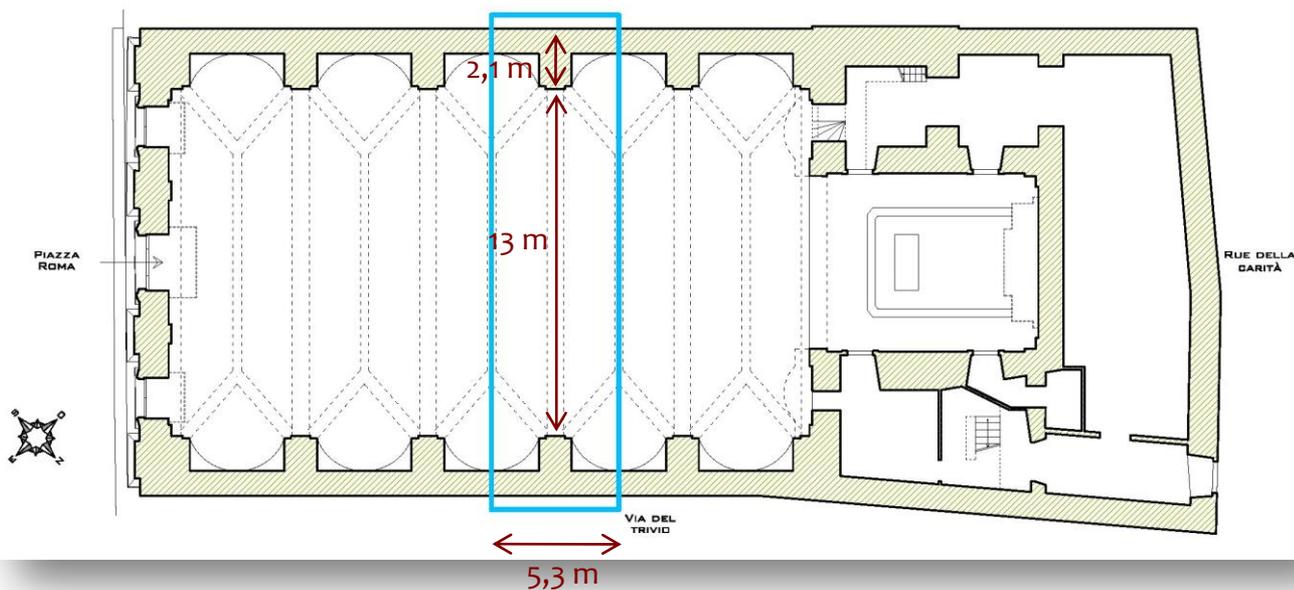
PARETI LATERALI - VOLTA



PECULIARITÀ

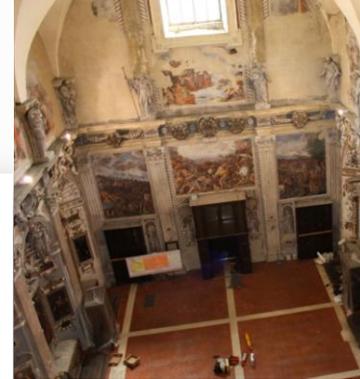
- Volta di esiguo spessore (15 cm) su luce di 13 m;
- Piedritti di notevole snellezza (rapporto Base/Altezza=0,14);
- Modularità.

PARETI LATERALI - VOLTA

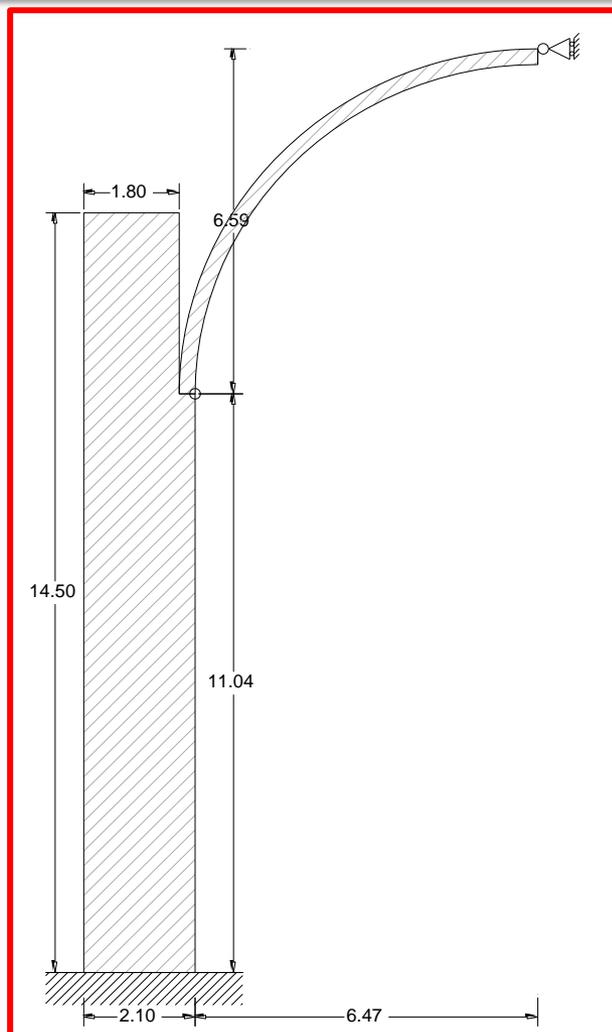


Le scelte della modellazione strutturale sono di seguito sintetizzate:

- *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*

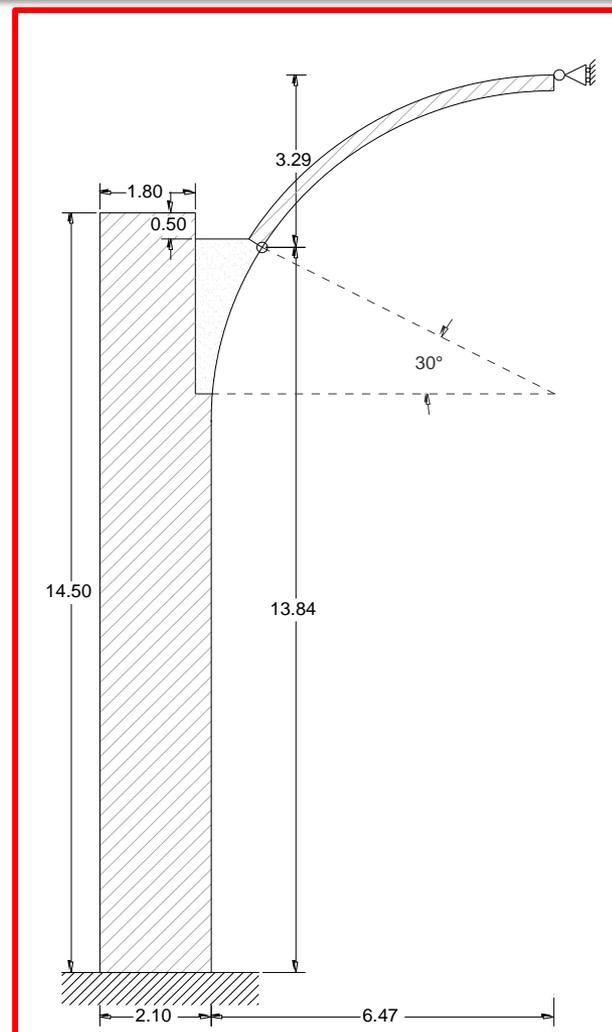


Rappresentazione del piedritto con due possibili ipotesi di modellazione



PRIMO MODELLO

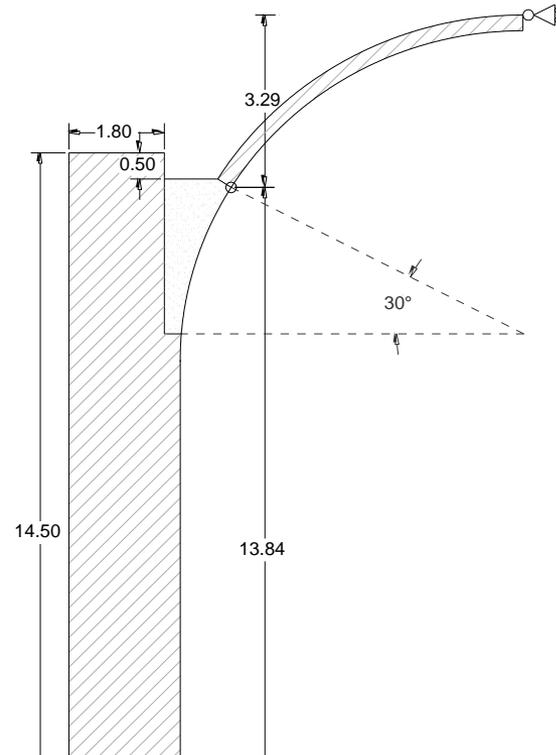
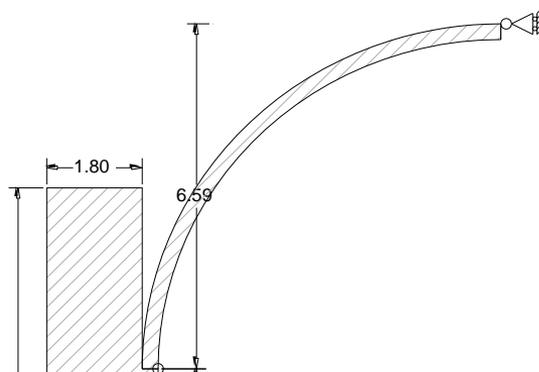
Le cerniere dei vari cinematismi che possono interessare la struttura si sono supposte collocate in corrispondenza della chiave e delle imposte della volta.



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

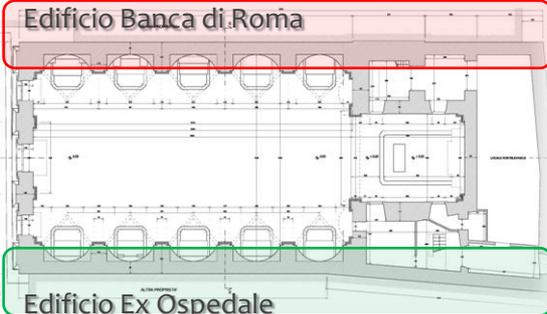


Grazie all'analisi tecnologica costruttiva e alla realizzazione in scala 1:5 di una porzione significativa della volta ...

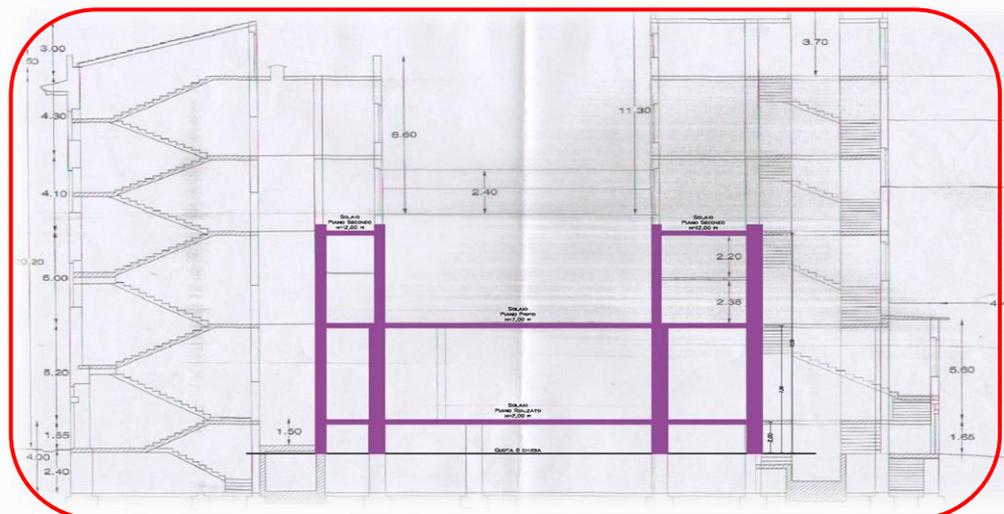
... si è potuto apprezzare come la geometria e le dimensioni degli elementi tridimensionali, vadano a creare in corrispondenza di 30° una zona di maggiore rigidità e un consistente aumento della sezione resistente rispetto al resto dello sviluppo della volta rendendo più verosimile lo scenario ipotizzato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

La disposizione dei vincoli

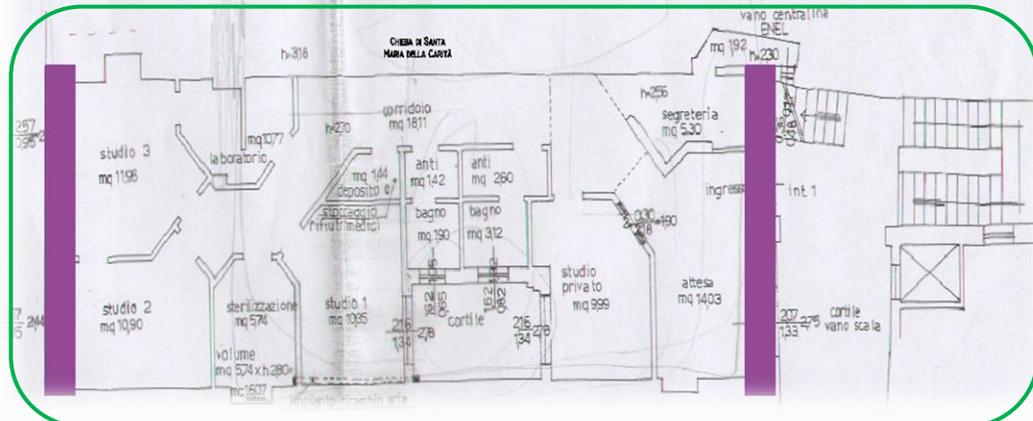
▪ Sul lato sud, originariamente libero, una consistente porzione della parete laterale dell’aula risulta prospiciente a un patio situato a +7,00 m.



▪ 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.



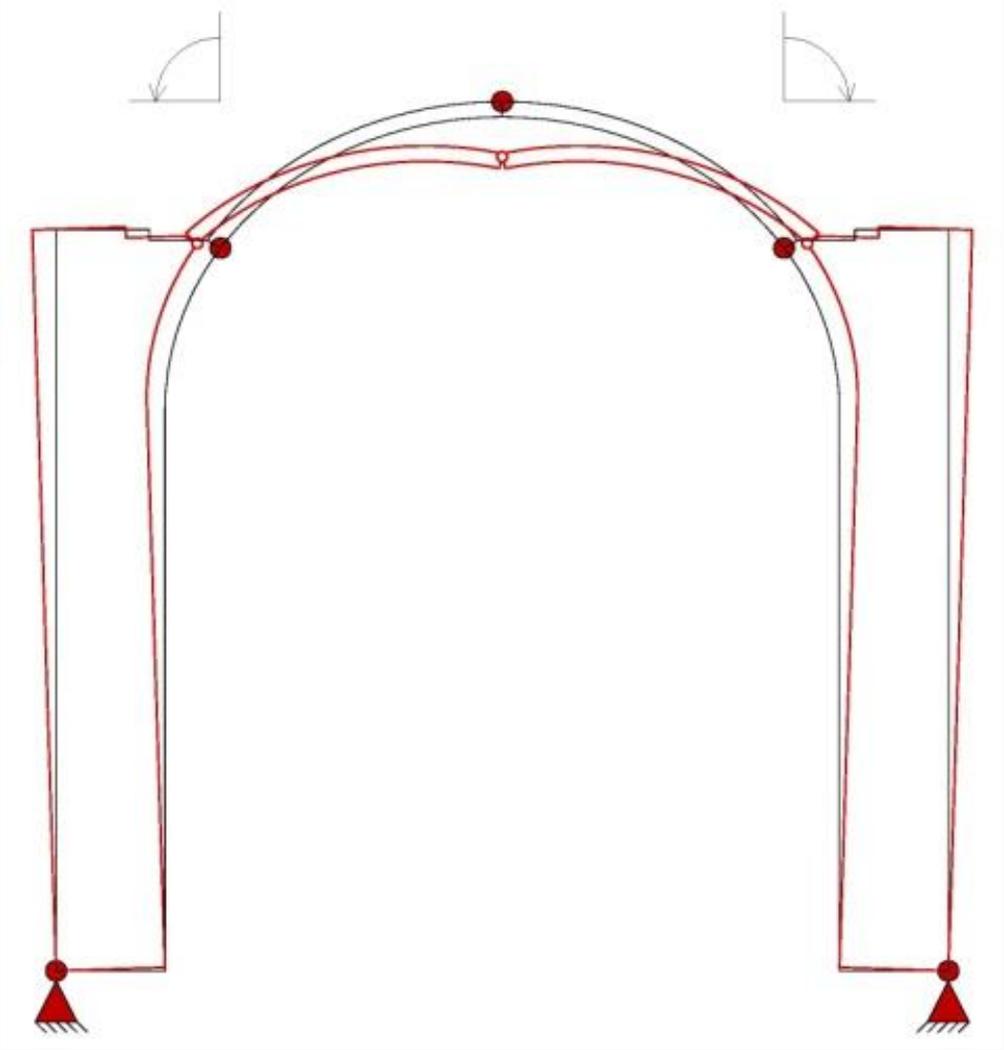
Elaborato progettuale edificio Banca di Roma –
Archivio del Comune di Ascoli Piceno



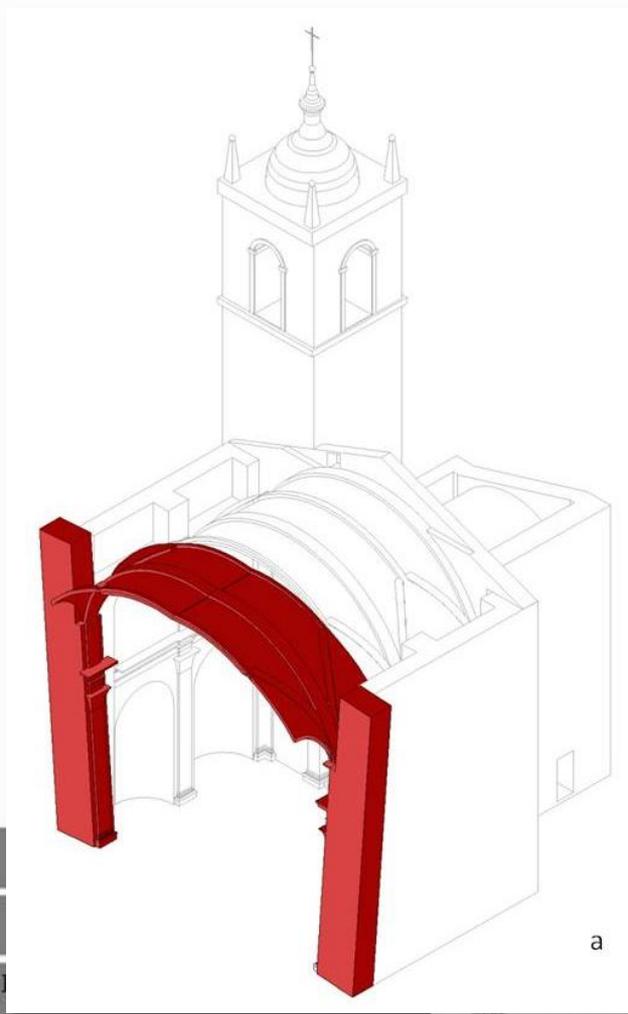
Elaborato progettuale edificio Ex Ospedale –
Archivio del Comune di Ascoli Piceno

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.

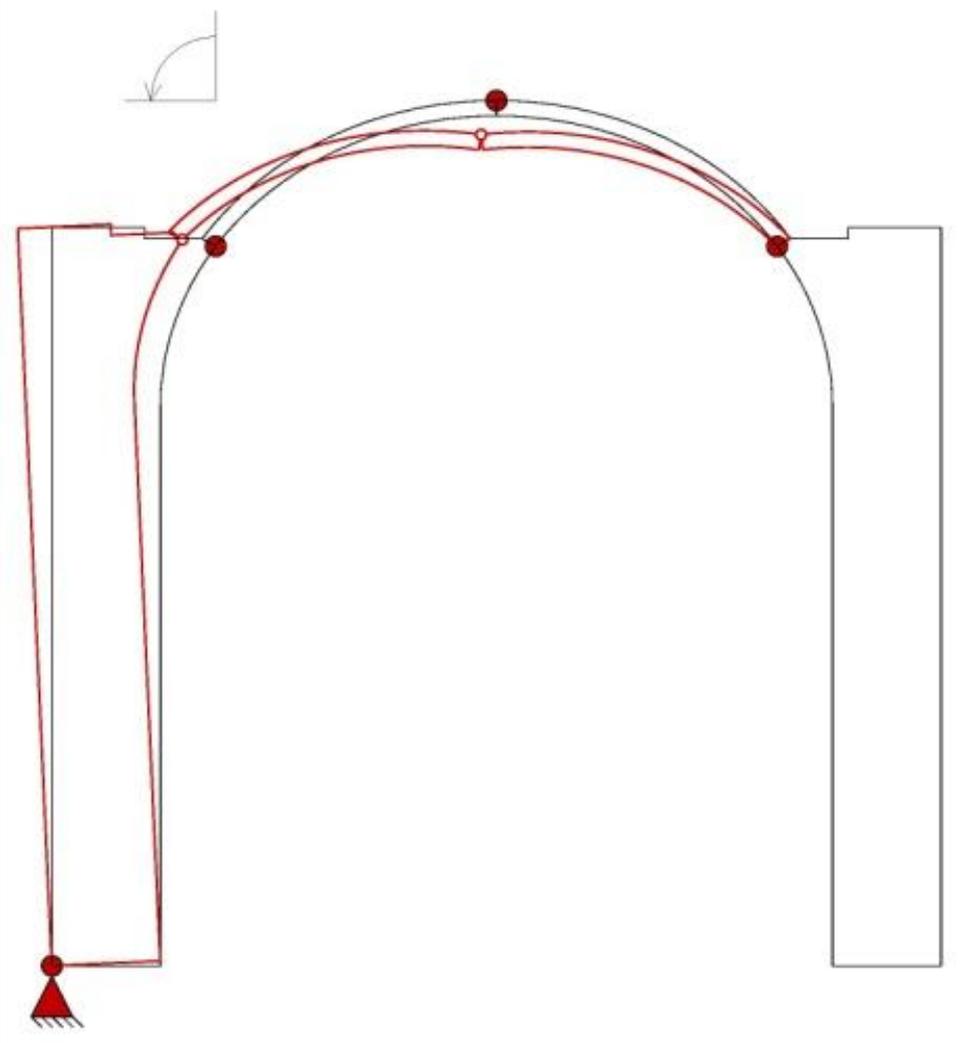


R ISTRUTTURARE

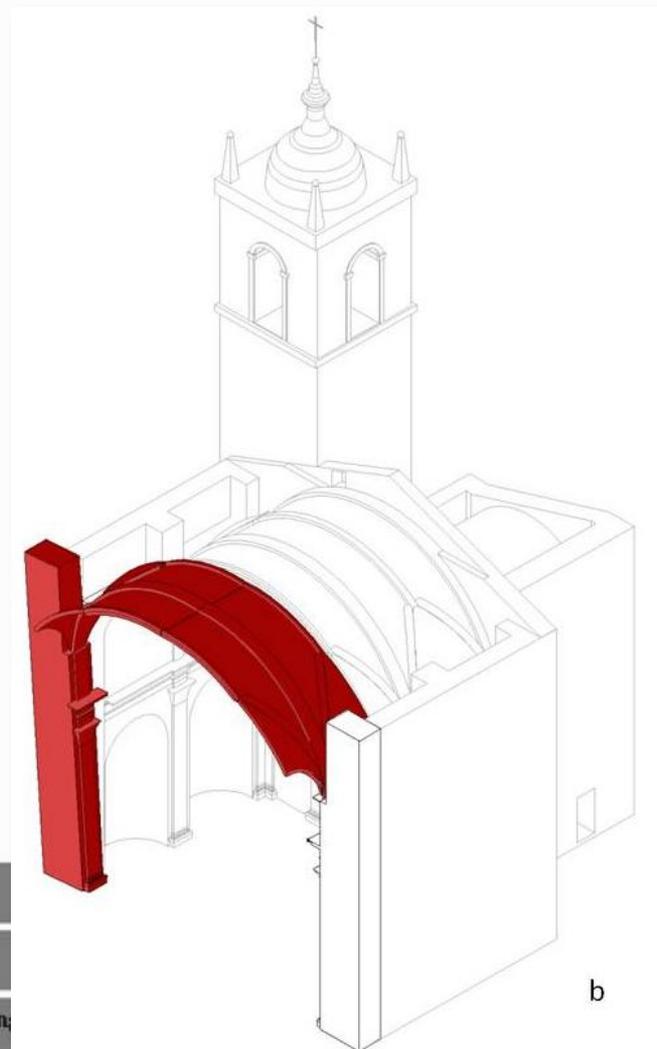
R ISANARE

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.



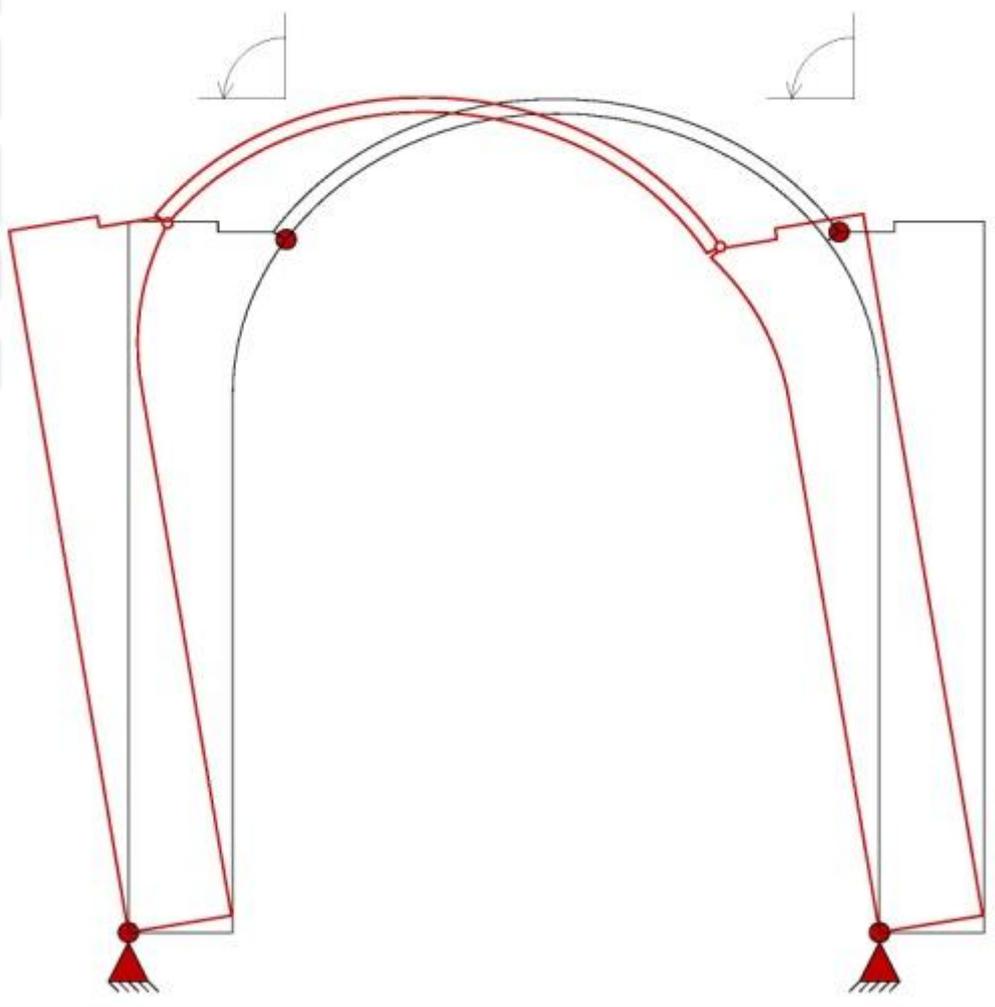
R ISTRUTTURARE

R ISANARE

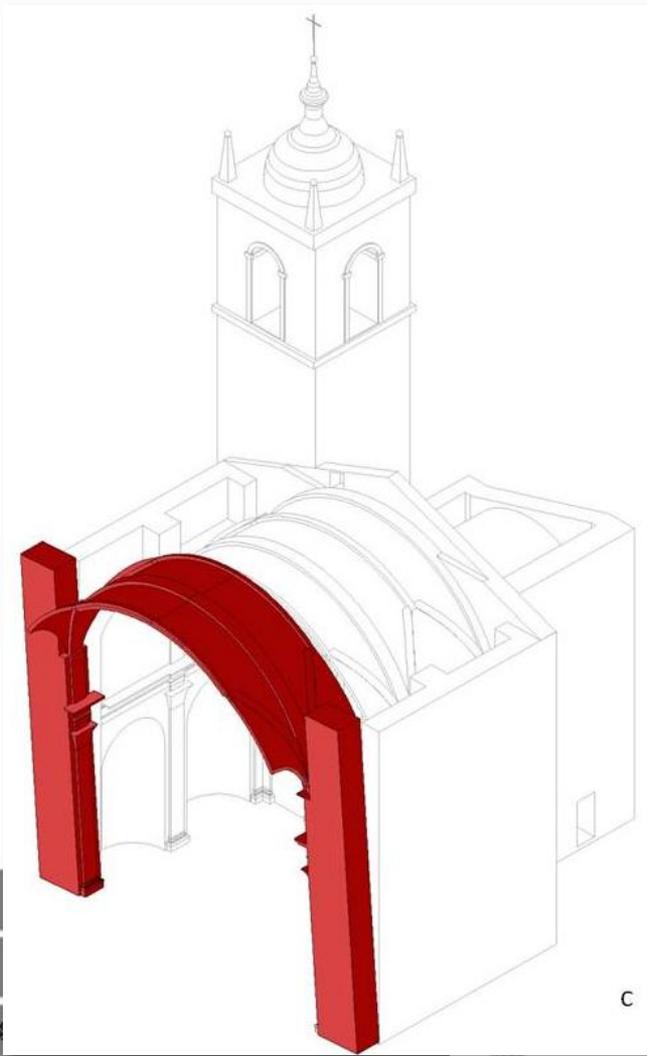
R IQUALIFICARE

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



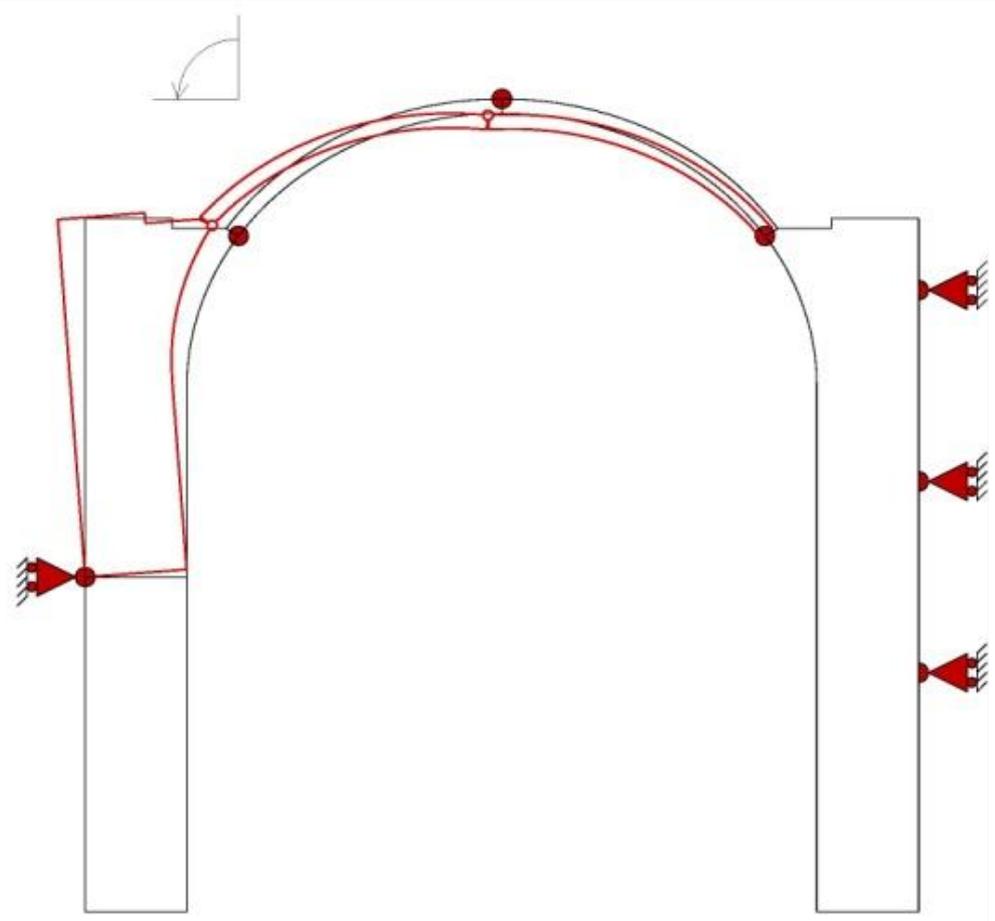
R ISTRUTTURARE

R ISANARE

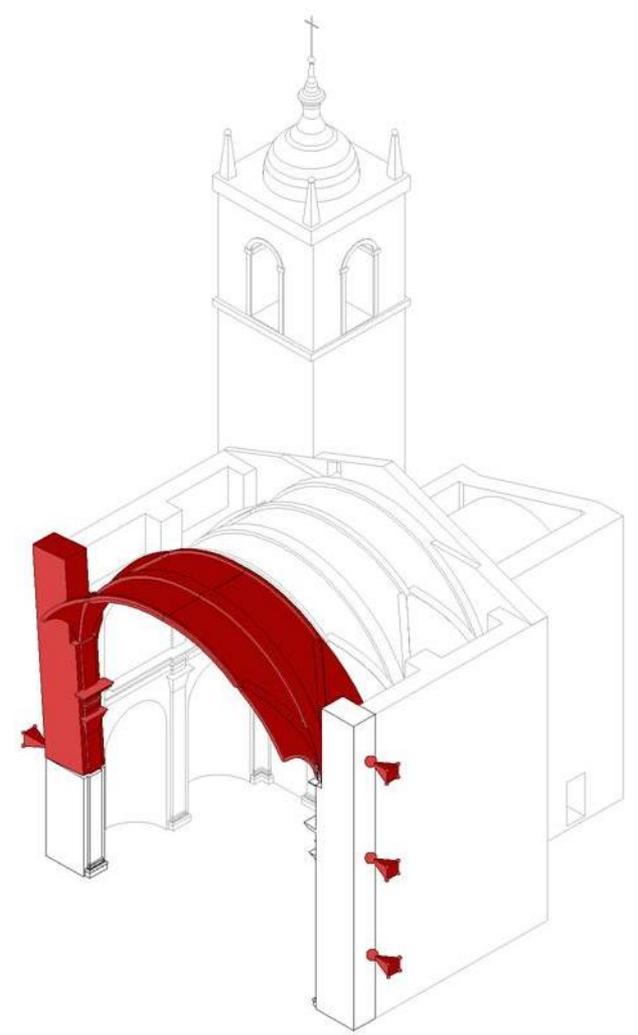
R IQUALIFICARE

Abaco dei meccanismi

- 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).

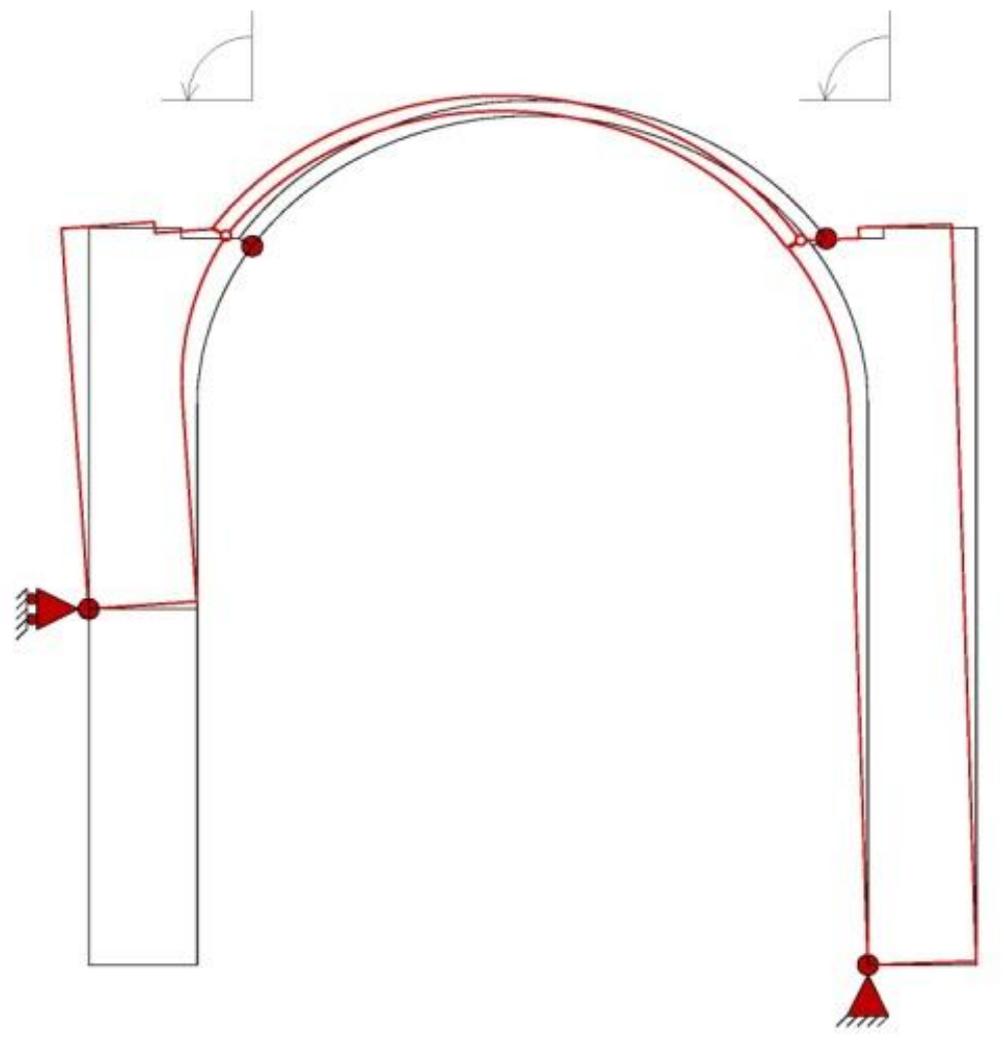


R ISTRUTTURARE

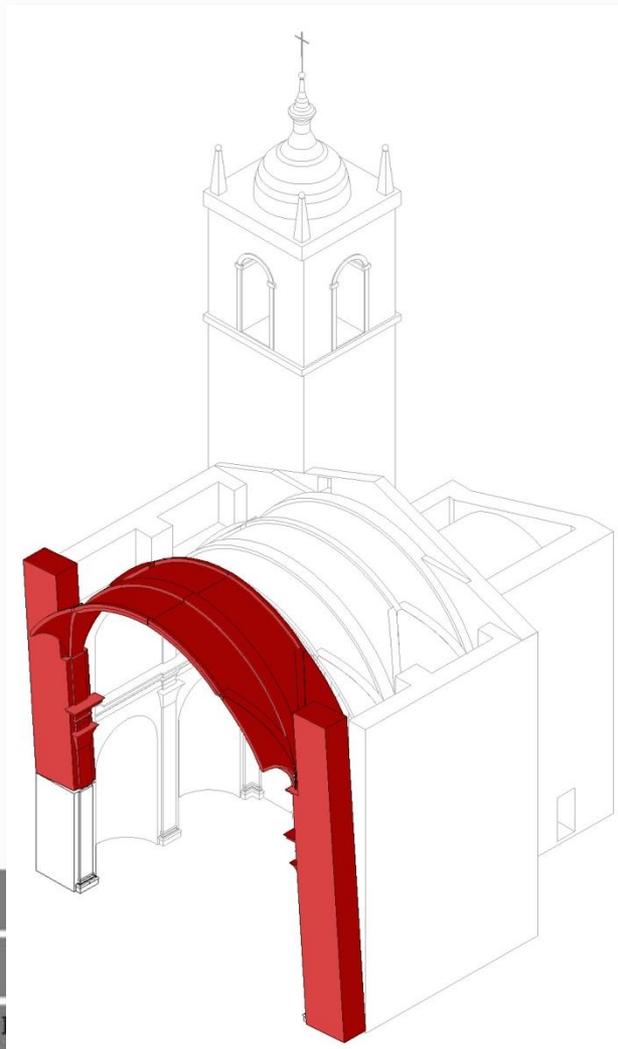
R ISANARE

R IQUALIFICARE

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



Cinematismo F₈
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*

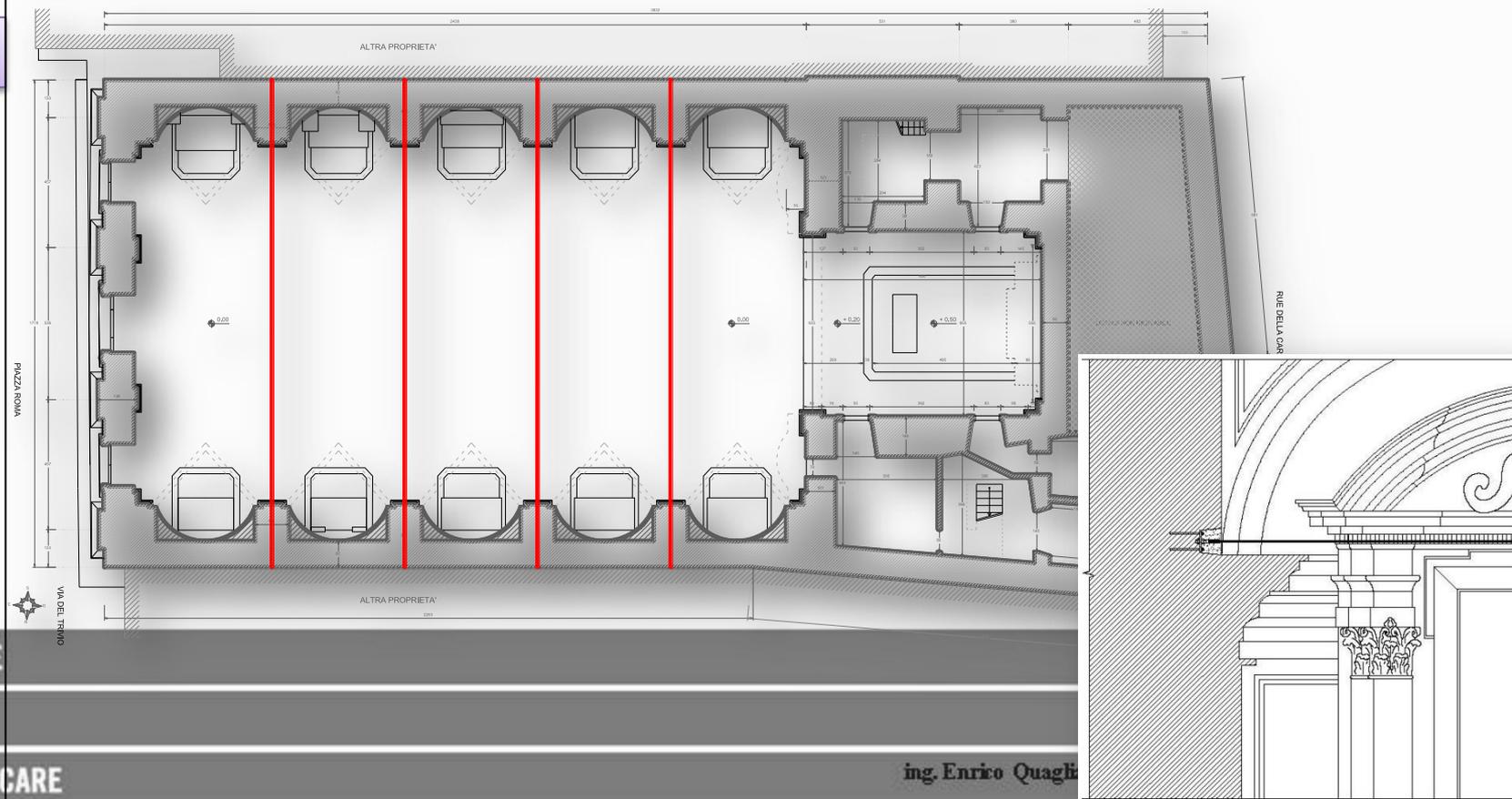
2

**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**

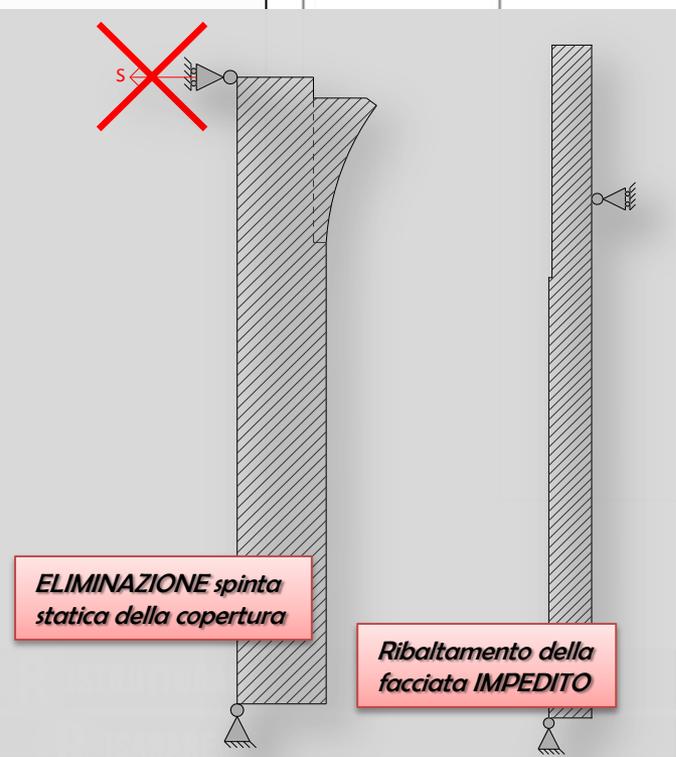
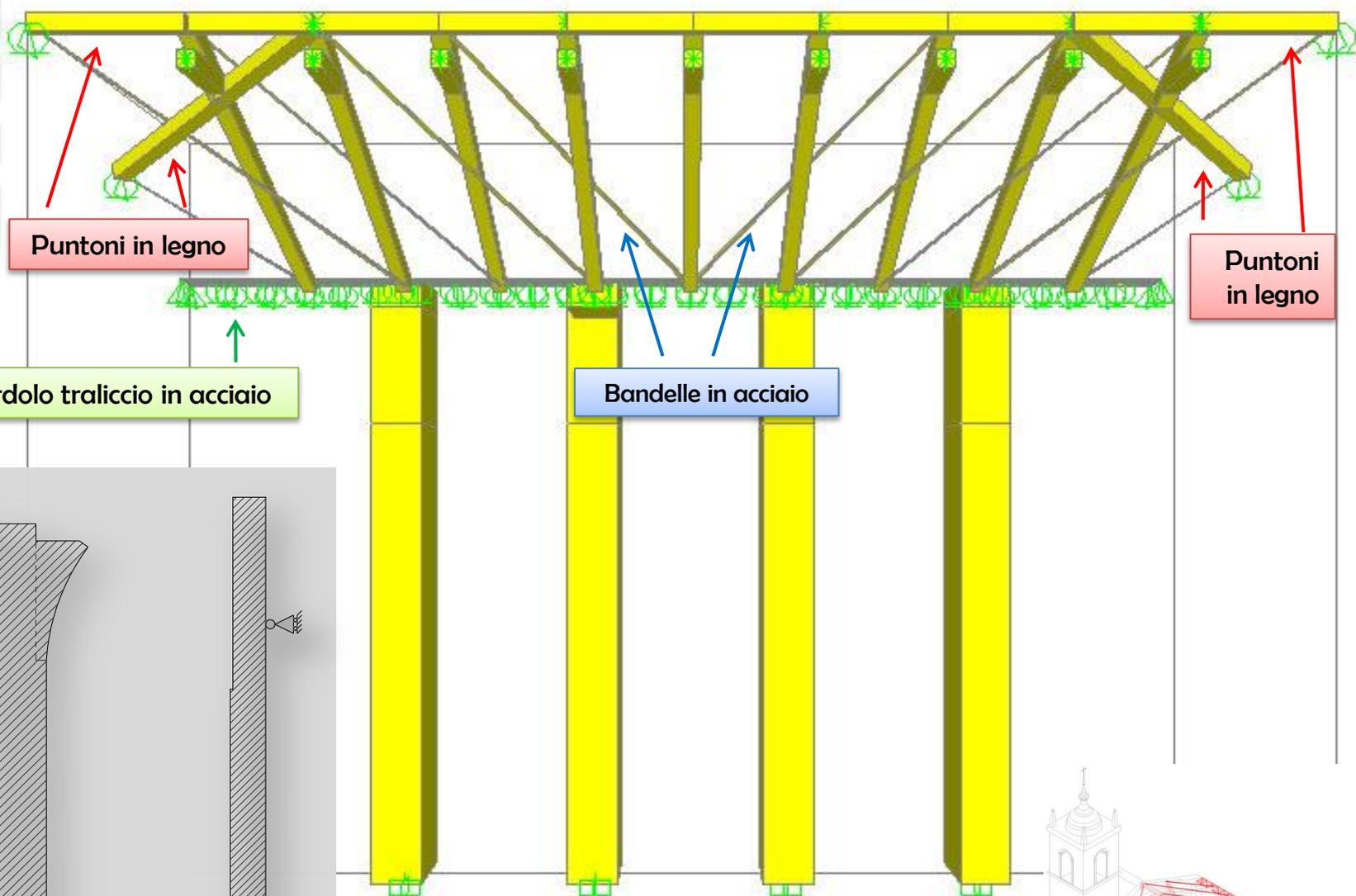


**Ridurre o eliminare al minimo le spinte
statiche derivanti dalle strutture spingenti:
volta in muratura e orditura della copertura**



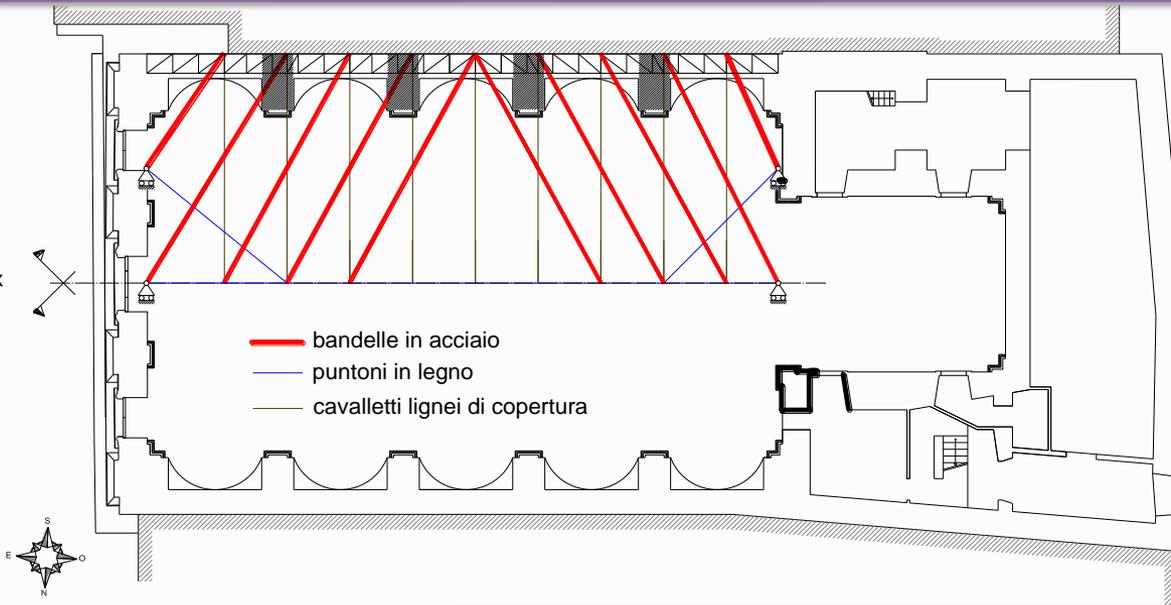
Intervento
**Realizzazione di una trave reticolare disposta nel
piano di ognuna delle due falde del tetto**

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



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

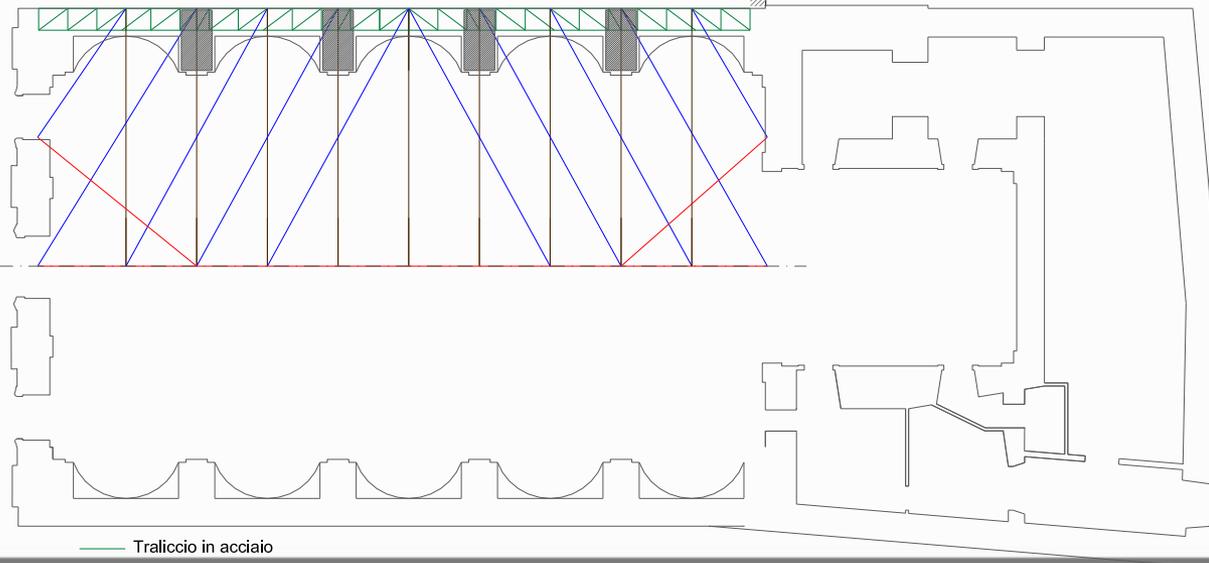
- Analisi storico – critica
- Rilievo
- Caratterizzazione meccanica materiali
- Livelli di conoscenza e fattori di confidenza
- Azioni
- Macroelementi
- Intervento di Miglioramento



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

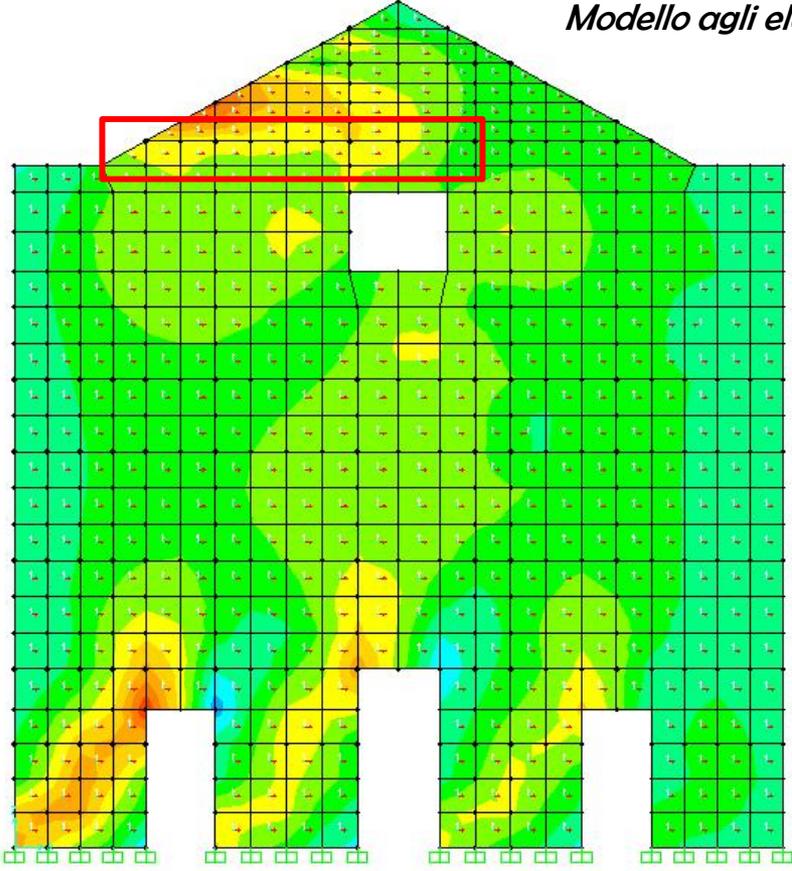
- Traliccio in acciaio
- Bandelle metalliche
- Puntoni in legno
- Cavalletti lignei di copertura



| |
|---|
| 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.

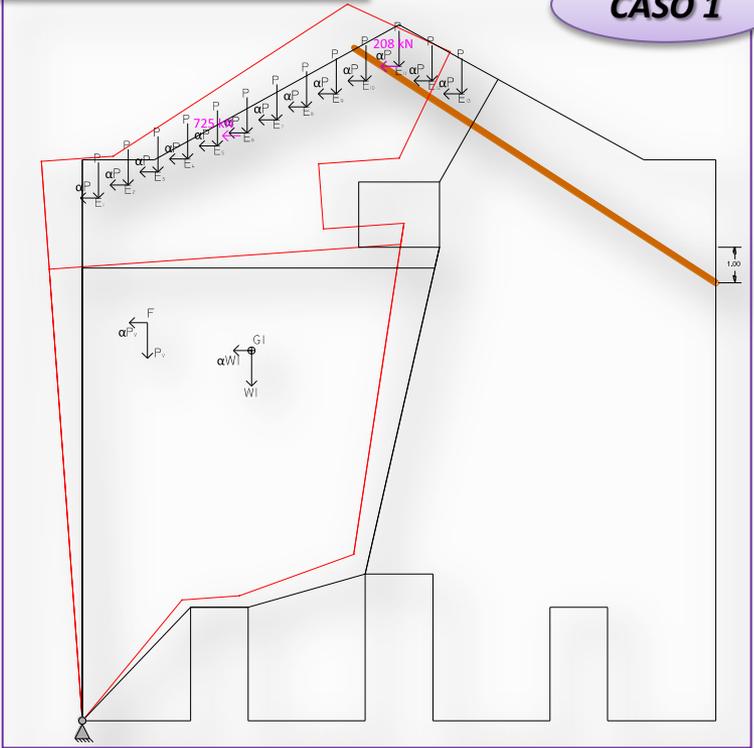
Per valutare l'efficacia dei tiranti inclinati



Meccanismi di secondo modo: nel piano della facciata

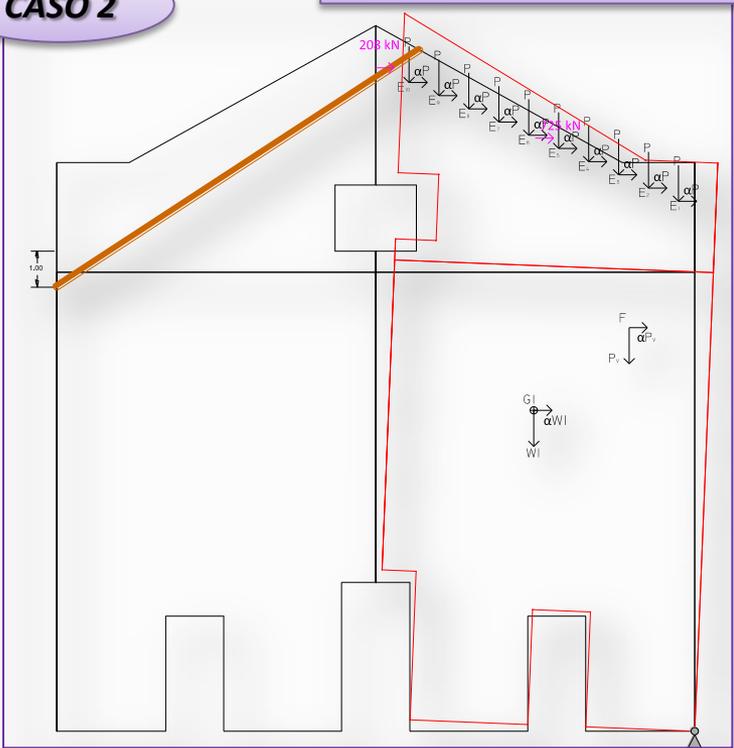
Meccanismo con lesione trasversale su tutta la facciata

CASO 1



CASO 2

Meccanismo con lesione centrale

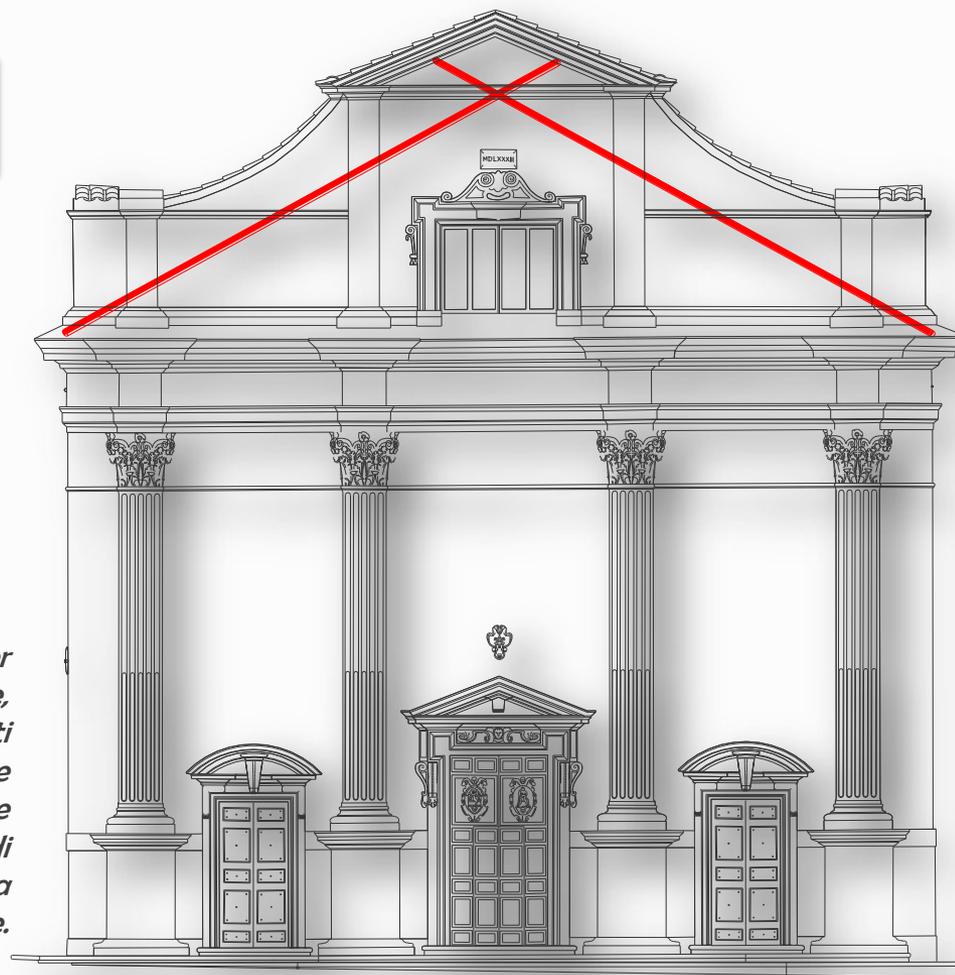


Per scongiurare lo scorrimento della
porzione superiore della facciata



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

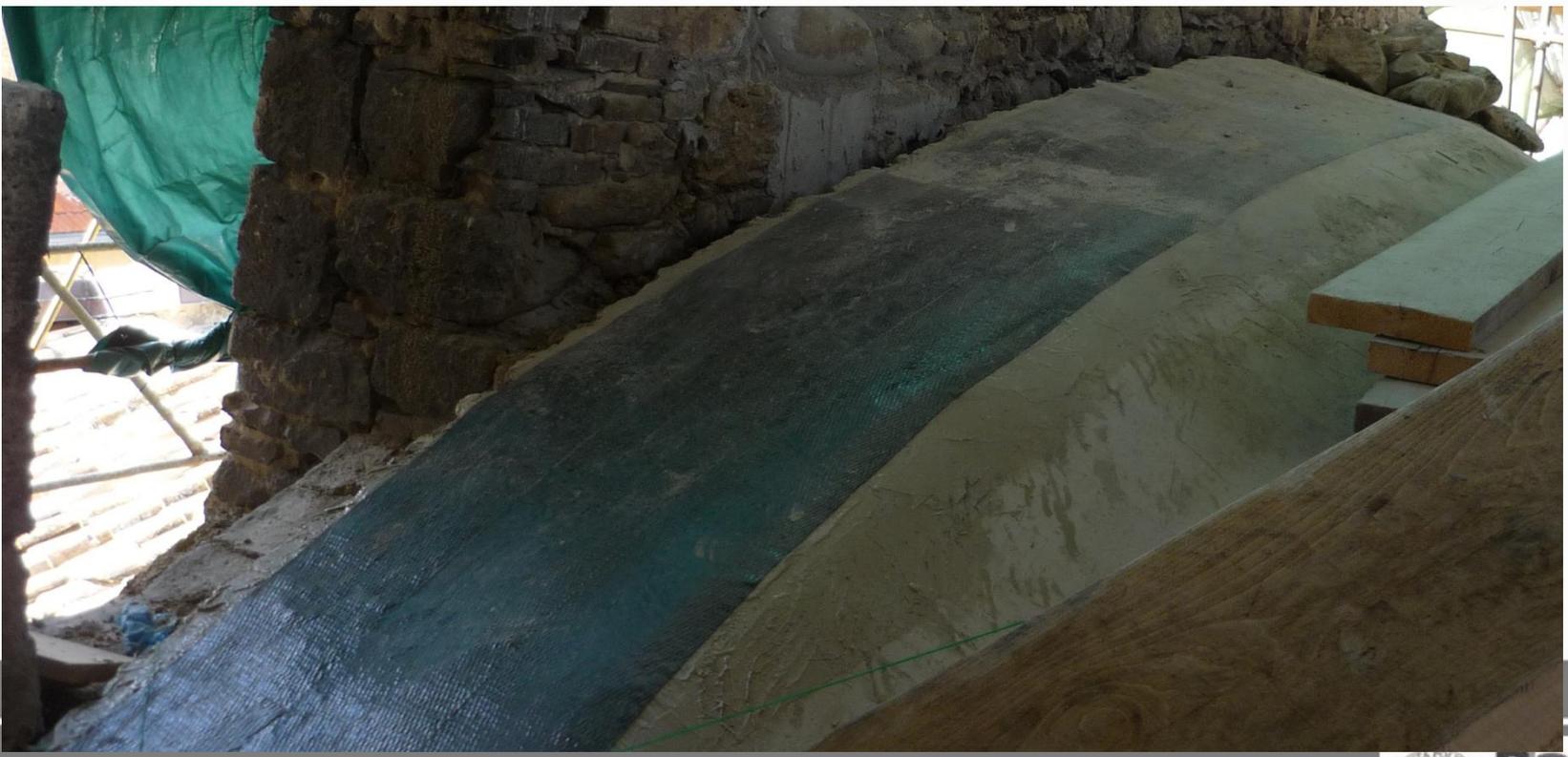
Azioni

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

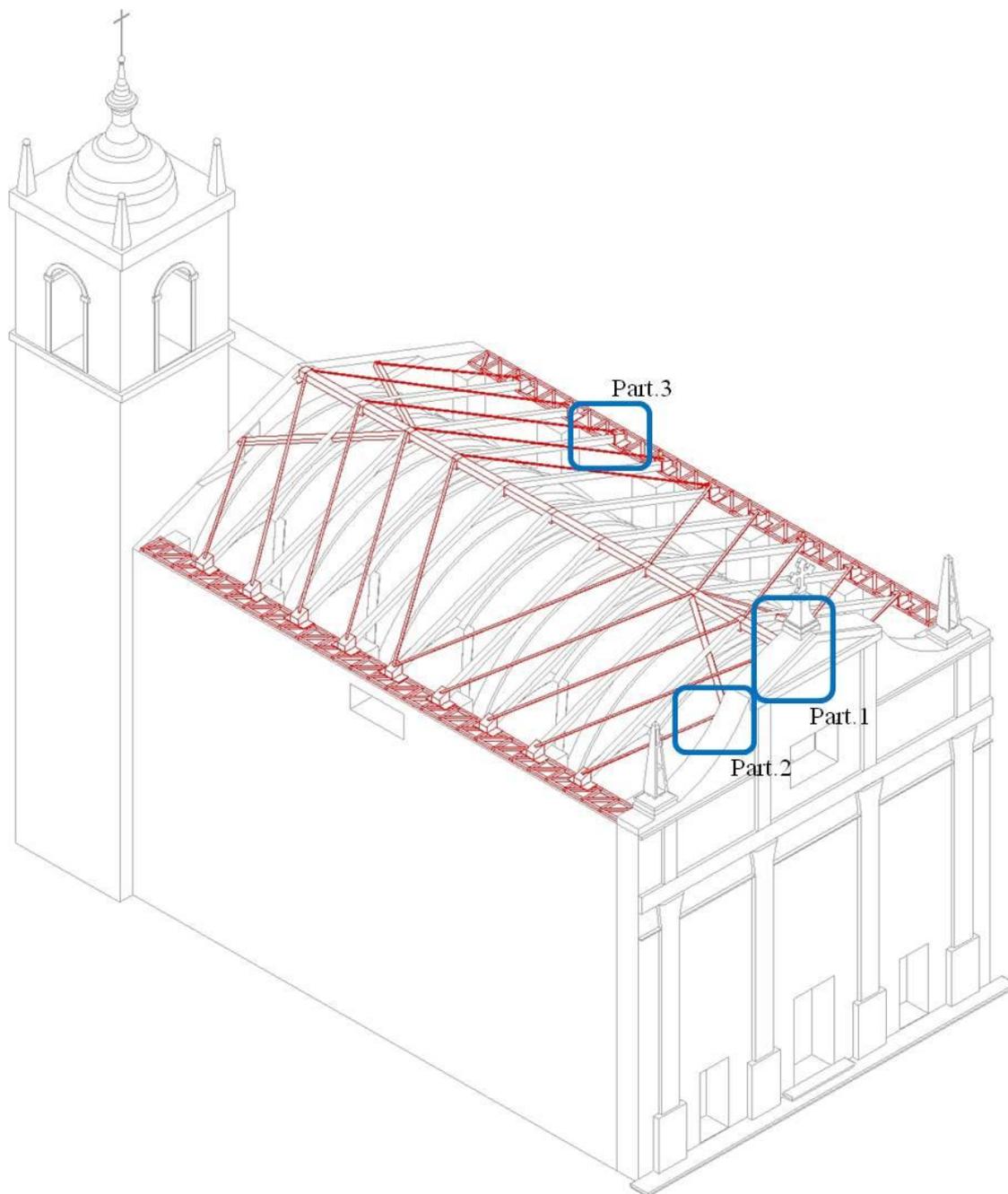
Caratterizzazione
meccanica materiali

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**

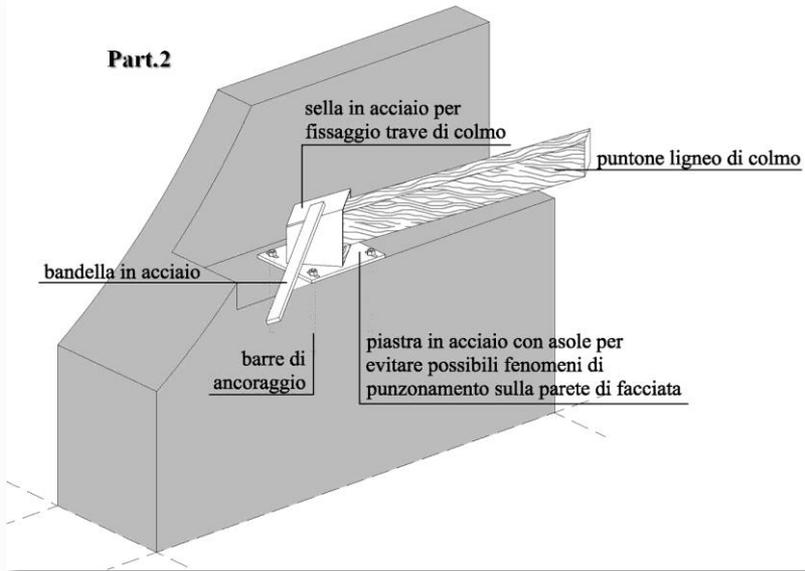
Individuazione dei **nodi**
(A – Part. 2 e B – Part. 1) in
corrispondenza della
facciata principale e della
parete a essa speculare

R ISTRUTTURARE

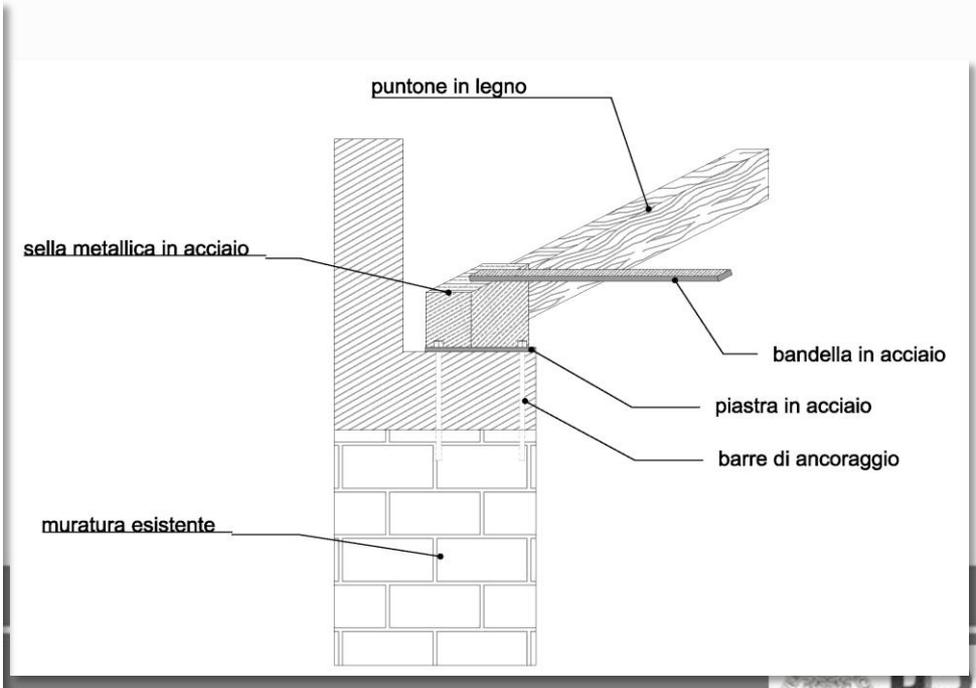
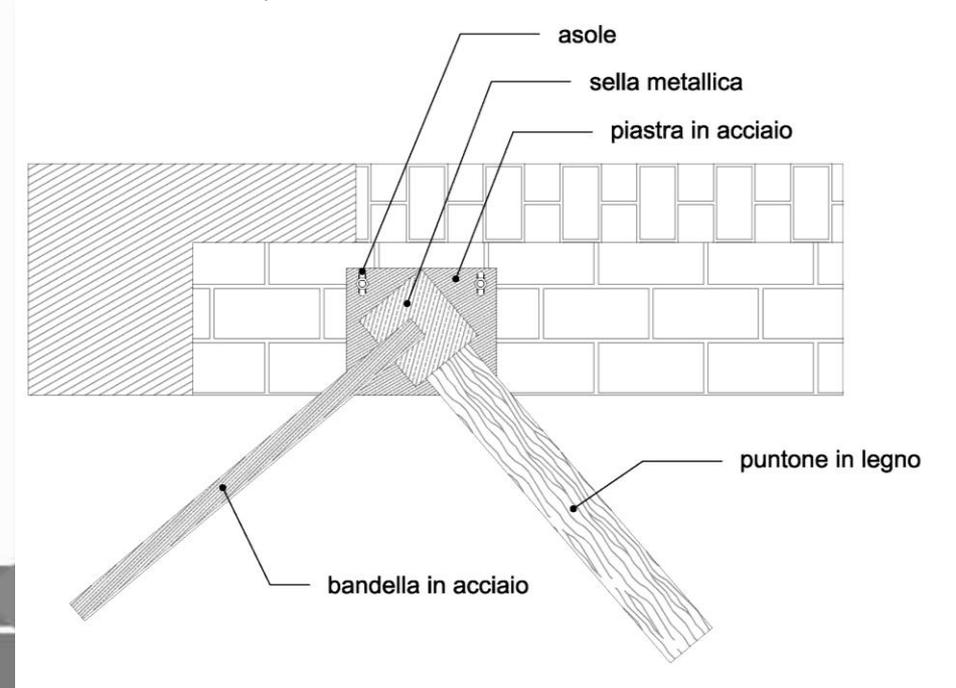
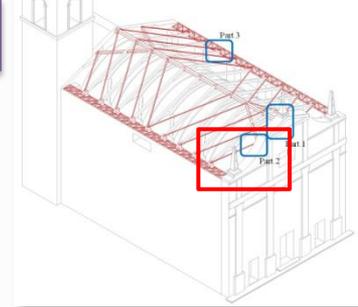
R ISANARE

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

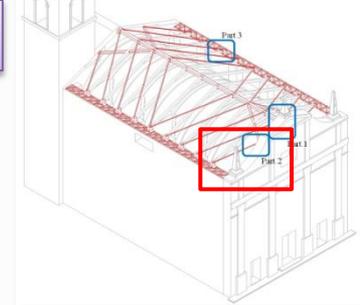
Azioni

Macroelementi

Intervento di
Miglioramento



Nodo A



Asole per la
realizzazione
del carrello



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE

Analisi storico – critica

Rilievo

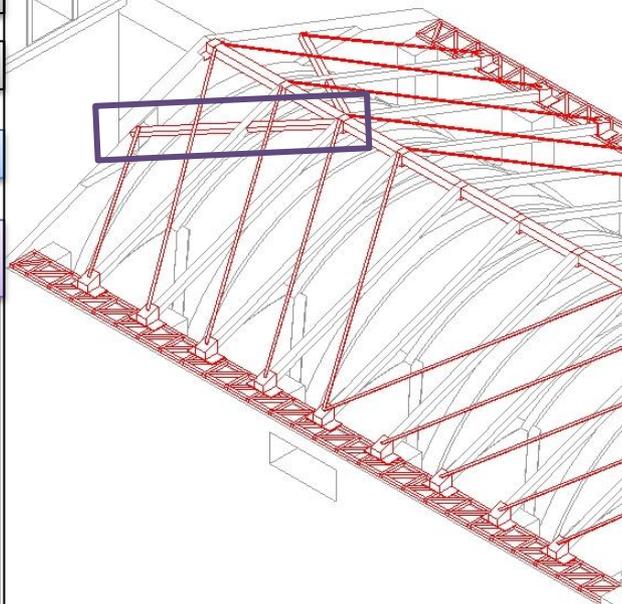
Caratterizzazione
meccanica materiali

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



1



2

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**



Bandelle metalliche →

Puntoni in legno →

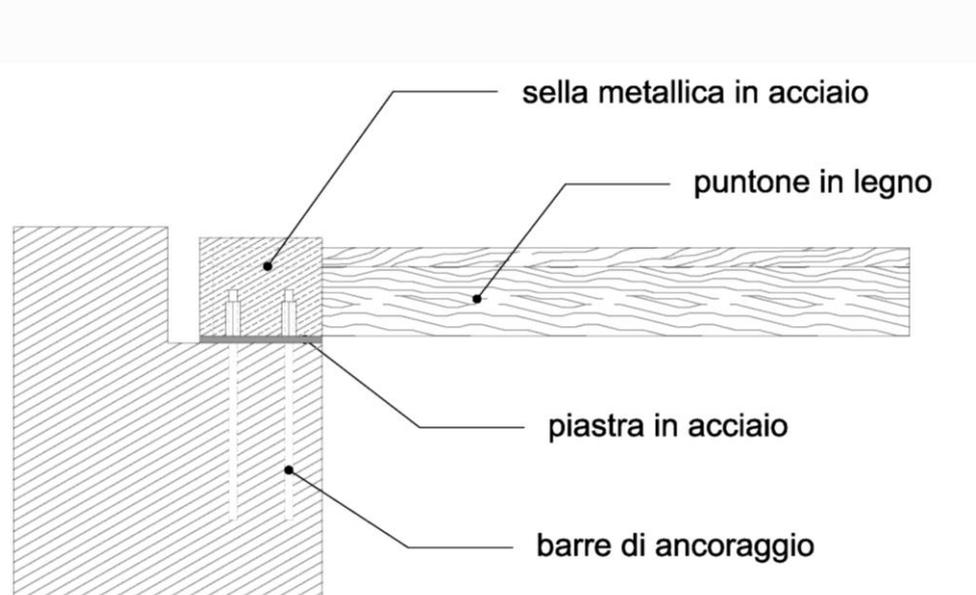
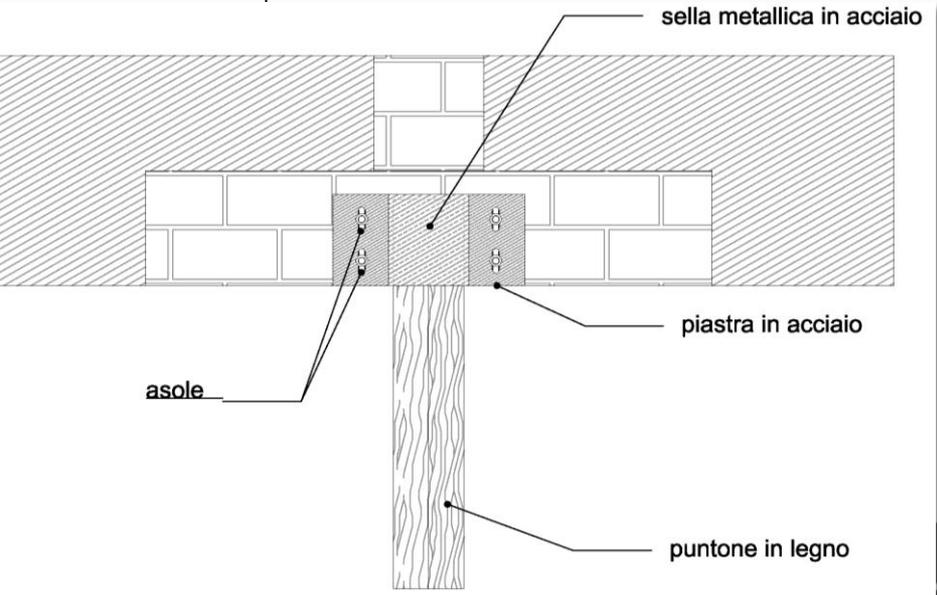
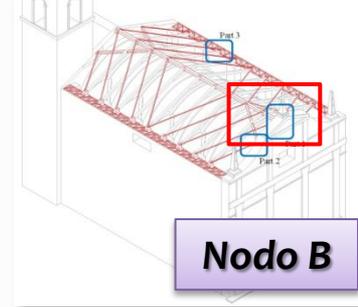
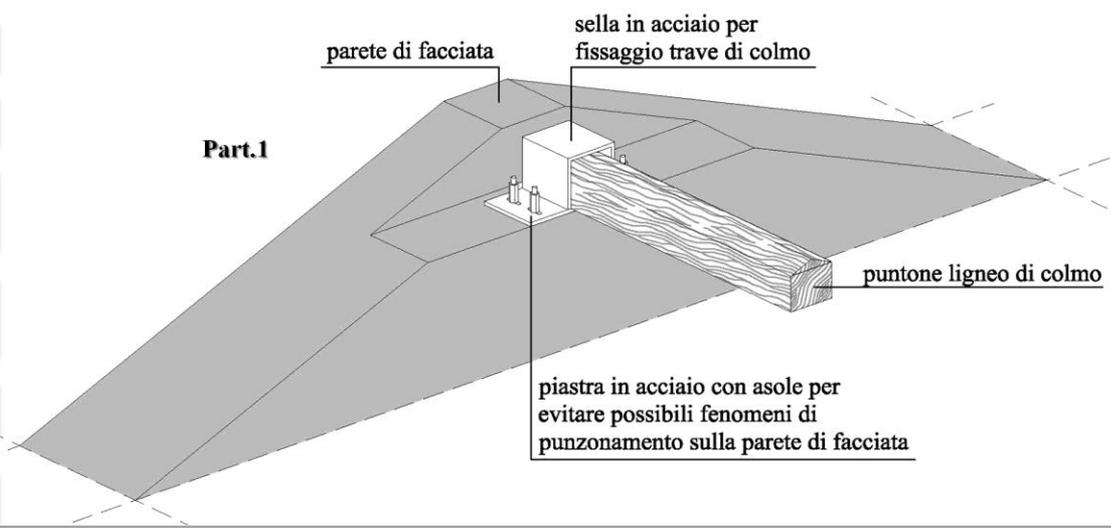


R ISTRUTTURARE

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

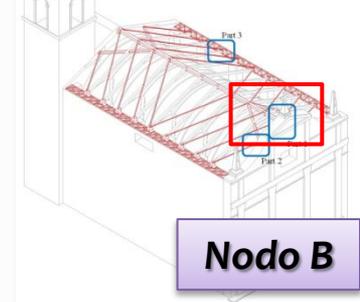
Caratterizzazione
meccanica materiali

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

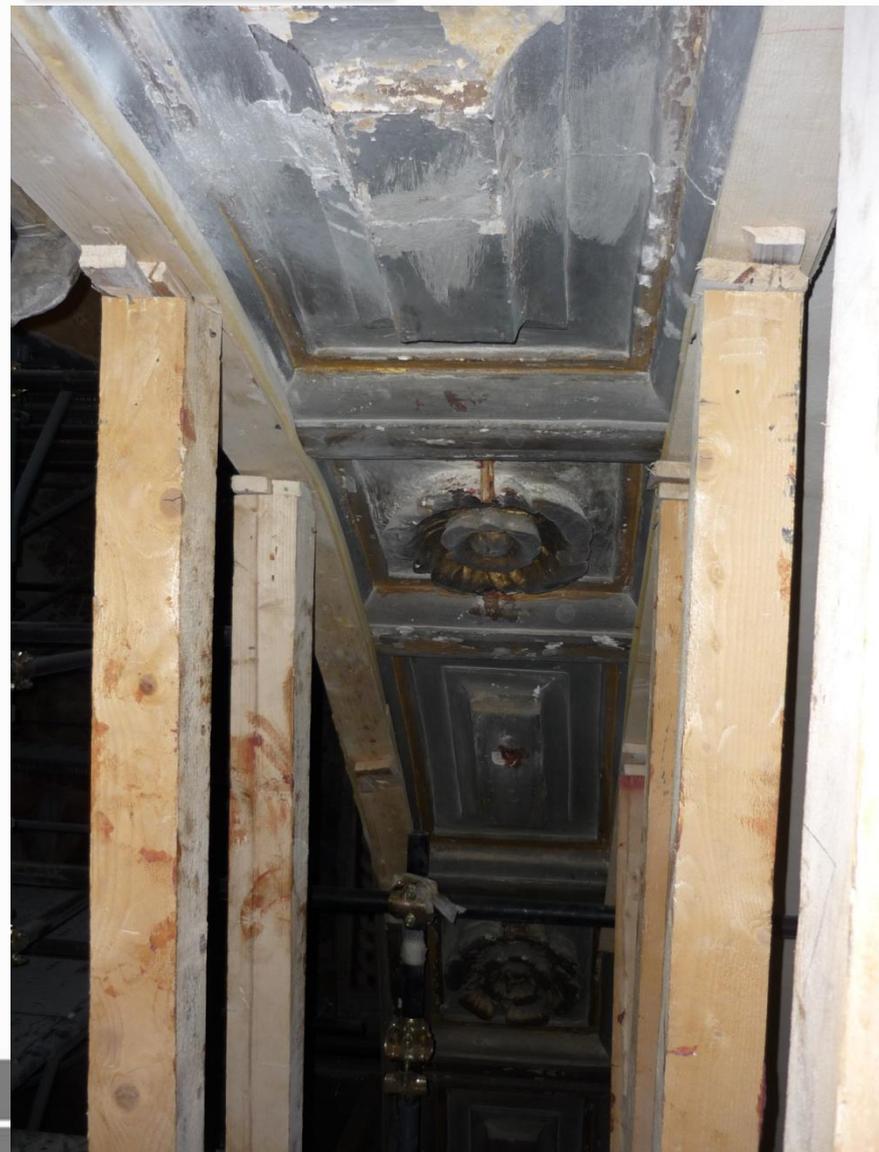
Azioni

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

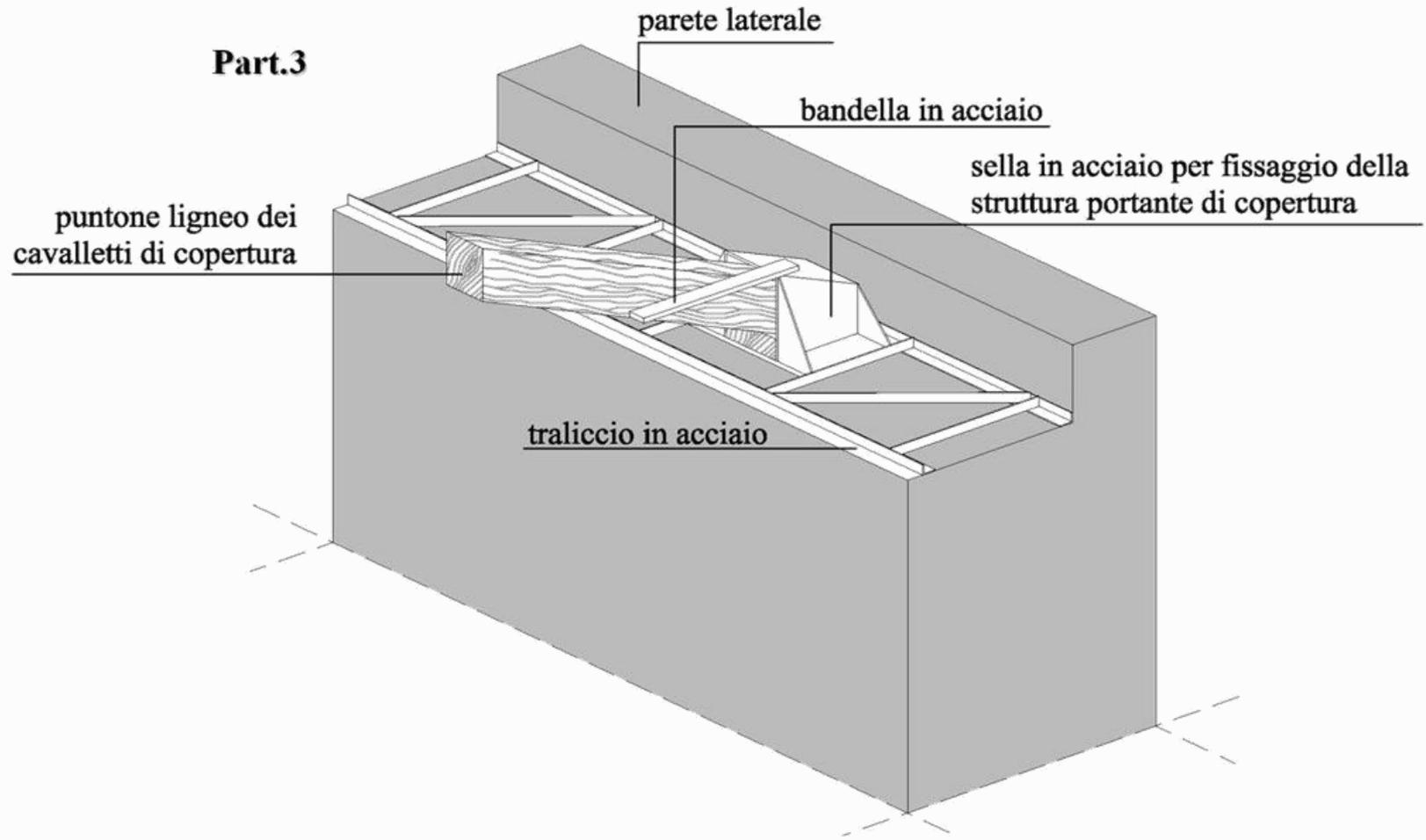
Azioni

Macroelementi

Intervento di Miglioramento

Intervento in COPERTURA

Part.3



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE



Analisi storico – critica

Rilievo

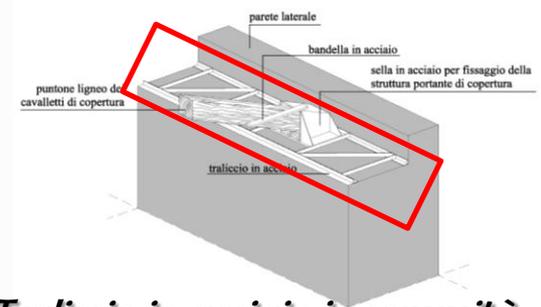
Caratterizzazione meccanica materiali

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

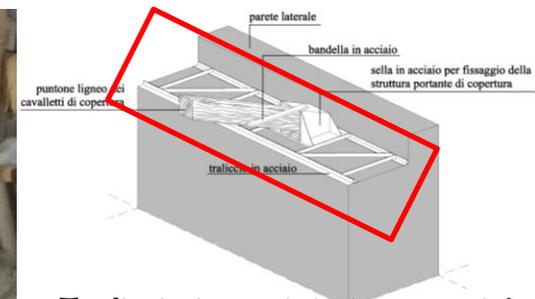
Caratterizzazione
meccanica materiali

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



R ISTRUTTURARE

R ISANARE

R IQUALIFICARE



Analisi storico – critica

Rilievo

Caratterizzazione
meccanica materiali

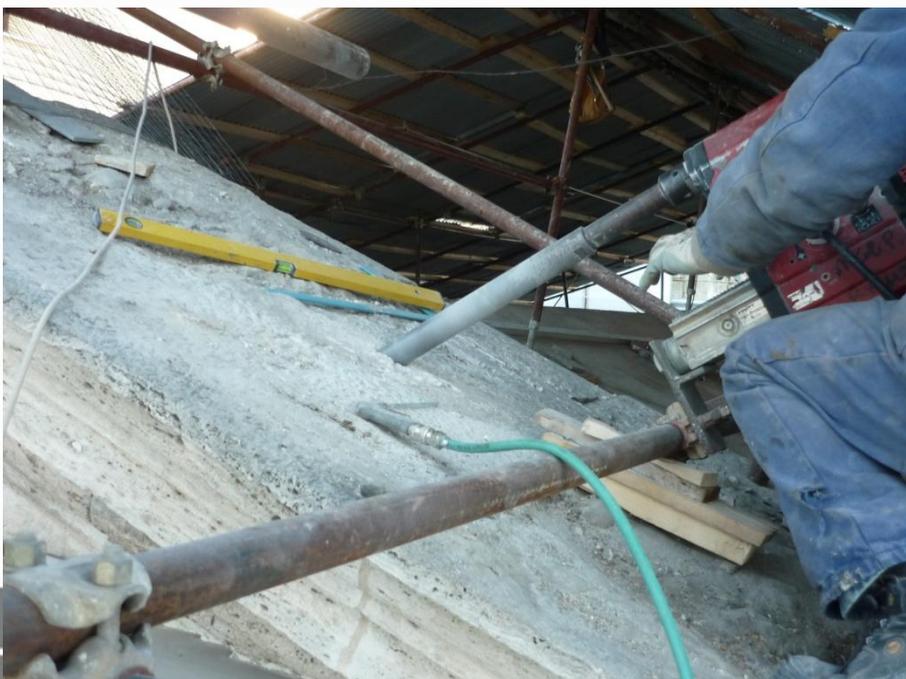
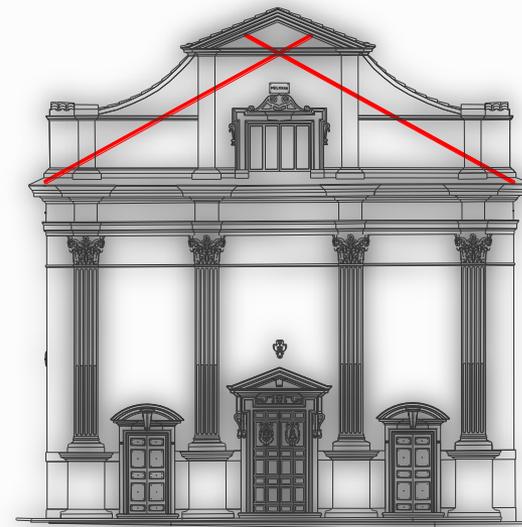
Livelli di conoscenza e
fattori di confidenza

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**