



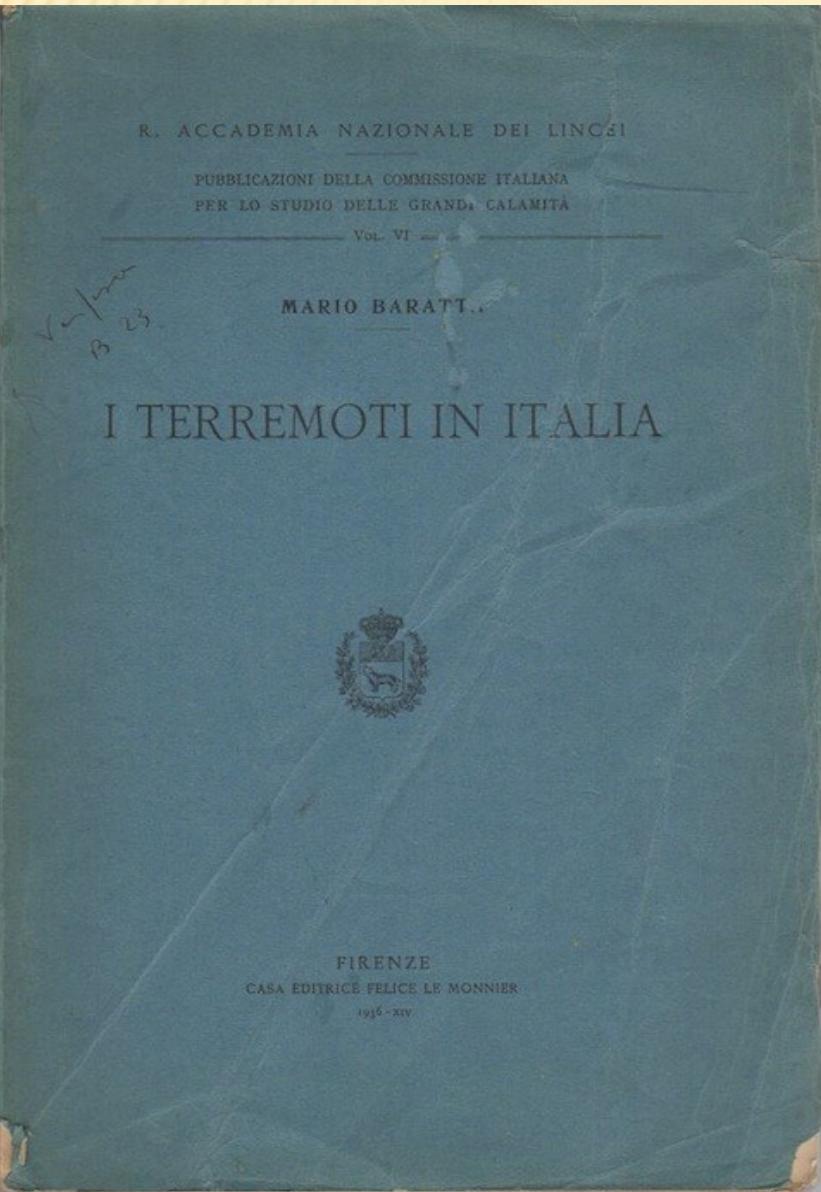
# **VERONA, 1117. UNA LEZIONE ANCHE PER OGGI ?**

**900° anniversario del più grande  
TERREMOTO dell'Italia settentrionale**

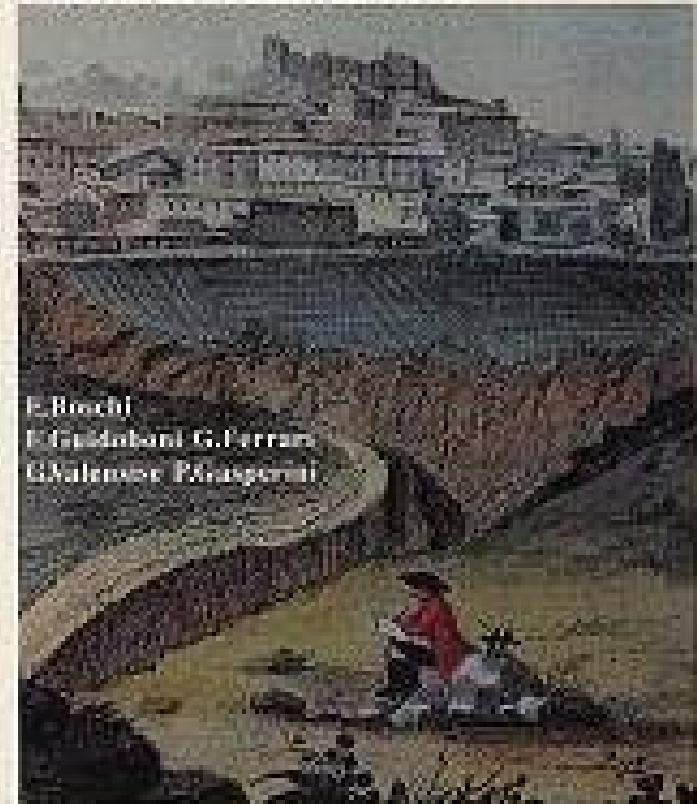
# LA SISMOLOGIA STORICA

- ✖ «si occupa dei terremoti nel tempo; ossia dei singoli terremoti avvenuti per il passato; ne studia gli effetti, i documenti; li cataloga; ne raccoglie le notizie bibliografiche» (Treccani)
- ✖ Dalla distribuzione degli effetti deduce i parametri del terremoto (data, ora, localizzazione, intensità epicentrale e magnitudo)
- ✖ Interdisciplinarietà (storici, geologi, fisici): competenze umanistiche e scientifiche
- ✖ Contributi di archeosismologia e sismografia storica
- ✖ In Italia dal XV iniziano cataloghi di terremoti

# LA SISMOLOGIA STORICA



## Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990

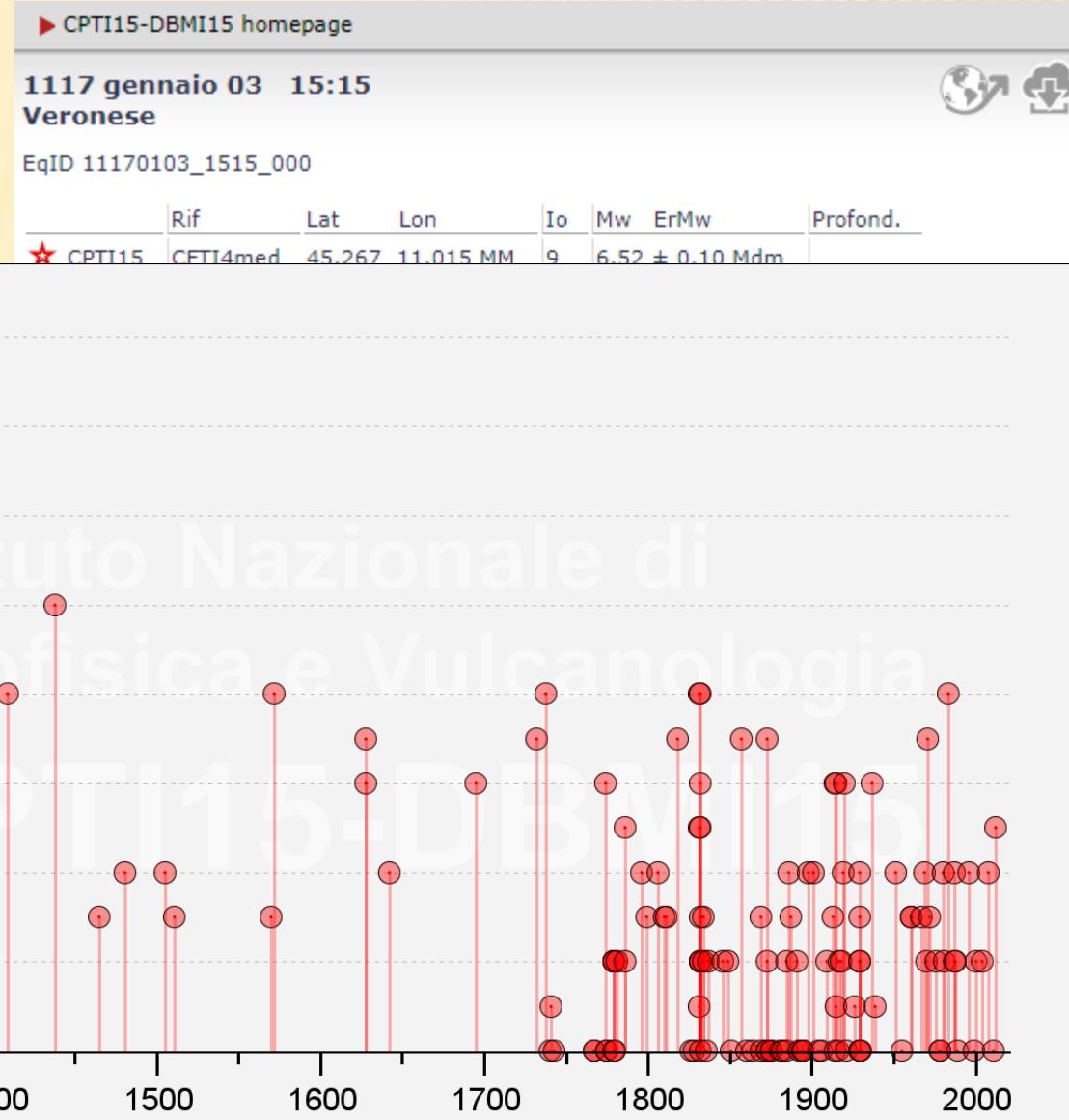


Istituto Nazionale di Geofisica  
SGA - storia geofisica ambientale

2

# LA SISMOLOGIA STORICA

- ✖ <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>



# **L'UTILITA' DI GUARDARE AL PASSATO**

- ✖ Per la definizione della pericolosità sismica
- ✖ Per studiare la vulnerabilità degli edifici
- ✖ Per capire la storia



# EQUAZIONE DEL RISCHIO UNESCO (1984)

$$\times R = H \times V \times E$$

**Pericolosità (H)** = probabilità che un fenomeno potenzialmente dannoso si verifichi;

**Vulnerabilità (V)** = grado di perdita atteso derivante da un fenomeno distruttivo;

**Elementi a rischio (E)** = popolazione, proprietà, attività economiche a rischio;

**Rischio totale (R)** = grado delle perdite attese in termini di vite umane, feriti, danni alla proprietà e alle infrastrutture, danni diretti e indiretti all'economia a causa di una determinata pericolosità.



# LA PERICOLOSITA' SISMICA



## Classificazione 1909

(terremoto Messina 1908:  
72000 morti)

# LA PERICOLOSITA' SISMICA



## Classificazione 1927

Terremoto Avezzano 1915: 33000 morti  
Terremoto Mugello 1919: 100 morti  
Terremoto Garfagnana 1920: 171 morti

# LA PERICOLOSITA' SISMICA



Classificazione 1935

# LA PERICOLOSITA' SISMICA



Classificazione 1962

# LA PERICOLOSITA' SISMICA

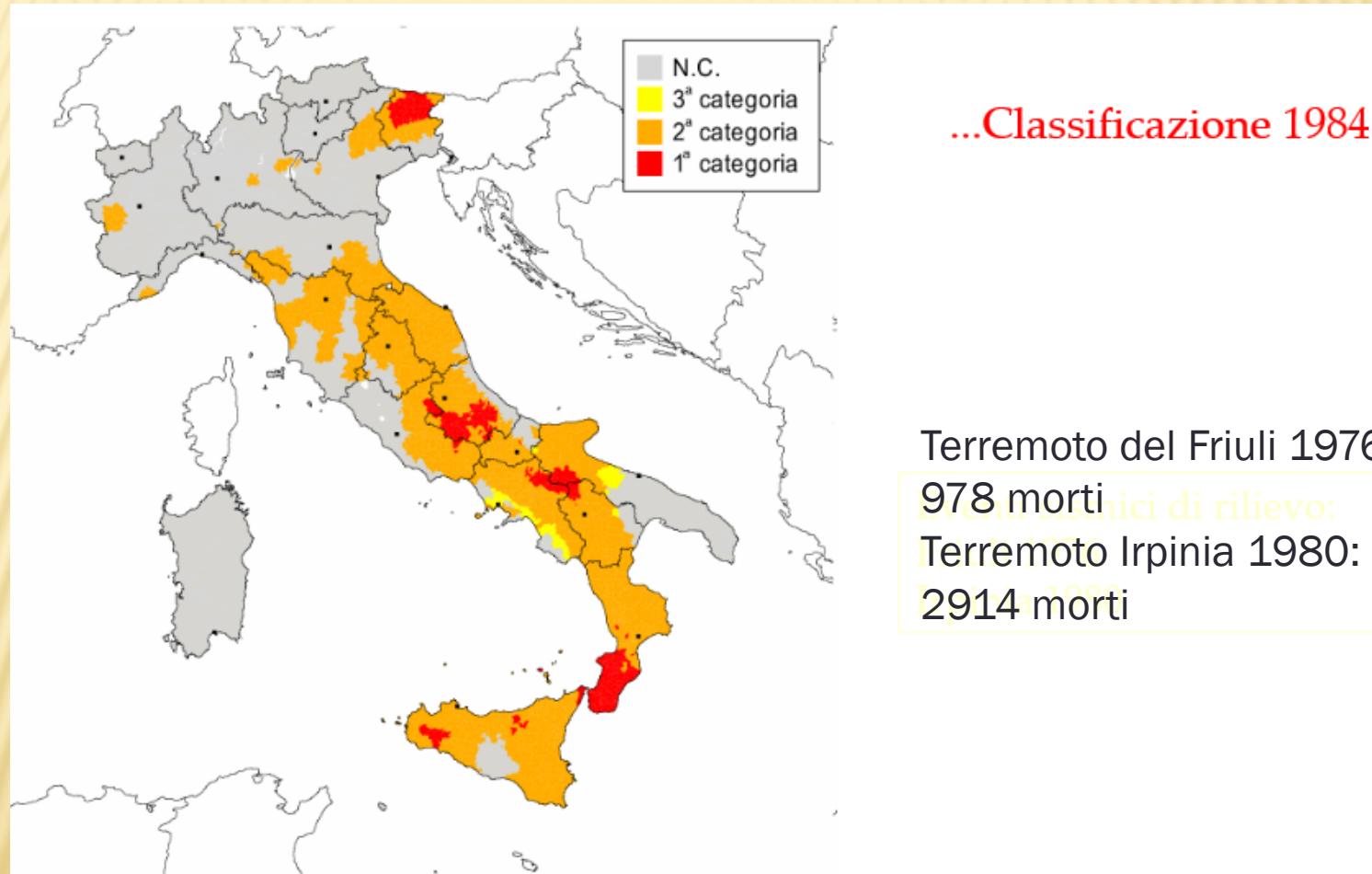


## Classificazione 1975

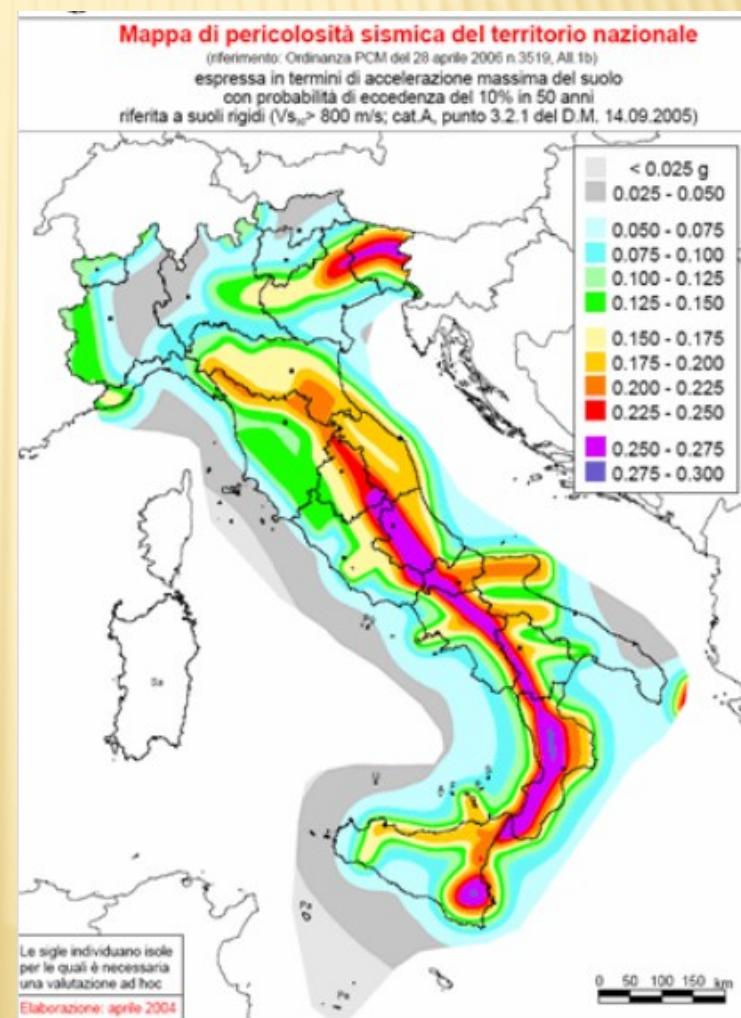
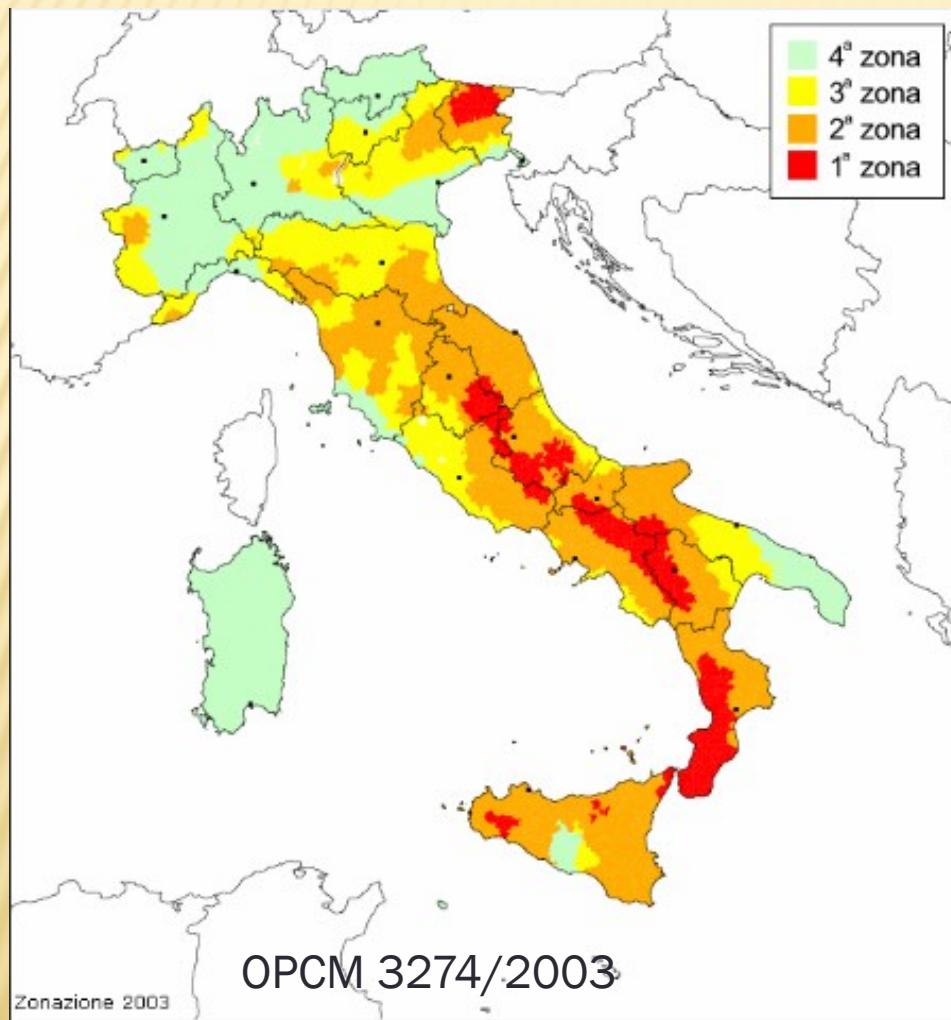
Terremoto del Belice 1968:  
400 morti

Legge 64 del 1974 per le  
costruzioni in zone  
sismiche

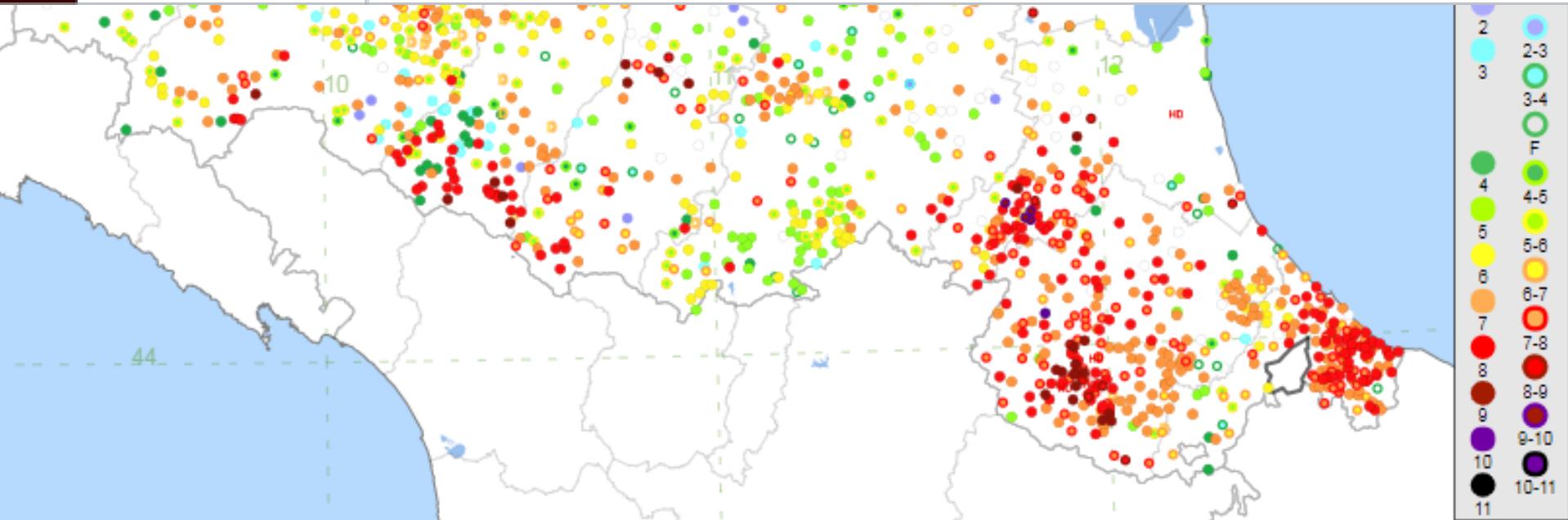
# LA PERICOLOSITA' SISMICA



# LA PERICOLOSITA' SISMICA



Grado	Scossa	Descrizione
I	impercettibile	Avvertita solo dagli strumenti sismici.
II	molto leggera	Avvertita solo da qualche persona in opportune condizioni.
III	leggera	Avvertita da poche persone. Oscillano oggetti appesi con vibrazioni simili a quelle del passaggio di un'automobile.
IV	moderata	Avvertita da molte persone; tremito di infissi e cristalli, e leggere oscillazioni di oggetti appesi.
V	piuttosto forte	Avvertita anche da persone addormentate; caduta di oggetti.
VI	forte	Qualche leggera lesione negli edifici e finestre in frantumi.
VII	molto forte	Caduta di fumaioli, lesioni negli edifici.
VIII	rovinosa	Rovina parziale di qualche edificio; qualche vittima isolata.
IX	distruttiva	Rovina totale di alcuni edifici e gravi lesioni in molti altri; vittime umane sparse ma non numerose.
X	completamente distruttiva	Rovina di molti edifici; molte vittime umane; crepacci nel suolo.
XI	catastrofica	Distruzione di agglomerati urbani; moltissime vittime; crepacci e frane nel suolo; maremoto.
XII	apocalittica	Distruzione di ogni manufatto; pochi superstiti; sconvolgimento del suolo; maremoto distruttivo.

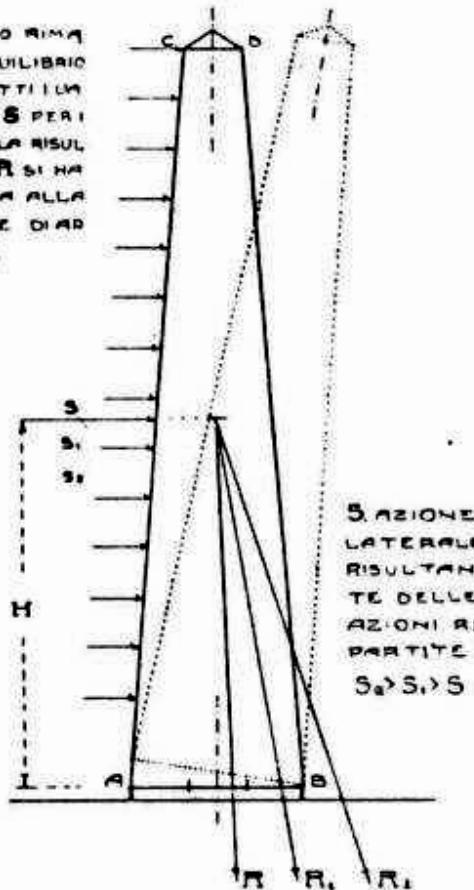


# LA VULNERABILITA' SISMICA

## SISTEMI STATICI ELEMENTARI

### MONOLITE VERTICALE APPOGGIATO

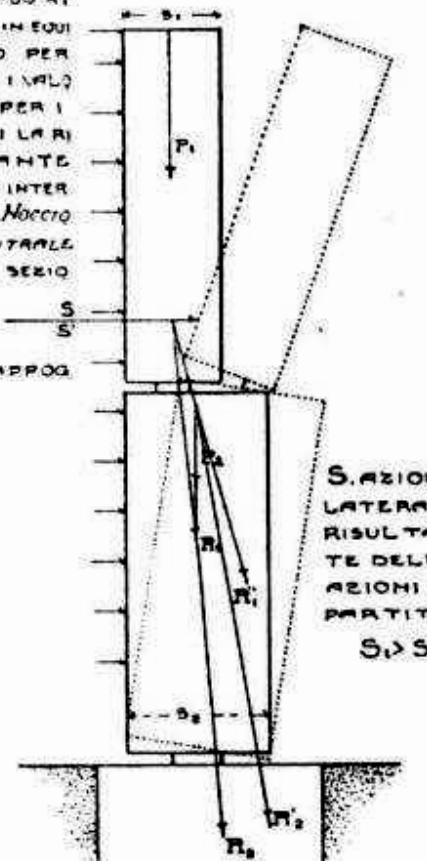
IL SOLIDO RIMA  
NE IN EQUILIBRIO  
PER TUTTI I VAL-  
ORI DI  $S$  PER I  
QUALI LA RISUL-  
TANTE  $R$  SI HA  
INTERNA ALLA  
SEZIONE DI APPOG-  
GIO.



### SOLIDO MURALE APPOGGIATO

IL SOLIDO RI-  
MANE IN EQUI-  
LIBRIO PER  
TUTTI I VAL-  
ORI DI  $S$  PER I  
QUALI LA RI-  
SULTANTE  
R SIA INTER-  
NA AL NOCCIO  
O CENTRALE  
DELLA SEZIO-

NE D'APPOG-  
GIO.



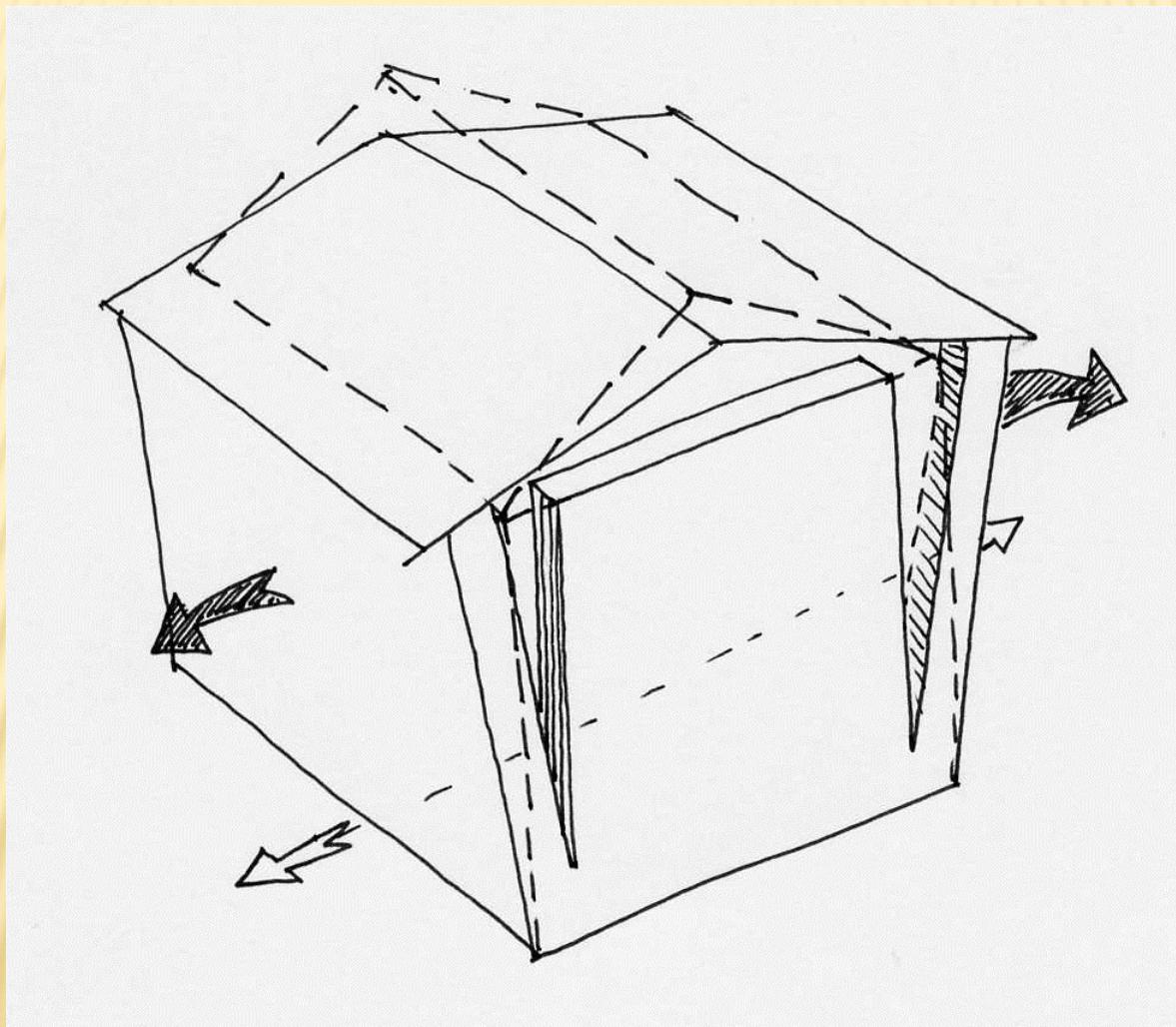
### TRAVE ELASTICA VERTICALE INCASTRATA

LA TRAVE RI-  
MANE IN EQUI-  
LIBRIO ANCHE  
PER I VALORI  
DI  $S$  PER I QUA-  
LITÀ LA RISUL-  
TANTE  $R$  SIA COM-  
PLETAMENTE  
ESTERNA AL  
LA SEZIONE  
D'INCASTRO.  
IL SOLIDO SI  
DEFORMA CO-  
ME IN FIGURA

(Quanto ai limi-  
te dei valori di  
S vedi testo)

S. AZIONE  
LATERALE  
RISULTAN-  
TE DELLE  
AZIONI RI-  
PARTITE.

- MODO «1»: MECCANISMI LOCALI



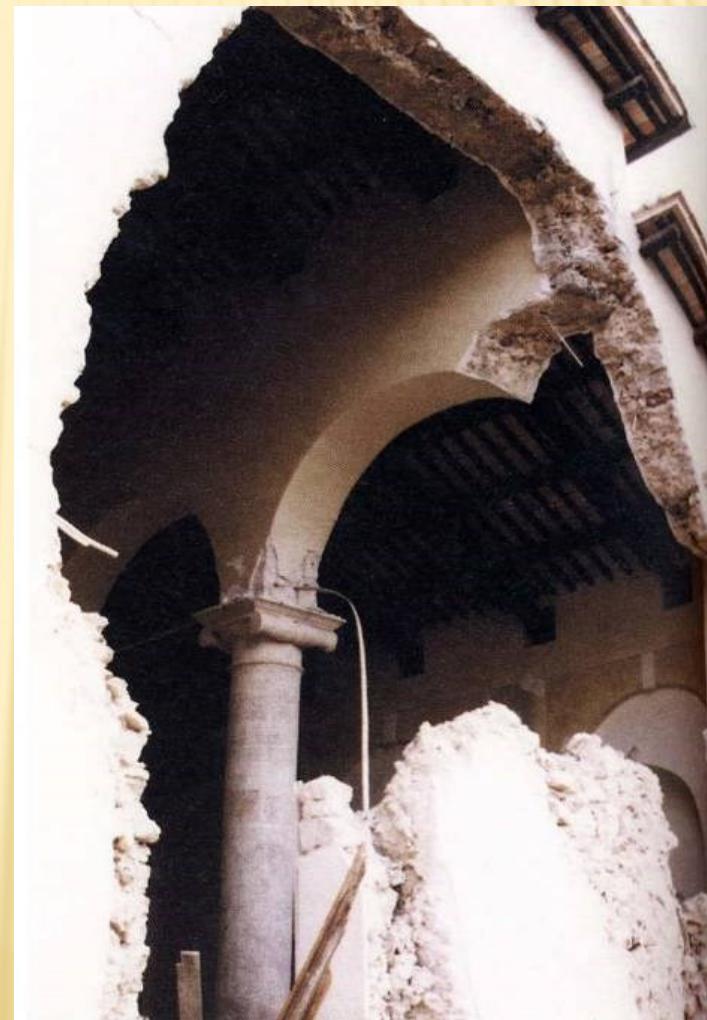
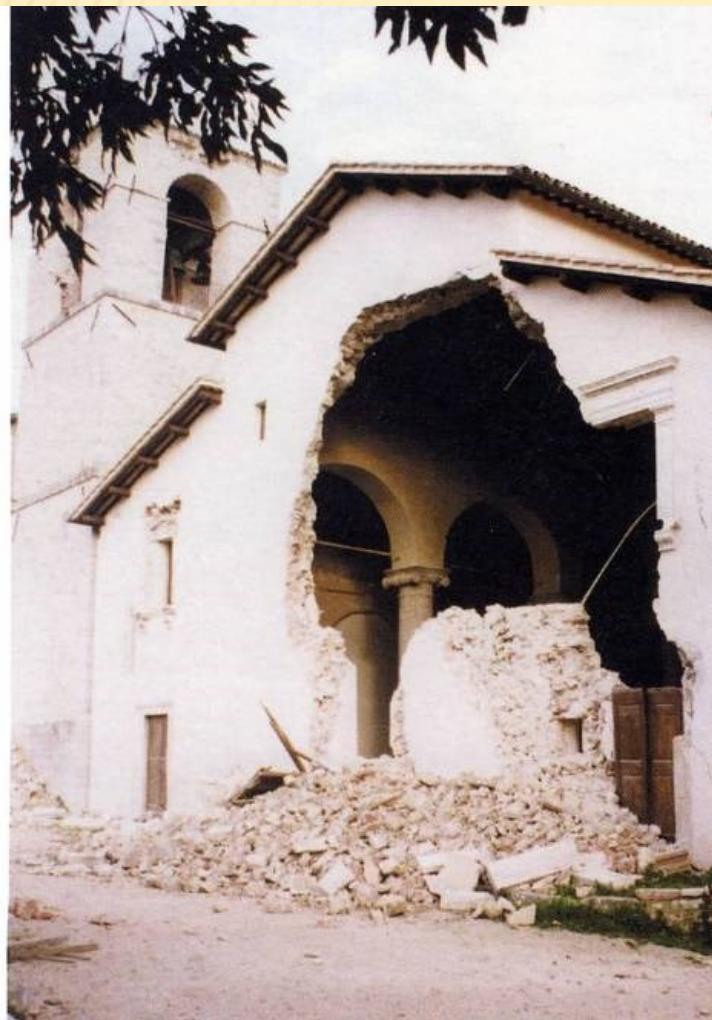
Carenze nei collegamenti tra solai e pareti,



## Carenze nei collegamenti tra pareti (costruite in epoche diverse)



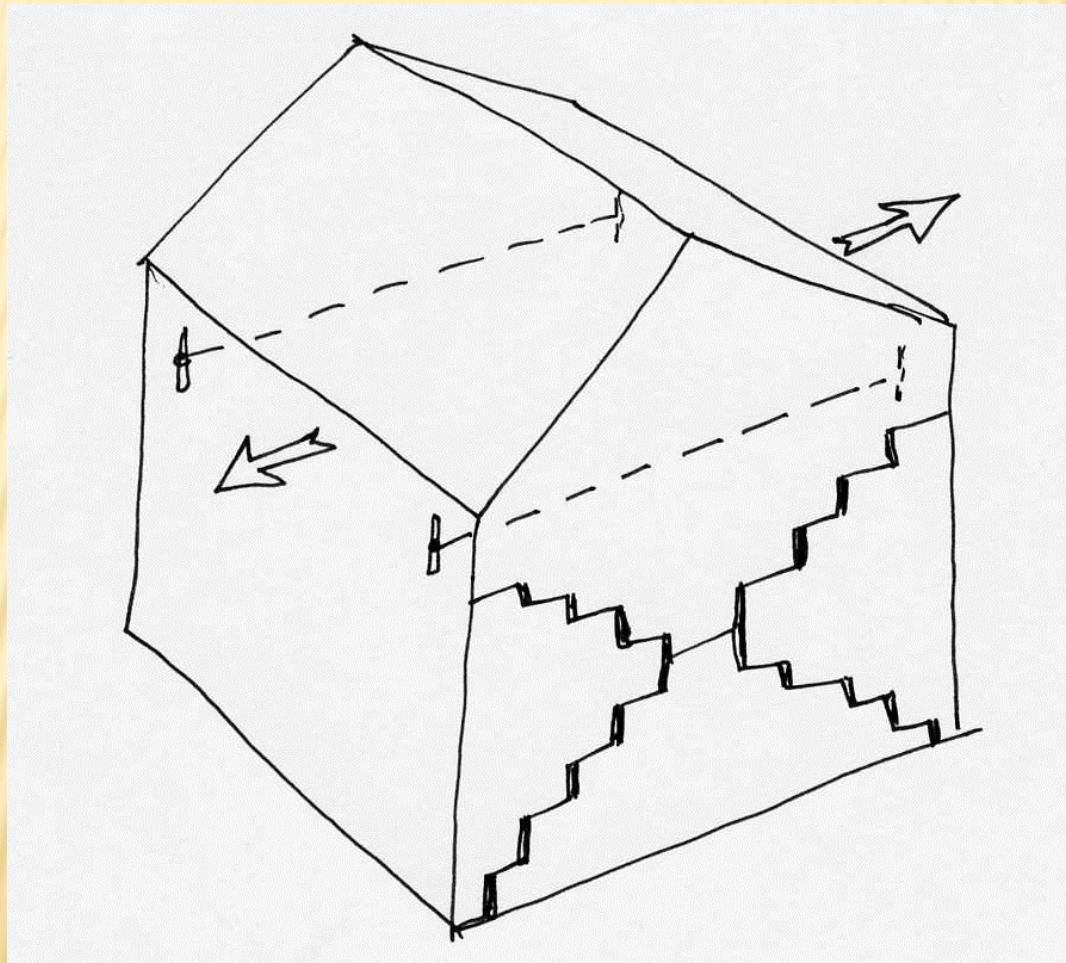
## Collegamenti inadeguati



## Carenze nei collegamenti in copertura



- MODO «2»: MECCANISMI GLOBALI





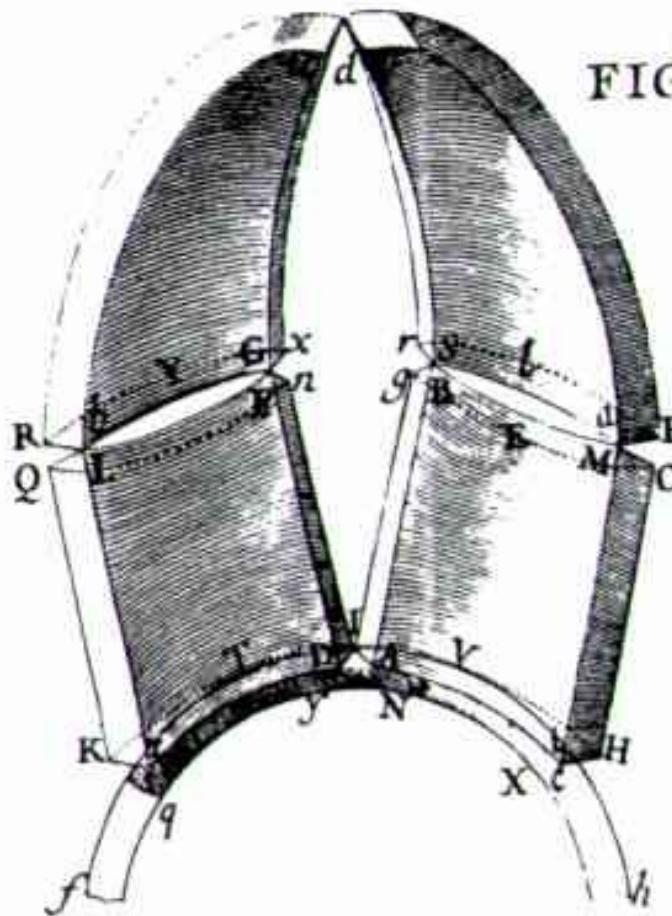
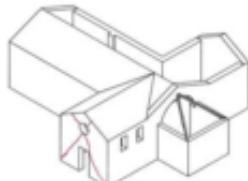
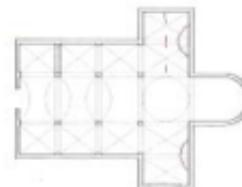


FIG. XXII.

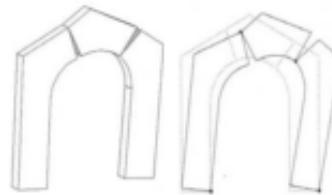
11 - MECCANISMI DI TAGLIO NELLE PARETI DEL TRANSETTO



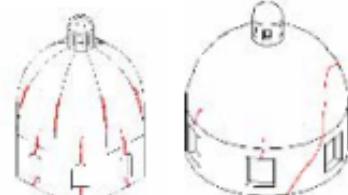
12 - VOLTE DEL TRANSETTO



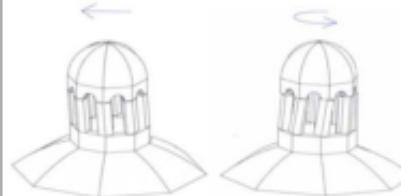
13 - ARCHI TRIONFALI



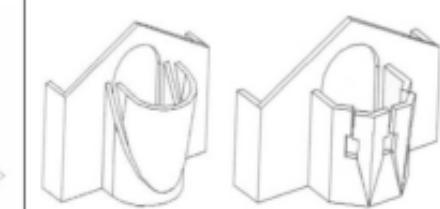
14 - CUPOLA - TAMBURO / TIBURIO



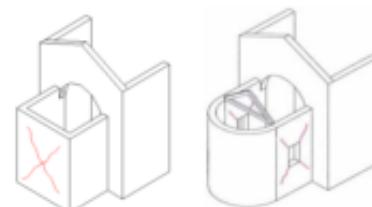
15 - LANTERNA



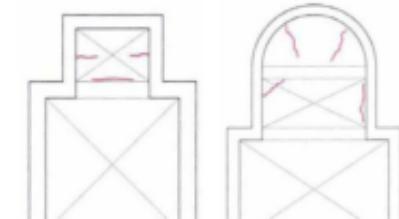
16 - RIBALTAMENTO DELL'ABSIDA



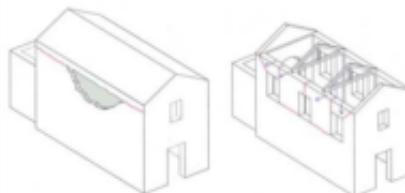
17 - MECCANISMI DI TAGLIO NEL PRESBITERIO O NELL'ABSIDA



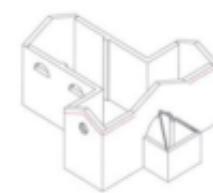
18 - VOLTE DEL PRESBITERIO O DELL'ABSIDA



19 - ELEMENTI DI COPERTURA: AULA

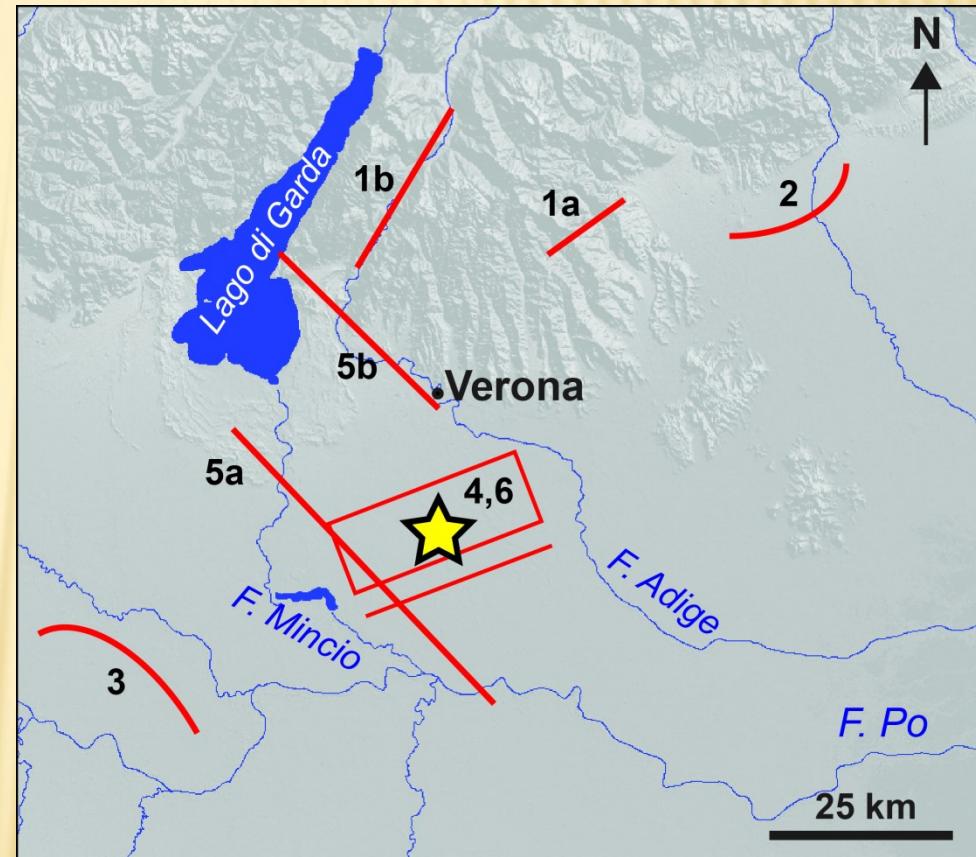


20 - ELEMENTI DI COPERTURA: TRANSETTO



# VERONA, 3 GENNAIO 1117

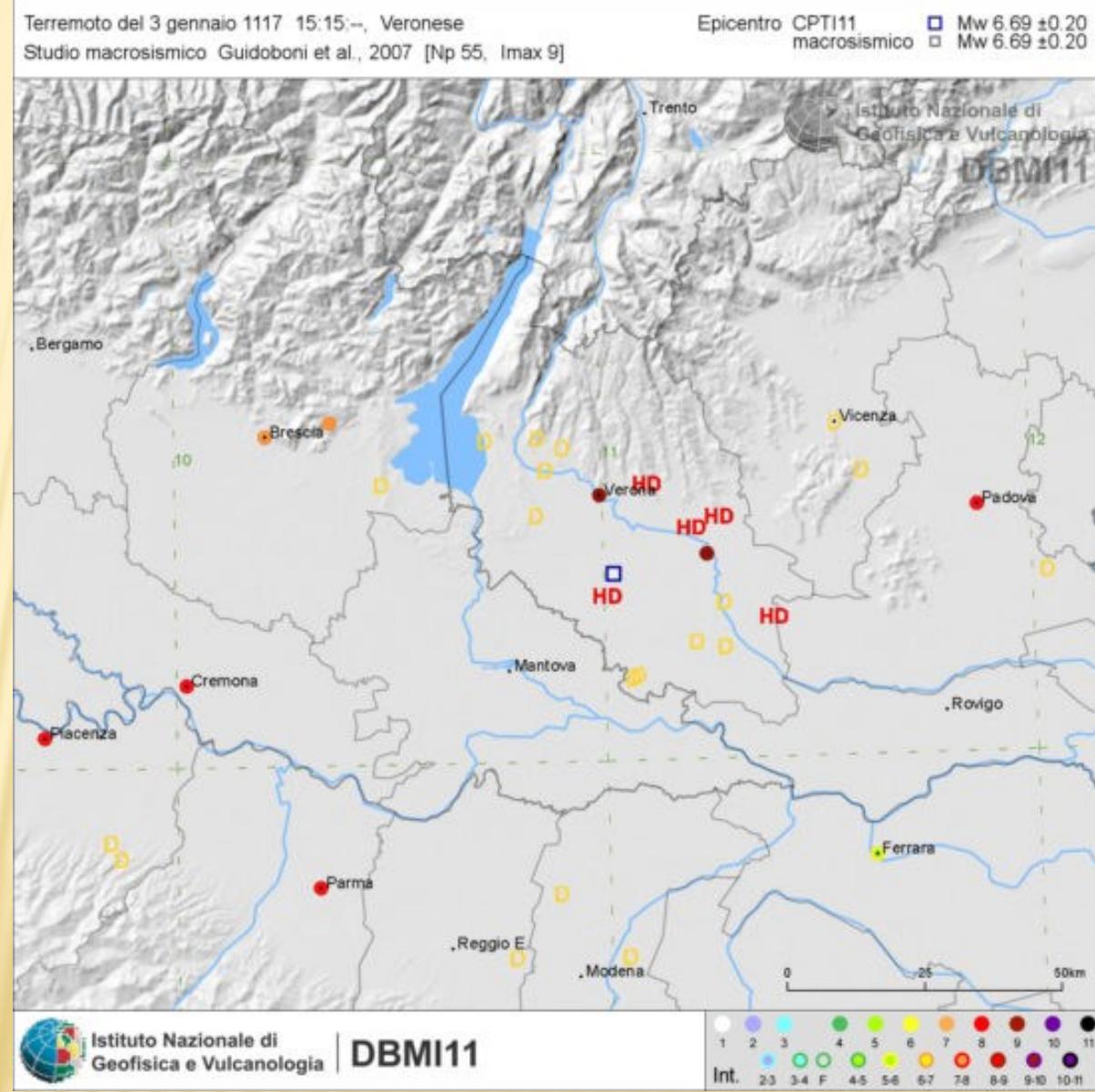
- ✖ Epicentro Isola della Scala (VR)
- ✖ Magnitudo stimata 6,5-6,9 scala Richter
- ✖ Intensità macroseismica all'epicentro: 9
- ✖ 30000 morti stimati
- ✖ 40 giorni di scosse



Sorgenti sismiche responsabili del terremoto Veronese del 3 gennaio 1117 proposte nella letteratura scientifica nel corso degli anni. In giallo l'epicentro macroseismico dell'evento (Guidoboni et al, 2007; Rovida et al., 2016).

# VERONA, 3 GENNAIO 1117

- Avvertito da Monte Cassino al sud della Germania: 72 fonti memorialistiche coeve (60 annali monastici e 12 cronache cittadine) più tre dozzine di atti processuali, libri di conti, epigrafi



# VERONA, 3 GENNAIO 1117

- ✖ «durante la festa stessa della natività del Signore il 3 gennaio all'ora del vespro, mentre tanti sprezzavano oltremodo il giudizio divino, la terra fu scossa e tremò per l'ira tremenda del furore divino, tanto che non si è trovato nessuno sulla terra che dichiari di aver mai sentito un terremoto tanto grande.»
- ✖ «Fu il terremoto assai terribile. Per cui crollarono molte chiese coi campanili, e innumerevoli case e torri e castelli e moltissimi edifici, sia antichi che nuovi; per il quale anche i monti con le rupi crollarono e devastarono e in molti luoghi la terra si aprì ed emanava acque solfuree...»
- ✖ «nelle chiese furono scosse le immagini del Signore e molte cose pendenti in esse» (Colonia)

# GLI EFFETTI PRINCIPALI: VERONA

«Verona città d'Italia nobilissima, scrollati gli edifici, sepolti anche molti uomini, crollò»: Cadde la cinta esterna dell'Arena, vennero distrutti i monasteri di San Nazzaro, Santo Stefano, la chiesa di Santa Maria Antica. Il Duomo venne gravemente danneggiato



# GLI EFFETTI PRINCIPALI: ADIGE

«il corso del fiume Adige fu ostruito per alcuni giorni dalla collisione e dalla rovina dei monti»



# GLI EFFETTI PRINCIPALI: PADOVA

Danni alla basilica di Santa Giustina, all'oratorio di S.Maria e Prosdocimo e alla cattedrale, su cui è posta una epigrafe «Dapprima mi atterrò completamente il terremoto, ma Macillio dal fango mi diede bella forma»



# GLI EFFETTI PRINCIPALI: VENEZIA

«acqua sulfurea sgorgò e appiccò fiamme alla chiesa di Sant'Ermagora», il Canal Grande «rimaneva ogni tanto asciutto in modo da fare vedere il fondo».



# GLI EFFETTI PRINCIPALI: CREMONA

«Venne in Cremona un terremoto grandissimo, per il quale ruinò la Chiesa maggiore, e il corpo di S. Imerio restò sepolto sotto quelle ruine per molti anni...»



De dom van Cremona. Etsgravure uit *Historia di Cremona* van Ambito Campi (1645). Rome, Deutsches Historisches Museum.

# GLI EFFETTI PRINCIPALI: PIACENZA

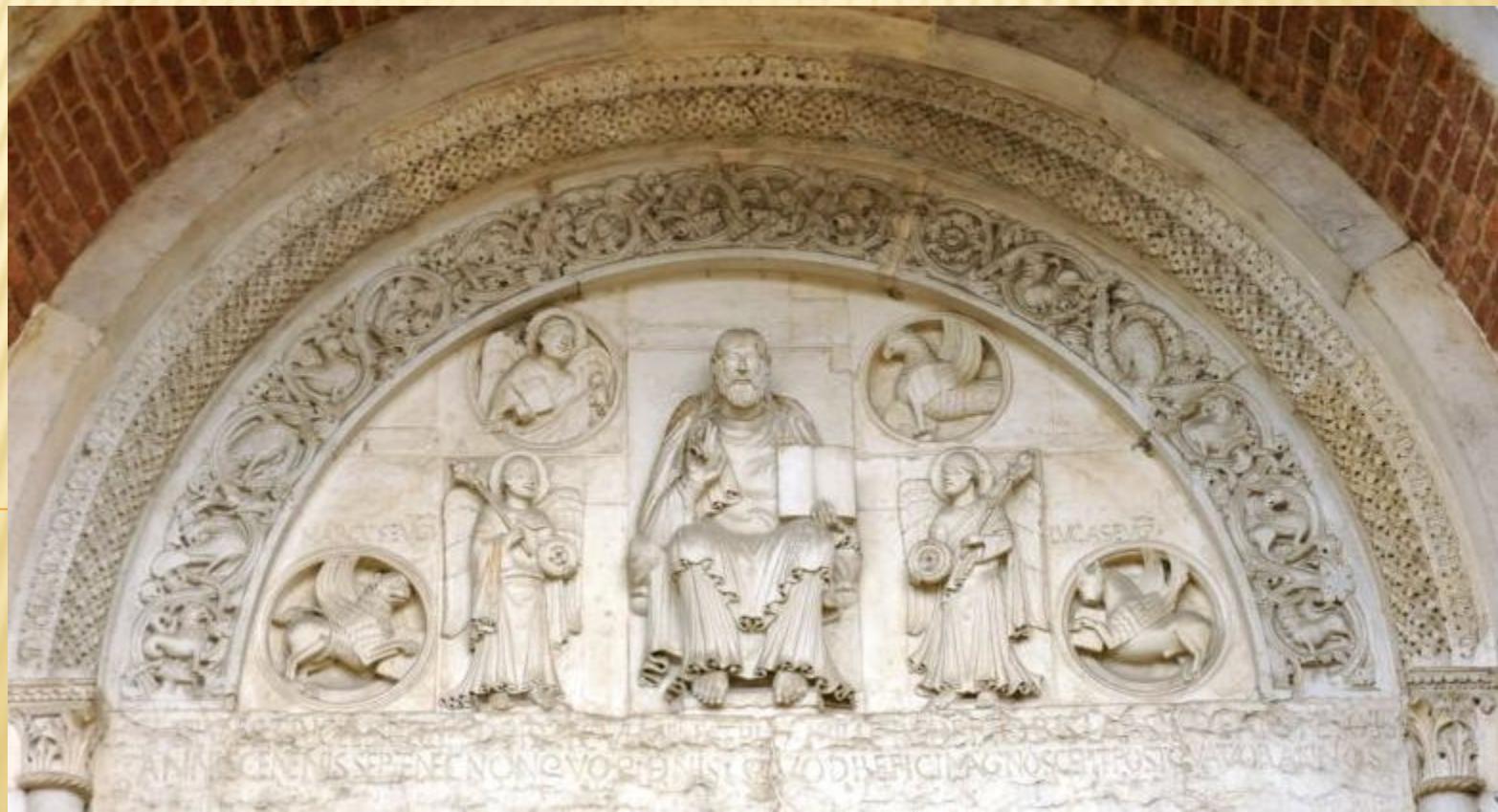
Distrutta la chiesa di Santa Giustina (su cui venne poi costruito il duomo) e la Collegiata di Castell'Arquato



# GLI EFFETTI PRINCIPALI: NONANTOLA

*«Silvestri celsi ceciderunt  
culmina templi»*

*Iscrizione sul portale*



# GLI EFFETTI PRINCIPALI: BADIA CAVANA

Danneggiata dal terremoto, furono necessari ingenti lavori di restauro, tra cui l'inserimento del nartece di ingresso



# GLI EFFETTI VICINO A NOI: PARMA

«*magna pars Ecclesiae  
Sanctae Mariae dirupta est*»

## Chronicon Parmense

### DANNI LIMITATI O ASSENTI

Testi, 1934  
Ragghianti, 1969

### CROLLO PARTI SOMMITALI

Quintavalle, 2005  
Blasi & Coïsson,  
2006

### CROLLI CONSISTENTI DI PORZIONI

De Dartein, 1865  
Manenti Valli, 1986  
Montorsi, 1999

### CROLLO PRESSOCHE TOTALE

Porter, 1917  
Luchterhandt, 2009



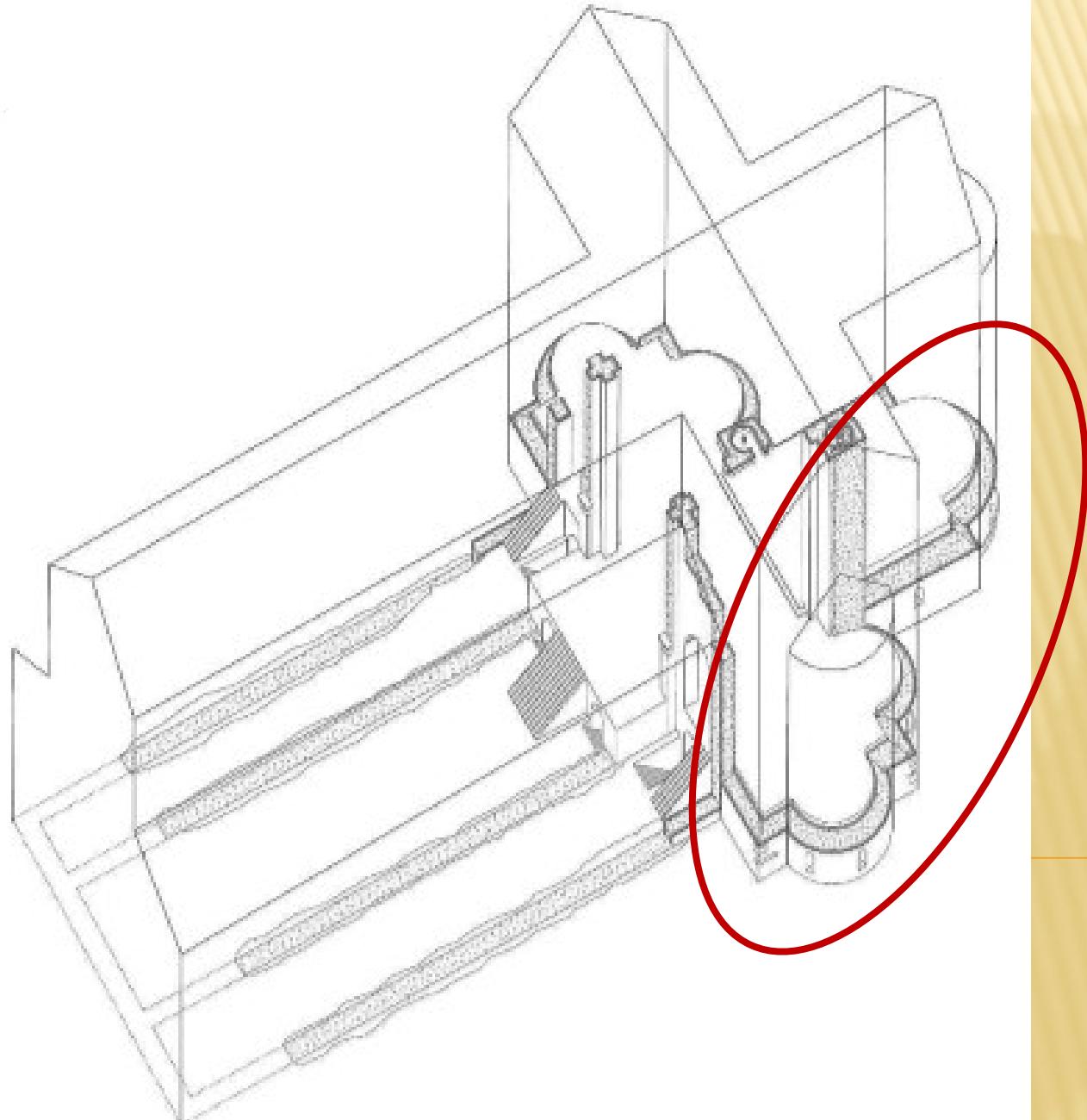
# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA

Bau I

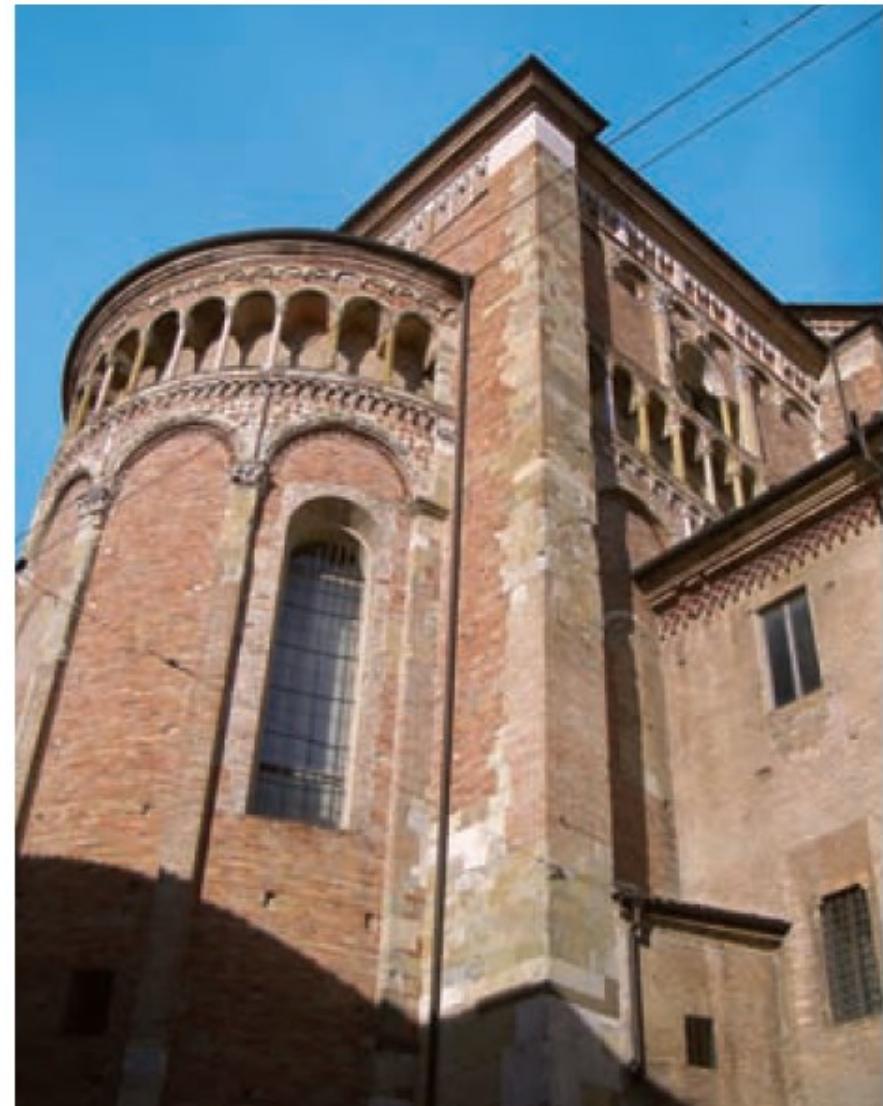
Erhaltene Überreste mit Krypta, Vierung, Langhausfundamenten und vermutlichem Umriß von Bau I

## CROLLO PRESSOCHE' TOTALE

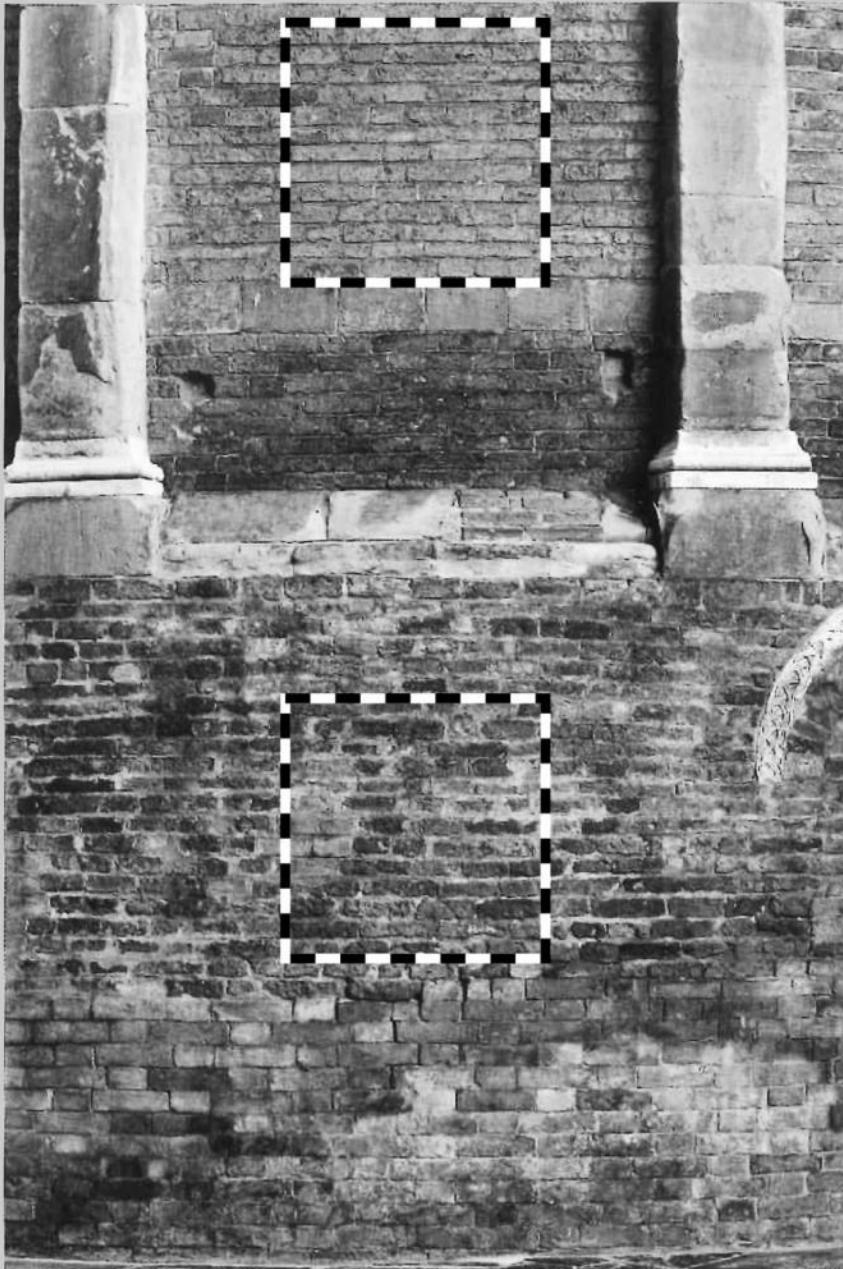
Luchterhandt, 2009



# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



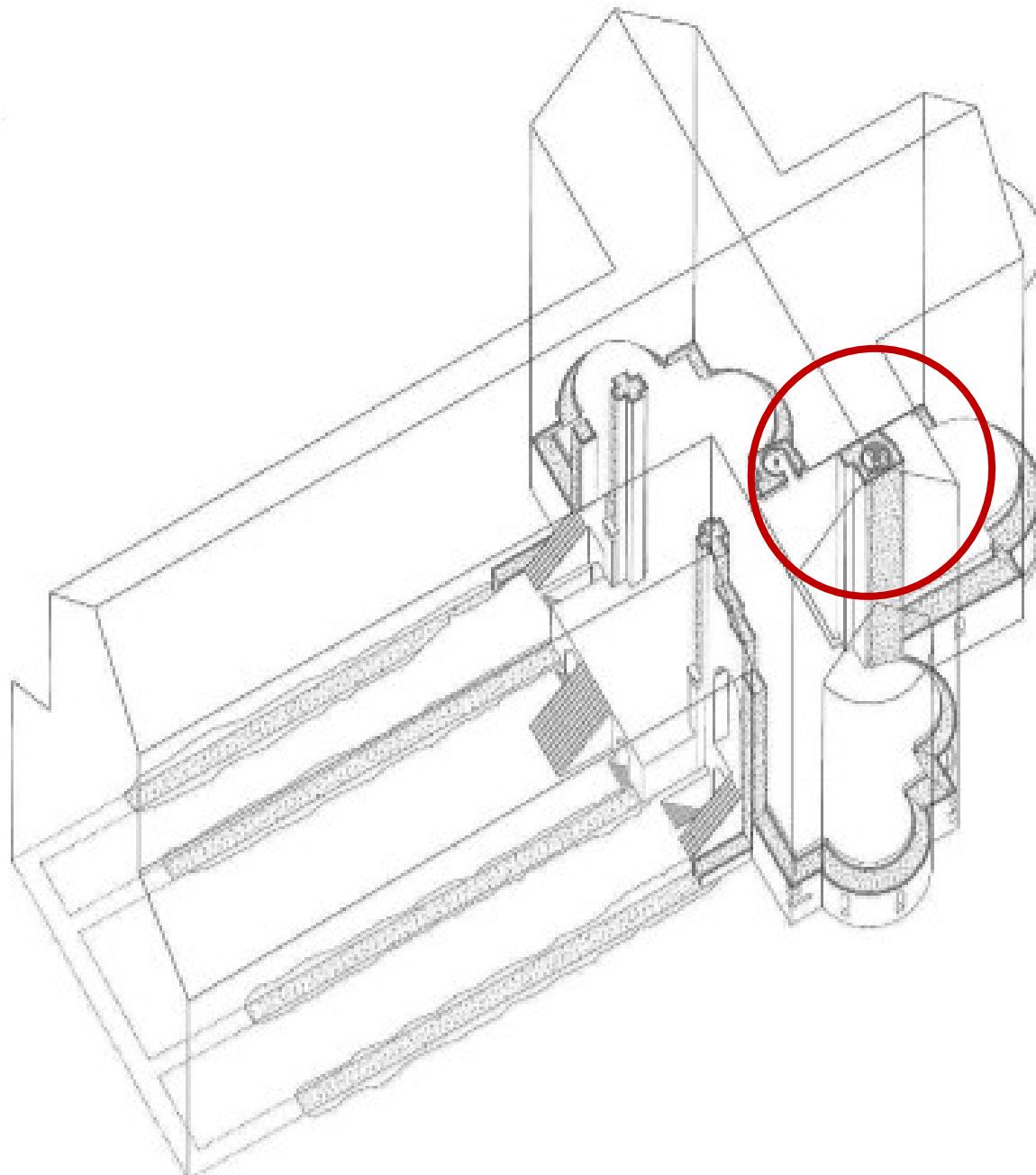
# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



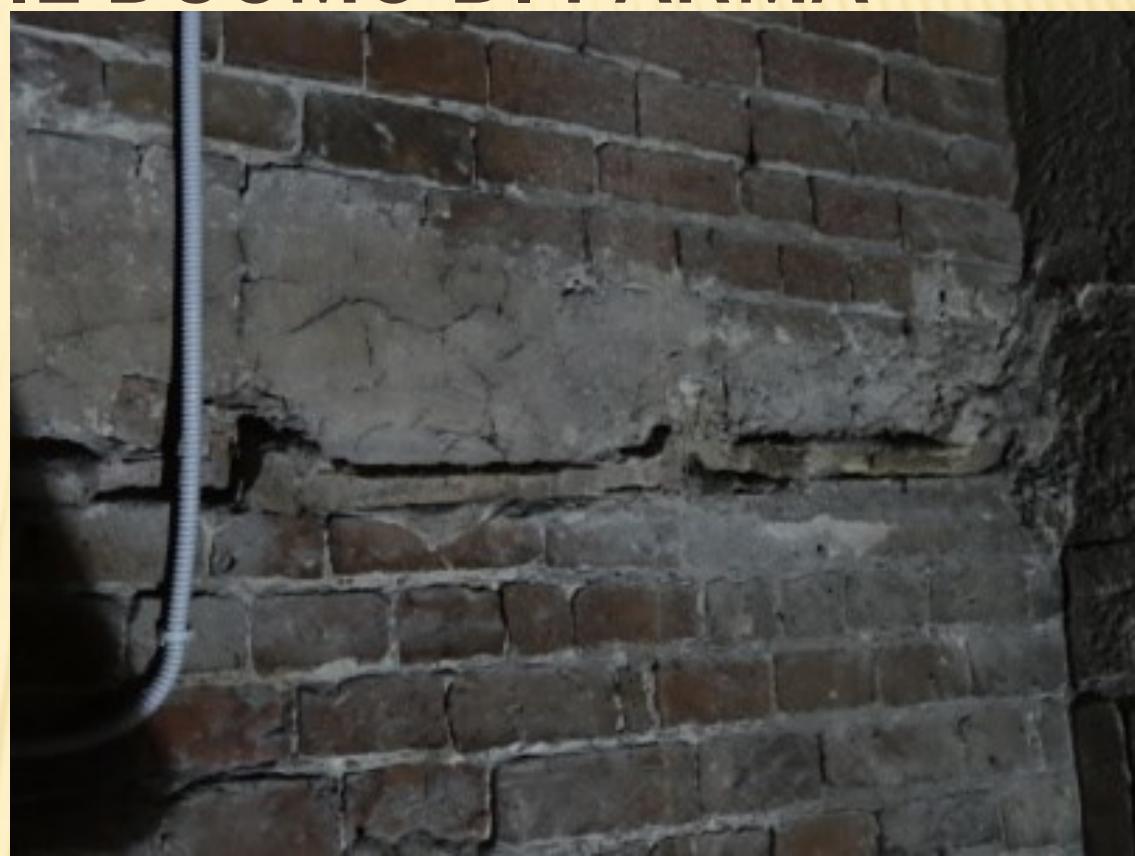
# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA

Bau I

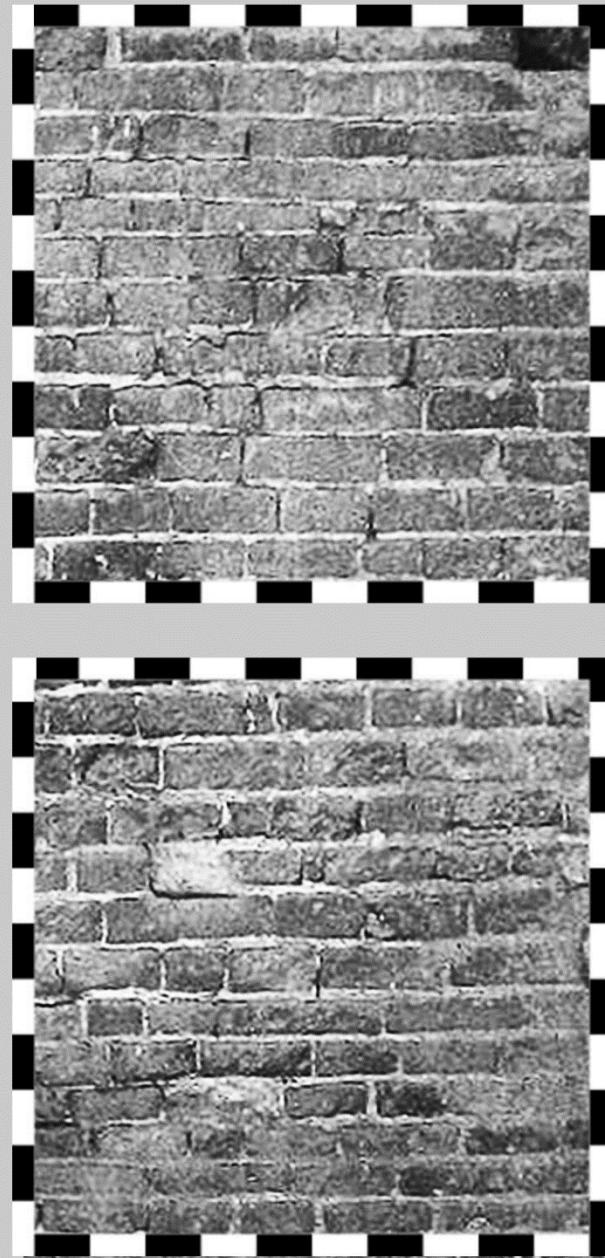
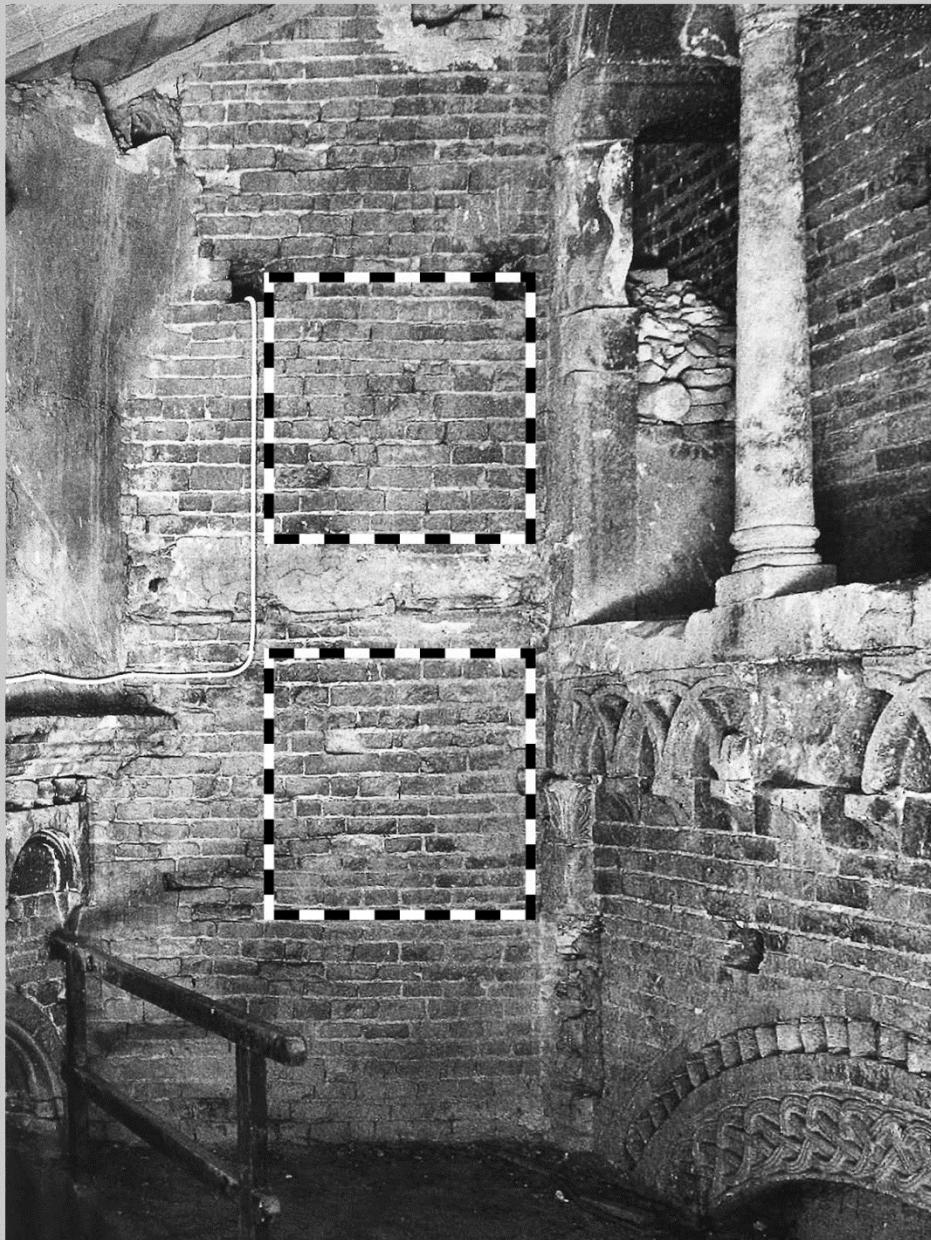
Erhaltene Überreste mit Krypta, Vierung, Langhausfundamenten und vermutlichem Umriß von Bau I



# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



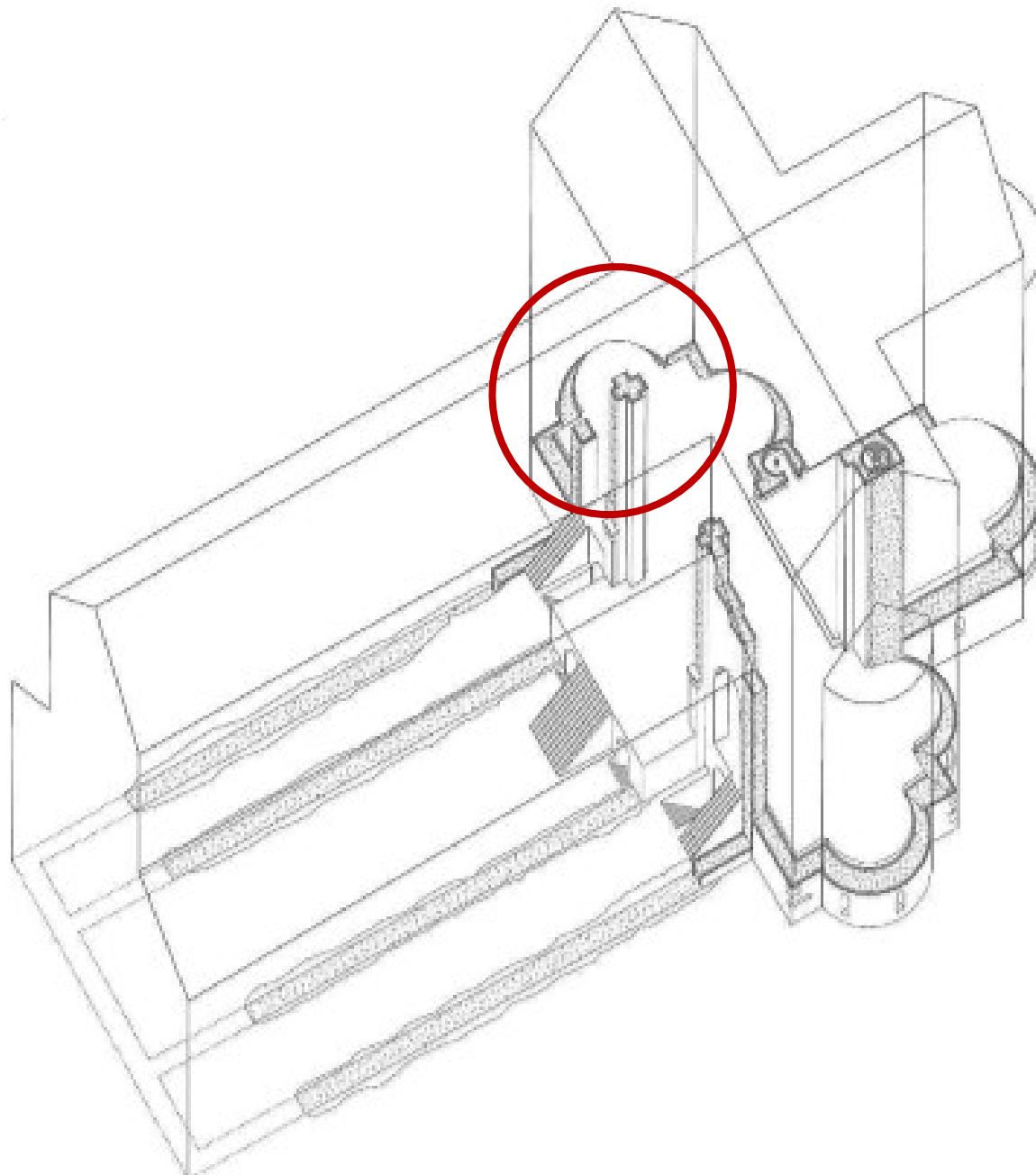
# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



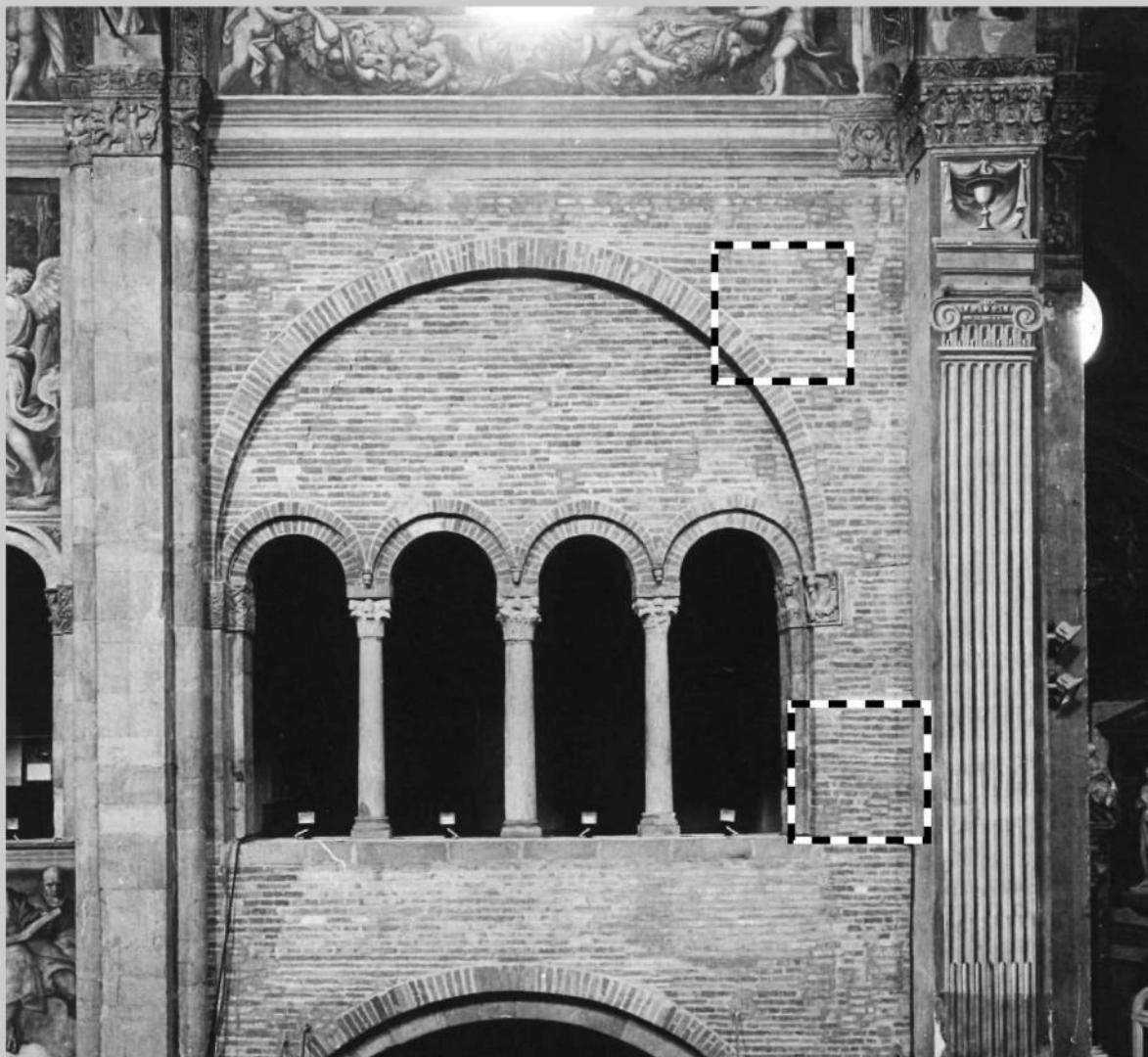
# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA

Bau I

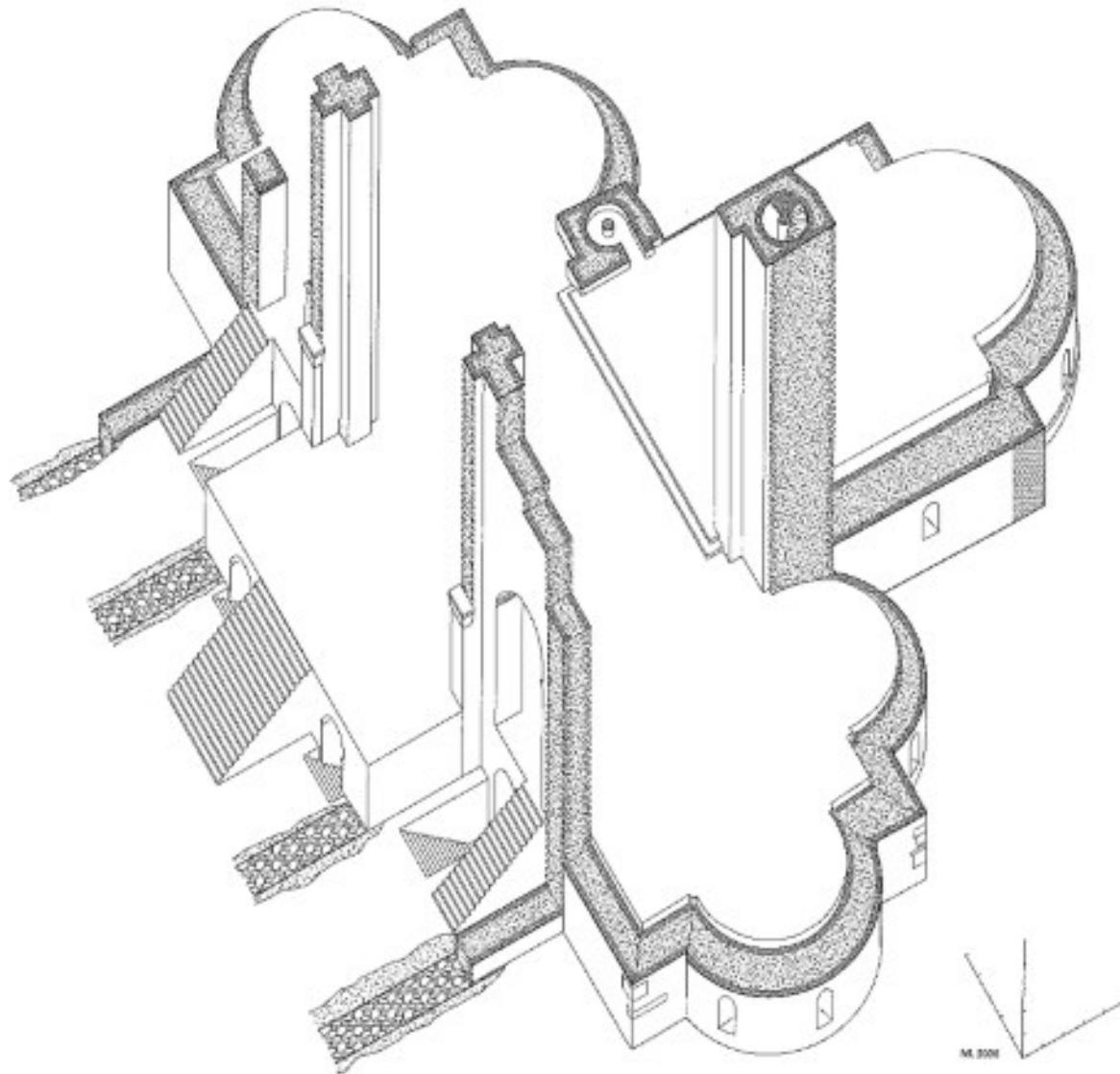
Erhaltene Überreste mit Krypta, Vierung, Langhausfundamenten und vermutlichem Umriß von Bau I



# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



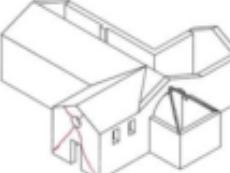
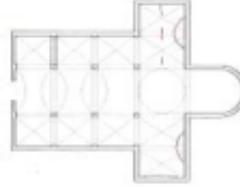
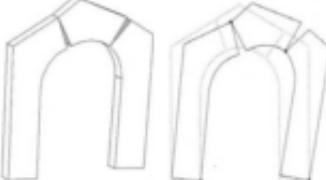
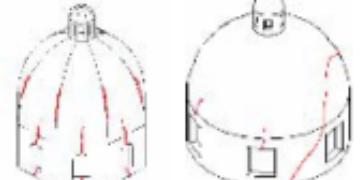
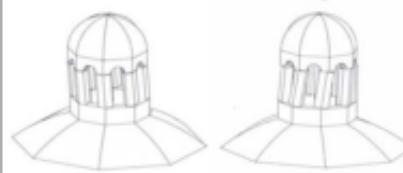
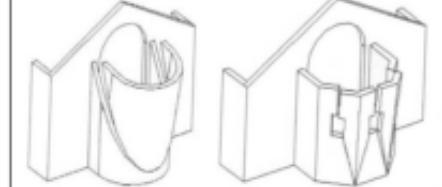
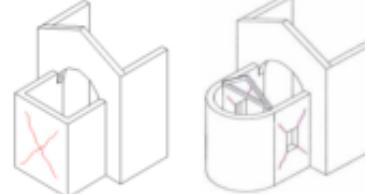
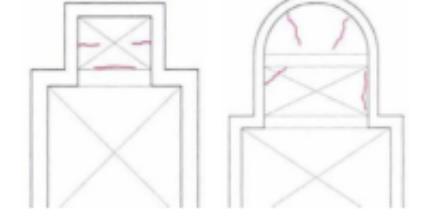
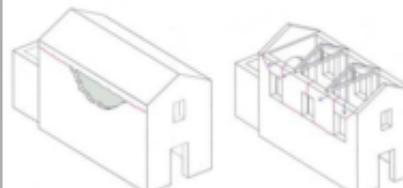
# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



27 Parma, Dom, isometrische Rekonstruktion des abgetragenen Kryptasockels von Bau I vor dem Wiederaufbau von Bau II

# VULNERABILITÀ: IL DUOMO DI PARMA



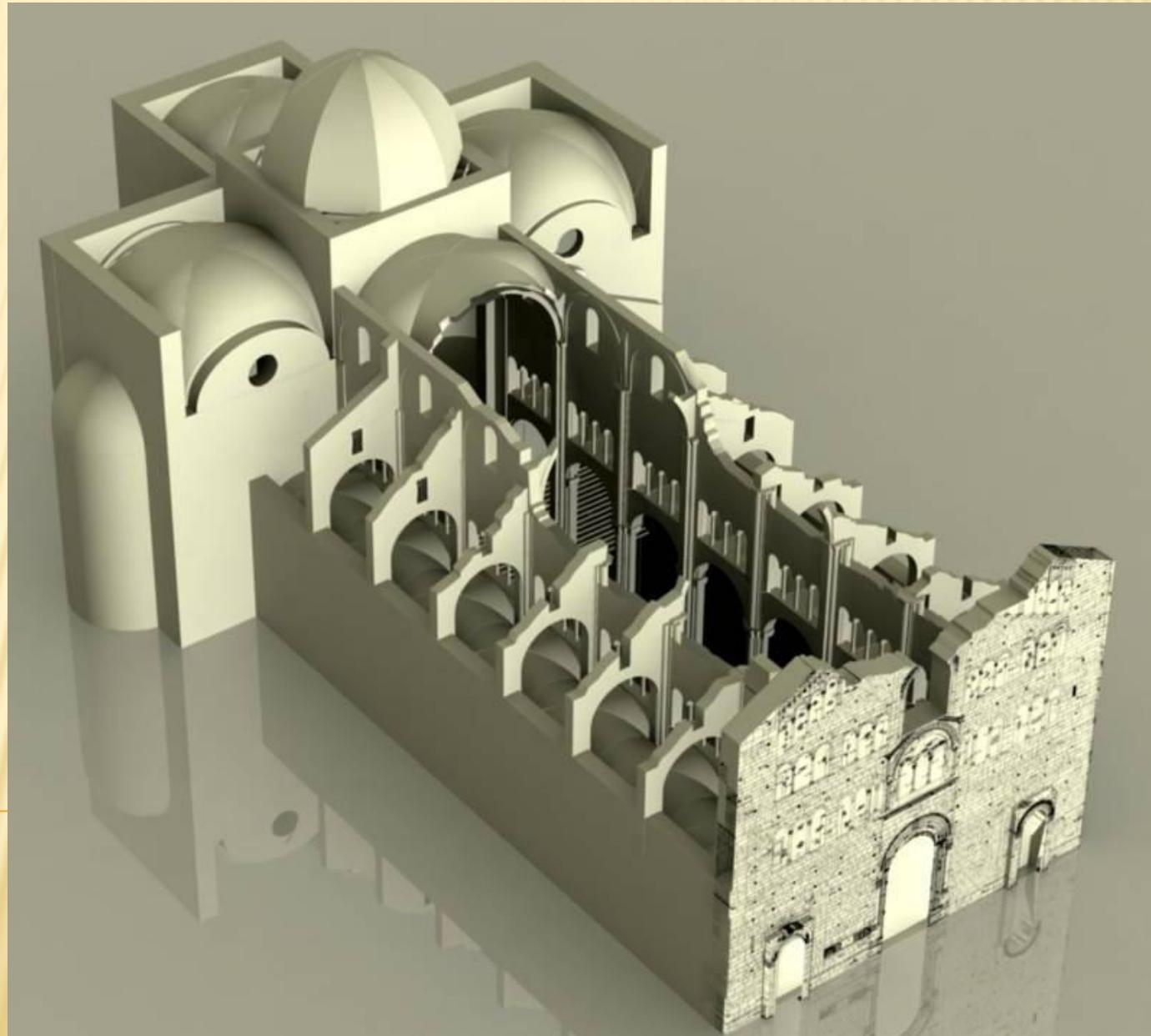
11 - MECCANISMI DI TAGLIO NELLE PARETI DEL TRANSETTO	12 - VOLTE DEL TRANSETTO
	
13 - ARCHI TRIONFALI	14 - CUPOLA - TAMBURO / TIBURIO
	
15 - LANTERNA	16 - RIBALTAMENTO DELL'ABSIDA
	
17 - MECCANISMI DI TAGLIO NEL PRESBITERIO O NELL'ABSIDA	18 - VOLTE DEL PRESBITERIO O DELL'ABSIDA
	
19 - ELEMENTI DI COPERTURA: AULA	20 - ELEMENTI DI COPERTURA: TRANSETTO
	

# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA

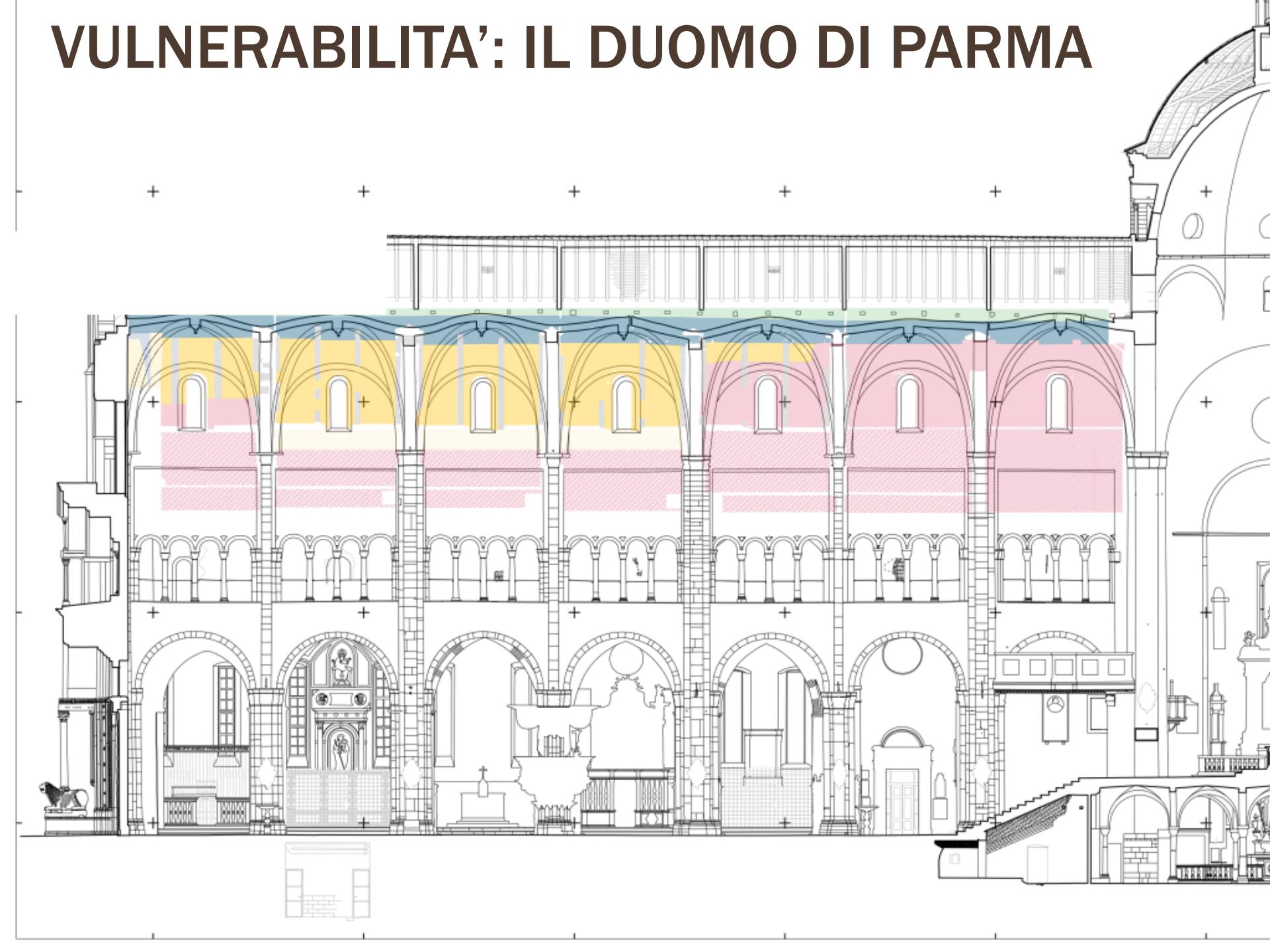
## CROLLO PARTI SOMMITALI

Quintavalle, 2005  
Blasi & Coïsson,  
2006

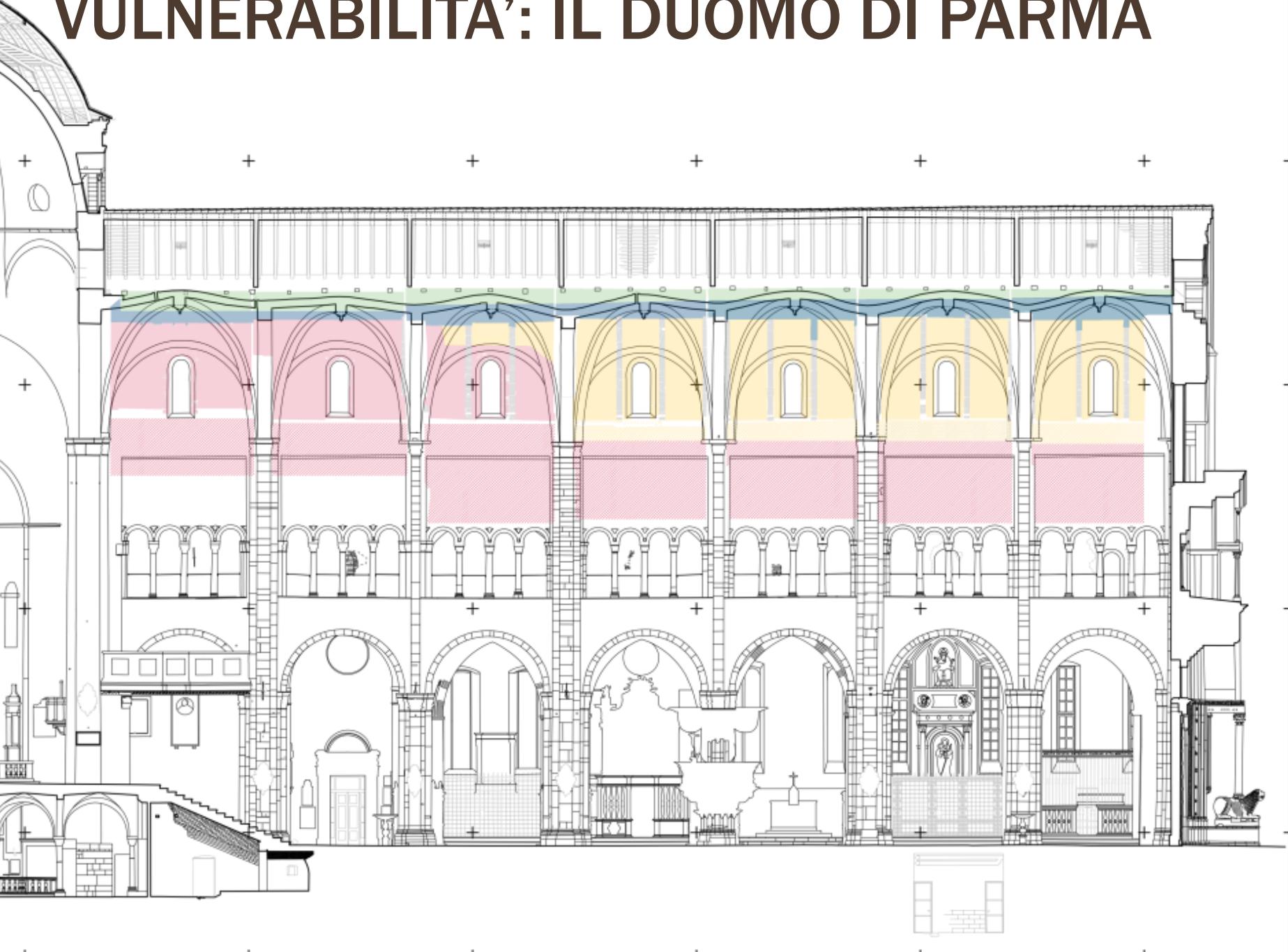
«possiamo  
pensare che il  
terremoto, che non  
deve avere fatto  
danni terribili  
perché il sistema  
dei sostegni e dei  
capitelli appare  
integro, potrebbe  
avere fatto cadere  
le capriate [...]»



# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA

per inclemenza atmosfera.

Che ui fosse detto Palazzo Vescovile lo Cronologio de' Vescovi me lo dice, e chi di essi fu il primo ad abitarlo, e ciò mi conferma la Storia, che nell' anno 1200.  
Fuit magnus terrae motus, qui durauit per dies triginta, ita quod quasi  
omni die unus terrae motus fuit, & tunc magna pars Ecclesie majoris  
Parme corruit, & tertio die Januarii incepit, e fecer danno grande in più  
città d'Italia, e precisamente in Parma ui aterrò assai case, e tra queste  
rimanò il Molino del Vescovo, ed il Palazzo Vescovile tutto aperto, e mezzo  
diroccato, e casò il Tetto, del seco finì il Soffitto del Duomo, ed in varj suo-  
gli mura aperte, non tanto per lo squarcimento del Tremuoto, quanto  
per la caduta del Tetto, e Soffitto, ed il Comune ajutato dalla Contessa Ma-  
ritilde ristorò il Duomo, o per meglio dire fu rifatto di nuovo, ma il Palazzo  
Vescovile non si prestamente fu ristorato, e di tale ristorazione non

Giacomo Antonio Gozzi, XVIII secolo

# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



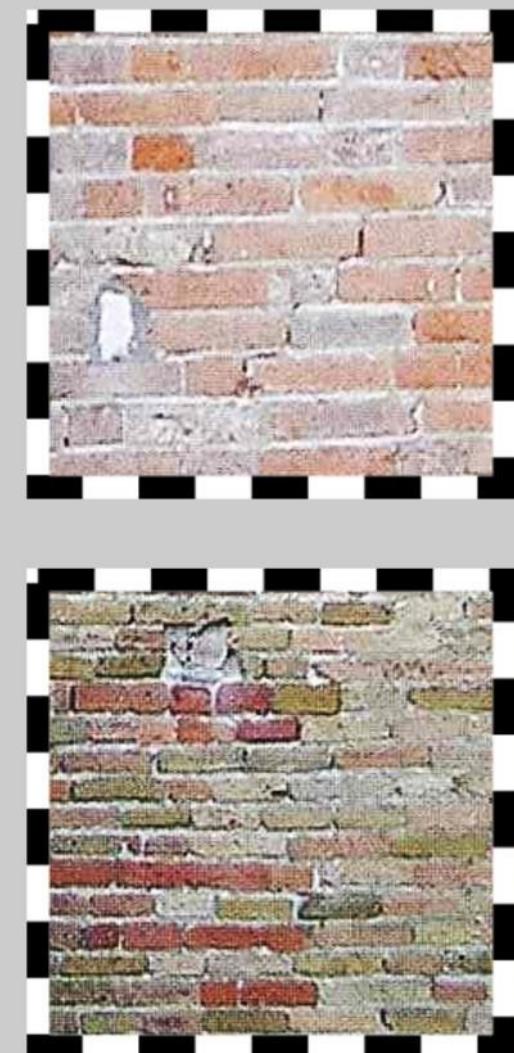
# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



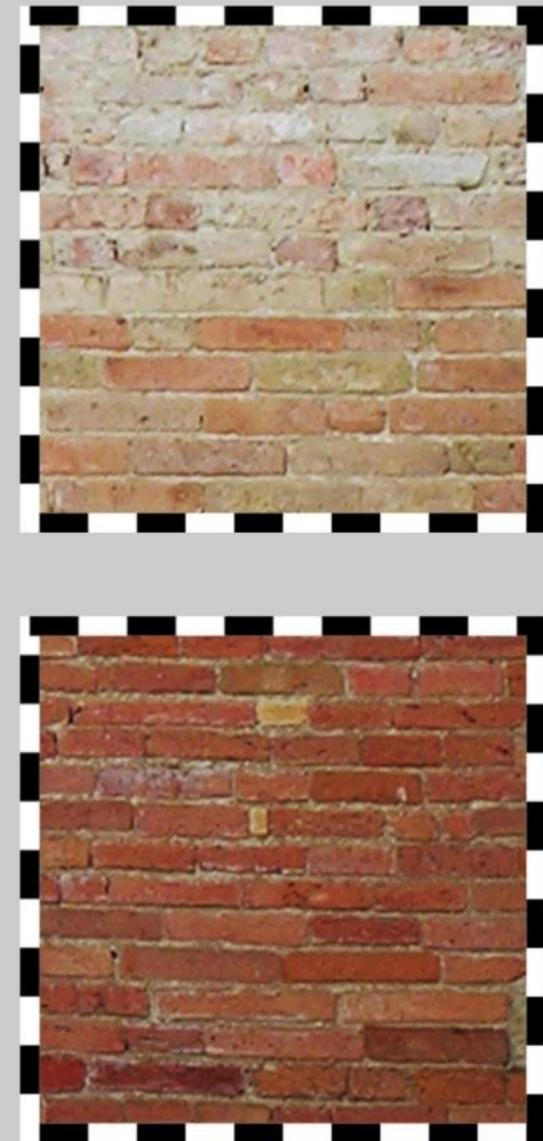
# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



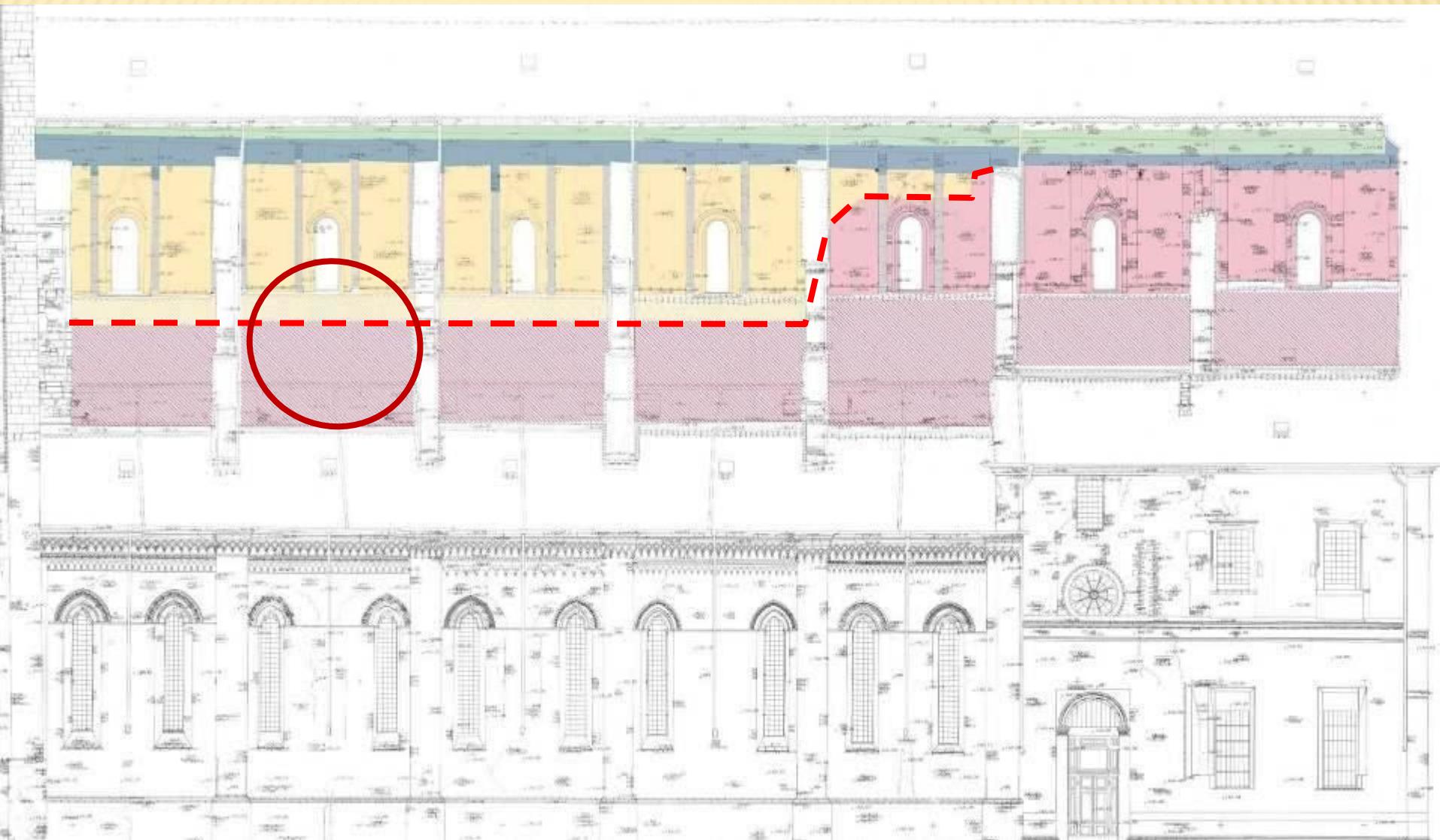
# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



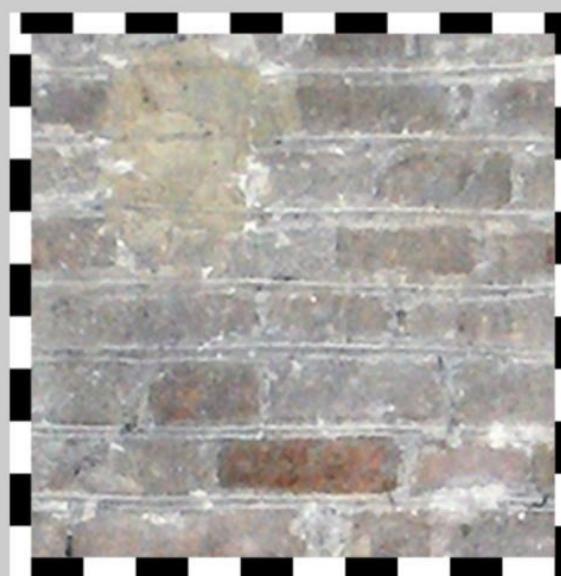
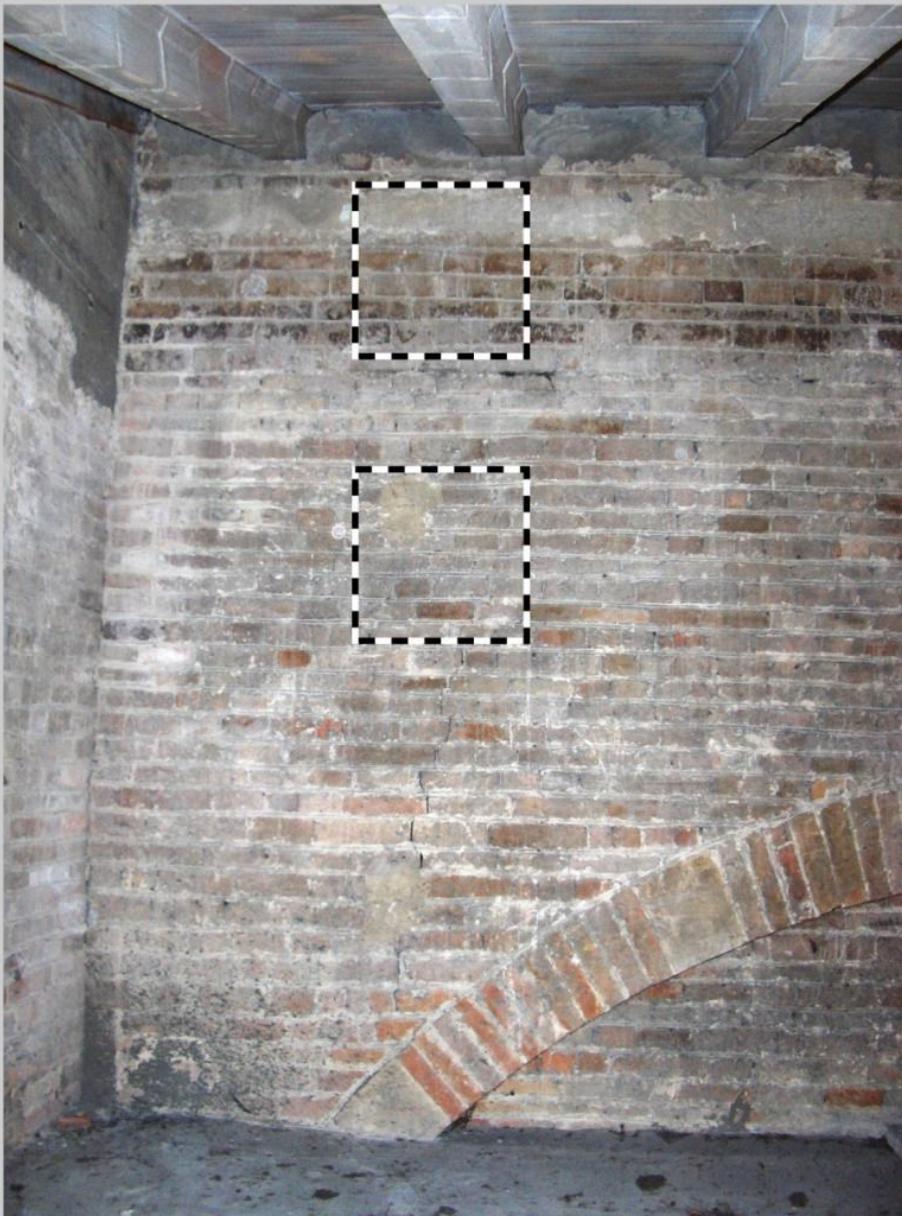
# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



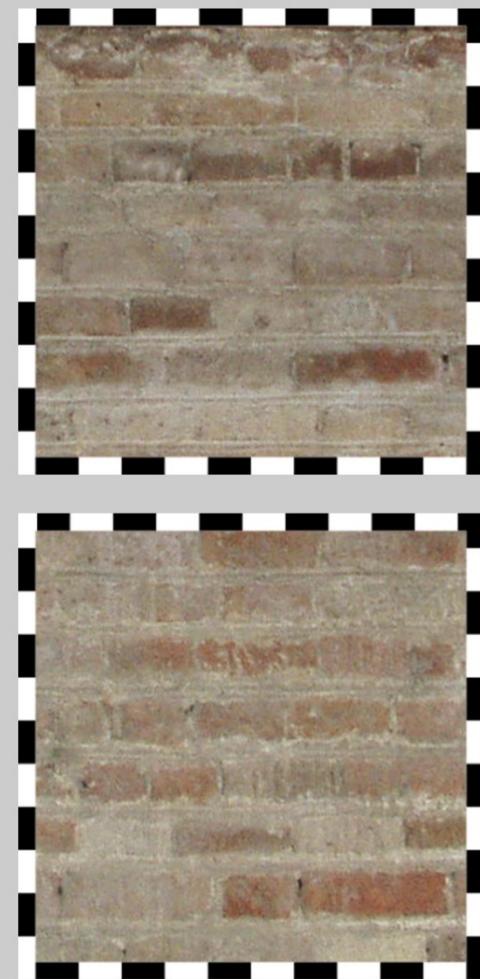
# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



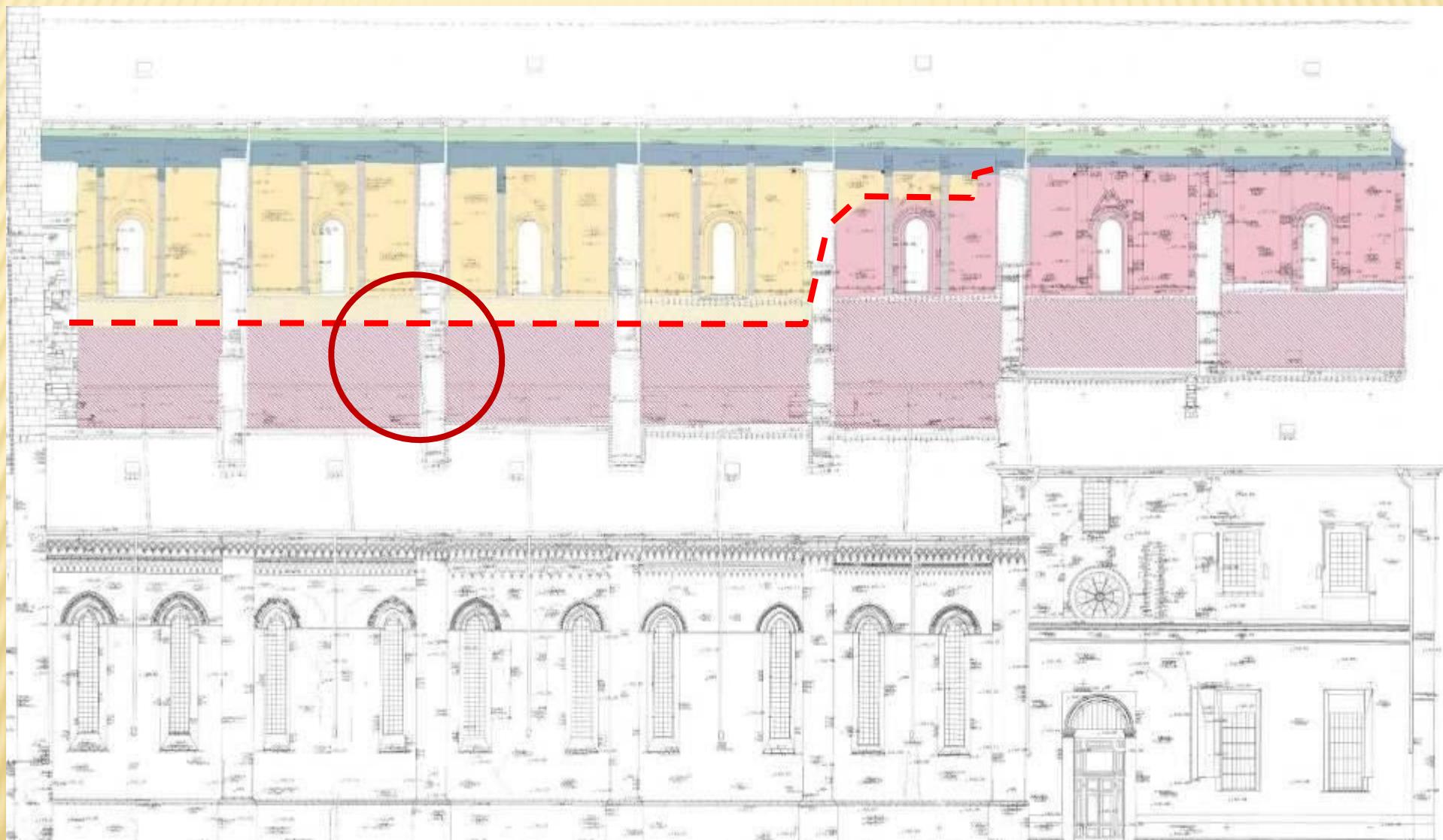
# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



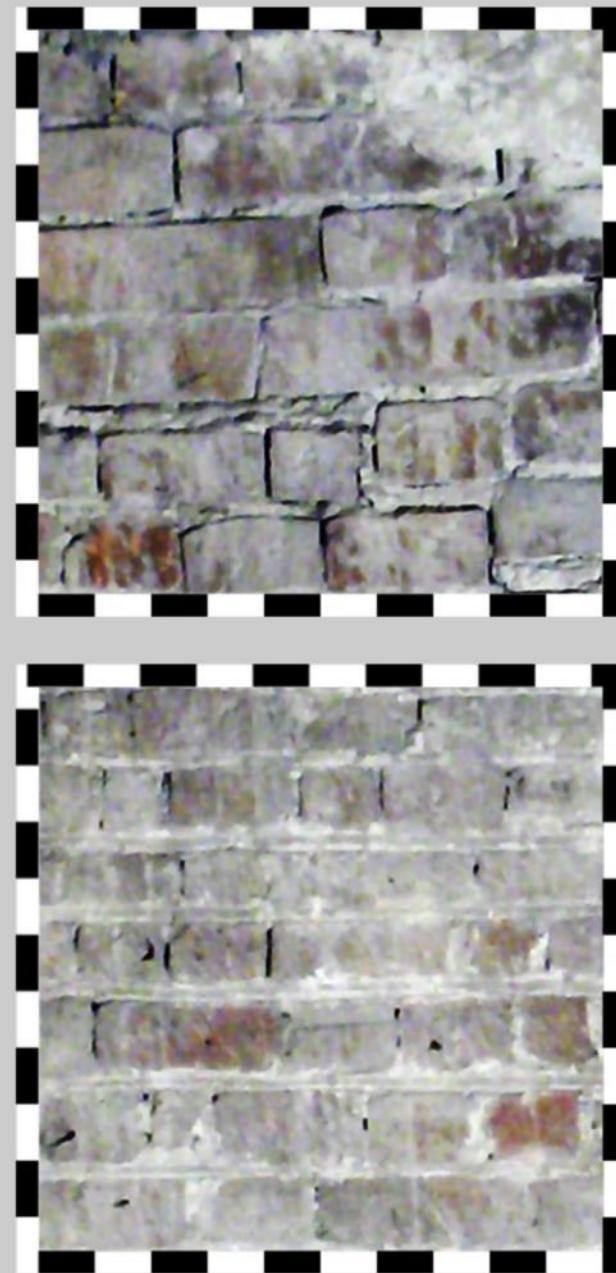
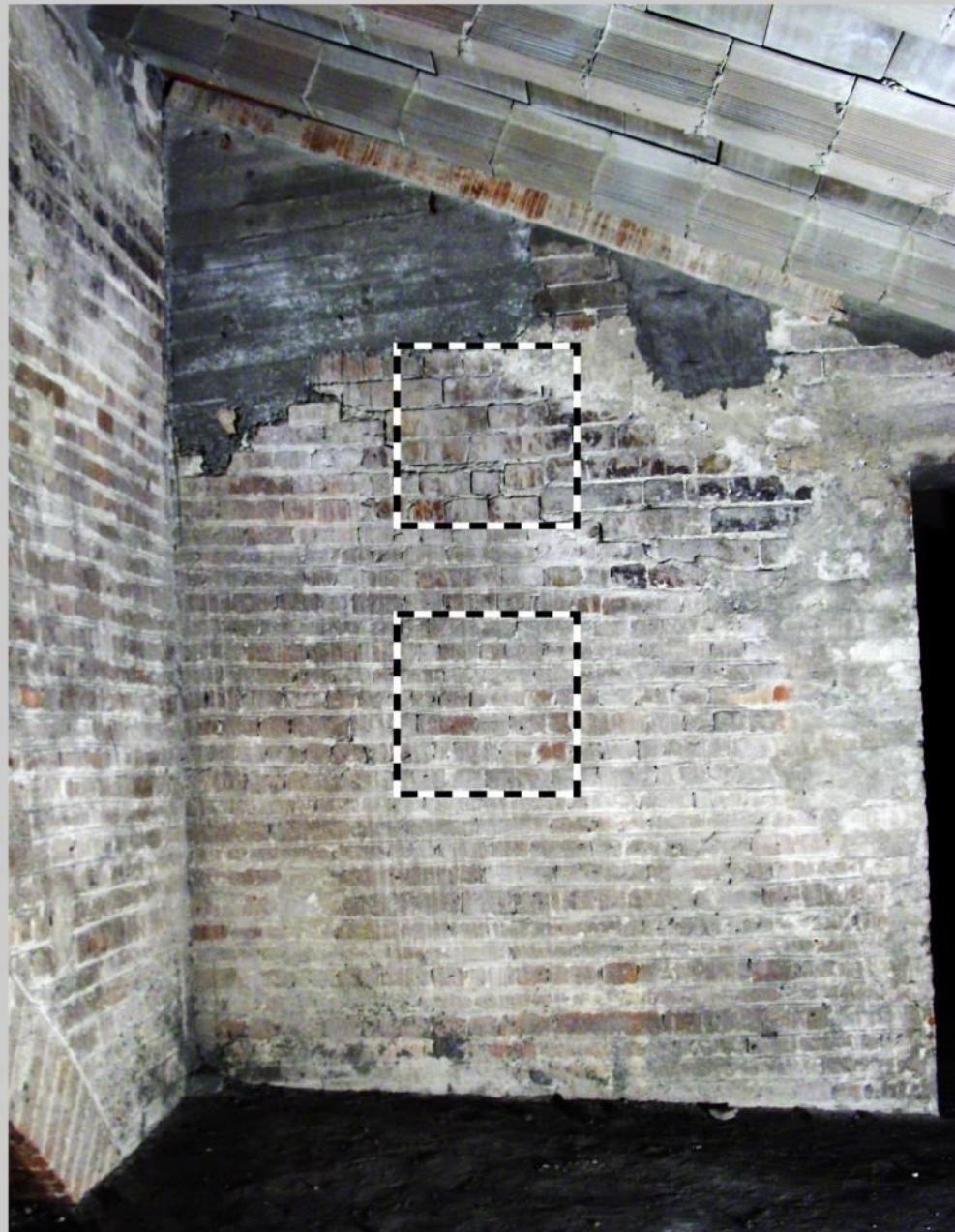
# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



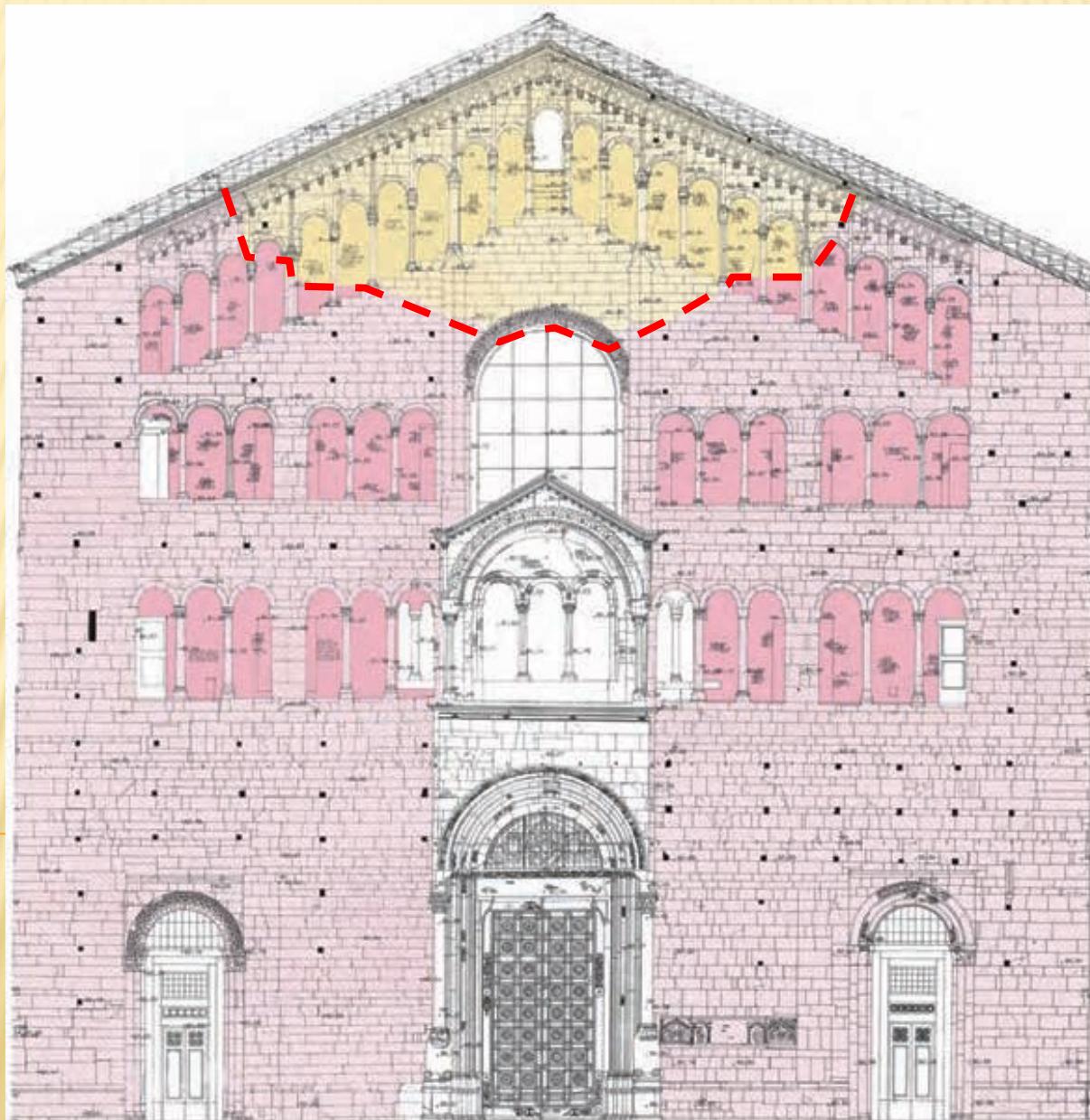
# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



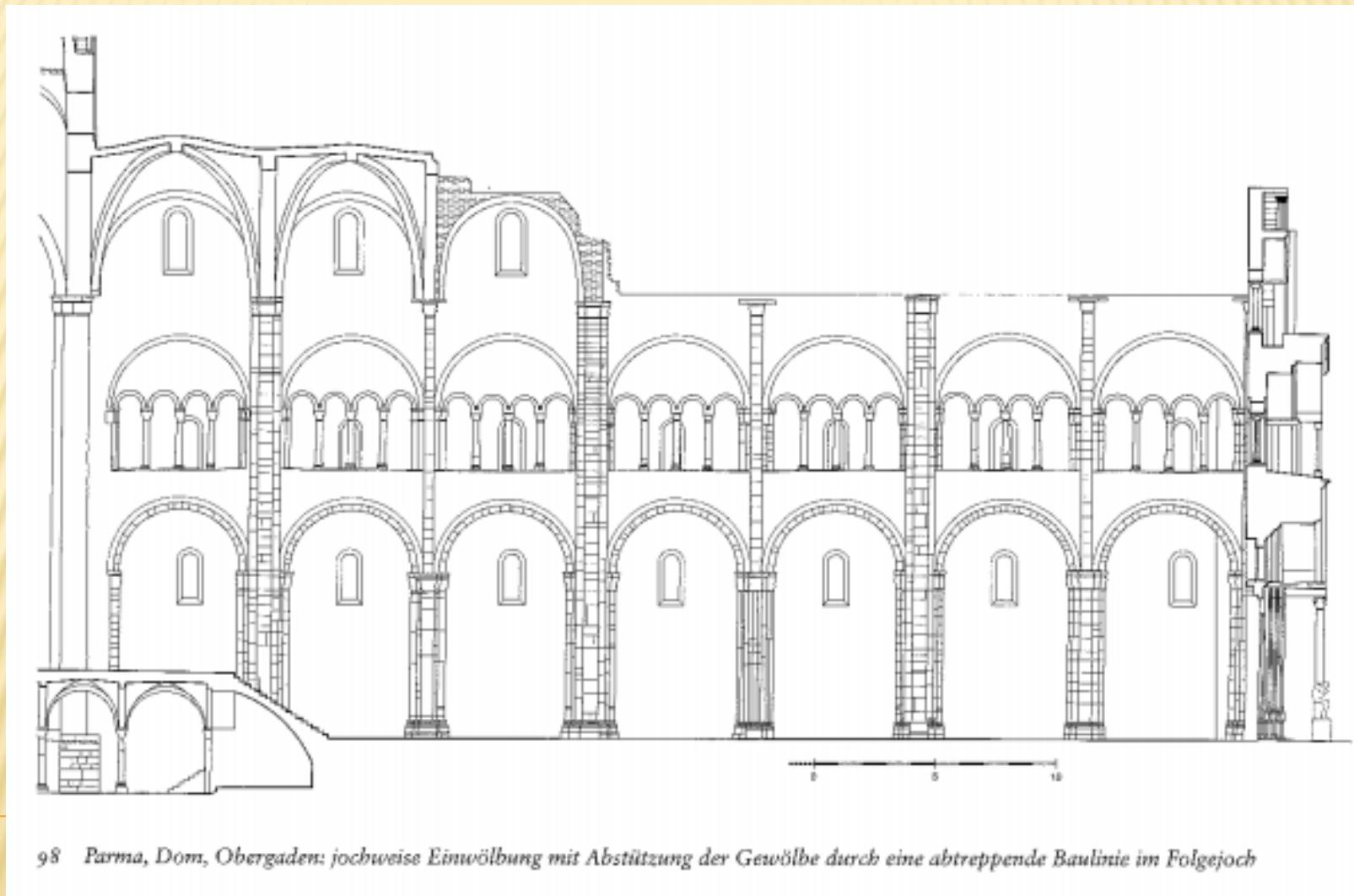
# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA

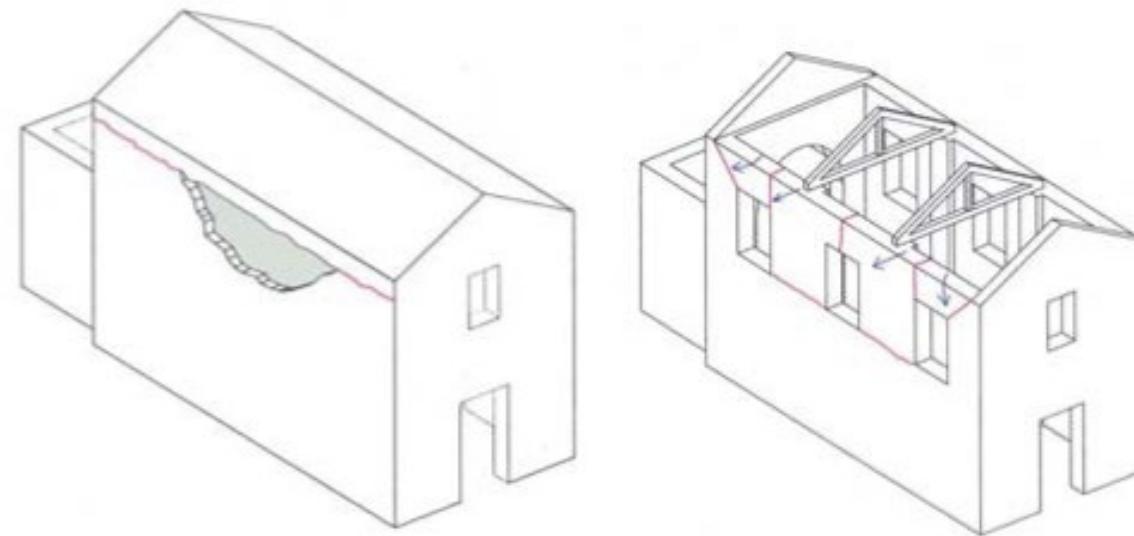


# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



# VULNERABILITÀ: IL DUOMO DI PARMA

## 19 – ELEMENTI DI COPERTURA: AULA



### 19 - MECCANISMI NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA - PARETI LATERALI DELL'AULA

Lesioni vicine alle teste delle travi lignee, scorrimento delle stesse – Sconnessioni tra cordoli e muratura – Movimenti significativi del manto di copertura

#### *Presidi antismisici*

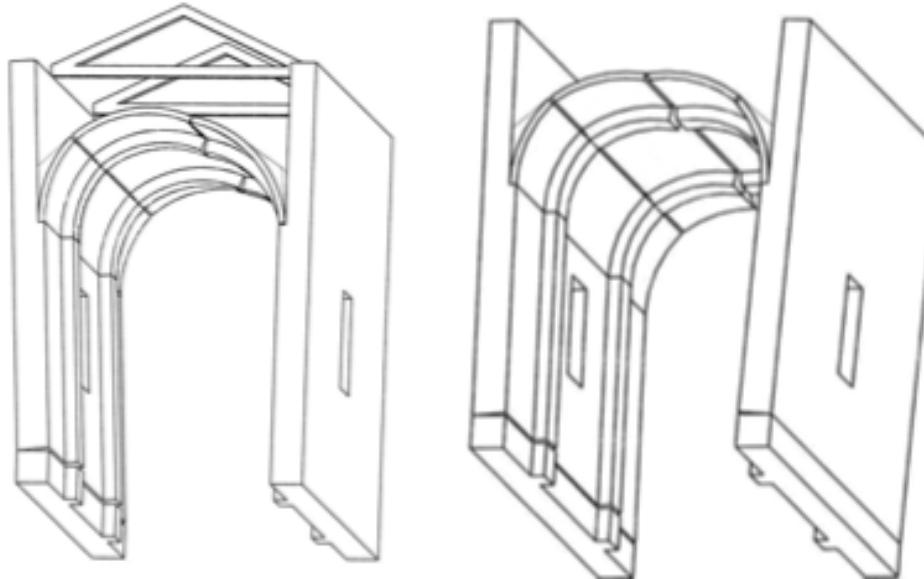
- Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)
- Presenza di collegamenti delle travi alla muratura
- Presenza di controventi di falda (tavolato incrociato o tiranti metallici)
- Presenza di buone connessioni tra gli elementi di orditura della copertura

#### *Indicatori di vulnerabilità*

- Presenza di copertura staticamente spingente
- Presenza di cordoli rigidi, copertura pesante

# VULNERABILITÀ: IL DUOMO DI PARMA

## 5 - RISPOSTA TRASVERSALE DELL'AULA



## 5 - RISPOSTA TRASVERSALE DELL'AULA

Lesioni negli arconi (con eventuale prosecuzione nella volta) – Rotazioni delle pareti laterali – Lesioni a taglio nelle volte – Fuori piombo e schiacciamento nelle colonne

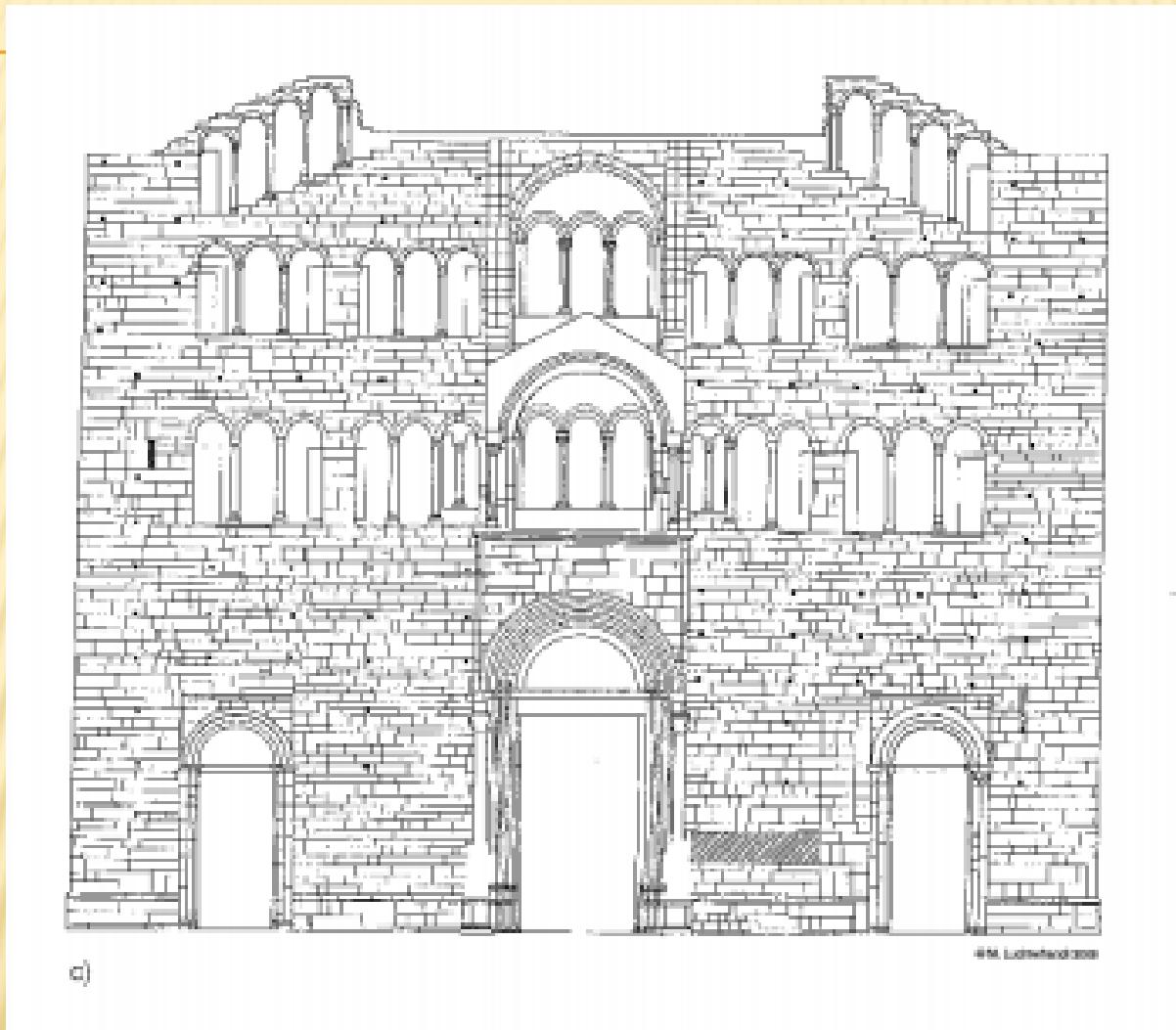
### *Presidi antisismici*

- Presenza di paraste o contrafforti esterni
- Presenza di corpi annessi adiacenti
- Presenza di catene trasversali

### *Indicatori di vulnerabilità*

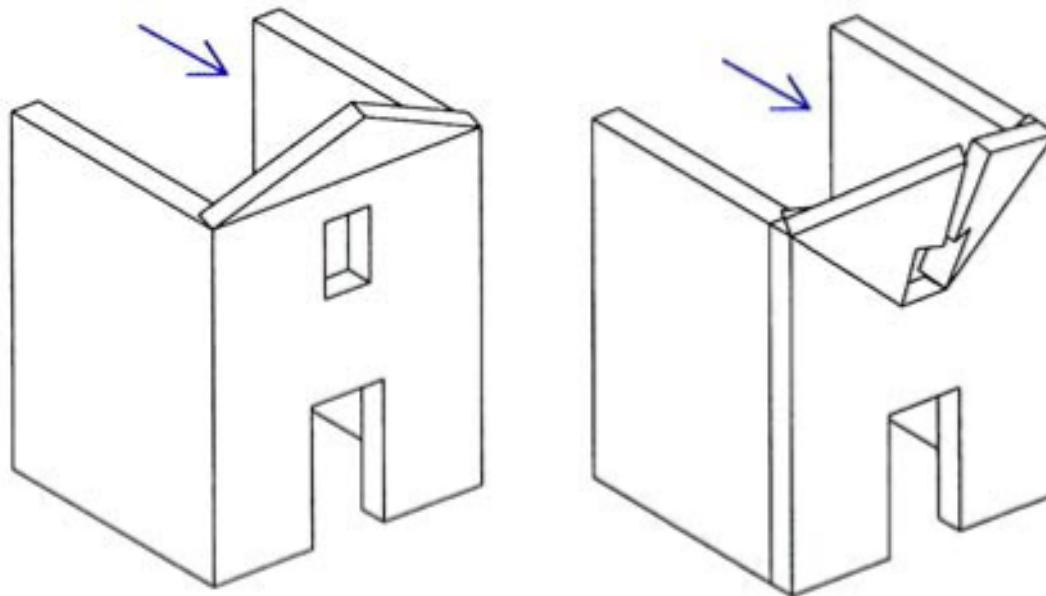
- Presenza di pareti con elevata snellezza
- Presenza di volte e archi

# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



# VULNERABILITÀ: IL DUOMO DI PARMA

## 2. MECCANISMI NELLA SOMMITÀ DELLA FACCIA



### 2 - MECCANISMI NELLA SOMMITÀ DELLA FACCIA

Ribaltamento del timpano, con lesione orizzontale o a V – Disgregazione della muratura o scorrimento del cordolo – Rotazione delle capriate

#### *Presidi antisismici*

- Presenza di collegamenti puntuali con gli elementi della copertura
- Presenza di controventi di falda
- Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)

#### *Indicatori di vulnerabilità*

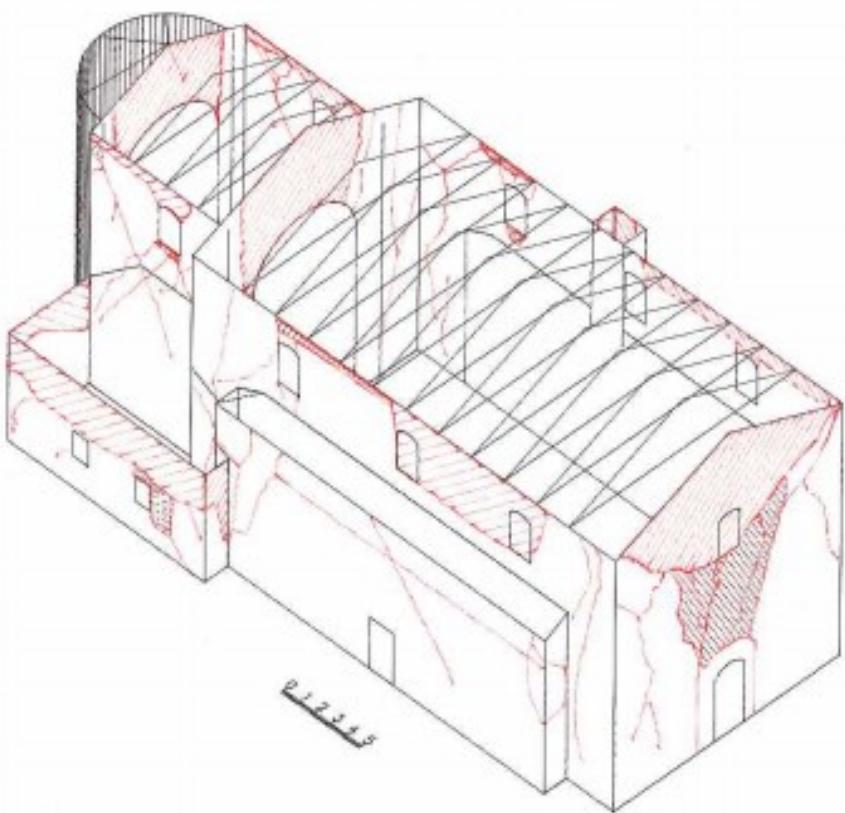
- Presenza di grandi aperture (rosone)
- Presenza di una sommità a vela di grande dimensione e peso
- Cordoli rigidi, trave di colmo in c.a., copertura pesante in c.a.

# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



Chiesa di San  
Giovanni Avezzano  
(AQ), 1915

# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



Chiesa di San  
Lorenzo Forgaria  
(UD), 1976



Sant'Angelo dei  
Lombardi (AV), 1980

# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA

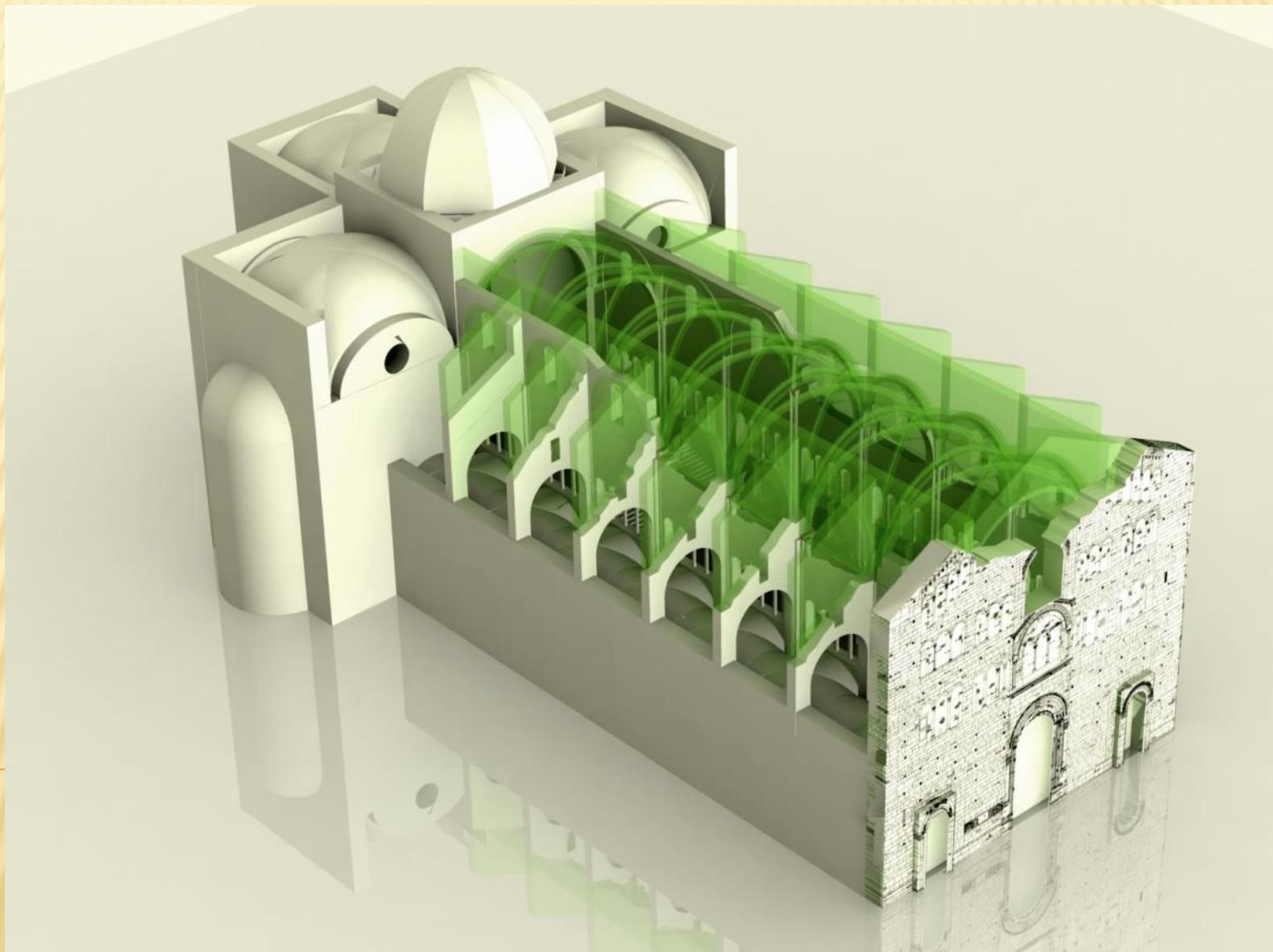


Duomo di Mirandola  
(MO), 2012

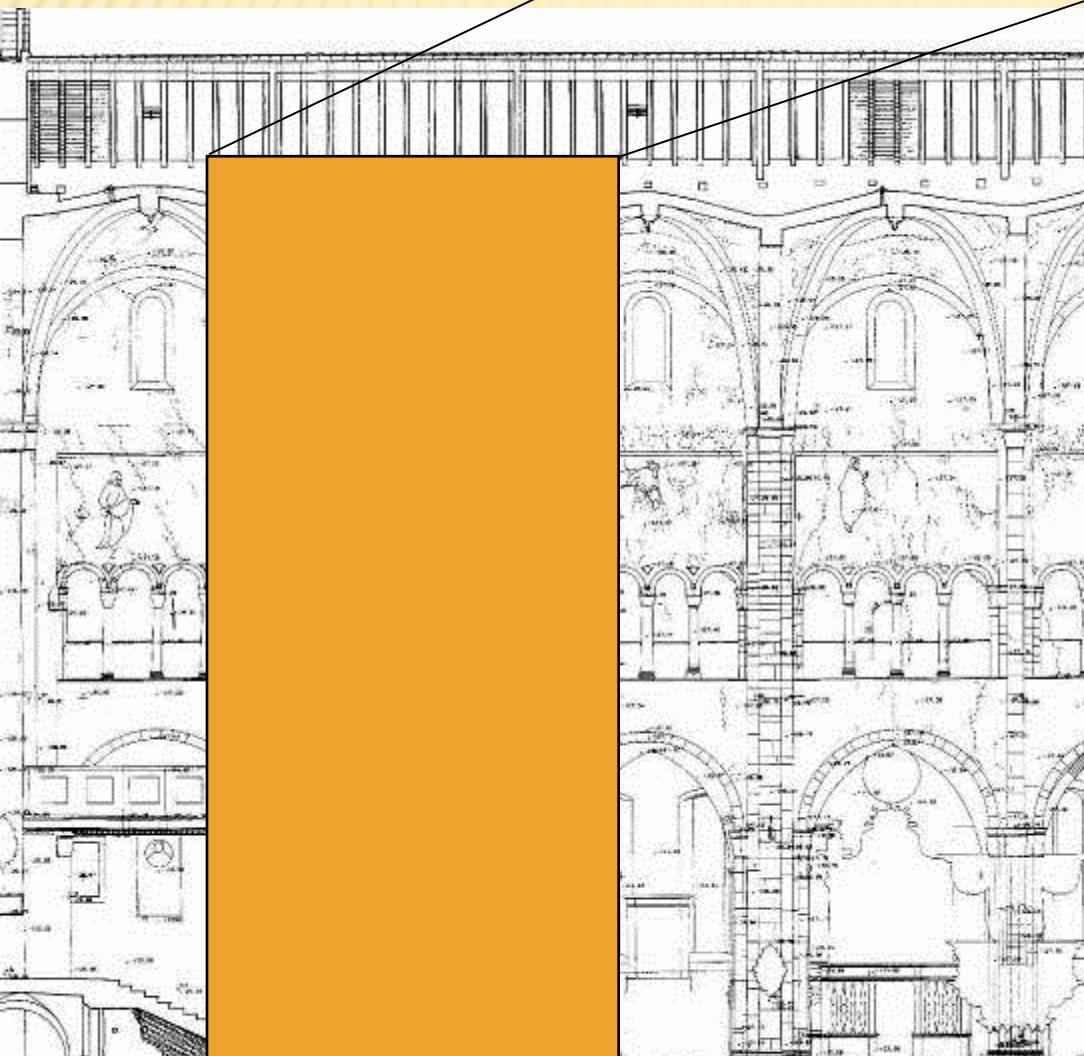


Amatrice, 2016

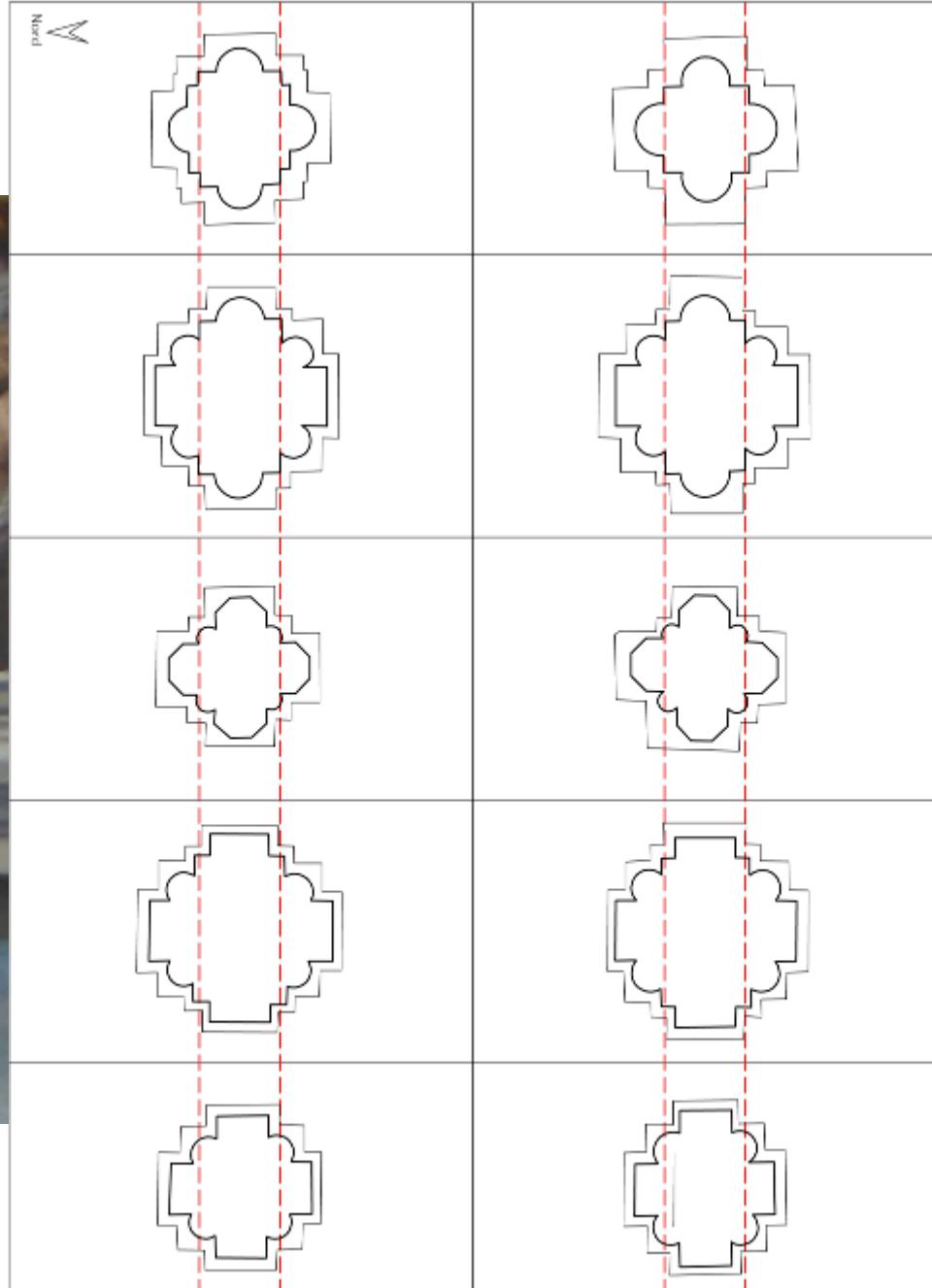
# STORIA: IL DUOMO DI PARMA

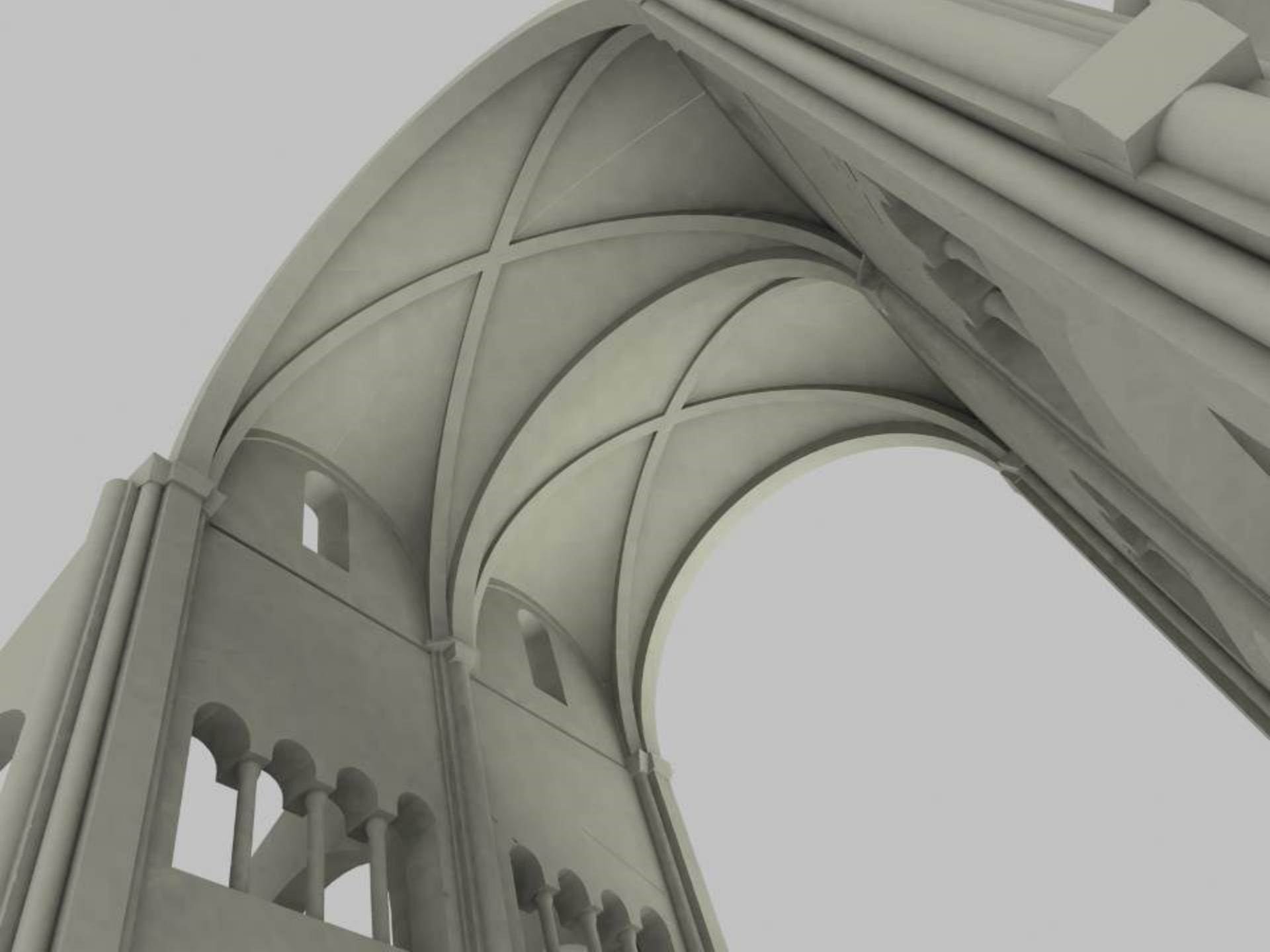


# STORIA: IL DUOMO DI PARMA



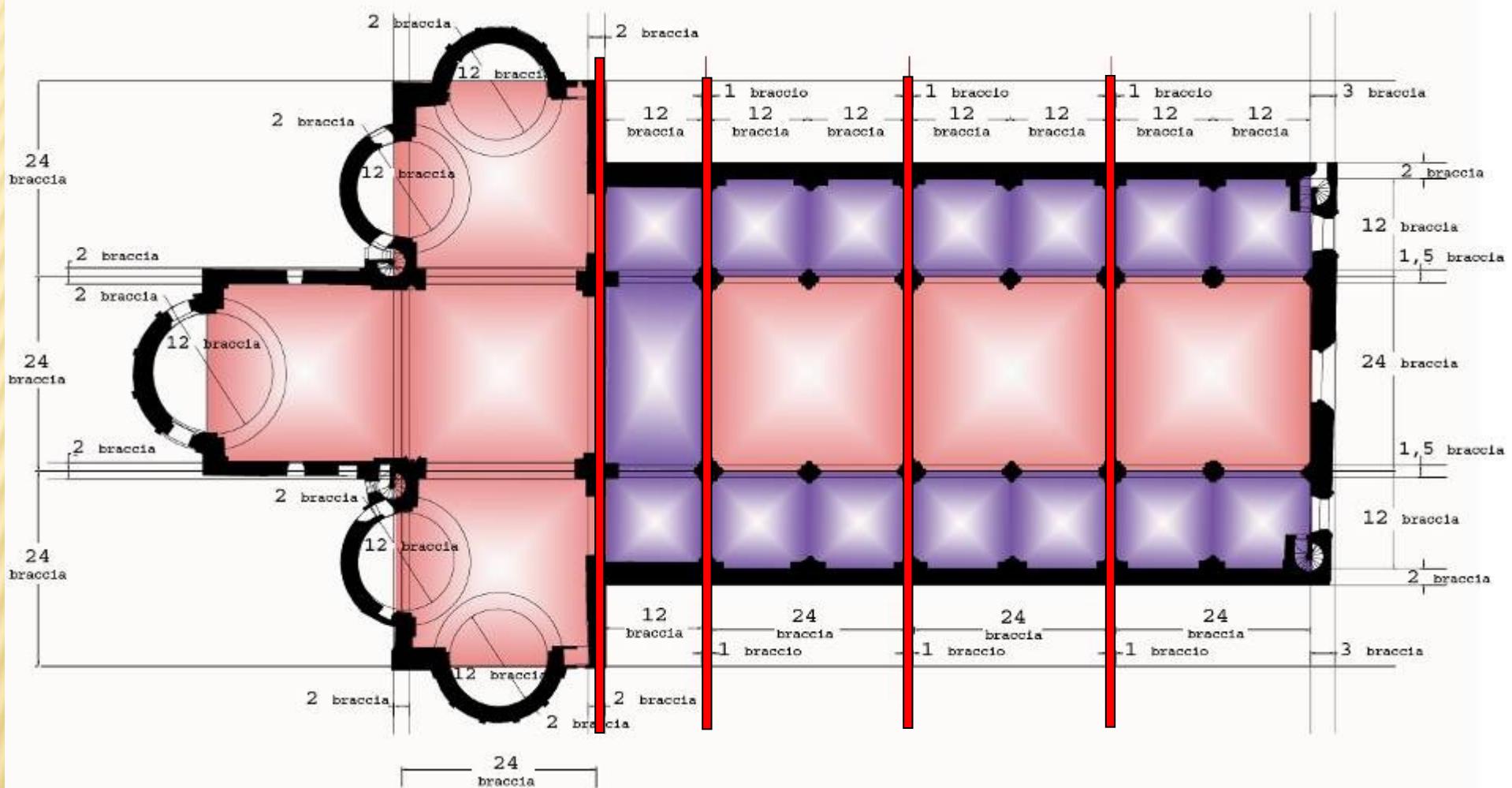
# STORIA: IL DUOMO DI PARMA



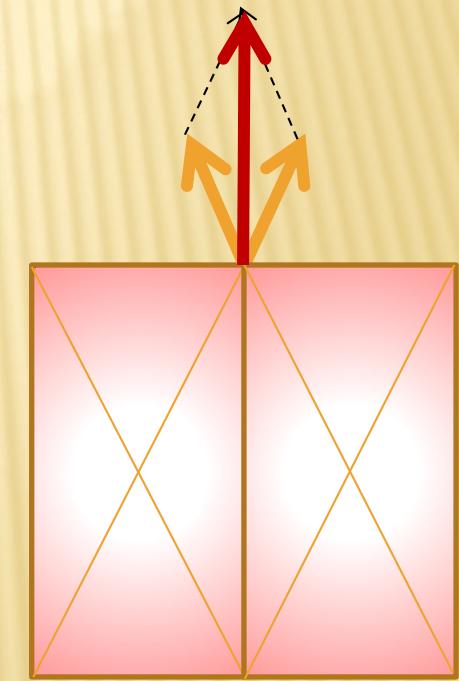
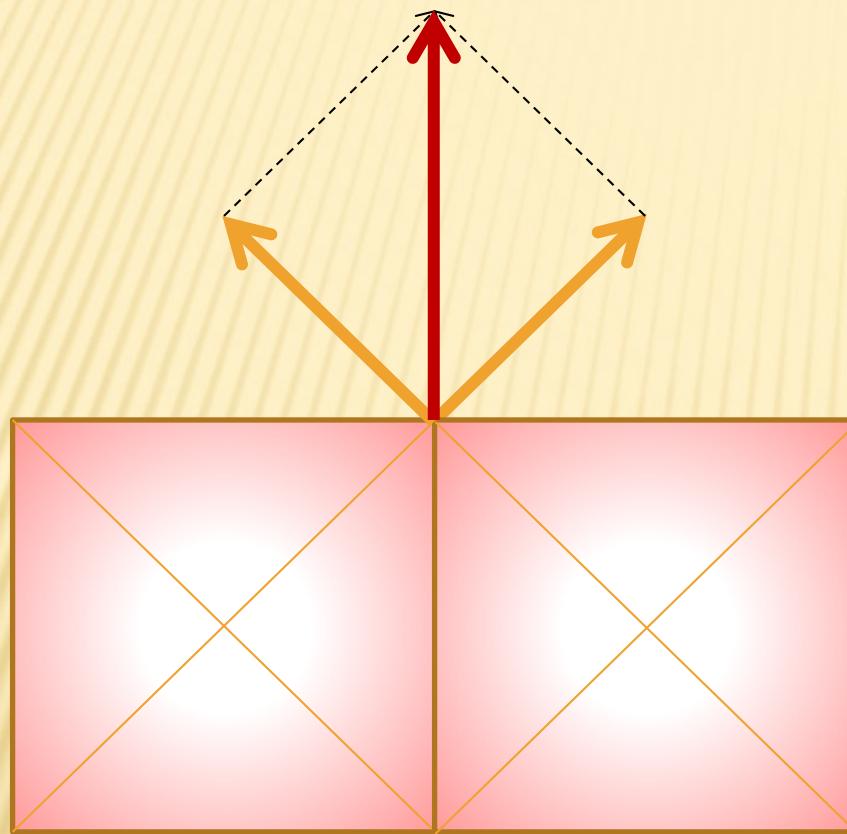




# STORIA: IL DUOMO DI PARMA



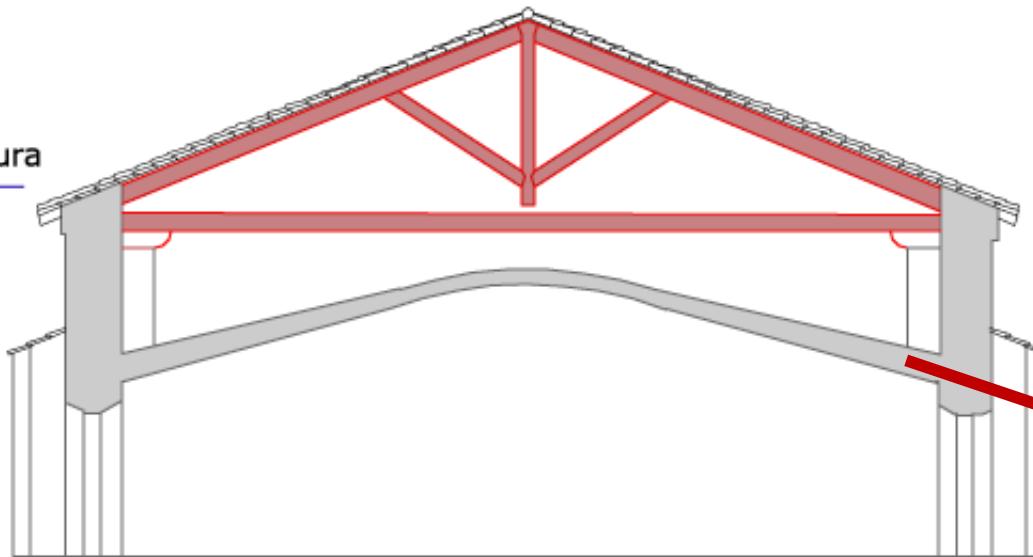
# STORIA: IL DUOMO DI PARMA



# STORIA: IL DUOMO DI PARMA

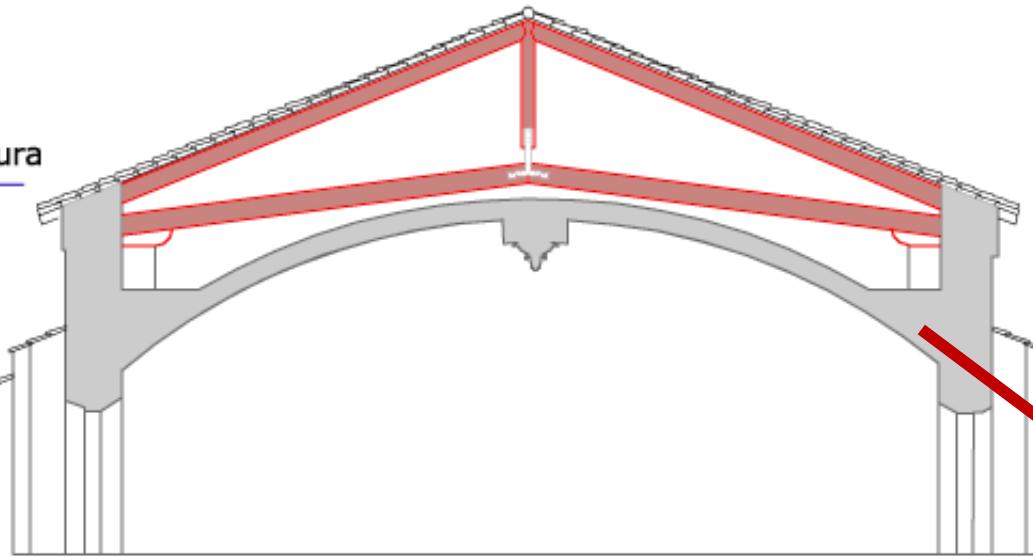
ANTE 1117

H muratura



1117-1775

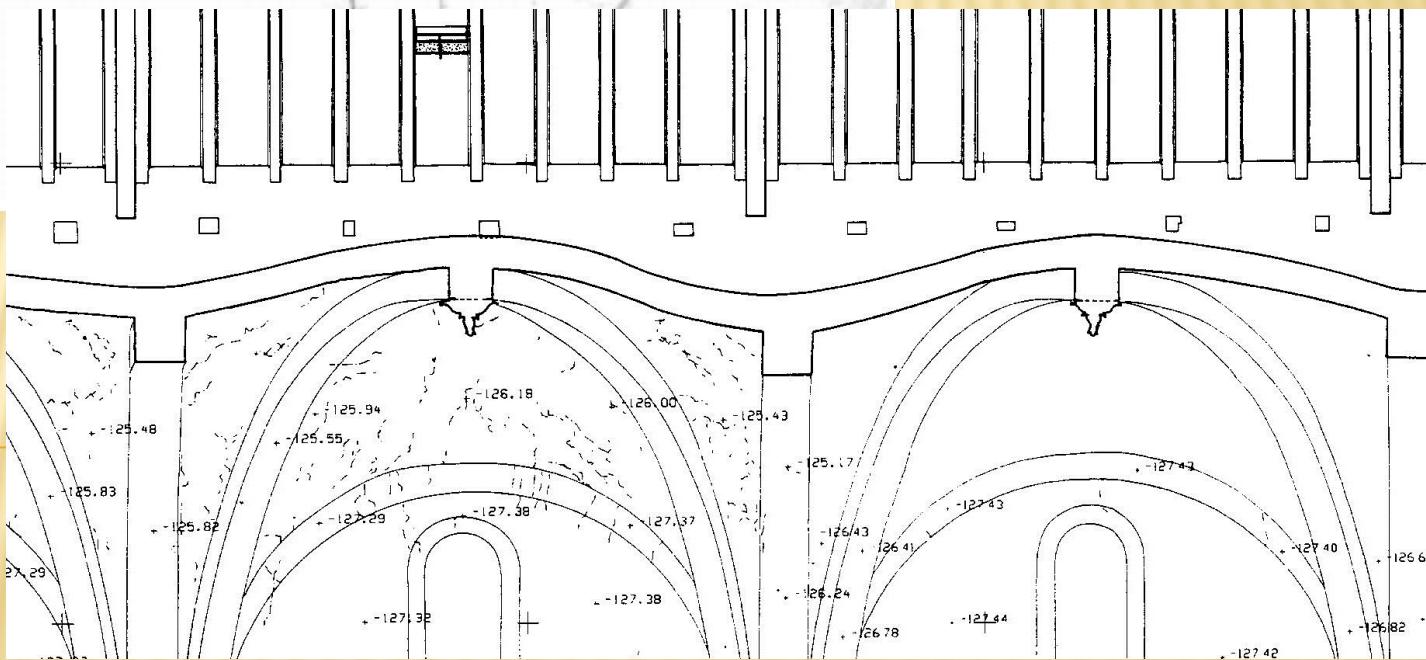
H muratura



# STORIA

# S. Ambrogio, Milano F. De Dartein

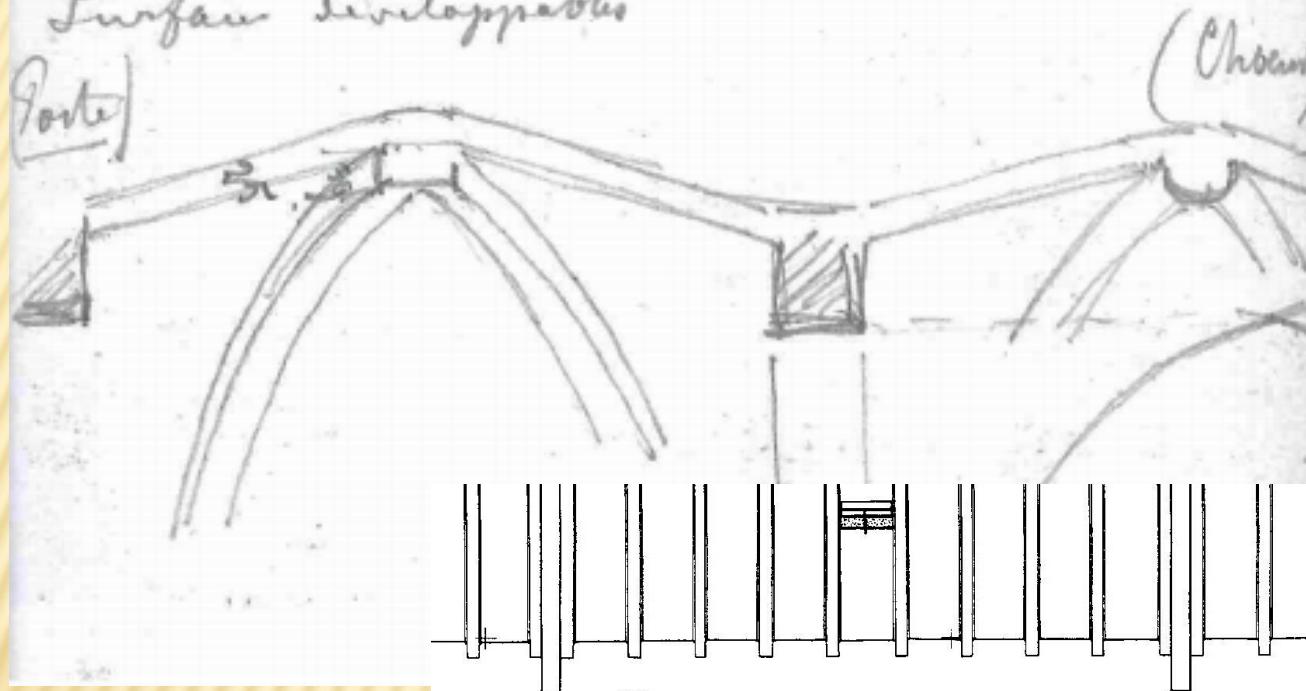
# Cattedrale di Parma



Monte de 1200.

### Surface developpable

Forte



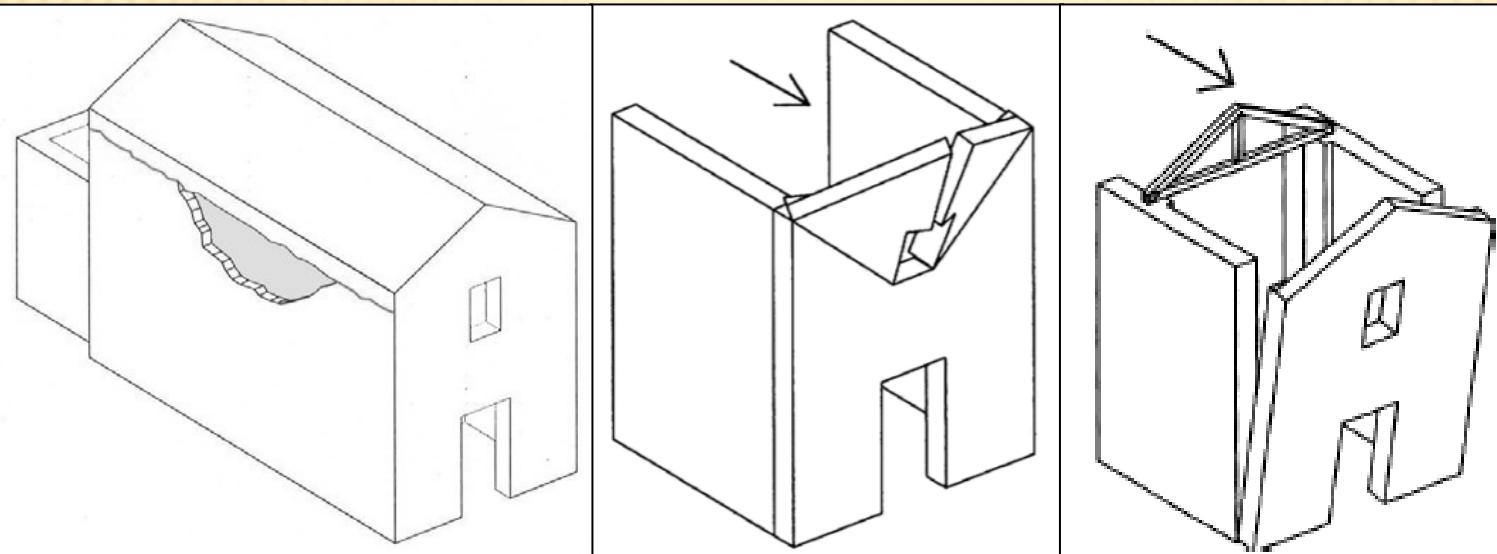
# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA

11/6/1438

# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



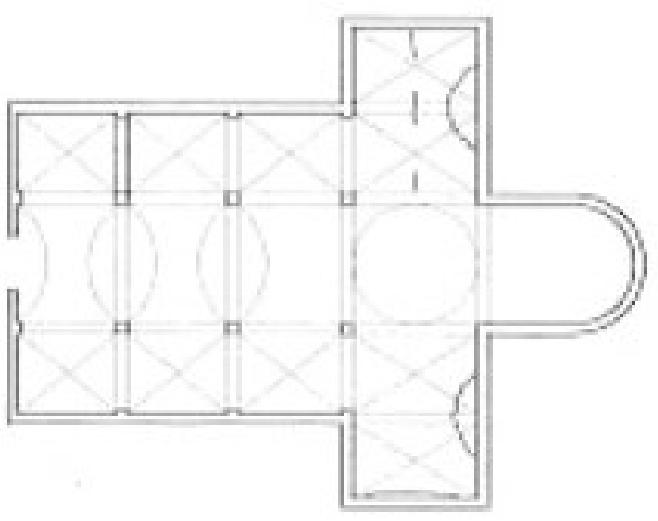
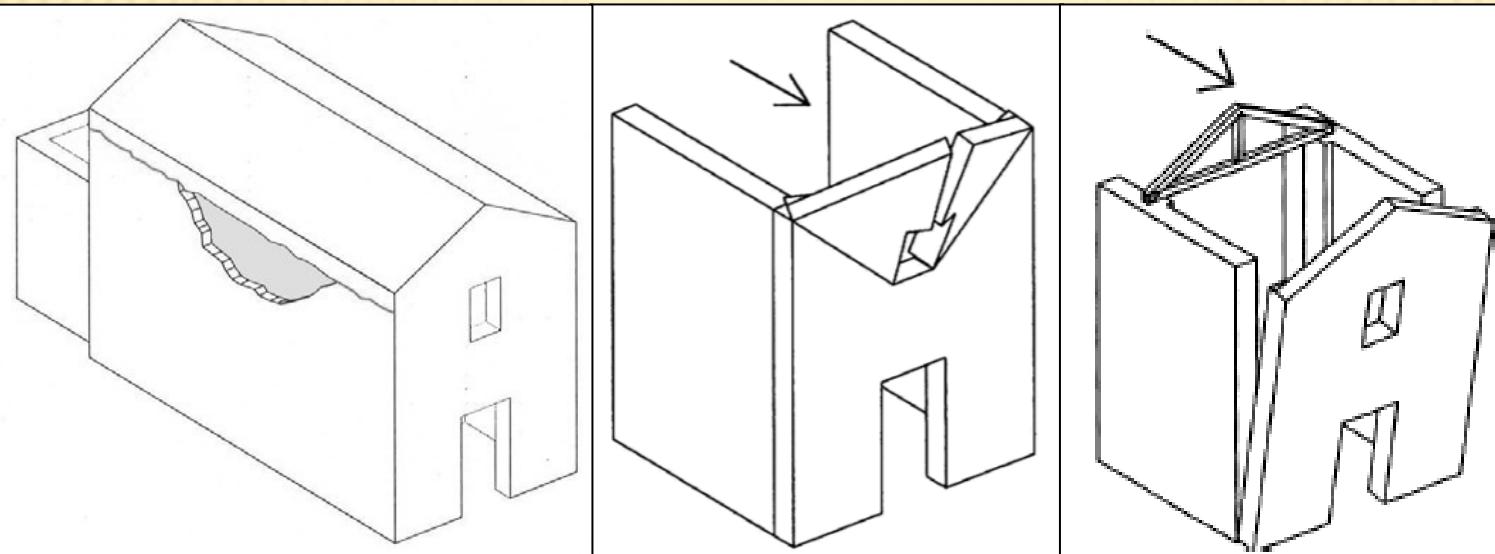
# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA

25/2/1695  
5/11/1738

# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



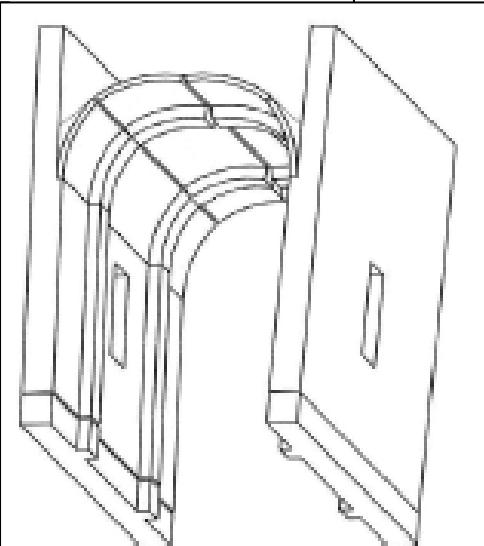
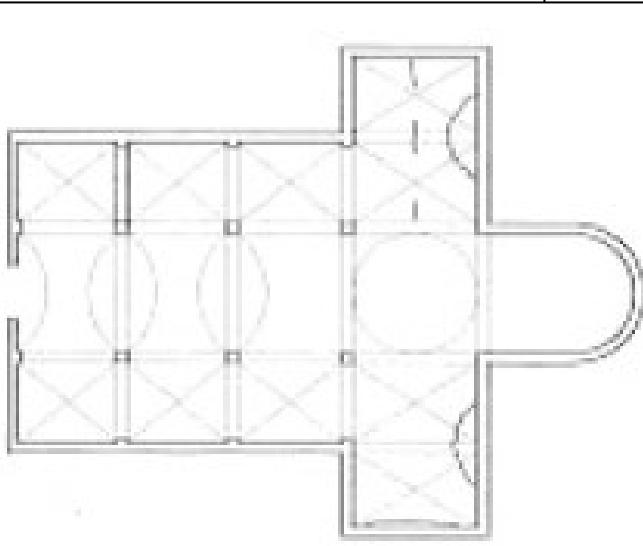
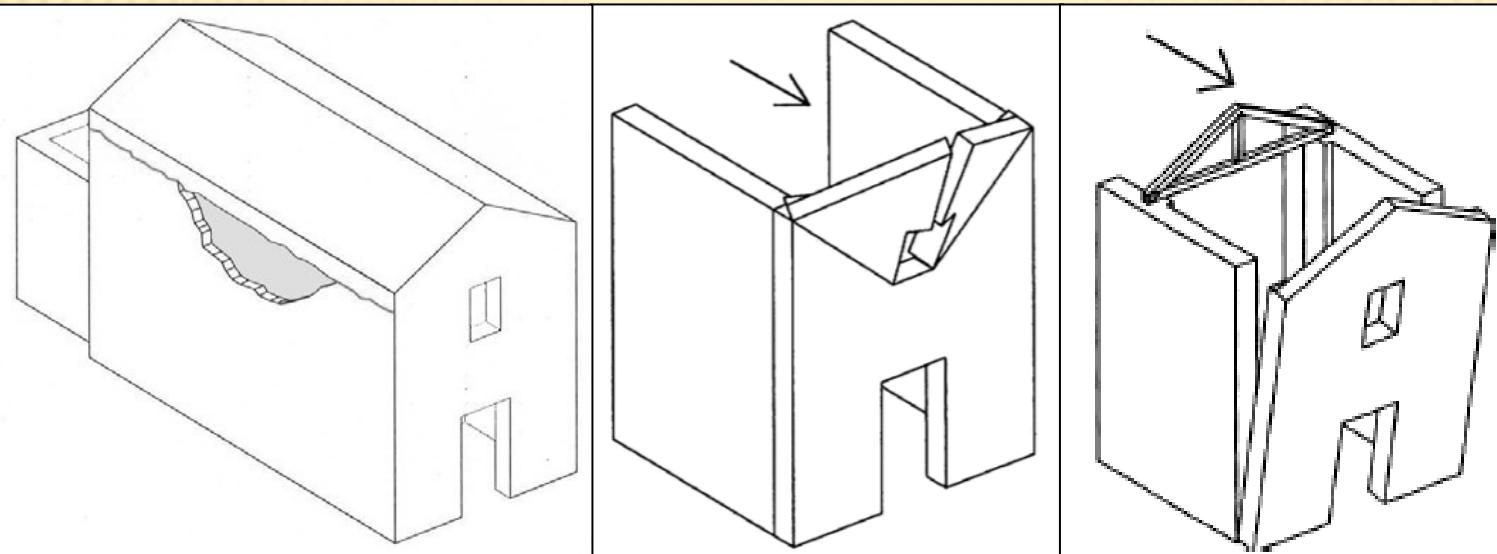
# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA

15/7/1971  
9/11/1983

# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA

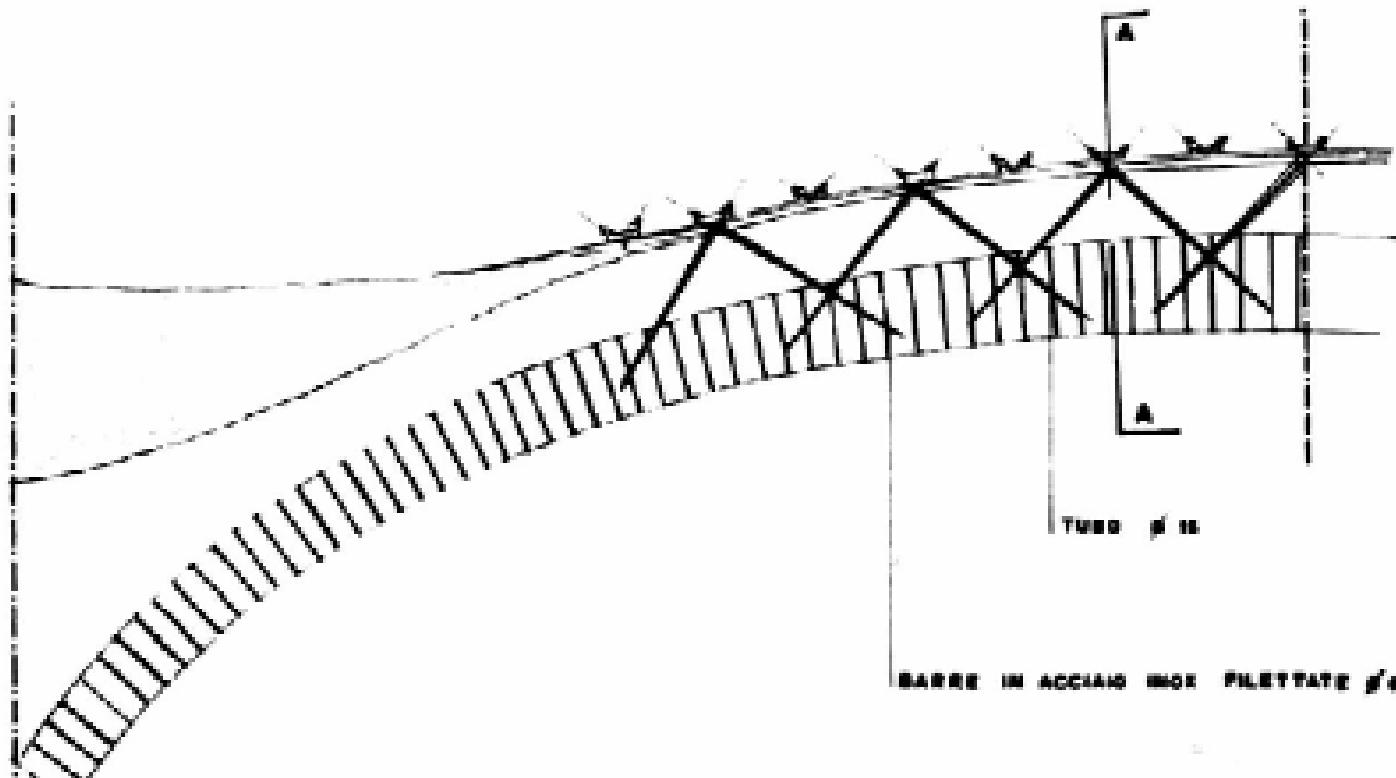


# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA

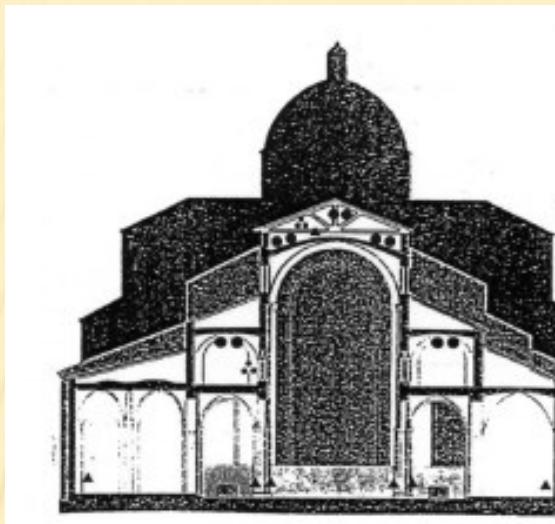


# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA

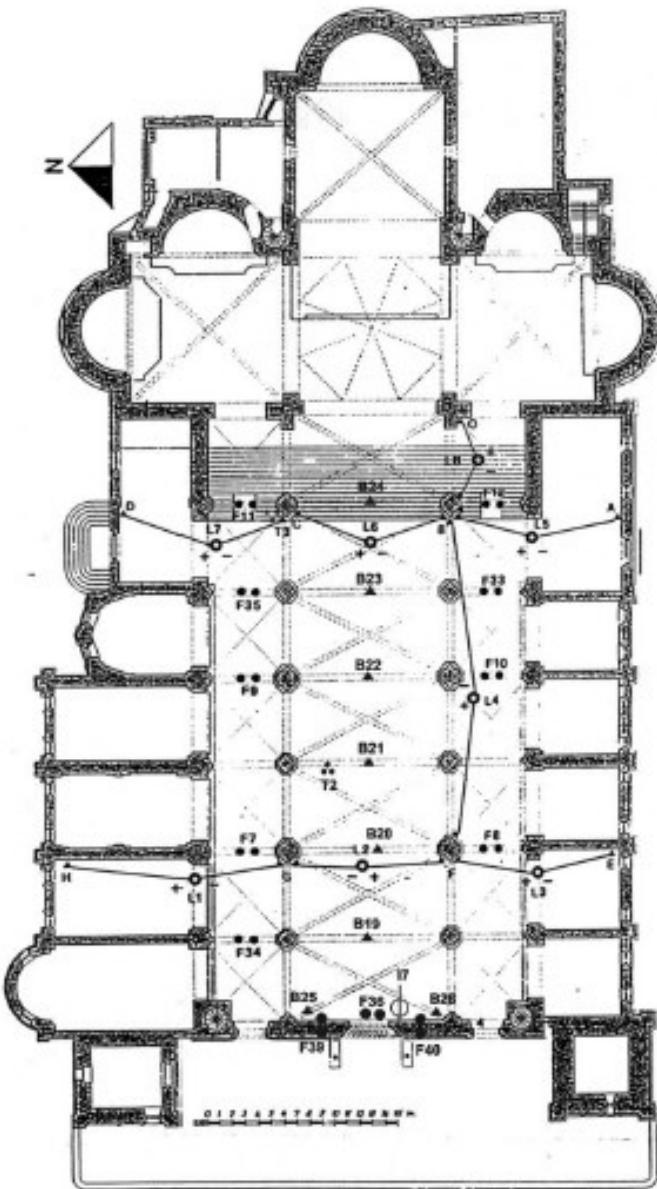
## SEZIONE SUL COSTOLONE



# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



- Fessurimetri
- ▲ Barrette estensimetriche
- ↔ Livellometri
- Inclinometri
- Sonde di temperatura



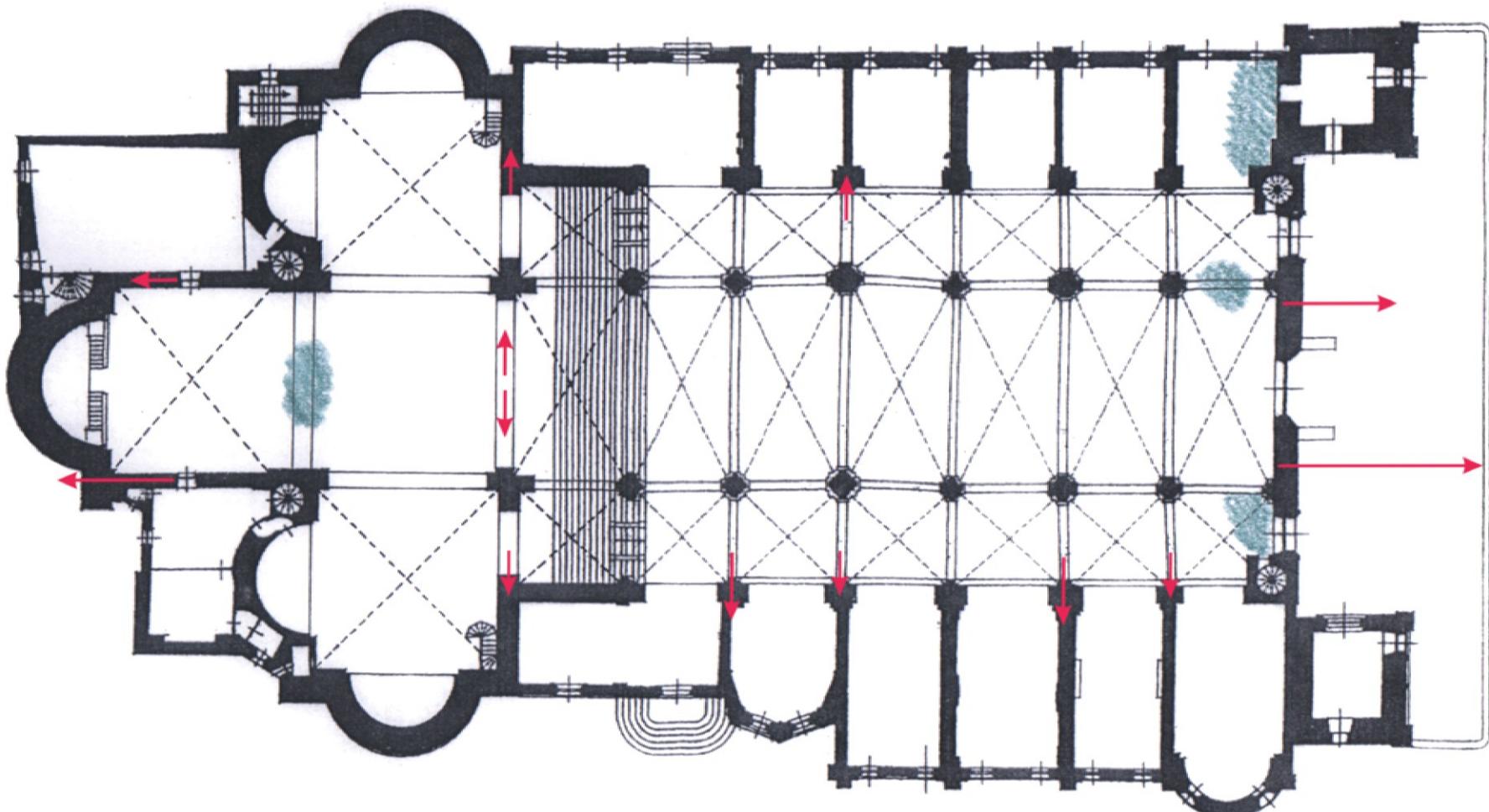
# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA

24/11/2004

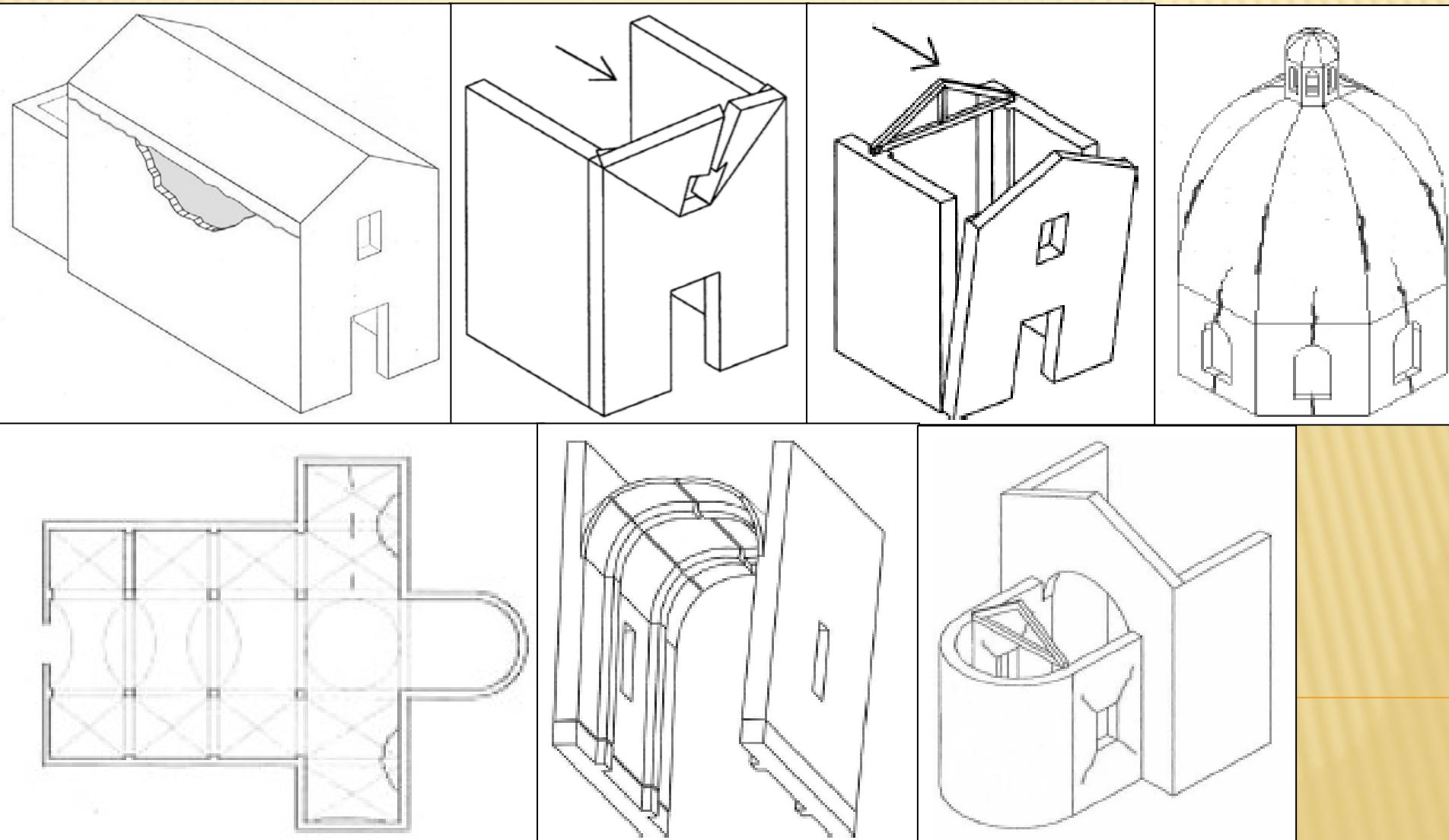
# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA

23/12/2008

27/1/2012

20/5/2012

# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



# VULNERABILITA': IL DUOMO DI PARMA



# CONCLUSIONI

---

- ✖ Come in molti altri campi, anche in quello sismico «*historia magistra vitae*». In particolare ci insegna:
  - + Dove, con che intensità e frequenza sono accaduti i terremoti e quindi dove possiamo attenderceli
  - + Come hanno reagito gli edifici, mostrandoci i loro punti deboli
  - + Che per ottenere risultati attendibili e utili bisogna lavorare insieme, togliendo ognuno i propri paraocchi





Grazie per l'attenzione