

L'ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI TRAPANI E LA FONDAZIONE DELL'ORDINE
NEL 53° ANNIVERSARIO DEL TERREMOTO DEL BELICE PROPONE UNA SERIE DI INCONTRI ONLINE

COLTIVIAMO LA CULTURA ANTISISMICA

*"La Repubblica promuove lo sviluppo della cultura e la ricerca scientifica e tecnica.
Tutela il paesaggio e il patrimonio storico e artistico della Nazione."* Art.9 Costituzione Italiana

SECONDO INCONTRO 12/04/2021 ore 15:30-19:30

LA CULTURA, ANIMA DEL TUTTO

Prof. Ing. ANTONIO BORRI

Già Ordinario di Scienza delle Costruzioni
nell'Università degli Studi di Perugia

**Comportamento sismico delle costruzioni
in muratura: esperienze e prospettive,
per una cultura della sicurezza**



in collaborazione con:

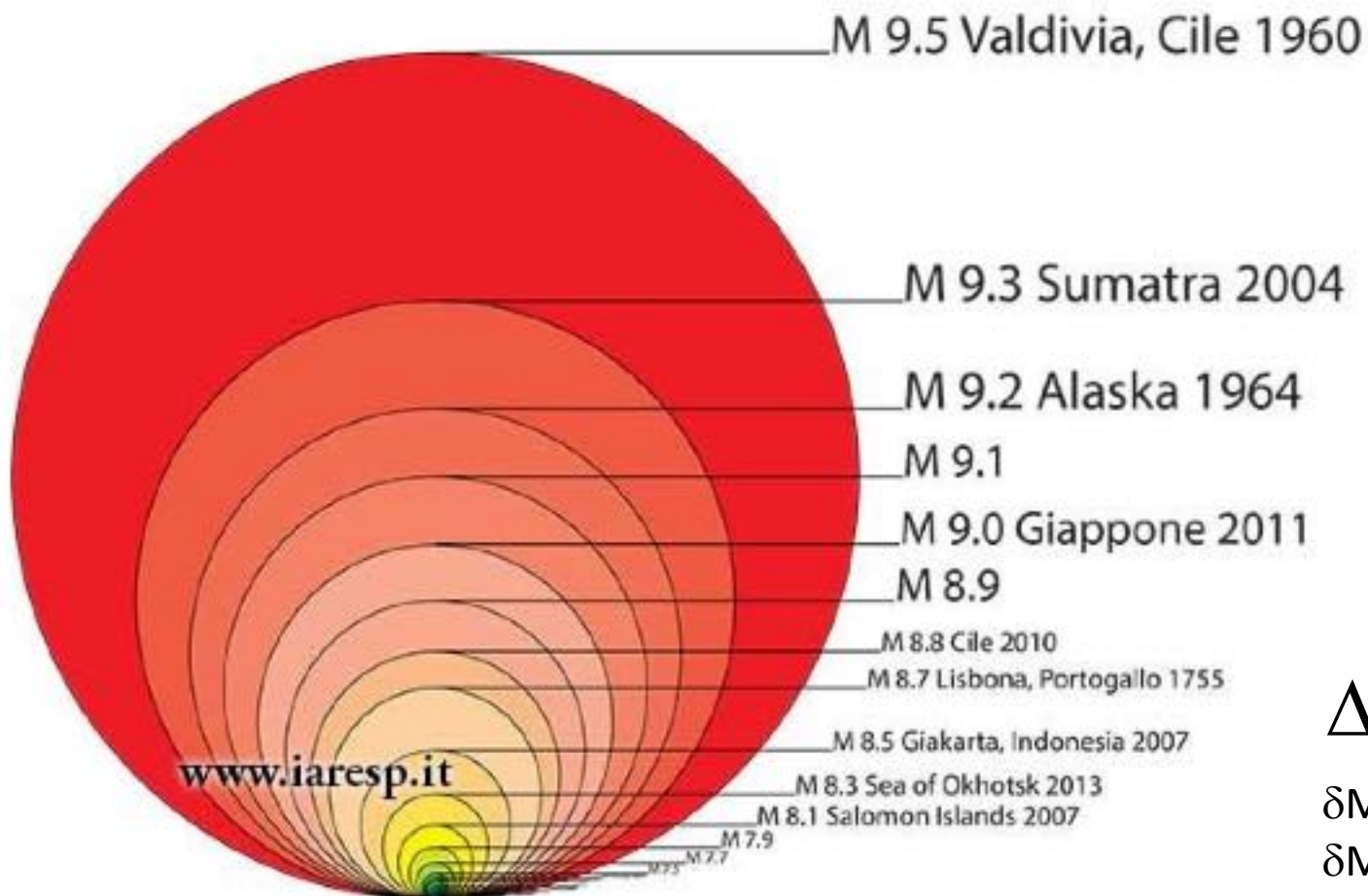


PREMESSA

**ESPERIENZE DAI SISMI:
CONFERME E NUOVE CONOSCENZE**

QUALI SISMI INTERESSANO L'ITALIA E PERCHE' HANNO CONSEGUENZE COSI' GRAVI?

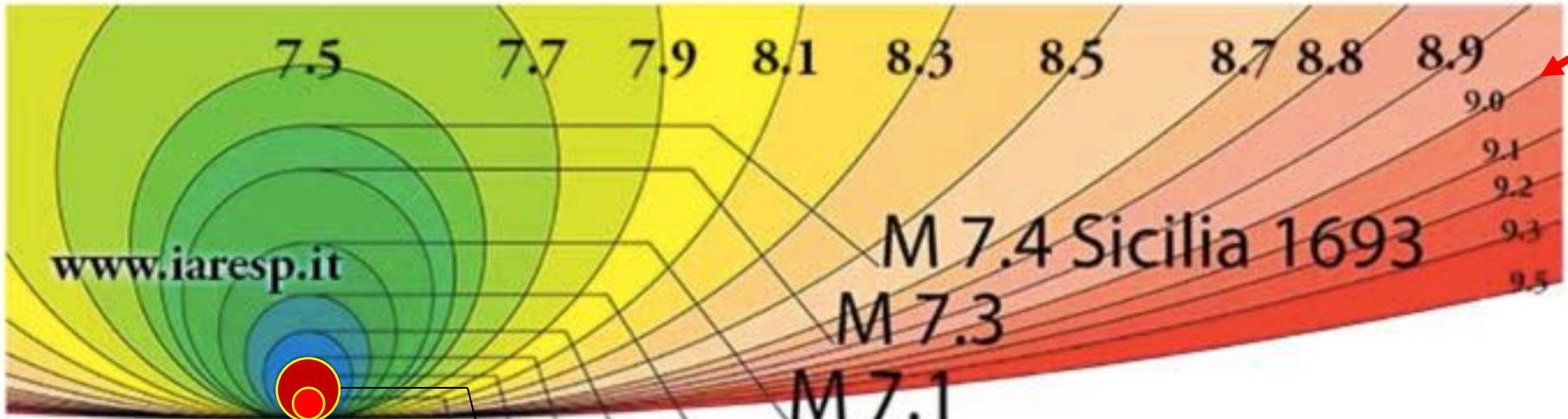
Comparazione fra Magnitudo ed energia sprigionata



$$\Delta = (10^{\delta M})^{3/2}$$

$$\delta M = 1 \rightarrow \Delta = 31,6$$

$$\delta M = 2 \rightarrow \Delta = 1000$$



www.iaresp.it

M 7.4 Sicilia 1693

M 7.3

M 7.1

M 6.9 Irpinia 1980

M 6.7

M 6.5 Friuli 1976 / **Norcia** 30/10/2016

M 6.3 L'Aquila, Abruzzo 2009

M 5.9 Emilia 2012 / **Ussita** 26/10/2016

M 5.1 Fivizzano, Toscana 2013

M 6.0 Accumoli

24/08/2016

M 9.0 Giappone 2011

Terremoto in Cile: sisma magnitudo 7.7, abbassata allerta tsunami

Circa 4.000 persone sono state evacuate per precauzione

Redazione ANSA

25 dicembre 2016

18:40

NEWS



Suggerisci



Facebook



Twitter



Google+



Altri



A+



A



A-



Stampa



Scrivi alla redazione

Pubblicità 4w



Scopri la Thailandia



Cile, terremoto 7.7 e allerta tsunami © ANSA/EPA

CLICCA PER
INGRANDIRE +

Un sisma di magnitudo 7.7 è stato registrato alle 11.22 ora locale (le 15.22 in Italia) a 45 chilometri di Puerto Quellon, nel sud del Cile, a una profondità di 15 chilometri.

Non ci sono notizie di vittime ne' di danni ingenti. Lo riferisce il capo

Esteri

HOME POLITICA ECONOMIA SPORT SPETTACOLI TECNOLOGIA MOTORI TUTTE LE SEZIONI D REP TV

23/06/2020



Scossa di terremoto di magnitudo 7,5 in Messico, almeno sei morti



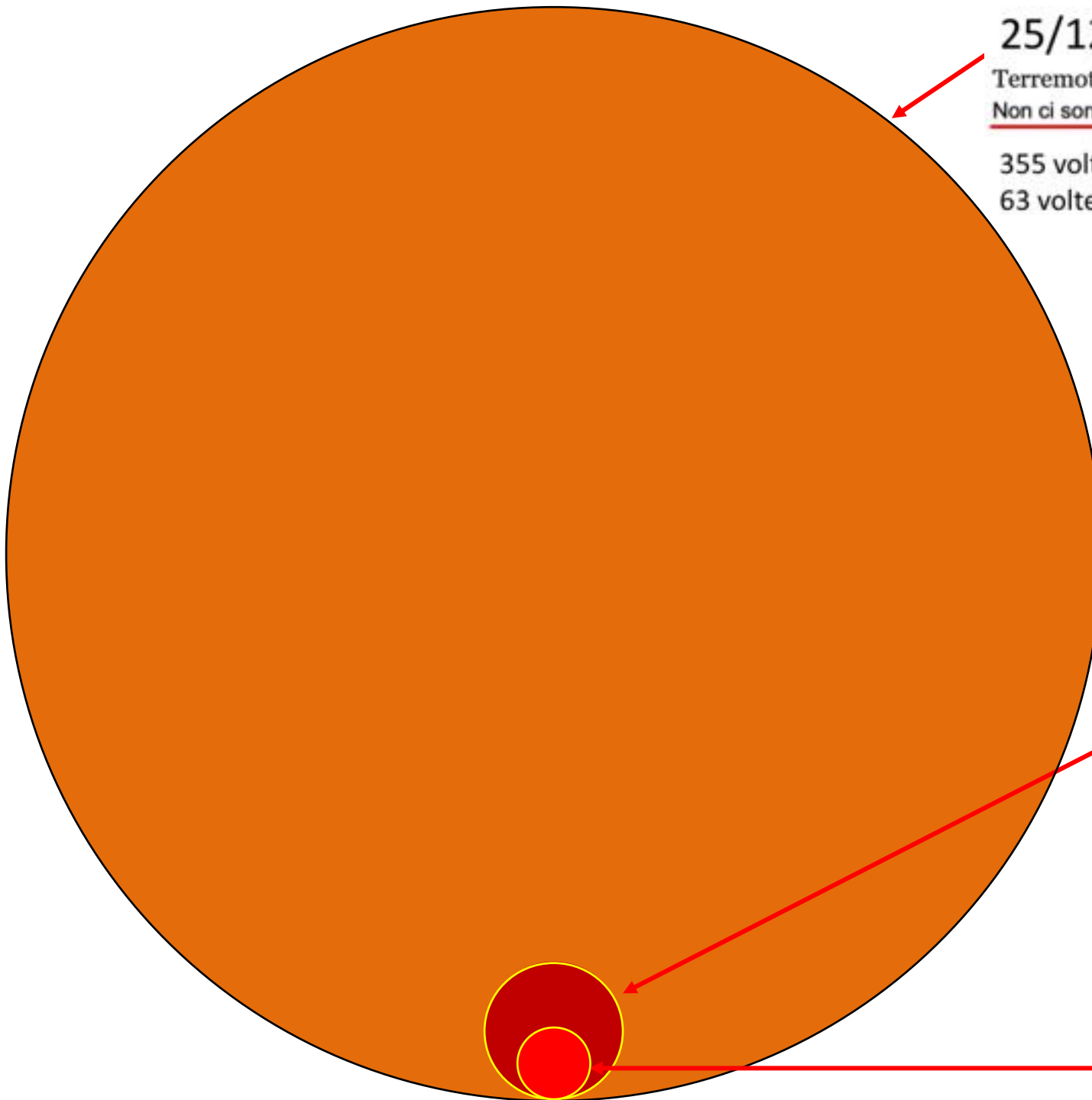
(reuters)

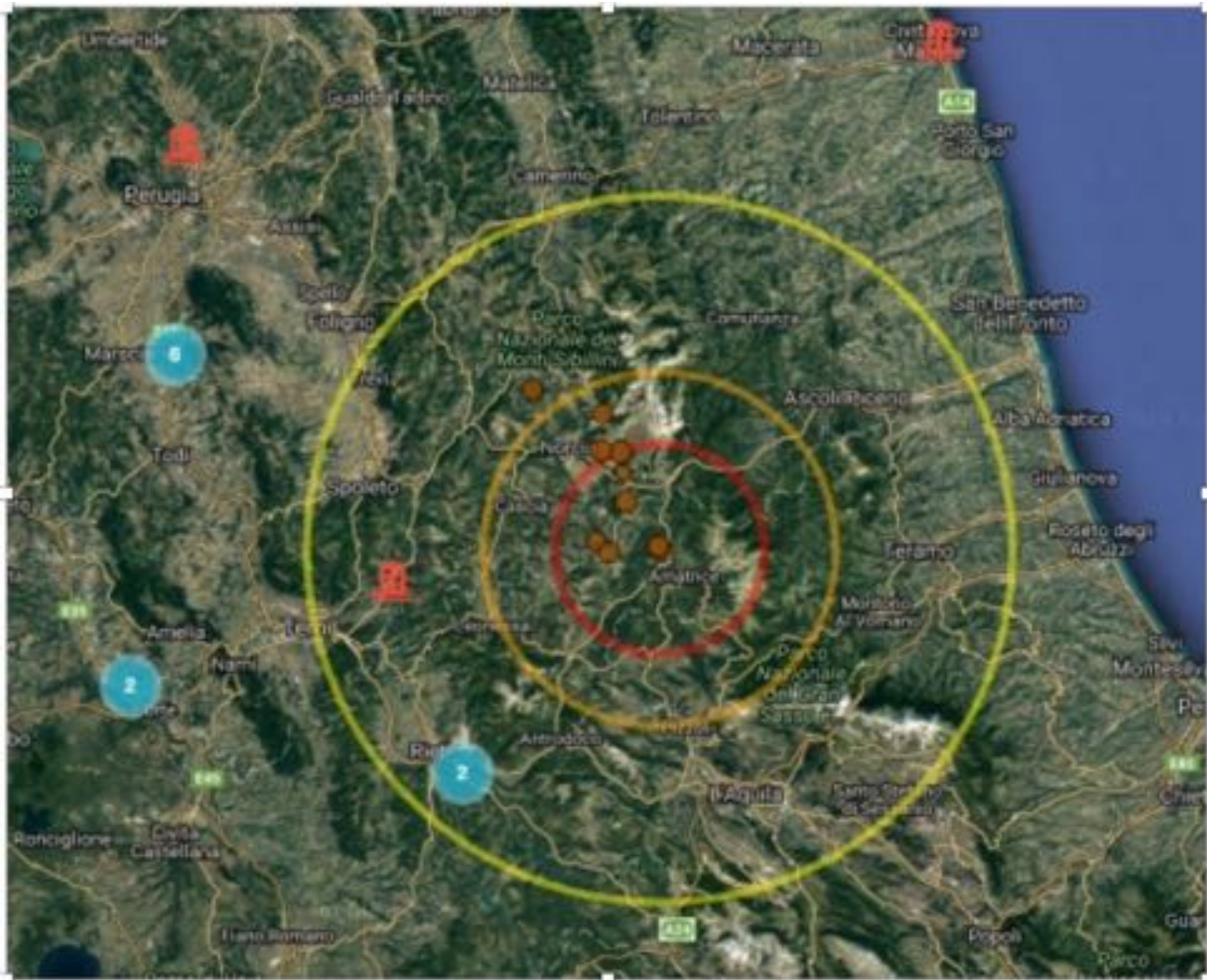
Il sisma ha colpito lo Stato Sud-occidentale di Oaxaca. Distrutti più di 500 edifici. Revocato l'allarme tsunami diramato ieri

25/12/16 M 7.7

Terremoto in Cile: sisma magnitudo 7.7
Non ci sono notizie di vittime ne' di danni ingenti.

355 volte il sisma di Amatrice
63 volte il sisma del 30/10/16





Sisma 2016
nel Centro Italia

Edifici vulnerabili, inadatti a
sopportare azioni sismiche



**ESPERIENZE DAI SISMI:
CONFERME**

**IL PROBLEMA STA NELLA VULNERABILITÀ
DEL NOSTRO PATRIMONIO EDILIZIO**

**ESPERIENZE DAI SISMI DEL 2016:
NUOVE CONOSCENZE**

Se si fa prevenzione (cioè se si interviene in modo adeguato) i danni sono limitati ...



Norcia dopo gli eventi del 2016: sono crollate solo le chiese e i pochi edifici mai rinforzati



Amatrice



Pescara del Tronto



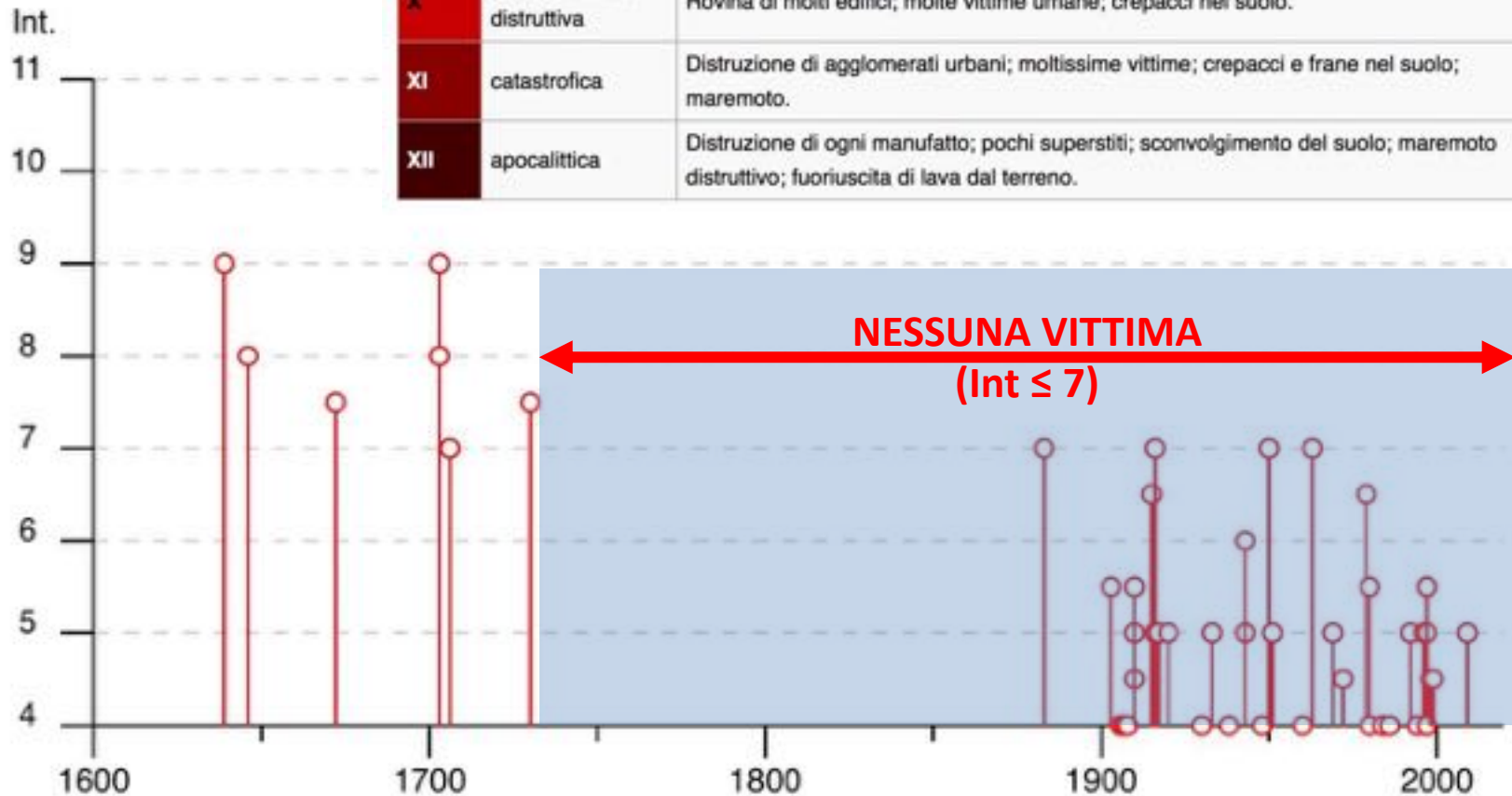
Norcia

Perché queste differenze?

LA PREVENZIONE «PAGA»

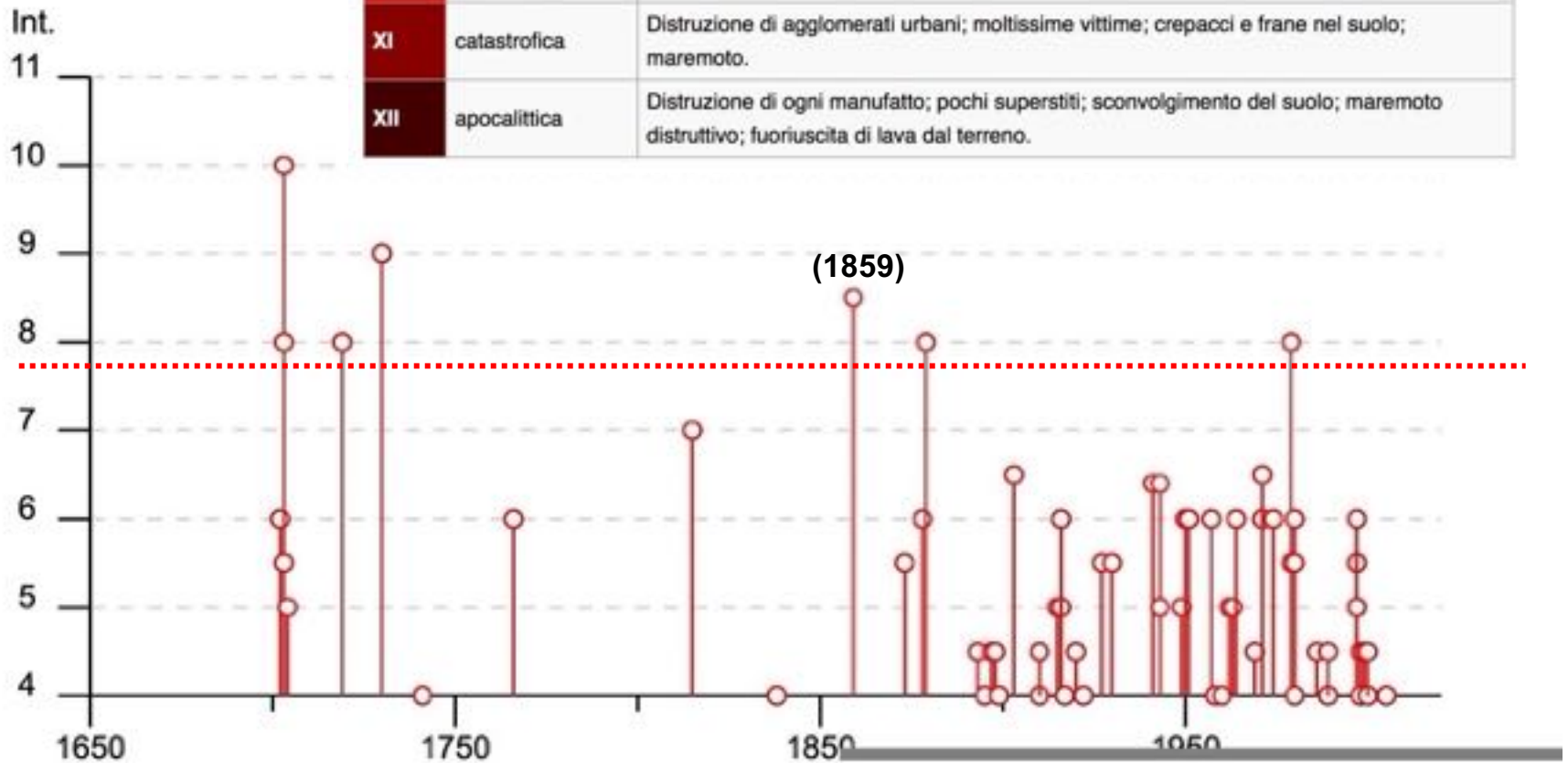
Storia sismica di Amatrice


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 fumaioi, 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; fuoriuscita di lava dal terreno.



Storia sismica di Norcia

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 fumaoli, 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; fuoriuscita di lava dal terreno.





XVII Convegno ANIDIS – L'ingegneria Sismica in Italia

Pistoia, 17-21 Settembre 2017

ANALISI DEL DANNO DEGLI EDIFICI ORDINARI NEL CENTRO STORICO DI NORCIA A SEGUITO DEI SISMI DEL 2016

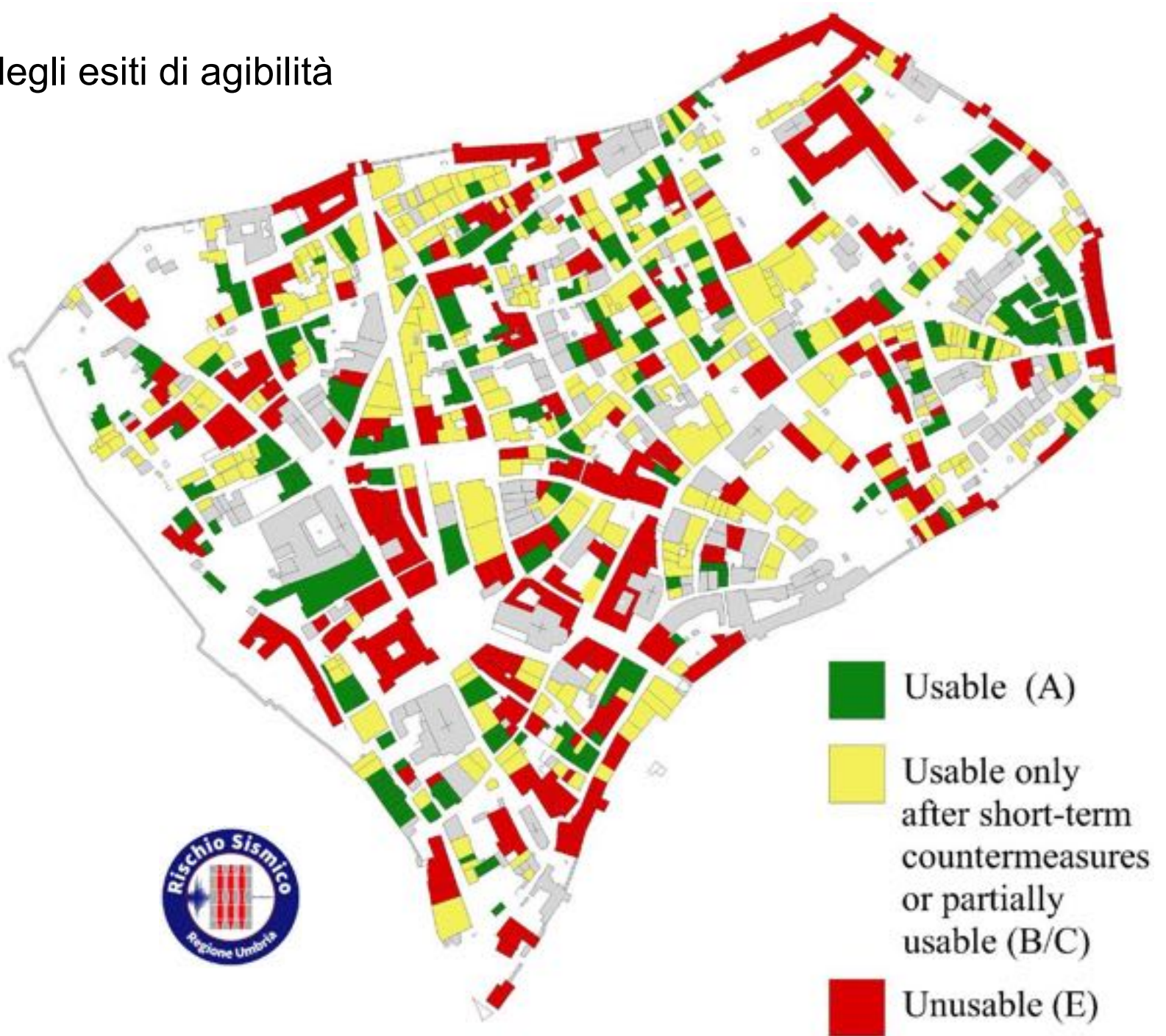
Antonio Borri^a, **Romina Sisti^a**, Andrea Prota^b, Marco Di Ludovico^b, Sandro Costantini^c, Marco Barluzzi^c,
Alessandro De Maria^c, Elisabetta Aisa^c, Alessio Bragetti^c, Francesco Savi^c, Gianluca Fagotti^c, Luciano Baldi^c.

^a Dipartimento di Ingegneria - Università degli Studi di Perugia

^b Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II

^c Regione Umbria - Servizio Rischio Sismico e Programmazione interventi sul rischio idrogeologico

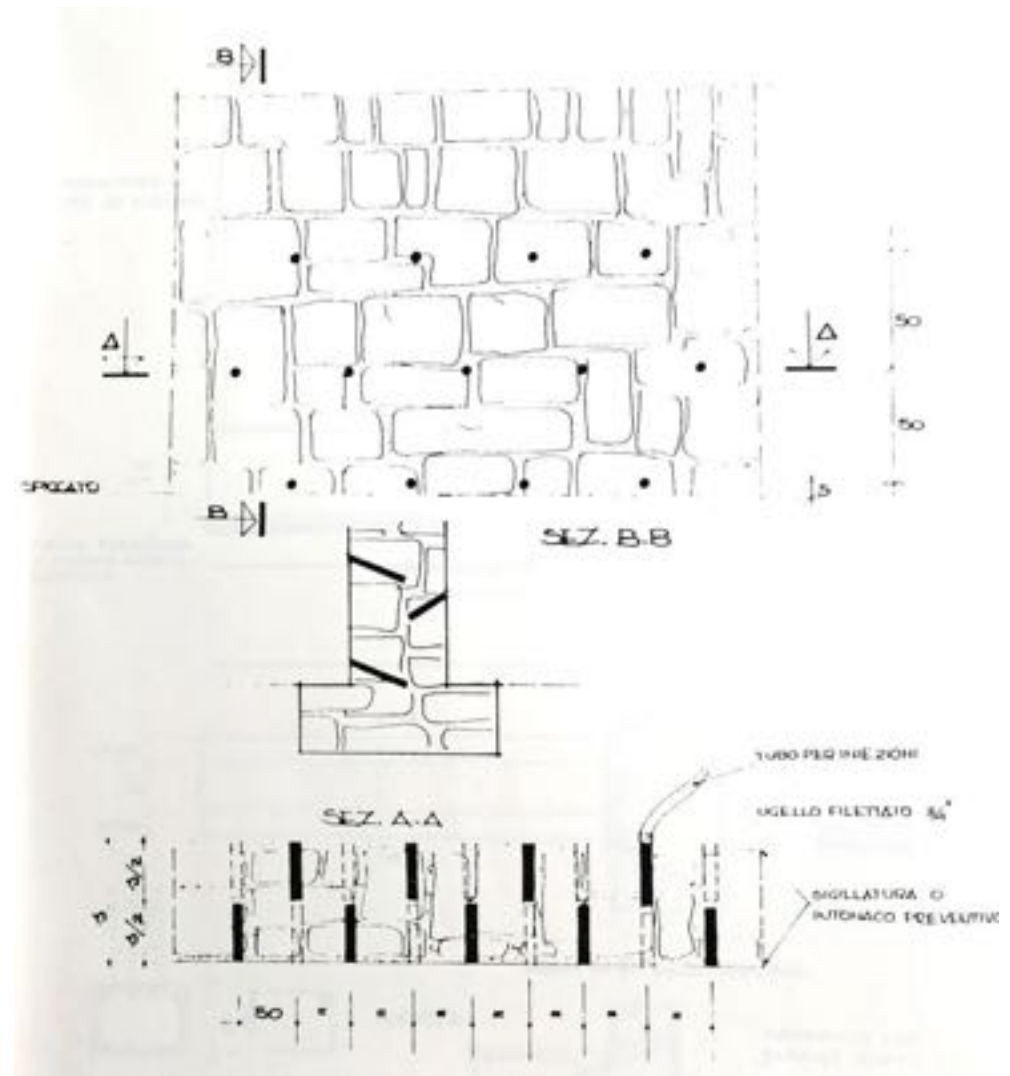
Mapa degli esiti di agibilità



TIPOLOGIE DI INTERVENTO

Iniezioni di boiacca di cemento

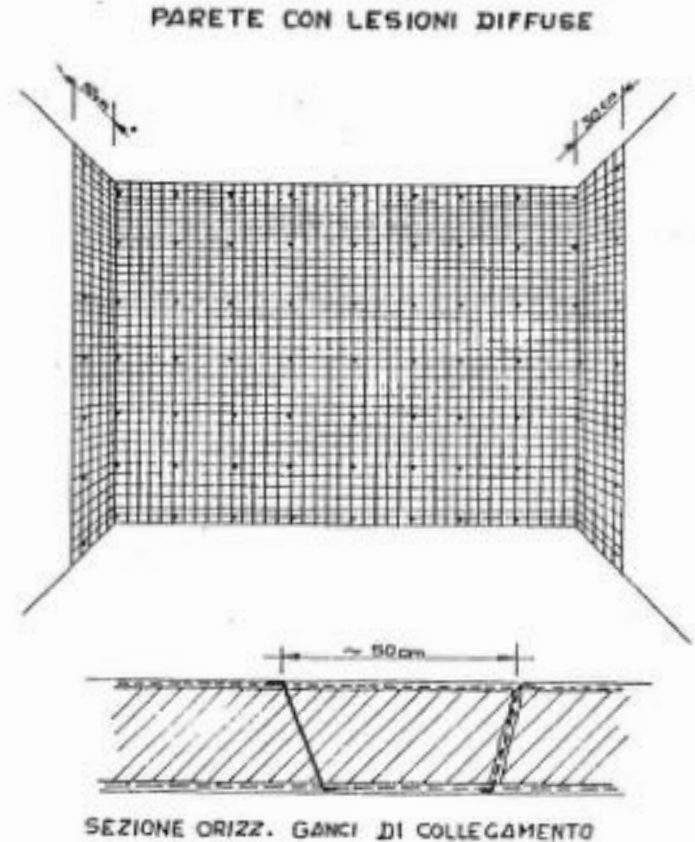
«L'efficacia di questo intervento è commisurata alla possibilità di riempimento dei vuoti e di diffusione della boiacca»



TIPOLOGIE DI INTERVENTO

Applicazione di
rete elettrosaldata e betoncino

«Questo intervento può essere utilizzato per il rafforzamento sia di murature in pietra sia di murature in mattoni. Per murature in pietra di qualità scadente è opportuno associare l'intervento citato alla iniezione della muratura con boiaccia di cemento.»



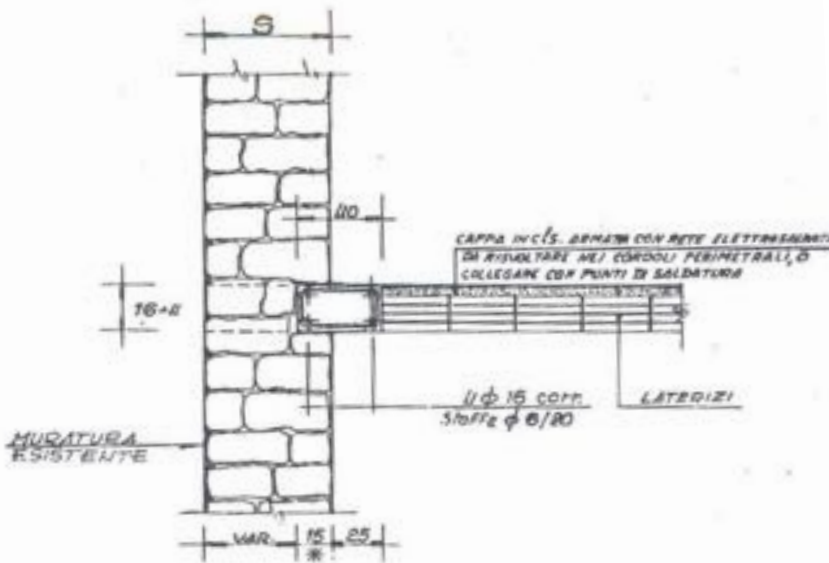
METODO DI RIPARAZIONE

1. TOGLIERE IL VECCHIO INTONACO METTENDO A VIVO LA MURATURA
2. ALLARGARE LE FESSURE MAGGIORI ASPORTANDO ANCHE LE PARTI DI PARETE GIÀ SINDITE
3. PULIRE ACCURATAMENTE CON GETTO LE FESSURE
4. STUCCARE LE FESSURE CON MALTA CEMENTIZIA
5. APPLICARE SU ENTRAMBE LE FACCE DELLA PARETE UNA RETE ELETTROSALDATA (TONDINO ϕ 3-4 mm MAGLIA 10x10, O SIMILE), RIVOLTANDOLA PER ALMENO 50 cm IN CORRISPONDENZA DEGLI SPIGLI VERTICALI. LE RETI VANNO FISSATE CON CHIODI ALLA MURATURA E COLLEGATE TRA LORO (ANCHE ATTRAVERSO LE LESIONI) CON TORNINI DI ACCIAIO (ϕ 4-6 mm, CIRCA 8 COLLEGAMENTI PER m²)
6. PREVIA BAGNATURA DELLE SUPERFICI, APPLICARE SU ENTRAMBE LE FACCE UN INTONACO DI MALTA CEMENTIZIA, O UN BETONCINO A SPRUZZO (SPESORE 3-5 cm)

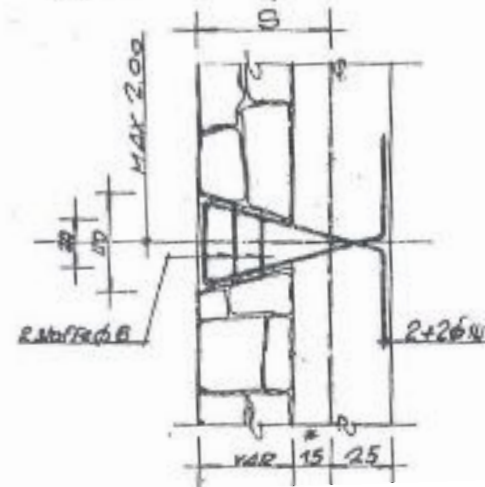
TIPOLOGIE DI INTERVENTO

Solaio in laterocemento di nuova costruzione su muraure esistenti

SEZIONE VERTICALE



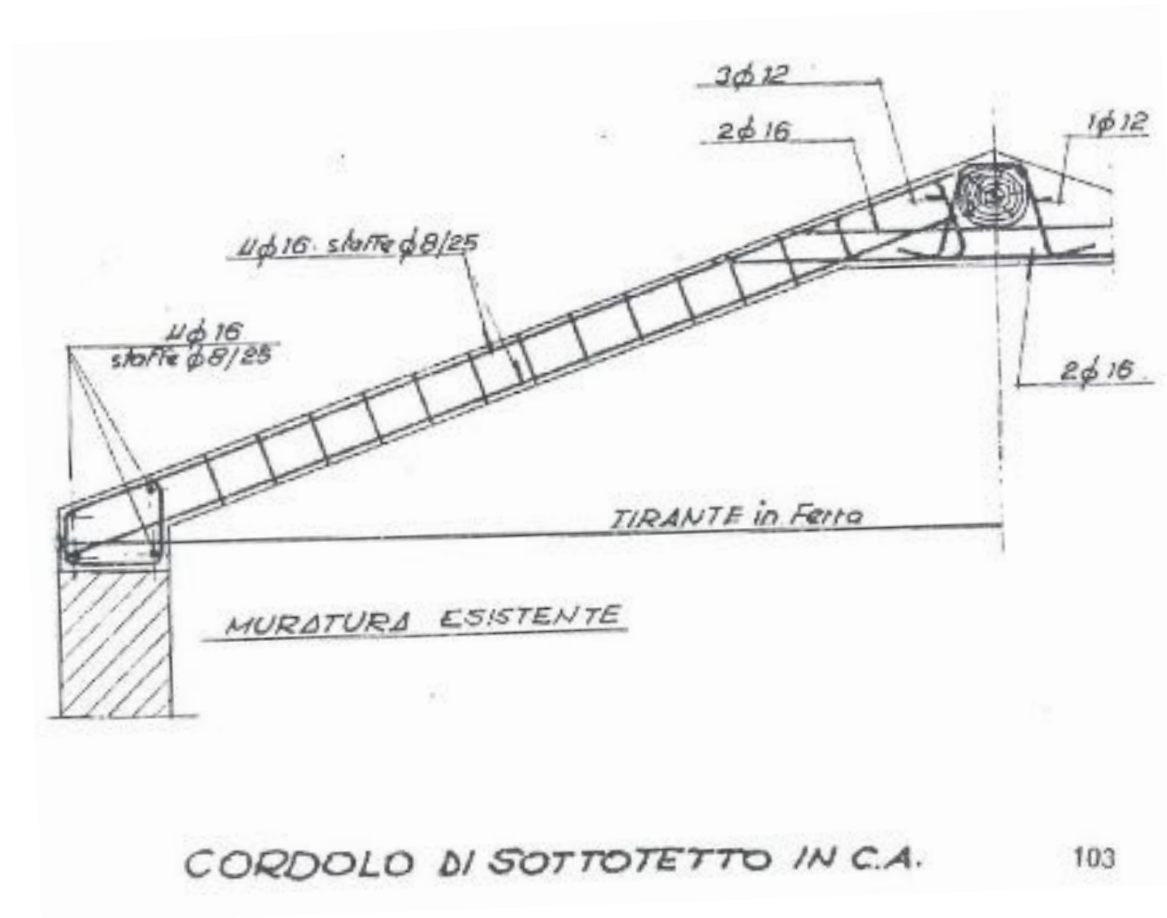
SEZIONE ORIZZONTALE (ANCORAGGIO A CODA DI RONDINE)



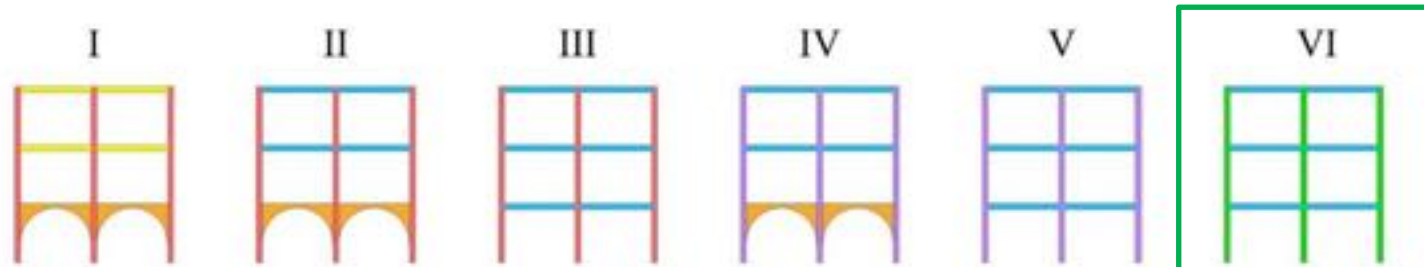
* DA DEFINIRE IN FUNZIONE DI TIPO E DIMENSIONAMENTO DI MURATURA; IN CORRISPONDENZA DELL'APPOGGIO DI TRAVETTI, L'AMMORSAMENTO MINIMO SARÀ DI 15 CM.

TIPOLOGIE DI INTERVENTO

Cordolo di sottotetto in c.a.



ESITI DI AGIBILITA'



Type of masonry

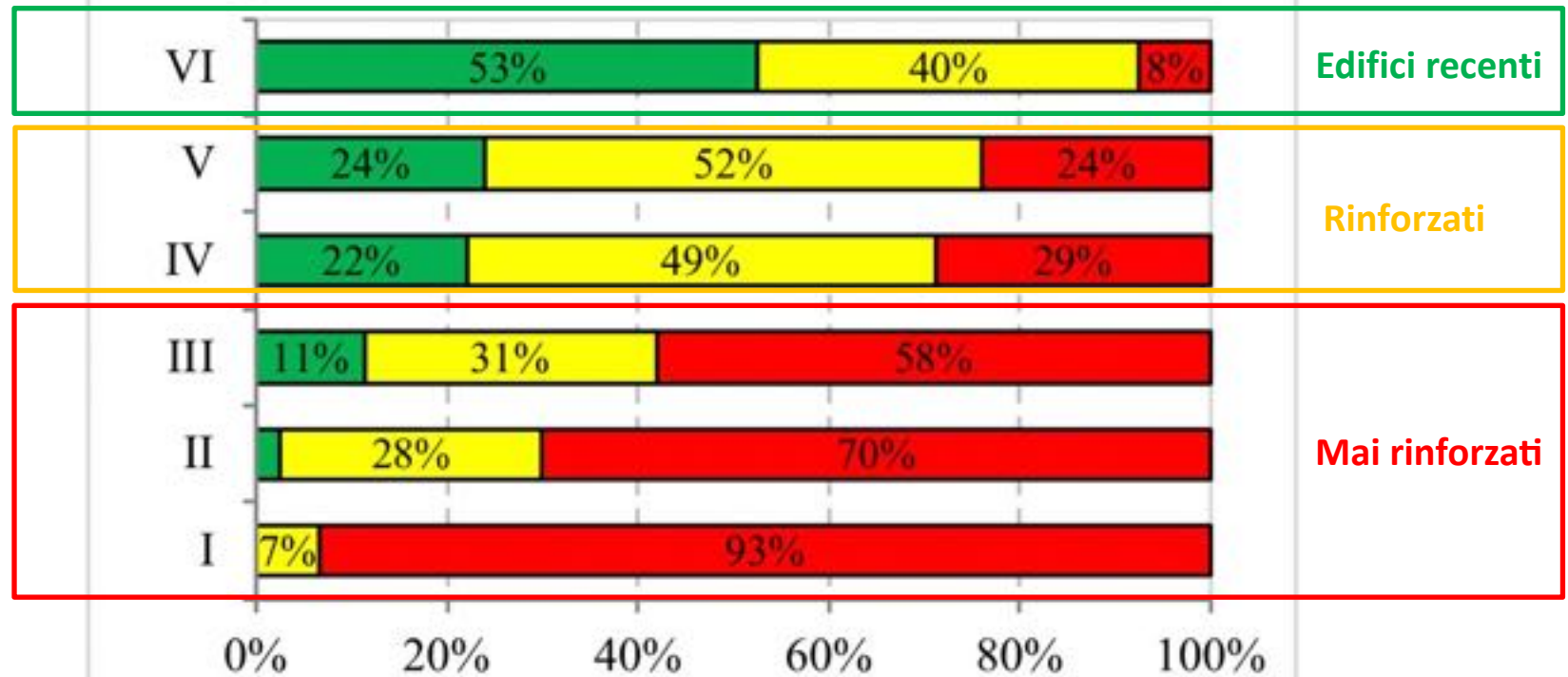
- Irregular layout or bad quality, never reinforced.
- Irregular layout or bad quality, reinforced.
- Regular layout and good quality.

Horizontal structures

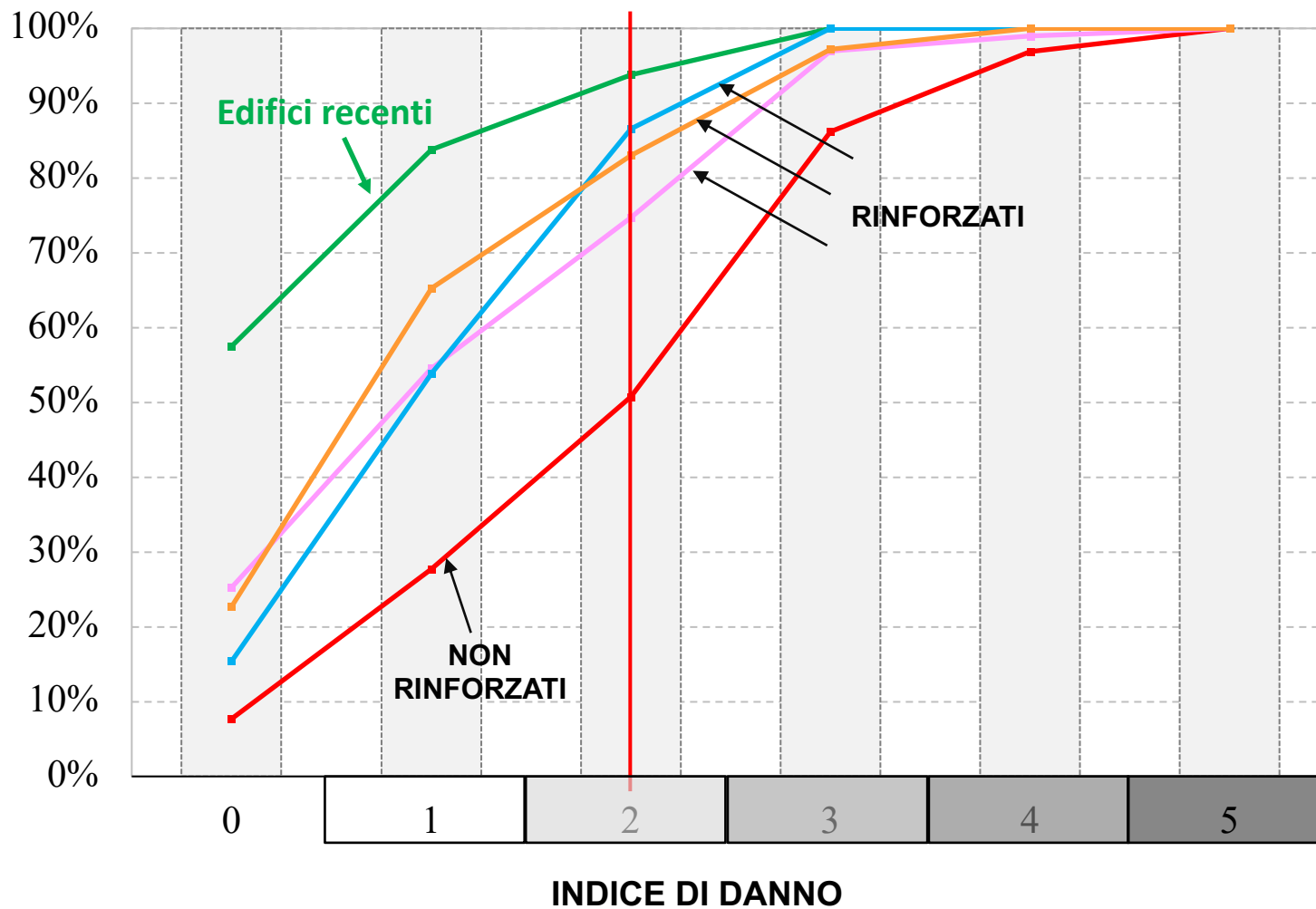
- Vaults.
- Beams with flexible slab.
- Beams with semirigid or rigid slab.

STRUCTURAL CLASS

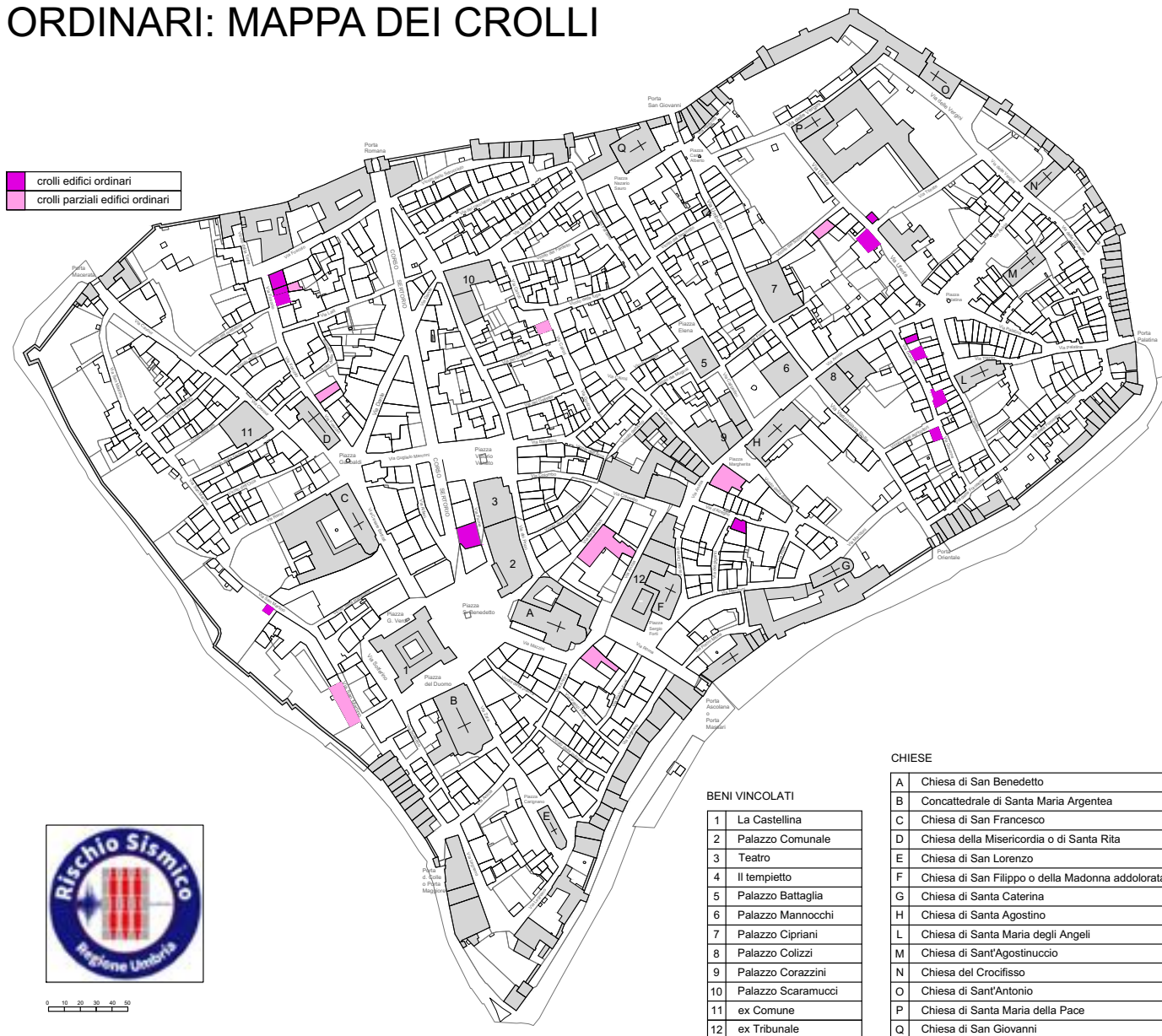
■ A ■ B/C ■ E



EDIFICI RECENTI NON RINFORZATI INIEZIONI INTONACO ARMATO ALTRO



EDIFICI ORDINARI: MAPPA DEI CROLLI



crolli edifici ordinari
 crolli parziali edifici ordinari

BENI VINCOLATI

1	La Castellina
2	Palazzo Comunale
3	Teatro
4	Il tempietto
5	Palazzo Battaglia
6	Palazzo Mannocchi
7	Palazzo Cipriani
8	Palazzo Colizzi
9	Palazzo Corazzini
10	Palazzo Scaramucci
11	ex Comune
12	ex Tribunale

CHIESE

A	Chiesa di San Benedetto
B	Concattedrale di Santa Maria Argentea
C	Chiesa di San Francesco
D	Chiesa della Misericordia o di Santa Rita
E	Chiesa di San Lorenzo
F	Chiesa di San Filippo o della Madonna addolorata
G	Chiesa di Santa Caterina
H	Chiesa di Santa Agostino
L	Chiesa di Santa Maria degli Angeli
M	Chiesa di Sant'Agostinuccio
N	Chiesa del Crocifisso
O	Chiesa di Sant'Antonio
P	Chiesa di Santa Maria della Pace
Q	Chiesa di San Giovanni



0 10 20 30 40 50















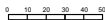
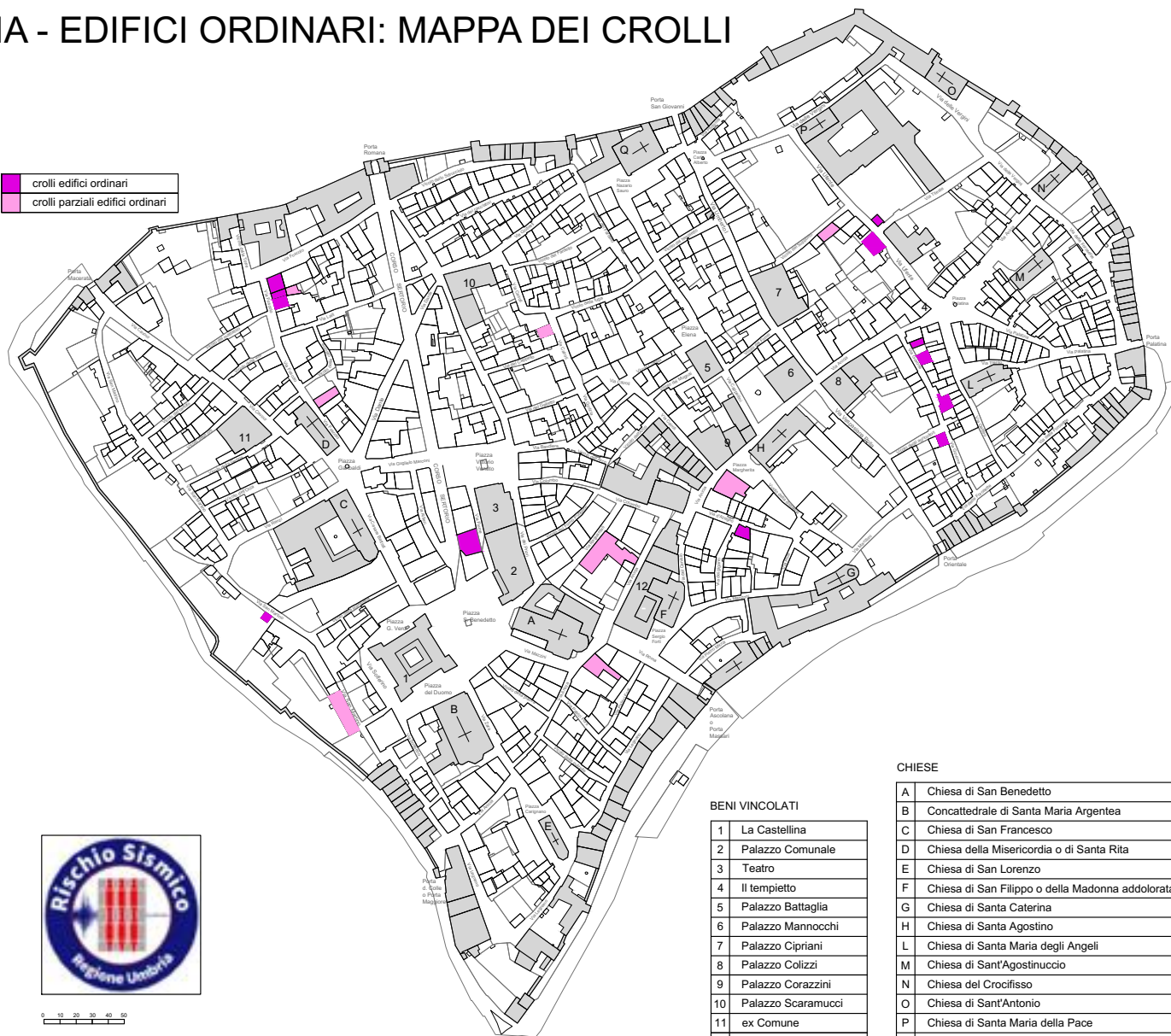
23/02/2017

Foto:
Servizio Sismico Regione Umbria



NORCIA - EDIFICI ORDINARI: MAPPA DEI CROLLI

	crolli edifici ordinari
	crolli parziali edifici ordinari



BENI VINCOLATI

1	La Castellina
2	Palazzo Comunale
3	Teatro
4	Il tempietto
5	Palazzo Battaglia
6	Palazzo Mannocchi
7	Palazzo Cipriani
8	Palazzo Colizzi
9	Palazzo Corazzini
10	Palazzo Scaramucci
11	ex Comune
12	ex Tribunale

CHIESE

A	Chiesa di San Benedetto
B	Concattedrale di Santa Maria Argentea
C	Chiesa di San Francesco
D	Chiesa della Misericordia o di Santa Rita
E	Chiesa di San Lorenzo
F	Chiesa di San Filippo o della Madonna addolorata
G	Chiesa di Santa Caterina
H	Chiesa di Santa Agostino
L	Chiesa di Santa Maria degli Angeli
M	Chiesa di Sant'Agostinuccio
N	Chiesa del Crocifisso
O	Chiesa di Sant'Antonio
P	Chiesa di Santa Maria della Pace
Q	Chiesa di San Giovanni

AMATRICE



**ESPERIENZE DAI SISMI DEL 2016:
CONFERME**

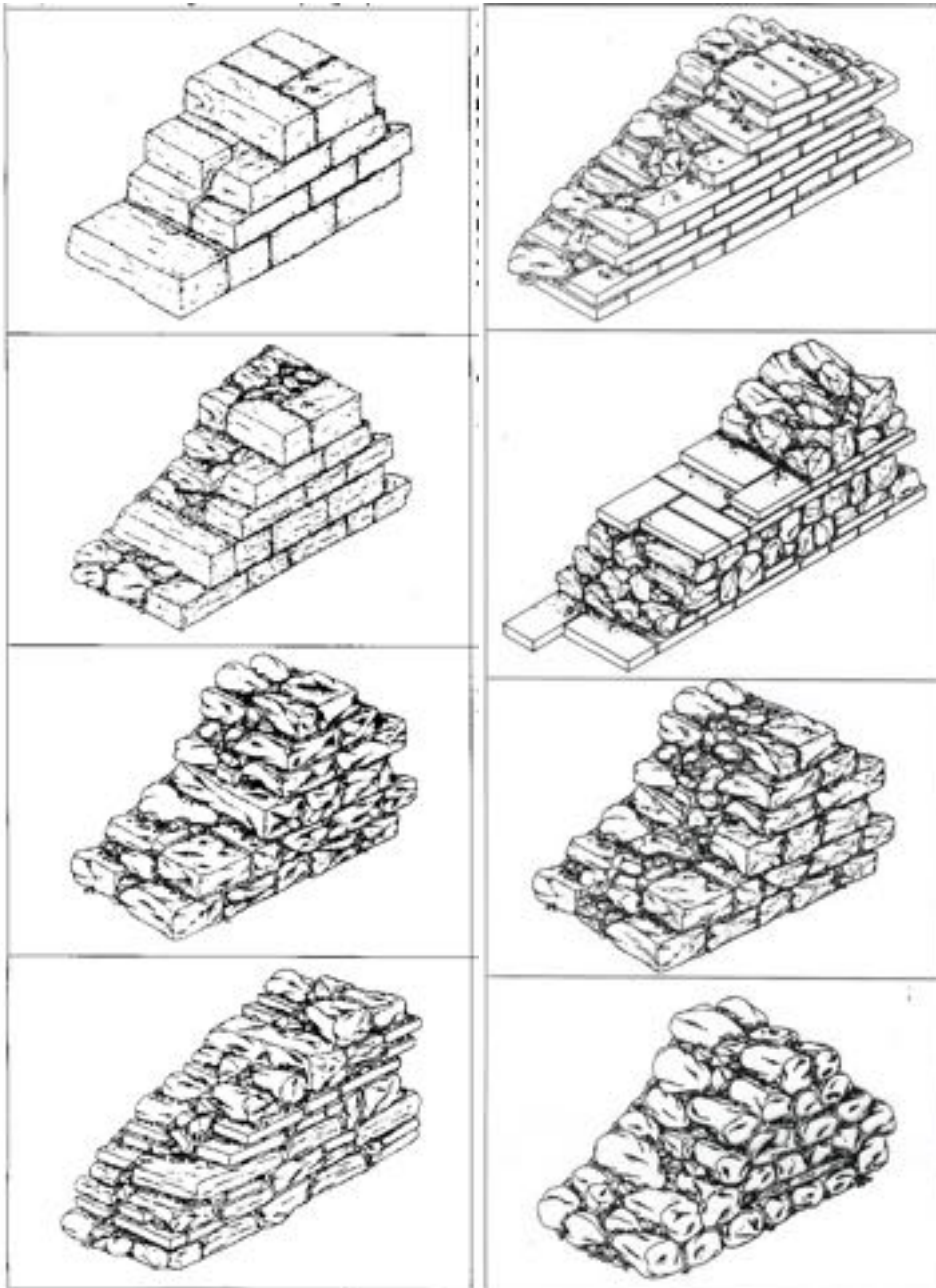
**CONFERME SUL
COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE MURATURE**

Due elementi fondamentali ai fini del
comportamento meccanico di una costruzione in
muratura:

- **Qualità muraria**
- **Collegamenti**

La qualità muraria:

fondamentale per l'analisi
e prerequisito per qualsiasi
ipotesi di intervento



Norcia 2016

Le tipologie murarie influenzano il comportamento meccanico della stessa muratura

Esistono moltissime varietà di muratura, alcune presenti solo in determinati contesti geografici o sociali (es. muri di fango)



Pescara sul Tronto 2016



Onna, 2009

Importanza della qualità muraria



Qualità muraria insufficiente ... → DISGREGAZIONE MURARIA



Se la qualità muraria non è sufficiente ... → DISGREGAZIONE MURARIA



Inutile inserire collegamenti e catene se la qualità muraria è scadente. La qualità muraria rimane il primo requisito per la sicurezza

Messina, 1908



Courtesy of Ing. Manlio Marino - Messina



Friuli 1976

Irpinia 1980



Umbria 1997





ABRUZZO 6 Aprile 2009

Orologio della chiesa di Sant'Eusanio a Sant'Eusanio
Forconese, fermo alle ore 3.32 del 6 aprile 2009
(Foto Prof. V. Ceradini)

Emilia, 2012



Prima di qualsiasi analisi occorre chiedersi se la qualità muraria è tale da poter garantire un comportamento meccanico (meccanismi locali o globali) oppure si ha **disgregazione** della fabbrica muraria.

CASO 0

- **muratura di scarsa qualità**

→ comportamento “disgregativo”
(**disgregazione** della muratura)

Nella normativa si suppone che tale qualità sia sufficiente:

CASO 1

- muratura di qualità sufficiente/buona
- assenza di sistemi di collegamento diffusi sull'intero edificio

→ comportamento “locale”
(**meccanismi locali**)

CASO 2

- muratura di buona qualità
- efficaci collegamenti fra elementi strutturali

→ **comportamento “globale”**
(pareti impegnate “nel piano”
e che rispondono insieme)

Caso 0 (“disgregazione”)

Una muratura di qualità meccanica scadente (malta povera, elementi di forma irregolare e dimensioni medio-piccole, paramenti scollegati tra loro) sotto l’effetto di azioni dinamiche e cicliche rilevanti non è capace di “tenere insieme” gli elementi che la costituiscono e si disgrega.

Il fenomeno della disgregazione muraria anticipa ogni possibile risposta meccanica.

Il muro “implode” su sé stesso (crollo “a candela”) lasciando ai piedi del pannello un accumulo di macerie minute.

DISGREGAZIONE MURARIA



Allegato all'Ordinanza commissariale n. 44 del 18/12/2018.

<https://sisma2016.gov.it/wp-content/uploads/2017/12/Allegato-ordinanza-n.-44-del-15-dicembre-2017.pdf>

“Come primo punto occorre considerare la capacità o meno della tipologia muraria dell’edificio in esame di avere un comportamento strutturale vero e proprio.

Infatti, nel caso in cui la muratura tenda a disgregarsi e decomporsi sotto azioni cicliche ripetute, viene vanificato qualsiasi tipo di intervento che non sia capace anche di ostacolare tale disgregazione.

In queste situazioni perdono significato sia i valori delle caratteristiche di resistenza e deformabilità di cui alle normative, sia i metodi di analisi ivi previsti”.

“La rappresentazione della struttura come catena cinematica di corpi rigidi è attendibile solo se la parete non è vulnerabile nei riguardi di fenomeni di disgregazione”.

Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. Supplemento ordinario alla G.U. n. 35 del 11.02.2019.

CASO 0

- muratura di qualità insufficiente



Qualità muraria insufficiente ... → DISGREGAZIONE MURARIA

Comportamento locale

CASO 1

- muratura di buona qualità
- solai e copertura deformabili nel loro piano

→ comportamento per
“sottosistemi locali”
(meccanismi di collasso)



Centro Storico dell'Aquila



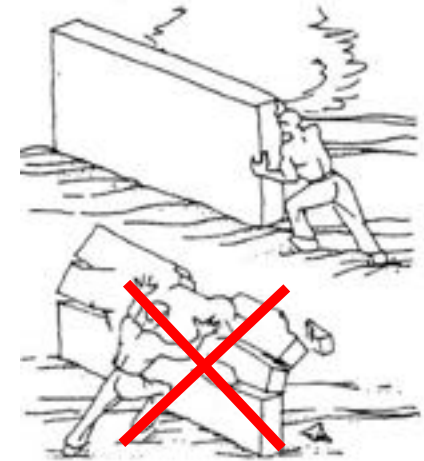
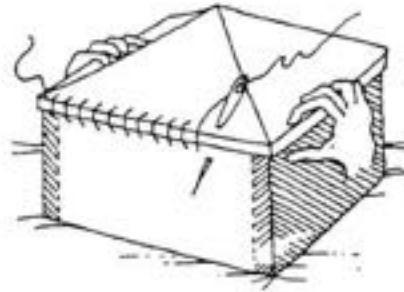
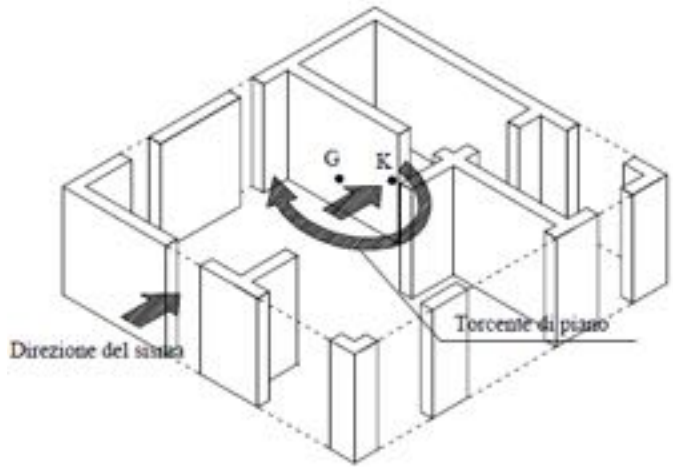
(S. Lagomarsino)

Comportamento globale

CASO 2

- muratura di buona qualità
- efficaci collegamenti fra elementi strutturali
- solai e copertura rigidi nel loro piano

→ comportamento globale (d'insieme)



- risposta sismica principalmente tramite meccanismi nel piano delle murature ed evitando significativi impegni per azioni ortogonali,
- impegno dell'intera struttura e non singoli elementi: se crolla una parete le altre pareti si fanno carico della diminuzione di resistenza

«GERARCHIA DEI MECCANISMI» PER LE COSTRUZIONI ESISTENTI IN MURATURA

STEP	Situazione strutturale		Comportamento sismico	Analisi più adatta	Intervento prioritario
Preliminare	CONOSCENZA DELLA COSTRUZIONE				
0	Muratura di qualità meccanica insufficiente		Disgregazione muratura	Valutazione qualità muraria	Migliorare la qualità della muratura e la sua coesione interna
1	Muratura di sufficiente qualità Assenza di collegamenti efficaci		Locale (formazione di cinematismi)	Analisi cinematica dei meccanismi di collasso Analisi per carichi verticali (solai, copertura) Ricognizione delle vulnerabilità locali	Inserire vincoli (catene, collegamenti, etc...) Rinforzo di solai e coperture (se necessario) Eliminare vulnerabilità
2	Muratura di sufficiente qualità e presenza di collegamenti efficaci e diffusi sull'intera costruzione	Impalcati deformabili	Complessivo (risposta d'insieme e carichi per zone d'influenza) Assenza di effetti torcenti globali	Analisi non lineare su modello 3D Analisi non lineare per allineamenti	Migliorare resistenza e capacità deformativa degli elementi resistenti
		Impalcati rigidi	Globale (risposta d'insieme e carichi proporzionali alle rigidità) Presenza di effetti torcenti globali	Analisi non lineare su modello 3D	Migliorare resistenza e capacità deformativa degli elementi resistenti

La gerarchia dei meccanismi è solo uno schema concettuale che associa alle diverse situazioni strutturali della costruzione in esame (in particolare dei due elementi più importanti, ovvero la qualità muraria ed i collegamenti) gli esiti finali che ci si possono attendere per un sisma di intensità rilevante.

Sulla **DISGREGAZIONE MURARIA**:

J.B. Rondelet, 1802

...

A. Giuffrè, 1991

.....



Jean-Baptiste Rondelet
(Lione, 4 giugno 1743 – Parigi, 27 settembre 1829)

Indice
generale

Tomo I

Tomo II
prima parte

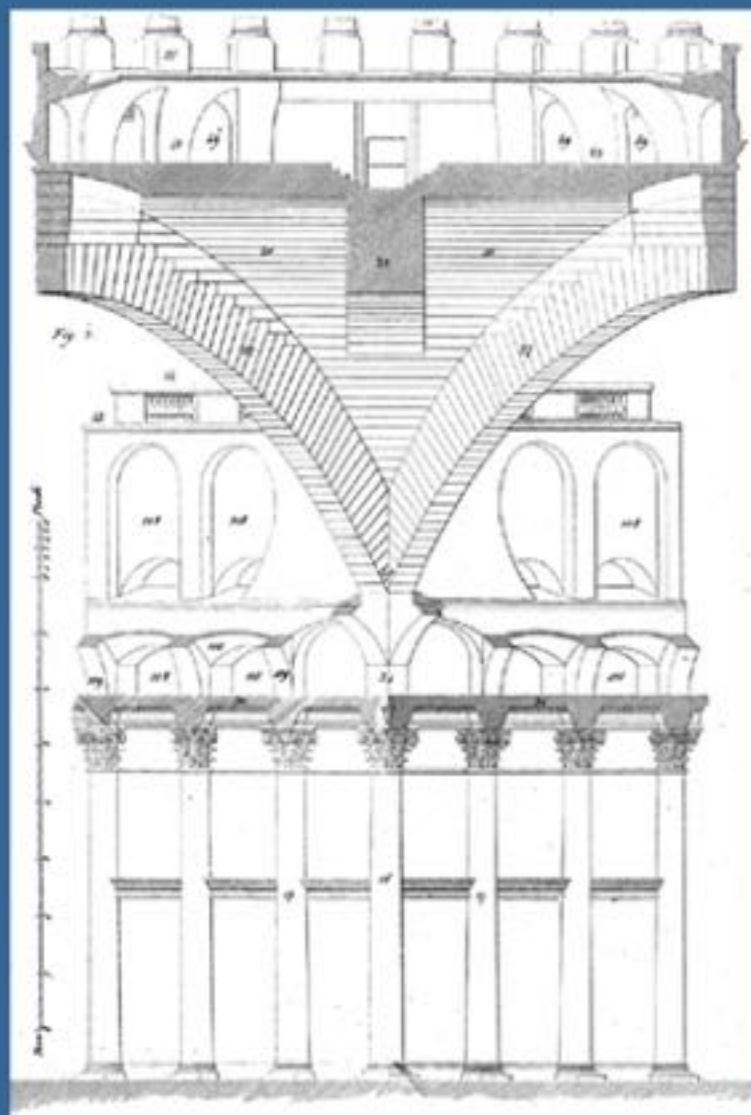
Tomo II
seconda parte

Tomo III
prima parte

Tomo III
seconda parte

Tomo IV

Tomo V



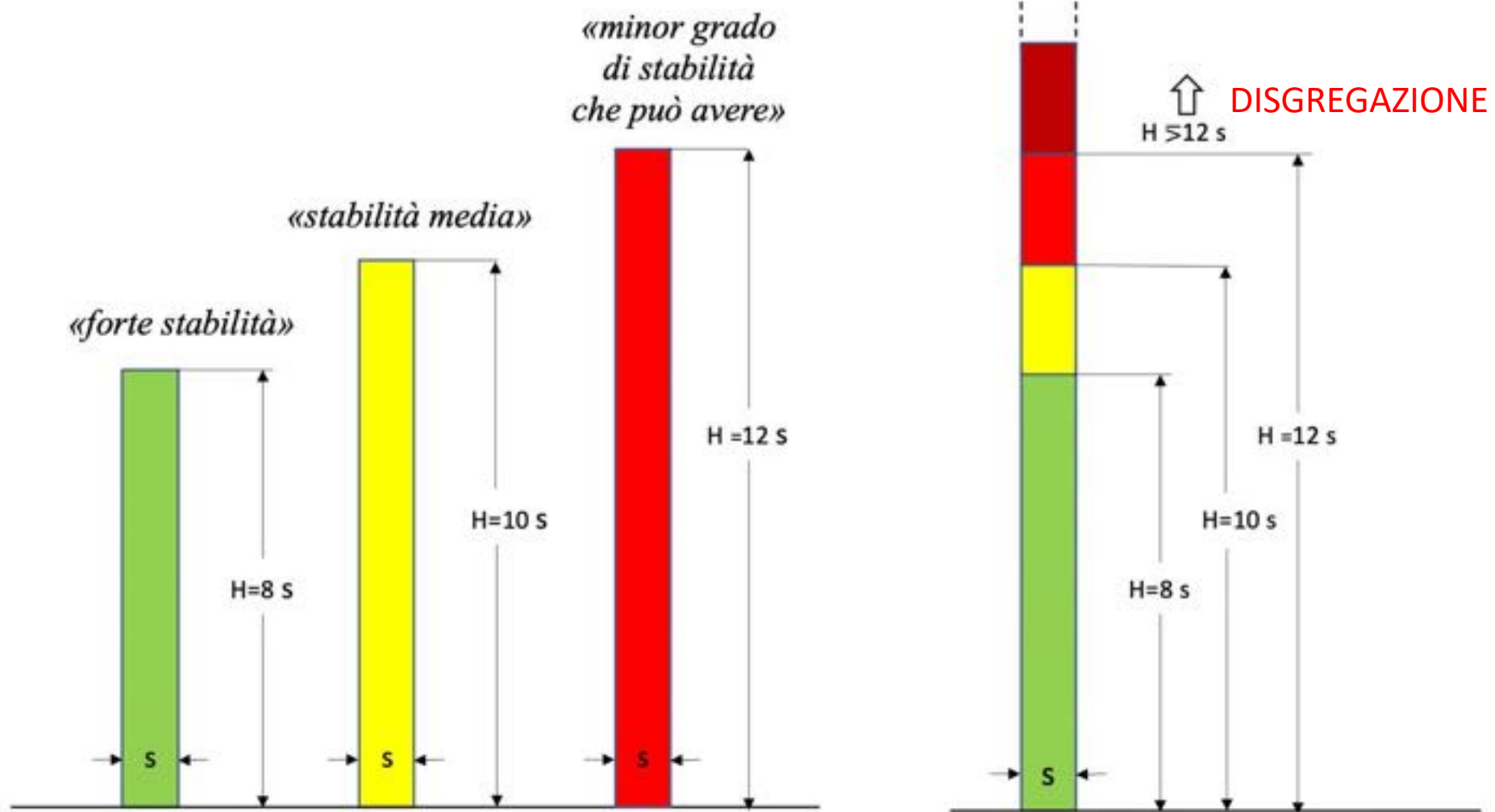
TRATTATO TEORICO E PRATICO DELL'ARTE DI EDIFICARE DI GIOVANNI RONDELET

Architetto, Cavaliere della Legione d'onore; Membro dell'Istituto di Francia, Membro onorario del Comitato consultivo delle fabbriche della Corona; Ispettore generale onorario dei Lavori pubblici, e Membro onorario del Consiglio dei Fabbricati civili presso il Ministro dell'Interno; Professore emerito di Costruzioni alla Scuola Reale di Belle Arti; Socio dell'Accademia di Scienze, Lettere ed Arti di Lione; Membro onorario dell'Accademia di S. Luca a Roma, Socio libero dell'Accademia Imperiale di Pietroburgo e di molte altre dotte Società.

PRIMA TRADUZIONE ITALIANA
SULLA SESTA EDIZIONE ORIGINALE
CON NOTE E GIUNTE IMPORTANTISSIME
PER CURA DI BASILIO SORESINA

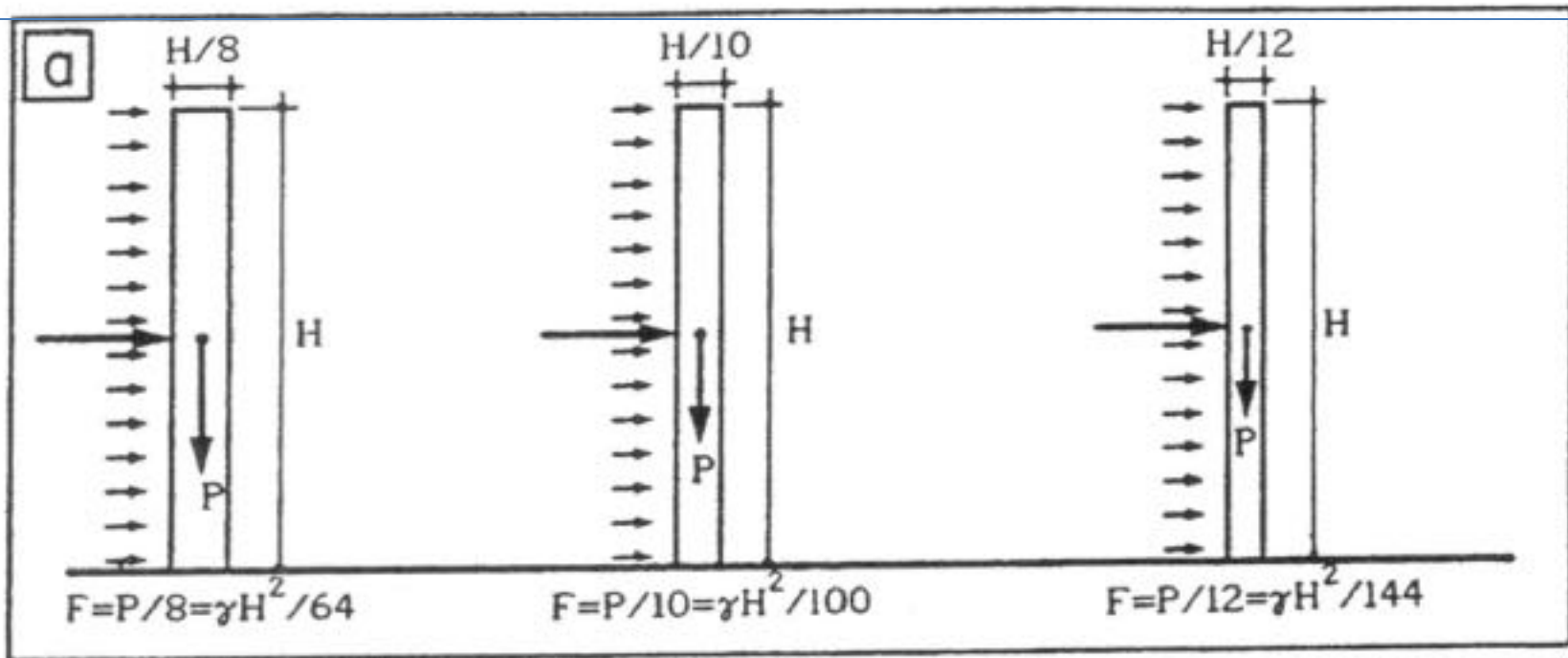
MANTOVA
A SPESE DELLA SOCIETA' EDITRICE
COI TIPI DI L.CARANENTI
MDCCCXXXI

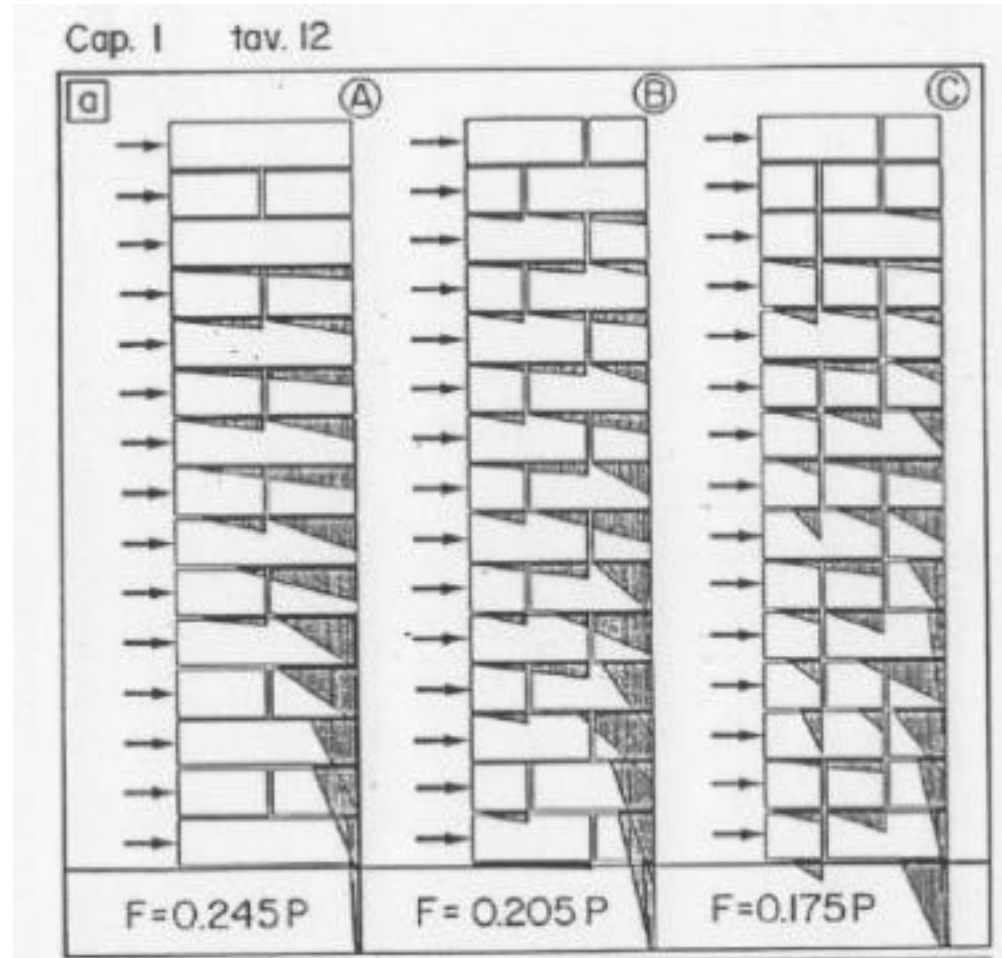
“sembra che il tempo le abbia ridotte all'altezza a cui i muri isolati .. possono sostenersi”.





Antonino Giuffrè reinterpreta le osservazioni di Rondelet in chiave sismica





Il collasso sotto azioni orizzontali deriva da una perdita di monoliticità (e quindi poi di equilibrio) sulla quale influiscono le caratteristiche tipologiche di una muratura, ed in particolare il rispetto o meno delle **regole dell'arte**.



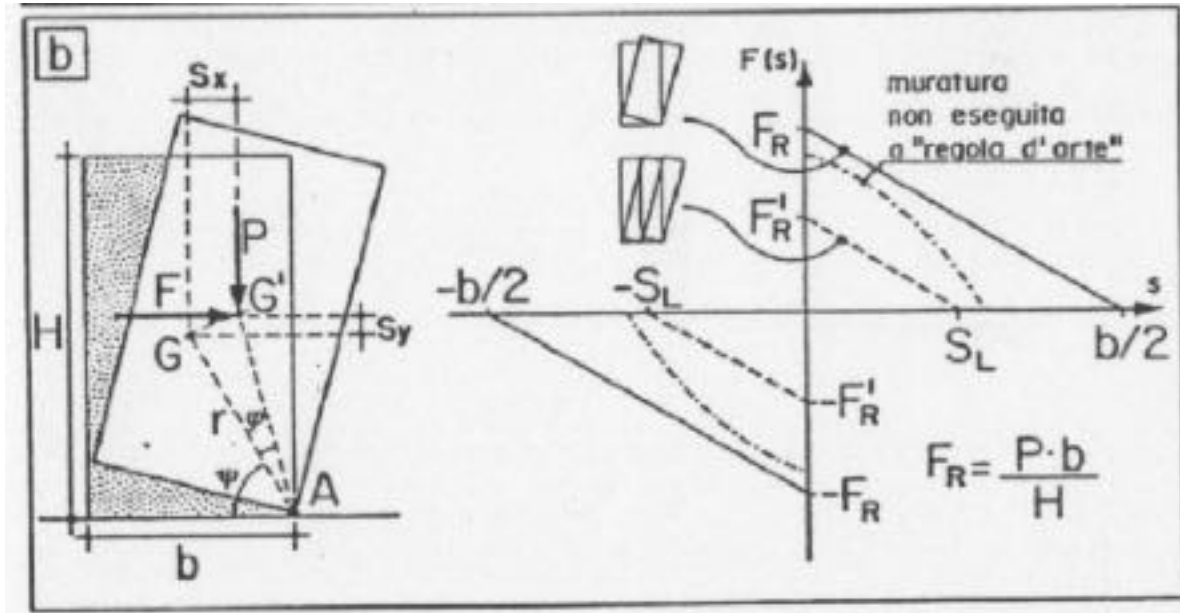
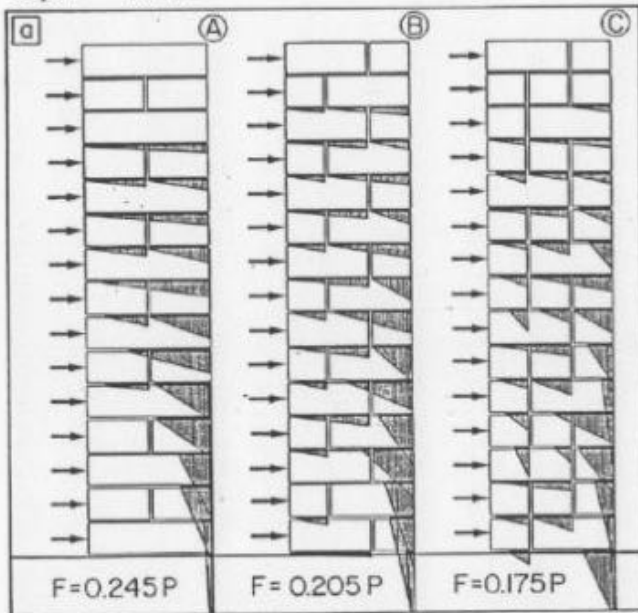
La capacità di una parete alle azioni orizzontali **non dipende solo dalla geometria** o dalla resistenza dei materiali costituenti; a monte di tutto c'è **la qualità muraria**, dalla quale dipende il monolitismo della parete. Il mancato rispetto delle regole dell'arte porta alla perdita di monoliticità.

diminuzione di monoliticità



diminuzione della capacità di spostamento.

Cap. I tav. I2



Arrivando ai giorni nostri

Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale", n. 42 del 20 febbraio 2018 - Serie generale

Spedite in abb. post. - art. 1, comma 1
Legge 27-02-2004, n. 46 - Filiale di Roma

GAZZETTA  UFFICIALE
DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA

Roma - Martedì, 20 febbraio 2018

SI PUBBLICA TUTTI I
GIORNI NON FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONI LEGGI E DECRETI - VIA ARDEA, 78 - 00186 ROMA
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - VIA SALARIA, 601 - 00186 ROMA - CENTRALINO 06-8001 - LIBRERIA DELLO STATO
PIAZZA G. VERDI, 1 - 00186 ROMA

N. 8

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE
E DEI TRASPORTI

DECRETO 17 gennaio 2018.

**Aggiornamento delle «Norme tecniche per
le costruzioni».**

Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale", n. 35 del 11 febbraio 2019 - Serie generale

Spedite in abb. post. - art. 1, comma 1
Legge 27-02-2004, n. 46 - Filiale di Roma

GAZZETTA  UFFICIALE
DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA

Roma - Lunedì, 11 febbraio 2019

SI PUBBLICA TUTTI I
GIORNI NON FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONI LEGGI E DECRETI - VIA ARDEA, 78 - 00186 ROMA
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - VIA SALARIA, 601 - 00186 ROMA - CENTRALINO 06-8001 - LIBRERIA DELLO STATO
PIAZZA G. VERDI, 1 - 00186 ROMA

N. 5

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE
E DEI TRASPORTI

CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

**Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento
delle «Norme tecniche per le costruzioni»» di cui al de-
creto ministeriale 17 gennaio 2018.**



CAPITOLO 8 - COSTRUZIONI ESISTENTI

8.1. OGGETTO

8.2. CRITERI GENERALI

8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

8.4. CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

8.4.1. RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE

8.4.2. INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

8.4.3. INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

8.5. DEFINIZIONE DEL MODELLO DI RIFERIMENTO PER LE ANALISI

8.5.1. ANALISI STORICO-CRITICA

8.5.2. RILIEVO

8.5.3. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

8.5.4. LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

8.5.5. AZIONI

8.6. MATERIALI

8.7. PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI IN PRESENZA DI AZIONI SISMICHE

8.7.1. COSTRUZIONI IN MURATURA

8.7.2. COSTRUZIONI IN CALCESTRUZZO ARMATO O IN ACCIAIO

8.7.3. COSTRUZIONI MISTE

8.7.4. CRITERI E TIPI D'INTERVENTO

8.7.5. ELABORATI DEL PROGETTO DELL'INTERVENTO

Segue: CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DELLA MURATURA

Tabella C8.5.I - Valori di riferimento dei parametri meccanici, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a: f_m = resistenza media a compressione, τ_0 = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), f_{v0} = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio.

Tipologia di muratura	f_m	τ_0	f_{v0}	E	G	w
	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kN/m ³)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	- -	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0-3,0	0,035-0,051	- -	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	- -	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,4-2,2	0,028-0,042	- -	900-1260	300-420	13 + 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.) (**)	2,0-3,2	0,04 – 0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadrati	5,8-8,2	0,09 – 0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08 – 0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

(*) Nella muratura a conci sbozzati i valori di resistenza tabellati si possono incrementare se si riscontra la sistematica presenza di zeppe profonde in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente pari a 1,2.

(**) Data la varietà litologica della pietra tenera, il peso specifico è molto variabile ma può essere facilmente stimato con prove dirette. Nel caso di muratura a conci regolari di pietra tenera, in presenza di una caratterizzazione diretta della resistenza a compressione degli elementi costituenti, la resistenza a compressione f_m può essere valutata attraverso le indicazioni del § 11.10 delle NTC.

(***) Nella muratura a mattoni pieni è opportuno ridurre i valori tabellati nel caso di giunti con spessore superiore a 13 mm; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente riduttivo pari a 0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici.

Segue: CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DELLA MURATURA

La **tabella C8.5.I** riporta, per il comportamento delle tipologie murarie più ricorrenti, **indicazioni, non vincolanti**, sui possibili valori dei parametri meccanici, identificati attraverso il rilievo degli aspetti costruttivi (§C8.5.2.1) e relativi, con l'eccezione dell'ultima riga, a precise condizioni:

- malta di calce di modeste caratteristiche (f_m stimabile tra 0,7 a 1,5 N/mm²),
- assenza di ricorsi (listature),
- paramenti semplicemente accostati o mal collegati,
- muratura non consolidata.

Ricordiamoci di quanto espresso dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (Adunanza del 27.02.1992, prot. N°29):

“E’ compito del progettista valutare le caratteristiche meccaniche della muratura con riferimento all’osservazione della realtà di fatto”.

Segue: CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DELLA MURATURA

Tabella C8.5.I - Valori di riferimento dei parametri meccanici, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a: f_m = resistenza media a compressione, τ_0 = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), f_{v0} = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio.

Tipologia di muratura	f_m	τ_0	f_{v0}	E	G	w
	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kN/m ³)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	- -	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0-3,0	0,035-0,051	- -	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	- -	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,4-2,2	0,028-0,042	- -	900-1260	300-420	13 + 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.) (**)	2,0-3,2	0,04 – 0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadrati	5,8-8,2	0,09 – 0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08 – 0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

(*) Nella muratura a conci sbozzati i valori di resistenza tabellati si possono incrementare se si riscontra la sistematica presenza di zeppe profonde in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente pari a 1,2.

(**) Data la varietà litologica della pietra tenera, il peso specifico è molto variabile ma può essere facilmente stimato con prove dirette. Nel caso di muratura a conci regolari di pietra tenera, in presenza di una caratterizzazione diretta della resistenza a compressione degli elementi costituenti, la resistenza a compressione f_m può essere valutata attraverso le indicazioni del § 11.10 delle NTC.

(***) Nella muratura a mattoni pieni è opportuno ridurre i valori tabellati nel caso di giunti con spessore superiore a 13 mm; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente riduttivo pari a 0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici.

Segue: CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DELLA MURATURA

Tabella C8.5.I - Valori di riferimento dei parametri meccanici, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a: f_m = resistenza media a compressione, τ_0 = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), f_{v0} = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio.

Tipologia di muratura	f_m	τ_0	f_{v0}	E	G	w
	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kN/m ³)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	-	690-1100	300-350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0-3,0	0,035-0,042	-	1100-1500	400-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	3,0-4,0	0,042-0,050	-	1500-1900	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera	2,0-3,2	0,04-0,08	-	900-1260	300-420	13 + 16(**)
Muratura a conci regolari (pietra tenera, ecc.) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadrati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

COSA SI PUÒ FARE SE LA MURATURA NON RIENTRA TRA QUESTE TIPOLOGIE?

(*) Nella muratura a conci sbozzati i valori di resistenza tabellati si possono incrementare se si riscontra la sistematica presenza di zeppe profonde in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente pari a 1,2.

(**) Data la varietà litologica della pietra tenera, il peso specifico è molto variabile ma può essere facilmente stimato con prove dirette. Nel caso di muratura a conci regolari di pietra tenera, in presenza di una caratterizzazione diretta della resistenza a compressione degli elementi costituenti, la resistenza a compressione f_m può essere valutata attraverso le indicazioni del § 11.10 delle NTC.

(***) Nella muratura a mattoni pieni è opportuno ridurre i valori tabellati nel caso di giunti con spessore superiore a 13 mm; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente riduttivo pari a 0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici.

METODI PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ MURARIA

Classificazione con il METODO IQM

Qualità della muratura

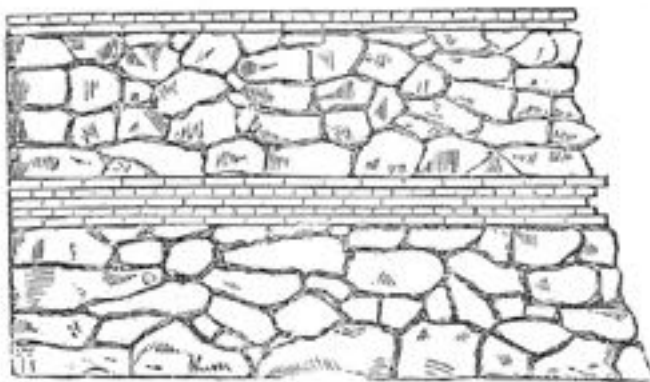
Regola dell'arte

Quando è che un muro è “di buona qualità” ?

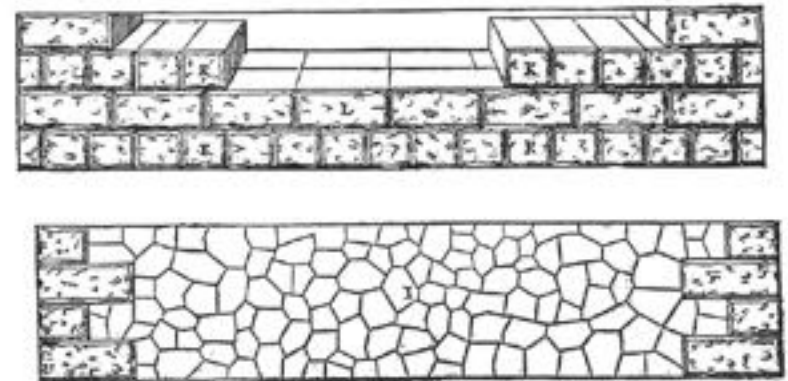
Quando esso è stato costruito seguendo la “regola dell'arte”

Regola dell'arte:

Insieme di regole costruttive pratiche a carattere empirico tramandate nel corso della storia. La R.D.A. stabilisce l'importanza della tessitura dei blocchi per ottenere un muro di buona qualità.



Breymann, 1885



Palladio, 1570



SCHEDA DI RILIEVO DEI TIPI MURARI

In osservanza al cap. 4.1.7 delle *"Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale: allineamento alle nuove Norme tecniche per le costruzioni"*

Circ. ministeriale n.26 del 02 ottobre 2010

D.P.C.M. 9 febbraio 2011

1 - MATERIALE					
1.1.1	Arenarie	<input type="checkbox"/>	1.1.6	Mattone pieni crudi	<input type="checkbox"/>
1.1.2	Calcere	<input type="checkbox"/>	1.1.7	Mattone semipieni cotti	<input type="checkbox"/>
1.1.3	Tufo	<input type="checkbox"/>	1.1.8	Blocchi in laterizio forati	<input type="checkbox"/>
1.1.4	Calcarenite	<input type="checkbox"/>	1.1.9	Blocchi in calcestruzzo semipieni	<input type="checkbox"/>
1.1.5	Mattone pieni cotti	<input type="checkbox"/>	1.1.10		<input type="checkbox"/>

Figura 3.7. Scheda murature: MATERIALE.

2.1	MALTA - TIPO	2.2	MALTA - STATO DI CONSERVAZIONE	2.3	MALTA - FUNZIONE			
2.1.1	Calce aerea	<input type="checkbox"/>	2.2.1	Incoerente	<input type="checkbox"/>	2.3.1	Allettamento	<input type="checkbox"/>
2.1.2	Calce idraulica	<input type="checkbox"/>	2.2.2	Frabile	<input type="checkbox"/>	2.3.2	Rimpugnato	<input type="checkbox"/>
2.1.3	Cementizia	<input type="checkbox"/>	2.2.3	Tenace	<input type="checkbox"/>	2.3.3	Stalatura	<input type="checkbox"/>

Figura 3.8. Scheda murature: MALTA.

3.1 APPARECCHIATURA					
3.1.1 Corsi irregolari <input type="checkbox"/>		3.1.2 Corsi irregolari <input type="checkbox"/>		3.1.3 Corsi orizzontali <input type="checkbox"/>	
3.2 POSA DEGLI ELEMENTI					
3.2.1 Casale <input type="checkbox"/>		3.2.2 Orizzontale - verticale <input type="checkbox"/>		3.2.3 Orizzontale <input type="checkbox"/>	
3.2.4 Linea di prova <input type="checkbox"/>					

Figura 3.9. Scheda murature: APPARECCHIATURA E POSA DEGLI ELEMENTI (disegni parzialmente tratti da Regolamento 15 Luglio 2003 n° 9 in applicazione alla L.R. 23/10/2002 n° 18 "Norme in materia di prevenzione statica del patrimonio edilizio" - Regione Umbria)

3.3 - POSA DI OPERA - ZEPPE E SCAGLIE					
<input type="checkbox"/> - 3.3.1 - aerea	<input type="checkbox"/> - 3.3.2 - pietra	<input type="checkbox"/> - 3.3.3 - mattoni	<input type="checkbox"/> - 3.3.4 - ciottoli	<input type="checkbox"/> - 3.3.4 - ciottoli	<input type="checkbox"/> - 3.3.4 - ciottoli

3.4 - RICORSI E LISTATURA					
<input type="checkbox"/> - 3.4.1 - aerea	<input type="checkbox"/> - 3.4.2 - in mattoni	<input type="checkbox"/> - 3.4.3 - in pietra	<input type="checkbox"/> - 3.4.4 - in pietra e mattoni	<input type="checkbox"/> - 3.4.5 - in calcestruzzo	<input type="checkbox"/> - 3.4.5 - in calcestruzzo

Figura 3.10. Scheda murature: ZEPPE E SCAGLIE e RICORSI E LISTATURA.

S. Oratorio di SANT'ANTONIO AI MONTI m. 710 (Ramponio - Verna)	
RILIEVI EFFETTUATI	pannelli murario SAM 8.1 sezioni prospetto interno prospetto esterno
DATA	7 novembre 1995
PIANTE	

PANNELLO MURARIO SAM 8.1
 (schedatura a vista)

SEZIONE

COMPOSIZIONE%

Pietra	Malta	Vuoti
83,60 %	14,16 %	2,24 %



Prospetto esterno



Sezione



Prospetto interno

PIETRA

Tipo	Colore	Stato di conservazione
pietra di Mallesio	grigio chiaro	buono
Prevalenza affioramenti locali	Puntatura e lavorazione - blocchi spessi e quadrati - scaglie	

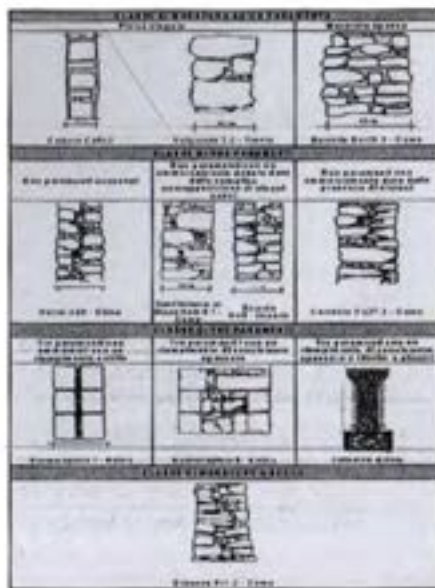
MALTA

Origine	Colore	Stato di aggregazione
pietra originale	grigio scuro	frabile
Aggregato romoleggiante	Colore aggregato bruciato	compattato

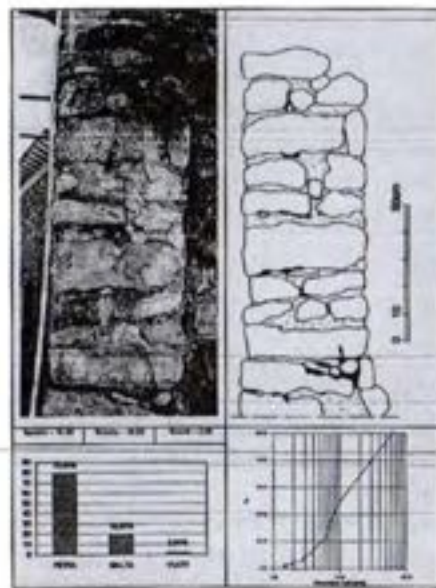
SEZIONE

- in particolari formati da blocchi di circa 40 cm che si sovrappongono in modo alternato realizzando una buona imbricatura;
- le porzioni laterali rimaste sono ricoperte da elementi di piccole dimensioni tenuti insieme dalla malta;

Fig. 11 V. LODIGIANI (ET ALII), 1995. Esempio di scheda-tipo a vista: oratorio di sant'Antonio ai Monti. Da: S. ABBANEO, A. ANZANI, L. BINDA, Il rilievo delle sezioni e il comportamento meccanico delle murature, in S. DELLA TORRE (a cura di), Storia delle tecniche murarie e tutela del patrimonio. Esperienze e questioni di metodo, Guerini Studio, 1996, p. 137.



4



5

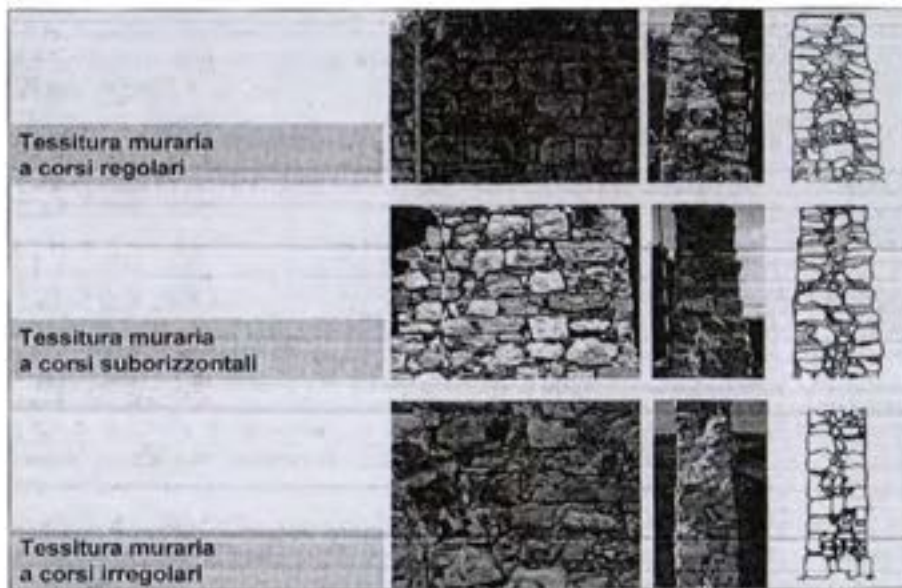

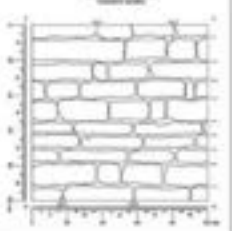


Fig. 13 A. E. SAISI, Classificazione delle sezioni murarie (da Binda, Penazzi, Saisi, *Historic masonry buildings*, 2003). Dall'immagine ridisegnata in scala si ricava la percentuale dei materiali e dei vuoti che caratterizzano la muratura. Da notare che, all'apparente regolarità della tessitura nel prospetto murario, non corrisponde un'omogeneità in sezione, da: A. E. SAISI, *Rilievo e studio del comportamento di sezioni murarie: il problema delle murature in pietra*, in D. FIORANI, D. ESPOSITO (a cura di), cit., p. 202.



Id campione	Codice	Denominazione	Località	Localizzazione del campione	Tipi di lesioni	Numero L.A.T. (mg)	Vol. medio L.A.T.
10	TP01 0209	Chiesa di S. Chiara Cava di Piana Cinisi	Novara Orsiera	Chiesa parete esterna su strada	Non rilevabile	3mg	104,3

Tavole del campione murario 100x100 cm

Id campione	Codice	Denominazione	Località	Localizzazione del campione	Tipi di lesioni	Numero L.A.T. (mg)	Vol. medio L.A.T.
11	TP01 0211	Confraternita del SS. Sacramento	Aschero	Edificio parete esterna	Non rilevabile	3mg	102,28

Tavole del campione murario 100x100 cm

CAMPIONE n.	denominazione		località				
	localizzazione del campione						
tipo di muratura	spessore	macroelemento di appartenenza					
PARAMETRO			5	4	3	2	1
Ingranamento perimento sul piano esterno							
Ingranamento orizzontale fra i paramenti							
Osservazione della qualità della malta							
Valutazione dei nodi fessurati							
Allontanamento da condizione ideale							
Disomogeneità costruttiva/degrado/							
divieto progressivo							
prove penetrometriche							
prove sismiche							
analisi dinamica fisica malta							
Valutazione complessiva della vulnerabilità muraria							

Fig. 28 F. DOGLIONI, G. MIRABELLA ROBERTI, Osservazioni riconducibili a parametri misurabili o a classi differenziabili in base ad osservazioni visive, che non comportano prove strumentali in situ o su campioni, in: F. DOGLIONI, G. MIRABELLA ROBERTI, *Prove sperimentali speditive e valutazioni di vulnerabilità delle murature, in Monumenti & terremoti: nuove esperienze di analisi di vulnerabilità, pericolosità sismica. Risultati del programma ENEA-MIUR*, pp. 95, 97.

A differenza delle altre, **il metodo IQM** (Borri-De Maria, 2002) **ha finalità di tipo strutturale.**

Obiettivi specifici:

- valutazione della possibile risposta strutturale dell'elemento murario;
- stima delle caratteristiche meccaniche.



IQM
Indice di Qualità Muraria
(A. Borri – A. De Maria)

Documentazione sul metodo IQM anche sul sito di ReLUIS:

[Home](#)[Cos'è ReLUIS](#)[Ricerca](#)[Eventi](#)[Progettazione](#)[Divulgazione](#)[Archivio news](#)[Contatti](#)[Amministrazione](#)

Report

Venerdì 27 Ottobre 2017 15:45 |

WP1_1-1_2015UNIPG

- A. Borri, A. De Maria: *Indice di Qualità Muraria (IQM) e correlazione con le caratteristiche meccaniche*
- *Allegato 1 - Linee guida per la compilazione della scheda IQM*

Ultimo aggiornamento (Venerdì 27 Ottobre 2017 16:49)

Link:

http://www.reluis.it/index.php?option=com_content&view=article&id=558&Itemid=199&lang=it

Alcune pubblicazioni sul metodo IQM

A. BORRI, A. DE MARIA, (2009) **“L’indice di Qualità Muraria (IQM): evoluzione ed applicazione nell’ambito delle norme tecniche per le costruzioni del 2008”** – XIII Convegno ANIDIS "L'ingegneria Sismica in Italia", Bologna, Palazzo "Re Enzo" 28 giugno - 2 luglio 2009.

A. BORRI, A. DE MARIA, G. PACI, (2011) **“Resistenza a taglio delle murature: prove diagonali e correlazione con l’Indice di Qualità Muraria IQM”** – XIV Convegno di Ingegneria Sismica, organizzato da ANIDIS “Associazione Nazionale di Ingegneria Sismica” e dal Politecnico di Bari, 18- 22 settembre 2011, Bari.

A. BORRI, A. DE MARIA, M. MARINO, F. NERI, (2014) **“Experimental data of friction coefficient for some types of masonry and its correlation with an index of quality masonry (IQM)”** – Second European Conference of Earthquake Engineering and Seismology, Istanbul 25-29 August 2014.

A. BORRI, A. DE MARIA, (2015) **“Indice di Qualità Muraria (IQM): Correlazione con le caratteristiche meccaniche e livelli di conoscenza”** – 16° convegno Associazione Nazionale Italiana di Ingegneria Sismica, L'Aquila 13-17 settembre 2015.

A. BORRI, G. CASTORI, M. CORRADI, A. DE MARIA, (2015) **“A method for the analysis and classification of historic masonry”** – Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 13 (2015), pp. 2647–2665.

A. BORRI, A. DE MARIA, (2015) **“Indice di Qualità Muraria (IQM): correlazione con le caratteristiche meccaniche e livelli di conoscenza”** - Progettazione Sismica – Vol. 6, N. 2.

A. BORRI, A. DE MARIA, (2019) **“ QUALITÀ MURARIA SECONDO IL METODO IQM: aggiornamento alla Circolare esplicativa n. 7 del 2019”** - Structural 222 – Ed De Lettera.

A. BORRI, A. DE MARIA, (2020) **“L’INDICE DI QUALITÀ MURARIA (IQM) e la disgregazione delle murature per effetto del sisma”** - Structural 229 – Ed De Lettera.

Alcune pubblicazioni sul metodo IQM

A. BORRI, A. DE MARIA, (2009) **“L’indice di Qualità Muraria (IQM): evoluzione ed applicazione nell’ambito delle norme tecniche per le costruzioni del 2008”** – XIII Convegno ANIDIS “L’ingegneria Sismica in Italia”, Bologna, Palazzo “Re Enzo” 28 giugno - 2 luglio 2009.

A. BORRI, A. DE MARIA, G. PACI, (2011) **“Resistenza a taglio delle murature: prove diagonali e correlazione con l’Indice di Qualità Muraria IQM”** – XIV Convegno di Ingegneria Sismica, organizzato da ANIDIS “Associazione Nazionale di Ingegneria Sismica” e dal Politecnico di Bari, 18- 22 settembre 2011, Bari.

A. BORRI, A. DE MARIA, M. MARINO, F. NERI, (2014) **“Experimental data of friction coefficient for some types of masonry and its correlation with the index of quality masonry (IQM)”** – Second European Conference of Earthquake Engineering and Seismology, Istanbul 25-29 August 2014.

A. BORRI, A. DE MARIA, (2015) **“Indice di Qualità Muraria (IQM): Correlazione con le caratteristiche meccaniche e livelli di conoscenza”** – 16° convegno Associazione Nazionale Italiana di Ingegneria Sismica, L’Aquila, 18-20 settembre 2015.

A. BORRI, G. CASTOPINO, A. DE MARIA, (2015) **“A method for the analysis and classification of masonry”** – Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 13 (2015), pp. 2647–2665.

A. BORRI, A. DE MARIA, (2015) **“Indice di Qualità Muraria (IQM): correlazione con le caratteristiche meccaniche e livelli di conoscenza”** - Progettazione Sismica – Vol. 6, N. 2.

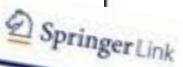
A. BORRI, A. DE MARIA, (2019) **“QUALITÀ MURARIA SECONDO IL METODO IQM: aggiornamento alla Circolare esplicativa n. 7 del 2019”** - Structural 222 – Ed De Lettera.

A. BORRI, A. DE MARIA, (2020) **“L’INDICE DI QUALITÀ MURARIA (IQM) e la disgregazione delle murature per effetto del sisma”** - Structural 229 – Ed De Lettera.

«METODO DI COMPROVATA VALIDITÀ»

ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF HISTORIC CONSTRUCTION WITHIN THE NORTH-EAST OF ENGLAND

M Corbett, A J Ouellet, S Cozzani, A Richardson, C Ullrich & T Vu
Department of Mechanical & Construction Engineering
Northumbria University
Wynne Jones Building, NE1 7BU, Newcastle upon Tyne (UK)



Masonry walls with irregular texture of L'Aquila (Italy) seismic area: validation of a method for the evaluation of masonry quality

L. Rovero, V. Alecci, J. Mechelli, U. Tonietti & M. De Stefano

POLITECNICO DI MILANO

di Ingegneria Civile, Ambientale e Territoriale
di Magistrale in Ingegneria Civile - Civil Engineering
Anno accademico 2010/2011



ELLA VULNERABILITÀ SISMICA
FICIO STORICO IN MURATURA



Mechanical characterization of historical rubble stone masonry and its correlation with the masonry quality assessment

A.J. Ferreira Pires¹, B. Simões da Fonseca^{1,2}, B. Vaz Silva³

ABSTRACT
This paper presents a study on the mechanical characterization of rubble stone masonry walls from the historical masonry of a Portuguese castle built on the remains of a Roman aqueduct. The masonry walls were tested under uniaxial compression, shear and flexure. The results of the tests were used to evaluate the quality of the masonry and to correlate it with the masonry quality assessment. The results show that the masonry quality assessment is a good indicator of the mechanical properties of the masonry walls.

International Conference on Critical Thinking in Sustainable Environment
CRIT-RE-BUILT 2019: Critical Thinking in Sustainable Environment pp 330-347 | Cite as

The Knowledge Project
Masonry Building

Authors
Marco Saccucci, Valentina Cima, Ernesto

Conference paper
First Online: 30 October

IL METODO IQM È CONOSCIUTO ED UTILIZZATO IN ITALIA ED ANCHE IN ALTRI PAESI

Luciano Galano
Michele Betti

Triple Test on Rubble Stone Masonry: Numerical Assessment of the Shear Mechanical Parameters

Michela Angelilli and Amadeo Gregori
Department of Civil, Building and Environmental Engineering, University of Aquila, 67100 L'Aquila, Italy
m.angelilli@univaq.it, a.gregori@univaq.it, +39-086243410

In view of the need of the cultural and architectural heritage, it is essential to define a methodology for the assessment of the mechanical properties of masonry walls. In this paper, a triple test on rubble stone masonry is proposed. The test consists of three different tests: uniaxial compression, shear and flexure. The results of the tests are used to evaluate the quality of the masonry and to correlate it with the masonry quality assessment. The results show that the masonry quality assessment is a good indicator of the mechanical properties of the masonry walls.

A Bayesian Network for the Definition of Probabilistic Models for Masonry Mechanical Parameters

F. Marulli, F. Tassi, F. Klemes, A. Vignoli, S. Burchi and F. Landi

Abstract: A methodology for the definition of probabilistic models for masonry strength through a visual analysis of masonry structures is presented. A Bayesian Network whose nodes are represented by the masonry class and masonry features is developed based on the so-called Masonry Quality Index method. The network is implemented taking into account further quantitative information derived from previously tested masonry structures, related to the one under assessment, supported by engineering judgments on the masonry features. Masonry mechanical properties can be inferred using the network, given the results of qualitative investigation. The so-called probabilistic model can be used for the preliminary reliability analysis of a prior structure for further testing.

Keywords: Reliability assessment of existing buildings - Masonry structures - Non-destructive techniques - Bayesian analysis - Bayesian network - Artificial intelligence techniques

The Medina of Chefchaouen (Morocco): A survey on morphological and mechanical features of the masonries

October 2013 - Construction and Building Materials 47:465-479
DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2013.05.025
Project: Seismic Damage and Fragility Assessment of Ancient Masonry Churches of Chile

Luisa Rovero - Fabio Fratini

Overview Stats Comments Citations (26)

Abstract

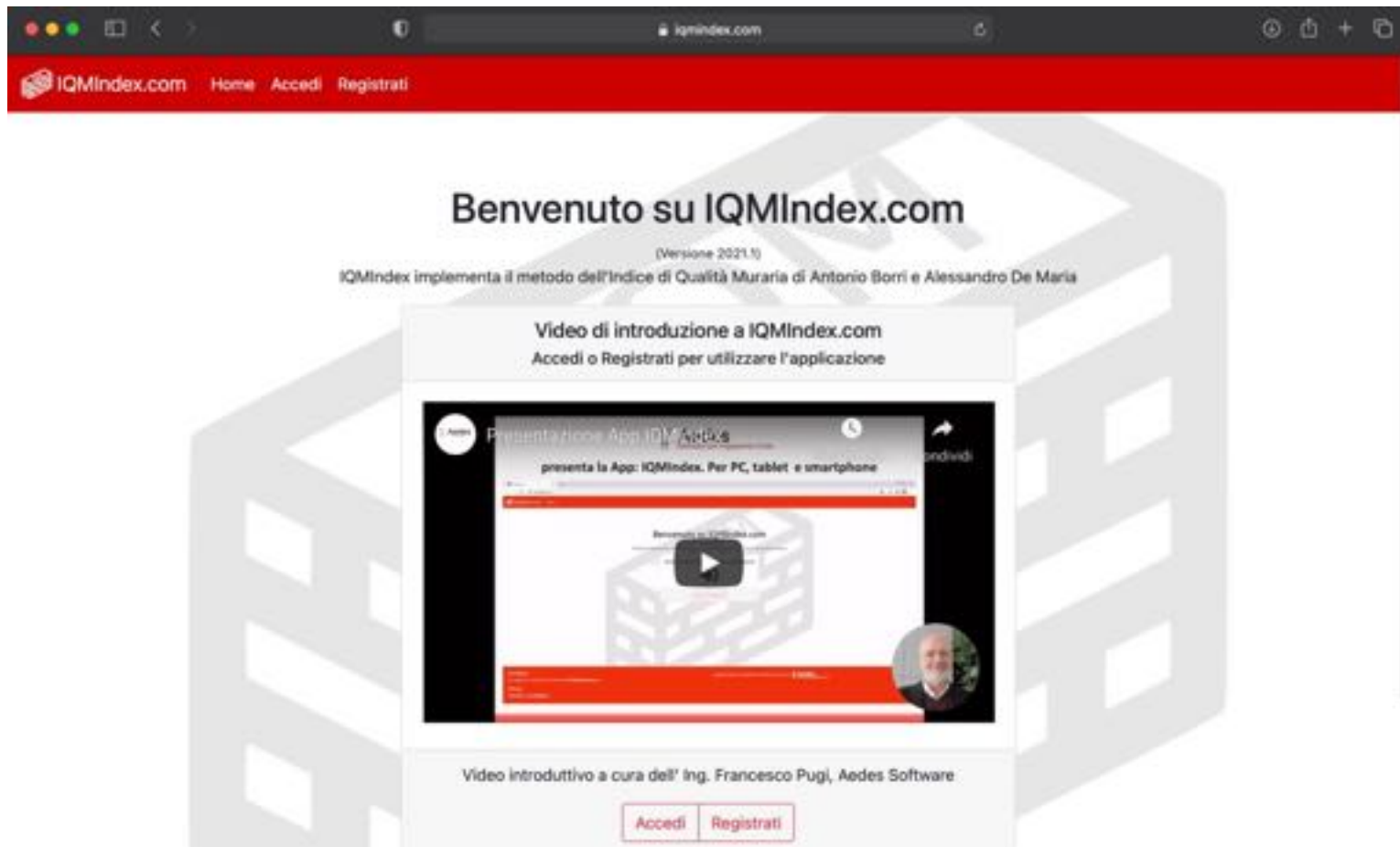
This paper presents results of a survey on morphological and mechanical characteristics of the masonries in the Medina of Chefchaouen, XV-XIX century, in the Western Rif in Morocco, aimed at providing the information needed for a correct diagnosis and for the planning of conservation interventions adequate to the specificity of the local building culture. To this end, the work characterizes chemical, physical, and mechanical properties of materials as well as morphological features of traditional masonry walls. In particular, three main types of walls are identified and characterized by the stonework sections. Numerical estimate of compressive strength of the three masonry types is determined both through empirical and analytical formulas and

POLITECNICO MILANO 1863
SCHOOL OF CIVIL, ENVIRONMENTAL AND LAND MANAGEMENT ENGINEERING
Master of Science in Civil Engineering

SEISMIC ASSESSMENT OF VAULTED SYSTEMS IN SAN CHURCH AFTER 2012 SEISMIC EVENTS

MSc graduation thesis by
Isabel Pablo MARQUEZ OPORTO
Matr. 170948
and Camila MURCIA CUELLAR
Matr. 170976

Adesso c'è anche una WebApp!



The screenshot shows a web browser window with the URL iqmindex.com. The page features a red navigation bar with the logo and links for Home, Accedi, and Registrati. The main content area displays a welcome message: "Benvenuto su IQMIndex.com" (Versione 2021.1), followed by a description of the quality index method. A video player is embedded, showing a presentation titled "Presentazione App IQM Index" by Francesco Pugli, with a play button overlay. Below the video, there are two buttons: "Accedi" and "Registrati".

Benvenuto su IQMIndex.com

(Versione 2021.1)

IQMIndex implementa il metodo dell'Indice di Qualità Muraria di Antonio Borri e Alessandro De Maria

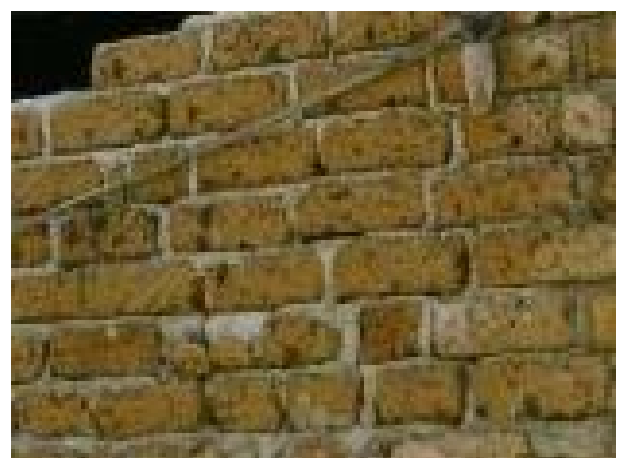
Video di introduzione a IQMIndex.com
Accedi o Registrati per utilizzare l'applicazione

Presentazione App IQM Index
presenta la App: IQMIndex. Per PC, tablet e smartphone

Benvenuto su IQMIndex.com

Video introduttivo a cura dell' Ing. Francesco Pugli, Aedes Software

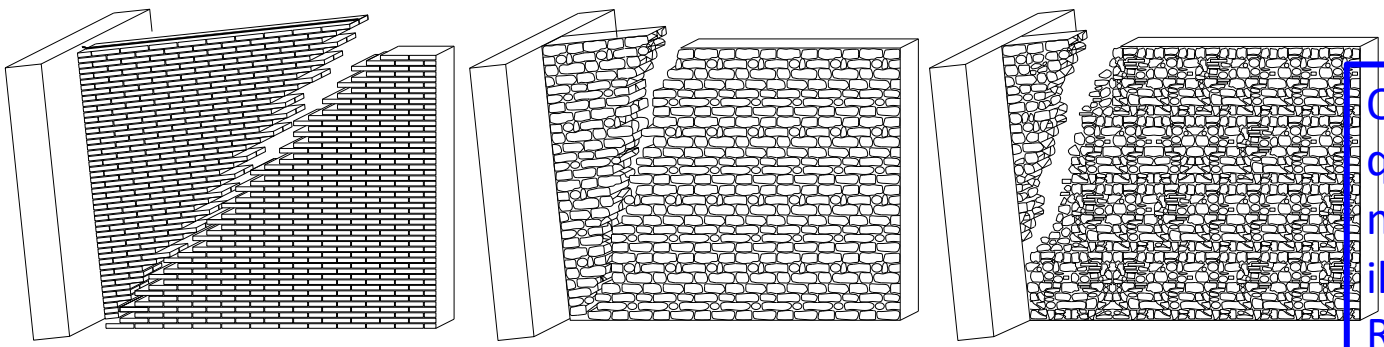
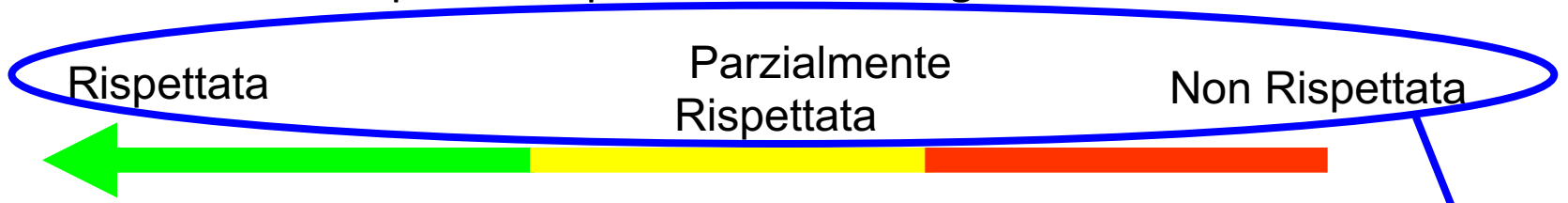
Accedi Registrati



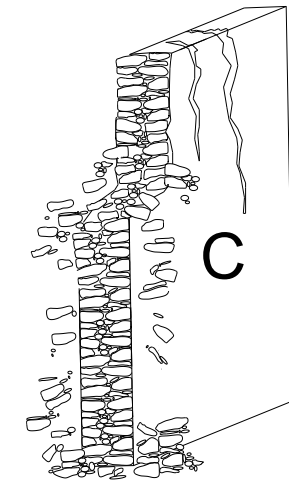
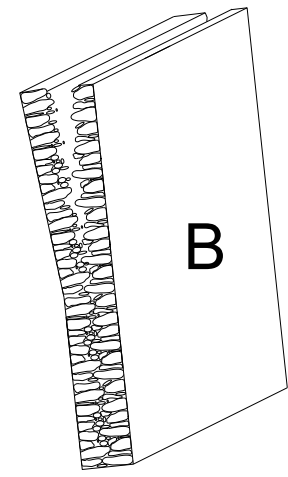
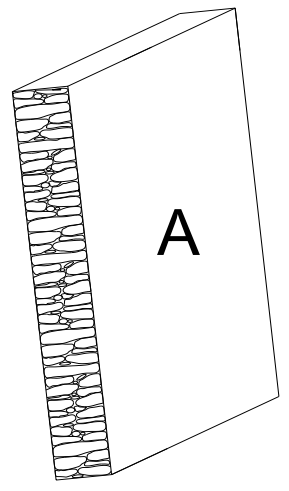
IQM
Indice di Qualità Muraria
(A. Borri – A. De Maria)

Regola dell'arte

SINTESI → comportamento meccanico della muratura in funzione del rispetto dei parametri della regola dell'arte

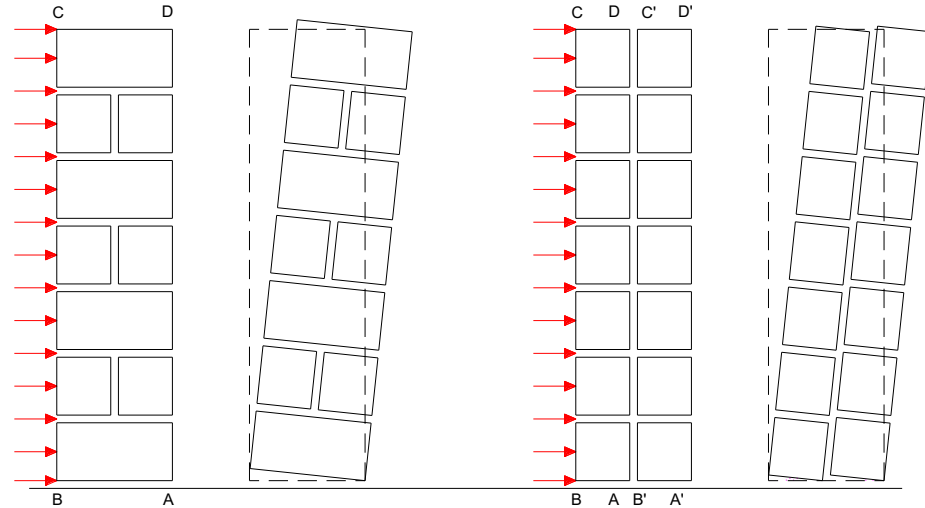
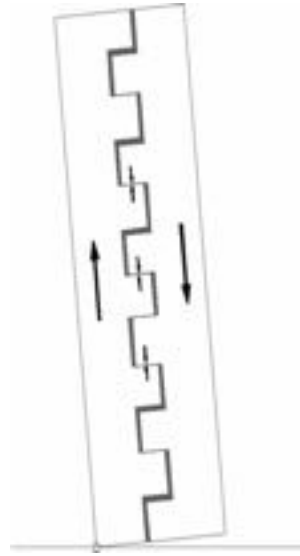
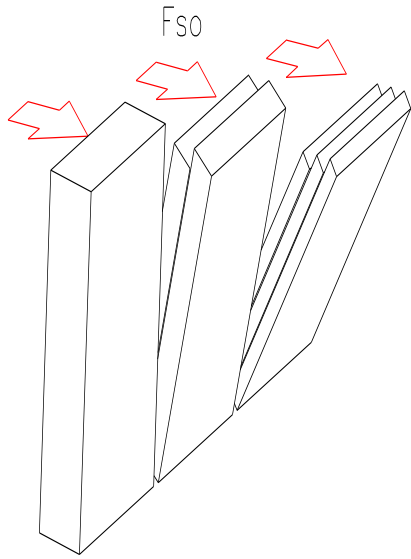


Obiettivo .
quantificare
numericamente
il rispetto della
RDA



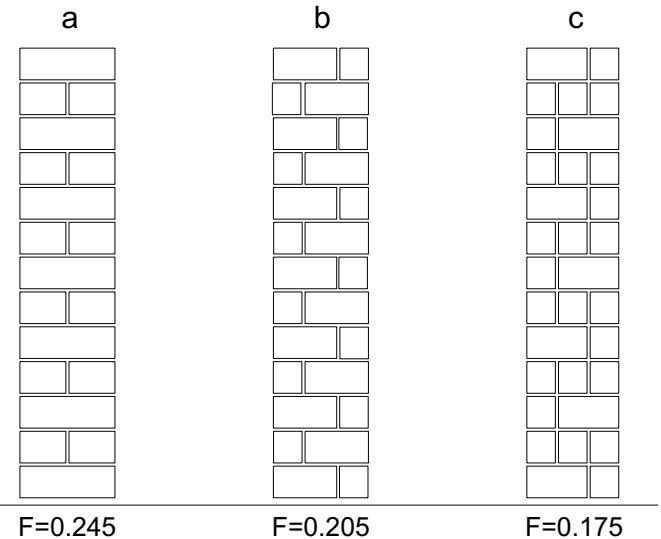
Influenza della REGOLA DELL'ARTE sul comportamento meccanico della muratura

Ingranamento trasversale



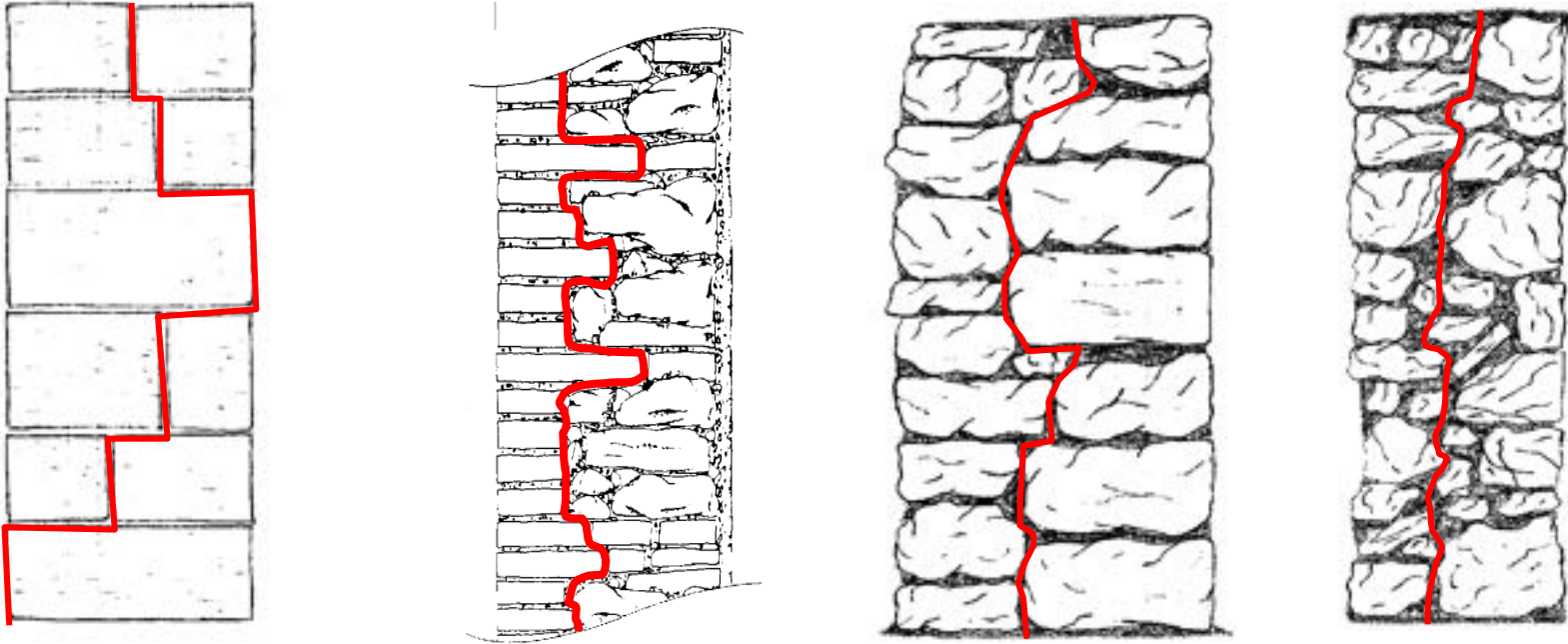
Aumenta resistenza a ribaltamento e azioni fuori piano

Può essere ottenuto con diatoni, semidiatoni (pietre passanti nello spessore murario) o, artificialmente, con diatoni artificiali o perforazioni armate



Influenza della REGOLA DELL'ARTE sul comportamento meccanico della muratura

Ingranamento trasversale

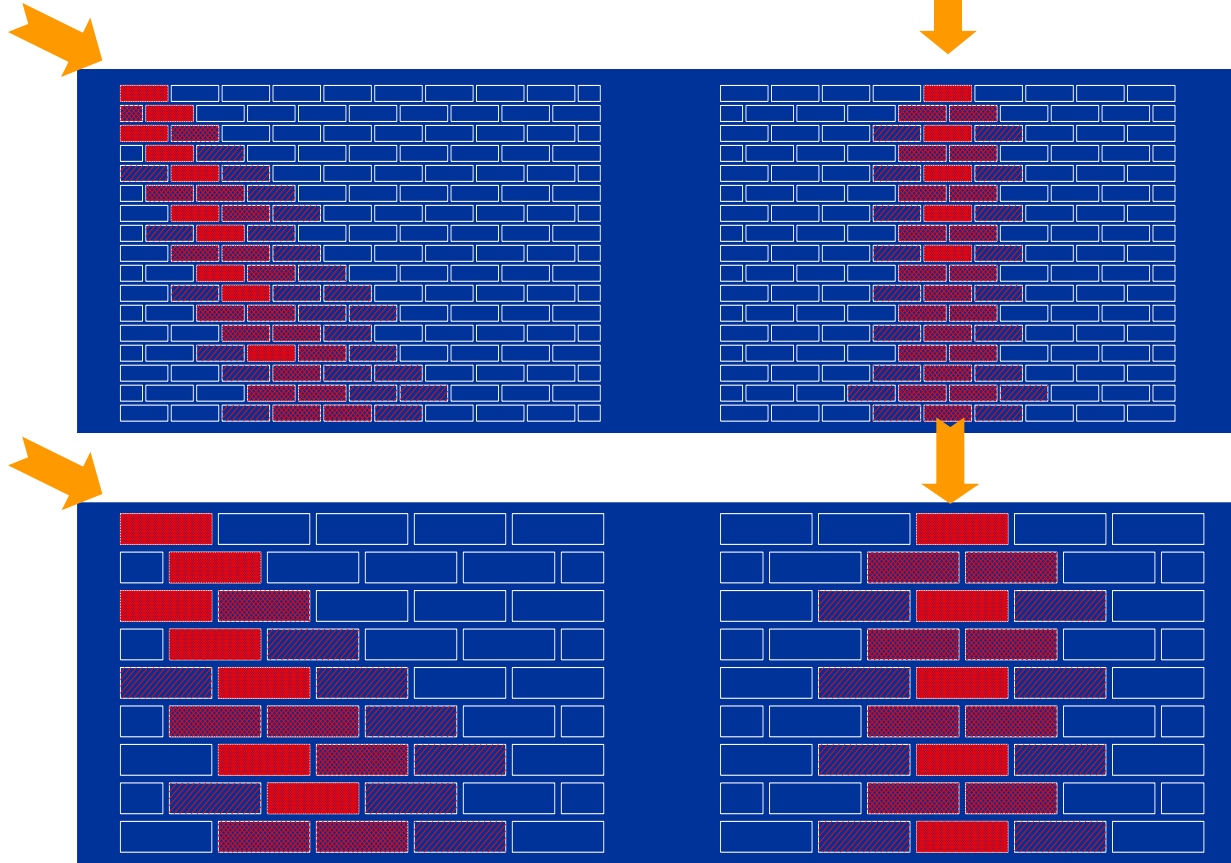


Un metodo di misura: la Linea di Minimo Tracciato (Doglioni)

Ripresa e “tarata” nella procedura IQM

Influenza della REGOLA DELL'ARTE sul comportamento meccanico della muratura

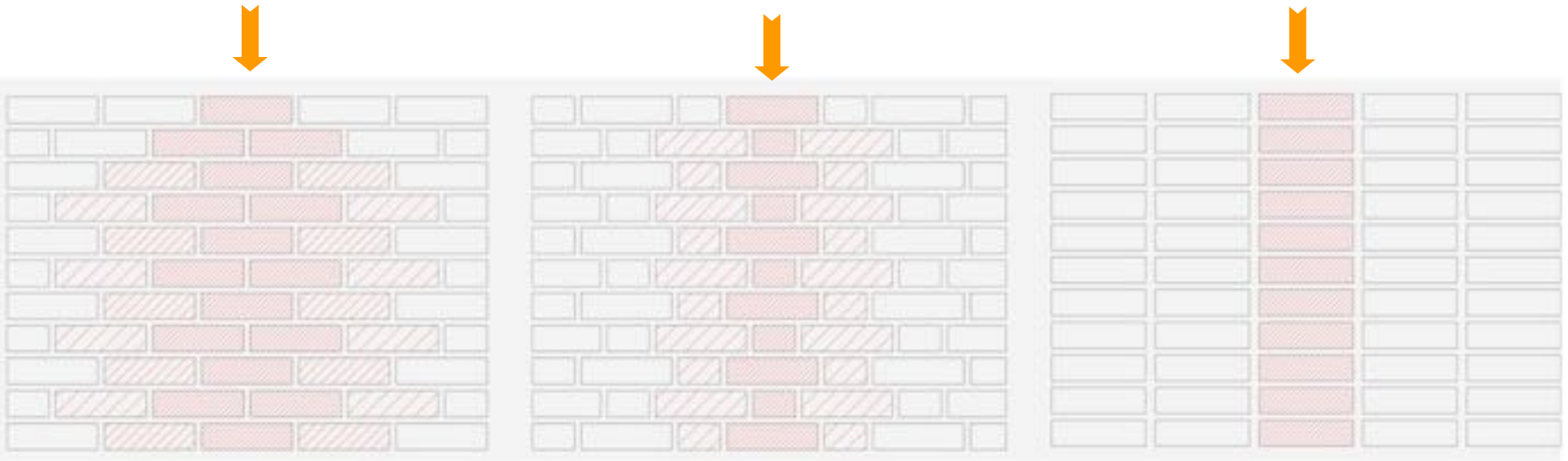
Dimensione elementi



Elementi di grande dimensione coinvolgono maggiori zone di muratura nella distribuzione dei carichi, sia verticali sia orizzontali. Inoltre diminuiscono le zone di malta (giunti) solitamente più deboli degli elementi lapidei o di pietra

Influenza della REGOLA DELL'ARTE sul comportamento meccanico della muratura

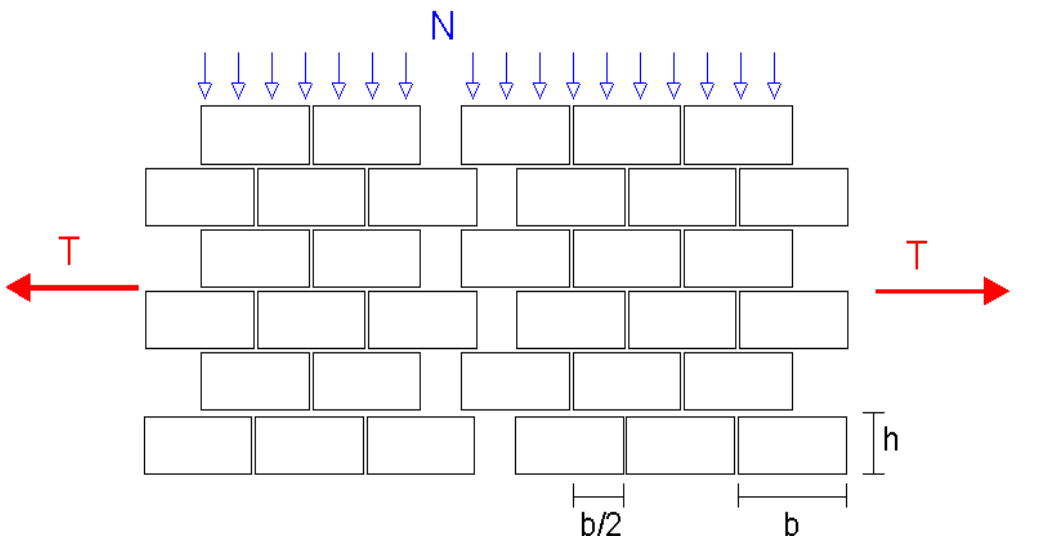
Sfalsamento giunti verticali



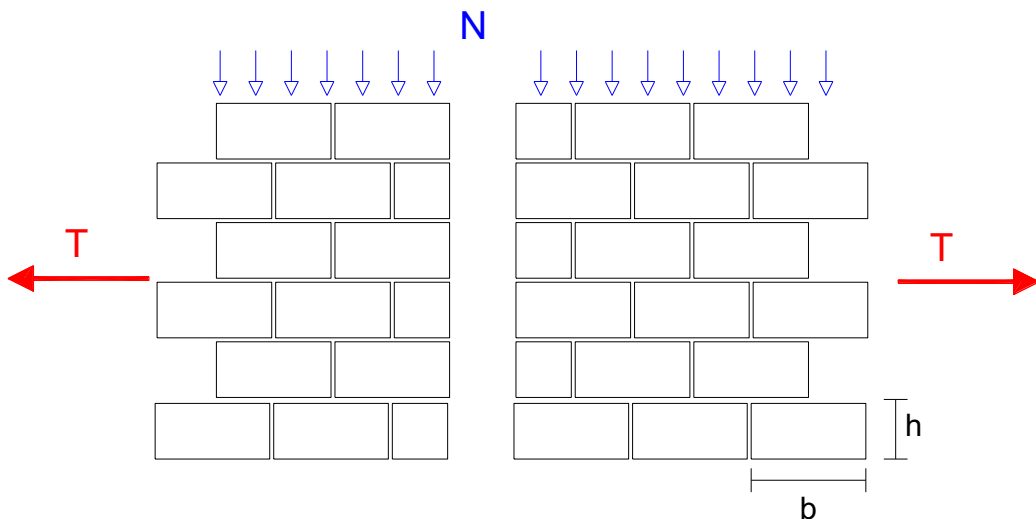
Effetto positivo sulla ripartizione dei carichi verticali: uno sfalsamento dei giunti verticali coinvolge più elementi lapidei o pietre nella “risposta” a sollecitazioni esterne

Influenza della REGOLA DELL'ARTE sul comportamento meccanico della muratura

Sfalsamento giunti verticali

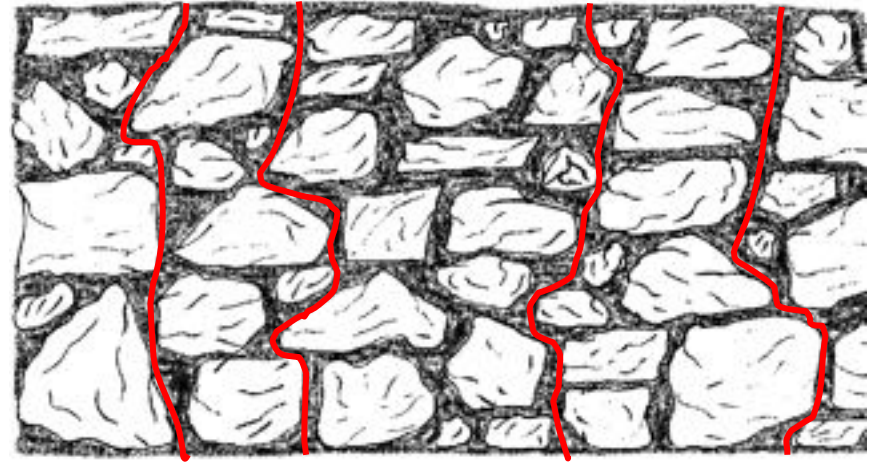
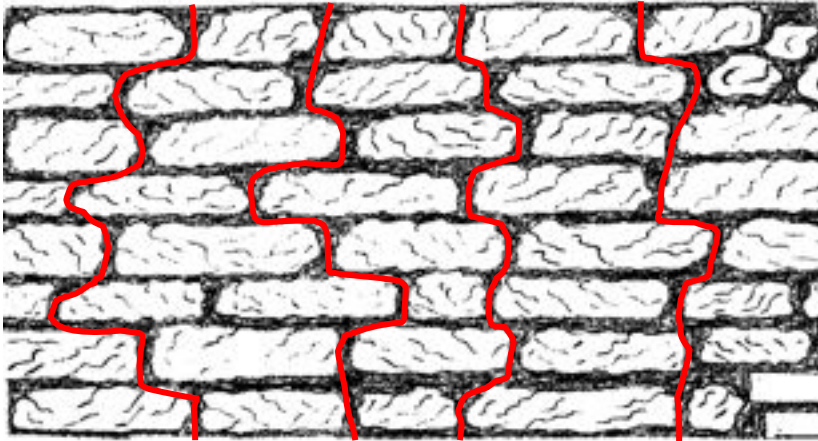


Effetto positivo sulla ripartizione sulla resistenza ad azioni orizzontali perché aumenta la superficie sottoposta all'attrito ("pseudoresistenza a trazione")



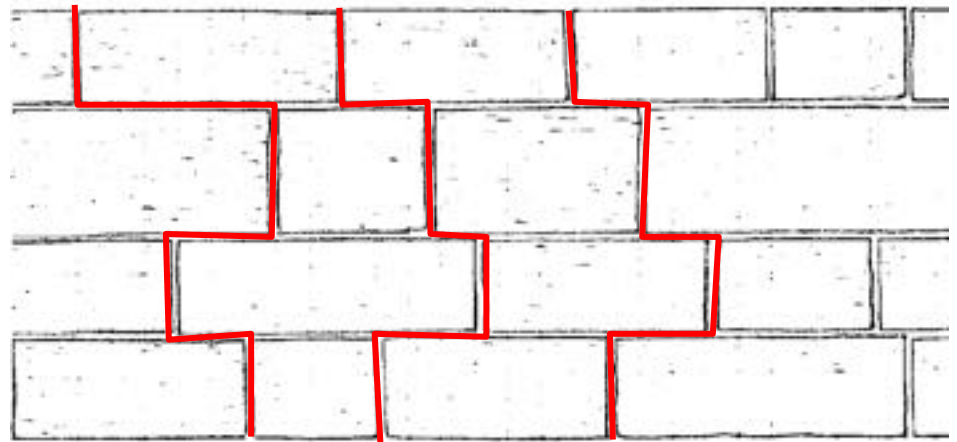
Influenza della REGOLA DELL'ARTE sul comportamento meccanico della muratura

Sfalsamento giunti verticali



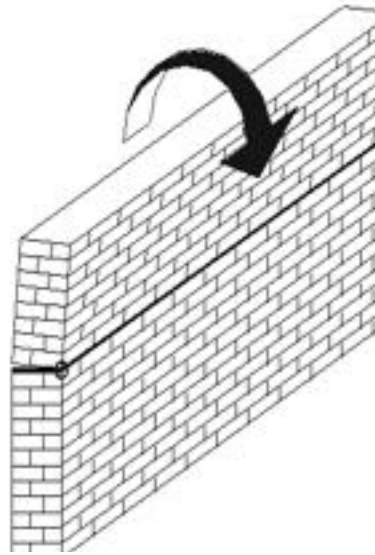
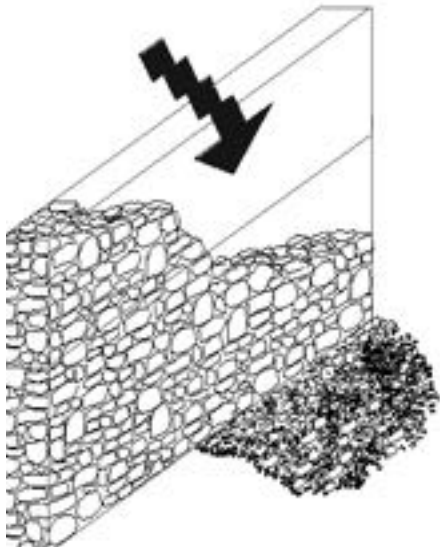
Un metodo di misura: la Linea di Minimo Tracciato (Doglioni)

Ripresa e “tarata” nella procedura IQM



Influenza della REGOLA DELL'ARTE sul comportamento meccanico della muratura

Orizzontalità dei filari



Consente piccole oscillazioni del muro come blocco rigido in quanto permette la formazione di una cerniera orizzontale.

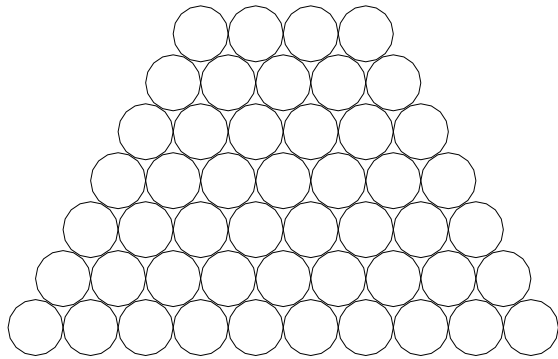
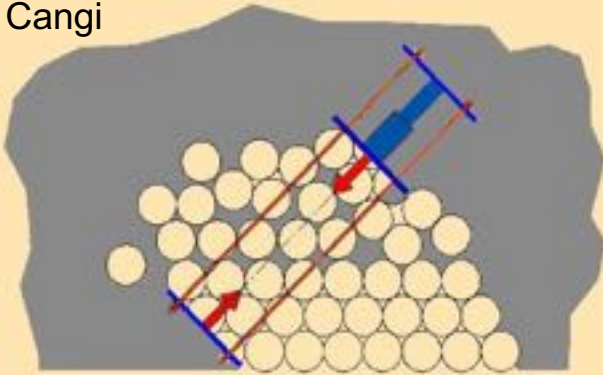
Consente il flusso delle tensioni dentro il paramento murario privo di interruzioni (→ per questo nelle murature irregolari si ricerca l'orizzontalità del piano di appoggio delle pietre tramite scaglie, scapoli o pietre di riempimento più piccole)

Permette all'attrito di esplicare il suo effetto benefico (l'attrito è ortogonale alla forza peso dunque si esplica al massimo su superfici orizzontali)

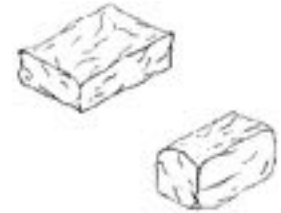
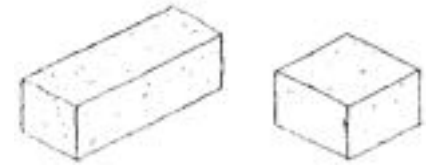
Influenza della REGOLA DELL'ARTE sul comportamento meccanico della muratura

Forma elementi

G. Cangi



Influenza la stabilità globale del muro e permette "l'autoequilibrio" dovuto all'azione stabilizzante delle forza peso



Elementi in pietra di qualità decrescente per forma:

- Blocchi squadrati
- Blocchi sbozzati
- Pietre irregolari allungate
- Pietrame da spacco
- Pietre arrotondate o ciottoli

Influenza della REGOLA DELL'ARTE sul comportamento meccanico della muratura

Qualità della malta



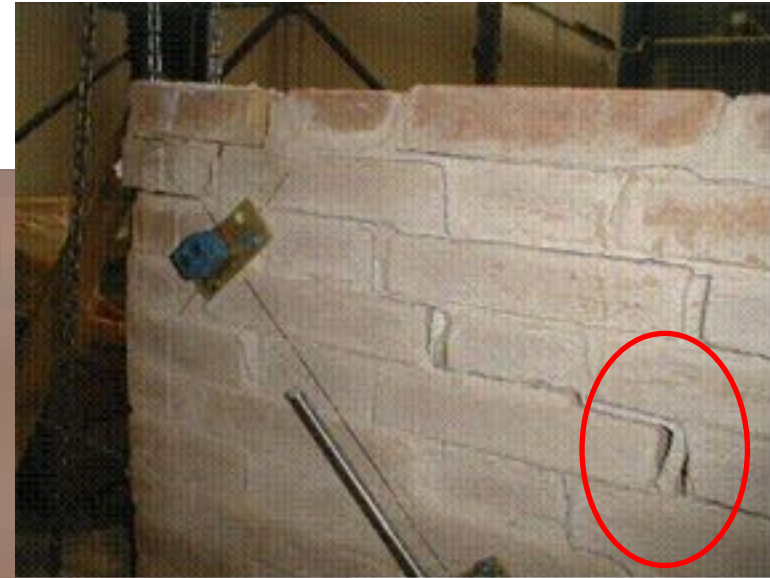
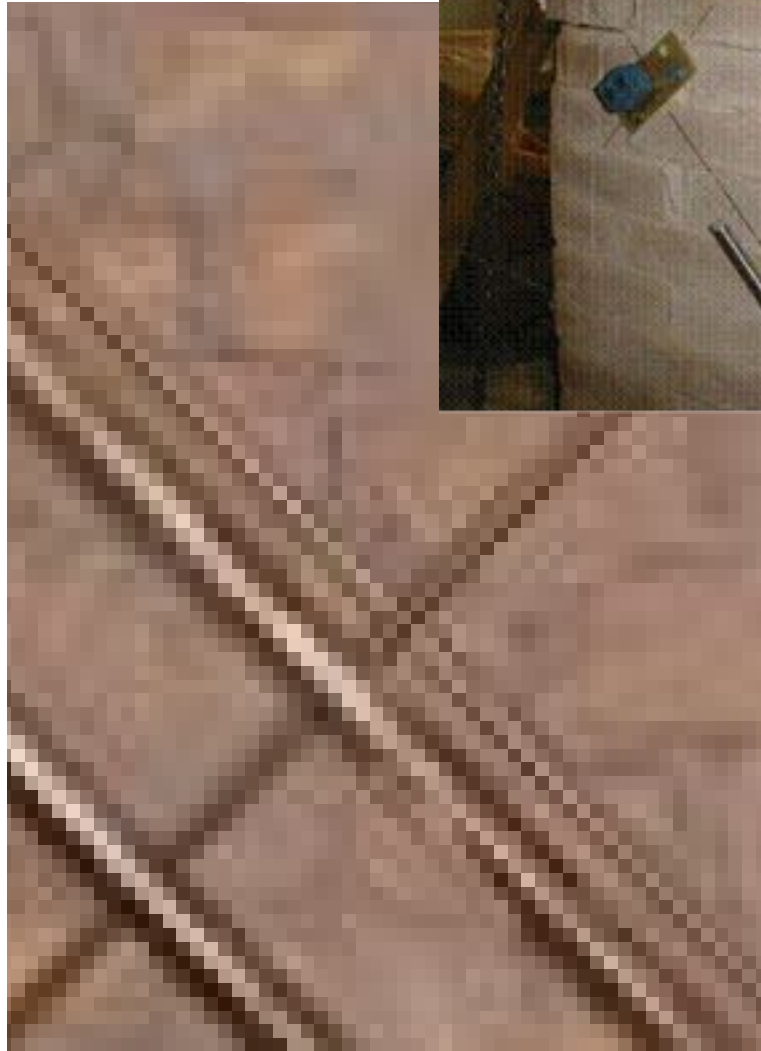
La malta (o il legante utilizzato) è fondamentale nella resistenza di una muratura. Le sue principali funzioni:

- “legare” gli elementi fornendo una resistenza a trazione (att. murature esistenti spesso non c'è tale resistenza);
- regolarizzare la superficie di appoggio fra le pietre consentendo la trasmissione di forza da una pietra all'altra (quest'ultima funzione può essere assolta anche da zeppe o scaglie inserite nei giunti);
- dare rigidezza a taglio alla parete se essa è inserita nei giunti verticali

Influenza della REGOLA DELL'ARTE sul comportamento meccanico della muratura

Qualità della malta

Ulteriore aspetto: quasi sempre non è la malta in sé il punto debole ma l'interfaccia fra malta ed elemento, specie se mattoni o tufo



IQM : INDICE DI QUALITA' MURARIA

OBIETTIVI:

- a) valutazione della qualità muraria espressa mediante un indice;
- b) stima dei parametri meccanici della muratura necessari per effettuare le verifiche di sicurezza richieste dalle NTC 2008 per gli edifici esistenti.

Indice di Qualità Muraria - IQM

Finalità:

- valutazione della **qualità muraria** espressa da un **indice numerico**
- stima dei **parametri meccanici** della muratura necessari per effettuare le verifiche di sicurezza richieste dalle NTC del 2008 per edifici esistenti

f_m = resistenza media a compressione della muratura;

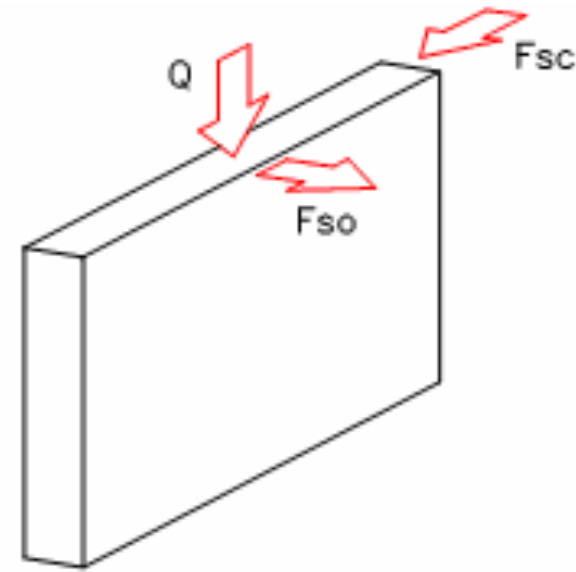
τ_0 = resistenza media a taglio della muratura;

E = valore medio del modulo di elasticità normale.

Origine e sviluppo del metodo

- Ricerche Regione Umbria (2001-2006)
- L.R. Umbria n. 18 del 2002 (prevenzione sismica)
- Progetto ReLUIS I (perfezionamenti e contributi di IUAV - Prof. Doglioni e PoliMI - Prof.ssa Binda)

IQM distinto in base alla **direzione dell'azione sollecitante** (tre indici di qualità muraria: IQM per azioni verticali, IQM per azioni orizzontali fuori piano ed IQM per azioni orizzontali nel piano)



Q - Carichi statici verticali

Fsc - Forza sismica complanare

Fso - Forza sismica ortogonale

Parametri della regola dell'arte

MA. = qualità della malta / efficace contatto fra elementi / zeppe;

P.D. = ingranamento trasversale / presenza dei diatoni;

F.EL. = forma degli elementi resistenti;

D.EL. = dimensione degli elementi resistenti;

S.G. = sfalsamento dei giunti verticali / ingranamento nel piano della parete;

OR. = orizzontalità dei filari;

RE.EL. = resistenza degli elementi.

Giudizio sul rispetto dei parametri della regola dell'arte:

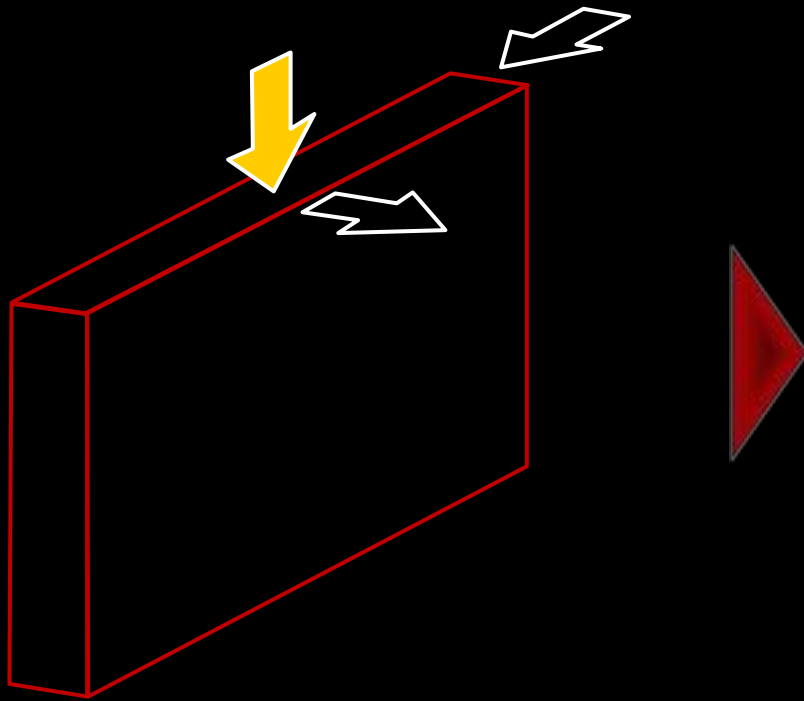
R. = parametro rispettato;

P.R. = parametro parzialmente rispettato;

N.R. = parametro non rispettato.

Valutazione di IQM → tramite i giudizi sul grado di rispetto della regola dell'arte si valuta l'IQM per azioni verticali, orizzontali ortogonali al piano e orizzontali nel piano

QUALITA' MURARIA DISTINTA PER TIPO DI AZIONE

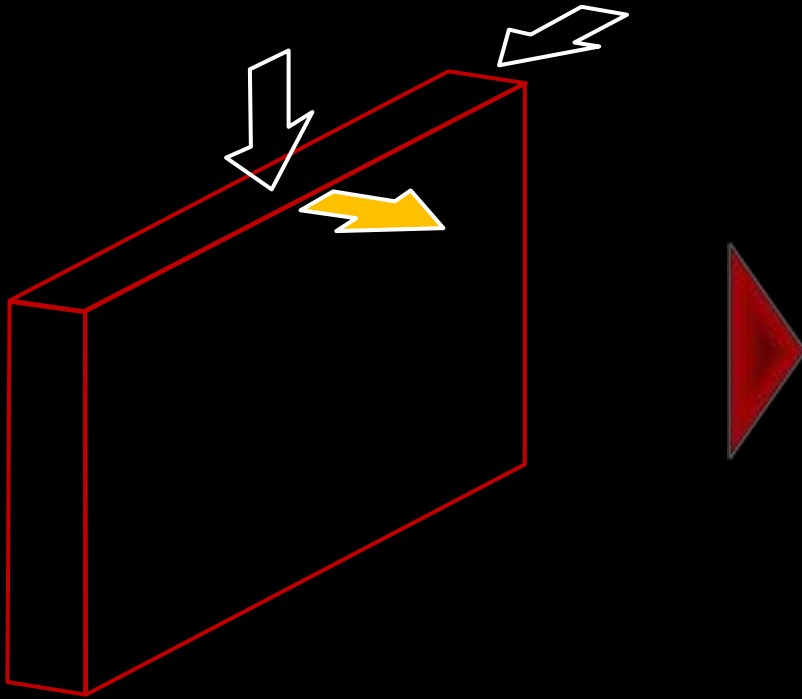


ATTENZIONE: IQM VA DISTINTO IN BASE ALLA DIREZIONE DELL'AZIONE SOLLECITANTE (TRE INDICI DI QUALITÀ MURARIA):

- 1) **IQM PER AZIONI VERTICALI;**
- 2) **IQM PER AZIONI ORTOGONALI AL PIANO;**
- 3) **IQM PER AZIONI NEL PIANO.**

TIPOLOGIE MURARIE CHE POSSONO ESSERE CONSIDERATE BUONE O ACCETTABILI PER UN TIPO DI AZIONI POSSONO NON ESSERLO PER UN TIPO DI CARICO DIVERSO

QUALITA' MURARIA DISTINTA PER TIPO DI AZIONE

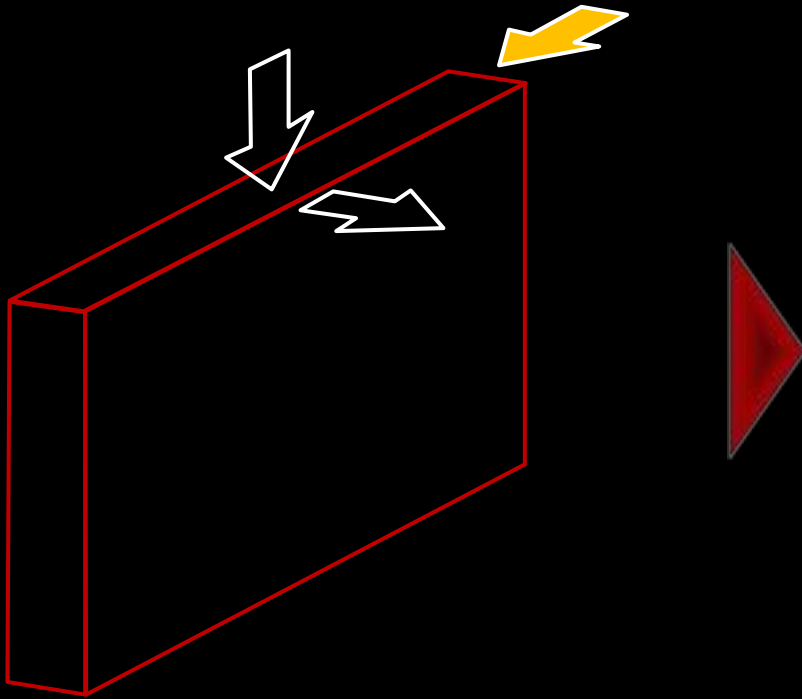


ATTENZIONE: IQM VA DISTINTO IN BASE ALLA DIREZIONE DELL'AZIONE SOLLECITANTE (TRE INDICI DI QUALITÀ MURARIA):

- 1) IQM PER AZIONI VERTICALI;
- 2) IQM PER AZIONI ORTOGONALI AL PIANO;
- 3) IQM PER AZIONI NEL PIANO.

TIPOLOGIE MURARIE CHE POSSONO ESSERE CONSIDERATE BUONE O ACCETTABILI PER UN TIPO DI AZIONI POSSONO NON ESSERLO PER UN TIPO DI CARICO DIVERSO

QUALITA' MURARIA DISTINTA PER TIPO DI AZIONE



ATTENZIONE: IQM VA DISTINTO IN BASE ALLA DIREZIONE DELL'AZIONE SOLLECITANTE (TRE INDICI DI QUALITÀ MURARIA):

- 1) IQM PER AZIONI VERTICALI;
- 2) IQM PER AZIONI ORTOGONALI AL PIANO;
- 3) IQM PER AZIONI NEL PIANO.

TIPOLOGIE MURARIE CHE POSSONO ESSERE CONSIDERATE BUONE O ACCETTABILI PER UN TIPO DI AZIONI POSSONO NON ESSERLO PER UN TIPO DI CARICO DIVERSO

Qualità della malta / efficace contatto fra elementi / zeppe³ (MA.)

RISPETTATA

- a) Malta in buono stato e ben conservata, con giunti di dimensione non eccessiva rispetto alle pietre o ai mattoni oppure con giunti ampi ma di malta di ottima qualità (es. murature romane o bizantine);
- b) Muratura con grandi elementi squadrati e priva di malta o con strato di malta sottilissimo. In tal caso si intende "rispettato" il requisito di un efficace contatto fra le pietre.



PARZIALMENTE RISPETTATA

- a) Malta di qualità intermedia, con giunti non eccessivamente erosi.
- b) Murature con elementi irregolari e malta degradata ma con zeppe efficacemente inserite negli spazi fra gli elementi.



NON RISPETTATA/PESSIMA*

- a) Malta scadente o degradata e polverulenta e del tutto priva di coesione.
- b) Malta assente (escluso il caso di muratura di grossi elementi squadrati).
- c) Giunti di malta di dimensioni eccessive, paragonabili a quelle degli elementi se la malta non è di ottima qualità.
- d) Muratura di elementi porosi (es. tufo) con scarsa aderenza fra la malta e gli stessi elementi.



* la malta sarà giudicata "pessima" se le caratteristiche riportate in tabella sono molto accentuate oppure sono diffuse sulla quasi totalità del paramento murario.

IQM

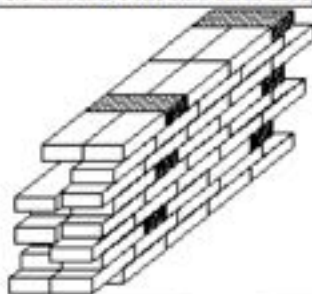


Presenza di diaconi / ingranamento trasversale (P.D.)

(Valutazione "convenzionale" svolta senza osservare l'intera sezione muraria)

RISPETTATA

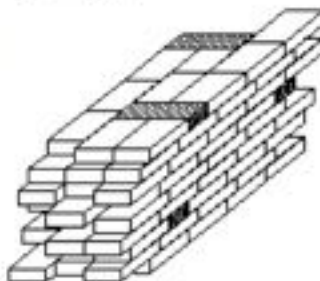
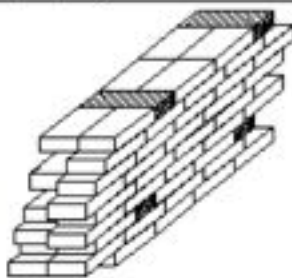
Paramento ben tessuto; blocchi o pietre di dimensione paragonabile a quella dello spessore della parete; presenza sistematica di pietre disposte di testa.



PARZIALMENTE RISPETTATA

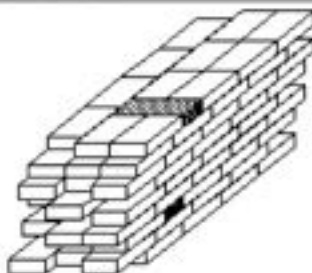
Situazione intermedia fra il rispetto ed il non rispetto di tale parametro.

Paramento ben tessuto ed ordinato almeno su una faccia; alcune pietre sono disposte di testa; spessore del muro non eccessivo rispetto alle dimensioni delle pietre (orientativamente: pietre di lunghezza massima almeno pari ai 2 / 3 dello spessore della parete).




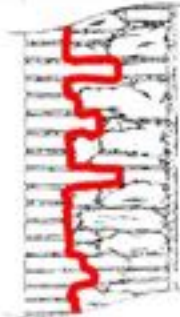
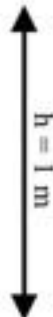
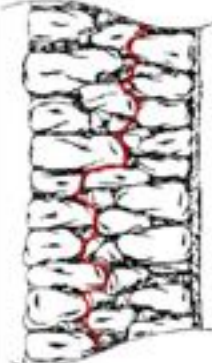
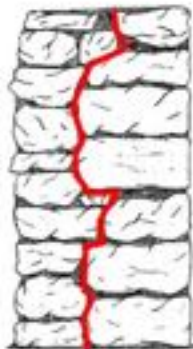




NON RISPETTATA

Pietre piccole rispetto allo spessore del muro; assenza di pietre palesemente disposte in senso trasversale alla parete (di testa).



Presenza di diatoni / ingranamento trasversale (P.D.)

(valutazione tramite la LMT³ trasversale – Sezione interamente osservabile)

<p>RISPETTATA</p> <p>LMT maggiore di 155 cm</p>	 <p>LMT = 160 cm</p>	 <p>LMT = 176 cm</p>	 <p>h = 1 m</p>
<p>PARZIALMENTE RISPETTATA</p> <p>LMT compresa fra 155 cm e 125 cm</p>	 <p>LMT = 145 cm</p>	 <p>LMT = 126 cm</p>	 <p>h = 1 m</p>
<p>NON RISPETTATA</p> <p>LMT inferiore a 125 cm</p> <p>Pietre di piccole dimensioni qualunque sia il valore di LMT (es. parete con sacco interno)</p>	 <p>LMT = 110 cm</p>	 <p>LMT = 120 cm</p>	 <p>h = 1 m</p>



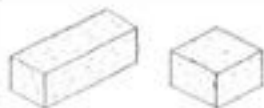
Ingranamento dei paramenti, metodo di valutazione quantitativo:
“Linea di Minimo Tracciato” (Doglioni, Mirabella, IUAV Venezia)



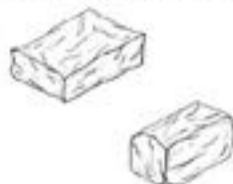
Forma degli elementi resistenti (F.EL.)

RISPETTATA

Prevalenza di elementi di forma squadrata o sbozzata oppure mattoni o laterizi di forma parallelepipedica su entrambe le facce della parete.



Blocchi squadrati



Blocchi sbozzati



PARZIALMENTE RISPETTATA

Compresenza di elementi irregolari o ciottoli e blocchi di forma squadrata o mattoni.

Pareti con una faccia di blocchi di forma regolare o mattoni e l'altra faccia di ciottoli od elementi di forma irregolare.

Elementi arrotondati o irregolari ma con interstizi riempiti di zeppe ben inserite.






NON RISPETTATA

Prevalenza di elementi di forma irregolare o arrotondata oppure ciottoli su entrambe le facce della parete.

Blocchi di forma irregolare, arrotondata o ciottoli.



Dimensione degli elementi resistenti (D.EL.)	
<p>RISPETTATA</p> <p>Prevalenza di elementi con la loro dimensione maggiore sopra i 40 cm. In tali pareti i blocchi solitamente sono così grossi da interessare gran parte dello spessore della parete e quindi essi possono svolgere anche la funzione di <u>diatoni</u>.</p>	
<p>PARZIALMENTE RISPETTATA</p> <p>Prevalenza di elementi con la loro dimensione maggiore fra 20 e 40 cm. Compresenza di elementi di dimensione variabile.</p>	
<p>NON RISPETTATA</p> <p>Prevalenza di elementi con la loro dimensione maggiore sotto i 20 cm. Parete di soli <u>diatoni</u> in mattoni pieni.</p>	



Sfalsamento fra i giunti verticali / Ingranamento nel piano (S.G.)

(Valutazione qualitativa)

RISPETTATO

Prevalenza di giunti verticali in corrispondenza della zona centrale dell'elemento inferiore o comunque tali da garantire un sufficiente grado di incastro tra gli elementi.

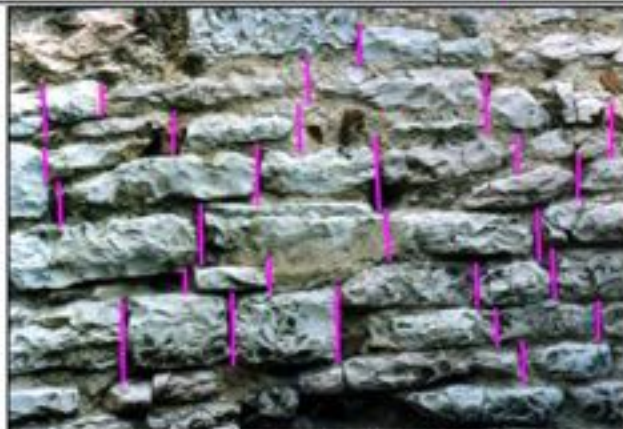
Va escluso il caso di parete in mattoni pieni disposti solo a diatoni.



PARZIALMENTE RISPETTATO

Giunto verticale in posizione intermedia tra zona centrale dell'elemento inferiore e il suo bordo.

Compresenza di giunti verticali adeguatamente sfalsati e giunti verticali allineati.



NON RISPETTATO



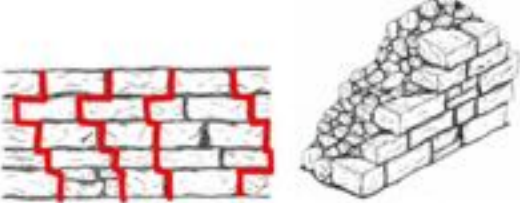
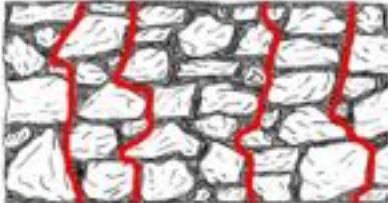
Giunti verticali allineati.

Giunti allineati verticalmente su due o più elementi in ampie porzioni della parete.

Parete di soli diatoni di mattoni pieni, anche con giunti verticali sfalsati⁴.

Evidente assenza di ingranamento nel piano della parete.



Sfalsamento fra i giunti verticali (S.G.) (valutazione quantitativa tramite la LMT ⁵ nelle facce della parete)	
<p>RISPETTATO</p> <p>Parete a paramento unico: LMT > 160</p> <p>Parete a doppio paramento: LMT > 160 su entrambe le facce.</p>	 <p>LMT = 166; h muro = 1 m. Paramento unico.</p>
<p>PARZIALMENTE RISPETTATO</p> <p>Parete a paramento unico: LMT fra 140 e 160.</p> <p>Parete a doppio paramento:</p> <p>a) entrambi i paramenti con LMT fra 140 e 160.</p> <p>b) LMT rispettato su una faccia e non rispettato sull'altra faccia.</p> <p>c) LMT rispettato su una faccia e parzialmente rispettato sull'altra faccia.</p>	 <p>LMT = 158 su entrambe le facce h muro = 1 m.</p>
<p>NON RISPETTATO</p> <p>Parete a paramento unico: LMT < 140</p> <p>Parete a doppio paramento: LMT < 140 su una faccia e LMT < 160 sull'altra faccia.</p> <p>Parete di soli diatoni di mattoni pieni, qualunque sia il valore di LMT.</p> <p>Parete con pietre di piccole dimensioni qualunque sia il valore di LMT.</p> <p>Evidente assenza d'ingranamento su una o più linee verticali della parete qualunque sia il valore di LMT⁶.</p>	 <p>LMT faccia esterna = 146; LMT faccia interna < < 140 → SG non è rispettato. h muro = 1 m</p>  <p>LMT = 113 - h muro = 1 m.</p>



Ingranamento nel piano, metodo di valutazione quantitativo:
“Linea di Minimo Tracciato” (Doglioni, Mirabella, IUAV Venezia)

Presenza di filari orizzontali (OR.)

ORIZZONTALITÀ RISPETTATA

Filari orizzontali su gran parte della parete, senza presentare interruzioni di continuità per tratti lunghi circa 100 cm e su entrambe le facce della parete.

Murature listate con listature a interasse inferiore a 100 cm.



PARZIALMENTE RISPETTATA

Situazioni intermedie fra il rispetto e il non rispetto, compreso il caso di filari orizzontali solo su una faccia della parete.

Pietre di forma non squadrata ma disposte con regolarità in riferimento all'orizzontalità



NON RISPETTATA

I tratti orizzontali sono interrotti con frequenza decimetrica o presentano evidenti sfalsamenti sull'intera facciata muraria.



IQM



Qualità degli elementi resistenti (RE.EL.)

RISPETTATA

Pietre non degradate o poco degradate

Muratura con pochi elementi degradati (orientativamente meno del 10%)

Mattoni pieni cotti

Elementi di tufo duro vulcanico

Elementi laterizi con foratura < 55%

Blocchi in calcestruzzo (anche forati)



PARZIALMENTE RISPETTATA

Alcuni elementi della muratura sono degradati (orientativamente fra il 10% ed il 50%)

Elementi laterizi con foratura fra 70% e 55%

Elementi in tufo tenero (calcarenite)

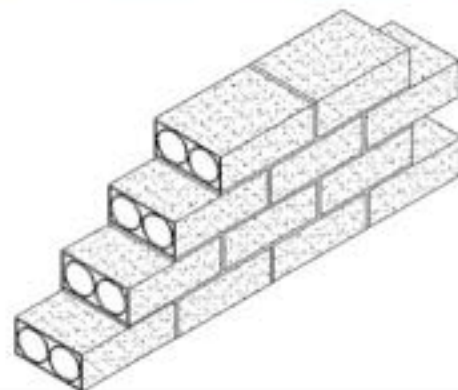


NON RISPETTATA

Elementi degradati in misura superiore al 50%.

Elementi laterizi con percentuale di foratura > 70%

Mattoni in fango o argilla non cotta



CALCOLO DELL' I.Q.M.

	Azioni verticali			Azioni fuori piano			Azioni nel piano		
	NR	PR	R	NR	PR	R	NR	PR	R
OR. Orizzontalità dei filari	0	1	2	0	1	2	0	0.5	1
P.D. Presenza dei diatoni / ingranamento trasversale	0	1	1	0	1.5	3	0	1	2
F.EL. Forma degli elementi resistenti	0	1.5	3	0	1	2	0	1	2
S.G. Sfalsamento dei giunti verticali / ingranamento nel piano	0	0.5	1	0	0.5	1	0	1	2
D.EL. Dimensione degli elementi resistenti	0	0.5	1	0	0.5	1	0	0.5	1
MA. Qualità della malta / efficace contatto fra elementi / zeppe	0	0.5	2	0	0.5	1	0	1	2
RE.EL. Resistenza degli elementi	0.3	0.7	1	0.5	0.7	1	0.3	0.7	1

Tabella 1. Punteggi da attribuire ai parametri della regola dell'arte.

QUALSIASI MURATURA (ad eccezione di quella di mattoni e malta di calce):

$$IQM_V = m \times REEL_V \times (OR_V + PD_V + FEL_V + SG_V + DEL_V + MA_V)$$

$$IQM_{FP} = m \times REEL_{FP} \times (OR_{FP} + PD_{FP} + FEL_{FP} + SG_{FP} + DEL_{FP} + MA_{FP})$$

$$IQM_{NP} = m \times REEL_{NP} \times (OR_{NP} + PD_{NP} + FEL_{NP} + SG_{NP} + DEL_{NP} + MA_{NP})$$

$m = 0.7$ in caso di malta «pessima»

$m = 1.0$ in tutti gli altri casi

Caso di murature in mattoni pieni:

$$IQM_V = m \times g \times r_V \times REEL_V \times (OR_V + PD_V + FEL_V + SG_V + DEL_V + MA_V)$$

$$IQM_{FP} = m \times g \times r_{FP} \times REEL_{FP} \times (OR_{FP} + PD_{FP} + FEL_{FP} + SG_{FP} + DEL_{FP} + MA_{FP})$$

$$IQM_{NP} = m \times g \times r_{NP} \times REEL_{NP} \times (OR_{NP} + PD_{NP} + FEL_{NP} + SG_{NP} + DEL_{NP} + MA_{NP})$$

m (coefficiente correttivo per malta pessima (vale per tutti i tipi di muratura):

m = 0.7 in caso di malta «pessima»

m = 1.0 in tutti gli altri casi

g (coefficiente correttivo per giunti ampi (vale solo per murature di mattoni pieni):

g = 0.7 in caso di muratura in mattoni pieni con giunti di malta «ampi»

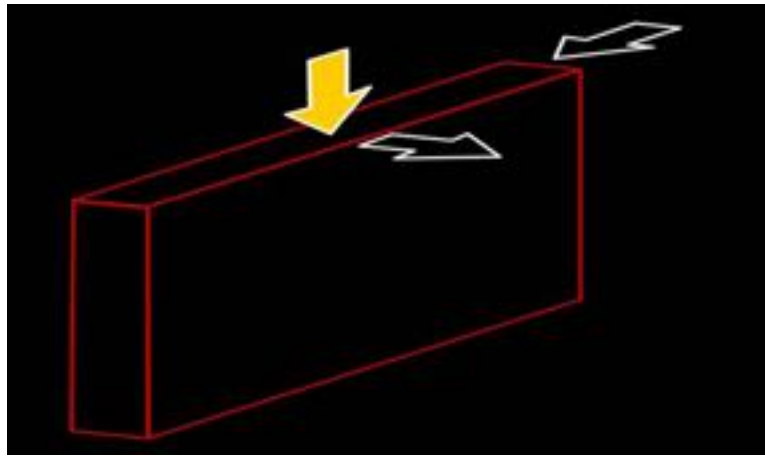
g = 1.0 in tutti gli altri casi.

r_V , r_{FP} , r_{NP} :

Parametro MA	r_V	r_{FP}	r_{NP}
NR	0,2	1	0,1
PR	0,6	1	0,85
R	1	1	1

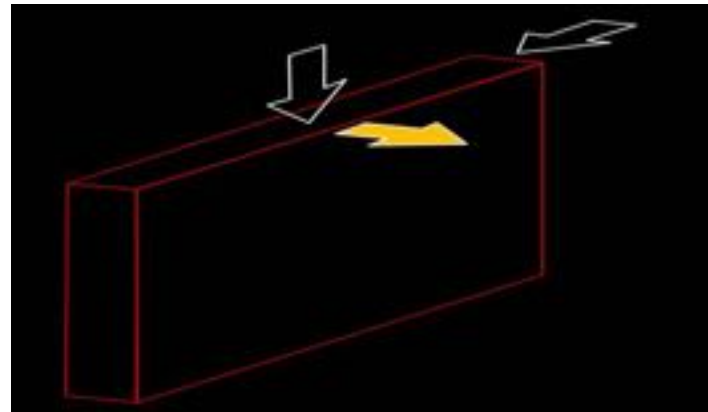
Determinazione categoria meccanica della muratura

Categoria Azioni	A	B	C
azioni verticali	$5 \leq IQ \leq 10$	$2,5 \leq IQ < 5$	$0 \leq IQ < 2,5$
azioni orizzontali ortogonali	$7 \leq IQ \leq 10$	$4 < IQ < 7$	$0 \leq IQ \leq 4$
azioni orizzontali complanari	$5 < IQ \leq 10$	$3 < IQ \leq 5$	$0 \leq IQ \leq 3$



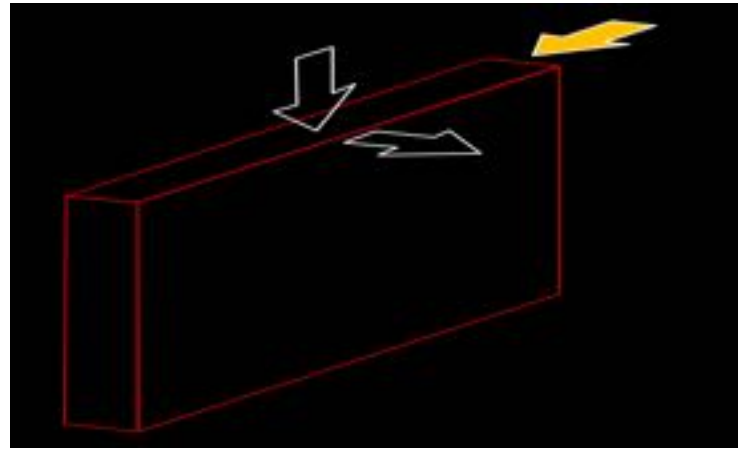
Per azioni verticali:

- una muratura di categoria A difficilmente subisce lesioni e può essere considerata di buona qualità;
- una muratura di categoria B ha bassa probabilità di collassare ma essa può lesionarsi; può quindi considerarsi di media qualità;
- una muratura di categoria C ha elevata probabilità di subire lesioni o di andare fuori piombo per il fenomeno dell'instabilità, specie se di spessore limitato e se molto caricata e specialmente in corrispondenza di carichi concentrati. In condizioni estreme risulta possibile il collasso. Tale categoria di murature va considerata di scarsa qualità.



Per azioni orizzontali fuori piano:

- una muratura di categoria A è in grado di mantenere un comportamento monolitico. Le verifiche per meccanismi di collasso possono essere svolte ipotizzando un comportamento monolitico.
- una muratura di categoria B non è in grado di mantenere un comportamento monolitico ma non si disgrega. Le verifiche per meccanismi di collasso possono essere svolte, in favore di sicurezza, ipotizzando che la muratura sia formata da due paramenti distinti.
- **una muratura di categoria C si disgrega in caso di sisma**; per essa è molto probabile il collasso, anche in presenza di efficaci collegamenti. Le verifiche per meccanismi di collasso sono sostanzialmente non indicative in quanto non sono rispettate le ipotesi di sufficiente coesione degli elementi murari.



Per azioni orizzontali nel piano:

- una muratura di categoria A ha basse probabilità di lesionarsi;
- una muratura di categoria B, in caso di sisma, ha buone probabilità di lesionarsi, specialmente se le pareti sono sottili o se sono poche rispetto all'area coperta dall'edificio; tuttavia tali lesioni saranno di scarsa entità;
- una muratura di categoria C ha molte probabilità di lesionarsi nel piano delle pareti e le lesioni che subirà saranno ampie.

CORRELAZIONE TRA IQM E CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLA MURATURA

Combinando le tipologie della tabella C.8.5.I (circolare esplicativa NCT) con i possibili coefficienti correttivi della tabella C.8.5.II:
→ **74** diverse tipologie murarie “ufficiali”.

Per ciascuna tipologia si può valutare l'IQM e quindi esaminare le correlazioni tra gli IQM trovati e i valori delle caratteristiche meccaniche forniti dalle tabelle delle NCT.

Dalle 74 tipologie murarie “ufficiali” previste dalla circolare

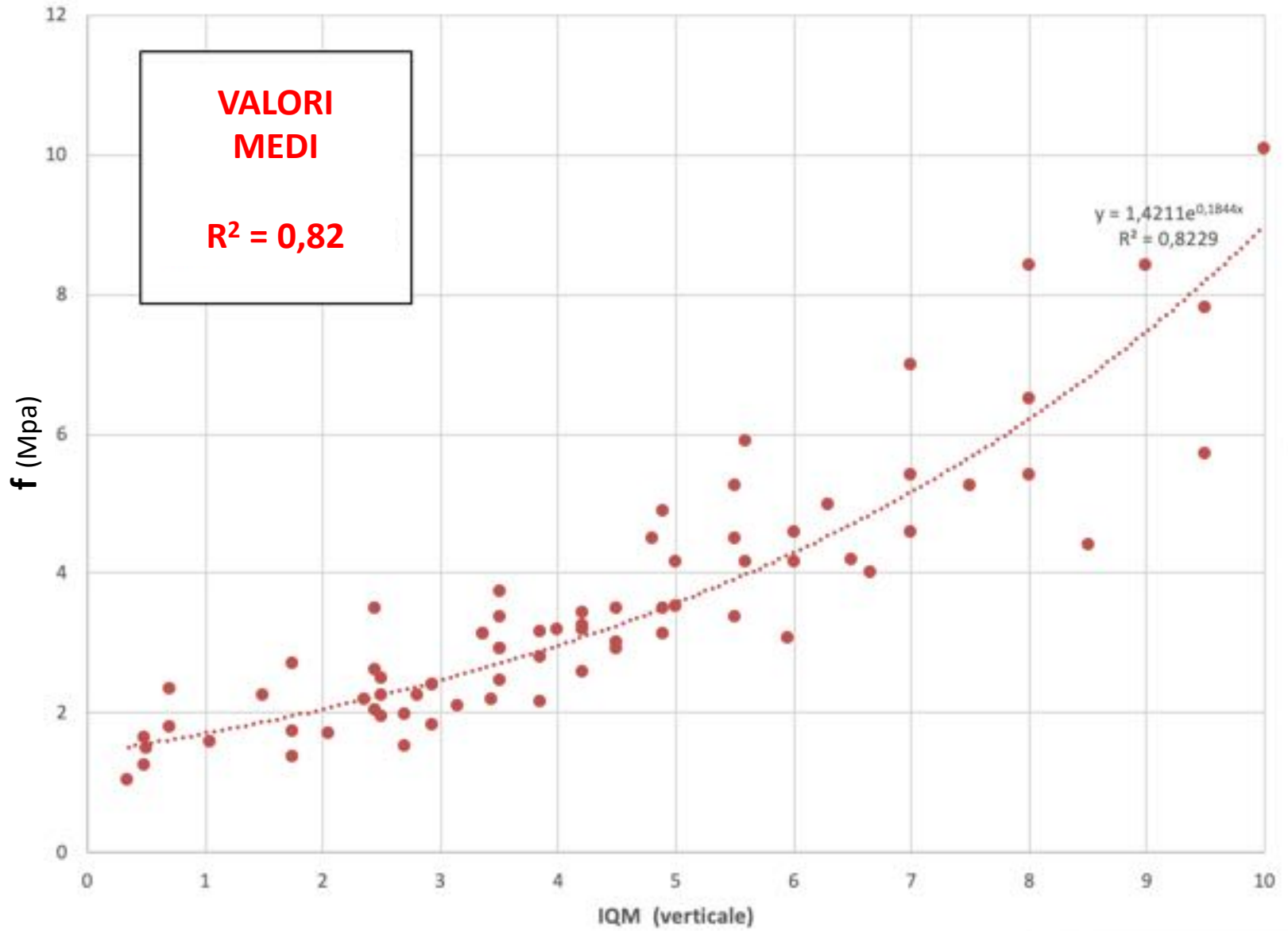
→ 74 punti sul diagramma di correlazione

Correlazioni indagate:

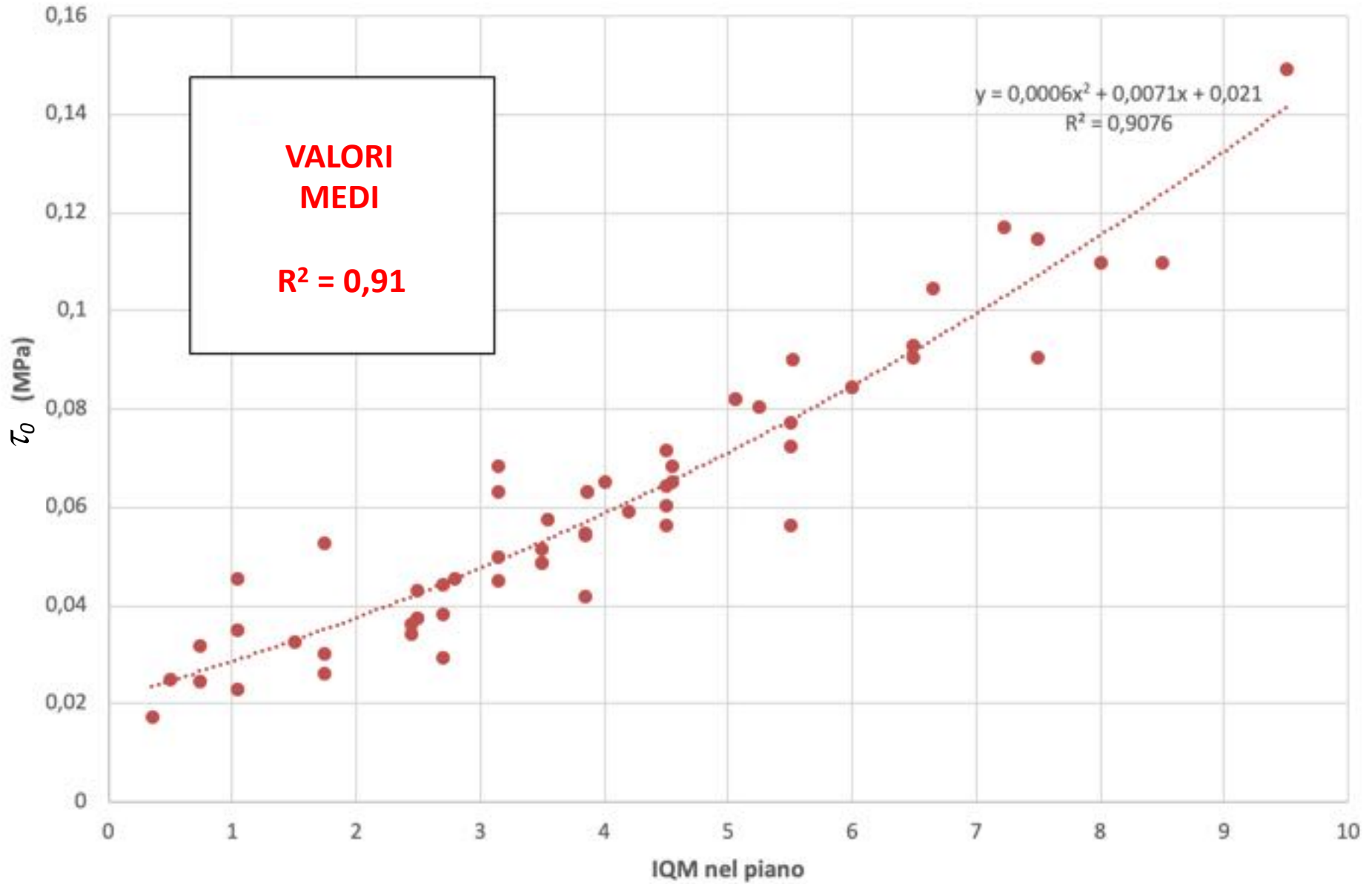
- τ_0 Vs IQM nel piano
- f_{v0} Vs IQM nel piano
- f Vs IQM verticale
- E Vs IQM verticale

VALORI MEDI

IQM_v Vs f

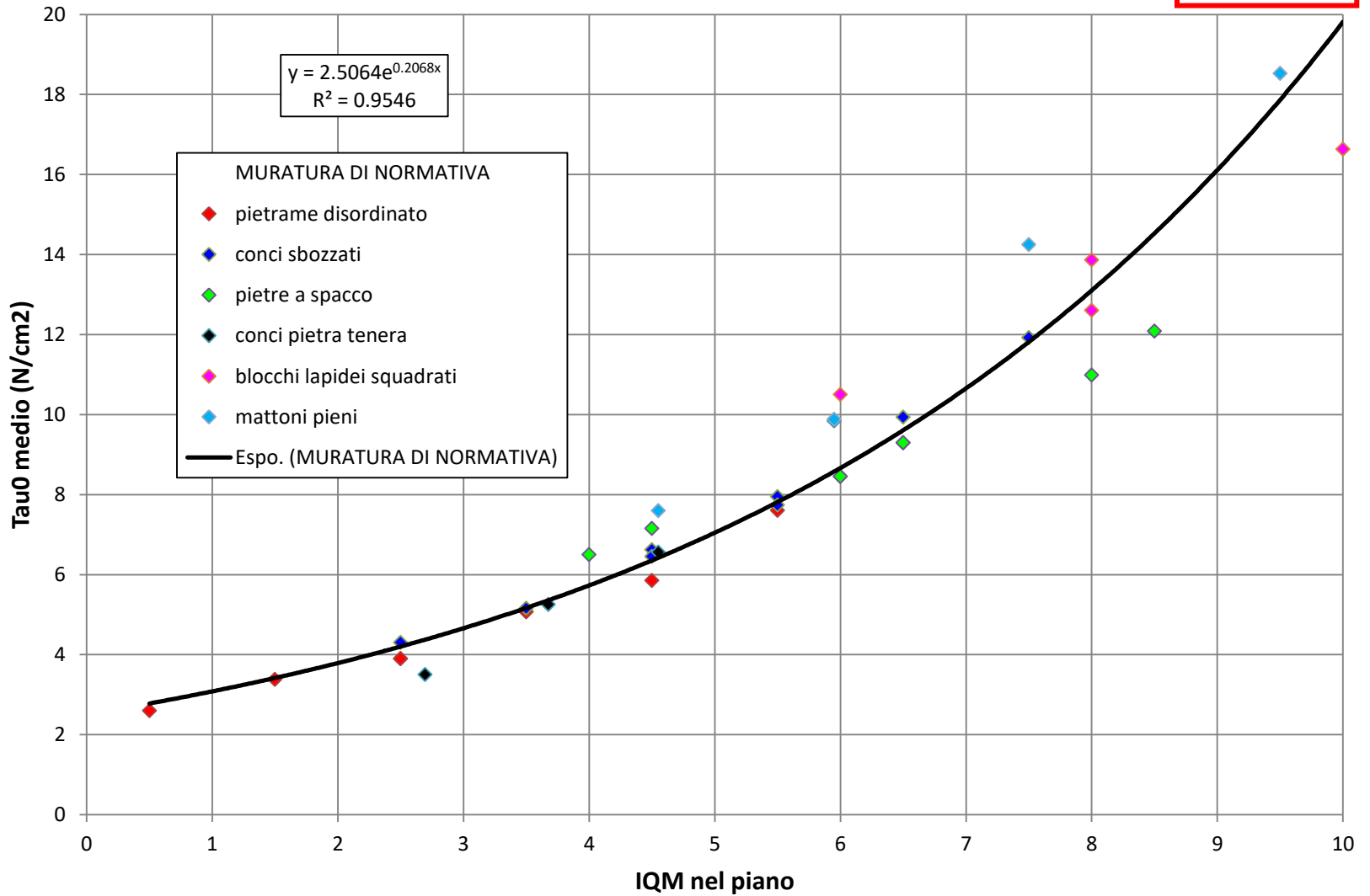


IQM_{NP} Vs τ_0

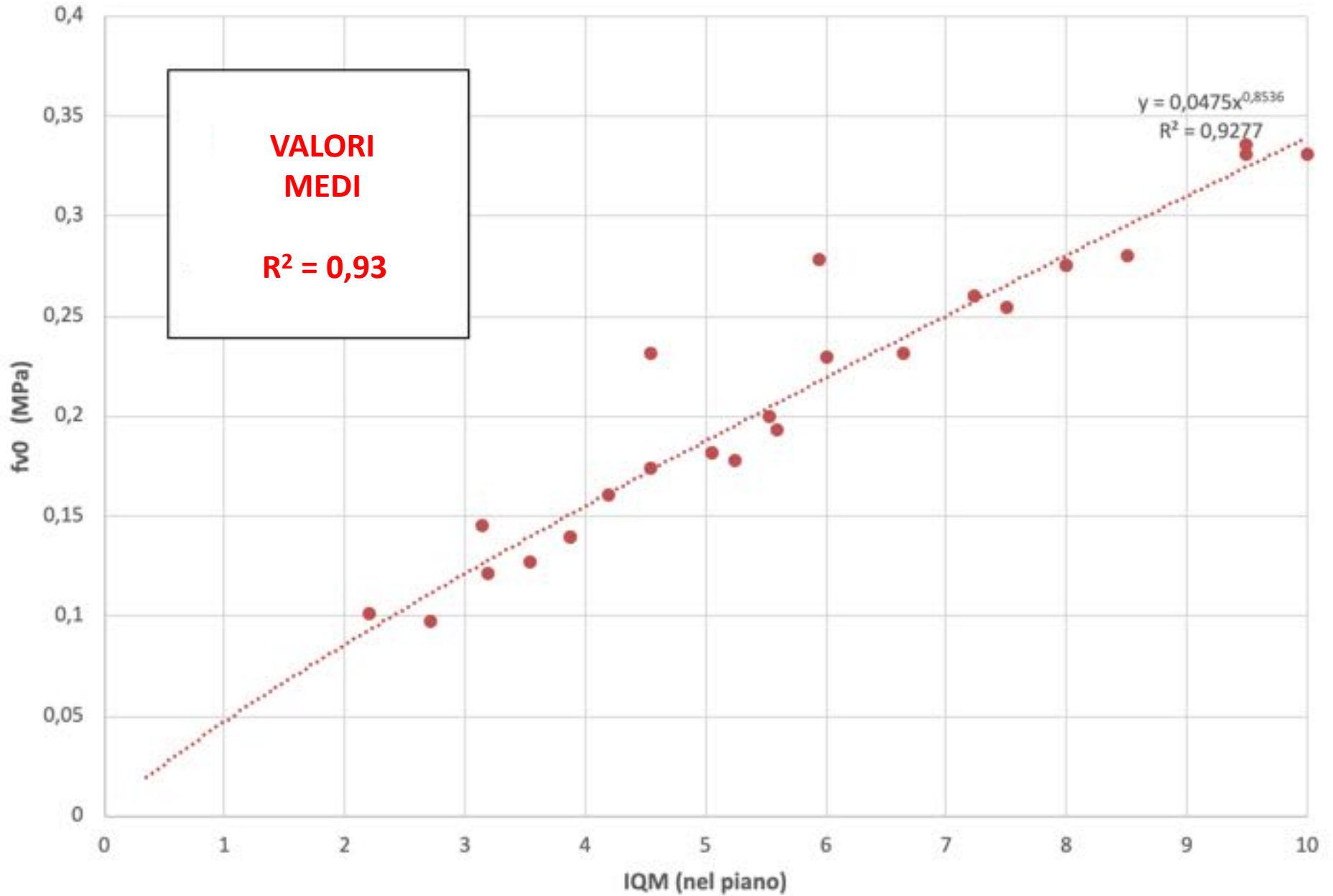


IQM nel piano vs Tau0 medio

$R^2 = 0.95$



IQM_{NP} Vs f_{v0}

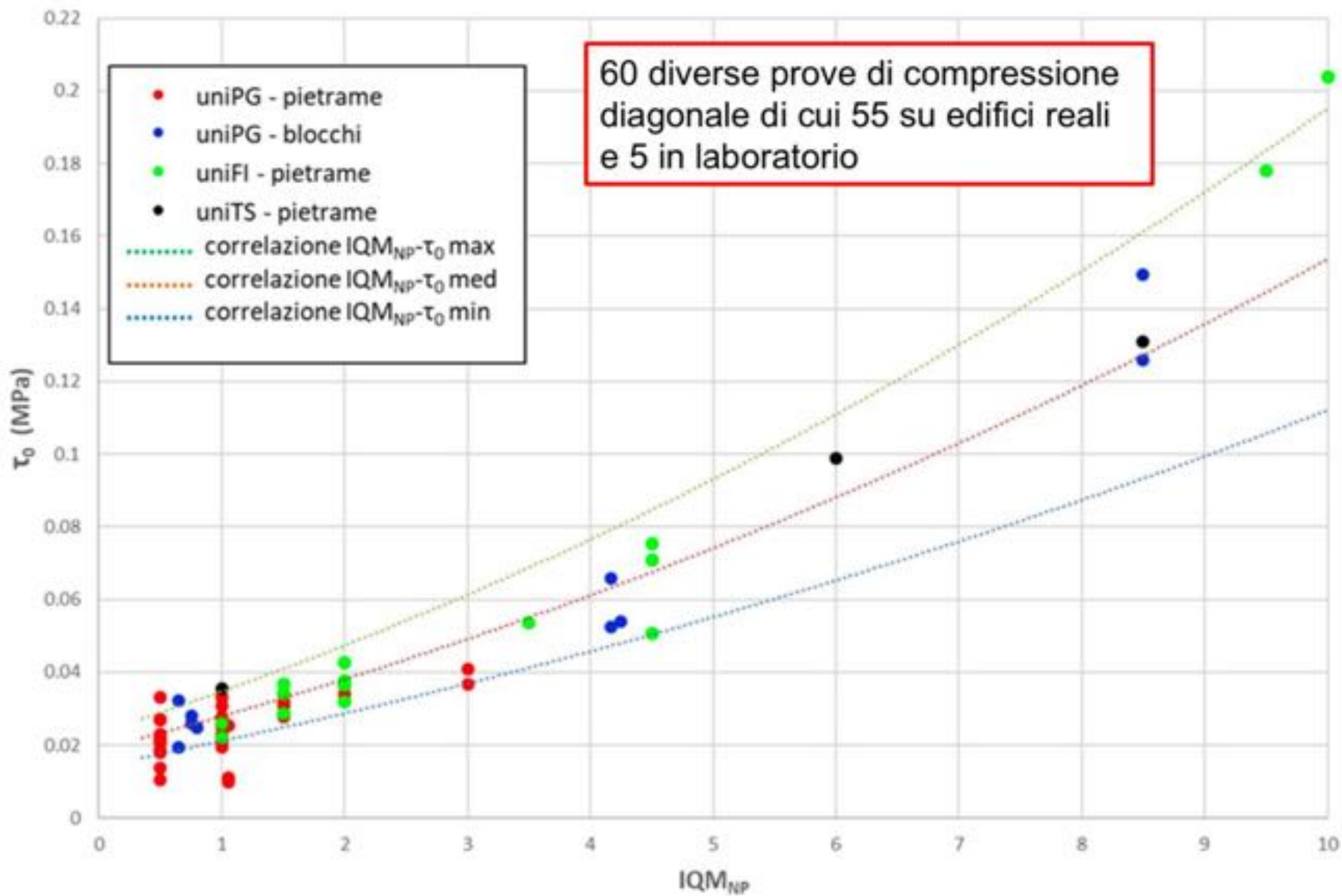




**Confronto
con prove sperimentali**

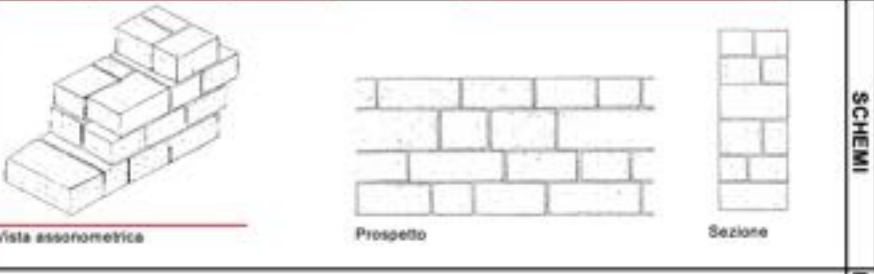
Conferme sperimentali per la correlazione tra IQM e τ_0

Dati sperimentali IQM_{NP} vs τ_0





FOTO

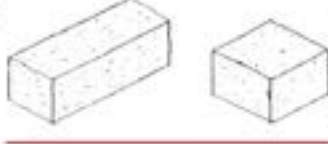


SCHEMI

DESCRIZIONE
 Muratura di blocchi di pietra perfettamente squadrata.
 I paramenti sono costituiti da conci lavorati di pietra calcarea bianca o rosa e talvolta arenaria.
 La tessitura muraria regolare presenta corsi orizzontali di altezze diverse ed un buon sfalsamento dei giunti verticali.
 Vi è presenza di elementi disposti ortogonalmente al piano della muratura (diatoni).

MATERIALI
 Calcare bianco e rosato di Gubbio: compatto a frattura concoide.
 Calcari compatti di Perugia: biancastri o rossastri dal grigio nero, al roseo al rosso.
 Calcari del Subasio (Assisi): calcari bianchi e rossi, duri e compatti.
 Macigno di Scheggia e Gubbio: grigio, simile alla pietra serena toscana.
 Pietra serena del Trasimeno e dell'altotevere: colore grigiastro, con talvolta infiltrazioni giallo marronastre.
 Malta di calce e sabbia spesso polverulenta ma sufficiente ad assicurare un contatto uniforme tra i blocchi.

GEOMETRIA
 Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi:
 s = 15 + 30 cm
 h = 15 + 20 cm
 l = 15 + 50 cm



P.D.	MA	F. EL.	S. G.	R. EL.	OR	D. EL.	Categoria	Verticali	Fuori piano	Nel piano	
R	PR	R	R	R	R	R	Metodo Punteggi	A	A	A	
							LMT		160	166	
							IQM	8,5	9,5	9	
Parametri meccanici							f	f_{vo}	E	G	
							(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	
Valore minimo							5.49	0.098	0.221	2269	764
Valore medio							6.81	0.137	0.310	2727	919
Valore massimo							8.15	0.168	0.398	3184	1073

ANALISI IQM

22 schede esemplificative

- P.D.** = Presenza dei Diatoni / ingranamento trasversale
- MA.** = qualità della MALta / efficace contatto fra elementi / zeppe
- F.EL.** = Forma degli ELEMENTI resistenti
- S.G.** = Sfalsamento dei Giunti verticali / ingranamento nel piano
- R.EL.** = Resistenza degli ELEMENTI
- OR.** = ORizzontalità dei filari
- D.EL.** = Dimensione degli ELEMENTI resistenti

Per ogni parametro è riportato il “rispetto” (R), il “parziale rispetto” (PR) oppure il “non rispetto” (NR) della regola dell’arte.

Metodo IQM e disgregazione muraria

Utilizzo del metodo IQM in chiave predittiva nei riguardi della disgregazione:

APPROCCIO DI TIPO EURISTICO

BASATO SULLE OSSERVAZIONI FATTE NEI SISMI PRECEDENTI

Quando si afferma che *“una muratura si può disgregare se il suo IQM è inferiore ad un certo valore”*, si intende dire solo che, basandosi sulle osservazioni fatte per i sismi precedenti, tipologie murarie che avevano quelle caratteristiche hanno presentato il fenomeno della disgregazione con notevole frequenza, ed è quindi logico attendersi un comportamento simile per sismi di analoghe caratteristiche.

Può segnalare la richiesta di una maggiore o minore attenzione nei riguardi del problema della disgregazione muraria.

Approccio in linea con quanto disposto dalle NTC 2018 (§ 8.5) ove introducono il fondamentale concetto di “comportamento strutturale atteso”:

“Nelle costruzioni esistenti le situazioni concretamente riscontrabili sono le più diverse ed è quindi impossibile prevedere regole specifiche per tutti i casi. Di conseguenza, il modello per la valutazione della sicurezza dovrà essere definito e giustificato dal progettista, caso per caso, in relazione al comportamento strutturale atteso”.

MACROCATEGORIE MURARIE

Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)

Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo

Muratura in pietre a spacco con buona tessitura

Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, etc...)

Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, etc...)

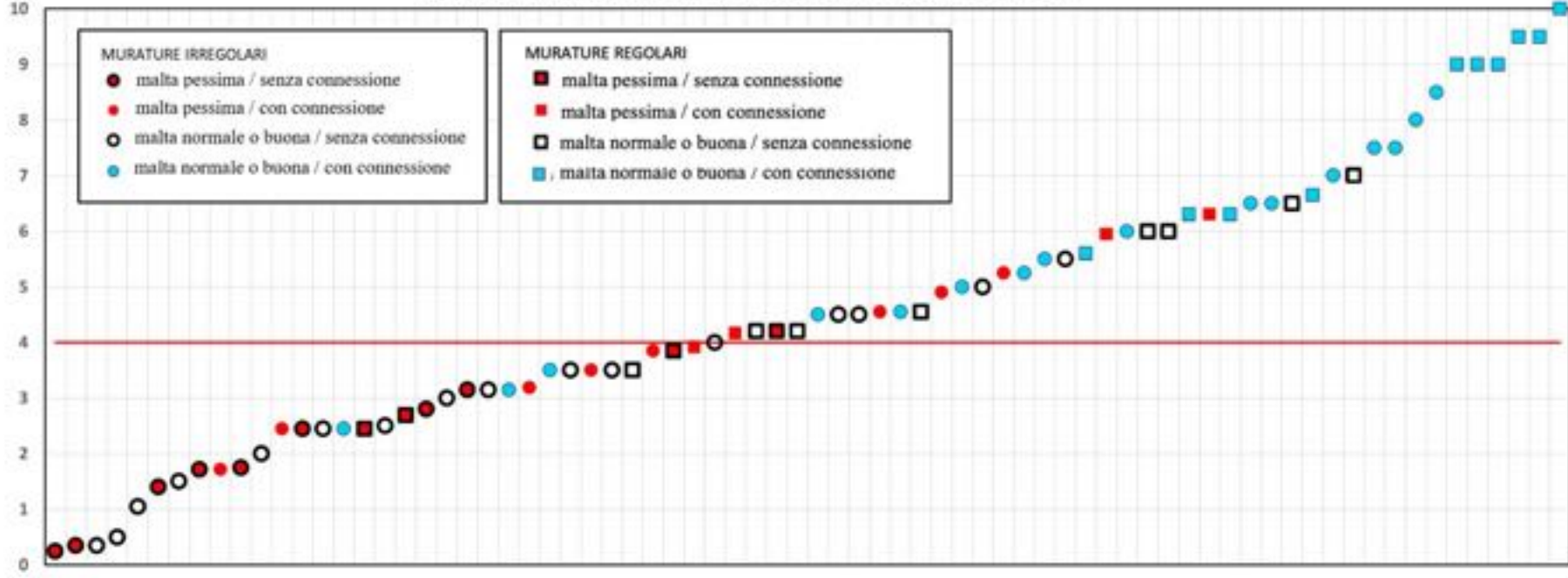
Muratura a blocchi lapidei squadriati

Muratura in mattoni pieni e malta di calce

Muratura in mattoni semipieni con malta

IQM fuori piano per tipologie murarie NTC 2018

IQM fuori piano



Tufo irreg., no ricorsi, no conness., malta pessima
 Pietrame disord., no ricorsi, no conness., malta pessima
 Tufo irreg., no ricorsi, no conness., malta pessima
 Pietrame disord., no ricorsi, no conness.
 Tufo irreg., no ricorsi, no conness., malta buona
 Conci sbalzati, no ricorsi, no conness., malta pessima
 Pietrame disord., no ricorsi, no conness., malta buona
 Tufo irreg., si ricorsi, no conness., malta pessima
 Tufo irreg., no ricorsi, si conness., malta pessima
 Pietrame disord., si ricorsi, no conness.
 Conci sbalzati, no ricorsi, si conness., malta pessima
 Pietre a spacco, no ricorsi, si conness., malta pessima
 Tufo irreg., si ricorsi, no conness.
 Tufo irreg., no ricorsi, si conness.
 Tufo irreg., no conness., malta pessima
 Pietrame disord., si ricorsi, no conness.
 Mattoni, no conness., giunti ampi, malta pessima
 Conci sbalzati, si ricorsi, no conness.
 Conci sbalzati, no ricorsi, no conness., malta buona
 Tufo irreg., no conness., malta buona
 Blocchi squadriati, no conness., malta pessima
 Mattoni, no conness., giunti ampi
 Pietrame disord., no ricorsi, si conness., malta buona
 Pietre a spacco, no ricorsi, no conness., malta buona
 Pietre a spacco, no ricorsi, si conness., malta pessima
 Pietre a spacco, no ricorsi, no conness., malta pessima
 Tufo irreg., si ricorsi, si conness.
 Mattoni, no conness., giunti ampi, malta buona
 Conci sbalzati, no ricorsi, si conness.
 Conci sbalzati, no ricorsi, no conness.
 Pietre a spacco, si ricorsi, si conness., malta buona
 Tufo irreg., si ricorsi, si conness., malta buona
 Pietrame disord., si ricorsi, si conness.
 Pietre a spacco, si ricorsi, no conness., malta buona
 Tufo irreg., si ricorsi, no conness.
 Mattoni, si conness., malta pessima
 Conci sbalzati, no ricorsi, si conness., malta buona
 Blocchi squadriati, no conness.
 Mattoni, no conness.
 Tufo regol., si conness., malta buona
 Blocchi squadriati, si conness., malta buona
 Mattoni, si conness., giunti ampi
 Pietrame disord., si ricorsi, si conness., malta buona
 Pietre a spacco, no ricorsi, si conness., malta buona
 Mattoni, no conness., giunti ampi, malta buona
 Conci sbalzati, si ricorsi, si conness.
 Conci sbalzati, no ricorsi, si conness., malta buona
 Pietre a spacco, no ricorsi, si conness., malta buona
 Pietre a spacco, si ricorsi, si conness., malta buona
 Blocchi squadriati, si conness.
 Mattoni, si conness.
 Laterizi semipiani
 Mattoni, si conness., malta buona
 Laterizi semipiani, malta buona
 Blocchi squadriati, si conness., malta buona

IN GENERALE:

fattori maggiormente significativi nel favorire fenomeni disgregativi:

- malta di pessima qualità
- assenza di connessione trasversale fra i paramenti.

Quando erano presenti entrambe queste situazioni si è assistito spesso a crolli per disgregazione.

Quando invece era presente una sola di queste situazioni allora il comportamento è sembrato dipendere, tipologia per tipologia, da altri fattori, come qualità della malta e/o presenza di ricorsi orizzontali.

BENI CULTURALI



Zone di Italia ad elevata pericolosità sismica:

Territori fragili, sui quali sono stati costruiti **edifici fragili**,
al cui interno si trovano “**beni preziosi**” **fragilissimi**:

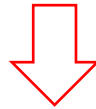
le vite umane, e (in molti casi) anche beni artistici.

I più fragili tra i fragili: **le chiese**

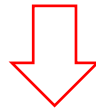
(catastrofi annunciate)

PERCORSO VIRTUOSO

CONOSCENZA / PERCEZIONE DEL RISCHIO



PREVENZIONE



SICUREZZA

A NORCIA, PER GLI EDIFICI ORDINARI
(QUELLI «NON TUTELATI»)
È STATO FATTO ...



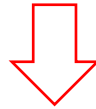
Norcia dopo gli eventi del 2016

LA PREVENZIONE «PAGA»

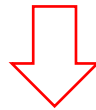
Google

ANCHE PER I BBCC
PERCORSO VIRTUOSO DA COMPIERE IN «TEMPO DI PACE»
(EMERGENZA: *SE LA CONOSCI LA EVITI ...*)

CONOSCENZA



PREVENZIONE

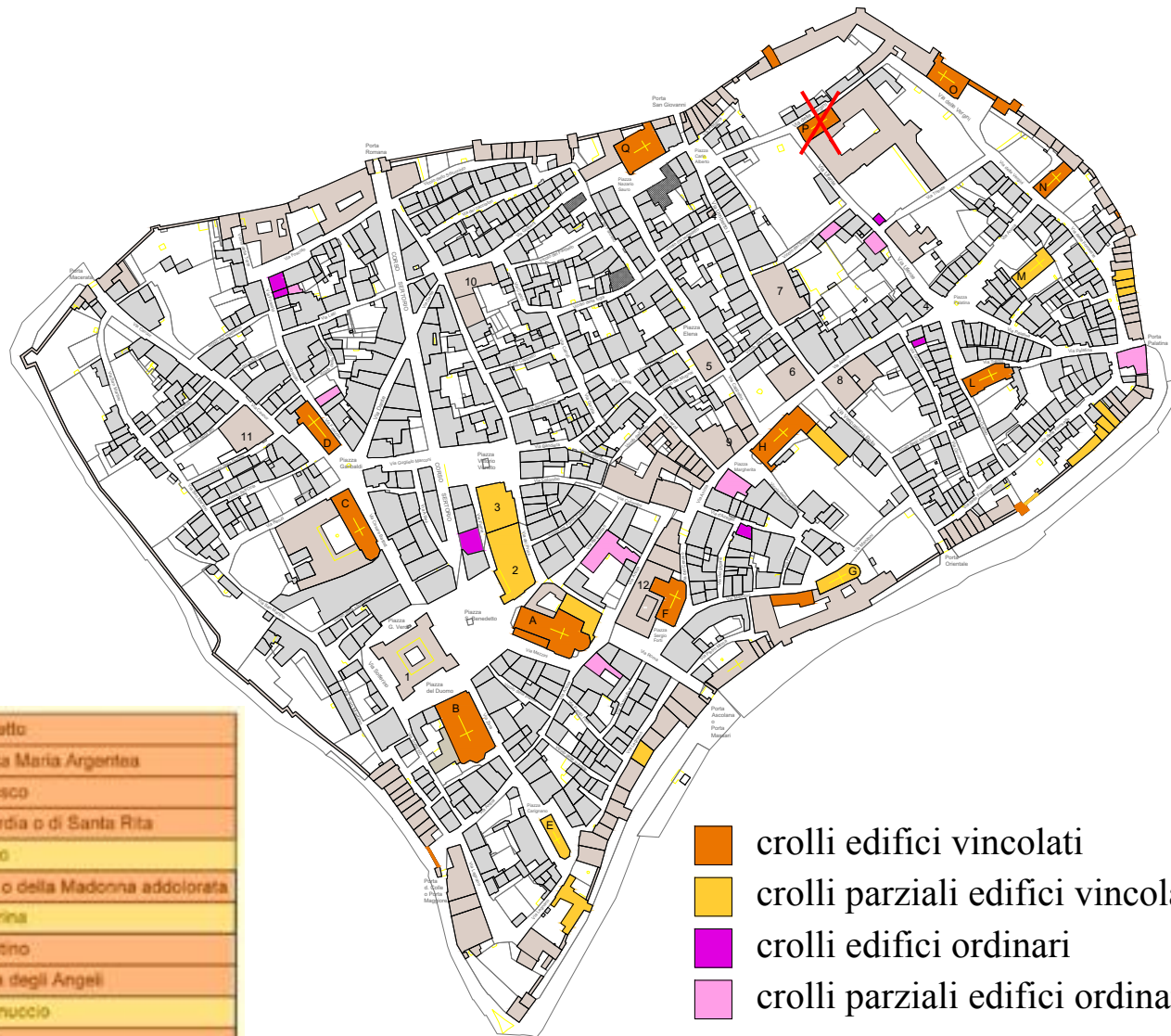


SICUREZZA E CONSERVAZIONE

(per i beni e per i fruitori di quei beni)

**Per i beni «tutelati»
non è stata fatta prevenzione
e si sono persi beni preziosi**

FRAGILITA' DEGLI EDIFICI «TUTELATI»



A	Chiesa di San Benedetto
B	Concattedrale di Santa Maria Argentea
C	Chiesa di San Francesco
D	Chiesa della Misericordia o di Santa Rita
E	Chiesa di San Lorenzo
F	Chiesa di San Filippo o della Madonna addolorata
G	Chiesa di Santa Caterina
H	Chiesa di Santa Agostino
L	Chiesa di Santa Maria degli Angeli
M	Chiesa di Sant'Agostinuccio
N	Chiesa del Crocifisso
O	Chiesa di Sant'Antonio
P	Chiesa di Santa Maria della Pace
Q	Chiesa di San Giovanni

- crolli edifici vincolati
- crolli parziali edifici vincolati
- crolli edifici ordinari
- crolli parziali edifici ordinari



EDIFICI «TUTELATI» DI NORCIA DOPO GLI EVENTI DEL 2016

**SI RACCOGLIE QUELLO CHE SI SEMINA:
SE NON SI FA PREVENZIONE
SI RACCOLGONO MACERIE**

BENI CULTURALI

«RICCHEZZA» PER LA VITA CULTURALE (ED ECONOMICA)
DEGLI ABITANTI DI UN TERRITORIO

QUALITA' DELLA VITA

CHIESE: LUOGHI DI COMUNITA'



«RICCHEZZA» PER LA VITA CULTURALE (ED ECONOMICA)
DEGLI ABITANTI DI UN TERRITORIO









XV sec







«RICCHEZZA» PER LA VITA CULTURALE (ED ECONOMICA)
DEGLI ABITANTI DI UN TERRITORIO



«RICCHEZZA» PER LA VITA CULTURALE (ED ECONOMICA)
DEGLI ABITANTI DI UN TERRITORIO











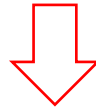
Basilica di San Benedetto - Norcia

«RICCHEZZA» PER LA VITA CULTURALE (ED ECONOMICA)
DEGLI ABITANTI DI UN TERRITORIO

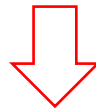
PERCORSO VIRTUOSO DA COMPIERE IN «TEMPO DI PACE»

(EMERGENZA: *SE LA CONOSCI LA EVITI ...*)

CONOSCENZA



PREVENZIONE



SICUREZZA E CONSERVAZIONE

(per i beni e per i fruitori di quei beni)

SICUREZZA ≡ FIRMITAS

CONSERVAZIONE ≡ «CONSERVAZIONE IN VITA»

TRIADE VITRUVIANA

FIRMITAS

VENUSTAS

UTILITAS

SICUREZZA *Vs* CONSERVAZIONE ?

SENZA SICUREZZA NON C'È CONSERVAZIONE

Nel caso degli edifici di culto si ha la massima amplificazione della problematica (e le maggiori difficoltà negli interventi di prevenzione).

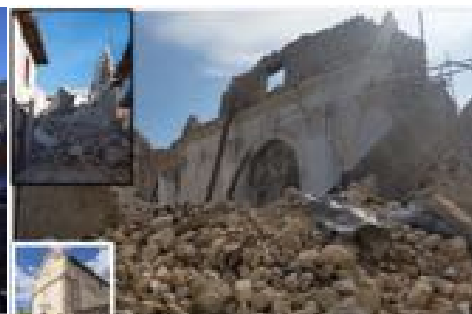


Motivi:

- vulnerabilità specifiche, insite nelle loro caratteristiche;
 - normative «particolari» (in quanto edifici di culto).
- (non valgono le norme vigenti per tutte le altre costruzioni ad uso pubblico)



CHIESA DI SAN BENEDETTO - NORCIA



CHIESA DEL CROCFISSO - NORCIA



MONASTERO S. MARIA DELLA PACE - NORCIA



CHIESA DI S. MARIA DEGLI ANGELI - NORCIA



EX CHIESA DI SAN FRANCESCO - NORCIA



CHIESA DI SANTA MARIA ARGENTEA - NORCIA



CHIESA DI S. AGOSTINO - NORCIA



SEMINARIO S. CATERINA - NORCIA



CHIESA DI S. FILIPPO - NORCIA



CHIESA DELLA MISERICORDIA - NORCIA



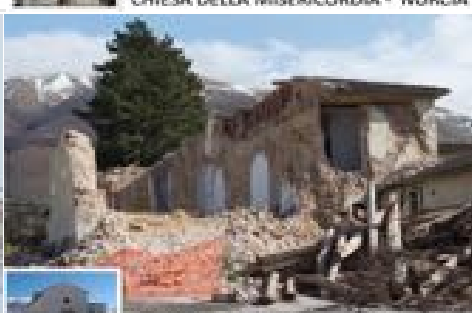
CHIESA DI S. AGOSTINUCCIO - NORCIA



CHIESA DI S. MARIA DI PIAZZA - CAMPI



CHIESA DI S. GIOVANNI - NORCIA



CHIESA DI S. MARIA DELLE GRAZIE - NORCIA



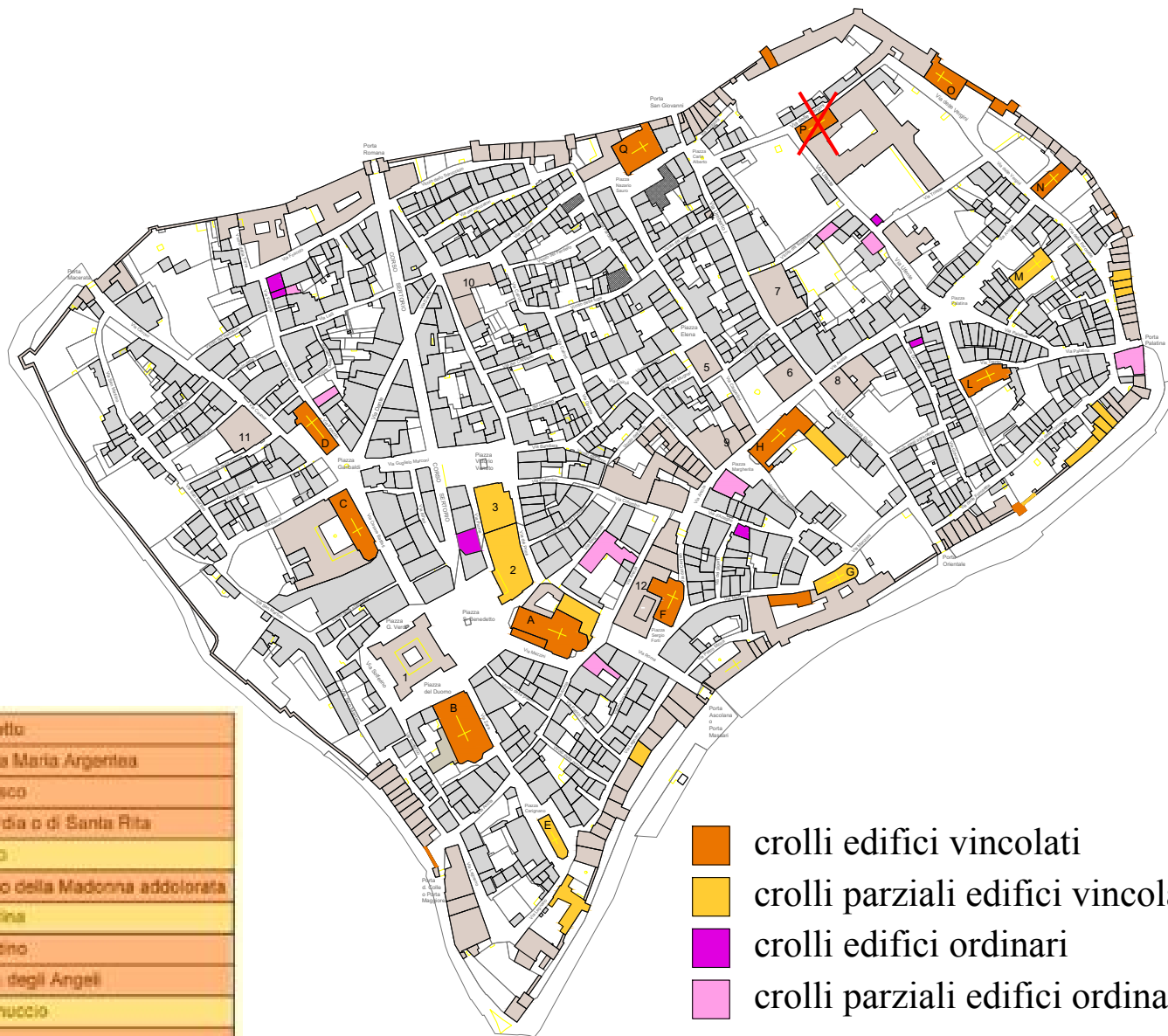
CHIESA DI S. ANDREA - CAMPI



CHIESA DI S. SALVATORE - CAMPI

EDIFICI «TUTELATI» DI NORCIA DOPO GLI EVENTI DEL 2016

CROLLI DEGLI EDIFICI «TUTELATI»



A	Chiesa di San Benedetto
B	Concattedrale di Santa Maria Argentea
C	Chiesa di San Francesco
D	Chiesa della Misericordia o di Santa Rita
E	Chiesa di San Lorenzo
F	Chiesa di San Filippo o della Madonna addolorata
G	Chiesa di Santa Caterina
H	Chiesa di Santa Agostino
L	Chiesa di Santa Maria degli Angeli
M	Chiesa di Sant'Agostinuccio
N	Chiesa del Crocifisso
O	Chiesa di Sant'Antonio
P	Chiesa di Santa Maria della Pace
Q	Chiesa di San Giovanni

- crolli edifici vincolati
- crolli parziali edifici vincolati
- crolli edifici ordinari
- crolli parziali edifici ordinari



Lavori dopo sisma '79:

?? Euro

Lavori per il Giubileo del 2000:

2.454.049,38 Euro

Lavori dopo sisma '97 (Piano stralcio
- DGR 5241/1998):

254.821,18 Euro

CHIESA DI SAN BENEDETTO - NORCIA



Lavori per il Giubileo del 2000:
2.944.364,70 Euro



EX CHIESA DI SAN FRANCESCO - NORCIA



Lavori dopo sisma '79:

?? Euro

Lavori dopo sisma '97 (PIANO ANNUALE 2002 E INTERVENTI INTEGRATIVI - DGR 1751/2001):

308.534,31 Euro



CHIESA DI SANTA MARIA ARGENTEA - NORCIA



Lavori dopo sisma '97 (PIANO ANNUALE DEI
BENI CULTURALI - DGR 94/2000):
516.456,90 Euro

Lavori dopo sisma '97 (PIANO ANNUALE 2002 E
INTERVENTI INTEGRATIVI - DGR 1751/2001):
1.032.999,81 Euro



**MONASTERO S. MARIA
DELLA PACE - NORCIA**



Lavori dopo sisma '97 (PIANO DI INTERVENTI
INDIFFERIBILI ED URGENTI - DGR 5481/1998):

154.590,46 Euro

+

Lavori dopo sisma '97 (PIANO ANNUALE 2002 E
INTERVENTI INTEGRATIVI - DGR 1751/2001):

125.578,41 Euro



CHIESA DEL CROCEFISSE - NORCIA



ECCO COSA RESTA DELLA CHIESA DEL CROCEFISSO

Lavori dopo sisma '79:
?? Euro



CHIESA DI S. FILIPPO - NORCIA

Lavori dopo sisma '79:
?? Euro



CHIESA DELLA MISERICORDIA - NORCIA



QUALI
CORDOLONI ?

Lavori dopo sisma '79:
?? Euro



CHIESA DI S. MARIA DEGLI ANGELI - NORCIA



CHIESA DI S. AGOSTINUCCIO - NORCIA

Lavori dopo sisma '79:
?? Euro



CHIESA DI S. GIOVANNI - NORCIA

Perché questi crolli ?

Per alcuni la colpa è di

“incongrui e disorganici interventi di consolidamento strutturale”.

“grossi cordoli” in cemento armato,

“coperture pesanti e rigide”

confermando che “l'unico momento in cui viene riconosciuta la competenza esclusiva degli ingegneri è all'indomani di eventi che hanno portato lutti e danni”.

Non si tratta della **INCONGRUENZA**
degli interventi di consolidamento,

ma della **MANCANZA**
degli opportuni interventi di
consolidamento.

CASI ECLATANTI

La rovina di alcune piccole (bellissime) chiese era, oltre che facilmente prevedibile, evitabile (o limitabile) con provvedimenti semplici.

S. Andrea



S. Maria di Piazza



S. Salvatore



Structural 210 – marzo/aprile 2017



**CROLLI DI CHIESE CAUSATI
DAI SISMI IN ITALIA**
Prime considerazioni su alcuni
recenti casi in Valnerina

Antonio Borri e Romina Sisti

Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Ingegneria, Perugia
antonio.borri@unipg.it
rominasisti@hotmail.it

Structural 213 – settembre/ottobre 2017



**CROLLI CAUSATI DAGLI EVENTI
SISMICI IN ITALIA**
Analisi di due casi recenti in Valnerina

Antonio Borri, Romina Sisti, Giulio Castori, Marco Corradi

Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Ingegneria, Perugia
antonio.borri@unipg.it
rominasisti@hotmail.it
giulio.castori@unipg.it
marco.corradi@unipg.it

Alessandro De Maria

Regione Umbria – Servizio rischio sismico
ademaria@regione.umbria.it

Per chi è interessato

CHIESA DI SANTA MARIA DI PIAZZA (CAMPI DI NORCIA)



Santa Maria di piazza



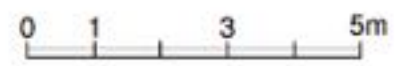
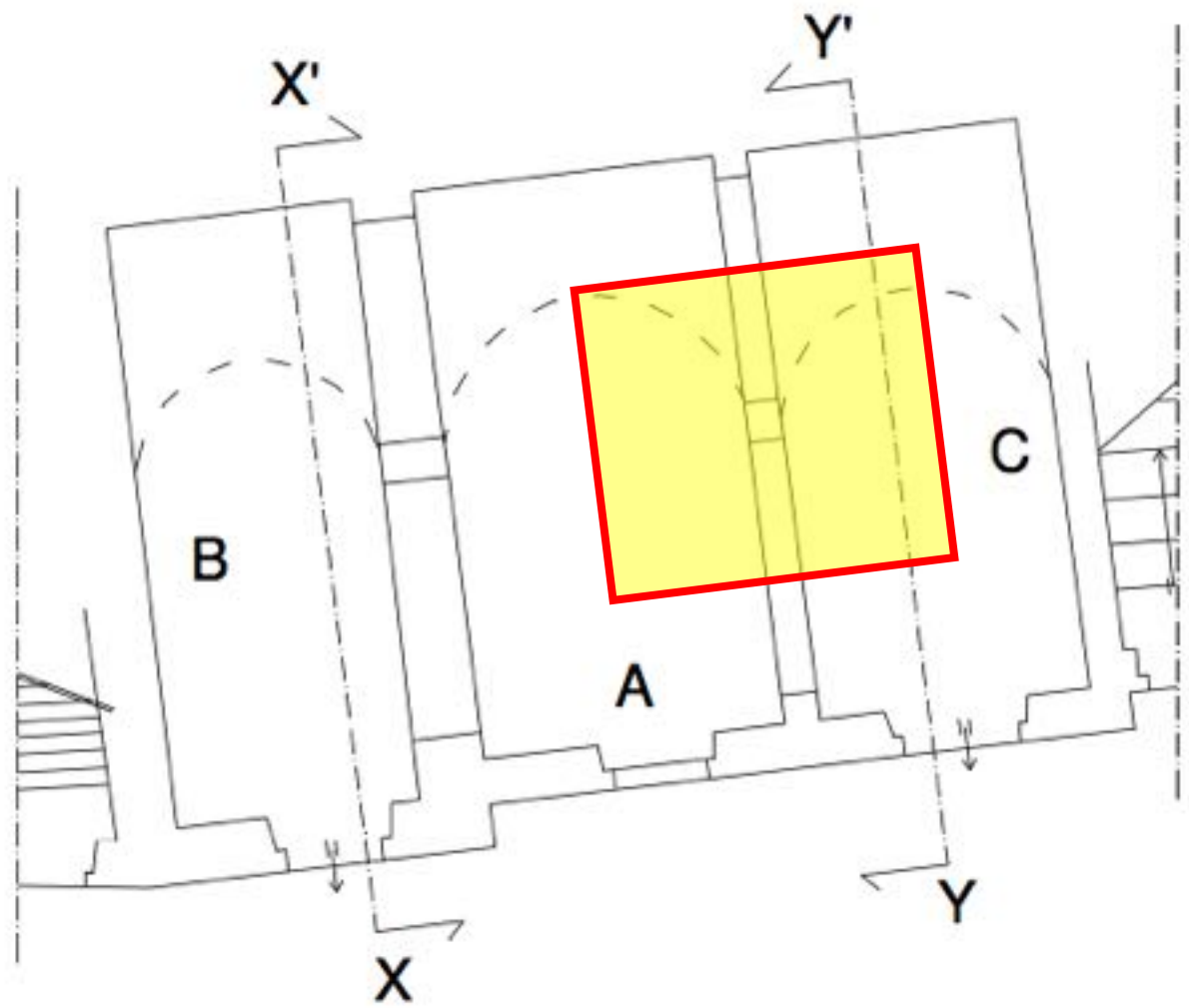
SPESE INGENTI PER IL «RESTAURO» DEGLI AFFRESCHI







ASSENZA DI INCATENAMENTI



Pianta piano terra U.I.B



TESI DI DOTTORATO DI RICERCA
IN CONSERVAZIONE DEI BENI ARCHITETTONICI

La vulnerabilità sismica dei centri storici:
il caso di Campi Alto di Novara
Linee guida per la diagnosi finalizzata alla scelta delle
tecniche di intervento per la prevenzione dei danni

CARDANI GIULIANA

Relatore: Prof.ssa Luigia BINDA
Correlatori: Prof. Stefano DELLA TORRE
Arch. Antonella SAISI

**Nel periodo 2002-2004:
studi e ricerche approfondite**



Figura 6.86 - Indagini ultrasoniche sul pilastro della chiesa di S.Maria della Piazza a Campi



ESITO: «COSTRUZIONE ALTAMENTE VULNERABILE»

Vulnerabilità dei Centri Storici e dei Beni Culturali

Coordinatore: Ing. Luciano Marchetti

Introduzione

L'attività di ricerca è volta a sperimentare su centri storici campione la possibilità di organizzare in banche dati sistematiche le informazioni utili all'approntamento dei piani di recupero e alla progettazione degli interventi sui beni culturali. In particolare tali informazioni riguarderanno le caratteristiche tecnologico-costruttive degli edifici censiti, le caratteristiche della struttura e dei materiali (con particolare riferimento alle tecnologie costruttive ed ai materiali impiegati per le murature portanti) anche di quelli impiegati per le riparazioni prima del terremoto, i meccanismi di collasso degli edifici e delle strutture causati dal terremoto anche ad edifici già riparati.

Attraverso una valutazione sull'efficacia degli interventi passati di messa in sicurezza sarà possibile redigere linee guida per la riparazione ed il miglioramento.

Nel secondo anno di ricerca, una volta conclusa la campagna di rilievo dei due centri di Montesanto e Roccanolfi, i rilievi hanno interessato le altre due aree campione di Camp. Alf. e Castelluccio di Norcia (PG). Su tali centri sono state eseguite indagini in situ e di laboratorio atte a caratterizzare la tessitura muraria, le caratteristiche delle strutture e dei materiali della muratura oggetto di studio.

Titoli dei sottoprogetti

U.R. 1 - Responsabile scientifico: arch. Margherita Guccione – Indagine sugli interventi di messa in sicurezza e loro valutazione in base al valore storico-artistico e monumentale dei manufatti.

U.R. 2 - Responsabile scientifico: Prof. Luigia Binda – Interpretazione della consistenza dell'edilizia storica dei casi studio, analisi del danno sismico pregresso e valutazione di vulnerabilità

U.R. 3 - Responsabile scientifico: Prof. Claudio Modena – Valutazione sull'efficacia degli interventi passati e produzione di linee guida per la riparazione ed il miglioramento

Indagine sulla consistenza dell'edilizia storica, sul danno pregresso e sull'efficacia degli interventi svolta su quattro centri campione in Umbria

L. Binda, G. Cardani

Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Politecnico di Milano, Milano, Italia

C. Modena, M.R. Valluzzi

Dipartimento di Costruzioni e Trasporti, Università di Padova, Padova, Italia

L. Marchetti

Ministero per i Beni e le Attività Culturali, Foligno, Perugia, Italia

«COSTRUZIONI ALTAMENTE VULNERABILI»

SOMMARIO: Si presentano i risultati di una ricerca svolta nell'ambito di un Contratto triennale GNDT che ha coinvolto tre UR: Milano, Padova e Perugia, su quattro centri campione: *Montesanto di Sellano, Roccanolfi di Preci, Campi di Norcia e Castelluccio di Norcia*. Scopo della ricerca è quello di sperimentare su centri storici campione la possibilità di organizzare in banche dati sistematiche le informazioni utili alla preparazione dei piani di recupero ed alla progettazione degli interventi sui beni culturali. In particolare tali informazioni riguardano il rilievo degli edifici censiti, le caratteristiche della struttura e dei materiali, anche di quelli impiegati per le riparazioni dopo precedenti terremoti, i meccanismi di collasso degli edifici causati dal terremoto anche ad edifici già riparati.

INTERVENTI?

NESSUNO !



Dopo il sisma del 30 ottobre 2016





Vista dall'alto

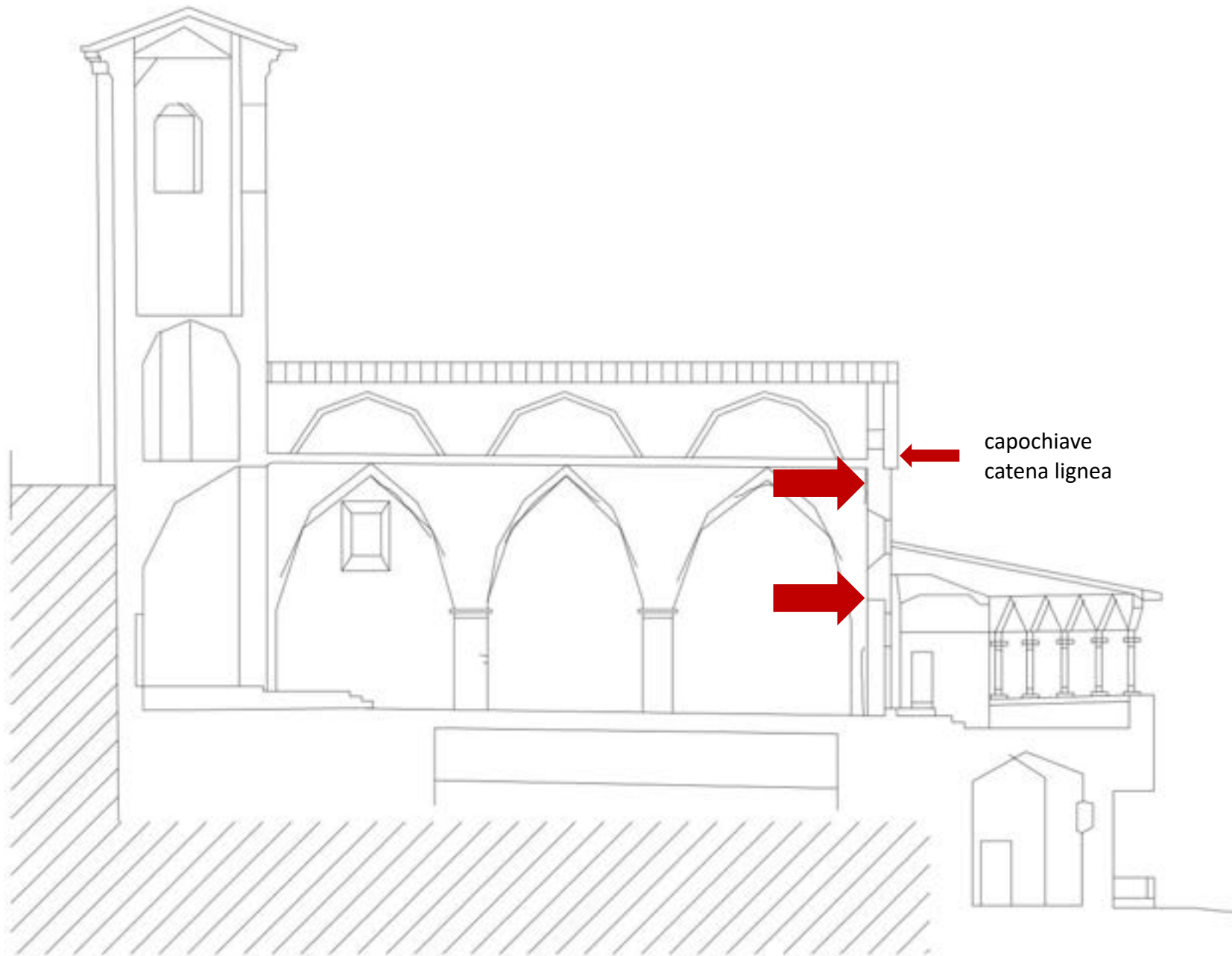


Chiesa di S. Andrea – Castello di Campi di Norcia





ASSENZA DI INCATENAMENTI



capochiave
catena lignea

Dopo il sisma del 30 ottobre 2016









"Chiesa San Salvatore Campi di Norcia"

Come era prima del 24 agosto 2016



MANCANZA DI INCATENAMENTI

Come era prima
del 24 agosto 2016

SPESE INGENTI PER IL «RESTAURO» DEGLI AFFRESCHI



Come era prima
del 24 agosto 2016

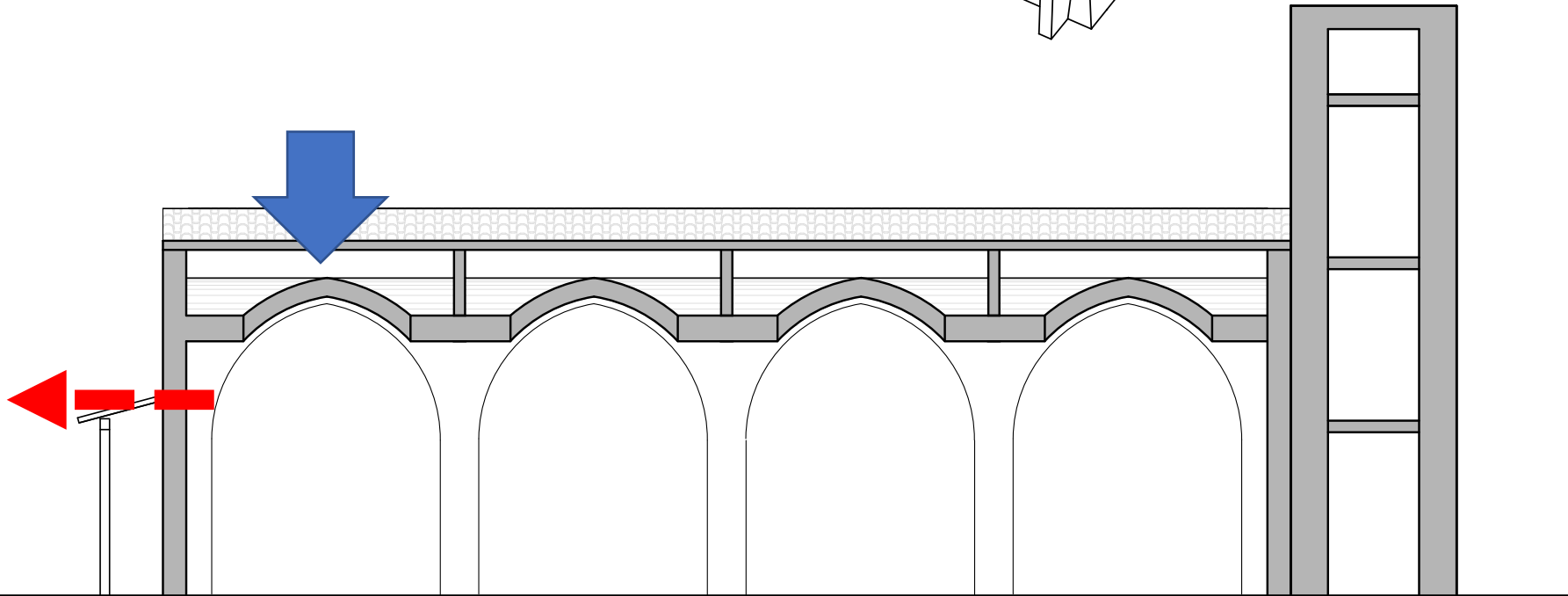
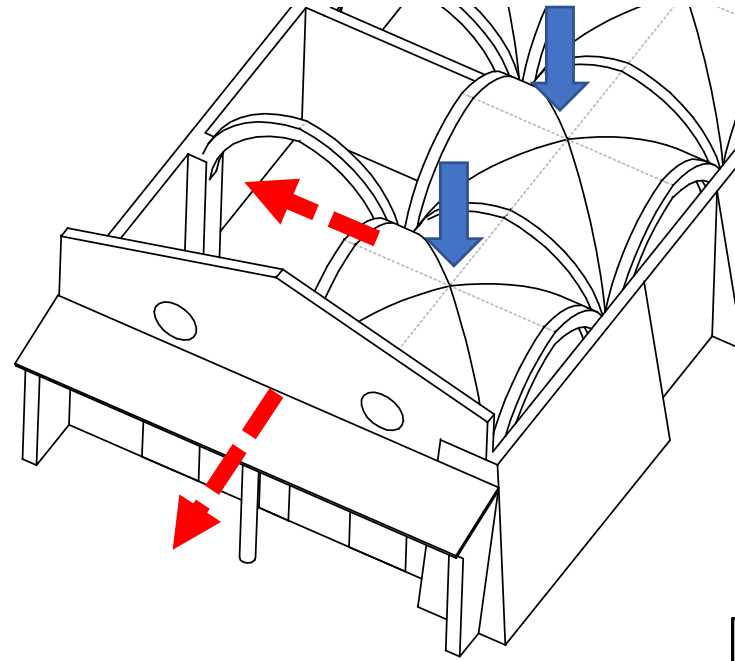


Come era prima del 24 agosto 2016



Come era prima del 24 agosto 2016







Dopo il sisma del 26 ottobre 2016



Dopo il sisma del 30 ottobre 2016



Da un video di Riccardo Vetturini







PRIMA

**Beni sottratti per sempre alla vita culturale
(ed economica) degli abitanti di quei
territori**

**FIRMITAS
VENUSTAS
UTILITAS
???**



OGGI

Beni sottratti per sempre alla vita culturale
(ed economica) degli abitanti di quei territori

PRIMA



DOPO

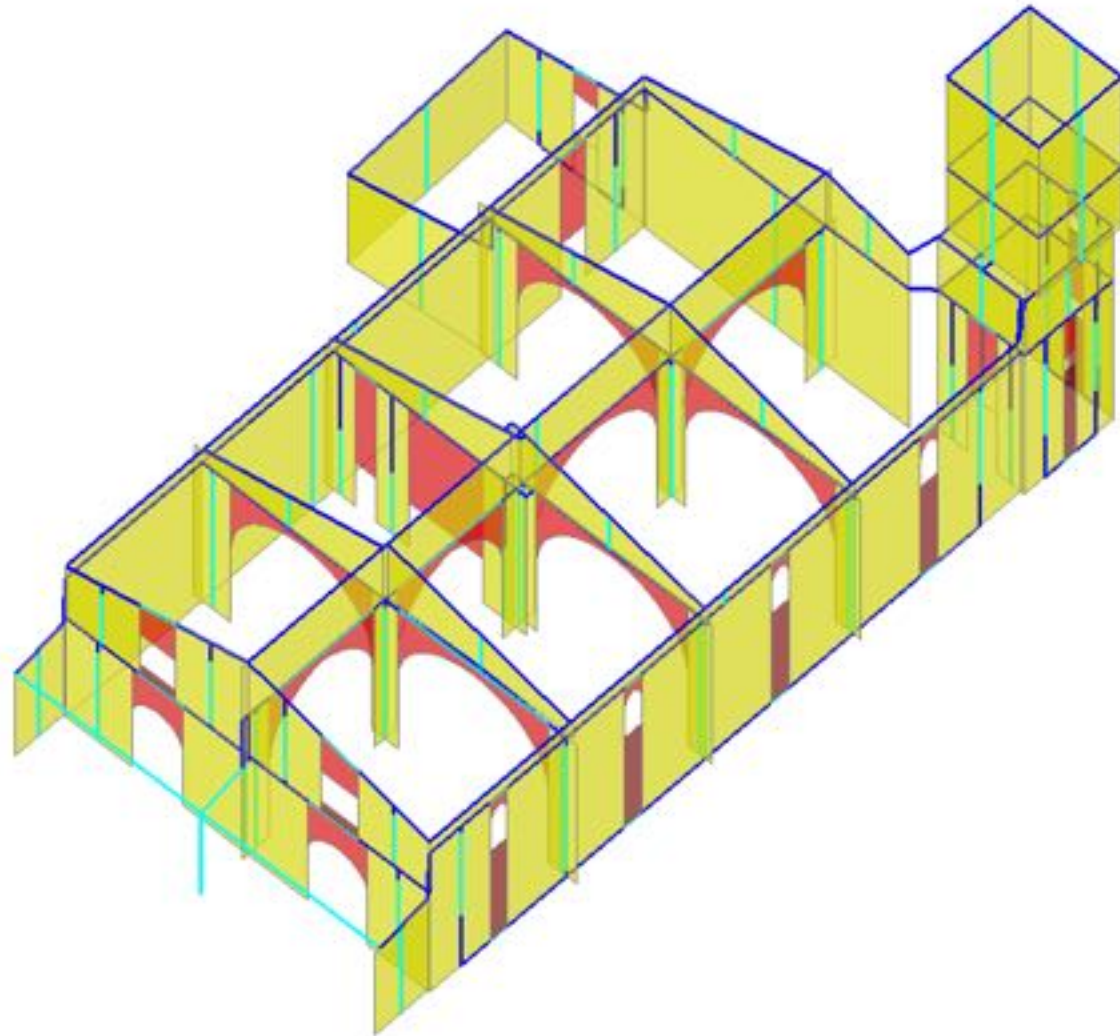


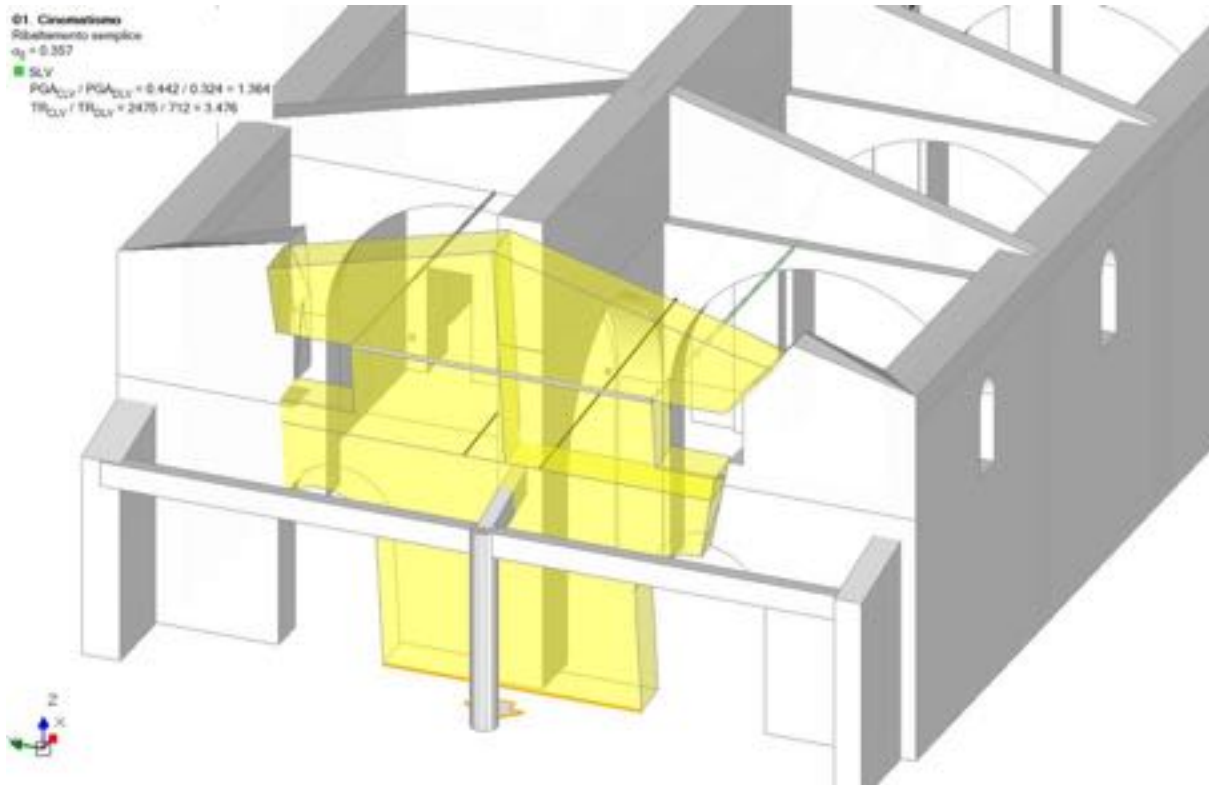
Un altro
«cantiere
dell'utopia»
?

- Maschio
- Striscia
- Sottofinestra
- Colonna
- Trave
- Blocco
- Asta generica

Modello strutturale

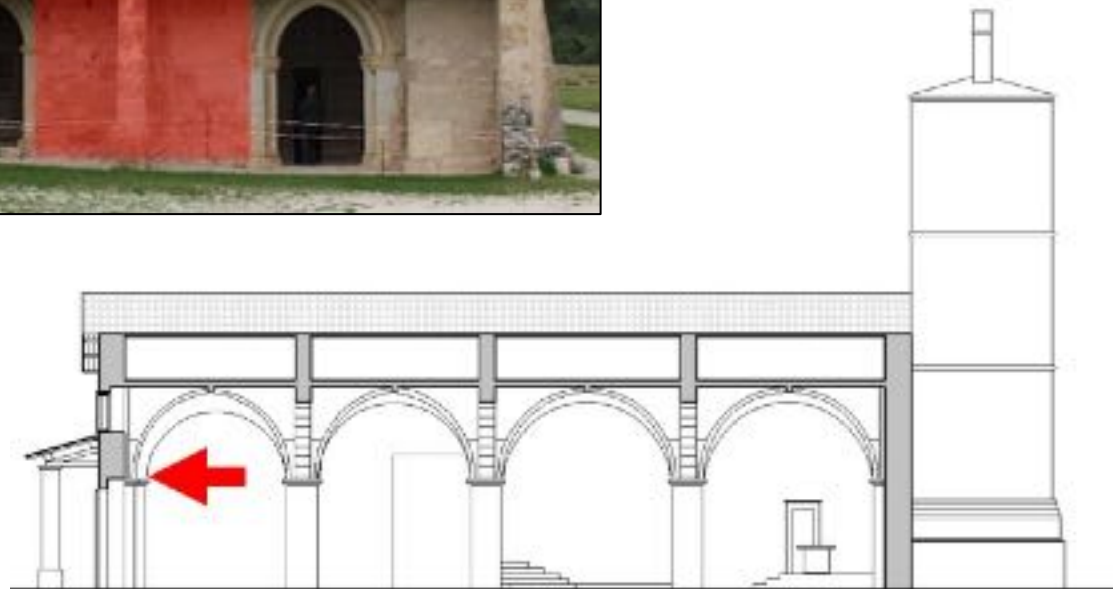
**SI POTEVA
EVITARE?**





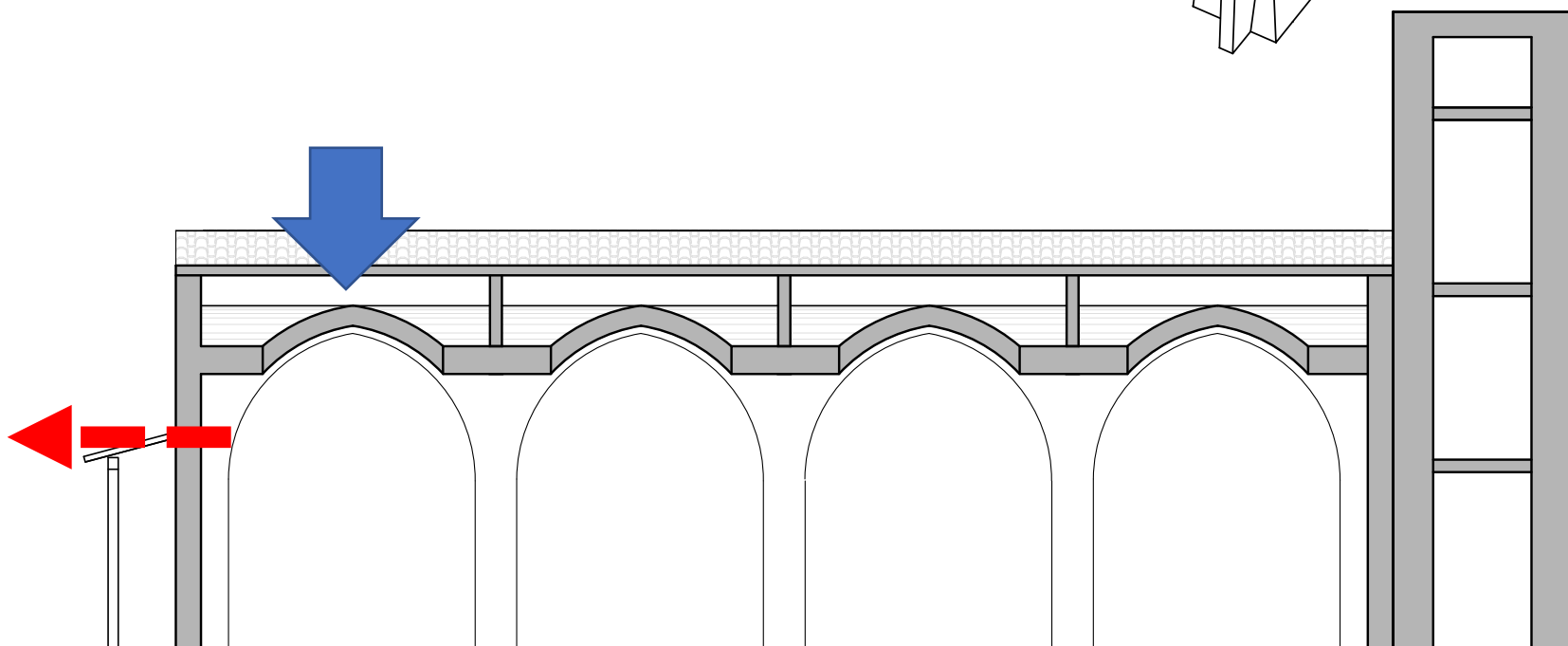
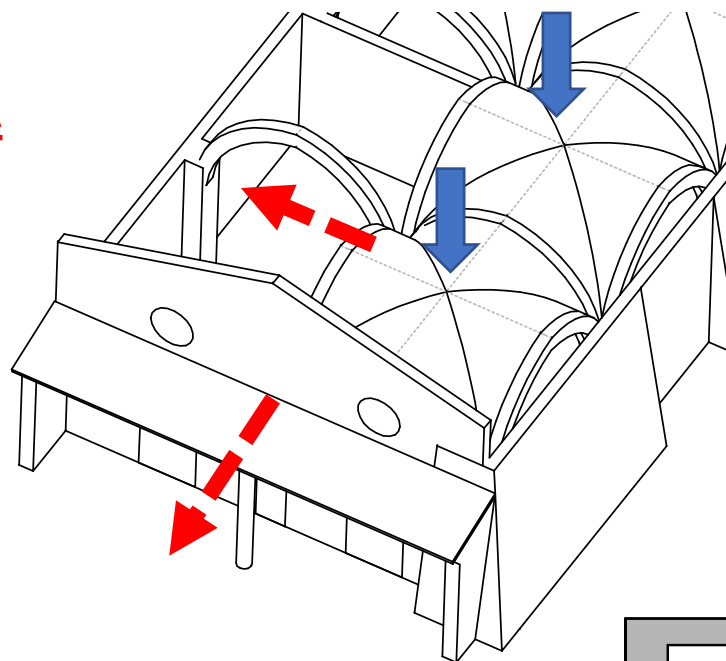
**NON SI PUO' DIRE CHE SAREBBE BASTATA UNA CATENA,
MA SI PUO' DIRE CHE UNA CATENA SI POTEVA E SI DOVEVA METTERE**

MECCANISMO DI COLLASSO



Non si tratta della **INCONGRUENZA**
degli interventi di consolidamento,

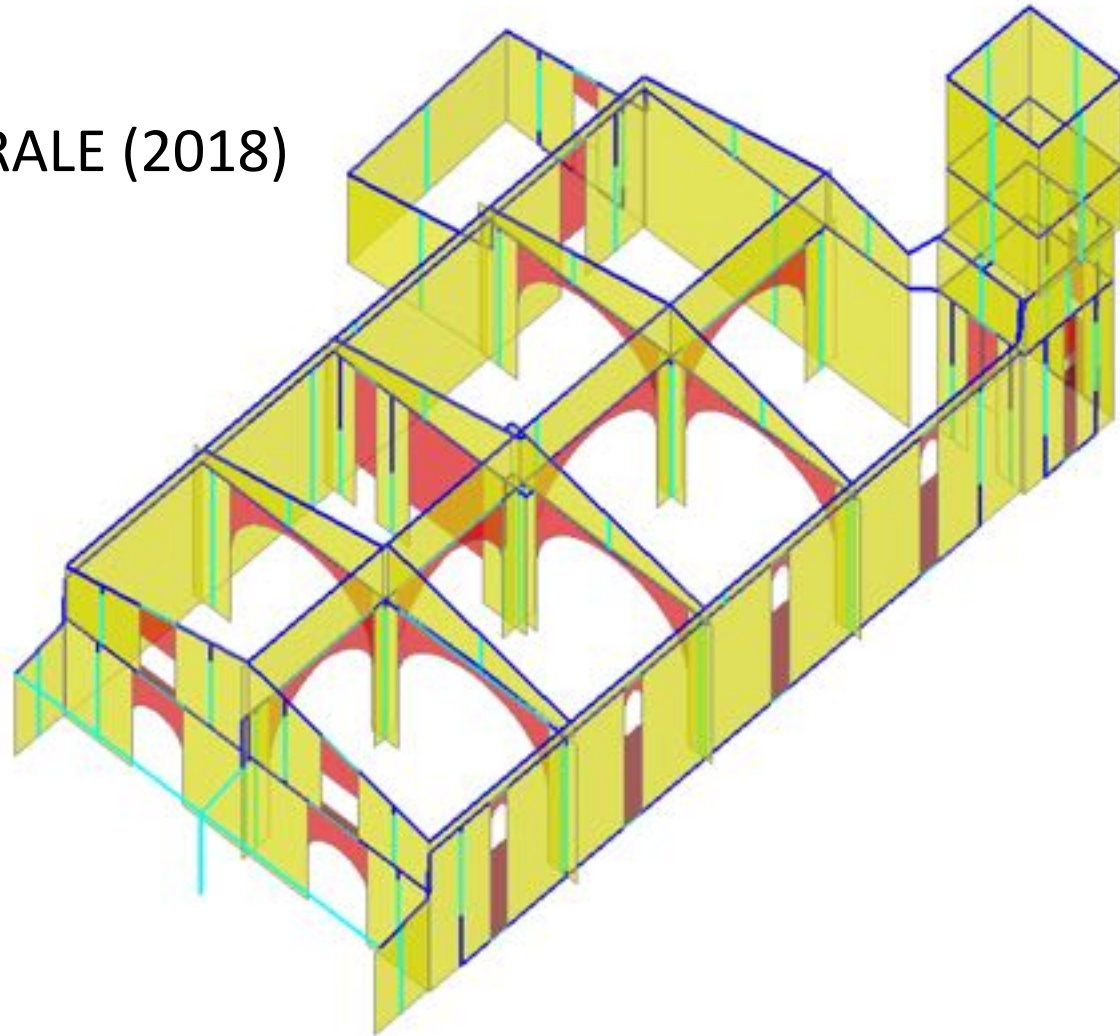
ma della **MANCANZA**
degli opportuni interventi di
consolidamento.



- Maschio
- Striscia
- Sottofinestra
- Colonna
- Trave
- Blocco
- Asta generica

Modello strutturale

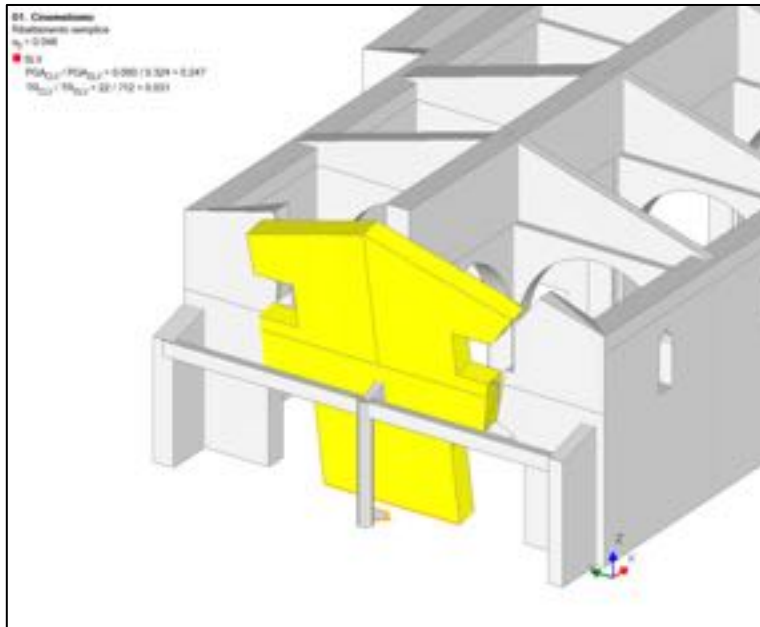
ANALISI STRUTTURALE (2018)



ANALISI STRUTTURALE (2018)

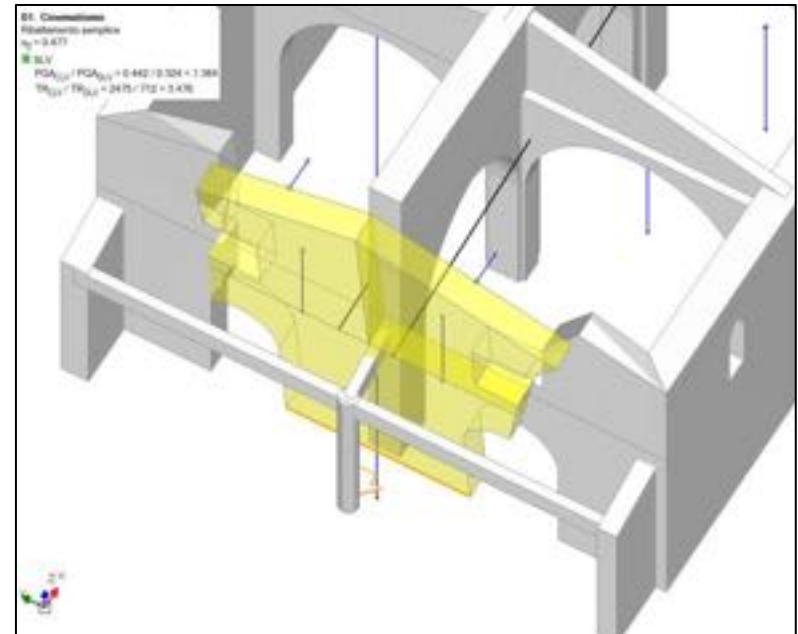
Situazione prima del sisma

$$I_r = 0.247$$



Con l'aggiunta di incatenamenti

$$I_r > 1$$



MACROSCOPICHE SOTTOVALUTAZIONI DELLE PROBLEMATICHE STRUTTURALI

→ Assenza di interventi di tipo antisismico che, per quelle zone, erano indispensabili.

In particolare:

- cronica (scellerata) **mancaza di incatenamenti**;
- **assenza di collegamenti** efficaci;
- **mancaza di interventi** sulle strutture murarie.

TOTEM DELLA CONSERVAZIONE

Visione letteraria del restauro,
avulsa dalla realtà operativa.

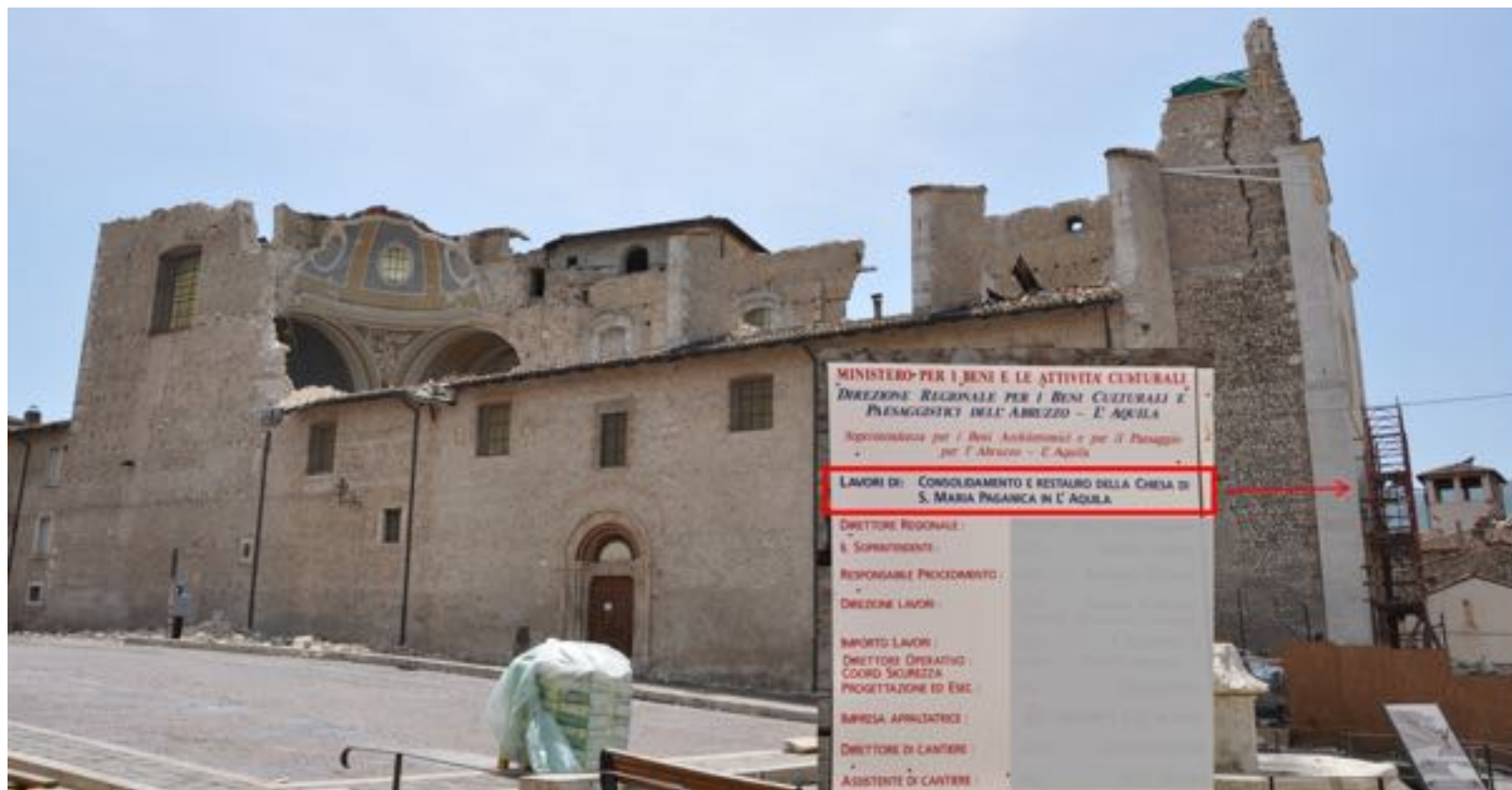
«I danni subiti, pur dopo molte spese di **'restauro'**, non derivano dal rigore intrinseco alla disciplina o da sua cecità, ma da una serie di fattori che riguardano:

- **una sua malintesa applicazione**, teoretica prima ancora che pratica (penso anche alla fissazione acritica sulle sole 'tecniche tradizionali' chiudendo gli occhi sul resto);
- **l'incapacità di mettere le cose in ordine d'importanza e d'urgenza** (da cui la cura, risultata poi inutile, per le superfici e le manifestazioni di degrado della 'pelle' dei monumenti, prima di quella per la realtà muraria che sorregge tali superfici e, in molti casi, i relativi affreschi)».

Risultati di decenni di «miglioramento sismico»:

Negli ultimi trenta anni sono stati fatti molti interventi che, dal punto di vista strutturale, hanno apportato dosi omeopatiche di «miglioramento», senza incidere sulle carenze più gravi.

I risultati li abbiamo visti in moltissime chiese e molti palazzi, “*migliorati*” e finiti poi, nei sismi recenti, come sappiamo ...











Sisma 2016: la ricostruzione che verrà ...



DOVE ERA E COME ERA?

Si continueranno a dare centinaia di milioni di euro senza chiedere garanzie sul fatto che, almeno nel breve-medio periodo, tali crolli non si ripeteranno?

SICUREZZA DELLE PERSONE











◀ Indietro | 🖨️ Stampa | ✉️ Invia | ✎ Scrivi alla redazione | 💬 Suggestisci ()



Balvano, paese strage degli innocenti

I vigili del fuoco recuperano il corpo di un bambino in una foto scattata a Balvano nei giorni del terremoto.

**LE CHIESE,
SE NON RINFORZATE,
CROLLANO**

LO SAPPIAMO

**LASCIARE CHE CROLLINO, OPPURE NO,
È SOLO UNA QUESTIONE DI SCELTE**

**SCELTE CHE,
SE RIGUARDANO LA SICUREZZA DELLE PERSONE,
NON POSSONO ESSERE LASCIATE
A CHI «VEDE» SOLO LE ESIGENZE DELLA CONSERVAZIONE**

A chi spetta questa scelta?

Alle Soprintendenze?

Loro si trovano in evidente “*conflitto di interessi*”, dato che si occupano solo della conservazione degli aspetti meramente architettonici.

Al Ministero per i Beni Culturali?

Nelle proprie Linee Guida per gli interventi in zona sismica, il MiBAC ha dichiarato le priorità, scrivendo che per le chiese, come per gli altri beni culturali:

“è opportuno accettare consapevolmente un livello di rischio sismico più elevato rispetto a quello delle strutture ordinarie, piuttosto che intervenire in modo contrario ai criteri di conservazione del patrimonio culturale”

Ma chi ha il diritto di decidere che il rispetto dei criteri di conservazione vale più della sicurezza delle persone?

**PER LE CHIESE, DOPO TUTTI QUESTI CROLLI,
NESSUNO POTRÀ DIRE: «NON LO SAPEVO»**

COME LA PENSA LA MAGISTRATURA IN TEMA DI IMPREVEDIBILITÀ DEI TERREMOTI

Cass. 21 gennaio 2016 n. 2536

“Questa Corte ha già avuto modo di chiarire che **i terremoti**, anche di rilevante intensità, **sono eventi rientranti tra le normali vicende del suolo, e non possono essere considerati come accadimenti eccezionali ed imprevedibili** quando si verificano in zone già qualificate ad elevato rischio sismico, o comunque formalmente classificate come sismiche.

«I terremoti di massima intensità sono eventi che, anche ove si propongano con scadenze che eccedono una memoria rapportata alla durata di molte generazioni umane, rientrano nelle **normali vicende del suolo**, e, certamente, non possono essere qualificati eccezionali o imprevedibili quando si verificano in zone già qualificate ad elevato rischio sismico o in zone formalmente qualificate come sismiche ..».

“**il giudizio di prevedibilità**, in relazione al suo carattere predittivo, se pure si radica nella memoria del passato, di più **si proietta** sul piano della rappresentazione del futuro, ma proprio nel passato, e **nelle già formalizzate classificazioni di varia probabilità sismica, trova certezza prospettica della previsione di una possibilità irrecusabile sul piano logico.**

COME LA PENSA LA MAGISTRATURA SUL TEMA «SICUREZZA» ...

Sentenza della **Cassazione**, relativa ad un crollo a L'Aquila nel 2009:

“L'inesistenza di fondi sufficienti ed i vincoli di carattere culturale ed artistico non possono limitare gli obblighi di sicurezza ...”

“Fermo resta l'obbligo di garantire, nelle more dell'intervento richiesto, un equivalente livello di sicurezza e, nel caso in cui ciò non sia possibile, di interrompere l'attività”.

NON CONTA SE NON CI SONO RISORSE PER GLI INTERVENTI,
NON CONTA SE L'EDIFICIO È UN BENE CULTURALE,
CONTA, PRIMA DI TUTTO E SOPRA A TUTTO, LA SICUREZZA



la Repubblica

13 h · 8 dicembre 2018

Questo è il pensare comune
(e quindi quello della magistratura...)

"I cittadini hanno diritto alla sicurezza ovunque, nei luoghi di lavoro come in quelli di svago. La sicurezza deve essere assicurata"



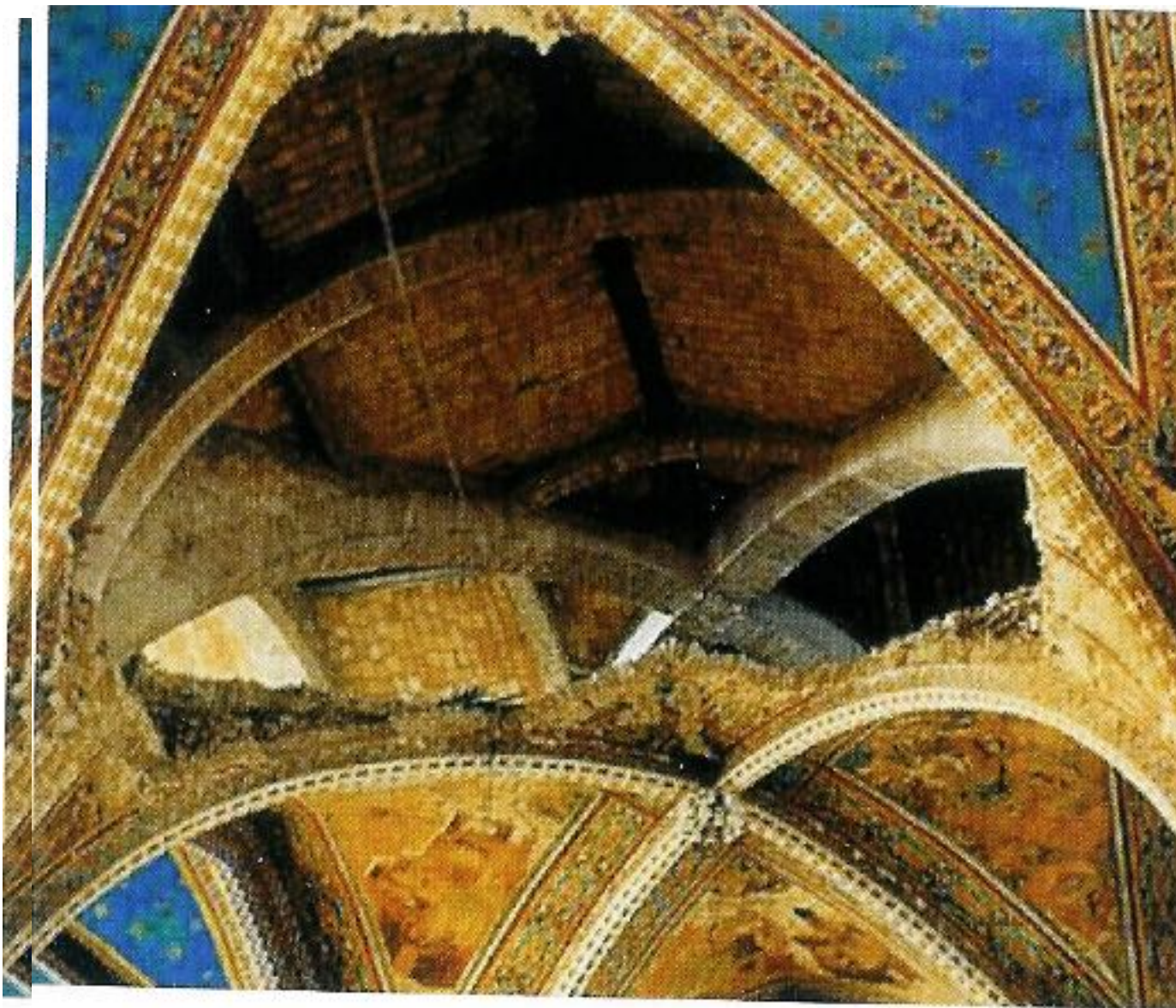
parafrasando ...

PRIMA LE PERSONE !

BENI ARTISTICI

RESILIENZA
DEI BENI ARTISTICI

NON PARLIAMO POI DELLE PERDITE DI BENI ARTISTICI



Basilica di S. Francesco di Assisi - Vela di S. Matteo

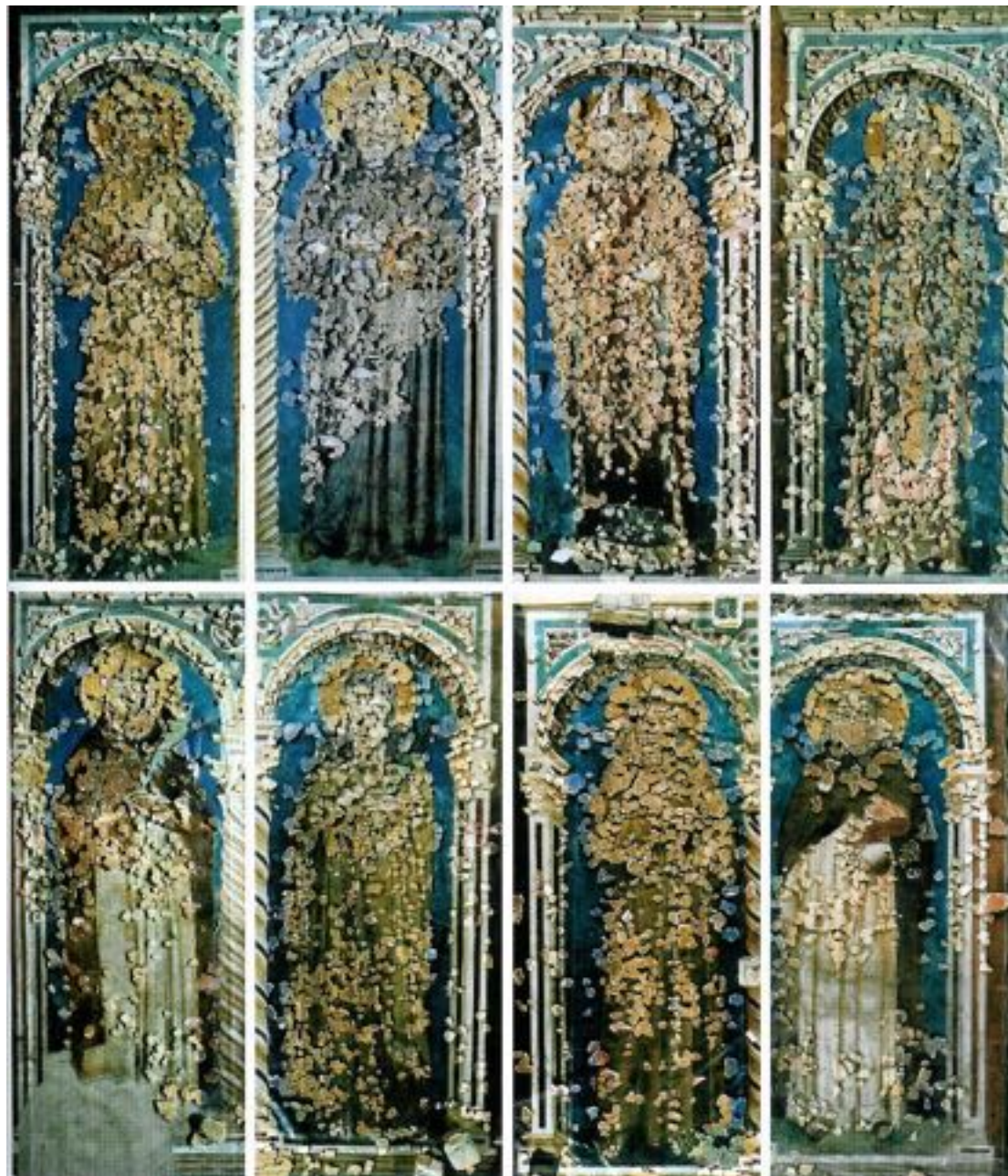
RESILIENZA DEI BENI ARTISTICI

MA QUALE RESILIENZA?

Il “cantiere dell'utopia”:

- 60.000 ore impiegate
- 37 milioni di euro

(da La Repubblica, [1999](#))





RESILIENZA ZERO
UNICA DIFESA: LA PREVENZIONE

RESILIENZA ZERO



Foto: A. Borri

Affreschi nel palazzo Branconio-Farinosi a L'Aquila



Sisma del 2016: quante e quali perdite?

**Problema di fondo:
mancanza di una cultura antisismica**





Bartolomé Ortoñez
Madonna col bambino

RISCHI ELEVATI (ESPOSITORI FILOSISMICI)



Giovanni da Nola: Trittico con il Redentore tra S. Andrea e S. Giovanni Battista

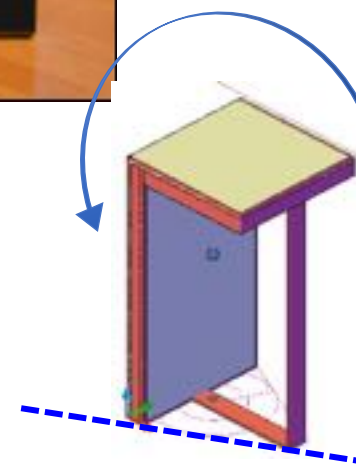
Mancanza di cultura antisismica

Esperienze personali ...



RISCHI ELEVATI (ESPOSITORI FILOSISMICI)

Arnolfo di Cambio: Sculture dalla Fontana degli assetati.
Possibili interazioni e rotazioni rispetto a linee diagonali



RISCHI ELEVATI (ESPOSITORI FILOSISMICI)



Mancanza di cultura antisismica

RISCHI ELEVATI (ESPOSITORI FILOSISMICI)



Mancanza di cultura antisismica

RISCHI ELEVATI (ESPOSITORI FILOSISMICI)



Mancanza di cultura antisismica

RISCHI ELEVATI (ESPOSITORI FILOSISMICI)



Mancanza di cultura antisismica

RISCHI ELEVATI (ESPOSITORI FILOSISMICI)



Palazzo Santa Maria Nuova – Foro Romano - Roma

Mancanza di cultura antisismica

MANCANZA DI UNA «CULTURA» ANTISISMICA



MANCANZA DI PREVENZIONE



CROLLI – PERDITE

RESTAURI E RICOSTRUZIONI NON CI RESTITUIRANNO
QUANTO È ANDATO DISTRUTTO

BISOGNA PENSARCI PRIMA