



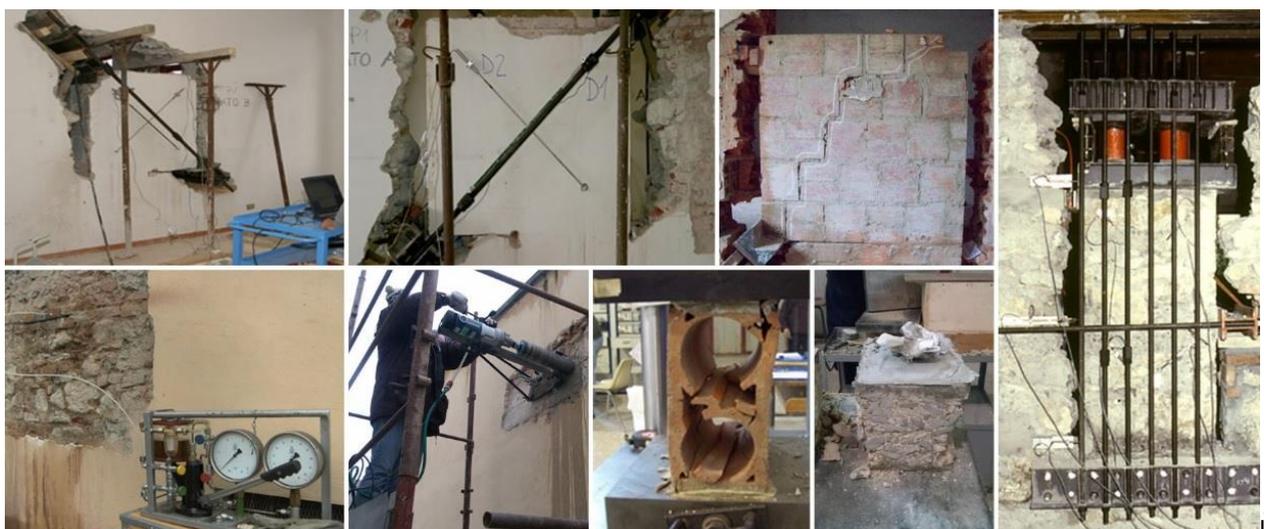
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE  
**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE



Regione Toscana

# ABACO DELLE MURATURE DELLA REGIONE TOSCANA

## MANUALE PER LA COMPILAZIONE DELLE SCHEDE DI QUALITÀ MURARIA



### Coordinatori della Ricerca

Prof. Ing. Andrea Vignoli  
Ing. Sonia Boschi  
Arch. Nicola Signorini

### Gruppo di ricerca

Ing. Chiara Bernardini  
Ing. Andrea Borghini  
Ing. Alberto Ciavattone  
Ing. Emanuele Del Monte  
Ing. Giovanni Menichini

Firenze, OTTOBRE 2019

## SOMMARIO

Indice delle Figure .....	1
Indice delle Tabelle .....	2
<b>1 SCHEDA DI QUALITÀ MURARIA .....</b>	<b>3</b>
1.1 INTRODUZIONE .....	3
1.2 ASPETTI TECNICI PER LA COMPILAZIONE DELLA SCHEDA: PARTE PRIMA .....	5
1.2.1 NUMERO SCHEDA QUALITÀ MURARIA .....	5
1.2.2 DENOMINAZIONE PANNELLO .....	5
1.2.3 REGIONE-PROVINCIA-COMUNE .....	6
1.2.4 DATA RILIEVO .....	6
1.2.5 LABORATORIO DI PROVA .....	6
1.2.6 CATEGORIA DI MURATURA .....	6
1.2.6.1 Classificazione secondo Regione Toscana .....	6
1.2.6.2 Classificazione secondo Circ. Min. n. 617/2009 .....	7
1.2.6.3 Confronto classificazione Regione Toscana e Circ. Min. n.617/2009 .....	11
1.2.6.4 Classificazione secondo Circ. Min. 7/2019 .....	13
1.2.6.5 Murature non classificabili all'interno della classificazione regionale o da Tab.C8A.2.1 o da Tab.C.8.5.1 ...	15
1.2.7 TIPO DI EDIFICIO .....	16
1.2.8 ETÀ DELLA COSTRUZIONE .....	17
1.2.9 NUMERO DI PIANI .....	18
1.2.10 OSSERVAZIONI .....	18
1.2.11 COORDINATE .....	18
1.2.12 TIPO DI PROVA .....	19
1.2.13 PIANTA E/O PROSPETTO - INDICAZIONE DELLA POSIZIONE DEL PANNELLO .....	20
1.3 ASPETTI TECNICI PER LA COMPILAZIONE DELLA SCHEDA: PARTE SECONDA .....	21
1.3.1 IQM SECONDO L'IMPOSTAZIONE DI BORRI E DE MARIA 2019 [5] .....	21
1.3.2 PARAMENTO MURARIO .....	26
1.3.2.1 Tessitura del paramento .....	26
1.3.2.2 Caratterizzazione dei materiali del paramento .....	36
1.3.3 SEZIONE MURARIA .....	46
1.3.3.1 Tessitura della sezione muraria .....	46
1.3.3.2 Caratterizzazione dei materiali del paramento .....	50
1.4 ASPETTI TECNICI PER LA COMPILAZIONE DELLA SCHEDA: PARTE TERZA .....	52
1.4.1 OSSERVAZIONI QUALITATIVE .....	52
1.4.2 IQM .....	52
<b>2 ESEMPIO DI SCHEDA DI QUALITÀ MURARIA .....</b>	<b>53</b>
2.1 PARTE PRIMA .....	53
2.2 PARTE SECONDA .....	53
2.3 PARTE TERZA .....	58
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>59</b>

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. Prima pagina della Scheda di Qualità Muraria.....	5
Figura 2: Da sinistra a destra, esempi di muratura in categoria “II”.....	9
Figura 3: Esempi di murature con e senza nucleo scadente.....	10
Figura 4: Esempi di murature con presenza di diatoni nella sezione e con presenza di ricorsi in calcestruzzo.....	10
Figura 5: Esempi di muratura “mista”.....	16
Figura 6: Identificazione numero di piani per un edificio.....	18
Figura 7: Esempio di localizzazione tramite coordinate.....	19
Figura 8: Pianta e prospetto; individuazione dei pannelli murari e fasi di costruzioni storiche dell’edificio.....	20
Figura 9: Curve di correlazione fra $f$ (valore medio, minimo e massimo) e IQM nel piano.....	23
Figura 10: Curve di correlazione fra $\tau_0$ (valore medio, minimo e massimo) e IQM nel piano.....	24
Figura 11: Curve di correlazione fra $f_{v0}$ (valore medio, minimo e massimo) e IQM nel piano.....	24
Figura 12: Curve di correlazione fra $E$ (valore medio, minimo e massimo) e IQM nel piano.....	25
Figura 13: Curve di correlazione fra $G$ (valore medio, minimo e massimo) e IQM nel piano.....	25
Figura 14: Fotografia e restituzione grafica del paramento.....	26
Figura 15: Tessitura del paramento.....	27
Figura 16: Schemi grafici: (a) orizzontalità dei filari, (b) sfalsamento dei giunti e (c) ingranamento sul piano esterno.....	27
Figura 17: Ruolo strutturale della muratura.....	28
Figura 18: Esempi di murature con presenza di ricorsi in mattoni (a) e (b) e ricorsi in mattoni e cls (c).....	30
Figura 19: Esempi di muratura con presenza di orizzontamenti a distanza di circa 30-40 cm.....	31
Figura 20: Esempio di paramento con presenza di zeppe in cotto e in pietra.....	31
Figura 21: Esempio di “apparecchiatura” a corsi orizzontali.....	32
Figura 22: Esempio di “apparecchiatura” a corsi sub-orizzontali.....	32
Figura 23: Esempio di “apparecchiatura” irregolare.....	32
Figura 24: Esempi di “sfalsamento dei giunti verticali” rispettato.....	33
Figura 25: Esempio di “sfalsamento dei giunti verticali” parzialmente rispettato.....	34
Figura 26: Esempio di “sfalsamento dei giunti verticali” non rispettato.....	34
Figura 27: Esempio di “presenza di diatoni” rispettato, immagine a sinistra ripresa da [4].....	35
Figura 28: Esempio di “presenza di diatoni” parzialmente rispettato, immagine a sinistra ripresa da [4].....	35
Figura 29: Esempi di “presenza di diatoni” non rispettato, immagine a sinistra ripresa da [4].....	36
Figura 30: Caratterizzazione dei materiali del paramento: elementi (sopra) e malta (sotto).....	37
Figura 31: Esempi di “forma/regolarità degli elementi” rispettata.....	41
Figura 32: Esempi di “forma/regolarità degli elementi” parzialmente rispettata.....	41
Figura 33: Esempi di “forma/regolarità degli elementi” non rispettata.....	41
Figura 34: “Dimensione degli elementi”. Dall’alto: (a) rispettato, (b) parzialmente rispettato e (c) non rispettato.....	42
Figura 35: Esempi di “qualità/resistenza degli elementi” rispettata (a) e parzialmente rispettata (b) e (c).....	43
Figura 36: Malta a composizione di sabbia e ghiaia.....	45
Figura 37: Malta a composizione di sabbia e ghiaietto.....	45
Figura 38: Fotografia, restituzione grafica e grafico della sezione muraria.....	47
Figura 39: Rilievo della tipologia muraria per la sezione muraria.....	47
Figura 40: Sezioni murarie e numero di paramenti (tratto da [3]) (a) ed esempio di muratura a due paramenti (b).....	48
Figura 41: Individuazione di diatoni e pietre di legamento nelle sezioni murarie; (a) e (b) sono tratte da [2].....	49

Figura 42: Caratterizzazione dei materiali della sezione: elementi. ....	50
Figura 43: Caratterizzazione dei materiali della sezione: malta. ....	51
Figura 44: Conclusioni, valore IQM e caratteristiche meccaniche medie. ....	52

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Tabella C8A.2.1 [8]. ....	7
Tabella 2: Tabella C8A.2.2 [8]. ....	8
Tabella 3: Confronto tra classificazione tipologica della Regione Toscana ([1] [6]) e classificazione da Tab. C8A.2.1-2. ....	12
Tabella 4: Tabella C.8.5.I [9]. ....	14
Tabella 5: Tabella C.8.5.II [9]. ....	14
Tabella 6: Esempio di aggiornamento di classificazione della categoria muraria. ....	15
Tabella 7: Codici identificativi dei servizi pubblici, tratto da [2]. ....	17
Tabella 8: Punteggi dei parametri dell'IQM, da [5]. ....	22
Tabella 9: Coefficiente correttivo $r$ in funzione del parametro MA. ....	22
Tabella 10: Categorie di muratura in funzione dell'IQM e del tipo di azioni, [5]. ....	23
Tabella 11: Tipologia di elementi. ....	29
Tabella 12: Ingranamento e livello di vulnerabilità del paramento in base alla LMT. ....	33
Tabella 13: Tipo di elemento. ....	38
Tabella 14: Forma degli elementi. ....	39
Tabella 15: Colore malta e aggregato. ....	44

# 1 SCHEDA DI QUALITÀ MURARIA

## 1.1 INTRODUZIONE

Nella valutazione della sicurezza di edifici esistenti in muratura emerge la necessità di caratterizzare in maniera dettagliata la qualità della muratura portante, di conoscerne la tipologia, la tecnica costruttiva, i materiali che la compongono e le loro caratteristiche meccaniche. La muratura deve il suo comportamento strutturale alle caratteristiche dei suoi componenti ed alle loro interazioni, legate principalmente alla tecnica costruttiva, all'epoca di costruzione ed alla localizzazione geografica. La definizione della qualità della muratura dipende dunque dalla caratterizzazione dei blocchi e della malta e dal rispetto o meno di alcuni parametri della "regola dell'arte". Questi, se rispettati, garantiscono una corretta posa in opera della muratura e, conseguentemente, adeguate caratteristiche meccaniche di essa nei confronti di azioni nel piano e fuori dal piano [5].

Nel progetto Abaco delle Murature la classificazione e la caratterizzazione delle tipologie murarie sulle quali sono state svolte prove sperimentali è stata effettuata compilando delle Schede di Qualità Muraria (nel seguito SQM). Tali schede, implementate dal DICEA nell'ambito del progetto di ricerca DPC/ReLUIIS 2014-2016, "WP1 Qualità muraria, proprietà meccaniche delle murature", sono articolate in tre sezioni. Esse hanno come base la "Scheda di Qualità Muraria" proposta in [3] nella quale sono state apportate alcune modifiche ed integrazioni in relazione alla possibilità di catalogare murature costituite sia da pietra naturale sia artificiale e differenti tipi di blocchi, nell'ottica di coprire con la schedatura tutte le categorie di muratura presenti nelle classificazioni normative o incontrabili in edifici reali [7].

In questo paragrafo viene descritta brevemente la SQM. Nei paragrafi successivi, ogni sezione della SQM verrà opportunamente spiegata.

La SQM è organizzata su tre sezioni così composte:

### **(1) Parte Prima: Collocazione della muratura oggetto di analisi.**

La prima sezione contiene informazioni generali riguardanti l'edificio in cui è collocata la muratura e la tipologia di muratura stessa. In particolare, viene richiesta la denominazione progressiva della SQM, del pannello (vi possono essere più di un pannello per stesso edificio), l'ubicazione della costruzione (Regione, Provincia e Comune e coordinate geografiche), il numero di piani dell'edificio, l'età di costruzione, l'ubicazione del pannello all'interno della struttura, la data del rilievo ed informazioni sul Laboratorio di Prova, la/e tipologia/e di prova che è/sono stata/e eseguita/e su quella muratura e se la/e prova/e è/sono stata/e eseguita/e in sito oppure in laboratorio. È previsto l'inserimento di immagini di pianta e del prospetto. È indicata la tipologia di muratura inquadrandola tra quelle presenti nell'abaco delle murature fornito dalla Regione Toscana in allegato al documento "Manuale per la compilazione della Scheda GNDT/CNR di II livello - Versione modificata dalla Regione Toscana" [1] [6] e le classificazioni normative, con riferimento sia alla Circ. Min. n.617/2009 (Tabella C8A.2.1 [8] con eventuale combinazione dei coefficienti correttivi riportati in Tabella C8A.2.2 [8]), sia alla Circ. Min. n.7/2019 (Tabella C.8.5.I [9][14], con eventuale combinazione dei coefficienti correttivi riportati in Tabella C8.5.II [9]), meglio esplicitate nel seguito.

### **(2) Parte Seconda: Rilievo della Tipologia Muraria.**

Si indicano in questa sezione le caratteristiche macroscopiche principali del paramento murario e della sezione muraria (se nota) del saggio oggetto di studio. Si caratterizzano inoltre, per forma, dimensioni, tipologia, provenienza, etc... gli elementi costituenti la muratura: blocco (artificiale e/o naturale) e malta. Con il fine di caratterizzare in modo chiaro la muratura e riconoscerne o meno i parametri della "regola dell'arte" sono riportati in questa sezione anche degli schemi

grafici rappresentanti le distribuzioni di elementi resistenti, malta e vuoti del paramento e della sezione, utili alla classificazione della muratura. All'interno di questa sezione è possibile compilare tutti i parametri dell'Indice di Qualità Muraria (IQM) [5], un indice numerico che viene attribuito alla muratura a seconda delle sue caratteristiche e che esprime, in una scala [0, 10] la propensione che hanno le strutture murarie a ben rispondere a vari tipi di azioni, verticali, orizzontali nel piano e orizzontali fuori dal piano.

### **(3) Parte Terza: Conclusioni.**

In questa sezione sono riportate le osservazioni che emergono in seguito alla compilazione delle prime due sezioni della scheda, in rapporto alla tipologia di muratura, allo stato di conservazione della stessa ed ai valori ottenuti dell'IQM. Inoltre, avendo noti i valori dell'IQM nelle tre direzioni di azione del carico (direzione verticale, ortogonale e parallela al piano del pannello) è possibile anche stimare le caratteristiche meccaniche attraverso curve di correlazione esistenti [5] tra suddetti indici e la resistenza media a compressione,  $f$ , le resistenze medie a taglio  $\tau_0$  e  $f_{v0}$  ed i valori di elasticità ( $E$ ,  $G$ ).

## 1.2 ASPETTI TECNICI PER LA COMPILAZIONE DELLA SCHEDA: PARTE PRIMA

In questo paragrafo sono riportate le spiegazioni relative alla prima sezione della SQM.

La Figura 1 mostra la prima pagina della SQM, in cui sono individuate le caratteristiche principali della struttura che ospita il pannello oggetto di prova ed in cui viene definita la categoria di muratura del pannello, in riferimento a due distinte categorie, esplicitate al paragrafo 1.2.6.

PARTE PRIMA COLLOCAZIONE ED IDENTIFICAZIONE DELLA MURATURA			
1.1 NUMERO SCHEDA QUALITÀ MURARIA <b>028</b>		1.13 COORDINATE N <b>43.689069014</b> E <b>11.835447491</b>	
1.2 DENOMINAZIONE PANNELLO <b>PANNELLO 1-028</b>		1.14 PIANTA E/O PROSPETTO INDICAZIONE DELLA POSIZIONE DEL PANNELLO	
1.3 REGIONE <b>TOSCANA</b>	PROV. <b>AR</b>	Comune <b>ORTIGNANO RAGGIOLO</b>	
1.4 DATA RILIEVO (COINCIDENTE CON LA DATA DELLA PROVA) <b>23/05/2006</b>			
1.5 LABORATORIO DI PROVA <b>DELTA S.R.L.</b>			
1.6 CATEGORIA DI MURATURA			
ABACO Regione Toscana <b>E</b>	TAB. C8A.2.1 + 	TAB. C8A.2.2 - Circ. Min. 617/2009	
	TAB. C8.5.I + 	TAB. C8.5.II - Circ. Min. 7/2019	
1.7 N° PIANI EDIFICIO (fuori terra) <b>2</b> fuori terra			
1.8 PIANO a CUI SI TROVA IL PANNELLO <b>1</b> fuori terra			
1.9 ETÀ DELLA COSTRUZIONE			
DA	<b>1920</b>	A	<b>1920</b>
1.10 TIPO DI EDIFICIO <b>Ed. ordinario pubblico   S03 Scuola primaria</b>			
1.11 PROVA IN SITO O LABORATORIO <b>PROVA IN SITU</b>			
1.12 TIPO DI PROVA <b>CD</b>			
OSSERVAZIONI <b>Prova eseguita in località San Piero in Frassinio</b>			

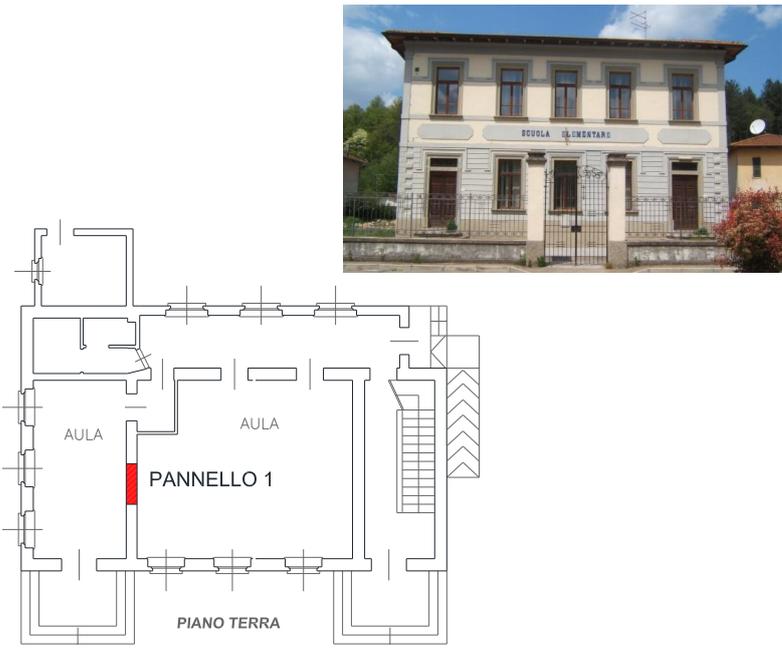


Figura 1. Prima pagina della Scheda di Qualità Muraria.

### 1.2.1 Numero scheda qualità muraria

Si riferisce al numero progressivo della SQM compilata per un pannello murario. La SQM è solitamente associata a pannelli murari di edifici in muratura portante sui quali sono state svolte delle prove sperimentali. Ad ogni SQM è associata una prova distruttiva o semi distruttiva sul pannello (esempio, Compressione Diagonale [CD], Compressione [C], Martinetto Piatto Doppio [MP-d]), e possono essere associate più di una prova sui singoli elementi della muratura: prove di caratterizzazione dei blocchi naturali/artificiali (Compressione dei blocchi [C<sub>B</sub>]) e prove di caratterizzazione della malta (Analisi macroscopica e microscopica della malta [A<sub>M</sub>] e caratterizzazione meccanica della malta tramite prova penetrometrica [DRMS] o CARotaggio [CAR]).

Il numero progressivo della SQM fa riferimento alla progressione di reperimento delle prove sperimentali da parte del gruppo di ricerca (senza far riferimento né all'esecuzione temporale delle prove né ai periodi di edificazione delle costruzioni nelle quali sono collocati i pannelli sottoposti a prova).

### 1.2.2 Denominazione pannello

Questa voce specifica la denominazione del pannello. Permette di riconoscere all'interno di uno stesso edificio pannelli con differenti collocazioni sui quali possono essere state svolte distinte prove.

La denominazione del pannello è composta da un primo numero progressivo per pannelli collocati entro uno stesso edificio (mentre inizia di nuovo al momento di cambio di edificio), da un eventuale codice entro parentesi che ne identifica il nome secondo una identificazione propria del Laboratorio che ha svolto la prova ed infine il terzo codice che riprende il numero progressivo della prova come riportato alla sezione §1.2.1. Un esempio è riportato nel seguito.

PANNELLO 1 (M6)-040. Si riferisce al primo pannello analizzato (su 3 pannelli all'interno di uno stesso edificio), individuato come "M6" dal Laboratorio che ha svolto la prova e relativo alla SQM n° 040 (numero progressivo di tutte le SQM presenti).

### **1.2.3 Regione-Provincia-Comune**

Queste voci identificano il luogo di appartenenza dell'edificio contenente il pannello murario su cui è svolta la prova.

### **1.2.4 Data Rilievo**

Questo campo si riferisce alla data in cui è stato fatto il rilievo della struttura del pannello murario o, in alternativa, alla data in cui la prova sperimentale è stata eseguita.

### **1.2.5 Laboratorio di prova**

Questa voce identifica il laboratorio di prova che ha eseguito la prova sperimentale. Attualmente, i laboratori che hanno fornito dati sperimentali sono:

- Laboratorio Prove strutture e materiali afferente al Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli studi di Firenze (DICEA, <https://www.dicea.unifi.it/cmpro-v-p-245.html>);
- Laboratorio SIGMA S.R.L. – Prove su materiali da costruzione dal 1973 (<http://www.laboratoriosigma.it>);
- Laboratorio Ufficiale per le Esperienze dei Materiali da Costruzione del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Pisa (Laboratorio Ufficiale ai sensi della ex L. 5/11/1971 nr.1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica");
- Prove materiali e strutture (LPMS) afferente al Dipartimento di Architettura DIDA (UNIFI).

### **1.2.6 Categoria di muratura**

Viene definita una categoria di appartenenza della muratura del pannello sul quale è stato eseguito il test sperimentale, in riferimento sia alla classificazione adottata a partire dal 2003 in Regione Toscana ([1] [6]) che alla classificazione nazionale delle murature, definita all'interno della precedente Circolare Ministeriale n.617/2009 (Tabelle C8A.2.1 e C8A.2.2) e della Circolare Ministeriale attualmente in vigore n.7/2019 (Tabelle C.8.5.I e C.8.5.II).

#### **1.2.6.1 Classificazione secondo Regione Toscana**

La classificazione delle murature adottata dalla Regione Toscana a partire dal 2003, secondo l'impostazione della Scheda di Rilevamento della Vulnerabilità Sismica degli Edifici in Muratura GNDT/CNR di II Livello [1], suddivide le tipologie di muratura esistenti in 14 classi, apportando alcune modifiche alle categorie già definite, a livello nazionale, nella "Sezione 7 – Tipologia strutturale (strutture verticali)" della scheda di rilevamento degli edifici I Livello GNDT/CNR e riportate in

forma estesa nel manuale di istruzioni della scheda stessa [12]<sup>1</sup>.

Nella classificazione regionale, la distinzione per le categorie di muratura in pietrame è eseguita principalmente considerando:

- la presenza o meno del sacco (o nucleo interno) nello spessore murario;
- la presenza o meno di ricorsi in mattoni pieni e/o pietra squadrata;
- la tipologia di pietra (pietra arrotondata, ciottoli di fiume, pietre di pezzatura regolare o irregolare);
- la qualità della tessitura muraria (orizzontalità dei filari e sfalsamento dei giunti) e della malta.

### 1.2.6.2 Classificazione secondo Circ. Min. n. 617/2009

La classificazione delle tipologie murarie definita nel documento Circ. Min. n. 617/2009 [8] in Tabella C8A.2.1 (Tabella 1), suddivide le murature esistenti in 11 classi di murature valide su tutto il territorio nazionale e fornisce per tali murature le caratteristiche meccaniche (valori minimi e massimi) di resistenza e deformabilità, in aggiunta al peso proprio.

Le prime 6 categorie di muratura possono essere considerate murature “storiche” mentre le ultime 5 possono essere considerate murature “moderne”. Per le prime 6 tipologie di muratura le caratteristiche fornite sono relative alle seguenti condizioni: malta scadente, giunti di spessore rilevante, assenza di ricorsi o listature, assenza di connessioni trasversali ed assenza di rinforzo. In base al rispetto o meno di alcuni parametri qualificanti la muratura, tali caratteristiche possono subire variazioni attraverso l'utilizzo di coefficienti correttivi, che sono definiti in Tabella C8A.2.2 di [8] (Tabella 2).

Con lo scopo di individuare in maniera sintetica le categorie murarie ed i coefficienti correttivi sono state inserite delle abbreviazioni. Le 11 categorie di muratura della Tab. C8A.2.1 sono indicate attraverso numeri romani (I-XI, in rosso in tabella), i coefficienti correttivi Tab. C8A.2.2 sono invece indicati con numeri arabi 1÷7, riportati in rosso in Tabella 2.

Tabella 1: Tabella C8A.2.1 [8].

Tipologia di muratura	Categoria	$f_m$ (N/cm <sup>2</sup> )	$\tau_0$ (N/cm <sup>2</sup> )	E (N/mm <sup>2</sup> )	G (N/mm <sup>2</sup> )	W (kN/m <sup>3</sup> )
muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	I	100	2.0	690	230	19
		180	3.2	1050	350	
muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	II	200	3.5	1020	340	20
		300	5.1	1440	480	
muratura in pietre a spacco con buona tessitura	III	260	5.6	1500	500	21
		380	7.4	1980	660	
muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	IV	140	2.8	900	300	16
		240	4.2	1260	420	
muratura a blocchi lapidei squadriati	V	600	9.0	2400	780	22
		800	12.0	3200	940	
muratura in mattoni pieni e malta di calce	VI	240	6.0	1200	400	18
		400	9.2	1800	600	
muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤ 40%)	VII	500	24.0	3500	875	15
		800	32.0	5600	1400	
muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)	VIII	400	30.0	3600	1080	12
		600	40.0	5400	1620	
muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (percentuale foratura < 45%)	IX	300	10.0	2700	810	11
		400	13.0	3600	1080	
muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	X	150	9.5	1200	300	12
		200	12.5	1600	400	
muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)	XI	300	18.0	2400	600	14
		440	24.0	3520	880	

<sup>1</sup> Può risultare improprio l'utilizzo del termine *classificazione regionale* poiché tale si basa sulla classificazione nazionale definita nella scheda I Livello GNDR/CNR. L'utilizzo del termine *regionale* si riferisce all'adozione ed alla diffusione di questa classificazione delle murature a livello regionale toscano.

**Tabella 2: Tabella C8A.2.2 [8].**

Categoria	malta buona	giunti sottili (< 10 mm)	ricorsi o listature	connessione trasversale	nucleo scadente e/o ampio	iniezioni	intonaco armato
	1	2	3	4	5	6	7
I	1.5	-	1.3	1.5	0.9	2.0	2.5
II	1.4	1.2	1.2	1.5	0.8	1.7	2.0
III	1.3	-	1.1	1.3	0.8	1.5	1.5
IV	1.5	1.5	-	1.5	0.9	1.7	2.0
V	1.2	1.2	-	1.2	0.7	1.2	1.2
VI	1.5	1.5	-	1.3	0.7	1.5	1.5

Per quanto riguarda la classificazione delle Tabelle C8A.2.1-2, possono essere fatte le seguenti osservazioni:

- la distinzione tra le prime categorie di muratura in pietrame (categorie “I”, “II”, “III” e “V”) è eseguita in base alle caratteristiche del blocco (forma, dimensione e lavorazione), nonché alla organizzazione del paramento, che può essere definita a partire dalla regolarità della tessitura, dimensione ed orizzontalità dei filari di malta e dallo sfalsamento dei giunti verticali. Le classi di muratura sono definite a crescenti caratteristiche meccaniche di resistenza e deformabilità;
- i valori delle caratteristiche meccaniche si riferiscono a murature con le seguenti caratteristiche: malta scadente, giunti di spessore rilevante, assenza di ricorsi o listature, assenza di connessioni trasversali, assenza di rinforzo, ovvero sono proprie di murature realizzate senza il rispetto di alcuna regola dell’arte. Nel caso di attribuzione della tipologia di muratura di un edificio “reale”, solitamente, sono note informazioni riguardanti il paramento murario (o porzione di esso se risulta intonacato) e, limitatamente a delle porzioni, sono disponibili informazioni sulla sezione muraria. La mancanza di informazioni più dettagliate e la non accurata indagine conoscitiva della tipologia muraria sono in questo modo bilanciate dalla definizione di caratteristiche meccaniche riferite a condizioni mediocri della muratura. Nei casi in cui l’indagine conoscitiva è ritenuta approfondita e sono riscontrate delle condizioni diverse, per le prime sei classi di murature le caratteristiche meccaniche possono essere corrette attraverso i coefficienti riportati in Tabella C8A.2.2. L’applicazione di tali coefficienti presenta delle limitazioni: per le categorie di muratura in “pietrame disordinato” (cat. “I”) e “pietrame a spacco con buona tessitura” (cat. “III”) non può essere applicato il coefficiente di miglioramento dovuto alla presenza di giunti sottili, mentre per le categorie di muratura in tufo (“IV”), blocchi lapidei e mattoni pieni (cat. “VI”), essendo costituite di per loro da blocchi omogenei, di forma e dimensioni, non può essere utilizzato il coefficiente correttivo dei ricorsi. Inoltre, i coefficienti correttivi relativi alla qualità della malta, presenza di ricorsi o listature, presenza di connessioni trasversali sono da utilizzare in seguito ad una indagine approfondita della muratura che si estenda per una ampia zona del paramento e per tutto lo spessore murario, attraverso endoscopie o carotaggi.
- la categoria “II”, “muratura in conci sbozzati con paramento di limitato spessore e nucleo interno”, è l’unica categoria che contiene nella sua definizione esplicitamente la dicitura “nucleo interno”. Questo sembra in contrasto con quanto riportato nella Tabella C8A.2.2 in quanto il coefficiente “nucleo scadente” può essere applicato anche a tale categoria, facendone diminuire le caratteristiche meccaniche del 20%. Inoltre, la presenza di “nucleo interno” nella definizione genera ambiguità: l’attribuzione della categoria normativa ad una muratura reale potrebbe essere fatta solo in base alla presenza del nucleo interno e non in base al tipo di pietra, alla lavorazione ed alla tessitura del paramento.

#### **1.2.6.2.1 Categoria “II” “muratura a conci sbozzati con paramento di limitato spessore e nucleo interno”**

La categoria “II” si inserisce se la muratura reale risulta costituita da elementi sbozzati, ovvero con spigoli non arrotondati e disposizione dei blocchi nel paramento discretamente caotica per la quale non si riconoscono giunti di malta orizzontali

o giunti verticali sfalsati. Gli elementi presenti non possono essere ricondotti a:

- ciottoli o pietre stondate per cui la muratura appartenerebbe alla categoria “inferiore” (“I” “*muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)*”)
- elementi parallelepipedi molto regolari per cui necessariamente si avrebbe la presenza di orizzontalità dei giunti di malta verticali e orizzontali e la muratura ricadrebbe nella categoria “superiore” (“III” “*muratura in pietre a spacco con buona tessitura*”).



Figura 2: Da sinistra a destra, esempi di muratura in categoria “II”.

#### 1.2.6.2.2 Murature in pietrame con “nucleo interno” e con “connessioni trasversale”

La Tabella C8A.2.1 di [8] fornisce le caratteristiche meccaniche di resistenza e deformabilità per le prime sei categorie con riferimento alle seguenti condizioni della muratura: malta scadente, giunti di spessore rilevante, assenza di ricorsi o listature, assenza di connessioni trasversali ed assenza di rinforzo. Le diverse tipologie di murature storiche di Tabella C8A.2.1 assumono che la muratura sia costituita da due paramenti accostati, o con un nucleo interno di limitato spessore (inferiore allo spessore del paramento). Nel caso in cui il nucleo interno sia ampio rispetto ai paramenti e/o particolarmente scadente, è opportuno ridurre opportunamente i parametri di resistenza e deformabilità, attraverso una omogeneizzazione delle caratteristiche meccaniche nello spessore o, in assenza di valutazioni più accurate, è possibile penalizzare i parametri meccanici attraverso il coefficiente indicato in Tabella C8A.2.2.

In base a quanto osservato nel campione di studio, il nucleo interno ampio o scadente è stato considerato per murature di pietrame che presentano spessori strutturali maggiori di 50 cm, con paramenti completamente scollegati e con presenza di materiale di pezzatura minore rispetto a quello dei paramenti esterni al centro della sezione che si estende per tutta l'altezza del pannello murario<sup>2</sup>. I paramenti esterni non sono in contatto tra loro o non sono presenti elementi trasversali di connessione in tutto lo spessore della parete (diatoni). Nella sezione trasversale deve essere possibile tracciare due linee di minimo tracciato (§1.3.3.1.9, §1.3.3.1.10), come riportato in Figura 3a. In Figura 3b sono riportati invece due esempi di murature in cui si riconoscono due paramenti accostati costituiti da pietre di pezzature di 20-30 cm in cui, a tratti al loro interno, si individua la presenza di pietre con pezzature più piccole e abbondante quantitativo di malta. La porzione interna risulta non continua in tutta la sezione e, almeno da analisi visive, con caratteristiche meccaniche presumibilmente non significativamente inferiori rispetto a quelle dei paramenti esterni. Per questo, nell'Abaco, le murature di Figura 3b sono state considerate come prive di nucleo interno.

Osservazione: secondo la precedente impostazione fa eccezione l'inserimento nelle murature con “nucleo scadente” la muratura relativa alla prova 003 con spessore strutturale di circa 50 cm. In questo caso, sebbene dalla restituzione grafica

<sup>2</sup> Si fa riferimento al saggio verticale di circa 1-2 m che è stato possibile vedere o con le prove distruttive di compressione semplice o di compressione diagonale.

della sezione la porzione di nucleo interno sia limitata, si avevano informazioni (da relazione tecnica di prove) circa la costante presenza di nucleo interno scadente nella sezione muraria.

La connessione trasversale è presente nella sezione muraria se vi sono elementi che attraversano tutto lo spessore murario (diatoni), ovvero che sono in grado di connettere i paramenti murari esterni. La maggioranza delle murature individuate ed inserite nel presente database non possiede questa caratteristica. Solo in alcuni casi sono presenti diatoni ma in numero relativamente basso e pertanto non sono stati ritenuti in grado di esplicitare una buona connessione (Figura 4a): nella compilazione della SQM il parametro “presenza di diatoni” è stato considerato “parzialmente rispettato”. La connessione trasversale è garantita per murature che presentano ricorsi in calcestruzzo di buona qualità, con spessore costante in tutta la sezione (circa 7-10 cm) posti ad un interasse compreso tra 50-80 cm (Figura 4b).

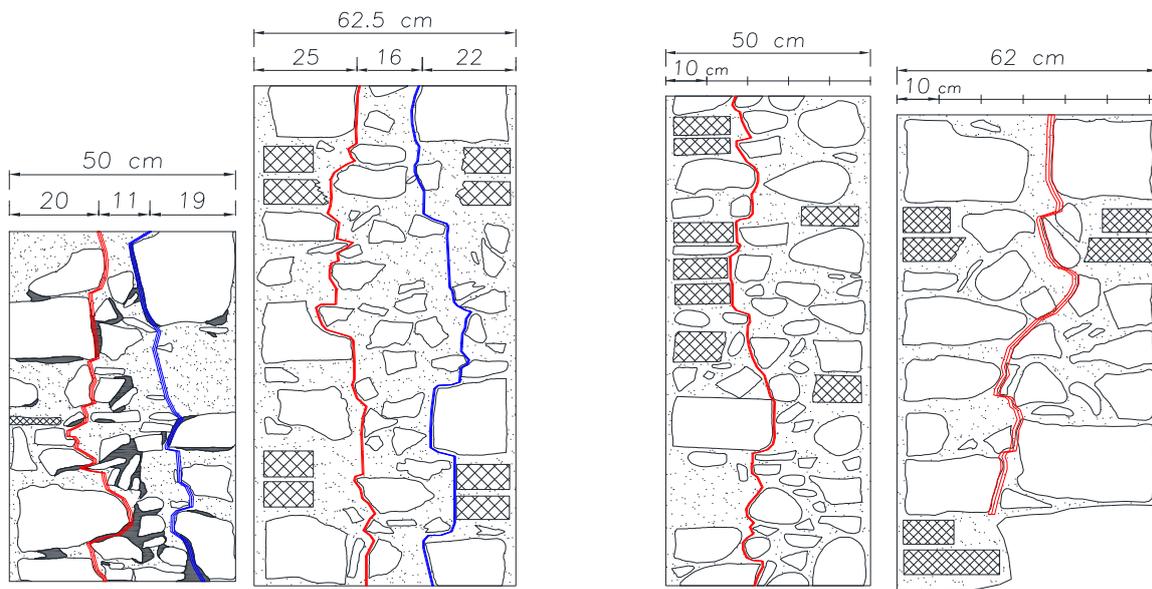


Figura 3: Esempi di murature con e senza nucleo scadente.

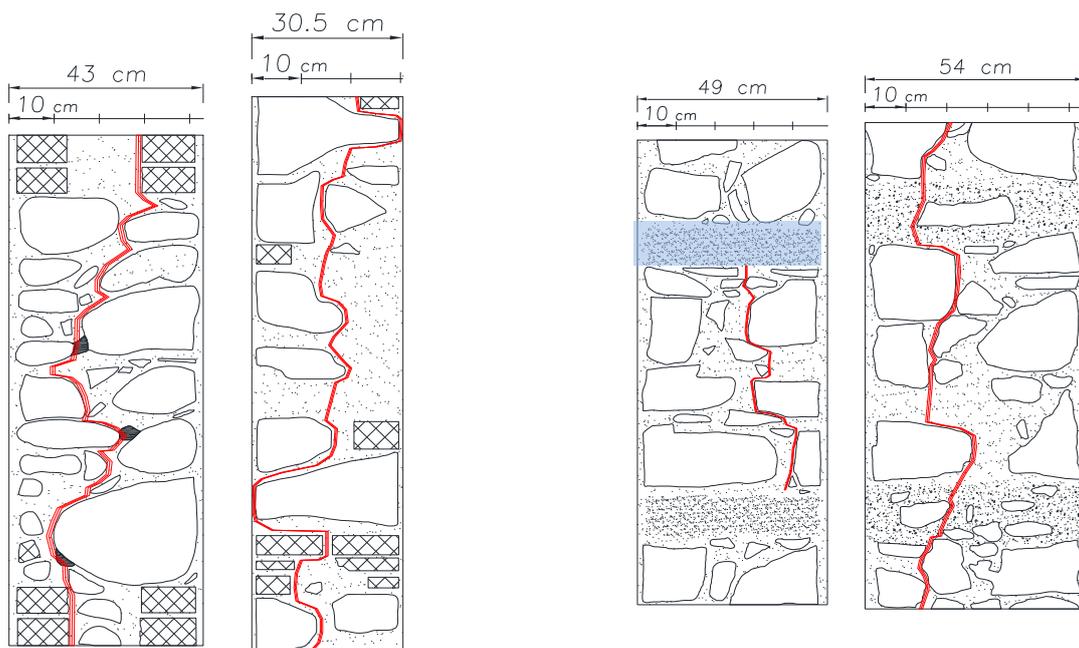


Figura 4: Esempi di murature con presenza di diatoni nella sezione e con presenza di ricorsi in calcestruzzo.

Nel caso di murature in mattoni pieni il coefficiente relativo alla connessione trasversale è inserito se esse sono realizzate a regola d'arte e si riscontra la presenza sistematica di diatoni, elementi che almeno per il 2/3 attraversano la sezione.

Nel caso di murature costituite da blocchi regolari (mattoni pieni, tufo, etc...) ad unico paramento il coefficiente relativo alla connessione trasversale non è inserito.

### 1.2.6.3 Confronto classificazione Regione Toscana e Circ. Min. n.617/2009

Al fine di avere una coerenza tra le due classificazioni ai proposte paragrafi precedenti, attraverso le quali è possibile eseguire la ricerca nel database, sono state incrociate le 14 categorie dell'abaco tipologico toscano (indicate con una lettera, da A=M e Z) e le 11 categorie di muratura presenti in Normativa, indicate attraverso numeri romani ("I-XI") quando necessario integrate con i coefficienti correttivi (Tab.C8A.2.2, Circ. 617/2009) indicati con numeri arabi 1÷7. Per effettuare questo passaggio, in modo da facilitare l'attribuzione alle categorie nazionali, le categorie regionali sono state suddivise, quando possibile, in sottoclassi nel caso la loro definizione si riferisse a più di una tipologia di muratura.

Si sottolinea il fatto che, essendo le due classificazioni basate su criteri non esattamente coincidenti, non è stato possibile trovare una corrispondenza perfettamente biunivoca tra le stesse, ricordando inoltre che le tipologie di muratura previste a livello nazionale, combinando le 11 categorie con i coefficienti correttivi della Tabella C8A.2.2, coprono un più variegato range di casistiche rispetto alle categorie regionali.

I risultati dell'incrocio delle categorie di muratura appartenenti alle due classificazioni sono riportati in Tabella 3.

Dall'analisi comparativa effettuata e dalla valutazione delle foto esplicative riportate in AA.VV. (2003) (che, si ricorda, fanno riferimento al solo paramento murario), si riscontra una immediata corrispondenza tra le categorie "C" (*Muratura di pietra sbazzata in presenza di irregolarità*) e la categoria "II" (*muratura a conci sbazzati con paramento di limitato spessore e nucleo interno*) e tra la categoria "E" (*Muratura di pietra arrotondata o ciottoli di fiume di pezzatura varia senza mazzette e/o ricorsi in mattoni pieni e/o pietra squadrata*) e la categoria "I" (*muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)*).

In alcuni altri casi, la corrispondenza non è stata diretta e si è dovuto ricorrere, all'interno delle categorie definite in Tabella C8.A.2.1 all'utilizzo dei coefficienti correttivi della Tabella C8A.2.2. In particolare, la categoria "B", (*Muratura a sacco formata da pietre di pezzatura più regolare, bene intessuta e con collegamento tra i due fogli oppure come sopra con spigoli, mazzette e/o ricorsi in pietra squadrata o mattoni pieni*) è stata divisa in due sottocategorie in base alla presenza o meno dei ricorsi ("B<sub>A</sub>" e "B<sub>B</sub>"): a queste due categorie, che come base hanno una *muratura a spacco con buona tessitura* della classificazione nazionale (cat. "III"), sono stati correlati i coefficienti correttivi dovuti alla "connessione trasversale" (4) ed al "nucleo interno" (5).

La categoria "D" (*Muratura di pietra sbazzata con spigoli, mazzette e/o ricorsi in mattoni pieni e/o pietra squadrata*), in base alla sua definizione, corrisponderebbe direttamente alla categoria nazionale "II-3", ovvero *muratura a conci sbazzati con paramento di limitato spessore e nucleo interno (cat."II") + ricorsi (3)*. Avendo osservato le fotografie esplicative in AA.VV, 2003, a tale tipologia è stata associata anche la categoria "I-3" (*Muratura in pietrame disordinata (cat.I) + ricorsi (3)*), muratura maggiormente disorganizzata e costituita non solo da pietre sbazzate, ma anche arrotondate, ciottoli di fiume, di forma e di dimensioni variabili.

La categoria di muratura regionale "G" "Muratura ad un paramento in blocchetti di tufo o pietra da taglio di dimensioni costanti", che comprende nella sua definizione tutte le murature che hanno un singolo paramento o blocchi di dimensione regolare, viene sdoppiata in due categorie ("G<sub>A</sub>" e "G<sub>B</sub>"), in modo da compararla con le categorie previste dalla Tab.CA8.2.1 che, oltre a dividere per regolarità dei blocchi e della tessitura muraria, dividono le murature in conci di pietra tenera (tufo, cat. "IV"), e blocchi lapidei squadri (cat. "V").

Si fa inoltre notare che all'interno della classificazione regionale, maggiormente qualitativa, non vi è distinzione tra le percentuali di foratura per le murature in laterizio ("L") o blocchi di calcestrutto ("H-I"), che invece è presente nelle categorie nazionali. Questa considerazione ha portato a differenziare le categorie di muratura regionali in laterizio in sottogruppi, "L<sub>A</sub>", come "muratura in laterizio pieno" corrispondente alla categoria "VI" nazionale e "L<sub>B</sub>", "muratura in laterizio forato" che invece corrisponde alle categorie nazionali "VII", "VIII" e "IX", a seconda della percentuale di foratura e tipo di malta, a cui corrispondono diverse caratteristiche meccaniche.

Infine, la Tabella C8A.2.1 non prende in considerazione la classe "M" dell'abaco delle tipologie di muratura della Regione Toscana, che rappresenta la "muratura in blocchi di laterizio con percentuale di foratura > 45%".

**Tabella 3: Confronto tra classificazione tipologica della Regione Toscana ([1] [6]) e classificazione da Tab. C8A.2.1-2.**

Classificazione Regionale e descrizione (Manuale GNDT II Livello)		Classificazione Nazionale e descrizione (Circ. Min. 617/09 - Tab. C8A.2.1-2)	
A	Muratura a sacco formata da pietre di pezzature molto varie male intessuta e priva di collegamento tra i due fogli	I-5	Muratura in pietrame disordinata (cat.I) + nucleo interno (5)
B	B <sub>A</sub> Muratura a sacco formata da pietre di pezzatura più regolare, bene intessuta e con collegamento tra i due fogli	III-4-5	Muratura in pietre a spacco con buona tessitura (cat.III) + connessione trasversale (4) + nucleo interno (5)
	B <sub>B</sub> Muratura a sacco formata da pietre di pezzatura più regolare, bene intessuta e con collegamento tra i due fogli oppure come sopra con spigoli, mazzette e/o ricorsi in pietra squadrata o mattoni pieni	III-4-5-3	Muratura in pietre a spacco con buona tessitura (cat.III) + connessione trasversale (4) + nucleo interno (5) + ricorsi (3)
C	Muratura di pietra sbozzata in presenza di irregolarità	II	muratura a conci sbozzati con paramento di limitato spessore e nucleo interno (cat.II)
D	Muratura di pietra sbozzata con spigoli, mazzette e/o ricorsi in mattoni pieni e/o pietra squadrata	I-3	Muratura in pietrame disordinata (cat.I) + ricorsi (3)
		II-3	muratura a conci sbozzati con paramento di limitato spessore e nucleo interno (cat.II) + ricorsi (3)
E	Muratura di pietra arrotondata o ciottoli di fiume di pezzatura varia senza mazzette e/o ricorsi in mattoni pieni e/o pietra squadrata	I	Muratura in pietrame disordinata (cat.I)
F	Come sopra con spigoli, mazzette e/o ricorsi in pietra squadrata e/o mattoni pieni	I-3	Muratura in pietrame disordinata (cat.I) + ricorsi (3)
G	G <sub>A</sub> Muratura ad un paramento in blocchetti di tufo	IV	Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.) (cat. IV)
	G <sub>B</sub> Muratura ad un paramento in blocchetti di pietra da taglio di dimensioni costanti	V	Muratura in blocchi lapidei squadri (cat.V)

Classificazione Regionale e descrizione (Manuale GNDT II Livello)		Classificazione Nazionale e descrizione (Circ. Min. 617/09 - Tab. C8A.2.1-2)		
H-I	Muratura in blocchetti di calcestruzzo prefabbricati con inerti ordinari o leggeri (argilla espansa), omogenei in tutta la sua estensione	X	Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (percentuale foratura tra 45% e 65%) (cat.X)	
		XI	Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (percentuale foratura $\leq$ 45%) (Cat.XI)	
L	LA	VI	Muratura in mattoni pieni e malta di calce (cat.VI)	
	LB	VII	muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (cat.VII) (doppio UNI foratura $\leq$ 40%)	
		VIII	muratura in mattoni semipieni (doppio UNI foratura $\leq$ 45%)	
		IX	muratura in blocchi laterizi semipieni con giunti verticali a secco (percentuale foratura $\leq$ 45%)	
M	Muratura in blocchi di laterizio con foratura > 45%	-	Non presente	
Z	Z <sub>A</sub>	Muratura consolidata (iniezione di miscele leganti)	i-6	i + iniezioni (6)
	Z <sub>B</sub>	Muratura consolidata (betoncino armato)	i-7	i + intonaco armato (7)

#### 1.2.6.4 Classificazione secondo Circ. Min. 7/2019

La classificazione nazionale delle tipologie murarie, definita nella Circ. Min. n.7/2019 [9] in Tabella C.8.5.I (Tabella 4), ha previsto la riduzione delle tipologie di muratura da 11 a 8 classi rispetto alla classificazione della Circ. Min. 617/2009 (par. 1.2.6.2), eliminando le murature di blocchi artificiali di tecnologia moderna, per le quali i parametri da utilizzare per le verifiche possono essere derivati dalle indicazioni per la progettazione di nuove costruzioni in muratura. Per tale motivo, le murature moderne, appartenenti alle categorie "VIII – XI" della precedente Tabella C8A.2.1 [9], insieme con le murature già allora non classificabili (NC), sono categorizzate attualmente come NC.

Con lo scopo di individuare in maniera sintetica le categorie murarie ed i coefficienti correttivi sono state inserite delle abbreviazioni. In accordo con quanto indicato al paragrafo 1.2.6.2, le categorie di muratura della Tabella C.8.5.I sono indicate attraverso numeri romani ("I-VII" con la categoria "IV" sdoppiata in "Iva" e "IVb", in rosso in Tabella 4), mentre i coefficienti correttivi di Tab. C.8.5.II sono indicati con numeri arabi 1÷8 (riportati in rosso in Tabella 5), con eccezione dei coefficienti "2" e "5".

Coerentemente con i modelli di capacità per la resistenza a taglio per azioni nel piano (C.8.7.1.3 di [9]), sono forniti due distinti valori della resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali,  $\tau_0$  o  $f_{v0}$ , per le murature regolari (tufo, blocchi lapidei, mattoni pieni e mattoni semipieni).

La categoria relativa a murature a conci di pietra tenera ("IV") è stata suddivisa in due sottocategorie: *muratura irregolare di pietra tenera* ("IVa") e *muratura a conci regolari di pietra tenera* ("IVb").

Le caratteristiche fornite sono relative alle seguenti condizioni: malta di calce di modeste caratteristiche (resistenza media a compressione  $f_m$  stimabile tra 0.7 e 1.5 N/mm<sup>2</sup>), assenza di ricorsi (listature), paramenti semplicemente accostati o mal collegati, tessitura (nel caso di elementi regolari) a regola d'arte, muratura non consolidata.

Nel caso di malta particolarmente scadente è possibile tenerne conto in caso di analisi sismica applicando un coefficiente riduttivo pari a 0.7 per le resistenze e 0.8 per i moduli elastici ai valori proposti in Tabella C.8.5.I.

Nella muratura a conci sbozzati (cat. "II") i valori di resistenza possono essere incrementati tramite un coefficiente moltiplicativo pari a 1.2 se si riscontra la sistematica presenza di zeppe profonde in pietra (che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei). Inoltre, è stato inserito un coefficiente peggiorativo nel caso di mattoni pieni e malta di calce se i giunti si presentano con spessore superiore a 13 mm (in assenza di valutazioni più precise, è possibile utilizzare un coefficiente riduttivo pari a 0.7 per le resistenze e 0.8 per i moduli elastici).

In presenza di uno stato di fatto migliore, le caratteristiche riportate in Tab. C.8.5.I possono subire variazioni attraverso l'utilizzo dei coefficienti migliorativi di Tabella C8.5.II [9] (Tabella 5) in combinazione tra loro, in forma moltiplicativa, considerando la concomitanza al più dei due effetti che hanno i coefficienti moltiplicativi più alti.

Rispetto alla precedente Tabella C8A.2.2, anche la tabella dei coefficienti correttivi ha subito modifiche. Sono stati eliminati i coefficienti dei "giunti sottili" e del "nucleo interno scadente e/o ampio" (e quindi soppressi dalla numerazione i coefficienti "2" e "5" dalla Tabella 5) ed è stato inserito un coefficiente correttivo relativo all'intervento di "ristilatura armata" (che assume valore "8"). È inoltre presente nell'ultima colonna il massimo coefficiente moltiplicativo che è possibile utilizzare per ciascuna categoria muraria.

Tabella 4. Tabella C.8.5.I [9].

Tipologia di muratura	Categoria	f <sub>m</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>0</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>vo</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	E (N/mm <sup>2</sup> )	G (N/mm <sup>2</sup> )	w (kN/m <sup>3</sup> )
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	I	1.0	0.018	-	690	230	19
		2.0	0.032	-	1050	350	
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	II	2.0	0.035	-	1020	340	20
			0.051	-	1440	480	
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	III	2.6	0.056	-	1500	500	21
			0.074	-	1980	660	
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	IVa	1.4	0.028	-	900	300	13 – 16 (***)
			0.042	-	1260	420	
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	IVb	2.0	0.04	0.10	1200	400	22
			0.08	0.19	1620	500	
Muratura a blocchi lapidei quadrati	V	5.8	0.09	0.18	2400	800	18
			0.12	0.28	3300	1100	
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	VI	2.6	0.05	0.13	1200	400	15
			0.13	0.27	1800	600	
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es., doppio UNI foratura ≤40%)	VII	5.0	0.08	0.20	3500	875	15
			0.17	0.36	5600	1400	

(\*) 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 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.

Tabella 5: Tabella C.8.5.II [9].

Tipologia di muratura	Stato di fatto			Interventi di consolidamento			
	1	3	4	6	7	8	Massimo coefficiente complessivo
	Malta buona	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Iniezione di miscele leganti (*)	Intonaco armato (**)	Ristilatura armata con connessione dei paramenti (**)	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1.5	1.3	1.5	2	2.5	1.6	3.5
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo	1.4	1.2	1.5	1.7	2.0	1.5	3.0
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1.3	1.1	1.3	1.5	1.5	1.4	2.4

Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1.5	1.2	1.3	1.4	1.7	1.1	2.0
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1.6	-	1.2	1.2	1.5	1.2	1.8
Muratura a blocchi lapidei squadriati	1.2	-	1.2	1.2	1.2	-	1.4
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	(***)	-	1.3 (****)	1.2	1.5	1.2	1.8
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	1.2	-	-	-	1.3	-	1.3

(\*) I coefficienti correttivi relativi alle iniezioni di miscele leganti devono essere commisurati all'effettivo beneficio apportato alla muratura, riscontrabile con verifiche sia nella fase di esecuzione (iniettabilità) sia a-posteriori (riscontri sperimentali attraverso prove soniche o similari).

(\*\*) Valori da ridurre convenientemente nel caso di pareti di notevole spessore (p.es. > 70 cm).

(\*\*\*) Nel caso di muratura di mattoni si intende come "malta buona" una malta con resistenza media a compressione  $f_m$  superiore a 2 N/mm<sup>2</sup>. In tal caso il coefficiente correttivo può essere posto pari a  $f_m^{0.35}$  ( $f_m$  in N/mm<sup>2</sup>).

(\*\*\*\*) Nel caso di muratura di mattoni si intende come muratura trasversalmente connessa quella apparecchiata a regola d'arte.

In aggiunta ai coefficienti riportati in Tabella 5, al fine di considerare tutte le condizioni che le murature possono avere nella classificazione della Circ. Min. n.7/2019 (e dar loro una abbreviazione), nell'Abaco sono utilizzati tre ulteriori coefficienti abbreviativi:

- **"9"** nel caso in cui la muratura abbia la malta con caratteristiche particolarmente scadenti (resistenza media a compressione  $f_m$  stimabile inferiore a 0.7 N/mm<sup>2</sup>) per cui la Circ.Min.n.7/2019 propone l'utilizzo di coefficiente riduttivo pari a 0.7 per le resistenze e 0.8 per i moduli elastici;
- **"10"** nel caso in cui la muratura in mattoni pieni abbia giunti di malta spessi, ovvero superiori a 13 mm, per cui la Circ.Min.n.7/2019 propone l'uso di un coefficiente riduttivo pari a 0.7 per le resistenze e 0.8 per i moduli elastici;
- **"11"** per presenza di zeppe profonde in pietra per muratura di categoria "II" per cui la Circ.Min.n.7/2019 propone l'utilizzo di un coefficiente migliorativo pari a 1.2 per rigidezze e resistenze.

Esempio:

L'abbreviazione secondo la categorizzazione della Circ. Min. n.7/2019 (Tabelle C8.5.I-II) della muratura "mattoni pieni e malta di calce con malta buona e con giunti spessi" è **"VI-1-10"**.

Nell'uso dei simboli di associazione di categorie, tutti i coefficienti correttivi presenti in ciascuna classificazione (1÷7 per Circ. Min. n.617/2009 e 1÷11 per Circ. Min. n.7/2009) possono essere affiancati a qualsiasi delle tipologie di murature (X, XI... NC).

Di seguito (Tabella 6) è mostrato un esempio di aggiornamento della classificazione della tipologia muraria per un pannello appartenente alla categoria XI secondo Tabella C8A.2.1 [9] con malta buona (coefficiente 1 di Tabella C.8.5.II [9]).

**Tabella 6: Esempio di aggiornamento di classificazione della categoria muraria.**

Aggiornamento classificazione secondo Tabella C8A.2.1 [9]	XI-1
Classificazione secondo Tabella C8.5.I [9]	NC-1

### 1.2.6.5 Murature non classificabili all'interno della classificazione regionale o da Tab.C8A.2.1 o da Tab.C.8.5.I

In contesti regionali o in zone territoriali omogenee è possibile identificare murature che non rientrano in nessuna delle categorie sopracitate, per le quali non sono note le caratteristiche meccaniche di resistenza e deformabilità. Tali categorie sono generalmente legate a tecniche tradizionali o a materiali locali. In [7] sono presenti alcuni esempi di murature riscontrate in Toscana.

La SQM proposta tiene conto di queste tipologie di murature "particolari". Esse hanno la categoria "NC" (non classificabili) per la classificazione regionale o per le due nazionali.

La tipologia di blocco con la quale sono costruite è definita nella sezione [2.2 TIPOLOGIA] della Scheda di Qualità Muraria. Allo stato attuale del database sono presenti, come murature NON CLASSIFICABILI,

- Murature *miste*: ad esempio prova 043 e 084, di cui la 084 ha malta buona (NC-1);
- Murature in *masselli*: prove 049-051-052, di cui la 051 e 052 presentano ricorsi in elementi in laterizio (NC-3);
- Murature in blocchi di laterizio forati con percentuale di foratura > del 45%: ad esempio prove 013, 047 e 048, in cui la 047 e 048 appartenenti alla stessa tipologia.

Per muratura “mista” si intende una muratura composta da pietrame irregolare o appena sbozzato/lavorato (appartenente alla categoria muraria “I – muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)” oppure “II – muratura a conci sbozzati”) con una consistente presenza di mattoni pieni di dimensioni anche variabili, distribuiti sul paramento, secondo una disposizione caotica, e non riconducibili a ricorsi.

Esempi distinti di muratura “mista” di pietrame e mattoni sono riportate in Figura 5.

Non rientrano nella categoria “mista” le murature in pietrame con ricorsi riconducibili alla categoria “I-3”, “II-3”, “III-3”, a seconda del tipo e della lavorazione della pietra presente nella muratura. In questo caso il tipo di muratura sarà descritto come “muratura in pietrame” e sarà spuntata la voce relativa ai ricorsi, specificandone il materiale.

Non rientrano nella categoria “mista” neanche le murature con minima inclusione di elementi in laterizio. In questo caso il tipo di muratura sarà descritto come “muratura in pietrame” (non sarà spuntata la voce relativa ai ricorsi; se presenti, verranno segnalate le “zeppe in laterizio”). La modesta presenza di mattoni pieni non pregiudica la scelta di muratura in pietrame, ma deve essere segnalata come nota nella sezione “osservazioni” alla fine della SQM.



Figura 5: Esempi di muratura “mista”.

### 1.2.7 Tipo di edificio

Con tipo di edificio si intende la destinazione d’uso che la costruzione aveva nel momento dell’esecuzione della prova

sperimentale<sup>3</sup>.

La distinzione può essere effettuata tra:

- edificio ordinario privato;
- edificio ordinario pubblico, in questa categoria rientrano i veri e propri edifici pubblici o, più in generale, edifici al cui interno vengono svolte funzioni pubbliche;
- edificio NON ordinario.

Con edifici *ordinari* si intendono “...quelli, prevalentemente per abitazioni e/o servizi, oggetto della scheda AeDES e del relativo manuale...(...)... Sono, perciò, escluse dalla caratterizzazione tipologie riconducibili a beni monumentali (edifici religiosi, palazzi storici, etc.), a strutture speciali (capannoni industriali, centri commerciali, etc.) o strategiche (ospedali, scuole, caserme, prefetture, sedi di protezione civile, etc.), le cui caratteristiche non rientrano in quelle degli edifici ordinari.” (Citazione da [15]). Questi ultimi edifici descritti sono raccolti nella categoria “edifici non ordinari”.

Per quanto riguarda gli edifici pubblici o che ospitano un'attività di servizio pubblico, quando possibile, è stato inserito il codice identificativo delle diverse attività seguendo le definizioni della sezione “Codice Uso” della Scheda AeDES e riportati in Tabella 7.

Tabella 7: Codici identificativi dei servizi pubblici, tratto da [2].

TABELLA 2.4 CODICI IDENTIFICATIVI DEI SERVIZI PUBBLICI

COD	DESTINAZIONE	COD	DESTINAZIONE	COD	DESTINAZIONE
S00	Strutture per l'istruzione	S30	Attività collettive civili	S60	Attività collettive religiose
S01	Nido	S31	Stato (uffici tecnici)	S61	Servizi parrocchiali
S02	Scuola materna	S32	Stato (Uff. amministrativi, finanziari)	S62	Edifici per il culto
S03	Scuola elementare	S33	Regione		
S04	Scuola Media inferiore - obbligo	S34	Provincia	S70	Attività
S05	Scuola Media superiore	S35	Comunità Montana		per servizi tecnologici a rete
S06	Liceo	S36	Municipio	S71	Acqua
S07	Istituto professionale	S37	Sede comunale decentrata	S72	Fognature
S08	Istituto Tecnico	S38	Prefettura	S73	Energia Elettrica
S09	Università (Facoltà umanistiche)	S39	Poste e Telegrafi	S74	Gas
S10	Università (Facoltà scientifiche)	S40	Centro civico - Centro per riunioni	S75	Telefoni
S11	Accademia e Conservatorio	S41	Museo - Biblioteca	S76	Impianti per le telecomunicazioni
S12	Uffici Provveditorato e Rettorato	S42	Carceri		
				S80	Strutture per mobilità e trasporto
S20	Strutture Ospedaliere e sanitarie	S50	Attività collettive militari	S81	Stazione ferroviaria
S21	Ospedale	S51	Forze armate (escluso i carabinieri)	S82	Stazione autobus
S22	Casa di Cura	S52	Carabinieri e Pubblica Sicurezza	S83	Stazione aeroportuale
S23	Presidio sanitario - Ambulatorio	S53	Vigili del Fuoco	S84	Stazione navale
S24	A.S.L. (Azienda Sanitaria)	S54	Guardia di Finanza		
S25	INAM - INPS e simili	S55	Corpo Forestale dello Stato	S90	Altro (specificare nelle note)

## 1.2.8 Età della costruzione

Viene specificato l'intervallo temporale di edificazione della costruzione nel quale è collocato il pannello murario sottoposto a prova sperimentale. Se sono noti precisamente gli intervalli di costruzione dell'edificio questi sono inseriti in modo dettagliato, nella forma “DA..., A...”. In alcuni casi è stato fatto riferimento al secolo di edificazione o ad un intervallo temporale maggiormente ampio, poiché le informazioni a proposito della costruzione erano poco precise.

Osservazione operativa: se la realizzazione dell'edificio è avvenuta in un solo anno, nella scheda devono comunque essere compilate entrambe le caselle relative alla datazione storica, nella forma “DA..., A...”, inserendo lo stesso anno.

<sup>3</sup> per edifici ordinari di carattere pubblico è possibile che la destinazione d'uso al momento dell'esecuzione della prova sperimentale sia differente da quella attuale.

### 1.2.9 Numero di piani

Identifica il numero di piani totali della struttura. Il numero dei piani segue la nomenclatura riportata nel seguito:

- Piano “0” = piano interrato o parzialmente interrato.
- Piani “positivi: 1, 2, etc..” = sono i piani fuori terra. Il piano terra è indicato con “1 piano fuori terra”;
- Piani “negativi: -1, -2, etc..” = sono i piani interrati a partire dal secondo interrato.

Uno schema della nomenclatura per il numero di piani per un edificio con un piano interrato è riportato nella figura sottostante. Il piano “0” è il piano interrato.

Il piano a cui si trova il pannello segue la stessa nomenclatura di quanto riportato in precedenza. Esempio: se la prova sperimentale fosse stata effettuata nel pannello individuato dal rettangolo celeste posto in Figura 6 all’interno della scheda la collocazione sarebbe stata: 1 fuori terra.

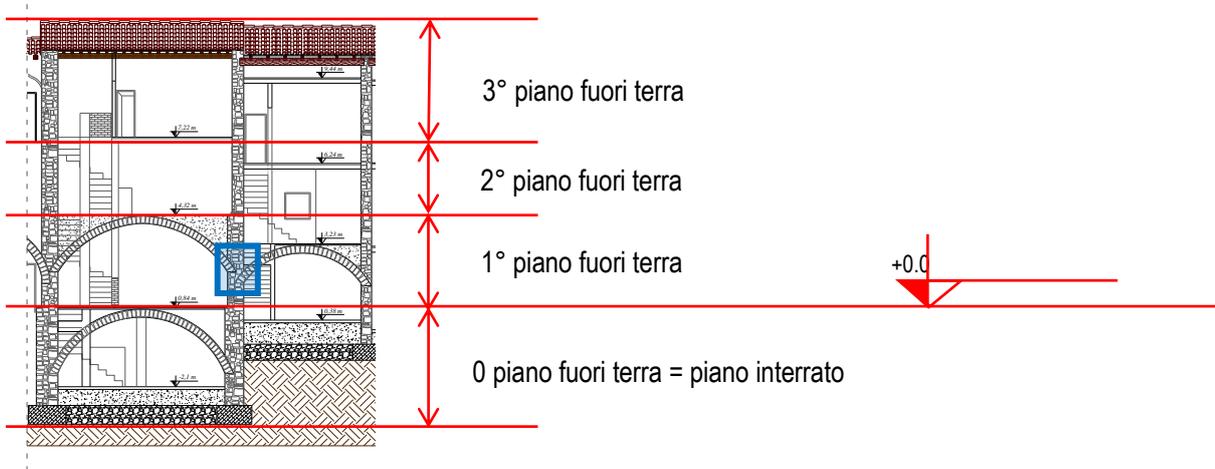


Figura 6: Identificazione numero di piani per un edificio.

### 1.2.10 Osservazioni

Si riportano eventuali osservazioni sulla prova.

### 1.2.11 Coordinate

Gli edifici nei quali sono contenuti i pannelli murari sono individuati tramite coordinate geografiche individuate sul software Google Earth (<https://www.google.com/intl/it/earth/>), relative al sistema di riferimento WGS 84 in gradi decimali (maggiori riferimenti relativi al sistema di riferimento sono disponibili sul sito <https://www.epsg-registry.org/>).

Le prove sperimentali sono state georeferenziate se i risultati delle sperimentazioni associate erano stati già pubblicati. Per i dati delle prove non ancora resi pubblici dalla proprietà, la localizzazione dell'edificio ed i dati sensibili contenuti nelle prove sono stati resi anonimi e le coordinate inserite identificano una struttura o infrastruttura nota per il luogo (stazione, ponte, rotatoria, etc.) e l'edificio che ospita il pannello murario sottoposto a prova si trova *all'interno di un cerchio con centro nella infrastruttura indicata e raggio pari a 400 metri*.

Un esempio di localizzazione è riportato nella Figura 7 per la prova 053 che riguarda una prova con martinetto doppio

nella Cappella dei Principi a Firenze. Nell'immagine a sinistra sono riportate le coordinate che individuano in modo preciso la costruzione (come è stato lecito fare poiché i dati erano già stati pubblicati). Nel caso in cui non fosse stato possibile esprimere la posizione precisa sarebbero state utilizzate le coordinate riportate nella Figura 7b; sarebbe stato indicato come edificio noto piazza antistante alla Cattedrale di Santa Maria del Fiore e sarebbe stato precisato che l'edificio esaminato reale rientra all'interno di un cerchio con centro sull'edificio noto e raggio pari a 400m.

Le prove rese anonime sono: 047-048, 049, 050, 051-052, 054-055, 056, 057-058, 059-060, 068, 075-076-077, 078-079, 080-081-082-083-084, 085-086-087, 088-089, 090-09-092, 103, 104-105, 111÷119, 121÷129.



Figura 7: Esempio di localizzazione tramite coordinate.

### 1.2.12 Tipo di prova

Come anticipato al §1.2.1, ad ogni SQM è associata una prova distruttiva o semi distruttiva sul pannello e possono essere associate più di una prova sui singoli elementi della muratura: prove di caratterizzazione dei blocchi naturali/artificiali e prove di caratterizzazione meccanica della malta.

Le prove sul pannello distruttive allo stato attuale elaborate si distinguono tra:

- prova di Compressione (C),
- prova di Compressione Diagonale (CD),

Le prove sul pannello semi (o moderatamente) distruttive allo stato attuale elaborate sono:

- prova con Martinetti Piatti Singoli e Doppi (MP-d);
- carotaggio (CAR), per individuare la muratura nello spessore murario.

Per quanto riguarda le prove sugli elementi costituenti il pannello murario, sono state effettuate per i blocchi artificiali e naturali, delle prove di:

- compressione sui blocchi, indicate con “C<sub>B</sub>”, per determinarne la resistenza alla compressione;

e per la malta:

- prove penetrometriche con trapano strumentato DRMS (Drilling Resistance Measurement System, [10]) in situ per la stima della resistenza a compressione delle malte;
- analisi di caratterizzazione fisica e composizionale delle malte “A<sub>M</sub>”.

Per la spiegazione delle tipologie di prova si rimanda alla consultazione del documento “Protocolli di prova”, scaricabile dal sito [www.abacomurature.it](http://www.abacomurature.it), pagina “metodo”.

### 1.2.13 Pianta e/o prospetto - indicazione della posizione del pannello

In questa posizione è possibile inserire delle immagini di riferimento della costruzione nella quale è presente il pannello per farne capire meglio la tipologia e la struttura portante. In particolare, si inseriscono una pianta strutturale con, se possibile, l'individuazione della posizione del o dei saggi sui quali sono state effettuate le prove sperimentali e una foto del prospetto della costruzione.

Nella pianta vengono indicate le fasi costruttive dell'edificio, se note al momento di esecuzione della prova sperimentale. In Figura 8 è illustrato un esempio delle immagini riportate nella sezione "1.14 Pianta e/o prospetto" della SQM per l'edificio sede del Liceo Scientifico Rodolico in Firenze, sul quale sono state eseguite delle prove con martinetto piatto doppio sulle murature portanti (064+067).

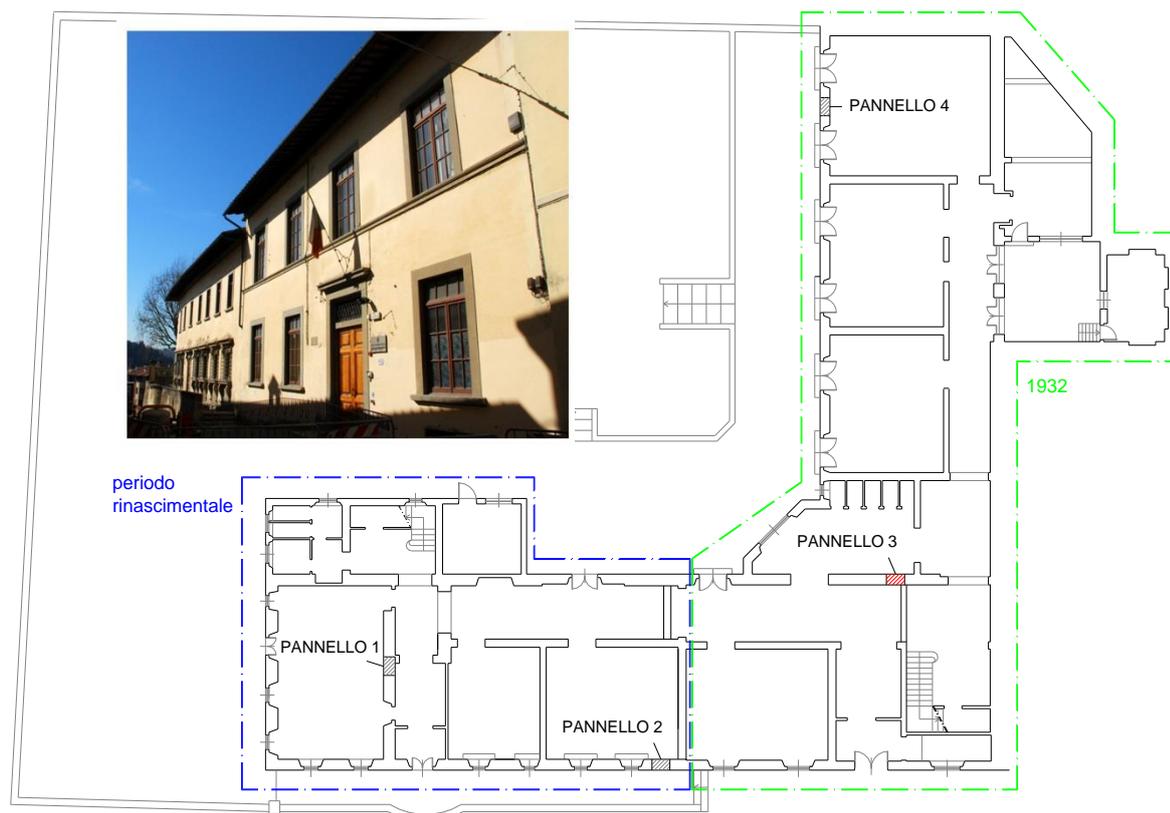


Figura 8: Pianta e prospetto; individuazione dei pannelli murari e fasi di costruzioni storiche dell'edificio.

Per i dati delle prove non ancora resi pubblici dalla proprietà, l'immagine raffigurante il prospetto esterno è sostituita dall'immagine del pannello/paramento murario che identifica la tipologia di muratura.

### 1.3 ASPETTI TECNICI PER LA COMPILAZIONE DELLA SCHEDA: PARTE SECONDA

La parte seconda della scheda è relativa alla descrizione della tipologia muraria e in essa sono riportate le caratteristiche macroscopiche principali del paramento murario e della sezione muraria (se presente/nota) del saggio oggetto di studio. Al fine di ottenere una caratterizzazione qualitativa della muratura e di procedere alla sua classificazione, gli elementi costituenti la muratura, ovvero i blocchi e la malta, sono qualificati per forma, dimensioni, tipologia, provenienza, etc.; sono inoltre presenti degli schemi grafici rappresentanti le distribuzioni di elementi resistenti, malta e vuoti del paramento e della sezione muraria oggetto di indagine.

Attraverso la SQM è richiesto di esprimere un giudizio sui 7 parametri della “regola dell’arte” che permettono di calcolare l’IQM per la muratura, secondo l’impostazione di Borri e De Maria [4] [5] e richiamata brevemente nel seguito. L’IQM esprime, attraverso un indice numerico (in una scala [0, 10]) assegnato in funzione delle sue caratteristiche proprie della muratura, la capacità del pannello murario a resistere alle azioni che lo sollecitano in tre diverse direzioni di azione: verticale, ortogonale e complanare al piano del pannello murario.

#### 1.3.1 IQM secondo l’impostazione di Borri e De Maria 2019 [5]

I parametri della “regola dell’arte” che devono essere indagati per il calcolo dell’IQM sono:

1. **Orizzontalità dei filari (OR.):** rappresenta il grado di orizzontalità dei giunti di malta nel paramento murario e dipende dal tipo di muratura e dalla tecnica costruttiva utilizzata.
2. **Sfalsamento dei giunti (S.G.):** indica la presenza di giunti verticali di malta sfalsati nel paramento murario.
3. **Presenza di diatoni (P.D.):** i diatoni sono elementi posti ortogonalmente al piano del pannello murario e hanno lunghezza tale da garantire il collegamento tra i paramenti e permettere la distribuzione del carico su tutto lo spessore del muro.
4. **Forma/regolarità degli elementi (F.EL.):** individua la forma e regolarità degli elementi che compongono la muratura.
5. **Dimensione degli elementi (D.EL.):** individua la dimensione degli elementi che compongono la muratura.
6. **Qualità/resistenza degli elementi (RE.EL.):** indica la qualità degli elementi/blocchi che compongono la muratura.
7. **Qualità della malta (MA.):** indica la qualità della malta presente nel pannello murario.

Il giudizio qualitativo che deve essere espresso per i parametri sopra esposti può essere:

- R: parametro rispettato;
- PR: parametro parzialmente rispettato;
- NR: parametro non rispettato.

In base al giudizio qualitativo sul rispetto dei parametri della “regola dell’arte”, vengono assegnati diversi punteggi numerici ad ogni parametro (Tabella 8). I punteggi, combinati secondo l’impostazione degli Autori del metodo (Eq.1), definiscono il giudizio finale sulla muratura che si concretizza in un diverso valore di IQM per ciascuna direzione dell’azione esterna che può sollecitare il pannello murario (IQM per azioni verticali,  $IQM_V$ , IQM per azioni orizzontali fuori piano,  $IQM_{FP}$  ed IQM per azioni orizzontali nel piano,  $IQM_{NP}$ ). La formulazione inizialmente proposta è stata aggiornata in seguito alle novità introdotte dalla Circ. Min. 7/2019 [5].

Per **murature NON in mattoni pieni e blocchi** vale la seguente Eq.1:

$$IQM = m \times RE.EL \times (OR. + P.D. + F.EL. + S.G. + D.EL. + MA.) \quad (1)$$

Per murature in mattoni pieni e blocchi vale la seguente Eq.2:

$$IQM = m \times g \times r \times RE.EL \times (OR. + P.D. + F.EL. + S.G. + D.EL. + MA.) \quad (2)$$

Tabella 8: Punteggi dei parametri dell'IQM, da [5].

PARAMETRI		AZIONI VERTICALI			AZIONI ORTOGONALI			AZIONI COMPLANARI		
		NR	PR	R	NR	PR	R	NR	PR	R
Orizzontalità dei filari	OR.	0	1	2	0	1	2	0	0.5	1
Sfalsamento dei giunti	S.G.	0	0.5	1	0	0.5	1	0	1	2
Presenza di diatoni	P.D.	0	1	1	0	1.5	3	0	1	2
Forma/regolarità degli elementi	F.EL.	0	1.5	3	0	1	2	0	1	2
Dimensione degli elementi	D.EL.	0	0.5	1	0	0.5	1	0	0.5	1
Qualità/resistenza degli elementi	RE.EL.	0.3	0.7	1	0.5	0.7	1	0.3	0.7	1
Qualità della malta	MA.	0	0.5	2	0	0.5	1	0	1	2

Il coefficiente correttivo  $m$  è relativo a malta di pessima qualità e vale per tutti i tipi di muratura; assume i seguenti valori:

- $m = 0.7$  in caso di malta pessima ( $f_m < 0.7 \text{ N/mm}^2$ );
- $m = 1$  in tutti gli altri casi.

Il coefficiente correttivo  $g$  è relativo alla presenza di giunti ampi e vale solo per murature di mattoni pieni o in blocchi; assume i seguenti valori:

- $g = 0.7$  in caso di muratura in mattoni pieni con giunti di malta ampi (spessore  $> 13 \text{ mm}$ );
- $g = 1$  in tutti gli altri casi.

Il coefficiente correttivo  $r$  dipende dal rispetto o meno della regola dell'arte per il parametro MA (qualità della malta), ed è da utilizzare per murature in mattoni pieni o blocchi, per le quali assume i valori riportati in Tabella 9. Infatti, da evidenze sperimentali è emerso che, per queste tipologie murarie, la resistenza tangenziale e a compressione medie del pannello sono fortemente influenzate dalla qualità della malta, che risulta in genere meno resistente dei blocchi o poco aderente ad essi. Inoltre, la rottura può avvenire senza fenomeni di ingranamento fra gli elementi, a differenza di quanto avviene per le murature in pietrame.

Tabella 9: Coefficiente correttivo  $r$  in funzione del parametro MA.

Parametro MA.	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
NR	0.2	1	0.1
PR	0.6	1	0.85
R	1	1	1

In base al valore dell'IQM trovato nelle varie direzioni dell'azione esterna, riportati in Tabella 10, alla muratura è assegnata una categoria tra le seguenti:

- A: muratura di qualità buona;

- B: muratura di qualità media;
- C: muratura di qualità scadente.

Tabella 10: Categorie di muratura in funzione dell'IQM e del tipo di azioni, [5].

	CATEGORIA DI MURATURA		
	C	B	A
AZIONI VERTICALI	$0 \leq IQM \leq 2.5$	$2.5 \leq IQM \leq 5$	$5 \leq IQM \leq 10$
AZIONI ORTOGONALI	$0 \leq IQM \leq 4$	$4 \leq IQM \leq 7$	$7 \leq IQM \leq 10$
AZIONI COMPLANARI	$0 \leq IQM \leq 3$	$3 \leq IQM \leq 5$	$5 \leq IQM \leq 10$

In base al valore di IQM trovato per ciascun pannello, inoltre, è possibile stimare dei valori delle caratteristiche meccaniche delle murature attraverso delle correlazioni numeriche proposte da Borri e De Maria 2009 [5], ricavate dall'associazione di valori di IQM alle diverse categorie murarie di Tabella C8.5.I e Tabella C8.5.II e delle relative proprietà meccaniche (minime, medie e massime), già espresse nelle Tabella 4 e Tabella 5.

Nel seguito si riportano le espressioni delle curve di correlazione tra il valore dell'IQM complanare ed i valori (minimi, medi e massimi) della resistenza a compressione  $f$  (Figura 9), delle resistenze a taglio  $\tau_0$  (Figura 10) e  $f_{v0}$  (Figura 11) e dei moduli di elasticità  $E$  (Figura 12) e  $G$  (Figura 13).

Per ulteriori spiegazioni e dettagli del metodo si rimanda alla consultazione del documento [5]<sup>4</sup>.

### Resistenza a compressione $f$

$$f_{min} = 1.0551 e^{0.1933 IQM_V} \quad R^2 = 0.8029$$

$$f_{med} = 1.4442 e^{0.1821 IQM_V} \quad R^2 = 0.8246$$

$$f_{max} = 1.8292 e^{0.1753 IQM_V} \quad R^2 = 0.8275$$

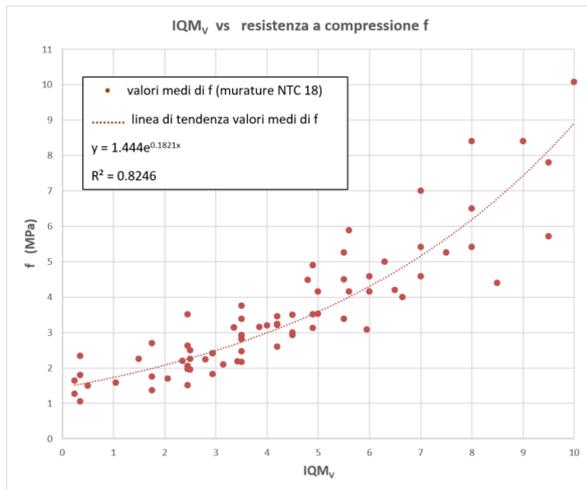


Figura 9: Curve di correlazione fra  $f$  (valore medio, minimo e massimo) e IQM nel piano.

### Resistenza a taglio $\tau_0$

$$\tau_0_{min} = 0.0004 (IQM_{NP})^2 + 0.0055(IQM_{NP}) + 0.0173 \quad R^2 = 0.8250$$

$$\tau_0_{med} = 0.0006 (IQM_{NP})^2 + 0.0075(IQM_{NP}) + 0.0224 \quad R^2 = 0.9135$$

$$\tau_0_{max} = 0.0008 (IQM_{NP})^2 + 0.0094(IQM_{NP}) + 0.0275 \quad R^2 = 0.8435$$

<sup>4</sup> Le correlazioni sono leggermente diverse da quelle riportate nel documento [5], ma concordate con gli Autori del metodo.

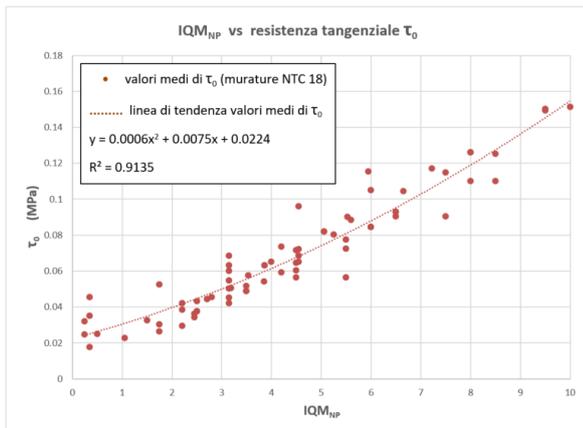


Figura 10: Curve di correlazione fra  $\tau_0$  (valore medio, minimo e massimo) e IQM nel piano.

### Resistenza a taglio $f_{v0}$

$$f_{v0 \text{ min}} = 0.03 IQM_{NP}^{0.9093} \quad R^2 = 0.8929$$

$$f_{v0 \text{ med}} = 0.0475 IQM_{NP}^{0.8536} \quad R^2 = 0.9277$$

$$f_{v0 \text{ max}} = 0.0654 IQM_{NP}^{0.8219} \quad R^2 = 0.9176$$

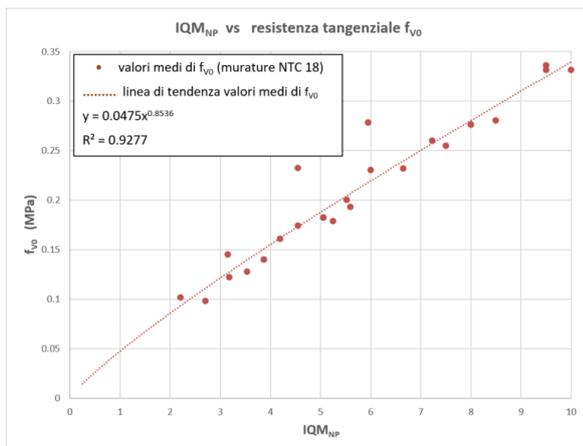


Figura 11: Curve di correlazione fra  $f_{v0}$  (valore medio, minimo e massimo) e IQM nel piano.

### Modulo di elasticità normale medio $E$

$$E \text{ min} = 608.03 e^{0.1543 IQM_V} \quad R^2 = 0.7093$$

$$E \text{ med} = 742.12 e^{0.1526 IQM_V} \quad R^2 = 0.7204$$

$$E \text{ max} = 875.96 e^{0.1513 IQM_V} \quad R^2 = 0.7241$$

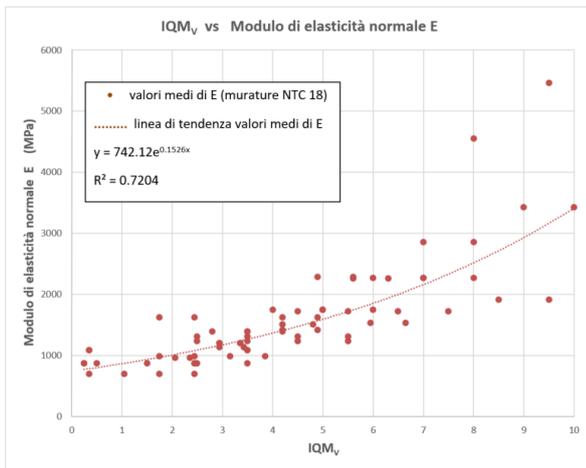


Figura 12: Curve di correlazione fra E (valore medio, minimo e massimo) e IQM nel piano.

### Modulo di elasticità tangenziale medio G

$$G_{min} = 210.41 e^{0.1419 IQM_{NP}} \quad R^2 = 0.6517$$

$$G_{med} = 254.64 e^{0.1414 IQM_{NP}} \quad R^2 = 0.6804$$

$$G_{max} = 298.7 e^{0.1409 IQM_{NP}} \quad R^2 = 0.6954$$

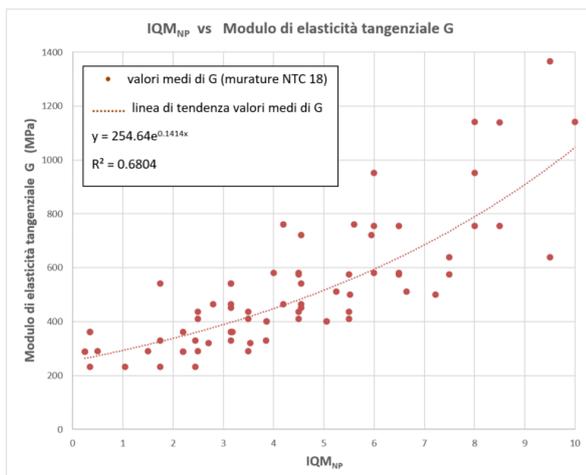


Figura 13: Curve di correlazione fra G (valore medio, minimo e massimo) e IQM nel piano.

Nelle sezioni successive verranno spiegati tutti i parametri della regola dell'arte con maggiore dettaglio e verranno individuate le regole che sono state utilizzate per esprimere per ciascun parametro della regola dell'arte un giudizio qualitativo (R, PR e NR) per i pannelli utilizzati nel database. Tali regole sono riprese dai documenti pubblicati dagli Autori del metodo IQM [5].

*Osservazione: nella SQM la compilazione dell'IQM fa riferimento alla conoscenza del paramento murario. Se si hanno informazioni anche sulla sezione muraria, è opportuno sfruttarle per la compilazione appropriata dei parametri dell'IQM che riguardano il paramento. Questo approccio è stato necessario poiché immagini/informazioni riferite alla sezione muraria erano presenti solo per prove distruttive (C, CD) e non per prove parzialmente distruttive (MP-d).*

## 1.3.2 Paramento murario

### 1.3.2.1 Tessitura del paramento

La prima sezione del rilievo della tessitura del paramento prevede l'inserimento di un'immagine fotografica del prospetto del campione murario e la restituzione grafica del prospetto con l'adozione di una simbologia opportuna per distinguere gli elementi lapidei, i mattoni, la malta, i vuoti, l'intonaco, il calcestruzzo e l'eventuale presenza di vegetazione (Figura 14). L'estensione del pannello richiesta generalmente è di 1 m x 1 m. In alcuni casi, la stonacatura del pannello è risultata minore delle dimensioni consigliate o a causa della posizione del saggio (se questo si trovava ad esempio vicino ad una intersezione muraria) oppure a causa della destinazione d'uso della costruzione, per cui il saggio di grandi dimensioni avrebbe arrecato disturbo alla costruzione (edificio museale o religioso).

Si suggerisce che la restituzione grafica del paramento copra tutta la superficie stonacata del pannello murario; per i pannelli analizzati, in alcuni casi non è stato possibile o a causa di rimanenze di intonaco superficiale le quali occultavano le componenti della muratura del paramento o per la poca chiarezza della documentazione fotografica presente.

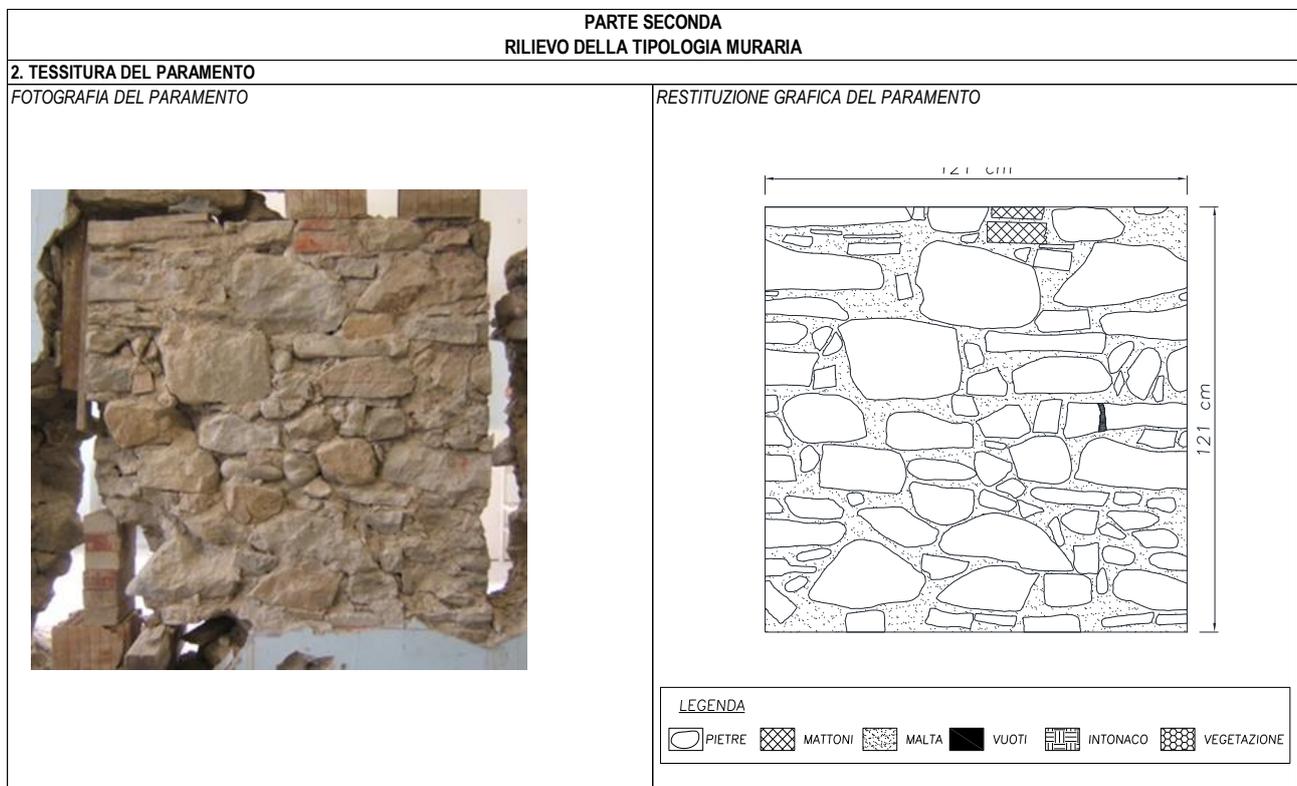


Figura 14: Fotografia e restituzione grafica del paramento.

La sezione successiva riguarda la raccolta dei dati relativi ai parametri che definiscono le caratteristiche di tessitura del paramento. È possibile scegliere tra una serie di possibilità all'interno di un percorso guidato.

PARTE SECONDA RILIEVO DELLA TIPOLOGIA MURARIA		
<b>2. TESSITURA DEL PARAMENTO</b>		
<b>2.1 RUOLO STRUTTURALE</b>		
<input checked="" type="checkbox"/>	MURATURA ESTERNA	
<input checked="" type="checkbox"/>	MURATURA INTERNA	
<input type="checkbox"/>	TRAMEZZO	
<input type="checkbox"/>	TAMPONAMENTO	
<input type="checkbox"/>	PILASTRO	
<input type="checkbox"/>	ALTRO	
<b>2.2 TIPOLOGIA</b>		
<input checked="" type="checkbox"/>	IN PIETRA	
<input type="checkbox"/>	IN MATTONI	
<input type="checkbox"/>	IN MATTONI SEMIPIENI (<45%)	
<input type="checkbox"/>	IN MATTONI FORATI (>45%)	
<input type="checkbox"/>	IN MASSELLI	
<input type="checkbox"/>	IN BLOCCHI DI CLS SEMIPIENI (<45%)	
<input type="checkbox"/>	IN BLOCCHI DI CLS FORATI (>45% <65%)	
<input type="checkbox"/>	IN BLOCCHI DI TUFO	
<input type="checkbox"/>	MISTA	
<input type="checkbox"/>	ALTRO	
<b>2.3 RICORSI</b>		
<input type="checkbox"/>	PRESENTI DISTANZA	cm
<input type="checkbox"/>	PRESENTI DISTANZA VARIABILE	
<input type="checkbox"/>	PRESENTI IN ALTRO MATERIALE	
<input type="checkbox"/>	PRESENTI IN MATTONI	
<input type="checkbox"/>	PRESENTI IN CLS	
<input checked="" type="checkbox"/>	ASSENTI	
<b>2.4 ORIZZONTAMENTI/LISTATURE</b>		
<input checked="" type="checkbox"/>	ASSENTI	
<input type="checkbox"/>	PRESENTI ogni	cm
<b>2.5 ZEPPE</b>		
<input checked="" type="checkbox"/>	ASSENTI	
<input type="checkbox"/>	PRESENTI IN COTTO	
<input type="checkbox"/>	PRESENTI IN PIETRA	
<b>2.6 APPARECCHIATURA/ORIZZONTALITÀ DEI FILARI</b>		
<input checked="" type="checkbox"/>	IRREGOLARE (O.R. NR)	
<input type="checkbox"/>	A CORSI-SUBORIZZONTALI (OR. PR)	
<input type="checkbox"/>	A CORSI ORIZZONTALI (OR.R)	
		PUNTEGGIO
VERTICALE	ORTOGONALE	COMPLANARE
0	0	0
<b>2.7 SFALSAMENTO DEI GIUNTI VERTICALI</b>		
<input type="checkbox"/>	NON RISPETTATO (SG. NR)	
<input checked="" type="checkbox"/>	PARZIALMENTE RISPETTATO (SG. PR)	
<input type="checkbox"/>	RISPETTATO (SG. R)	
		PUNTEGGIO
VERTICALE	ORTOGONALE	COMPLANARE
0.5	0.5	1
<b>2.8 PRESENZA DI DIATONI</b>		
<input checked="" type="checkbox"/>	NON RISPETTATO (PD. NR)	
<input type="checkbox"/>	PARZIALMENTE RISPETTATO (PD. PR)	
<input type="checkbox"/>	RISPETTATO (PD. R)	
		PUNTEGGIO
VERTICALE	ORTOGONALE	COMPLANARE
0	0	0

Figura 15: Tessitura del paramento.

Nella immagine successiva è visualizzabile la pagina relativa agli schemi grafici (Figura 16) del paramento murario. Queste rappresentazioni aiutano nella scelta del giudizio sui parametri della regola dell'arte di "orizzontalità dei filari" e di "sfalsamento dei giunti" per il calcolo dell'IQM.

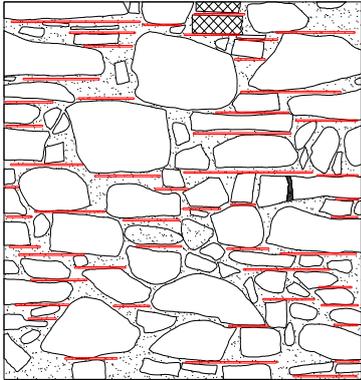
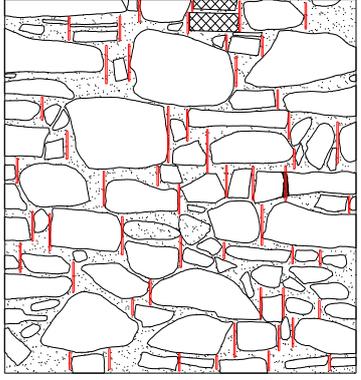
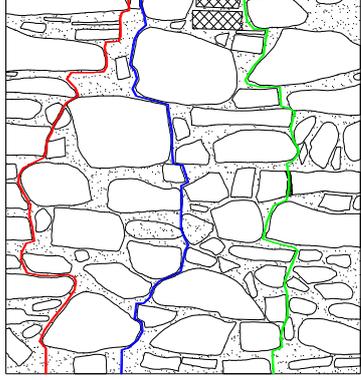
PARTE SECONDA RILIEVO DELLA TIPOLOGIA MURARIA		
<b>2. TESSITURA DEL PARAMENTO</b>		
ORIZZONTALITÀ DEI FILARI Schema grafico	SFALSAMENTO DEI GIUNTI Schema grafico	INGRANAMENTO SUL PIANO ESTERNO Schema grafico
		
		VALORE DI LMT: 134 cm INGRANAMENTO: MEDIO VULNERABILITÀ: LV3 - VUL. MEDIA

Figura 16: Schemi grafici: (a) orizzontalità dei filari, (b) sfalsamento dei giunti e (c) ingranamento sul piano esterno.

### 1.3.2.1.1 Ruolo strutturale

Viene descritto il ruolo strutturale della muratura di cui fa parte il campione murario analizzato, distinguendo tra:

- muratura esterna: parete portante perimetrale esterna;
- muratura interna: parete portante interna;
- tramezzo: parete non portante interna;
- tamponamento: parete non portante esterna (può essere relativa anche a edifici con struttura portante non in muratura);
- pilastro;
- altro: possibilità di specificare se la prova sperimentale è stata eseguita in zone diverse da quelle descritte in precedenza. Nel caso di “edifici non ordinari”, ad esempio, i martinetti piatti doppi sono stati eseguiti in corrispondenza di porzioni di cupole o archi in muratura.

A titolo di esempio, nella figura seguente (Figura 17) sono evidenziati i differenti ruoli strutturali della muratura.

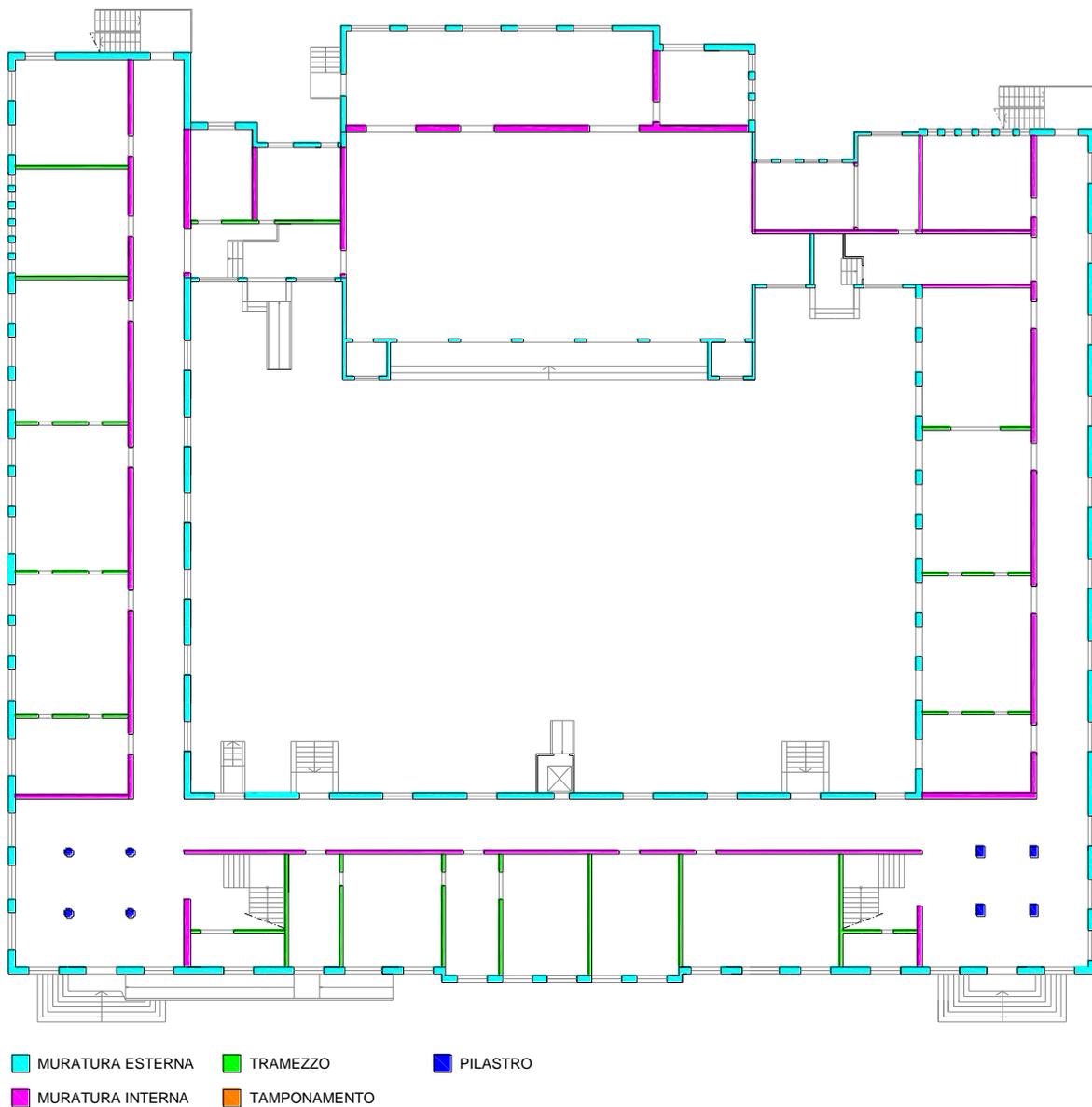


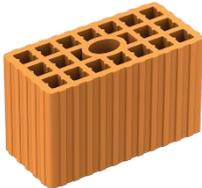
Figura 17: Ruolo strutturale della muratura.

### 1.3.2.1.2 Tipologia di muratura

La tipologia della muratura è assegnata in modo qualitativo sulla base del materiale di cui è composta (Tabella 11), riprendendo la definizione delle tipologie murarie già riportata al paragrafo 1.2.6. Poiché il database è stato costruito sulla base delle murature toscane, in questa definizione sono presenti anche delle murature “particolari” non direttamente classificabili nelle Tabelle C8A.2.1 [8] e C8.5.1 [9], e descritte in [7].

La scelta della tipologia di muratura deve essere fatta sulla base del materiale prevalente; ad esempio, se la muratura è composta da pietrame con inserimento di qualche elemento in laterizio, in questo campo deve essere solo spuntata la voce “pietra”. La presenza di mattoni pieni, se consistente, può essere inserita o nel punto 1.3.2.2.1.1 (Tabella 13), oppure aggiunta nelle note alla fine della compilazione della SQM. Se nel pannello la percentuale di elementi in laterizio e in pietra è paragonabile, allora si tratta di una muratura “mista”; in tal caso, in questa sezione sarà spuntato muratura “mista” e in entrambe le classificazioni iniziali della muratura (§1.2.6), sarà riportato il valore “NC” (Non classificabile).

Tabella 11: Tipologia di elementi.

pietra		mattoni	
mattoni semipieni (<45%)		mattoni forati (>45%)	
masselli		blocchi in cls semipieni (<45%)	
blocchi in cls forati (>45% <65%)		blocchi di tufo (o pietra tenera)	
mista		altro	

### 1.3.2.1.3 Ricorsi

I ricorsi sono strati orizzontali di materiale differente da quello costituente la muratura e disposti a determinati intervalli per creare orizzontalità nel piano murario.

La presenza di ricorsi o listature deve essere indicata anche nella classificazione delle murature inserita ad inizio della SQM. Essa comporta che si definisca la muratura tipo “B<sub>B</sub>”, “D” o “F” per la classificazione all’abaco regionale ([1] [6]) e l’inserimento del coefficiente “3” nella tipologia di classificazione relativa alla Circ. Min.617/2009 e 7/2019.

In questa sezione della scheda, le opzioni di scelta sono le seguenti:

- presenti distanza \_\_\_\_\_;
- presenti distanza variabile;
- presenti in altro materiale;
- presenti in mattoni;
- presenti in cls;
- assenti.

Se i ricorsi non sono presenti, si dovrà scegliere la casella “assenti”. Se invece i ricorsi sono presenti, deve essere spuntata sia la prima casella, che ne individua l’interasse (se noto, se ne riporta il valore in cm), sia una tra le altre scelte sottostanti, che descrivono il tipo di elemento costituente i ricorsi.

Esempi di murature con ricorsi in differenti materiali appartenenti al database sono riportati nelle figure seguenti.



Figura 18: Esempi di murature con presenza di ricorsi in mattoni (a) e (b) e ricorsi in mattoni e cls (c).

#### 1.3.2.1.4 Orizzontamenti/listature

Con “orizzontamenti” si intendono i piani di posa orizzontali secondo cui la muratura è stata realizzata. Essi rappresentano “... il segno del ripianamento o della bancata con il quale il muratore ritma in elevazione la costruzione della muratura.” (citazione da [3]). Possono essere presenti nel caso di murature costituite da pietrame disordinato, per creare degli strati orizzontali maggiormente regolari nel paramento murario. Gli orizzontamenti possono essere costituiti dallo stesso materiale di cui è composta tutta la muratura o da altro materiale; in quest’ultimo caso essi coincidono con i ricorsi (generalmente costituiti da mattoni pieni o calcestruzzo) e pertanto nella scheda verrà spuntata la presenza di entrambi gli elementi. Se è possibile determinarlo, viene richiesto di indicare l’interasse degli orizzontamenti.

Due esempi di muratura con orizzontamenti sono riportati nelle immagini sottostanti (Figura 19).



Figura 19: Esempi di muratura con presenza di orizzontamenti a distanza di circa 30-40 cm.

### 1.3.2.1.5 Presenza di zeppe

Le zeppe solitamente sono costituite dagli scarti della lavorazione delle pietre o da frammenti di laterizi o di pietra; date le loro dimensioni molto inferiori rispetto a quelle degli elementi resistenti, sono facilmente riconoscibili all'interno della tessitura muraria. Le zeppe hanno la funzione di colmare i giunti di malta e le irregolarità tra le pietre; per tale motivo sono spesso presenti in murature costituite da elementi irregolari, aventi giunti di malta di notevoli dimensioni.



Figura 20: Esempio di paramento con presenza di zeppe in cotto e in pietra.

### 1.3.2.1.6 Apparecchiatura/orizzontalità dei filari (parametro IQM)

Questo è un parametro della regola dell'arte (IQM) e pertanto deve essere compilato attraverso un giudizio di NR, PR o R. La compilazione avviene in base a quanto già decretato per le sezioni della scheda e in base al rispetto o meno dell'orizzontalità relativo allo schema grafico n°1, riportato in Figura 16a.

Di seguito si riportano alcune indicazioni per la scelta dei giudizi possibili ed alcuni esempi grafici.

**Rispettata (R):** 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.

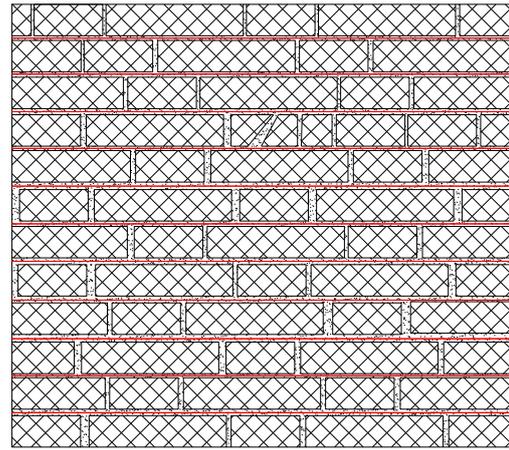


Figura 21: Esempio di “apparecchiatura” a corsi orizzontali.

**Parzialmente rispettata (PR):** Situazioni intermedie fra il rispetto e il non rispetto, compreso il caso di filari orizzontali solo su una faccia della parete.

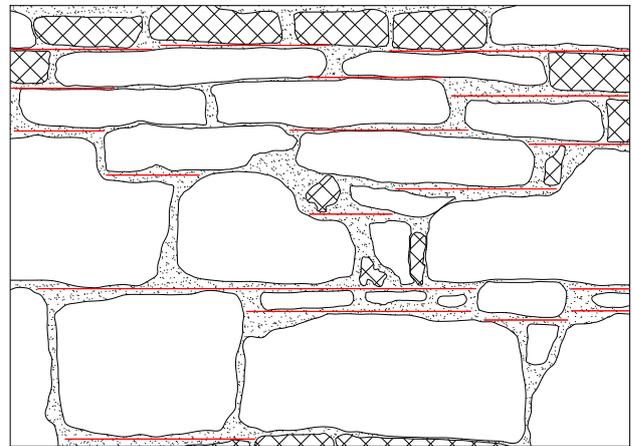


Figura 22: Esempio di “apparecchiatura” a corsi sub-orizzontali.

**Non rispettata (NR):** i tratti orizzontali sono interrotti o presentano evidenti sfalsamenti in direzione verticale sull'intera facciata muraria.

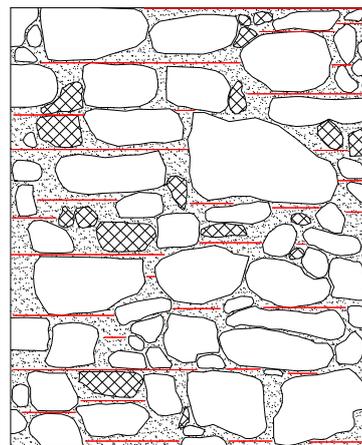


Figura 23: Esempio di “apparecchiatura” irregolare.

### 1.3.2.1.7 Sfalsamento dei giunti verticali (parametro IQM)

Questo è un parametro della regola dell'arte (IQM) e pertanto deve essere compilato attraverso un giudizio di NR, PR o R. La compilazione avviene in base a quanto già decretato per le sezioni della scheda e in base al rispetto o meno dello sfalsamento dei giunti relativo agli schemi grafici n°2 e 3, riportati in Figura 16b Figura 16c.

Il grado di rispetto di questo parametro può essere valutato sia qualitativamente sia quantitativamente, tramite il calcolo delle Linee di Minimo Tracciato (LMT) [3], che sono visualizzabili negli schemi grafici di Figura 16c.

Le LMT sono delle polilinee ottenute disegnando sul prospetto del pannello i tracciati dei giunti di malta (orizzontali, inclinati o verticali) che uniscono il bordo superiore a quello inferiore, senza attraversare gli elementi e senza toccarsi né intersecarsi. Dopo aver tracciato tutte le polilinee, la LMT viene determinata come media di tutte le lunghezze, con riferimento a un lato di 100 cm di pannello. Il valore della LMT determina il grado di ingranamento ed il livello di vulnerabilità del paramento, secondo la Tabella 12.

Le LMT vengono valutate sul solo paramento nel quale è eseguito il saggio; quando possibile (come nel caso di prove distruttive (C, CD)) le LMT sono state valutate in entrambi i paramenti murari.

Tabella 12: Ingranamento e livello di vulnerabilità del paramento in base alla LMT.

LMT	INGRANAMENTO	LIVELLO DI VULNERABILITÀ
100 – 115 cm	Bassissimo	LV1 – Vulnerabilità elevata
116 – 130 cm	Basso	LIV 2 – Vulnerabilità accentuata
131 – 145 cm	Medio	LIV 3 – Vulnerabilità media
145 – 160 cm	Elevato	LIV 4 – Vulnerabilità limitata
> 160 cm	Elevatissimo	LIV 5 – Vulnerabilità bassa

**Rispettato (R):** il giunto verticale di malta cade in corrispondenza della zona centrale dell'elemento sottostante (escluso il caso di parete in mattoni pieni disposti solo a diatoni) e questo si verifica approssimativamente per tutta l'estensione della muratura.

**Metodo quantitativo.** Per pareti a unico paramento, LMT >160 cm; per pareti a doppio paramento, LMT >160 cm su entrambe le facce.

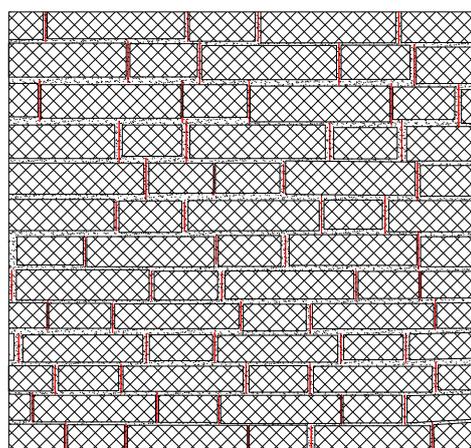


Figura 24: Esempi di “sfalsamento dei giunti verticali” rispettato.

**Parzialmente rispettato (PR):** il giunto di malta è in posizione intermedia tra la zona centrale e il bordo dell'elemento posizionato sul filare inferiore.

Metodo quantitativo. Per pareti a unico paramento,  $140\text{ cm} < \text{LMT} < 160\text{ cm}$ ; per pareti a doppio paramento: a) entrambi i paramenti  $140\text{ cm} < \text{LMT} < 160\text{ cm}$ ; b) LMT rispettato su una faccia e non rispettato sull'altra faccia; c) LMT rispettato su una faccia e parzialmente rispettato sull'altra faccia.



Figura 25: Esempio di “sfalsamento dei giunti verticali” parzialmente rispettato.

**Non rispettato (NR):** i giunti di malta verticali sono allineati oppure si allineano interessando gli elementi di due o più filari su ampie porzioni di muratura. Parete di soli diatoni di mattoni pieni, anche con giunti verticali sfalsati. Evidente assenza d'ingranamento su una o più linee verticali della parete

Metodo quantitativo. Per pareti a unico paramento,  $\text{LMT} < 140\text{ cm}$ ; per pareti a doppio paramento:  $\text{LMT} < 140\text{ cm}$  su una faccia e  $\text{LMT} < 160\text{ cm}$  sull'altra. Parete di soli diatoni di mattoni pieni, qualunque sia il valore di LMT. Parete con pietre di piccole dimensioni qualunque sia il valore di LMT. Evidente assenza d'ingranamento su una o più linee verticali della parete

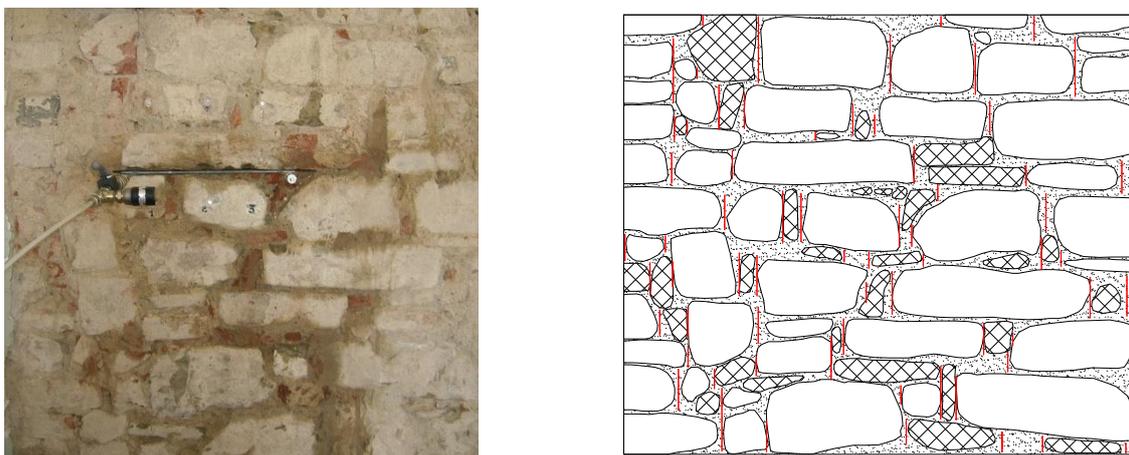


Figura 26: Esempio di “sfalsamento dei giunti verticali” non rispettato.

### 1.3.2.1.8 Presenza di diatoni

I diatoni sono blocchi tessuti a tutto spessore ortogonalmente al piano del pannello murario. La presenza dei diatoni garantisce il collegamento tra i paramenti e permette la distribuzione del carico su tutto lo spessore del muro. Il grado di rispetto di questo parametro può essere valutato sia qualitativamente sia quantitativamente, tramite il calcolo delle LMT

sulla sezione muraria [3]. Quando possibile pertanto la valutazione di questo parametro avviene guardando anche la conformazione e le caratteristiche della sezione muraria (§ 1.3.3, 1.3.3.1.9).

Osservazione: *Per le murature presenti nel database la scelta del giudizio R, PR, NR è stata eseguita in modo qualitativo, osservando la dimensione ed il quantitativo di diatoni o legamenti presenti nella sezione muraria, al di là del valore numerico trovato con la LTM.*

**Rispettato (R):** In caso di sezione visibile,  $LMT > 155$  cm. In caso di sezione non visibile, il paramento risulta ben tessuto, i blocchi o le pietre hanno dimensione paragonabile a quella dello spessore della parete e vi è una presenza regolare di elementi disposti di testa.

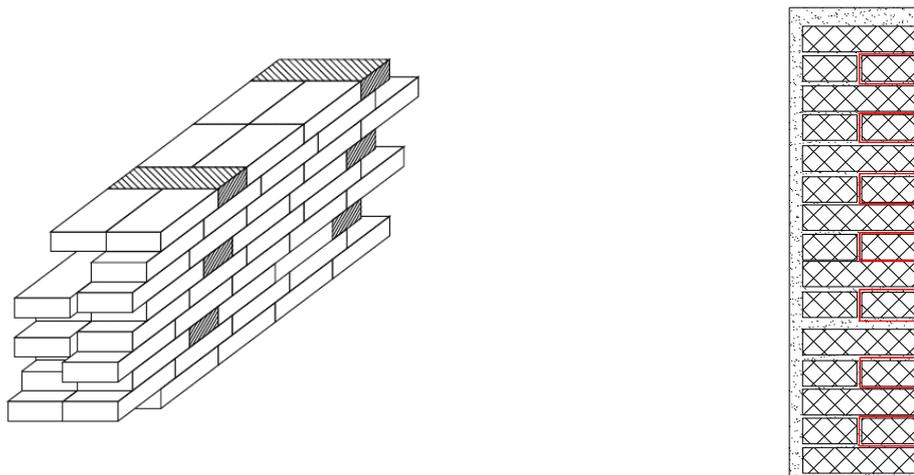


Figura 27: Esempio di “presenza di diatoni” rispettato, immagine a sinistra ripresa da [4].

**Parzialmente rispettato (PR):** In caso di sezione visibile,  $125 \text{ cm} < LMT < 155 \text{ cm}$ . In caso di sezione non visibile, il paramento risulta ben tessuto e ordinato almeno su una faccia, alcuni elementi sono disposti di testa; lo spessore del muro non è eccessivo rispetto alle dimensioni delle pietre.

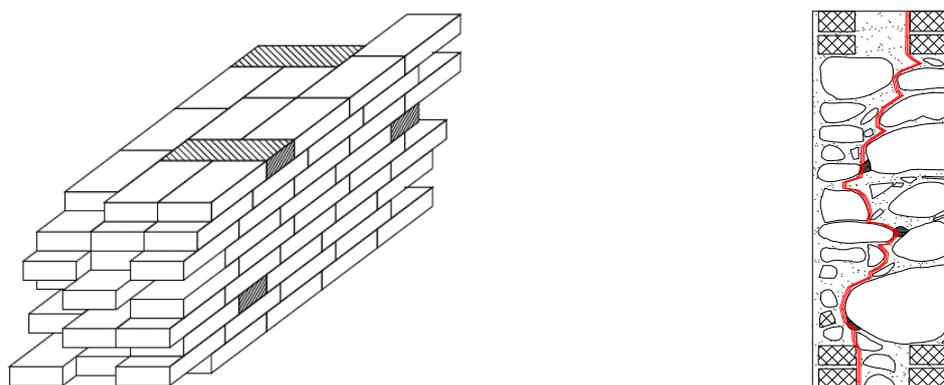


Figura 28: Esempio di “presenza di diatoni” parzialmente rispettato, immagine a sinistra ripresa da [4].

**Non rispettato (NR):** In caso di sezione visibile,  $LMT < 125$  cm. In caso di sezione non visibile, le pietre sono piccole rispetto allo spessore del muro; gli elementi disposti di testa sono assenti.

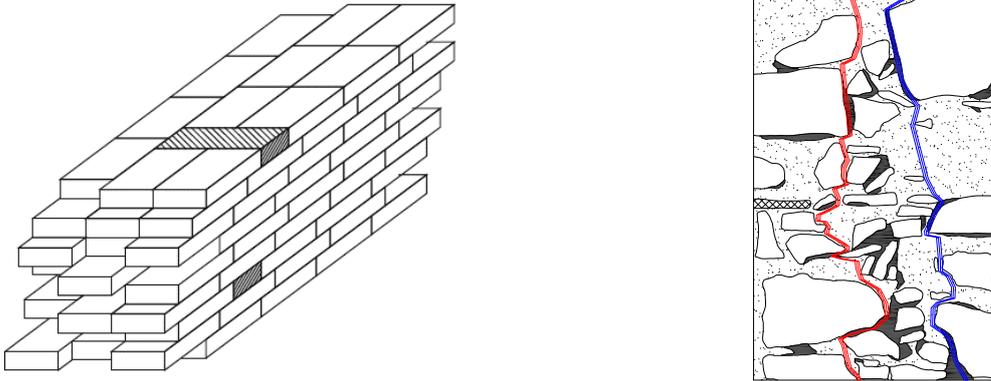


Figura 29: Esempi di “presenza di diatoni” non rispettato, immagine a sinistra ripresa da [4].

### 1.3.2.2 Caratterizzazione dei materiali del paramento

In questa sezione è possibile scegliere una serie di opzioni utili a definire le caratteristiche dei materiali costituenti la muratura: blocchi e malta. La prima parte è relativa ai blocchi, la seconda alla malta.

PARTE SECONDA		
RILIEVO DELLA TIPOLOGIA MURARIA		
3. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI DEL PARAMENTO		
3.1 ELEMENTI		
<b>3.1.1 TIPO DI ELEMENTO</b>	<b>3.1.5a FORMA DEGLI EL.</b>	<b>3.1.5b FORMA/REGOLARITÀ DEGLI EL.</b>
<input type="checkbox"/> ARENARIA	<input checked="" type="checkbox"/> CIOTTOLI	<input checked="" type="checkbox"/> NON RISPETTATO (F.EL. NR)
<input type="checkbox"/> CALCAREA	<input type="checkbox"/> BLOCCHI ERRATICI	<input type="checkbox"/> PARZIALMENTE RISPETTATO (F.EL. PR)
<input type="checkbox"/> TRAVERTINO	<input type="checkbox"/> LASTRE	<input type="checkbox"/> RISPETTATO (R.EL. R)
<input type="checkbox"/> TUFO	<input checked="" type="checkbox"/> BOZZE	<b>PUNTEGGIO</b>
<input type="checkbox"/> MATTONI COTTI	<input type="checkbox"/> BLOCCHI ARTIFICIALI	VERTICALE ORTOGONALE COMPLANARE
<input type="checkbox"/> MATTONI CRUDI	<input type="checkbox"/> CONCI	0 0 0
<input type="checkbox"/> CLS	<input type="checkbox"/> BLOCCHI QUADRATI	
<input type="checkbox"/> MASSELLI		
<input type="checkbox"/> ALTRO		
<b>3.1.2 PROVENIENZA</b>	<b>3.1.6a DIMENSIONE EL.</b>	<b>3.1.6b DIMENSIONE DEGLI EL.</b>
<input type="checkbox"/> SCAVO LOCALE	<input checked="" type="checkbox"/> PICCOLA <20 cm	<input checked="" type="checkbox"/> NON RISPETTATO (D.EL. NR)
<input checked="" type="checkbox"/> GRETO DEL FIUME	<input checked="" type="checkbox"/> MEDIA 20-40 cm	<input type="checkbox"/> PARZIAL. RISPETTATO (D.EL. R)
<input checked="" type="checkbox"/> CAVA	<input type="checkbox"/> GRANDE >40 cm	<input type="checkbox"/> RISPETTATO (D.EL. R)
<input type="checkbox"/> PRODOTTO ARTIFICIALE		<b>PUNTEGGIO</b>
<input type="checkbox"/> ALTRO		VERTICALE ORTOGONALE COMPLANARE
<b>3.1.3 LAVORAZIONE</b>		0 0 0
<input type="checkbox"/> ASSENTE		
<input checked="" type="checkbox"/> APPENA SBOZZATA		
<input type="checkbox"/> BLOCCO NATURALE SQUADRATO		
<input type="checkbox"/> BLOCCO ARTIFICIALE SQUADRATO		
<b>3.1.4 STATO DI CONSERVAZIONE</b>		<b>3.1.7 QUALITÀ/RESISTENZA DEGLI EL.</b>
<input type="checkbox"/> BUONO		<input type="checkbox"/> NON RISPETTATA
<input type="checkbox"/> DISCRETO		<input type="checkbox"/> PARZIALMENTE RISPETTATA
<input checked="" type="checkbox"/> MEDIOCRE-CATTIVO		<input checked="" type="checkbox"/> RISPETTATA
<input type="checkbox"/> PESSIMO		<b>PUNTEGGIO</b>
		VERTICALE ORTOGONALE COMPLANARE
		1 1 1

PARTE SECONDA		
RILIEVO DELLA TIPOLOGIA MURARIA		
3. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI DEL PARAMENTO		
3.2 MALTA		
<b>3.2.1 FUNZIONE</b>	<b>3.2.6 FORMA AGGREGATO</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> ALLETTAMENTO	<input checked="" type="checkbox"/> ARROTONDATA	
<input type="checkbox"/> STILATURA	<input checked="" type="checkbox"/> SPIGOLOSA	
<input type="checkbox"/> RIEMPIMENTO		
<b>3.2.2 CONSISTENZA</b>	<b>3.2.7a REGOLARITÀ GIUNTI DI MALTA</b>	<b>3.2.7b DIMENSIONE GIUNTI DI MALTA</b>
<input checked="" type="checkbox"/> INCOERENTE	<input checked="" type="checkbox"/> NON REGOLARI	<input type="checkbox"/> SOTTILI
<input checked="" type="checkbox"/> FRIABILE	<input type="checkbox"/> PARZIALMENTE REGOLARI	<input checked="" type="checkbox"/> MEDIO/SPESSI O SPESSI
<input type="checkbox"/> COMPATTA	<input type="checkbox"/> REGOLARI	
<input type="checkbox"/> TENACE		<b>g (solo per muratura in mattoni pieni)</b>
<input type="checkbox"/> ALTRO		<input checked="" type="checkbox"/> g = 0.7 se giunti di malta ampi (sp. >13 mm)
		g = 1 in tutti gli altri casi.
<b>3.2.3 COLORE MALTA</b>	<b>3.2.7 QUALITÀ DELLA MALTA</b>	<b>PUNTEGGIO</b>
GRIGIO CHIARO	<input checked="" type="checkbox"/> NON RISPETTATO	VERTICALE ORTOGONALE COMPLANARE
	<input type="checkbox"/> PARZIALMENTE RISPETTATO	0 0 0
<b>3.2.4 COLORE AGGREGATO</b>	<input type="checkbox"/> RISPETTATO	
GRIGIO		
<b>3.2.5 TIPO DI AGGREGATO</b>	<b>m</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> SABBIA	<input checked="" type="checkbox"/> m = 0.7 se malta pessima ( $f_m < 0.7 \text{ N/mm}^2$ )	
<input checked="" type="checkbox"/> GHIAIA	m = 1 in tutti gli altri casi.	
<input type="checkbox"/> GHIAIETTO		

Figura 30: Caratterizzazione dei materiali del paramento: elementi (sopra) e malta (sotto).

### 1.3.2.2.1 Elementi

#### 1.3.2.2.1.1 Tipo di elemento

È possibile effettuare una scelta multipla tra le seguenti proposte. Le immagini riportate di seguito hanno scopo solo illustrativo.

Tabella 13: Tipo di elemento.

##### **Arenaria**

Roccia sedimentaria clastica litificata costituita da granuli di sabbia a prevalente composizione non carbonatica.



##### **Calcarea**

Roccia sedimentaria costituita essenzialmente da carbonato di calcio e minoranza di altre sostanze quali l'argilla, la silice, ossidi di ferro, ecc..



##### **Travertino**

Roccia sedimentaria calcarea di tipo chimico. Più o meno compatto con stratificazione evidente, poroso o cavernoso.



##### **Tufo**

Roccia piroclastica, formata in maggior parte da lapilli di dimensioni comprese fra i 2 mm e i 30 mm, emessi durante un'eruzione vulcanica.



##### **Mattoni cotti**

Elementi derivanti dalla cottura dell'argilla, con quantità variabile di sabbia, ossido di ferro e carbonato di calcio.



##### **Mattoni crudi**

Elementi costituiti da argilla cruda pressata ed essiccata naturalmente al sole, spesso mescolata a fibre vegetali (canapa, canniccio o paglia) o sabbia e ghiaia.



##### **Calcestruzzo**

Conglomerato artificiale costituito da una miscela di legante (cemento, calce aerea o idraulica), acqua e aggregati fini e grossi (sabbia e ghiaia), con l'aggiunta eventuale di additivi che influenzano le caratteristiche fisiche o chimiche.



## **Masselli**

Blocchi in conglomerato cementizio costituiti a piè d'opera o prefabbricati, costituiti da sabbia e ciottoli di fiume con una grande irregolarità granulometrica.



### **1.3.2.2.1.2 Provenienza**

La provenienza indica la modalità con cui è stato reperito il blocco costituente la muratura. Si distingue:

- scavo locale: materiale proveniente da piccole estrazioni localizzate nei pressi dell'edificio;
- greto del fiume: materiale proveniente da quella parte del letto di un fiume o di un torrente che resta scoperta dalle acque nei periodi di magra;
- cava: materiale proveniente da attività estrattiva di tipo industriale;
- prodotto artificiale: materiale ottenuto attraverso accorgimenti o procedimenti tecnici atti a migliorarne le caratteristiche meccaniche e funzionali (laterizi, blocchi in calcestruzzo, ecc.);
- altro.

### **1.3.2.2.1.3 Lavorazione**

La lavorazione indica la modalità di lavorazione del blocco costituente la muratura. Si può distinguere tra:

- assente: elementi naturali non sottoposti a lavorazione (ciottoli).;
- appena sbazzata: lavorazione appena accennata, sufficiente a dare la prima forma al blocco.
- blocco naturale squadrato: prodotto di cava (marmo, travertino, etc.) con caratteristiche dimensionali varie, ma con forma tendente ad un parallelepipedo regolare ed esente da difetti.
- blocco artificiale squadrato: blocco di forma parallelepipedica ottenuto dalla lavorazione di materiale naturale (argilla, etc..) o artificiale (calcestruzzo, etc..).

### **1.3.2.2.1.4 Stato di conservazione**

Lo stato di conservazione può essere:

- buono;
- discreto;
- mediocre – cattivo;
- pessimo.

### **1.3.2.2.1.5 Forma/regolarità degli elementi**

Si può distinguere il blocco secondo le forme riportate in Tabella 14. Le immagini riportate di seguito hanno scopo solo illustrativo.

**Tabella 14: Forma degli elementi.**

#### **Ciottoli**

Elementi arrotondati e levigati per l'azione erosiva meccanica conseguente al trascinarsi da parte di una corrente d'acqua o per trasporto e sedimentazione glaciale.



### **Blocchi erratici**

Blocchi rocciosi di forme e dimensioni variabili.



### **Lastre**

Elementi con due dimensioni prevalenti rispetto allo spessore e con le facce maggiori parallele e per lo più rettangolari.



### **Bozze**

Blocchi di pietra appena lavorati.



### **Blocchi artificiali**

Blocchi risultanti dalla lavorazione di materiali sia naturali (argilla, etc..) sia artificiali (calcestruzzo).



### **Conci**

Blocchi di pietra lavorati in modo da assumere forme definite e più o meno regolari.



### **Blocchi squadati**

Prodotti di cava (marmo, travertino, etc.) con caratteristiche dimensionali varie, ma con forma tendente ad un parallelepipedo regolare ed esenti da difetti.



L'opzione scelta è propedeutica alla definizione del parametro **“forma/regolarità degli elementi”**, al quale è assegnato, sulla base del grado di rispetto, un punteggio utile alla definizione dell'indice IQM. Più gli elementi sono lavorati, più possono dirsi regolari.

**Rispettata (R):** prevalenza di elementi di forma squadrata o sbozzata oppure mattoni o laterizi di forma parallelepipedica su entrambe le facce della parete.



Figura 31: Esempi di “forma/regolarità degli elementi” rispettata.

**Parzialmente rispettata (PR):** 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.



Figura 32: Esempi di “forma/regolarità degli elementi” parzialmente rispettata.

**Non rispettata (NR):** prevalenza di elementi di forma irregolare o arrotondata oppure ciottoli su entrambe le facce della parete.

PR.



Figura 33: Esempi di “forma/regolarità degli elementi” non rispettata.

### 1.3.2.2.1.6 Dimensione degli elementi

Con dimensione degli elementi ci si riferisce alla dimensione maggiore degli elementi nel paramento. Essa può essere:

- piccola: <20 cm;
- media: 20-40 cm;
- grande: >40 cm.

**Rispettata (R):** prevalenza di elementi con la loro dimensione maggiore sopra i 40 cm.

**Parzialmente rispettata (PR):** prevalenza di elementi con la loro dimensione maggiore fra 20 e 40 cm. Compresenza di elementi di dimensione variabile.

**Non rispettata (NR):** prevalenza di elementi con la loro dimensione maggiore sotto i 20 cm. Parete di soli diatoni in mattoni pieni (un solo paramento, elementi tutti in direzione trasversale).

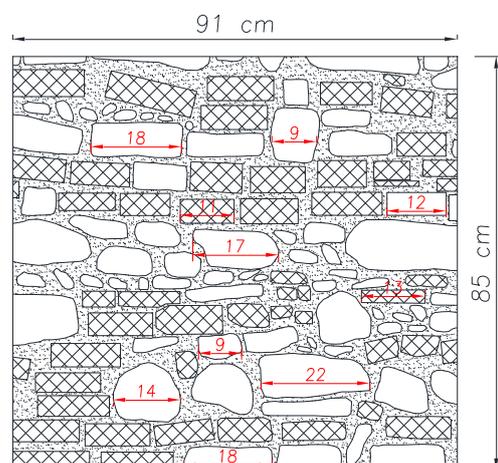
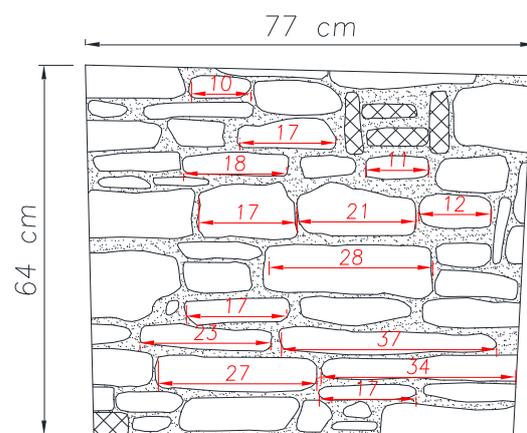
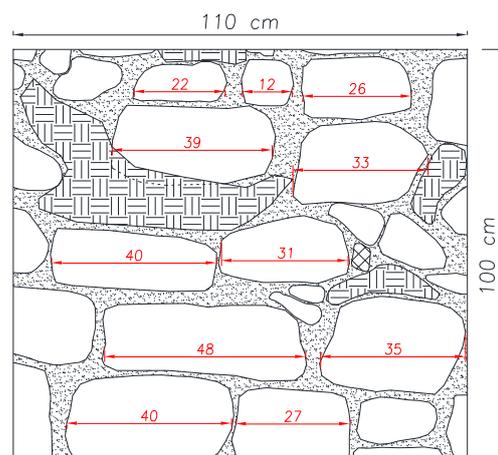


Figura 34: "Dimensione degli elementi". Dall'alto: (a) rispettato, (b) parzialmente rispettato e (c) non rispettato.

### 1.3.2.2.1.7 *Qualità/resistenza degli elementi*

Sulla base dei parametri precedenti e dell'eventuale ammaloramento e/o degrado degli elementi costituenti, si sceglie il grado di rispetto per il parametro "qualità/resistenza degli elementi".

**Rispettata (R):** elementi non degradati o numero di elementi degradati < 10% del totale, mattoni pieni cotti, elementi di tufo duro (vulcanico), laterizi con foratura < 55%, blocchi in calcestruzzo (anche forati).

**Parzialmente rispettata (PR):** numero di elementi degradati compreso tra il 10% e il 50% del totale, laterizi con foratura fra il 55% e il 70%, elementi di tufo tenero (calcarenite).

**Non rispettata (NR):** numero di elementi degradati > 50% del totale, laterizi con foratura > 70%, mattoni in fango o argilla non cotta.



Figura 35: Esempi di "qualità/resistenza degli elementi" rispettata (a) e parzialmente rispettata (b) e (c).

### 1.3.2.2.2 *Malta*

#### 1.3.2.2.2.1 *Funzione*

L'utente può scegliere più di una tra le seguenti possibilità:

- malta di allettamento: consente la disposizione e il collegamento tra gli elementi del pannello murario;
- malta di stilatura: rifinisce le connessioni tra gli elementi di una muratura nella parte esterna;
- malta di riempimento: riempie gli spazi tra elementi, soprattutto in presenza di elementi irregolari e zeppe.

#### 1.3.2.2.2.2 *Consistenza*

Per la consistenza della malta, le alternative proposte sono le seguenti:

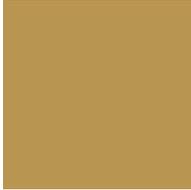
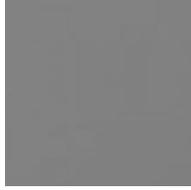
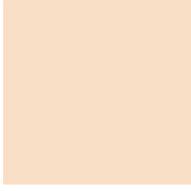
- incoerente: polverulento, che si sgretola;
- friabile: friabile al tatto;
- compatta: non friabile al tatto;
- tenace: più che compatta e resistente al tatto.

La scelta deve essere fatta valutando la presenza, la distribuzione della malta nel paramento ed il comportamento dello stesso previo contatto manuale o risultati della prova meccanica penetrometrica (se presente).

#### 1.3.2.2.2.3 *Colore malta e colore aggregato*

Nella tabella seguente sono proposte, come esempio, le opzioni tra cui l'utente può scegliere per definire sia il colore della malta che dell'aggregato. Le immagini riportate di seguito hanno scopo solo illustrativo.

Tabella 15: Colore malta e aggregato.

Biancastro		Grigio-ocra	
Grigio chiaro		Ocra	
Grigio scuro		Nocciola	
Grigio		Bruno	
Beige		Rosato	

#### 1.3.2.2.4 Tipo di aggregato

Per classificare le tipologie di aggregato che compongono le malte si fa riferimento alla norma UNI 10006/2002 [16] che riporta le definizioni di seguito esposte associate alla frazione di una terra cioè all'insieme dei grani le cui dimensioni sono comprese in un determinato intervallo. Le definizioni vanno intese in senso indicativo, vista la difficoltà di visualizzare e misurare le dimensioni e la tipologia di aggregato di malte in situ.

- Ciottolo o pietra: frazione di una terra di dimensioni maggiori di 71 mm (trattenuta cioè dal crivello 71 UNI 2334) costituita da elementi a spigoli arrotondati (ciottoli) o a spigoli vivi (pietre);
- Ghiaia o breccia: frazione di una terra compresa tra 71 e 25 mm (passante cioè al crivello 71 UN2334 e trattenuta dal crivello 25 UNI 2334) costituita da elementi a spigoli arrotondati (ghiaia) o a spigoli vivi (breccia);
- Ghiaietto o breccetta: frazione di una terra compresa tra 25 e 10 mm (passante cioè al crivello 25 UNI 2334 e trattenuta dal crivello 10 UNI 2334) costituita da elementi a spigoli arrotondati (ghiaietto) o a spigoli vivi (breccetta);
- Ghiaino o brecciolino: frazione di una terra compresa tra 10 e 2 mm (passante cioè al crivello 10 UNI 2334 e trattenuta dal crivello 2 UNI 2334) costituita da elementi a spigoli arrotondati (ghiaino) o a spigoli vivi (brecciolino);
- Sabbia: frazione di una terra compresa tra 2 e 0.05 mm.

Nella Schede di Qualità Muraria l'utente ha la possibilità di scegliere tra le seguenti alternative:

- Sabbia: se la dimensione dei grani è compresa tra 0.05 mm e 10 mm (accorpare così in questa definizione “sabbia” e “ghiaio o brecciolino” da UNI 10006/2002, per la difficoltà di riconoscere la sabbia a vista come da definizione della norma UNI);
- Ghiaia: se la dimensione dei grani è compresa tra 25 e 71 mm;
- Ghiaietto: se la dimensione dei grani è compresa tra 10 e 25 mm.

A titolo di esempio si riportano alcune immagini di campioni di malta con sabbia e ghiaia e con sabbia e ghiaietto:



Figura 36: Malta a composizione di sabbia e ghiaia.



Figura 37: Malta a composizione di sabbia e ghiaietto.

#### 1.3.2.2.5 Forma aggregato

Tale sezione può essere compilata se la forma dell'aggregato della malta è visibile ad occhio nudo, altrimenti l'utente può basarsi sull'osservazione macroscopica e microscopica della malta eseguita in laboratorio (prova  $A_M$  definita all'interno del database).

Le alternative tra cui scegliere sono:

- arrotondata;
- spigolosa.

#### 1.3.2.2.6 Regolarità/dimensioni giunti di malta

I giunti di malta possono essere:

- non regolari: caratterizzati da spessori estremamente variabili e senza orizzontalità;

- parzialmente regolari: caratterizzati da spessori poco variabili per la maggior parte dell'estensione del paramento e dove si riconoscono tratti orizzontali dei filari;
- regolari: caratterizzati da spessori costanti su tutto il paramento; solitamente sono presenti in murature costituite da blocchi regolari e per questo dotati di orizzontalità (Figura 21).

Per quanto riguarda la dimensione, i giunti di malta possono essere:

- sottili: ovvero compresi tra 5 e 15 mm (D.M.LL.PP. del 20/11/1987, [11]);
- medio/spessi o spessi: maggiori di 15 mm.

#### 1.3.2.2.7 Qualità della malta

Per quanto analizzato nelle sezioni precedenti, la qualità della malta dipende da svariati fattori:

- dalla composizione;
- dalla omogeneità della presenza della malta sulla superficie del pannello e, se noto, sulla sezione trasversale;
- dalla compattezza della malta, ovvero dalla resistenza meccanica a compressione. Questo parametro può essere stimato attraverso la prova penetrometrica meccanica (esempio con trapano DRMS);
- dall'orizzontalità dei giunti di malta e dal loro sfalsamento verticale;
- dalla dimensione (spessore) dei giunti di malta.

Sulla base dei parametri precedenti, si sceglie il grado di rispetto per il parametro "qualità della malta".

**Rispettata (R):** malta in buono stato e ben conservata, con giunti di dimensione non eccessiva rispetto alle pietre o ai mattoni o con giunti ampi e malta di ottima qualità. Muratura con grandi elementi squadrate 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 (PR):** malta di qualità intermedia, con giunti non eccessivamente erosi. Murature con elementi irregolari e malta degradata ma con zeppe efficacemente inserite negli spazi fra elementi.

**Non rispettata (NR) / Pessima:** malta scadente o degradata e polverulenta e del tutto priva di coesione. Malta assente (escluso caso previsto sotto in "R"). Giunti di malta di dimensioni eccessive, paragonabili a quelle degli elementi se la malta non è di ottima qualità. Muratura di elementi porosi (es. tufo) con scarsa aderenza fra la malta e gli stessi elementi.

### 1.3.3 Sezione muraria

Questa sezione riguarda la descrizione della tessitura e dei materiali componenti la sezione muraria.

#### 1.3.3.1 Tessitura della sezione muraria

Questa sezione riguarda la descrizione della sezione muraria e prevede l'inserimento di un'immagine, la restituzione grafica della sezione e un eventuale grafico con l'indicazione in percentuale della presenza di pietre o blocchi, malta e vuoti (Figura 38).

La sezione successiva (Figura 39) riguarda la raccolta dei dati relativi ai parametri che definiscono le caratteristiche di tessitura della sezione. Possono essere scelte una serie di possibilità all'interno di un percorso guidato, che in parte è analogo a quello compilato per il paramento.

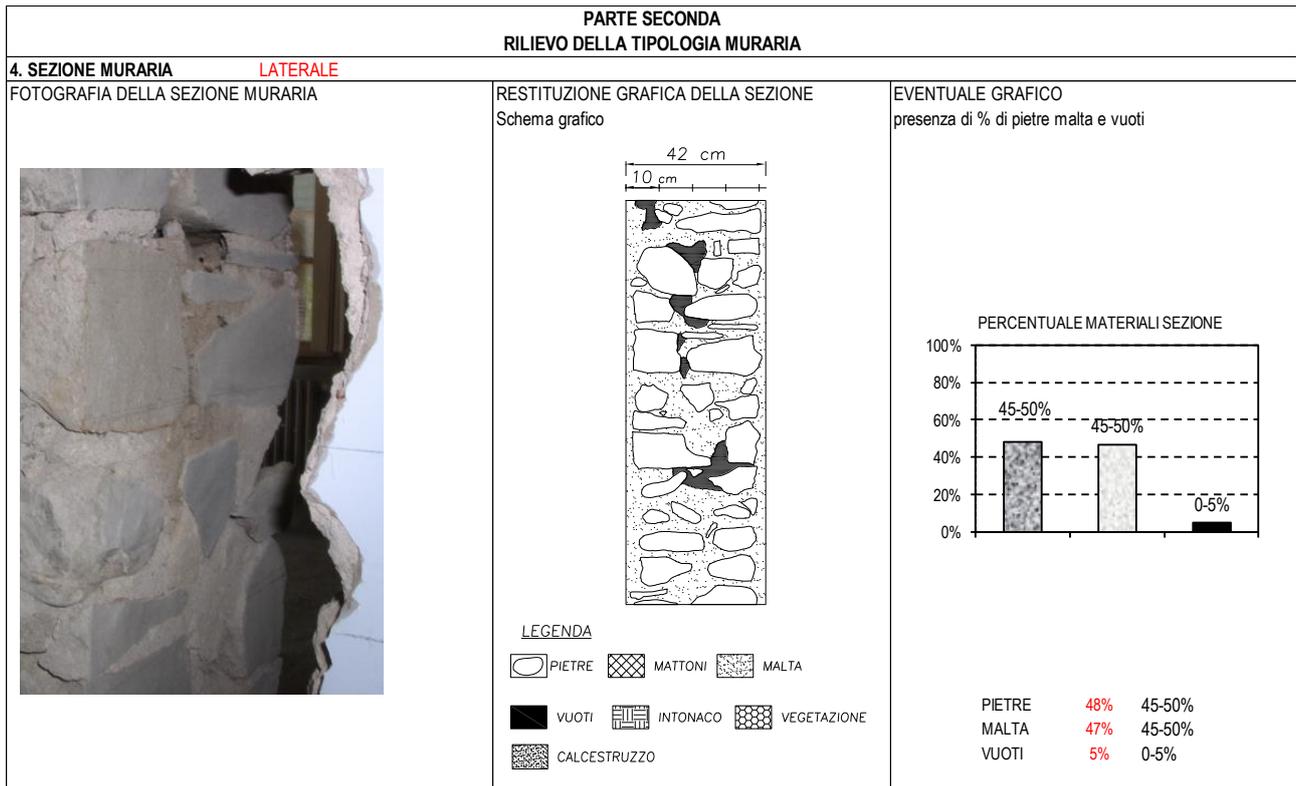


Figura 38: Fotografia, restituzione grafica e grafico della sezione muraria.

**PARTE SECONDA**  
**RILIEVO DELLA TIPOLOGIA MURARIA**

**4. SEZIONE MURARIA**

4.1 RUOLO STRUTTURALE		4.5 SPESSORE SEZIONE		4.9b PRESENZA DI DIATONI O LEGAMENTI	
<input type="checkbox"/>	MURATURA ESTERNA	<input checked="" type="checkbox"/>	42 SP. SEZIONE CM	<input checked="" type="checkbox"/>	NON RISPETTATO
<input checked="" type="checkbox"/>	MURATURA INTERNA	<input checked="" type="checkbox"/>	22 SP. PARAMENTO DX CM	<input type="checkbox"/>	PARZIALMENTE RISPETTATO
<input type="checkbox"/>	TRAMEZZO	<input checked="" type="checkbox"/>	20 SP. PARAMENTO SX CM	<input type="checkbox"/>	RISPETTATO
<input type="checkbox"/>	TAMPONAMENTO	<input type="checkbox"/>	SP. INTERNO CM		
<input type="checkbox"/>	PILASTRO				
<input type="checkbox"/>	ALTRO				

4.2 TIPOLOGIA		4.6 ZEPPE		4.9a PRESENZA DI DIATONI	
<input checked="" type="checkbox"/>	IN PIETRA	<input checked="" type="checkbox"/>	ASSENTI		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	IN MATTONI	<input type="checkbox"/>	PRESENTI IN COTTO	<input type="checkbox"/>	PRESENTI
<input type="checkbox"/>	IN MATTONI SEMIPIENI (<45%)		PRESENTI IN PIETRA		
<input type="checkbox"/>	IN MATTONI FORATI (>45%)				
<input type="checkbox"/>	IN MASSELLI				
<input type="checkbox"/>	IN BLOCCHI DI CLS SEMIPIENI (<45%)				
<input type="checkbox"/>	IN BLOCCHI DI CLS FORATI (>45% <65%)				
<input type="checkbox"/>	IN BLOCCHI DI TUFO				
<input type="checkbox"/>	MISTA				
<input type="checkbox"/>	ALTRO				

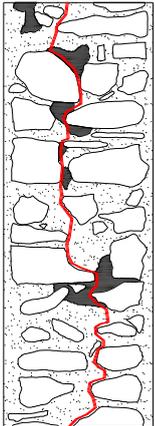
4.3 TIPO DI SEZIONE		4.7 DISTRIBUZIONE DEI VUOTI		4.9a PRESENZA DI DIATONI	
<input type="checkbox"/>	PARAMENTO UNICO	<input type="checkbox"/>	ASSENTI		<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	DUE PARAMENTI ACCOSTATI	<input type="checkbox"/>	DISTRIBUITI	<input type="checkbox"/>	PRESENTI
<input type="checkbox"/>	DUE PARAM. PARZIALMENTE AMMORSATI	<input checked="" type="checkbox"/>	LOCALIZZATI		
<input type="checkbox"/>	DUE PARAMENTI AMMORSATI				
<input type="checkbox"/>	TRE PARAMENTI				

4.4 ORIZZONTAMENTI		4.8 DIMENSIONE DEI VUOTI		4.9a PRESENZA DI DIATONI	
<input checked="" type="checkbox"/>	ASSENTI	<input type="checkbox"/>	PICCOLA (<1 cm)		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	PRESENTI ogni	<input type="checkbox"/>	MEDIA (> 1 e < 5 cm)	<input type="checkbox"/>	PRESENTI
		<input checked="" type="checkbox"/>	GRANDE		

INGRANAMENTO TRASVERSALE  
Schema grafico



VALORE DI LMT: 130 cm  
INGRANAMENTO: BASSO  
VULNERABILITÀ: LV2 - VUL. ACCENTUATA

Figura 39: Rilievo della tipologia muraria per la sezione muraria.

#### 1.3.3.1.1 **Ruolo strutturale**

Si definisce il ruolo strutturale della muratura di cui fa parte il campione murario analizzato, analogamente al paragrafo 1.3.2.1.1.

#### 1.3.3.1.2 **Tipologia di muratura**

La tipologia della muratura della sezione è assegnata in modo qualitativo sulla base del materiale di cui è composta, secondo quanto riportato al paragrafo 1.3.2.1.2.

#### 1.3.3.1.3 **Tipo di sezione**

La sezione può essere descritta scegliendo tra (Figura 40):

- paramento unico: muratura realizzata a regola d'arte e avente comportamento monolitico;
- due paramenti accostati: muratura costituita da due paramenti accostati ma non ammassati; presumibilmente durante un'azione esterna, tale parete si suddivide in due elementi indipendenti assimilabili a corpi rigidi;
- due paramenti parzialmente ammassati;
- due paramenti ammassati: muratura costituita da due paramenti con presenza sistematica di diatoni, che garantiscono il collegamento tra le due parti;
- tre paramenti: muratura costituita da tre paramenti non ammassati o collegati.

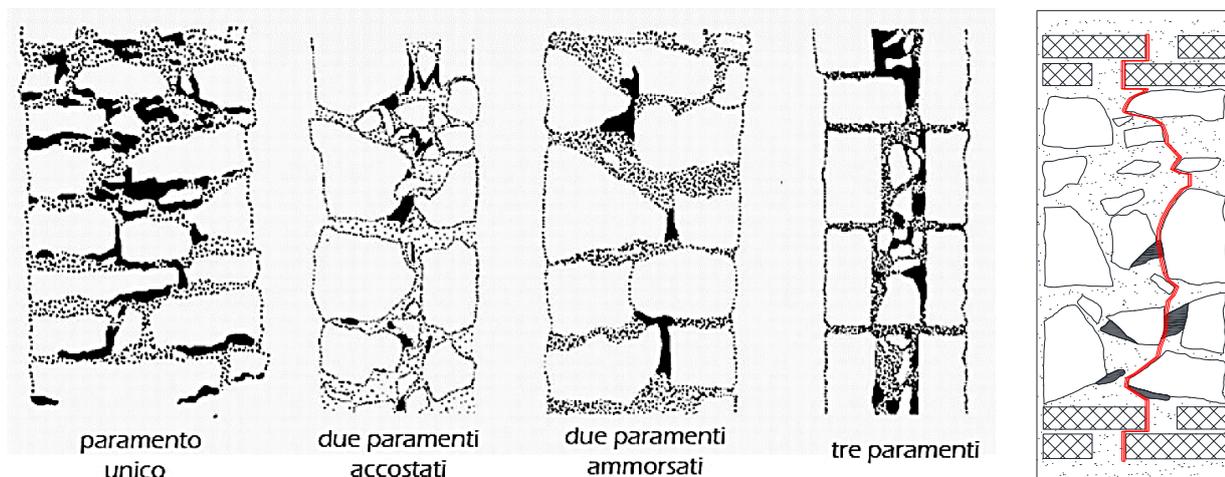


Figura 40: Sezioni murarie e numero di paramenti (tratto da [3]) (a) ed esempio di muratura a due paramenti (b).

#### 1.3.3.1.4 **Orizzontamenti**

Si indica la presenza o meno di orizzontamenti (1.3.2.1.4) nella sezione muraria.

#### 1.3.3.1.5 **Spessore**

In base al numero di paramenti individuati nella sezione, è possibile riportare nella scheda lo spessore totale della sezione e, se riconoscibile, lo spessore dei singoli paramenti.

#### 1.3.3.1.6 **Zeppe**

La presenza di zeppe all'interno dello spessore murario viene valutata come per il paramento (1.3.2.1.5).

### 1.3.3.1.7 Distribuzione dei vuoti

Occorre definire se nella sezione sono presenti vuoti e, eventualmente, qual è la loro distribuzione. È possibile scegliere tra le seguenti opzioni:

- assenti: vuoti non presenti nella sezione muraria;
- distribuiti: uniformemente presenti in tutta la sezione;
- localizzati: presenti in poche aree.

### 1.3.3.1.8 Dimensione dei vuoti

La scelta della dimensione dei vuoti è effettuata tra tre ordini di dimensioni:

- piccola: minore di 1 cm;
- media: compresa tra 1 e 5 cm;
- grande: maggiore di 5 cm.

### 1.3.3.1.9 Presenza di diatoni

Osservando la sezione è possibile rilevare la presenza di diatoni o di pietre di legamento (pietre che non attraversano completamente la sezione ma superano la metà del suo spessore). Nella SQM è richiesto di dare una valutazione del grado di rispetto del parametro “presenza di diatoni o legamenti”, come definito in 1.3.2.1.8. Nella figura seguente è riportata l'individuazione di diatoni e pietre di legamento nella sezione muraria. In particolare, in Figura 41a si visualizza un diatono per la sezione muraria, nella Figura 41b si distinguono P = pietre disposte di punta della dimensione maggiore della metà dello spessore del muro, L = legatura costituita da due pietre poste di punta, D = diatono costituito da due pietre poste di punta direttamente sovrapposte ed in (c) sono riportati due esempi di murature con pietre di legamento presenti nel database.

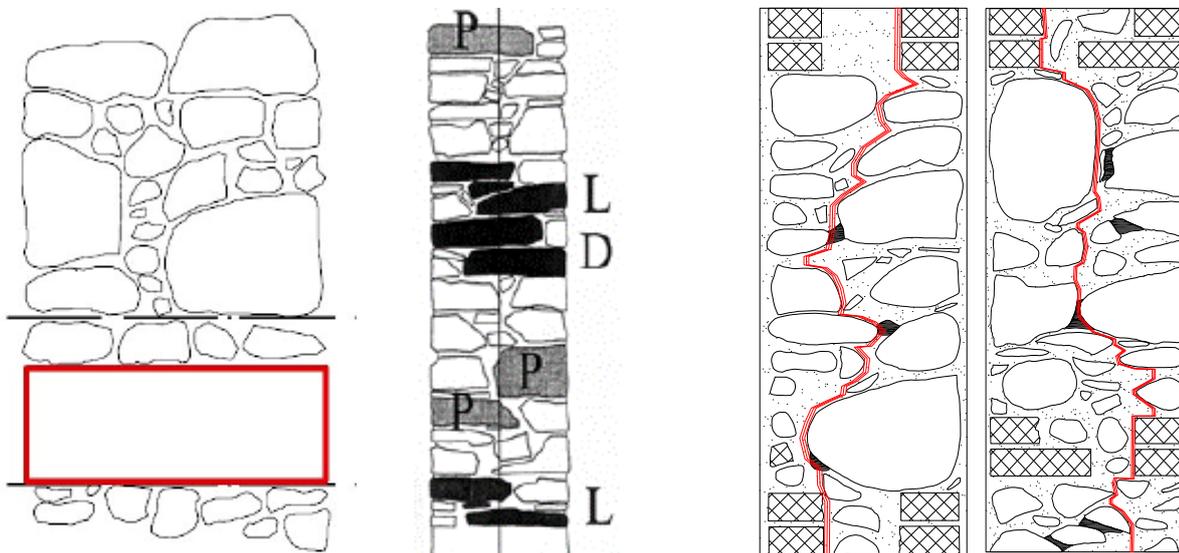


Figura 41: Individuazione di diatoni e pietre di legamento nelle sezioni murarie; (a) e (b) sono tratte da [2].

### 1.3.3.1.10 Ingranamento trasversale

Analogamente alla valutazione dell'ingranamento sul piano esterno del paramento, l'ingranamento all'interno della sezione può essere valutato tramite il valore delle LMT; esse rappresentano una misura del collegamento dei paramenti e, quindi, della monoliticità della sezione. Il procedimento è analogo a quello già illustrato per il paramento (§1.3.2.1.7). Il valore della LMT si ottiene misurando la lunghezza della linea centrale più breve che attraversa il nucleo murario in verticale,

aderendo al lato interno dei conci dell'uno o dell'altro paramento ove questi superino l'asse centrale della sezione, come già riportato in § 1.3.2.1.8. Le classi di vulnerabilità della muratura, definite in funzione dei valori della LMT, sono le stesse definite per il paramento (Tabella 12).

### 1.3.3.2 Caratterizzazione dei materiali del paramento

#### 1.3.3.2.1 Elementi

Questa sezione (Figura 42) riguarda le caratteristiche degli elementi della sezione ed è del tutto analoga a quella del paramento (§1.3.2.2.1), a cui si rimanda.

#### 1.3.3.2.2 Malta

Questa sezione (Figura 43) riguarda le caratteristiche della malta della sezione ed è del tutto analoga a quella del paramento §1.3.2.2.2, a cui si rimanda.

PARTE SECONDA RILIEVO DELLA TIPOLOGIA MURARIA			
5. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI DELLA SEZIONE			
5.1 ELEMENTI			
<b>5.1.1 TIPO DI ELEMENTO</b>	<b>5.1.5a FORMA DEGLI EL.</b>	<b>5.1.5b FORMA/REGOLARITÀ DEGLI EL.</b>	
<input type="checkbox"/> ARENARIA	<input checked="" type="checkbox"/> CIOTTOLI	<input checked="" type="checkbox"/>	NON RISPETTATO (F.EL. NR)
<input type="checkbox"/> CALCAREA	<input type="checkbox"/> BLOCCHI ERRATICI	<input type="checkbox"/>	PARZIALMENTE RISPETTATO (F.EL. PR)
<input type="checkbox"/> TRAVERTINO	<input type="checkbox"/> LASTRE	<input type="checkbox"/>	RISPETTATO (R.EL. R)
<input type="checkbox"/> TUFO	<input checked="" type="checkbox"/> BOZZE		
<input type="checkbox"/> MATTONI COTTI	<input type="checkbox"/> BLOCCHI ARTIFICIALI		
<input type="checkbox"/> MATTONI CRUDI	<input type="checkbox"/> CONCI		
<input type="checkbox"/> CLS	<input type="checkbox"/> BLOCCHI QUADRATI		
<input type="checkbox"/> MASSELLI			
<input type="checkbox"/> ALTRO			
<b>5.1.2 PROVENIENZA</b>	<b>5.1.6a DIMENSIONE EL</b>	<b>5.1.6b DIMENSIONE DEGLI EL.</b>	
<input type="checkbox"/> SCAVO LOCALE	<input checked="" type="checkbox"/> PICCOLA <20 cm	<input checked="" type="checkbox"/>	NON RISPETTATO (D.EL. NR)
<input checked="" type="checkbox"/> GRETO DEL FIUME	<input checked="" type="checkbox"/> MEDIA 20-40 cm	<input type="checkbox"/>	PARZIAL. RISPETTATO (D.EL. R)
<input checked="" type="checkbox"/> CAVA	<input type="checkbox"/> GRANDE >40 cm	<input type="checkbox"/>	RISPETTATO (D.EL. NR)
<input type="checkbox"/> PRODOTTO ARTIFICIALE			
<input type="checkbox"/> ALTRO			
<b>5.1.3 LAVORAZIONE</b>			
<input type="checkbox"/> ASSENTE			
<input checked="" type="checkbox"/> APPENA SBOZZATA			
<input type="checkbox"/> BLOCCO NATURALE SQUADRATO			
<input type="checkbox"/> BLOCCO ARTIFICIALE SQUADRATO			
<b>5.1.4 STATO DI CONSERVAZIONE</b>		<b>5.1.7 QUALITÀ/RESISTENZA DEGLI ELEMENTI</b>	
<input type="checkbox"/> BUONO		<input type="checkbox"/>	NON RISPETTATA
<input type="checkbox"/> DISCRETO		<input type="checkbox"/>	PARZIALMENTE RISPETTATA
<input checked="" type="checkbox"/> MEDIOCRE-CATTIVO		<input checked="" type="checkbox"/>	RISPETTATA
<input type="checkbox"/> PESSIMO			

Figura 42: Caratterizzazione dei materiali della sezione: elementi.

PARTE SECONDA RILIEVO DELLA TIPOLOGIA MURARIA	
<b>5.2 MALTA</b>	
5.2 MALTA	
5.2.1 FUNZIONE	
<input checked="" type="checkbox"/>	ALLETTAMENTO
<input type="checkbox"/>	STILATURA
<input checked="" type="checkbox"/>	RIEMPIMENTO
5.2.2 CONSISTENZA	
<input checked="" type="checkbox"/>	INCOERENTE
<input type="checkbox"/>	FRIABILE
<input type="checkbox"/>	COMPATTA
<input type="checkbox"/>	TENACE
<input type="checkbox"/>	ALTRO
5.2.3 COLORE MALTA	
GRIGIO CHIARO	
5.2.4 COLORE AGGREGATO	
GRIGIO	
5.2.5 TIPO DI AGGREGATO	
<input checked="" type="checkbox"/>	SABBIA
<input checked="" type="checkbox"/>	GHIAIA
<input type="checkbox"/>	GHIAIETTO
5.2.6 FORMA AGGREGATO	
<input checked="" type="checkbox"/>	ARROTONDATA
<input checked="" type="checkbox"/>	SPIGOLOSA
5.2.7 QUALITÀ DELLA MALTA	
<input checked="" type="checkbox"/>	NON RISPETTATO
<input type="checkbox"/>	PARZIALMENTE RISPETTATO
<input type="checkbox"/>	RISPETTATO

Figura 43: Caratterizzazione dei materiali della sezione: malta.

## 1.4 ASPETTI TECNICI PER LA COMPILAZIONE DELLA SCHEDA: PARTE TERZA

La terza parte della scheda, analizzando quanto compilato nelle sezioni precedenti, è dedicata alle conclusioni, che comprendono sia osservazioni qualitative sia indici numerici (valore dell'IQM, la classe e le caratteristiche meccaniche medie della muratura desunte a partire dal valore di IQM trovato).

PARTE TERZA CONCLUSIONI			
<b>OSSERVAZIONI QUALITATIVE</b>			
Muratura con tessitura disorganizzata, costituita da pietrame di cava appena sbozzato.			
Presenza di due paramenti accostati non collegati.			
Malta di qualità scadente.			
	$r_v =$	0.2	
	$r_{FP} =$	1	
	$r_{NP} =$	0.1	
<b>PARAMETRO</b>	<b>AZIONI VERTICALI</b>		<b>AZIONI ORTOGONALI</b>
<b>INDICE DI QUALITÀ</b>	<b>0.50</b>		<b>1.00</b>
<b>CATEGORIA</b>	<b>C</b>		<b>C</b>
<b>STIMA CARATTERISTICHE MECCANICHE CONCLUSIONI</b>			
<b>PARAMETRO</b>	<b>MINIMO</b>	<b>MASSIMO</b>	<b>MEDIO</b>
$f$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.1	2.0	1.6
$\tau_0$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0.021	0.035	0.028
$E$ [N/mm <sup>2</sup> ]	648	933	790
$G$ [N/mm <sup>2</sup> ]	237	336	286
$f_{t0}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0.030	0.065	0.048

Figura 44: Conclusioni, valore IQM e caratteristiche meccaniche medie.

### 1.4.1 Osservazioni qualitative

Le osservazioni qualitative riguardano le conclusioni che si possono trarre in relazione alla muratura dai dati raccolti nella scheda, mediante l'osservazione visiva in sito. Possono essere riportate le osservazioni ritenute interessanti o gli aspetti particolari di ciascun pannello o della procedura di prova.

### 1.4.2 IQM

In questa sezione è riportato il valore finale dell'IQM per le tre tipologie di azioni sollecitanti, ottenuto a partire dai punteggi e dai giudizi inseriti nei parametri della regola dell'arte.

A partire dai valori dell'IQM si calcolano successivamente le caratteristiche meccaniche come espresso nella procedura di Borri e De Maria [4] [5] e riportate qui al paragrafo 1.3.1.

La scheda in formato excel scaricabile dal sito fornisce i risultati numerici in modo automatico.

## 2 ESEMPIO DI SCHEDA DI QUALITÀ MURARIA

### 2.1 PARTE PRIMA

PARTE PRIMA COLLOCAZIONE ED IDENTIFICAZIONE DELLA MURATURA		
1.1 NUMERO SCHEDA QUALITÀ MURARIA <b>015</b>	1.13 COORDINATE N <b>44.048203965</b> E <b>11.835447491</b>	
1.2 DENOMINAZIONE PANNELLO <b>PANNELLO 1-015</b>	1.14 PIANTE E/O PROSPETTO INDICAZIONE DELLA POSIZIONE DEL PANNELLO	
1.3 REGIONE <b>TOSCANA</b>	PROV. <b>LU</b> Comune <b>BARGA</b>	
1.4 DATA RILIEVO (COINCIDENTE CON LA DATA DELLA PROVA) <b>14/09/2004</b>		
1.5 LABORATORIO DI PROVA <b>DELTA S.R.L.</b>		
1.6 CATEGORIA DI MURATURA		
ABACO Regione Toscana TAB. C8A.2.1 + TAB. C8A.2.2 - Circ. Min. 617/2009		
<b>F</b>		I <b>3</b>
TAB. C8.5.I + TAB. C8.5.II - Circ. Min. 7/2019		I <b>3</b>
1.7 N° PIANI EDIFICIO (fuori terra) <b>1</b> fuori terra		
1.8 PIANO a CUI SI TROVA IL PANNELLO <b>1</b> fuori terra		
1.9 ETÀ DELLA COSTRUZIONE		
DA <b>1930</b> A <b>1930</b>		
1.10 TIPO DI EDIFICIO <b>Ed. ordinario pubblico</b>   <b>S02 Scuola materna</b>		
1.11 PROVA IN SITO O LABORATORIO <b>PROVA IN SITU</b>		
1.12 TIPO DI PROVA <b>CD</b>		
OSSERVAZIONI <b>Prova eseguita in località Filecchio</b>		

### 2.2 PARTE SECONDA

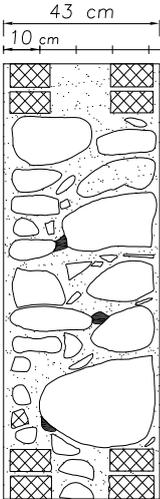
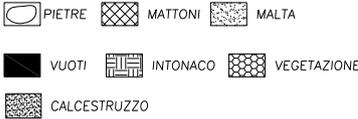
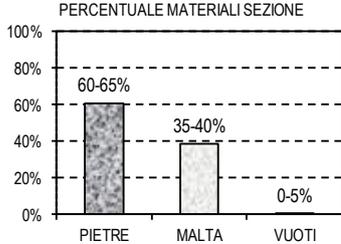
PARTE SECONDA RILIEVO DELLA TIPOLOGIA MURARIA	
2. TESSITURA DEL PARAMENTO FOTOGRAFIA DEL PARAMENTO	RESTITUZIONE GRAFICA DEL PARAMENTO
<b>LEGENDA</b> 	

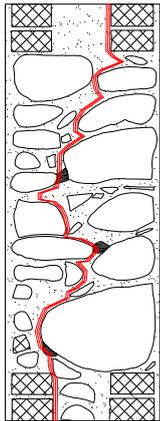
PARTE SECONDA RILIEVO DELLA TIPOLOGIA MURARIA		
<b>2. TESSITURA DEL PARAMENTO</b>		
<b>2.1 RUOLO STRUTTURALE</b>		
<input type="checkbox"/>	MURATURA ESTERNA	
<input checked="" type="checkbox"/>	MURATURA INTERNA	
<input type="checkbox"/>	TRAMEZZO	
<input type="checkbox"/>	TAMPONAMENTO	
<input type="checkbox"/>	PILASTRO	
<input type="checkbox"/>	ALTRO _____	
<b>2.2 TIPOLOGIA</b>		
<input checked="" type="checkbox"/>	IN PIETRA	
<input type="checkbox"/>	IN MATTONI	
<input type="checkbox"/>	IN MATTONI SEMIPIENI (<45%)	
<input type="checkbox"/>	IN MATTONI FORATI (>45%)	
<input type="checkbox"/>	IN MASSELLI	
<input type="checkbox"/>	IN BLOCCHI DI CLS SEMIPIENI (<45%)	
<input type="checkbox"/>	IN BLOCCHI DI CLS FORATI (>45% <65%)	
<input type="checkbox"/>	IN BLOCCHI DI TUFO	
<input type="checkbox"/>	MISTA	
<input type="checkbox"/>	ALTRO _____	
<b>2.3 RICORSI</b>		
<input checked="" type="checkbox"/>	PRESENTI DISTANZA	100 cm
<input type="checkbox"/>	PRESENTI DISTANZA VARIABILE	
<input type="checkbox"/>	PRESENTI IN ALTRO MATERIALE	
<input checked="" type="checkbox"/>	PRESENTI IN MATTONI	
<input type="checkbox"/>	PRESENTI IN CLS	
<input type="checkbox"/>	ASSENTI	
<b>2.4 ORIZZONTAMENTI/LISTATURE</b>		
<input type="checkbox"/>	ASSENTI	
<input checked="" type="checkbox"/>	PRESENTI ogni	100 cm
<b>2.5 ZEPPE</b>		
<input type="checkbox"/>	ASSENTI	
<input checked="" type="checkbox"/>	PRESENTI IN COTTO	
<input checked="" type="checkbox"/>	PRESENTI IN PIETRA	
<b>2.6 APPARECCHIATURA/ORIZZONTALITÀ DEI FILARI</b>		
<input type="checkbox"/>	IRREGOLARE (O.R. NR)	
<input checked="" type="checkbox"/>	A CORSI SUBORIZZONTALI (OR. PR)	
<input type="checkbox"/>	A CORSI ORIZZONTALI (OR.R)	
		PUNTEGGIO
VERTICALE	ORTOGONALE	COMPLANARE
1	1	0.5
<b>2.7 SFALSAMENTO DEI GIUNTI VERTICALI</b>		
<input checked="" type="checkbox"/>	NON RISPETTATO (SG. NR)	
<input type="checkbox"/>	PARZIALMENTE RISPETTATO (SG. PR)	
<input type="checkbox"/>	RISPETTATO (SG. R)	
		PUNTEGGIO
VERTICALE	ORTOGONALE	COMPLANARE
0	0	0
<b>2.8 PRESENZA DI DIATONI</b>		
<input type="checkbox"/>	NON RISPETTATO (PD. NR)	
<input checked="" type="checkbox"/>	PARZIALMENTE RISPETTATO (PD. PR)	
<input type="checkbox"/>	RISPETTATO (PD. R)	
		PUNTEGGIO
VERTICALE	ORTOGONALE	COMPLANARE
1	1.5	1

PARTE SECONDA RILIEVO DELLA TIPOLOGIA MURARIA		
<b>2. TESSITURA DEL PARAMENTO</b>		
<b>ORIZZONTALITÀ DEI FILARI</b> Schema grafico	<b>SFALSAMENTO DEI GIUNTI</b> Schema grafico	<b>INGRANAMENTO SUL PIANO ESTERNO</b> Schema grafico
		VALORE DI LMT: 127 cm INGRANAMENTO: BASSO VULNERABILITÀ: LV2 - VUL. ACCENTUATA

PARTE SECONDA		
RILIEVO DELLA TIPOLOGIA MURARIA		
3. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI DEL PARAMENTO		
3.1 ELEMENTI		
<b>3.1.1 TIPO DI ELEMENTO</b>	<b>3.1.5a FORMA DEGLI EL.</b>	<b>3.1.5b FORMA/REGOLARITÀ DEGLI EL.</b>
<input checked="" type="checkbox"/> ARENARIA	<input checked="" type="checkbox"/> CIOTTOLI	<input checked="" type="checkbox"/> NON RISPETTATO (F.EL. NR)
<input type="checkbox"/> CALCAREA	<input type="checkbox"/> BLOCCHI ERRATICI	<input type="checkbox"/> PARZIALMENTE RISPETTATO (F.EL. PR)
<input type="checkbox"/> TRAVERTINO	<input type="checkbox"/> LASTRE	<input type="checkbox"/> RISPETTATO (R.EL. R)
<input type="checkbox"/> TUFO	<input type="checkbox"/> BOZZE	PUNTEGGIO
<input type="checkbox"/> MATTONI COTTI	<input type="checkbox"/> BLOCCHI ARTIFICIALI	VERTICALE ORTOGONALE COMPLANARE
<input type="checkbox"/> MATTONI CRUDI	<input type="checkbox"/> CONCI	0 0 0
<input type="checkbox"/> CLS	<input type="checkbox"/> BLOCCHI QUADRATI	
<input type="checkbox"/> MASSELLI		
<input type="checkbox"/> ALTRO		
<b>3.1.2 PROVENIENZA</b>	<b>3.1.6a DIMENSIONE EL.</b>	<b>3.1.6b DIMENSIONE DEGLI EL.</b>
<input type="checkbox"/> SCAVO LOCALE	<input checked="" type="checkbox"/> PICCOLA <20 cm	<input checked="" type="checkbox"/> NON RISPETTATO (D.EL. NR)
<input checked="" type="checkbox"/> GRETO DEL FIUME	<input checked="" type="checkbox"/> MEDIA 20-40 cm	<input type="checkbox"/> PARZIAL. RISPETTATO (D.EL. R)
<input type="checkbox"/> CAVA	<input type="checkbox"/> GRANDE >40 cm	<input type="checkbox"/> RISPETTATO (D.EL. R)
<input type="checkbox"/> PRODOTTO ARTIFICIALE		PUNTEGGIO
<input type="checkbox"/> ALTRO		VERTICALE ORTOGONALE COMPLANARE
<b>3.1.3 LAVORAZIONE</b>		0 0 0
<input checked="" type="checkbox"/> ASSENTE		
<input type="checkbox"/> APPENA SBOZZATA		
<input type="checkbox"/> BLOCCO NATURALE SQUADRATO		
<input type="checkbox"/> BLOCCO ARTIFICIALE SQUADRATO		
<b>3.1.4 STATO DI CONSERVAZIONE</b>		<b>3.1.7 QUALITÀ/RESISTENZA DEGLI EL.</b>
<input type="checkbox"/> BUONO		<input type="checkbox"/> NON RISPETTATA
<input checked="" type="checkbox"/> DISCRETO		<input type="checkbox"/> PARZIALMENTE RISPETTATA
<input type="checkbox"/> MEDIOCRE-CATTIVO		<input checked="" type="checkbox"/> RISPETTATA
<input type="checkbox"/> PESSIMO		PUNTEGGIO
		VERTICALE ORTOGONALE COMPLANARE
		1 1 1

PARTE SECONDA		
RILIEVO DELLA TIPOLOGIA MURARIA		
3. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI DEL PARAMENTO		
3.2 MALTA		
<b>3.2.1 FUNZIONE</b>	<b>3.2.6 FORMA AGGREGATO</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> ALLETTAMENTO	<input checked="" type="checkbox"/> ARROTONDATA	
<input type="checkbox"/> STILATURA	<input checked="" type="checkbox"/> SPIGOLOSA	
<input type="checkbox"/> RIEMPIMENTO		
<b>3.2.2 CONSISTENZA</b>	<b>3.2.7a REGOLARITÀ GIUNTI DI MALTA</b>	<b>3.2.7b DIMENSIONE GIUNTI DI MALTA</b>
<input checked="" type="checkbox"/> INCOERENTE	<input checked="" type="checkbox"/> NON REGOLARI	<input type="checkbox"/> SOTTILI
<input type="checkbox"/> FRIABILE	<input type="checkbox"/> PARZIALMENTE REGOLARI	<input checked="" type="checkbox"/> MEDIO/SPESSI O SPESSI
<input type="checkbox"/> COMPATTA	<input type="checkbox"/> REGOLARI	<i>g (solo per muratura in mattoni pieni)</i>
<input type="checkbox"/> TENACE		<input checked="" type="checkbox"/> g = 0.7 se giunti di malta ampi (sp. >13 mm)
<input type="checkbox"/> ALTRO		g = 1 in tutti gli altri casi.
<b>3.2.3 COLORE MALTA</b>	<b>3.2.7 QUALITÀ DELLA MALTA</b>	PUNTEGGIO
GRIGIO CHIARO	<input checked="" type="checkbox"/> NON RISPETTATO	VERTICALE ORTOGONALE COMPLANARE
	<input type="checkbox"/> PARZIALMENTE RISPETTATO	0 0 0
<b>3.2.4 COLORE AGGREGATO</b>	<input type="checkbox"/> RISPETTATO	
GRIGIO		
<b>3.2.5 TIPO DI AGGREGATO</b>	<b>m</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> SABBIA	<input checked="" type="checkbox"/> m = 0.7 se malta pessima ( $f_m < 0.7 \text{ N/mm}^2$ )	
<input checked="" type="checkbox"/> GHIAIA	m = 1 in tutti gli altri casi.	
<input type="checkbox"/> GHIAIETTO		

PARTE SECONDA RILIEVO DELLA TIPOLOGIA MURARIA											
4. SEZIONE MURARIA <span style="color: red;">LATERALE</span>											
FOTOGRAFIA DELLA SEZIONE MURARIA 	RESTITUZIONE GRAFICA DELLA SEZIONE Schema grafico  <b>LEGENDA</b> 	EVENTUALE GRAFICO presenza di % di pietre malta e vuoti   <table border="1"> <tr> <td>PIETRE</td> <td style="color: red;">61%</td> <td>60-65%</td> </tr> <tr> <td>MALTA</td> <td style="color: red;">39%</td> <td>35-40%</td> </tr> <tr> <td>VUOTI</td> <td style="color: red;">1%</td> <td>0-5%</td> </tr> </table>	PIETRE	61%	60-65%	MALTA	39%	35-40%	VUOTI	1%	0-5%
PIETRE	61%	60-65%									
MALTA	39%	35-40%									
VUOTI	1%	0-5%									

PARTE SECONDA RILIEVO DELLA TIPOLOGIA MURARIA																																																																																				
4. SEZIONE MURARIA																																																																																				
4.1 RUOLO STRUTTURALE <table border="1"> <tr><td></td><td>MURATURA ESTERNA</td></tr> <tr><td style="color: red;">X</td><td>MURATURA INTERNA</td></tr> <tr><td></td><td>TRAMEZZO</td></tr> <tr><td></td><td>TAMPONAMENTO</td></tr> <tr><td></td><td>PILASTRO</td></tr> <tr><td></td><td>ALTRO _____</td></tr> </table> 4.2 TIPOLOGIA <table border="1"> <tr><td style="color: red;">X</td><td>IN PIETRA</td></tr> <tr><td></td><td>IN MATTONI</td></tr> <tr><td></td><td>IN MATTONI SEMIPIENI (&lt;45%)</td></tr> <tr><td></td><td>IN MATTONI FORATI (&gt;45%)</td></tr> <tr><td></td><td>IN MASSELLI</td></tr> <tr><td></td><td>IN BLOCCHI DI CLS SEMIPIENI (&lt;45%)</td></tr> <tr><td></td><td>IN BLOCCHI DI CLS FORATI (&gt;45% &lt;65%)</td></tr> <tr><td></td><td>IN BLOCCHI DI TUFO</td></tr> <tr><td></td><td>MISTA</td></tr> <tr><td></td><td>ALTRO _____</td></tr> </table> 4.3 TIPO DI SEZIONE <table border="1"> <tr><td></td><td>PARAMENTO UNICO</td></tr> <tr><td></td><td>DUE PARAMENTI ACCOSTATI</td></tr> <tr><td style="color: red;">X</td><td>DUE PARAM. PARZIALMENTE AMMORSATI</td></tr> <tr><td></td><td>DUE PARAMENTI AMMORSATI</td></tr> <tr><td></td><td>TRE PARAMENTI</td></tr> </table> 4.4 ORIZZONTAMENTI <table border="1"> <tr><td></td><td>ASSENTI</td></tr> <tr><td style="color: red;">X</td><td>PRESENTI ogni <span style="color: red;">100 cm</span></td></tr> </table>		MURATURA ESTERNA	X	MURATURA INTERNA		TRAMEZZO		TAMPONAMENTO		PILASTRO		ALTRO _____	X	IN PIETRA		IN MATTONI		IN MATTONI SEMIPIENI (<45%)		IN MATTONI FORATI (>45%)		IN MASSELLI		IN BLOCCHI DI CLS SEMIPIENI (<45%)		IN BLOCCHI DI CLS FORATI (>45% <65%)		IN BLOCCHI DI TUFO		MISTA		ALTRO _____		PARAMENTO UNICO		DUE PARAMENTI ACCOSTATI	X	DUE PARAM. PARZIALMENTE AMMORSATI		DUE PARAMENTI AMMORSATI		TRE PARAMENTI		ASSENTI	X	PRESENTI ogni <span style="color: red;">100 cm</span>	4.5 SPESSORE SEZIONE <table border="1"> <tr><td style="color: red;">43</td><td>SP. SEZIONE CM</td></tr> <tr><td style="color: red;">25</td><td>SP. PARAMENTO DX CM</td></tr> <tr><td style="color: red;">18</td><td>SP. PARAMENTO SX CM</td></tr> <tr><td></td><td>SP. INTERNO CM</td></tr> </table> 4.6 ZEPPE <table border="1"> <tr><td></td><td>ASSENTI</td></tr> <tr><td style="color: red;">X</td><td>PRESENTI IN COTTO</td></tr> <tr><td style="color: red;">X</td><td>PRESENTI IN PIETRA</td></tr> </table> 4.7 DISTRIBUZIONE DEI VUOTI <table border="1"> <tr><td></td><td>ASSENTI</td></tr> <tr><td></td><td>DISTRIBUITI</td></tr> <tr><td style="color: red;">X</td><td>LOCALIZZATI</td></tr> </table> 4.8 DIMENSIONE DEI VUOTI <table border="1"> <tr><td></td><td>PICCOLA (&lt;1 cm)</td></tr> <tr><td style="color: red;">X</td><td>MEDIA (&gt; 1 e &lt; 5 cm)</td></tr> <tr><td></td><td>GRANDE</td></tr> </table> 4.9a PRESENZA DI DIATONI <table border="1"> <tr><td style="color: red;">X</td><td>ASSENTI</td></tr> <tr><td></td><td>PRESENTI</td></tr> </table>	43	SP. SEZIONE CM	25	SP. PARAMENTO DX CM	18	SP. PARAMENTO SX CM		SP. INTERNO CM		ASSENTI	X	PRESENTI IN COTTO	X	PRESENTI IN PIETRA		ASSENTI		DISTRIBUITI	X	LOCALIZZATI		PICCOLA (<1 cm)	X	MEDIA (> 1 e < 5 cm)		GRANDE	X	ASSENTI		PRESENTI	4.9b PRESENZA DI DIATONI O LEGAMENTI <table border="1"> <tr><td></td><td>NON RISPETTATO</td></tr> <tr><td style="color: red;">X</td><td>PARZIALMENTE RISPETTATO</td></tr> <tr><td></td><td>RISPETTATO</td></tr> </table> INGRANAMENTO TRASVERSALE Schema grafico  VALORE DI LMT: <span style="color: red;">137 cm</span> INGRANAMENTO: <span style="color: red;">MEDIO</span> VULNERABILITÀ: <span style="color: red;">LV3 - VUL. MEDIA</span>		NON RISPETTATO	X	PARZIALMENTE RISPETTATO		RISPETTATO
	MURATURA ESTERNA																																																																																			
X	MURATURA INTERNA																																																																																			
	TRAMEZZO																																																																																			
	TAMPONAMENTO																																																																																			
	PILASTRO																																																																																			
	ALTRO _____																																																																																			
X	IN PIETRA																																																																																			
	IN MATTONI																																																																																			
	IN MATTONI SEMIPIENI (<45%)																																																																																			
	IN MATTONI FORATI (>45%)																																																																																			
	IN MASSELLI																																																																																			
	IN BLOCCHI DI CLS SEMIPIENI (<45%)																																																																																			
	IN BLOCCHI DI CLS FORATI (>45% <65%)																																																																																			
	IN BLOCCHI DI TUFO																																																																																			
	MISTA																																																																																			
	ALTRO _____																																																																																			
	PARAMENTO UNICO																																																																																			
	DUE PARAMENTI ACCOSTATI																																																																																			
X	DUE PARAM. PARZIALMENTE AMMORSATI																																																																																			
	DUE PARAMENTI AMMORSATI																																																																																			
	TRE PARAMENTI																																																																																			
	ASSENTI																																																																																			
X	PRESENTI ogni <span style="color: red;">100 cm</span>																																																																																			
43	SP. SEZIONE CM																																																																																			
25	SP. PARAMENTO DX CM																																																																																			
18	SP. PARAMENTO SX CM																																																																																			
	SP. INTERNO CM																																																																																			
	ASSENTI																																																																																			
X	PRESENTI IN COTTO																																																																																			
X	PRESENTI IN PIETRA																																																																																			
	ASSENTI																																																																																			
	DISTRIBUITI																																																																																			
X	LOCALIZZATI																																																																																			
	PICCOLA (<1 cm)																																																																																			
X	MEDIA (> 1 e < 5 cm)																																																																																			
	GRANDE																																																																																			
X	ASSENTI																																																																																			
	PRESENTI																																																																																			
	NON RISPETTATO																																																																																			
X	PARZIALMENTE RISPETTATO																																																																																			
	RISPETTATO																																																																																			

PARTE SECONDA RILIEVO DELLA TIPOLOGIA MURARIA		
5. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI DELLA SEZIONE		
5.1 ELEMENTI		
<b>5.1.1 TIPO DI ELEMENTO</b>	<b>5.1.5a FORMA DEGLI EL.</b>	<b>5.1.5b FORMA/REGOLARITÀ DEGLI EL.</b>
<input checked="" type="checkbox"/> ARENARIA	<input checked="" type="checkbox"/> CIOTTOLI	<input type="checkbox"/> NON RISPETTATO (F.EL. NR)
<input type="checkbox"/> CALCAREA	<input type="checkbox"/> BLOCCHI ERRATICI	<input checked="" type="checkbox"/> PARZIALMENTE RISPETTATO (F.EL. PR)
<input type="checkbox"/> TRAVERTINO	<input type="checkbox"/> LASTRE	<input type="checkbox"/> RISPETTATO (R.EL. R)
<input type="checkbox"/> TUFO	<input type="checkbox"/> BOZZE	
<input type="checkbox"/> MATTONI COTTI	<input type="checkbox"/> BLOCCHI ARTIFICIALI	
<input type="checkbox"/> MATTONI CRUDI	<input type="checkbox"/> CONCI	
<input type="checkbox"/> CLS	<input type="checkbox"/> BLOCCHI QUADRATI	
<input type="checkbox"/> MASSELLI		
<input type="checkbox"/> ALTRO		
<b>5.1.2 PROVENIENZA</b>	<b>5.1.6a DIMENSIONE EL</b>	<b>5.1.6b DIMENSIONE DEGLI EL.</b>
<input type="checkbox"/> SCAVO LOCALE	<input checked="" type="checkbox"/> PICCOLA <20 cm	<input checked="" type="checkbox"/> NON RISPETTATO (D.EL. NR)
<input checked="" type="checkbox"/> GRETO DEL FIUME	<input checked="" type="checkbox"/> MEDIA 20-40 cm	<input type="checkbox"/> PARZIAL. RISPETTATO (D.EL. R)
<input type="checkbox"/> CAVA	<input type="checkbox"/> GRANDE >40 cm	<input type="checkbox"/> RISPETTATO (D.EL. NR)
<input type="checkbox"/> PRODOTTO ARTIFICIALE		
<input type="checkbox"/> ALTRO		
<b>5.1.3 LAVORAZIONE</b>		
<input checked="" type="checkbox"/> ASSENTE		
<input type="checkbox"/> APPENA SBOZZATA		
<input type="checkbox"/> BLOCCO NATURALE SQUADRATO		
<input type="checkbox"/> BLOCCO ARTIFICIALE SQUADRATO		
<b>5.1.4 STATO DI CONSERVAZIONE</b>		<b>5.1.7 QUALITÀ/RESISTENZA DEGLI ELEMENTI</b>
<input type="checkbox"/> BUONO		<input checked="" type="checkbox"/> NON RISPETTATA
<input checked="" type="checkbox"/> DISCRETO		<input type="checkbox"/> PARZIALMENTE RISPETTATA
<input type="checkbox"/> MEDIOCRE-CATTIVO		<input type="checkbox"/> RISPETTATA
<input type="checkbox"/> PESSIMO		

PARTE SECONDA RILIEVO DELLA TIPOLOGIA MURARIA	
5.2 MALTA	
5.2 MALTA	
<b>5.2.1 FUNZIONE</b>	<b>5.2.6 FORMA AGGREGATO</b>
<input checked="" type="checkbox"/> ALLETTAMENTO	<input checked="" type="checkbox"/> ARROTONDATA
<input type="checkbox"/> STILATURA	<input checked="" type="checkbox"/> SPIGOLOSA
<input type="checkbox"/> RIEMPIMENTO	
<b>5.2.2 CONSISTENZA</b>	<b>5.2.7 QUALITÀ DELLA MALTA</b>
<input checked="" type="checkbox"/> INCOERENTE	<input checked="" type="checkbox"/> NON RISPETTATO
<input type="checkbox"/> FRIABILE	<input type="checkbox"/> PARZIALMENTE RISPETTATO
<input type="checkbox"/> COMPATTA	<input type="checkbox"/> RISPETTATO
<input type="checkbox"/> TENACE	
<input type="checkbox"/> ALTRO	
<b>5.2.3 COLORE MALTA</b>	
GRIGIO CHIARO	
<b>5.2.4 COLORE AGGREGATO</b>	
GRIGIO	
<b>5.2.5 TIPO DI AGGREGATO</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> SABBIA	
<input checked="" type="checkbox"/> GHIAIA	
<input type="checkbox"/> GHIAIETTO	

## 2.3 PARTE TERZA

PARTE TERZA CONCLUSIONI			
<b>OSSERVAZIONI QUALITATIVE</b>			
Buono stato di conservazione del pannello.			
Il valore della LTM nel paramento della parete è la media dei valori delle LTM assunte delle due facce.			
La tessitura presenta abbondanti zeppe realizzate con scaglie in pietra, ciottoli di piccole dimensioni e frammenti di laterizio.			
La malta, a base di calce, è di qualità scadente e poco aderente alle pietre. All'interno della sezione si riscontra un numero limitato di vuoti di ridotta dimensione.			
La malata non è definita di qualità particolarmente scadente per la notevole presenza di zeppe.			
	$r_v =$	0.2	
<b>PARAMETRO</b>	<b>AZIONI VERTICALI</b>		<b>AZIONI ORTOGONALI</b>
<b>INDICE DI QUALITÀ</b>	<b>2.00</b>		<b>2.50</b>
<b>CATEGORIA</b>	<b>C</b>		<b>C</b>
<b>STIMA CARATTERISTICHE MECCANICHE CONCLUSIONI</b>			
<b>PARAMETRO</b>	<b>MINIMO</b>	<b>MASSIMO</b>	<b>MEDIO</b>
$f$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.5	2.6	2.1
$\tau_0$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0.025	0.041	0.033
$E$ [N/mm <sup>2</sup> ]	820	1174	997
$G$ [N/mm <sup>2</sup> ]	255	361	308
$f_{v0}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0.043	0.091	0.067

## BIBLIOGRAFIA

- [1] AA.VV., 2003. Rilevamento della vulnerabilità sismica degli edifici in muratura. Manuale per la compilazione della Scheda GNDT/CNR di II livello - Versione modificata dalla Regione Toscana”.
- [2] AA. VV.. 2014. Manuale per la compilazione della scheda di 1° livello di rilevamento danni, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica (AeDES). Seconda Edizione. Revisione a cura di Mauro Dolce, Filomena Papa, Angelo Giuseppe Pizza.
- [3] Binda L., Borri A., Cardani G., Doglioni F., 2009. Scheda qualità muraria: relazione finale e linee guida per la compilazione della scheda di valutazione della qualità muraria. Report ReLUIS 2005-2008.
- [4] Borri A., Corradi M., Castori G., De Maria A., 2015. A method for the analysis and classification of historic masonry. Bulletin of Earthquake Engineering. 13:2647–2665.
- [5] Borri A., De Maria A., 2019. Qualità muraria secondo il metodo IQM: aggiornamento alla Circolare esplicativa n. 7 del 2019. Structural 222 – marzo/aprile 2019 – paper 07 – ISSN 2282-3794.
- [6] Boschi S., Bernardini C., Borghini A., Ciavattone A., Del Monte E., Giordano S., Ortolani B., Signorini N., Vignoli A.. 2015. Analisi dei risultati di prove sperimentali su murature toscane. XVI Convegno Nazionale ANIDIS, L'Ingegneria Sismica in Italia, L'Aquila, Italia.
- [7] Boschi S., Bernardini C., Borghini A., Ciavattone A., Del Monte E., Giordano S., Signorini N., Vignoli A.. 2016. Mechanical characterisation of particular masonry panel in Tuscany. XVI International Brick and Block Masonry Conference 27-29 giugno 2016, Padova, Italia. ISBN 978-1-138-02999-6.
- [8] Circolare Ministeriale n.° 617 del 02/02/2009 e relative appendici. Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14/01/2008.
- [9] Circolare Ministeriale n.° 7 del 21/01/2019 e relative appendici. Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018.
- [10] Del Monte E. and Vignoli A. (2008) In situ mechanical characterization of the mortar in masonry buildings with DRMS. In: 1st international RILEM symposium on site assessment of concrete, masonry and timber structures, Varenna, Italy, 1–2 September 2008, pp 421–430.
- [11] D.M.LL.PP. del 20/11/1987 Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento.
- [12] GNDT/CNR. 1993. Rilevamento della Vulnerabilità Sismica degli Edifici in Muratura. Istruzioni per la compilazione della scheda di 1° Livello. Muratura e cemento armato.
- [13] NTC 2008. D.M. del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 14/01/2008. Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni. G.U. n. 29 del 04.02.2008, S.O. n. 30. 2.
- [14] NTC 2018. D.M. del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17/01/2018. Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni. G.U. n. 42 del 20.02.2018.
- [15] Zuccaro G., De Gregorio D., 2016. Manuale per la compilazione della scheda di 1° livello per la CARatterizzazione Tipologico-Strutturale dei comparti urbani costituiti da edifici ordinari – CARTIS 2014”. Progetto ReLUIS 2014-2016. Linea “Sviluppo di una metodologia sistematica per la valutazione dell'esposizione a scala territoriale sulla base delle caratteristiche tipologico-strutturali degli edifici”.
- [16] UNI 10006/2002. Costruzione e manutenzione delle strade: tecniche di impiego delle terre.