

criteri di descrizione delle tecniche murarie per la predisposizione di moduli schedografici codificati

RICOGNIZIONE BIBLIOGRAFICA

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- A. GIUFFRÈ, *Lecture sulla meccanica delle murature storiche*, Kappa, 1991.
- A. GIUFFRÈ (a cura di), *Sicurezza e conservazione dei centri storici: il caso Ortigia. Codice di pratica per gli interventi antisismici nel centro storico*, Laterza, 2006.
- C. CAROCCI, C. TOCCI (a cura di), *Antonino Giuffrè. Leggendo il libro delle antiche architetture. Aspetti statici del restauro, saggi 1985-1997*, Gangemi, 2010.
- D. FIORANI, *Tecniche costruttive murarie medievali: il Lazio meridionale*, L'erma di Bretschneider, 1996.
- S. DALLA TORRE (a cura di), *Storia delle tecniche murarie e tutela del patrimonio. Esperienze e questioni di metodo*, Guerini Studio, 1996.
- L. BINDA (a cura di), *Caratterizzazione delle murature in pietra e mattoni ai fini dell'individuazione di opportune tecniche di riparazione*, CNR - Gruppo nazionale per la difesa dai terremoti, 2001.
- L. BINDA, G. CARDANI, C. MODENA, A. SAISI, M. R. VALLUZZI, *Studio della vulnerabilità degli edifici dei centri storici in zona sismica*, in D. FIORANI, *Tecniche costruttive dell'edilizia storica: conoscere per conservare*, Viella, 2005, pp. 17-29.
- G. MAGENES, S. LAGOMARSINO, *Linee di ricerca 1. Valutazione e riduzione della vulnerabilità di edifici in muratura*, Dipartimento di Protezione Civile, Università degli Studi di Napoli Federico II, 2005.
- A. W. HENDRY, *Statica delle strutture in muratura di mattoni*, Bologna, Patron, 1986.
- T. TASSIOS, *Meccanica delle murature*, Napoli, Liguori, 1988, *Parte A - Muratura non armata*, pp. 9-52.
- NTC 2008, *Norme tecniche per le costruzioni* - D.M. 14 Gennaio (D.M. 14/1/08). Pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4.02.2008.
- NTC 2008 (Circolare 617/2009 *Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008, C8A - Appendice al cap. C8: Costruzioni in muratura. Dati necessari e identificazione del livello di conoscenza*).
- Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale: allineamento alle nuove Norme tecniche per le costruzioni. Circolare n. 26, 2 dicembre 2010*, Ministero per i beni e le attività culturali - Segretariato generale, Roma, Gangemi, 2010.
- DPCM 09/02/2011, Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri recante 'Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008'. Pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 54 del 26/02/2011.
- E. CURTI, A. LEMME, S. PODESTÀ, *Indicazioni per la valutazione della qualità muraria*, in E. CURTI, A. LEMME, S. PODESTÀ (a cura di), *Sisma Molise 2002: dall'emergenza alla ricostruzione. Edifici in muratura*, D.E.I., 2008, pp. 47-84.
- AA.VV., *Manuale delle murature storiche*, Direttore scientifico A. Borri, a cura di C. Donà, A. De Maria, D.E.I., Tipografia del Genio Civile, 2011.
- Schema di Linee Guida per la conservazione delle architetture di interesse archeologico. Conoscenza, prevenzione, manutenzione*, in R. CECCHI (a cura di), *Roma archaeologia: interventi per la tutela e la fruizione del patrimonio archeologico. Terzo rapporto*, vol. Primo, Electa, 2011.

- P. FACCIO (et. alii), *Ricerca APSAT (Ambiente e Paesaggi dei Siti d'Altura Trentini) - Alpinet, Valutazione del rischio secondo i contenuti delle Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni*. Metodiche di sistematizzazione dei dati messe a punto dal gruppo di ricerca, 2009-2010 (in corso di pubblicazione).
- MIBAC, ICCD, Soprintendenza archeologica di Roma, *Norme per la redazione della scheda del saggio stratigrafico*, Roma, Multigrafica Editrice, 1984.
- G. P. BROGIOLO, *Archeologia dell'edilizia storica*, New Press, Como, 1988.
- F. DOGLIONI, G. MIRABELLA ROBERTI (a cura di), *Venezia: forme della costruzione, forme del dissesto*, Cluva, 2011, pp. 84-84.
- F. DOGLIONI, G. MIRABELLA ROBERTI, *Prove sperimentali speditive e valutazioni di vulnerabilità delle murature*, in *Monumenti & terremoti: nuove esperienze di analisi di vulnerabilità, pericolosità sismica. Risultati del programma ENEA-MIUR*, pp. 93-106.
- T. MANNONI, C. CIRIELLO, *Atlante dei tipi costruttivi murari in Italia settentrionale*, in M. GUCCIONE (a cura di), *La protezione del patrimonio culturale. La questione sismica*. Atti del II Seminario nazionale di studio, 1997, Roma, Gangemi, 1998, pp. 87-99.
- T. MANNONI, *Tradizioni liguri nell'impiego delle pietre*, in P. MARCHI (a cura di), *Pietre di Liguria*, Genova, 1993, pp. 37-44.
- T. MANNONI, *Archeometria geoarcheologia dei manufatti*, Escum, Genova, 1994.
- A. BOATO, *L'archeologia in architettura: misurazioni, stratigrafie, datazioni, restauro*, Venezia, Marsilio, 2008.
- G. BIANCHI, *L'analisi delle tecniche murarie. Spunti interpretativi per la comprensione dei principali assetti abitativi*, in A. MOLINARI, *Segesta II. Il castello e la moschea (scavi 1989-1995)*, Palermo, 1997, pp. 213-233.
- R. PARENTI, *Le strutture murarie: problemi di metodo e prospettive di ricerca*, «Archeologia Medievale», X, 1983, pp. 332-338.
- R. PARENTI, *Una proposta di classificazione tipologica delle murature postclassiche*, in G. BISCONTIN, R. ANGELETTI (a cura di), *Conoscenze e sviluppi teorici per la conservazione di sistemi costruttivi tradizionali in muratura*, Atti del Convegno di Studi, Bressanone 23-26 Giugno 1987, pp. 49-61.
- A. BERNARDINI (a cura di), *La vulnerabilità degli edifici : valutazione a scala nazionale della vulnerabilità sismica degli edifici ordinari*, CNR - Gruppo nazionale per la difesa dai terremoti, 2000.

Modulo di approfondimento per le tecniche murarie

Criteri di descrizione delle caratteristiche materiche, costruttive e meccaniche delle murature storiche

Obiettivo della ricognizione bibliografica proposta è di giungere all'elaborazione di un tracciato schedografico di rilievo e analisi delle tecniche murarie storiche, perseguendo il duplice intento di uniformità del lessico e di flessibilità negli apparati e nei modelli descrittivi, per poi pervenire, secondo le previsioni dell'ICCD, in una successiva fase di implementazione dei lavori, alla costituzione dell'*Atlante nazionale delle tecniche murarie*.

Descrivere, misurare, comprendere e classificare la qualità muraria di un edificio comporta l'acquisizione e la produzione di dati e di grafici da selezionare e strutturare all'interno di "schede di lettura della realtà", in cui possano confluire informazioni di carattere necessariamente interdisciplinare ma fornite secondo un linguaggio e secondo regole¹ condivise.

Come noto, i percorsi di analisi e di caratterizzazione delle tecniche murarie finora indagati hanno perseguito intenti divergenti e sono stati contraddistinti da approcci metodologici strettamente connessi agli ambiti tecnici o all'area disciplinare di riferimento del "rilevatore". Procedendo con la necessaria semplificazione, possiamo individuare in un primo obiettivo, di natura "storico-documentaria", la finalità di riconoscere e - per quanto possibile - di inquadrare cronologicamente le differenti tipologie murarie presenti nell'edificio; un secondo percorso di conoscenza guarda, invece, alle caratteristiche dell'apparecchiatura con lo scopo di definirne le proprietà meccaniche e - anche alla luce della vigente normativa relativa alla valutazione della vulnerabilità sismica delle costruzioni storiche in muratura² - di fornire informazioni utili a calibrare su di esse l'eventuale intervento di conservazione³.

Lessico.

L'approccio metodologico che qualifica il lavoro che si intende avviare sarà contraddistinto da uno sforzo nella ricerca di sintesi e nel raggiungimento di una codifica condivisa dei linguaggi adottati, sia in fase di schedatura che di interpretazione dei dati.

¹ Cfr. A. GIUFFRÈ, *Lectures sulla meccanica delle murature storiche*, Kappa, 1991. Vedi anche, G. DE FELICE, A. PUGLIANO, *Il lessico costruttivo dell'edilizia storica*, in A. GIUFFRÈ (a cura di), *Sicurezza e conservazione dei centri storici: il caso Ortigia. Codice di pratica per gli interventi antisismici nel centro storico*, Laterza, 2006, pp. 69-141.

² D.M. 14 gennaio 2008, *Nuove norme tecniche per le costruzioni*. Vedi anche Circolare 617/2009 *Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008*, C8A - Appendice al cap. C8: *Costruzioni in muratura. Dati necessari e identificazione del livello di conoscenza*.

³ Cfr. D. FIORANI, *Le tecniche costruttive medievali del basso Lazio. Metodo e percorsi di una ricerca*, in S. DALLA TORRE (a cura di), *Storia delle tecniche murarie e tutela del patrimonio. Esperienze e questioni di metodo*, Guerini Studio, 1996, pp. 97-111.

La notevole varietà di tecniche costruttive e di materiali impiegati a scala nazionale, rende urgente, infatti, la codifica di un linguaggio mirato alla descrizione e alla definizione sintetica di tale eterogeneità, anche attraverso la confluenza, all'interno di un vocabolario comune, di diversi approcci disciplinari (architettura, ingegneria, archeologia, etc.) cui il tema dell'analisi delle tessiture murarie può essere riferito. Proprio per il suo carattere di interdisciplinarietà, lo strumento che si va mettendo a punto dovrà garantire flessibilità di lettura e, al contempo, rappresentare l'esito di un processo che porti a governare i problemi di "qualificazione" e di "quantificazione" dei dati rilevati.

Fattori condizionanti.

Riguardo all'individuazione e alla selezione dei dati utili a un'identificazione univoca delle tecniche murarie, gli esiti della ricognizione bibliografica fanno emergere differenze di carattere metodologico e operativo.

Pur mostrando divergenze di "carattere quantitativo" riguardo alle informazioni da acquisire con il rilievo diretto, la comunità scientifica sembra convergere sull'identificazione di fattori comuni che investono la "definizione anagrafica" della fabbrica e la sua lettura cronologica. Al contrario, gli approcci connessi al riconoscimento dei fattori condizionanti le caratteristiche meccaniche delle murature e i metodi di acquisizione di questi dati, mostrano elementi di incompatibilità legati non soltanto al confronto tra ambiti disciplinari diversi.

A questo proposito, e con il fine di rendere il modulo schedografico uno strumento operativo nella documentazione di contenuti utili anche alla valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici storici, le questioni sulle quali il dibattito dovrà auspicabilmente giungere ad adeguate convergenze riguarderanno, in particolar modo:

- criteri di individuazione di elementi tecnico-costruttivi ricorrenti pur declinati in aree territoriali contraddistinte da caratteristiche costruttive mutevoli, che consentano di esprimere una prima valutazione di "qualità" delle murature;
- contributo della lettura stratigrafica alla ricostruzione del rapporto che intercorre tra processi di formazione e forme di vulnerabilità⁴;
- metodologie di caratterizzazione meccanica: definizione dei parametri quantitativi deducibili dall'analisi diretta del campione.

⁴ Come da indicazioni contenute in *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale: allineamento alle nuove Norme tecniche per le costruzioni. Circolare n. 26, 2 dicembre 2010*, Ministero per i beni e le attività culturali - Segretariato generale, Roma, Gangemi, 2010, obiettivo del lavoro avviato sarà anche quello di collegare, all'interno di un quadro conoscitivo complessivo, i dati esito del riconoscimento di una sequenza stratigrafica con le successive valutazioni del comportamento strutturale.

Livelli di approfondimento.

Un contributo alle questioni appena sollevate potrebbe risiedere nella messa a punto di una scheda articolata in diversi livelli di approfondimento, in funzione dell'accuratezza delle operazioni di rilievo, di analisi e delle indagini realizzate. Un primo tracciato identificativo di compilazione che consti di una piattaforma comune di "informazioni di base" finalizzata all'elaborazione di una valutazione speditiva, che lasci aperta la possibilità di editing e di implementazione successiva dei dati anche in tempi e in luoghi differenti dal sito di rilevamento.

Questioni aperte.

Per giungere alla standardizzazione di un metodo, la schedatura proposta dovrà mettere in relazione approcci analitici consolidati in letteratura con quanto richiesto dalla normativa vigente⁵; a questo scopo, gli esiti delle ricerche già condotte in materia consentono di focalizzare l'attenzione su nodi rilevanti attorno ai quali si concentrerà il lavoro di organizzazione e di strutturazione del tracciato:

- definizione selettiva dei campi utili per la caratterizzazione delle tessiture murarie;
- qualificazione delle tipologie costruttive regionali di riferimento⁶;
- definizione della sezione muraria anche attraverso disegni di dettaglio, di tipo costruttivo e tecnologico (qualità delle connessioni interne, ingranamento, qualità delle malte, stato di conservazione, etc.);
- classificazione tipologica delle murature che proponga intervalli per le caratteristiche meccaniche (rapporto tra caratteristiche costruttive del manufatto e parametri di resistenza della muratura);
- definizione degli strumenti di analisi che consentono di dare corpo ai "fattori di confidenza"⁷.

Per facilità di lettura, ciascuna scheda presa in analisi sarà seguita da una sintesi comparativa tra le informazioni acquisite attraverso la compilazione della stessa e i parametri espressamente richiesti dalla normativa rivolta alla valutazione del comportamento meccanico delle murature. La comparazione diretta, infatti, può favorire una riflessione riguardo a coincidenze e a discrasie nei dati di volta in volta rilevati nelle schede proposte e, auspicabilmente, fornire spunti utili all'individuazione dei fattori qualificanti la caratterizzazione muraria, in grado di implementare i parametri attualmente definiti dalle NTC 2008.

⁵ D.M. 14 gennaio 2008, *Nuove norme tecniche per le costruzioni*. Vedi anche: Circolare 617/2009 *Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008, C8A - Appendice al cap. C8: Costruzioni in muratura. Dati necessari e identificazione del livello di conoscenza*.

⁶ La qualificazione delle tipologie costruttive regionali di riferimento risulta necessaria alla costituzione di un vocabolario condiviso che comprenda le voci identificative utili alla compilazione della scheda. Al contrario, gli esiti delle più recenti ricerche condotte sul tema dell'analisi del comportamento meccanico delle murature storiche, rilevano che i principi che delineano la "regola dell'arte" risulterebbero svincolati dalla qualificazione locale del modo di costruire (cfr. A. Giuffrè 1991, 2006; L. Binda, 2001, 2005; E. Curti *et alii*, 2008; A. Borri, 2011, NTC 2008 - Circolare 617/2009, appendice al cap. C8).

⁷ Cfr. D.P.C.M. 09.02.2011, cit., Par. 4.2 - Livelli di conoscenza e fattori di confidenza.

La ricognizione bibliografica prende avvio dall'analisi dei criteri adottati nella caratterizzazione muraria proposti dagli studi di Antonino Giuffrè. Le ricerche condotte dallo studioso, del quale segnaliamo due importanti contributi, **A. GIUFFRÈ, *Lecture sulla meccanica delle murature storiche*, Kappa, 1991** e **A. GIUFFRÈ (a cura di), *Sicurezza e conservazione dei centri storici: il caso Ortigia. Codice di pratica per gli interventi antisismici nel centro storico*, Laterza, 2006**, si concentrano sulla descrizione e sulla definizione degli elementi costruttivi e dei sistemi di assemblaggio strutturale per arrivare ad una prima attribuzione di "qualità" di un paramento murario lapideo.

Fin dall'avvio delle sue ricerche, l'autore sottolinea la necessità di qualificazione della sezione per giungere ad una conoscenza effettiva delle murature storiche: "è necessario poter osservare «dal di dentro» le murature"⁸. Come esito dell'analisi condotta, l'autore individua le caratteristiche della "regola d'arte del costruire" in grado di delineare una buona qualità del paramento murario (caratteristiche che, in quest'ottica, consentirebbero anche di fornire una prima valutazione sulla sicurezza), identificabili con:

- preponderanza delle pietre grandi su quelle piccole;
- accurata ammorsatura tra pietre nel piano del muro e nel suo spessore;
- riempimento dei vuoti con pietre minute e scaglie di mattone;
- orizzontamenti posti a interassi di 60 o 100 cm.

Le regole costruttive sulle quali concentrare l'attenzione del rilevatore riguardano sostanzialmente la posa in opera delle pietre, mentre la malta è chiamata in causa nell'incrementare la resistenza del muro soltanto nel caso di difetti di ammorsatura⁹; secondo Giuffrè, dunque, discostarsi da questa "regola d'arte" costituisce un indice di qualità inferiore della muratura.

Il rilevatore dovrà imparare a esprimere il giudizio sulla qualità muraria sulla base di segni obiettivi riscontrabili sulla superficie del muro o attraverso pochi saggi mirati: infatti, la descrizione "accurata di questi aspetti strutturali, ha il doppio scopo di fornire la conoscenza della tecnica originale, interessante dato sociologico, e di permettere un giudizio sulla sua efficienza antisismica nel controllare l'equilibrio dei muri"¹⁰.

Nel caso-studio di Ortigia¹¹, le indagini sono state mirate - anche attraverso la costituzione di un *abaco delle murature prevalenti* - alla prefigurazione dei criteri di "intervento di tipo conservativo". Conscio del limite insito in una generalizzazione dei risultati verificati su tessiture murarie caratterizzate da fisiologica eterogeneità, l'autore

⁸ *Lettura delle tecniche costruttive e definizione delle caratteristiche meccaniche*, in A. GIUFFRÈ (a cura di), *Sicurezza e conservazione dei centri storici: il caso Ortigia. Codice di pratica per gli interventi antisismici nel centro storico*, Laterza, 2006, p. 6.

⁹ Op. cit., p. 7.

¹⁰ Ibidem.

¹¹ A. GIUFFRÈ (a cura di), *Sicurezza e conservazione dei centri storici: il caso Ortigia. Codice di pratica per gli interventi antisismici nel centro storico*, Laterza, 2006.

indaga la possibilità di una definizione di una “regola d’arte locale” nella realizzazione degli apparecchi murari, individuando 3 tipologie di sezioni murarie distinte per le loro diverse qualità meccaniche (fig.01).

Nella qualificazione dei pannelli murari in elevazione, lo studioso inserisce i parametri ritenuti fondamentali all’interno di schede di compilazione-tipo, articolate secondo i dati che seguono: *descrizione*, *localizzazione*, *caratteristiche* (struttura, apparecchiatura, dimensione elementi, percentuale elementi posti di punta o di fascia, distribuzione dimensionale conci, eventuale presenza di intonaci), *disegno in scala 1:50-1:25 di prospetti e sezione esemplificativa*¹² con localizzazione dei ripianamenti e delle eventuali buche pontali¹³ (figg.01-02).

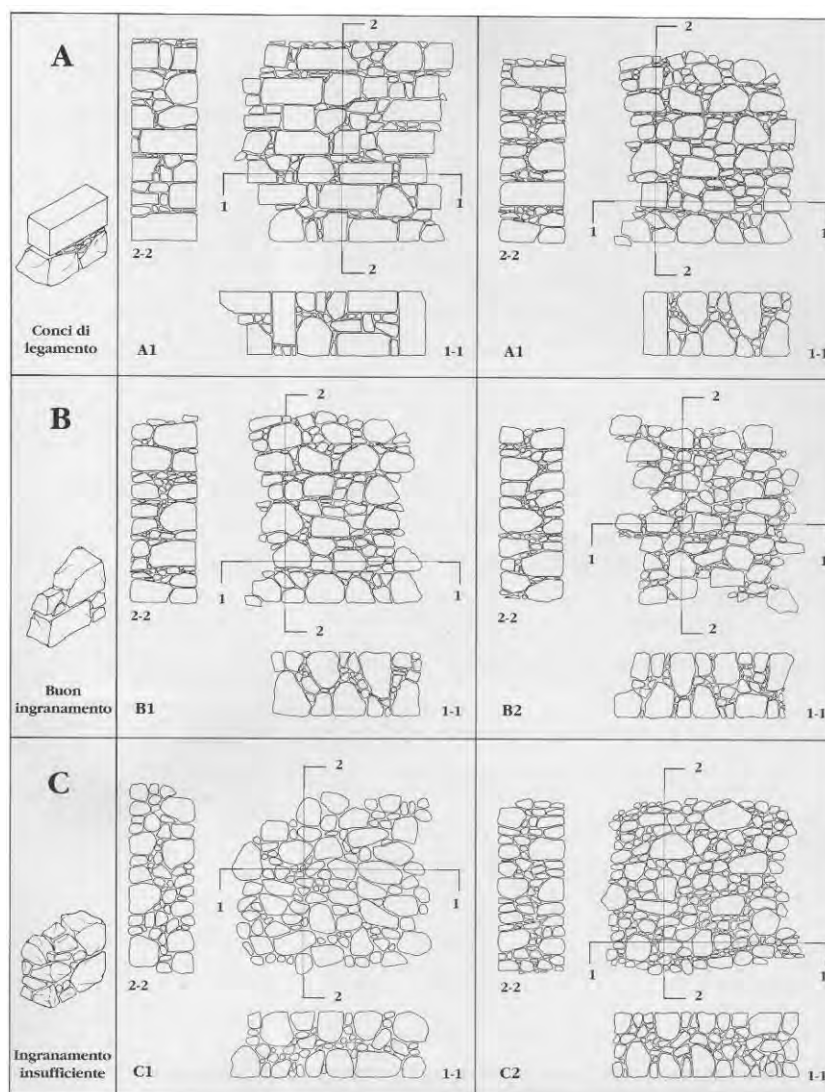


Fig. 01 A. GIUFFRÈ, Abaco delle murature, in A. GIUFFRÈ (a cura di), *Sicurezza e conservazione dei centri storici: il caso Ortigia. Codice di pratica per gli interventi antisismici nel centro storico*, Laterza, 2006, p. 75.

¹² Nell’abaco delle murature rilevate nel quartiere La Mattonata di Città di Castello presentato in: F. GIOVANNETTI (a cura di), *Manuale del recupero di Città di Castello*, DEI, 1992, p. 79, le murature vengono descritte anche tramite grafici che presentano viste assonometriche delle tessiture.

¹³ Op. Cit., p. 89.

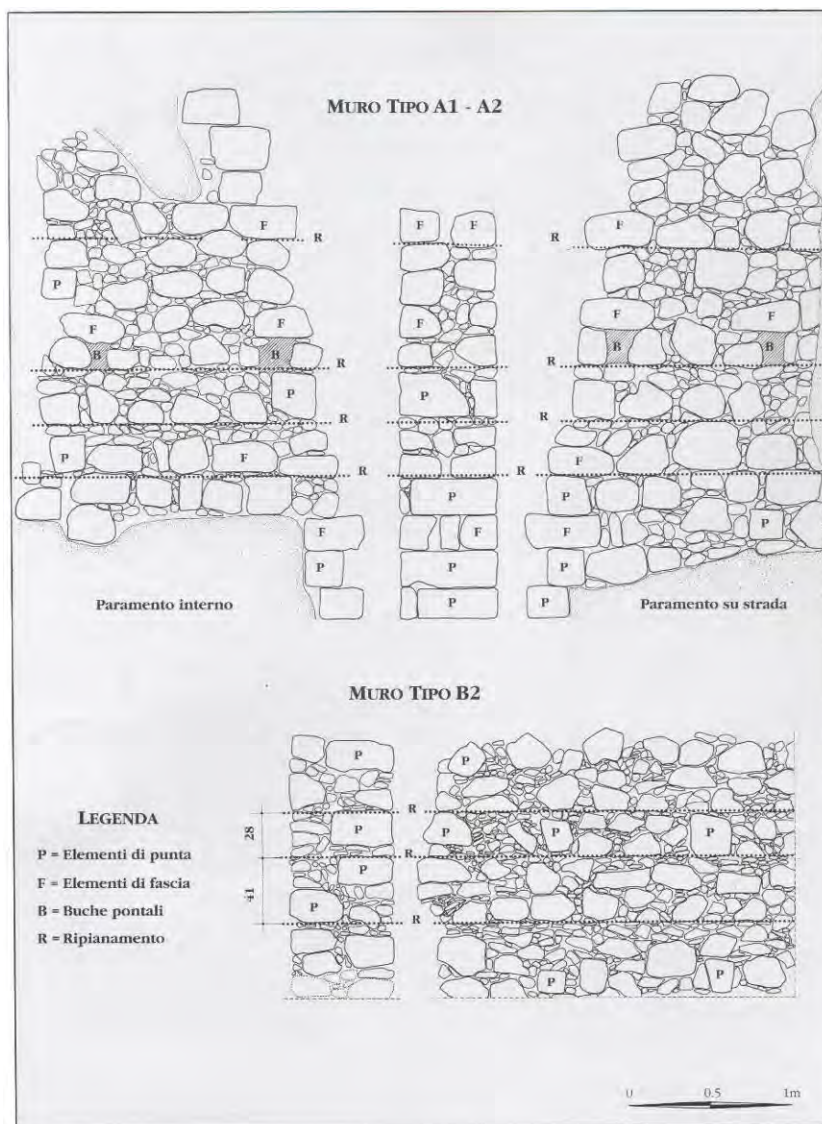


Fig. 02 A. GIUFFRÈ, Repertorio rilievi di elementi strutturali peculiari alle abitazioni della Graziella di Ortigia. Murature di elevazione (part.), in A. GIUFFRÈ (a cura di), cit., p. 75.

L'abaco messo a punto, deriva da una ricerca estesa all'intera area urbana della Graziella, dalla quale sono stati riprodotti i casi significativi di tipologie diffuse, ordinati secondo un livello decrescente di qualità meccanica; secondo Giuffrè, infatti, la "regola d'arte" corrisponderebbe, in qualche modo, al moderno soddisfacimento dei dettagli costruttivi previsti dalle norme.

La conoscenza delle murature storiche costituisce un presupposto fondamentale sia ai fini di un'attendibile valutazione della sicurezza sismica attuale sia per la scelta di un idoneo intervento di miglioramento: con l'obiettivo di giungere a una qualificazione di resistenze e di moduli elastici delle strutture in muratura (*Livelli di conoscenza, LC₁- LC₃*) la **Circolare 617/2009 Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008, C8A - Appendice al cap. C8: Costruzioni in muratura. Dati necessari e identificazione del livello di conoscenza**) definisce le modalità di analisi

e di descrizione della “tipologia della muratura”:

- **geometria elementi** (nicchie, cavità, canne fumarie, volte -spessore e profilo-, tipologia fondazioni) in superficie e in spessore;
- **valutazione della qualità muraria con riferimento agli aspetti della “regola d’arte”**: presenza di diatoni, forma, tipologia e dimensione elementi, tessitura, orizzontalità giaciture, regolare sfalsamento dei giunti, qualità e consistenza della malta;
- **caratterizzazione delle malte**: caratterizzazione di malte (tipo di legante, tipo di aggregato, rapporto legante/aggregato, livello di carbonatazione) e di pietre e/o mattoni (caratteristiche fisiche e meccaniche) mediante prove sperimentali. Malte e pietre sono prelevate in situ, avendo cura di prelevare le malte all’interno (ad almeno 5-6 cm di profondità nello spessore murario)
- **quadro fessurativo e deformativo**.

La scheda prefigurata, è costituita da una prima parte legata alla conoscenza autoptica dell’edificio (secondo le NTC 2008 “*indagini in situ limitate*”, cfr. C8A.1.A.3 *Costruzioni in muratura: proprietà dei materiali*) e da una seconda parte implementabile tramite approfondimenti esito di indagini conoscitive.

Tabella C8A.2.1 - Valori di riferimento dei parametri meccanici (minimi e massimi) e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura, riferiti alle seguenti condizioni: malta di caratteristiche scarse, assenza di ricorsi (listature), paramenti semplicemente accostati o mal collegati, muratura non consolidata, tessitura (nel caso di elementi regolari) a regola d’arte; f_m = resistenza media a compressione della muratura, τ_0 = resistenza media a taglio della muratura, E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio della muratura

Tipologia di muratura	f_m	τ_0	E	G	w
	(N/cm ²)	(N/cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100	2,0	690	230	19
	180	3,2	1050	350	
Muratura a conci sbazzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200	3,5	1020	340	20
	300	5,1	1440	480	
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260	5,6	1500	500	21
	380	7,4	1980	660	
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140	2,8	900	300	16
	240	4,2	1260	420	
Muratura a blocchi lapidei squadrati	600	9,0	2400	780	22
	800	12,0	3200	940	
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240	6,0	1200	400	18
	400	9,2	1800	600	
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤ 40%)	500	24	3500	875	15
	800	32	5600	1400	
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)	400	30,0	3600	1080	12
	600	40,0	5400	1620	
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%)	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%)	150	9,5	1200	300	12
	200	12,5	1600	400	
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)	300	18,0	2400	600	14
	440	24,0	3520	880	

Fig. 03 Valori di riferimento dei parametri meccanici (minimi e massimi) e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. Da: Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, Istruzioni per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008 (G.U. n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n. 27).

Tabella C8A.2.2 - Coefficienti correttivi dei parametri meccanici (indicati in Tabella C8A.2.1) da applicarsi in presenza di: malta di caratteristiche buone o ottime; giunti sottili; ricorsi o listature; sistematiche connessioni trasversali; nucleo interno particolarmente scadente e/o ampio; consolidamento con iniezioni di malta; consolidamento con intonaco armato.

Tipologia di muratura	Malta buona	Giunti sottili (<10 mm)	Ricorsi o listature	Connessioni trasversale	Nucleo scadente e/o ampio	Iniezione di miscele leganti	Intonaco armato *
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	-	1,3	1,5	0,9	2	2,5
Muratura a conci sbozzati, con parametro di limitato spessore e	1,4	1,2	1,2	1,5	0,8	1,7	2
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	-	1,1	1,3	0,8	1,5	1,5
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,5	1,5	-	1,5	0,9	1,7	2
Muratura a blocchi lapidei squadriati	1,2	1,2	-	1,2	0,7	1,2	1,2
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	1,5	1,5	-	1,3	0,7	1,5	1,5

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

Fig. 04 Coefficienti correttivi dei parametri meccanici. Da: Circolare 2 febbraio 2009, n. 617.

Secondo quanto previsto dalle NTC 2008 ed esplicitato attraverso le indicazioni contenute nella Circolare 617/2009, i fattori che consentono una valutazione delle caratteristiche meccaniche delle murature sono identificabili in:

NTC 2008 (Circolare 02.02.09 n. 617): FATTORI CONDIZIONANTI IL COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE MURATURE	
x	tipologia muratura materiali costituenti il paramento (<i>pietrame, conci sbozzati, pietre a spacco, conci pietra tenera, blocchi lapidei, laterizi, etc.</i>)
x x x x	caratteristiche del giunto malta: qualificazione malta: grado di coesione spessore del giunto presenza di ricorsi o listature
x x x	caratteristiche del paramento (<i>accostato, ammorsato</i>) presenza del nucleo caratteristiche del nucleo presenza di connessioni trasversali
x x	interventi progressi di consolidamento iniezioni con malta intonaco armato

Tab.01 NTC 2008 (Circ. 02.02.09 n. 617), comportamento meccanico delle murature, parametri qualificanti.

Nella Circolare 617/2009, inoltre, si evidenzia che le caratteristiche meccaniche della muratura possano essere desunte dalle proprietà dei singoli elementi costituenti solo nei casi rappresentati da murature in mattoni o da murature realizzate con elementi naturali squadriati e a tessitura regolare; considerata la notevole varietà di materiali e tecniche, sia a livello geografico che storico, dunque, il documento rileva la necessità di definire "regole dell'arte" locali cui far riferimento per il giudizio di qualità.

Per giungere ad un livello di conoscenza media delle murature (LC2), dunque, la Circolare impone la realizzazione di indagini di tipo distruttivo e mediamente distruttivo:

“il livello di conoscenza LC2 si intende raggiunto quando siano stati effettuati il rilievo geometrico, verifiche in situ estese ed esaustive sui dettagli costruttivi ed indagini in situ estese sulle proprietà dei materiali; il corrispondente *fattore di confidenza* è $FC=1.2$ ”¹⁴.

Con lo scopo di giungere ad una valutazione dei *fattori di confidenza* da applicare nel modello di calcolo per la verifica del comportamento sismico degli edifici storici ma, allo stesso tempo, di contenere il ricorso a indagini di tipo distruttivo nel percorso di conoscenza, le “**Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni**”¹⁵, nella tabella di *Definizione dei livelli di approfondimento delle indagini sui diversi aspetti della conoscenza e relativi fattori parziali di confidenza* (fig.05), propongono una possibilità di acquisizione di parametri meccanici desumibili dalla conoscenza diretta dei paramenti murari.

Rilievo geometrico	identificazione delle specificità storiche e costruttive della fabbrica	Proprietà meccaniche dei materiali	Terreno e fondazioni
rilievo geometrico completo $F_{C1} = 0.05$	restituzione ipotetica delle fasi costruttive basata su un limitato rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche) $F_{C2} = 0.12$	parametri meccanici desunti da dati già disponibili $F_{C3} = 0.12$	limitate indagini sul terreno e le fondazioni, in assenza di dati geotecnici e disponibilità d'informazioni sulle fondazioni $F_{C4} = 0.06$
rilievo geometrico completo, con restituzione grafica dei quadri fessurativi e deformativi $F_{C1} = 0$	restituzione parziale delle fasi costruttive e interpretazione del comportamento strutturale fondate su: a) limitato rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione e alla verifica delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche, verifica diagnostica delle ipotesi storiografiche); b) esteso rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche) $F_{C2} = 0.06$	limitate indagini sui parametri meccanici dei materiali $F_{C3} = 0.06$	disponibilità di dati geotecnici e sulle strutture fondazionali; limitate indagini sul terreno e le fondazioni $F_{C4} = 0.03$
	restituzione completa delle fasi costruttive e interpretazione del comportamento strutturale fondate su un esaustivo rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche, eventuali indagini diagnostiche) $F_{C2} = 0$	estese indagini sui parametri meccanici dei materiali $F_{C3} = 0$	estese o esaustive indagini sul terreno e le fondazioni $F_{C4} = 0$

Fig. 05 Tabella di definizione dei livelli di approfondimento delle indagini sui diversi aspetti della conoscenza e relativi fattori parziali di confidenza, in: *Linee guida*, cit., 2010, p. 54.

La Tabella è strutturata secondo il differente grado di esaustività raggiunto nel percorso di conoscenza attraverso le operazioni di rilievo geometrico, materico e di resa dei dettagli costruttivi e consente una stima dei *fattori di confidenza parziali* (F_{C1} - F_{C4}) anche

¹⁴ Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, *Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008* (G.U. n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n. 27), C8A.1.A.4 *Costruzioni in muratura: livelli di conoscenza*, p. 377.

¹⁵ Le *Linee Guida* recepiscono integralmente il documento approvato dal Consiglio superiore dei lavori pubblici nell'Assemblea generale del 23 luglio 2010, prot. 92, contenente l'allineamento della Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale del 12 ottobre 2007 alle Nuove tecniche per le costruzioni 2008.

attraverso approfondimenti connessi alla realizzazione di indagini su strutture e terreni di fondazione.

Il “percorso della conoscenza” viene ricondotto alle seguenti attività:

- **identificazione della costruzione, sua localizzazione in relazione a particolari aree a rischio e rapporto della stessa con il contesto urbano circostante.** L’analisi consiste in un primo rilievo schematico del manufatto e nell’identificazione di eventuali elementi di pregio (apparati decorativi fissi, beni artistici mobili) che possono condizionare il livello di rischio;
- **rilievo geometrico della costruzione nello stato attuale,** inteso come completa descrizione stereometrica della fabbrica, compresi gli eventuali fenomeni fessurativi e deformativi;
- **individuazione dell’evoluzione della fabbrica,** intesa come sequenza delle fasi di trasformazione edilizia, dall’ipotetica configurazione originaria, all’attuale;
- **individuazione degli elementi costituenti l’organismo resistente,** nell’accezione materica e costruttiva, con una particolare attenzione rivolta alle tecniche di realizzazione, ai dettagli costruttivi ed alle connessioni presenti tra gli elementi;
- **identificazione dei materiali,** del loro stato di degrado, delle loro proprietà meccaniche.

Nelle precedenti “**Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni Testo allegato al parere n. 66 dell’Assemblea Generale del Consiglio Superiore dei LL.PP. reso nella seduta del 21 luglio 2006**”, le informazioni acquisite venivano organizzate e restituite secondo quanto previsto dal programma di monitoraggio dello stato di conservazione dei beni architettonici tutelati (Allegato A) elaborato attraverso schede dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali e finalizzato all’acquisizione di una conoscenza sistematica del patrimonio culturale italiano. Le schede proposte sono organizzate in 4 livelli: *anagrafico identificativo, fattori di sensibilità, morfologia degli elementi, stato di conservazione* (figg.06-08).

MODULO A - Anagrafico Identificativo

A1. Qualificazione giuridica del soggetto proprietario

Nota esplicativa.

Specificare la qualificazione giuridica: Stato, Regione, Provincia, Comune, Ente o Istituto pubblico, Persona giuridica privata senza fine di lucro, Privato.

A2. Riferimenti del soggetto proprietario

Nota esplicativa.

Indicare: denominazione, C.F., indirizzo, nominativo del legale rappresentante, nominati del responsabile del procedimento.

A3. Denominazione del bene

Nota esplicativa

Rappresenta il nome proprio o la denominazione corrente utilizzata per identificare il bene.

A4. Toponomastica

Nota esplicativa

Indicare: regione, provincia, comune, toponimo di località, toponimo stradale, numero civico.

A5. Coordinate geografiche

Nota esplicativa

Indicare le coordinate geografiche (x, y) ed il relativo sistema di riferimento (preferibilmente Gauss-Boaga, Roma 40). E' opportuno vengano previsti funzionalità informatiche per la localizzazione diretta del punto.

A6. Dati catastali

Nota esplicativa

Indicare: comune catastale, foglio, particella, subalterno. Specificare se l'identificativo catastale si riferisce al Catasto Fabbricati (C.F.) o al Catasto Terreni (C.T.).

A7. Confinanti

Nota esplicativa

Indicare tutti gli elementi con i quali il bene confina. Per le particelle catastali vale la codifica del precedente punto A6; per tutti gli altri elementi (strade, fiumi, fossi, ecc.) il vocabolario è libero.

A8. Periodo di realizzazione

Nota esplicativa

Indicare l'anno di costruzione del bene nella sua consistenza attuale. In alternativa indicare la frazione di secolo (inizio, fine, prima metà, seconda metà).

A9. Destinazione d'uso attuale

Nota esplicativa

Indicare la destinazione d'uso attuale, distinguendo la categoria d'uso (Residenziale, Commerciale, Terziario-direzionale, Logistico-produttivo, Culturale, Studio d'artista, Sportivo, Ludico-ricreativo, Turistico-ricettivo, Ristorazione, Servizi pubblici, Militare, Luogo di culto, Altezzatura tecnologica, Altro, Non utilizzato) e l'uso specifico (vocabolario libero; ad esempio museo, negozio, caserma, ufficio, chiesa, ecc.).

A10. Documentazione fotografica

Nota esplicativa

Allegare un minimo di 10 foto per ogni bene, corredate da didascalie. Le riprese fotografiche devono documentare il bene in modo esaustivo, sia all'interno che all'esterno. In particolare devono prevedere una ripresa fotografica dell'ambiente esterno, il fronte principale e gli altri fronti, gli androni e scale, gli ambienti interni più significativi, dettagli dei pavimenti e dei soffitti.

A11. Stralcio planimetrico

Nota esplicativa

Allegare lo stralcio della mappa catastale, in scala 1:1.000 o 1:2.000, individuando con esattezza la localizzazione del bene, mediante perimetrazione della particella.

A12. Descrizione morfologica

Nota esplicativa

Descrivere la struttura fisica della costruzione, la tipologia architettonica e gli elementi architettonici e costruttivi maggiormente significativi.

A13. Presenza di elementi di pregio

Nota esplicativa

Indicare la presenza di elementi significativi di pregio culturale. Si intendono per elementi decorativi di pregio quelli elencati all'art. 11, comma 1, lettera a) del Codice: gli affreschi, gli stemmi, i graffiti, le lapidi, le iscrizioni, i tabernacoli e gli altri ornamenti di edifici, esposti o no alla pubblica vista, di cui all'art. 50, comma 1;". Specificare se l'elemento è interno od esterno. Segnalare inoltre la presenza di beni o collezioni mobili notificati, nonché la presenza di reperti archeologici visibili.

A14. Altra documentazione

Nota esplicativa

Allegare eventuale altra documentazione disponibile (planimetrie, cartografie, foto aeree, grafici di rilievo, immagini, relazioni, atti amministrativi, schede di dettaglio).

A15. Valutazione d'interesse culturale

Nota esplicativa

Specificare gli estremi dell'eventuale provvedimento di interesse culturale (decreto di vincolo o declaratoria). Ai soli fini della valutazione della sicurezza sismica, indicare la rilevanza del bene, espressa in termini relativi secondo una delle seguenti categorie: limitata, media, elevata.

Fig. 06 Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni (2006): modulo anagrafico identificativo.

Criteri di descrizione delle tecniche murarie per la predisposizione di moduli schedografici codificati: ricognizione bibliografica

MODULO C - Morfologia degli Elementi

Ha lo scopo di individuare e descrivere gli elementi strutturali, attraverso il riconoscimento della morfologia, della tipologia, delle tecniche costruttive e dei materiali.

C1 Codifica degli elementi strutturali

Nota esplicativa.

Individuare gli elementi strutturali identificandoli a livello planimetrico con codici alfa-numeric progressivi, secondo le seguenti categorie:

V. elementi verticali (setti murari, pilastri, colonne)

O. Orizzontamenti (solai e coperture)

S. Collegamenti verticali (scale e rampe)

PO. Elementi portanti orizzontali (archi, architravi, piattabande)

C2 Ispezionabilità

Nota esplicativa.

Per ogni elemento codificato al punto C1 specificare se è ispezionabile, parzialmente ispezionabile, non ispezionabile.

C3. Morfologia

Nota esplicativa.

Per ogni elemento codificato al punto C1 descriverne la morfologia:

V. elementi verticali: pilastro, colonna, setto continuo.

O. orizzontamenti: piano, inclinato, resistente per forma.

S. collegamenti verticali: rettilineo, curvo, elicoidale.

PO, elementi portanti orizzontali: orizzontali, curvi.

C4. Tipologia elementi strutturali

Nota esplicativa.

Per ogni elemento codificato al punto C1 descrivere la tipologia costruttiva, secondo vocabolari elaborati a livello regionale. A titolo esemplificativo:

V. elementi verticali: portante in blocchi, in laterizio, monolitico, tamponatura in laterizio, in legno, non visibile, ecc.

O. orizzontamenti: solaio a orditura semplice, doppia, composta, soletta, volta a crociera, a botte, non visibile, ecc.

S. collegamenti verticali: rampa semplice su travi, su volta a botte, su volta rampante, ecc.

PO. elementi portanti orizzontali: arco a tutto sesto, ribassato ogivale, piattabanda, architrave, non visibile, ecc.)

C5 Tipologia finiture

Nota esplicativa.

Per ogni elemento codificato al punto C1 descrivere la tipologia delle finiture, secondo vocabolari elaborati a livello regionale. A titolo esemplificativo: intonaco, rivestimento lapideo, ligneo, ceramico, controsoffitto, struttura a vista, ecc. Specificare la finitura per l'interno e l'esterno, per l'intradosso e l'estradosso.

C6 Tecnica costruttiva elementi strutturali

Nota esplicativa.

Per ogni elemento codificato al punto C1 descrivere la tipologia costruttiva, secondo vocabolari elaborati a livello regionale.

Le murature andranno analizzate stilando moduli schedografici che dovranno contenere :

- descrizione delle caratteristiche materiche dei componenti, rapporti geometrici tra altezza del blocco e spessore del giunto orizzontale, disposizione e allineamenti desumibili dall'analisi della tessitura e dell'apparecchiatura muraria

- valutazioni dell'ingranamento dei blocchi (disposizioni di elementi di fascia e di punta), stato di conservazione e livello di disorganizzazione della muratura

C7 Tecnica costruttiva finiture

Nota esplicativa.

Per ogni elemento codificato al punto C1 descrivere la tipologia costruttiva, secondo vocabolari elaborati a livello regionale.

C8 Parametri meccanici

Nota esplicativa.

Per ogni elemento codificato al punto C1 riportare i parametri meccanici dei materiali ottenuti da indagini diagnostiche eseguite sulla fabbrica o per analogia.

gn = resistenza media a compressione

l0 = resistenza a taglio

E = valore medio di elasticità normale

G = valore medio di elasticità tangenziale

W = peso specifico medio

C9 Elementi di pregio storico artistico

Nota esplicativa.

Per ogni elemento codificato al punto C1 individuare e descrivere eventuali elementi di pregio storico artistico: apparati decorativi (fregi, cornici, affreschi, dipinti, stemmi, elementi scultorei, ecc.), tecniche costruttive antiche (intonaci, rivestimenti, travature, elementi metallici, particolari tessiture murarie), elementi mobili addossati (arazzi, quadri, altari, statue, tabernacoli, ecc.).

C10 Materiali finiture

Nota esplicativa.

Per ogni elemento codificato al punto C1, e per gli eventuali elementi di pregio in esso presenti, identificare i materiali attraverso analisi a vista o prove di laboratorio se disponibili.

Fig. 07 Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni (2006): morfologia degli elementi.

MODULO D - Stato di Conservazione

Classifica e descrive i fenomeni di danno dei singoli elementi strutturali.

D1. danno strutturale

D1a. pannelli murari

- fuori piombo
- spanciamiento
- traslazione verticale
- traslazione orizzontale
- fessurazioni superficiali (specificare profondità/spessore murario)
- fessurazioni passanti
- lesioni isolate o diffuse
- crollo

Nota esplicativa.

Da individuare per ogni elemento come codificato al punto C1. Per le lesioni la valutazione va intesa come rilevamento della posizione delle cuspidi e della gola, distanza massima tra i cigli fessurativi e relativo scostamento dei cigli fessurativi fuori dal piano.

D1b. strutture resistenti per forma

Nota esplicativa.

Da individuare per ogni elemento come codificato al punto C1. Valutazione del meccanismo di danno/meccanismo di collasso. Quantificazione e posizionamento delle fessurazioni.

D1c. orizzontamenti

- valutazione a vista dei difetti (secondo classificazione a vista del legname in opera)
- rottura fragile
- entità dell'appoggio
- disallineamento appoggi
- deformazione ($F/L > 1/300$; $F/L > 1200$; $F/L \gg 1200$)
- crollo

Nota esplicativa.

Da individuare per ogni elemento come codificato al punto C1.

D1d. strutture in legno articolate

- valutazione a vista dei difetti (secondo classificazione a vista del legname in opera)
- qualità delle unioni e delle giunzioni
- rottura fragile
- rotazione fuori dal piano di appartenenza della struttura
- inflessione
- crollo

Nota esplicativa.

Da individuare per ogni elemento come codificato al punto C1.

Fig. 08 Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni (2006): stato di conservazione.

Stante l'urgenza posta dalla normativa vigente nel campo della sicurezza sismica, Curti, Lemme e Podestà hanno sperimentato una descrizione delle tecniche costruttive con particolare riguardo alla caratterizzazione muraria. In **Indicazioni per la valutazione della qualità muraria**, in E. CURTI, A. LEMME, S. PODESTÀ (a cura di), **Sisma Molise 2002: dall'emergenza alla ricostruzione. Edifici in muratura, Cap. 3, D.E.I., 2008, pp. 47-84**, viene presentata una ricerca mirata alla definizione di un repertorio delle tipologie murarie più ricorrenti nella Regione Molise, utilizzando i dati prodotti a seguito dei rilievi effettuati dopo l'evento sismico del 2002.

Anche in questo caso, la definizione di sicurezza degli edifici esistenti in muratura è basata sul livello di conoscenza della struttura, sia in termini di parametri meccanici, sia in termini di dettagli costruttivi o tecnologici; proprio l'individuazione di caratteristiche in grado di incrementare le proprietà meccaniche della muratura esaminata ha permesso, nel caso preso in esame, l'utilizzo dei coefficienti correttivi proposti dall'Ordinanza 3274/03 ss. mm.

Secondo gli autori, nel frequente caso di impossibilità di valutazione dei parametri meccanici di resistenza e deformabilità attraverso valutazioni di tipo "diretto" (come nel

caso di presenza di intonaci e/o apparati decorativi che celano la superficie muraria) particolare attenzione deve essere riservata ai dati emersi dall'esecuzione di prove non distruttive come le prove soniche, tramite le quali rilevare la presenza di diatoni, di vuoti e, in generale, del grado di compattezza delle murature.

Alle prove parzialmente distruttive, come quelle realizzate con martinetti piatti o doppi, è affidato invece il ruolo di ottenere una stima delle caratteristiche meccaniche (stato tensionale del paramento a compressione e taglio, stato deformativo).

Il percorso di conoscenza prefigurato culmina nella messa a punto di una scheda compilativa esito di un attento rilievo dei dettagli costruttivi (*apparecchiatura degli elementi, posa in opera, qualità della malta e degli elementi, presenza di zeppe, presenza di ricorsi, presenza di diatoni, etc.*) i quali assumono un ruolo fondamentale nella definizione della resistenza e della deformabilità della muratura.

La scheda di rilievo proposta (figg. 09-10), adottata a seguito del terremoto umbro-marchigiano, è stata utilizzata in numerosi censimenti di vulnerabilità sismica del costruito storico in muratura e prevede tre differenti ambiti di informazione:

I° livello:

- 1.a **dati identificativi del paramento murario** (*comune, edificio e macroelemento*);
- 1.b **lettura dei dettagli costruttivi** (*materiali, lavorazione, dimensione elementi e stato di conservazione, tipo di malta e stato di conservazione*);

II° livello:

- 2.a **tessitura dei paramenti** (*attraverso l'analisi dell'apparecchiatura e della posa in opera*).

La struttura del tracciato definisce le caratteristiche delle murature attraverso l'analisi dell'apparecchiatura e della posa in opera degli elementi, quali fattori in grado di influenzarne anche il comportamento meccanico. Infine, con lo scopo di comprendere il "grado di monolicità" della sezione trasversale, viene richiesto, anche in questo caso, di segnalare la presenza di diatoni o di vuoti e di identificare lo spessore del paramento esterno e dell'eventuale paramento interno.

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

Figura 3.7. Scheda murature: MATERIALE.

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

Figura 3.8. Scheda murature: MALTA.





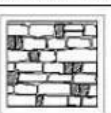
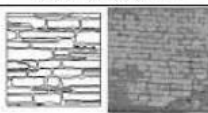
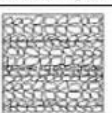
3.1 APPARECCHIATURA			
3.1.1 Disordinata <input type="checkbox"/>	3.1.2 Corsi irregolari <input type="checkbox"/>	3.1.3 Corsi orizzontali <input type="checkbox"/>	
			
3.2 POSA DEGLI ELEMENTI			
3.2.1 Casuale <input type="checkbox"/>	3.2.2 Orizzontale - verticale <input type="checkbox"/>	3.2.3 Orizzontale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

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

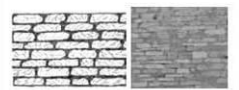






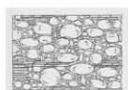
3.3 - POSA IN OPERA - ZEPPE E SCAGLIE			
			
<input type="checkbox"/> - 3.3.1 - assenti	<input type="checkbox"/> - 3.3.2 - pietra	<input type="checkbox"/> - 3.3.3 - mattoni	<input type="checkbox"/> - 3.3.4 - ciottoli
3.4 - RICORSI E LISTATURA			
			
<input type="checkbox"/> - 3.4.1 - assenti	<input type="checkbox"/> - 3.4.2 - in mattoni	<input type="checkbox"/> - 3.4.3 - in pietra	<input type="checkbox"/> - 3.4.4 - in pietra e mattoni
			<input type="checkbox"/> - 3.4.5 - in calcestruzzo

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

Fig. 09 E. CURTI, A. LEMME, S. PODESTÀ, Indicazioni per la valutazione della qualità muraria, in E. CURTI, A. LEMME, S. PODESTÀ (a cura di), *Sisma Molise 2002: dall'emergenza alla ricostruzione. Edifici in muratura*, Cap. 3, D.E.I., 2008, pp. 47-84.

Criteri di descrizione delle tecniche murarie per la predisposizione di moduli schedografici codificati: ricognizione bibliografica

Elementi costitutivi - Materiale		Tessitura dei paramenti - Posa degli elementi	
Arenaria	31.7%	Casuale	19.9%
Calcere	56.2%	A lisca di pesce	0.9%
Mattoni cotti	6.5%	Orizzontale - verticale	12.7%
Altro	2.2%	Orizzontale	61.2%
Non compilato	3.4%	Non compilato	5.3%
Elementi costitutivi - Lavorazione		Tessitura dei paramenti - Ricorsi o listatura	
Assente (ciottoli)	4.7%	Assenti	81.1%
Sbozzatura	59.3%	In mattoni	5.6%
A spigoli finiti	14.6%	Altro	6.2%
A conci squadrati	16.5%	Non compilato	7.1%
Non compilato	5.0%	Tessitura dei paramenti - Zeppe e scaglie	
Malta - Tipo		Assenti	35.1%
Di calce aerea	77.6%	In pietra	52.5%
Di calce idraulica	10.9%	In cotto	3.7%
Cementizia	6.2%	Non compilato	8.7%
Non compilato	5.3%	Sezione trasversale - Tipologia	
Malta - Stato di conservazione e consistenza		Paramento unico	13.4%
Incoerente	41.3%	Due paramenti accostati	36.0%
Friabile	21.1%	Due paramenti ammorsati	19.3%
Tenace	32.0%	A nucleo interno (sacco) incoerente	7.5%
Non compilato	5.6%	A nucleo interno (sacco) coerente	2.8%
Tessitura dei paramenti - Apparecchiatura		Paramento aggiunto	0.3%
Disordinata	16.5%	Non compilato	20.8%
Corsi irregolari	25.5%	Sezione trasversale - Diatoni	
Corsi orizzontali	52.8%	Presenti	14.3%
Non compilato	5.3%	Assenti	48.8%
		Non compilato	36.3%

Fig. 10 E. CURTI, A. LEMME, S. PODESTÀ, Indagine statistica di distribuzione dei principali parametri costruttivi della scheda nel campione esaminato, in E. CURTI, A. LEMME, S. PODESTÀ (a cura di), *Sisma Molise 2002: dall'emergenza alla ricostruzione. Edifici in muratura*, Cap. 3, D.E.I., 2008, pp. 47-84.

SCHEDA (2008) E. CURTI, A. LEMME, S. PODESTÀ		NTC 2008 (Circolare 02.02.09 n. 617): FATTORI CONDIZIONANTI IL COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE MURATURE	
materiale materiali costituenti il paramento	x	tipologia muratura materiali costituenti il paramento (<i>pietrame, conci sbozzati, pietre a spacco, conci pietra tenera, blocchi lapidei, laterizi, etc.</i>)	x
malta malta: qualificazione malta: stato di conservazione <i>malta: funzione (allettamento, riempimento, stitatura)</i>	x x <i>x</i>	caratteristiche del giunto malta: qualificazione malta: grado di coesione spessore del giunto presenza di ricorsi o listature	x x x
apparecchiatura e posa elementi <i>apparecchiatura (disordinata, corsi irreg., corsi orizz.)</i> <i>posa degli elementi</i> <i>presenza di zeppe e scaglie</i> presenza di ricorsi e listature	x	caratteristiche del paramento (accostato, ammorsato) presenza del nucleo caratteristiche del nucleo presenza di connessioni trasversali	x x
sezione trasversale presenza diatoni tipologia paramento tipologia nucleo	x x x	interventi pregressi di consolidamento iniezioni con malta intonaco armato	

Tab.02 Punti di convergenza (x) e contenuti integrativi (in rosso) nell'individuazione dei parametri qualificanti la tessitura muraria al confronto tra la scheda proposta da E. Curti, A. Lemme, S. Podestà (2008) con quanto richiesto dalle NTC 2008 (Circ. 02.02.09 n. 617).

Uno “stato dell’arte” della ricerca presentato attraverso gli esiti di lavori condotti da numerosi studiosi italiani sul tema della qualificazione delle murature storiche viene proposto nel volume **D. FIORANI, D. ESPOSITO (a cura di), *Tecniche costruttive dell’edilizia storica: conoscere per conservare*, Viella, 2005.**

Lo studio condotto da Binda¹⁶, si concentra sulla qualificazione morfologica delle sezioni murarie degli edifici colpiti dal sisma di Umbria e Marche del 1997 (fig.11). L’approccio metodologico sviluppato dagli autori a partire dai primi anni Novanta e progressivamente calibrato in occasione di campagne di indagine *in situ*, ha affrontato il problema della conoscenza strutturale degli edifici esistenti considerando diversi livelli di analisi, tra i quali:

- rilievo geometrico (con rappresentazione assonometrica del complesso);
- evoluzione strutturale dell’edificio;
- riconoscimento dei materiali;
- morfologia delle sezioni murarie (ammorsamenti, discontinuità, etc.);
- osservazione dei meccanismi di danno.

Come fattore qualificante il comportamento meccanico delle murature analizzate, l’autrice propone l’introduzione, inoltre, già in fase di rilievo, della verifica di eventuali tecniche di intervento pregresse.

Sempre Binda, circa 10 anni prima, sperimentava una scheda “a vista”¹⁷ (fig.12) attraverso la quale descrivere il campione di muratura. I campi previsti per la compilazione sono costituiti da:

- **rilievo in scala dei paramenti interno ed esterno** (dal confronto dei quali desumere uno schema di sezione);
- **composizione percentuale del pannello murario** (pietre, malta, vuoti);
- **definizione degli elementi lapidei** (tipo, colore, provenienza, pezzatura e lavorazione, stato di conservazione);
- **qualificazione della malta** (origine, colore, stato di aggregazione).

La scheda si conclude con uno spazio destinato all’integrazione libera attraverso note riguardanti le caratteristiche della sezione muraria ed eventuali descrizioni delle “porzioni di bordo”.

¹⁶ L. BINDA, G. CARDANI, C. MODENA, E. SAISI, M. R. VALLUZZI, *Studio della vulnerabilità degli edifici dei centri storici in zona sismica*, in D. FIORANI, D. ESPOSITO (a cura di), *Tecniche costruttive dell’edilizia storica: conoscere per conservare*, Viella, 2005, pp. 17-30.

¹⁷ S. ABBANEO, A. ANZANI, L. BINDA, *Il rilievo delle sezioni e il comportamento meccanico delle murature*, in S. DELLA TORRE (a cura di), *Storia delle tecniche murarie e tutela del patrimonio. Esperienze e questioni di metodo*, Guerini Studio, 1996, pp. 127-144.

SCHEDA (1996, 2005) L. BINDA		NTC 2008 (Circolare 02.02.09 n. 617): FATTORI CONDIZIONANTI IL COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE MURATURE	
sezione <i>composizione % (pietre, malta, vuoti)</i> pietra tipo colore stato di conservazione provenienza pezzatura e lavorazione	x x x	tipologia muratura materiali costituenti il paramento (<i>pietrame, conci sbozzati, pietre a spacco, conci pietra tenera, blocchi lapidei, laterizi, etc.</i>)	
malta qualificazione macroscopica <i>qualificazione chimico-mineralogico-petrografica</i> <i>origine</i> <i>colore</i> stato di aggregazione aggregato <i>colore aggregato</i> <i>funzione</i>	x x	caratteristiche del giunto malta: qualificazione malta: grado di coesione spessore del giunto presenza di ricorsi o listature	x x x
sezione <i>dimensione elementi</i> presenza ammorsamenti <i>rilievo prospetto esterno, interno e sezione</i>	x x x	caratteristiche del paramento (<i>accostato, ammorsato</i>) presenza del nucleo caratteristiche del nucleo presenza di connessioni trasversali	x x x
		interventi pregressi di consolidamento iniezioni con malta intonaco armato	x x

Tab.03 Punti di convergenza (x) e contenuti integrativi (in rosso) nell'individuazione dei parametri qualificanti la tessitura muraria al confronto tra la scheda proposta da L. Binda (1996-2005) con quanto richiesto dalle NTC 2008 (Circ. 02.02.09 n. 617).

Anche gli studi condotti da Saisi¹⁸ si concentrano sul tema della definizione della sezione muraria come fattore condizionante la qualità e il comportamento dei paramenti lapidei. L'autrice evidenzia, inoltre, come i principi della "regola dell'arte" siano soggetti a declinazioni locali, rilevando che "i primi studi di Giuffrè propongono di classificare le murature in pietra a più paramenti sulla base del rapporto che lega la distanza tra due diatoni successivi e lo spessore della parete muraria."¹⁹ L'indagine condotta, riconosce l'esistenza di fattori invarianti pur all'interno di un'evidente eterogeneità costruttiva: "la variabilità delle tecniche di costruzione locali ha fatto in modo che, al posto dei singoli diatoni, si fossero potute rilevare anche coppie di pietre accostate o sovrapposte posate ortogonalmente al muro con la loro lunghezza maggiore per oltre metà della sezione" garantendo, in questo modo, caratteristiche meccaniche compatibili con quelle di murature caratterizzate dalla presenza di diatoni

¹⁸ A. E. SAISI, *Rilievo e studio del comportamento di sezioni murarie: il problema delle murature in pietra*, in D. FIORANI, D. ESPOSITO (a cura di), *Tecniche costruttive dell'edilizia storica: conoscere per conservare*, Viella, 2005, pp. 191-202.

¹⁹ A. E. SAISI, *cit.*, p. 193.

singoli. Anche in quest'ottica, la definizione della qualità muraria risulta direttamente correlata alla possibilità di qualificazione delle sezioni.

Nello studio condotto, i fattori necessari ad una corretta valutazione sono individuati attraverso:

- la distribuzione in percentuale di pietre, malte e vuoti;
- le dimensioni e la distribuzione dei vuoti nella sezione orizzontale;
- il tipo di connessione tra paramenti.

Inoltre, l'indagine viene documentata attraverso la seguente procedura:

- ripresa fotografica della sezione associata poi ai suoi prospetti corrispondenti, garantendo l'ortogonalità tra il piano del fotogramma e la muratura;
- rilievo geometrico della muratura;
- successiva elaborazione grafica della sezione, prima manualmente, quindi digitalmente.

La scheda (fig.13) riassume, attraverso voci specifiche, i parametri fondamentali per la caratterizzazione della tecnologia costruttiva presa in esame, quali l'organizzazione del paramento esterno (prospetto) e - soprattutto - della sezione, le caratteristiche dei materiali e le dimensioni ricorrenti degli elementi.

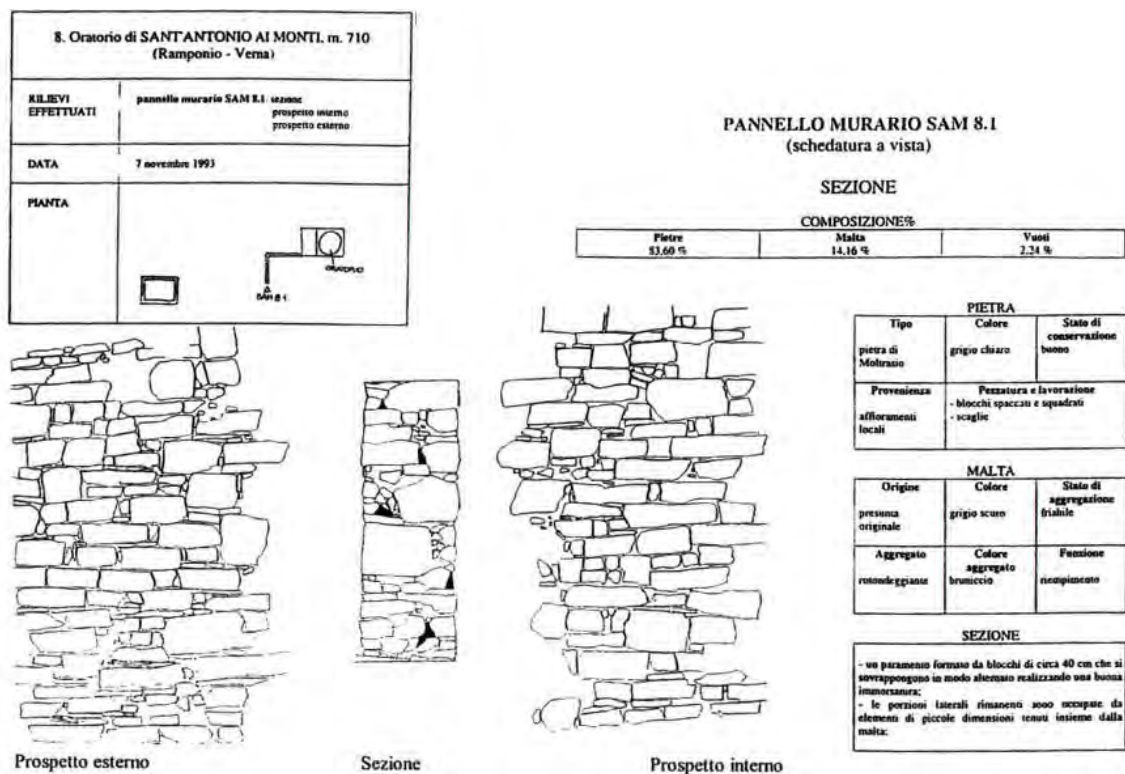
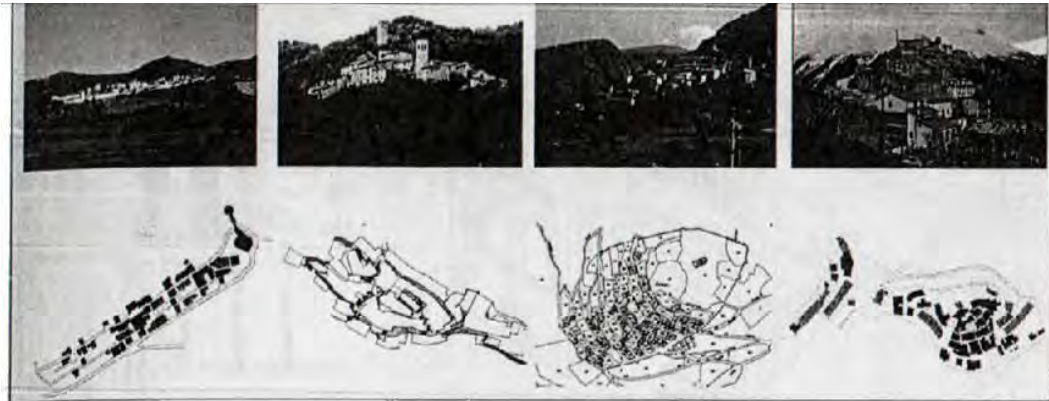
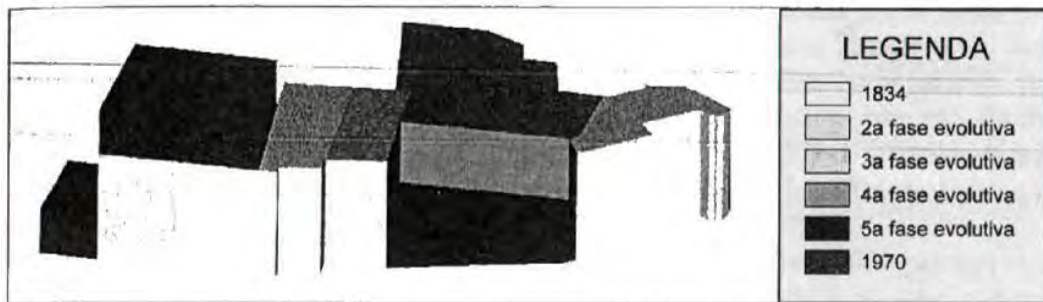


Fig. 11 V. LODIGIANI (ET ALII), 1995. Esempio di scheda-tipo a vista: oratorio di sant'Antonio ai Monti. Da: S. ABBANEO, A. ANZANI, L. BINDA, Il rilievo delle sezioni e il comportamento meccanico delle murature, in S. DELLA TORRE (a cura di), Storia delle tecniche murarie e tutela del patrimonio. Esperienze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



1



2

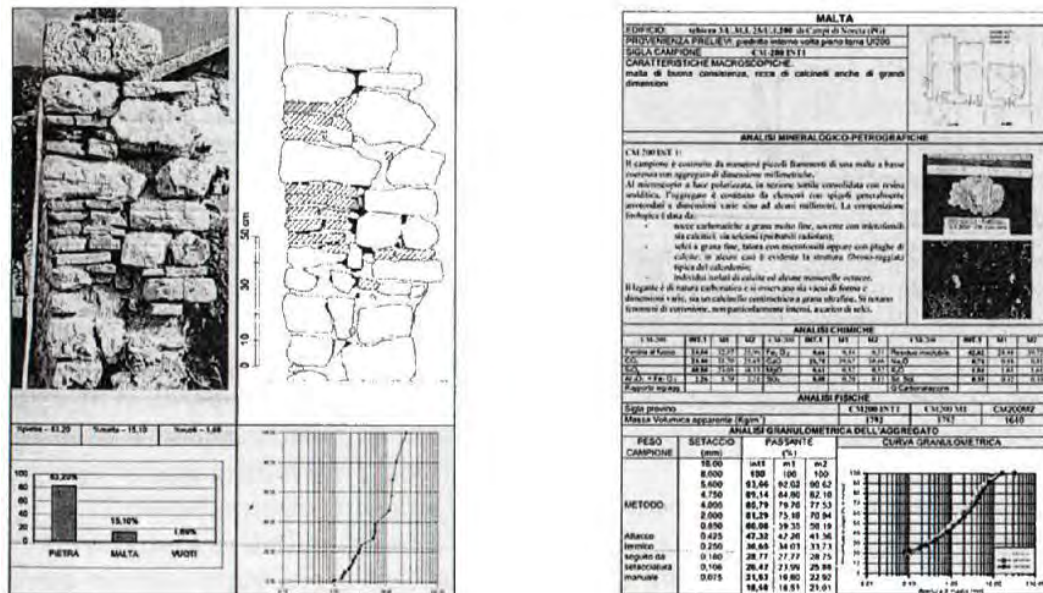


Fig. 12 L. BINDA (ET ALII), Rilievo di edifici complessi e della loro evoluzione. Rilievo delle sezioni murarie e caratterizzazione dei materiali prelevati *in situ*. Da: L. BINDA, G. CARDANI, C. MODENA, E. SAISI, M. R. VALLUZZI, *Studio della vulnerabilità degli edifici dei centri storici in zona sismica*, in D. FIORANI, D. ESPOSITO (a cura di), *cit.*, p. 27.

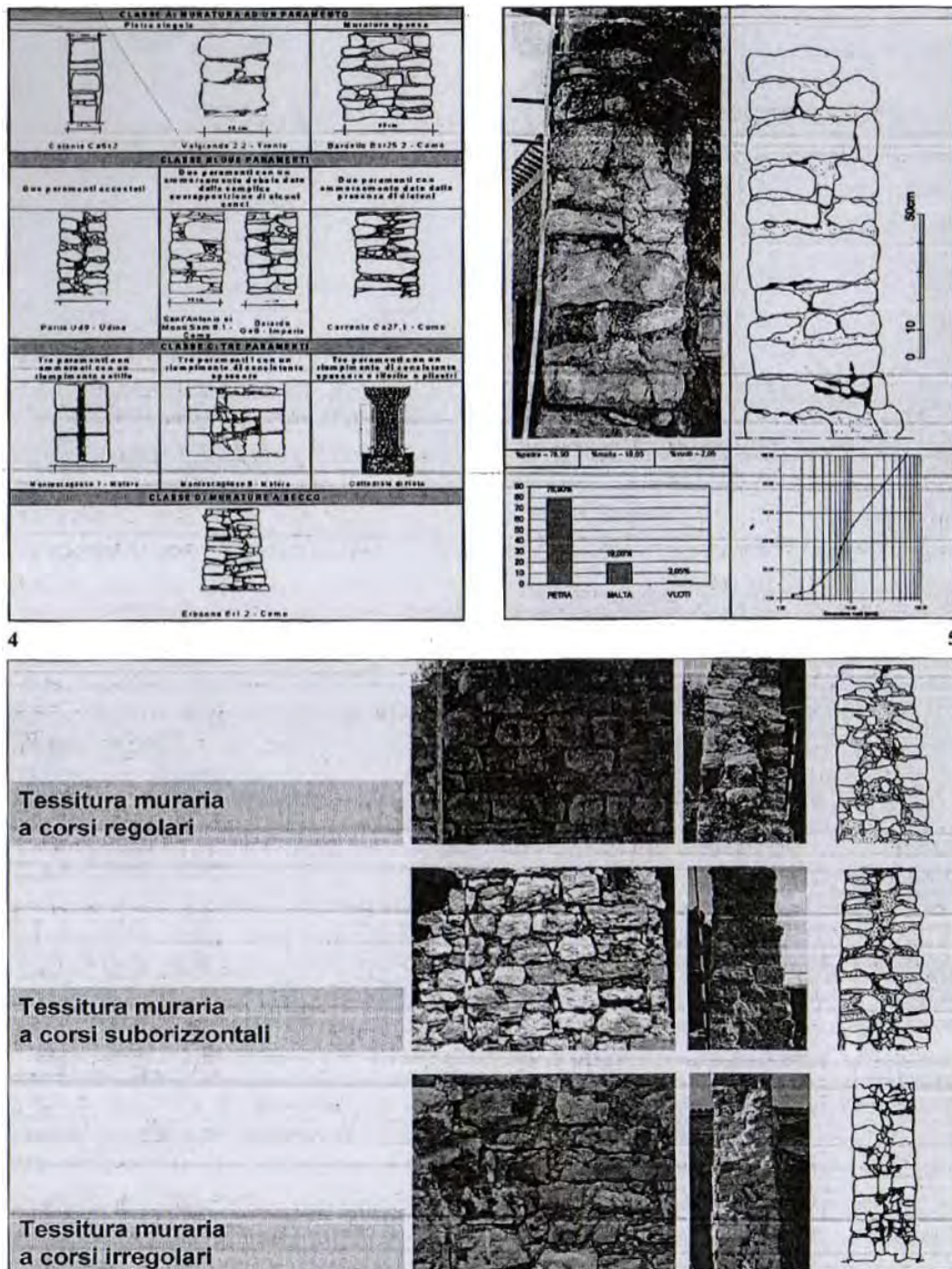


Fig. 13 A. E. SAISI, Classificazione delle sezioni murarie (da Binda, Penazzi, Saisi, *Historic masonry buildings*, 2003). Dall'immagine ridisegnata in scala si ricava la percentuale dei materiali e dei vuoti che caratterizzano la muratura. Da notare che, all'apparente regolarità della tessitura nel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

SCHEDA (2005) E. SAISI		NTC 2008 (Circolare 02.02.09 n. 617): FATTORI CONDIZIONANTI IL COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE MURATURE	
tipologia paramento materiali spessore sezione ammorsatura	x x	tipologia muratura materiali costituenti il paramento (<i>pietrame, conci sbozzati, pietre a spacco, conci pietra tenera, blocchi lapidei, laterizi, etc.</i>)	x x
spessore del giunto	x	caratteristiche del giunto malta: qualificazione malta: grado di coesione spessore del giunto presenza di ricorsi o listature	x x x x
tessitura muraria tessitura muraria orizzontalità dei corsi composizione % (<i>pietre, malta, vuoti</i>) rilievo della sezione foto paramento interno ed esterno	x	caratteristiche del paramento (<i>accostato, ammorsato</i>) presenza del nucleo caratteristiche del nucleo presenza di connessioni trasversali	x x x
		interventi pregressi di consolidamento iniezioni con malta intonaco armato	

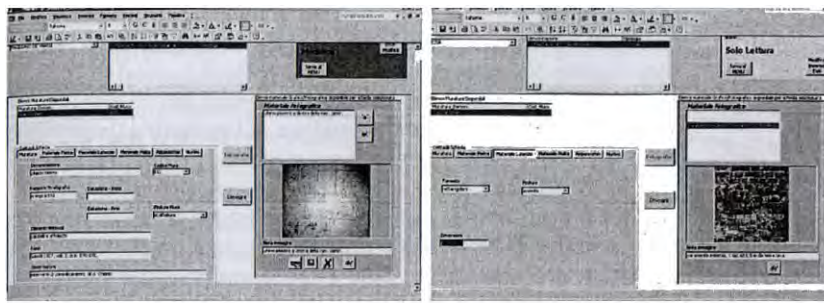
Tab.04 Punti di convergenza (x) e contenuti integrativi (in rosso) nell'individuazione dei parametri qualificanti la tessitura muraria al confronto tra la scheda proposta da E. Saisi (2005) con quanto richiesto dalle NTC 2008 (Circ. 02.02.09 n. 617).

Fiorani²⁰ riflette sul tema dell'individuazione di permanenze e variazioni che contraddistinguono la realtà costruttiva medievale, rilevando, invece, la necessità di "uno sforzo di sintesi necessario alla definizione di un quadro complessivo che porti a privilegiare gli aspetti più immediatamente percettibili d'una struttura muraria, favorendo, ad esempio, la lettura dei paramenti rispetto ad una visione tridimensionale delle pareti, il confronto fra murature regolari piuttosto che irregolari (per le quali è necessario un maggiore affinamento della lettura analitica dei componenti)"²¹.

La schedatura proposta confluisce all'interno di un database (fig.14) che raccoglie i rilievi fotografici di dettaglio dei diversi apparecchi murari e una restituzione degli stessi in scala 1:10.

²⁰ D. FIORANI, *Murature medievali in Italia, spunti di riflessione da una ricerca*, in D. FIORANI, D. ESPOSITO (a cura di), *cit.*, pp. 31-46.

²¹ Op. cit., p. 35.



2



Toro presso S. Prospero, s.d.



S. Ercolano, 1297-, fuori scala



S. Pietro, fronte absidale, XIV sec.



Ospedale dei Pellegrini, facciata (della confraternita di S. Domenico), 1333



Ospedale dei Pellegrini, fianco sinistro (della confraternita di S. Domenico), 1333



Collegio della Sapienza Vecchia, XIV sec.

Fig. 14 D. FIORANI, Due schermate del database che raccoglie i rilievi dei diversi apparecchi murari. Restituzioni in scala 1:10. Da: D. FIORANI, *Murature medievali in Italia, spunti di riflessione da una ricerca*, in D. FIORANI, D. ESPOSITO (a cura di), *cit.*, p. 45.

Nello stesso anno, con finalità legate alla definizione e alla descrizione delle “regole dell’arte” alla base di ciascuna tipologia muraria, il lavoro presentato in **G. MAGENES, S. LAGOMARSINO, *Linee di ricerca 1. Valutazione e riduzione della vulnerabilità di edifici in muratura*, Dipartimento di Protezione Civile, Università degli Studi di Napoli Federico II, 2005**, espone studi mirati alla definizione del comportamento sismico degli edifici in muratura, alla luce delle indicazioni contenute nella riformulazione all’ordinanza P.C.M. 3275/03 (O.P.C.M. 3431/05).

La sperimentazione ha valutato il possibile trasferimento sul piano applicativo dei recenti risultati della ricerca legata al tema degli edifici “aggregati”, anche attraverso la creazione di un database delle tipologie murarie - distinte per regione - costituito da schede tecniche consultabili e selezionabili con diverse chiavi di ricerca e possibilità di implementazione con nuovi dati.

L’obiettivo del lavoro era quello di giungere alla stesura di “Linee Guida per il progetto di interventi di consolidamento sismico per unità edilizie negli aggregati dei centri storici” e, parallelamente, la redazione di un “Manuale per il riconoscimento della qualità muraria”, contenente:

- 1) una dettagliata classificazione dei tipi murari e delle varianti regionali;

- 2) la definizione delle “regole dell’arte” alla base di ciascuna tipologia;
- 3) le procedure di riconoscimento visivo e tramite indagini non distruttive (con riferimento a diversi livelli di indagine, in conformità ai Livelli di Conoscenza indicati dall’Ordinanza);
- 4) valori di riferimento delle proprietà meccaniche della muratura e metodi di prova per la loro determinazione diretta.

Acquisizione rilevante dello studio condotto è rappresentata, anche in questo caso, da un tentativo di “declinazione locale” della “regola d’arte”; secondo gli autori, infatti, le caratteristiche in essa individuate variano in base alla tipologia muraria e non costituiscono un valore assoluto, delineando, in tal modo, l’importanza della conoscenza e della descrizione della sezione trasversale delle murature storiche anche in fase di prima schedatura.

Pur riconoscendo gli evidenti caratteri di eterogeneità di questo materiale, anche il contributo dato alla comprensione e classificazione della qualità muraria dei manufatti in **AA.VV., *Manuale delle murature storiche*, Direttore scientifico A. Borri, a cura di C. Donà, A. De Maria, D.E.I., Tipografia del Genio Civile, 2011**, giunge ad una qualificazione e a una selezione dei fattori che concorrono alla definizione della “qualità” della muratura e che sono in grado di condizionare il comportamento meccanico dei paramenti:

- **forma e dimensione degli elementi resistenti** (*composizione e organizzazione della struttura muraria*);
- **tipo di legante** (*qualità e quantità malta*);
- **presenza o meno di diatoni**;
- **tipo e caratteristiche della tessitura** (*snellezza, orizzontalità giaciture, regolare sfalsamento dei giunti, caratteristiche dell’eventuale nucleo interno, omogeneità dei materiali*).

Muovendo dagli studi di Giuffrè, i diversi contributi contenuti nel volume evidenziano come il comportamento monolitico delle murature sia garantito, in particolar modo, dal grado di ingranamento dei blocchi o dalla resistenza della malta. La “regola dell’arte” sarebbe il risultato di qualità intrinseche ormai riconosciute in letteratura e da un’accurata prassi del cantiere: “è l’insieme di tutti quegli accorgimenti costruttivi che, se eseguiti durante la costruzione di un muro, garantiscono un buon comportamento e assicurano la compattezza e il monolitismo dello stesso”²².

Richiamando ancora una volta gli esiti delle indagini condotte da Giuffrè, Borri sottolinea che, per le murature storiche, tali “caratteristiche di efficienza” possano essere comparabili all’attuale calcolo strutturale per una costruzione solida e sicura.

²² Cfr. A. BORRI, G. CANGI, A. DE MARIA, C. DONÀ, *Criteri qualitativi per definire la sicurezza strutturale nell’analisi della qualità muraria: ipotesi di base*, in AA.VV., *Manuale delle murature storiche*, Direttore scientifico A. Borri, a cura di C. Donà, A. De Maria, D.E.I., Tipografia del Genio Civile, 2011, p. 238.

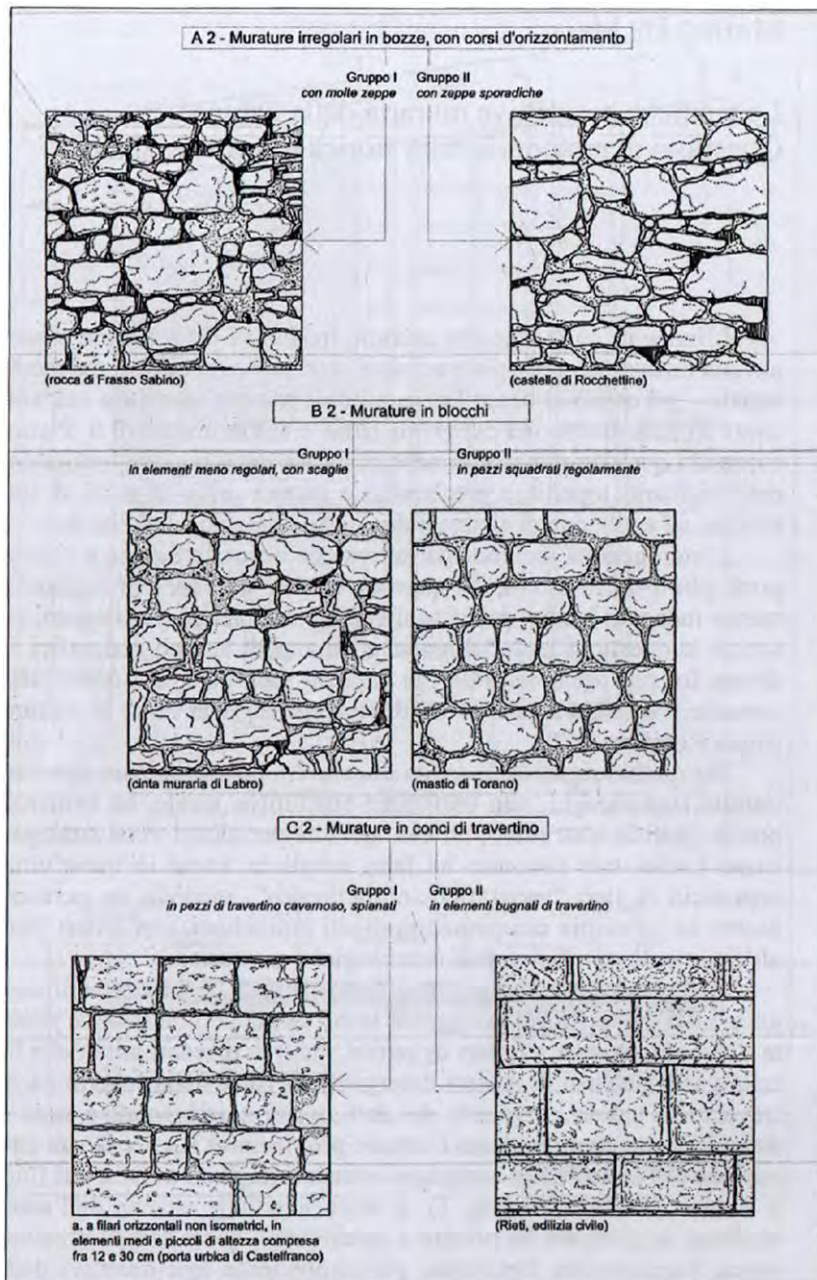


Fig. 15 M. DE MEO, Esempificazione della classificazione tipologica effettuata per le murature sabine: sottoclassi diverse relative agli apparecchi in bozze, in blocchi e in conci di travertino. Da: M. DE MEO, *Le tecniche costruttive murarie della Sabina. Questioni di metodo, lettura storica e conservazione*, in D. FIORANI, D. ESPOSITO (a cura di), *Tecniche costruttive dell'edilizia storica: conoscere per conservare*, Viella, 2005, p. 88.

Anche in questo caso, dunque, il giudizio sulla “fattura” dei paramenti murari viene formulato con riferimento ai criteri della “regola dell’arte”, in grado di legittimare la qualità strutturale del muro, attraverso:

- **resistenza intrinseca degli elementi;**
- **forma e dimensione degli elementi** (distribuzione dei carichi);
- **presenza di diatoni;**
- **orizzontalità dei filari;**
- **sfalsamento dei giunti verticali;**
- **qualità della malta.**

In caso di insufficienza dei dati (esito della sola osservazione delle murature dall'esterno) l'autore richiama la necessità di realizzare indagini che portino alla qualificazione della sezione muraria e, parallelamente, il ricorso ad una manualistica che evidenzi "aspetti regionali".

Le schede (fig.16) proposte nel volume, fanno riferimento ad un abaco delle tipologie murarie articolate in murature lapidee (tipi A1-A3) e murature miste (tipi B1-B3, C1-C2). Lo studio condotto, dunque, sperimenta metodi basati sull'osservazione della rispondenza alla "regola d'arte" muraria, implementando questi dati con l'analisi delle modalità attraverso cui si manifesta il degrado e il dissesto della costruzione tentando, in questo modo, di limitare il ricorso alle onerose verifiche analitiche imposte dalla normativa²³.

Le schede prefigurate, in formato A4, contengono le seguenti informazioni:

- **numerazione identificativa muratura;**
- **foto** (di insieme, di dettaglio);
- **disegni schematici** (assonometrie, prospetti, sezioni);
- **descrizione caratteristiche costruttive, proprietà e dimensioni elementi;**
- 7 parametri di qualificazione della "regola d'arte":

P.D. Presenza di diatoni

MA. Qualità della malta

F.EL. Forma degli elementi resistenti

D.EL. Dimensione degli elementi resistenti

RE.EL. Resistenza degli elementi

S.G. Sfalsamento dei giunti verticali

OR. Orizzontalità dei filari

(per ogni voce elencata viene inserito un giudizio sul rispetto dei parametri: rispettati R, parzialmente rispettati PR, non rispettati NR);

- **risultati su IQM** (indice qualità muraria).

²³ La ricerca sperimenta la possibilità di giungere ad un'attribuzione di punteggi atti a qualificare un successivo intervento di miglioramento sismico.


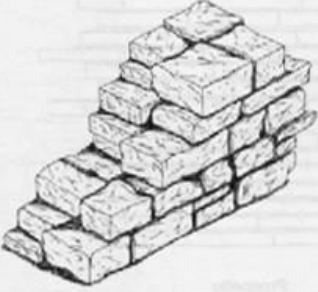




SCHEDA		5. METODI QUALITATIVI PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ MURARIA									
9		Muratura di blocchi di pietra squadrata a doppio paramento									
		278									
		 <p>Assonometria</p>		 <p>Prospetto</p>			 <p>Sezione</p>				
<p>Muratura interna ed esterna realizzata con blocchi di pietra squadrata con buona tessitura muraria, rispetto dei filari orizzontali e sfalsamento dei giunti verticali approssimativo, presenza di diatoni mai completamente passanti ed in percentuale ridotta rispetto alla superficie muraria.</p>											
<p>Pietre calcaree di vario tipo: calcare bianco e rosato. Macigno di Scheggia e Gubbio: grigio, simile alla pietra serena toscana, risulta poco compatta. Pietra serena del Trasimeno: colore grigiastro con infiltrazioni marronastre. Malta di calce e sabbia, scadente. Presenza di zeppa.</p>											
		Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi: $s = 12 \div 25 \text{ cm}$ $h = 8 \div 18 \text{ cm}$ $l = 15 \div 30 \text{ cm}$									
P.D.	MA.	F. EL.	S. G.	R. EL.	OR.	D. EL.	Categoria	Verticali	Fuori piano	Nel piano	
PR	PR	R	NR	R	R	PR	Metodo punteggi	A	B	A	
N.B. Il paramento interno è di qualità inferiore, con pietre più piccole e giunti verticali spesso non allineati. Si tiene conto di ciò mediando i giudizi sui parametri della regola dell'arte.							LMT (sezione)		126	138	
							IQM	7	6,5	5,5	
							Parametri meccanici: valori MIN-MAX	f_m (N/cm^2)	E (N/mm^2)	r_0 (N/cm^2)	
							447-679	1851-2578	6,2-9,0		

Fig. 16 Esempio di scheda per la valutazione dell'indice della qualità muraria (IQM). Da: A. BORRI, G. CANGI, A. DE MARIA, C. DONÀ, *Metodi qualitativi per la valutazione della qualità muraria*, in AA.VV., *Manuale delle murature storiche*, Dir. scient. A. Borri, a cura di C. Donà, A. De Maria, D.E.I., Tipografia del Genio Civile, 2011, p. 278.

SCHEDA (2011) A. BORRI		NTC 2008 (Circolare 02.02.09 n. 617): FATTORI CONDIZIONANTI IL COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE MURATURE	
muratura foto generale e di dettaglio rilievo prospetto, sezione, assonom. elementi costituenti orizzontalità dei filari sfalsamento dei giunti verticali presenza diatoni rapporto diatoni/sup. muraria %	x x x	x x x	tipologia muratura materiali costituenti il paramento (<i>pietrame, conci sbozzati, pietre a spacco, conci pietra tenera, blocchi lapidei, laterizi, etc.</i>)
qualificazione malta qualità malta	x x	x x	caratteristiche del giunto malta: qualificazione malta: grado di coesione spessore del giunto presenza di ricorsi o listature
presenza di zeppe dimensioni e forme blocchi	x	x x	caratteristiche del paramento (<i>accostato, ammorsato</i>) presenza del nucleo caratteristiche del nucleo presenza di connessioni trasversali
valutazione delle caratteristiche meccaniche resistenza degli elementi (<i>giudizio</i>) indice di qualità muraria (IQM)			
			interventi pregressi di consolidamento iniezioni con malta intonaco armato

Tab.05 Punti di convergenza (x) e contenuti integrativi (in rosso) nell'individuazione dei parametri qualificanti la tessitura muraria al confronto tra la scheda proposta da A. Borri, et alii (2011) con quanto richiesto dalle NTC 2008 (Circ. 02.02.09 n. 617).

Nello "Schema di Linee Guida per la conservazione delle architetture di interesse archeologico. Conoscenza, prevenzione, manutenzione", in **R. CECCHI (a cura di), Roma archæologia: interventi per la tutela e la fruizione del patrimonio archeologico. Terzo rapporto, vol. Primo, Electa, 2011**, viene condotto uno studio che muove dalla rinuncia all'ipotesi teorica del "paramento omogeneo", indagando la possibilità di descrivere in termini codificati e condivisi manufatti architettonici stratigraficamente complessi.

Le metodologie proposte integrano, in un unico processo, il percorso di conoscenza proprio dell'analisi storico-stratigrafica, quello dell'analisi strutturale e quello derivante dalla valutazione dello stato di conservazione.

Cogliendo il carattere interdisciplinare del tema e affermando la necessità di leggere le murature come parte di un sistema più complesso che compone l'edificio, l'indagine richiama i principi della stratigrafia nella messa a punto delle schede di descrizione, comprendendo:

- indicazione del ruolo dei setti murari e delle rispettive unità stratigrafiche (dal cantiere di costruzione, alle fasi d'uso, fino ad eventuale abbandono o traumi);
- limiti stratigrafici tra un'unità e l'altra;

- connessioni tra unità e tra setti.

La riflessione metodologica avviata, viene presentata attraverso un apparato di strumenti ed esempi verificati sul campo, con lo scopo di individuare un percorso finalizzato alla conoscenza che implichi anche una possibilità di ispezione costante per la verifica dello stato di conservazione del manufatto preso in esame.

L'organizzazione della conoscenza²⁴ avviene all'interno di un sistema informativo che gestisce i dati su diversi livelli, partendo dalla localizzazione geografica GIS - sequenza SIGEC - codice NTC, fino alla compilazione della scheda MODI: la scheda semplificata consente la registrazione speditiva dei dati per la conoscenza rappresentando un modello "unico" di registrazione.

I diversi contributi presenti nel volume sottolineano la necessità di fare riferimento a un "Atlante" che codifichi il corpus dei tipi murari su base regionale, anche riguardo a:

- materiali da costruzione;
- regole della costruzione;
- funzione strutturale;
- aspetto esteriore;
- georeferenziazione dei tipi all'interno dell'edificio.

La struttura tecnica e costruttiva presa in esame viene definita sinteticamente attraverso tre moduli identificativi:

- Modulo *elementi strutturali* (indicati con sigle identificative, es. V: setti murari verticali);
- Modulo *connessioni*;
- Modulo *tecniche murarie*: elenco singole tecniche attestate da Atlante murature su scala regionale. Quattro criteri fondamentali: 1. Tipo di opera, 2. Sezione muratura ed eventuale presenza di elementi passanti, 3. Forma e apparecchiatura materiali costituenti (tecnica), 4. Caratteristiche del nucleo (per ciascuno dei quattro parametri sono previsti lessici controllati).

Il tema indagato, dunque, si concentra sulla necessità di interscambio tra sistemi e saperi diversi che implicano riflessioni di metodo, di contenuto, ma anche di linguaggio, con l'obiettivo di giungere alla definizione di uno standard a livello nazionale (ICCD).

La scheda semplificata MODI (campi obbligatori tipologie BB.CC.) prevede 2 livelli di approfondimento:

- 1. Requisiti minimi di conoscenza (*lettura speditiva*);
- 2. Approfondimenti (*previsti che scheda*).

²⁴ Cfr. R. CECCHI (a cura di), *Roma archæologia: interventi per la tutela e la fruizione del patrimonio archeologico. Terzo rapporto*, vol. Primo, Electa, 2011, p. 19.

Il modulo schedografico proposto, elaborato da Stefano Camporeale del Dipartimento di archeologia dell'Università degli studi di Siena, (figg.17-20) presenta una struttura comune, generalmente suddivisa in sezioni riguardanti:

- a. **Tipo di materiale da costruzione;**
- b. **Grado e tipo di lavorazione del materiale;**
- c. **Regole della posa in opera;**
- d. **Dimensioni dei materiali;**
- e. **Tecniche di finitura;**
- f. **Tipo e composizione del legante.**

La sperimentazione è stata realizzata su murature verticali ed elementi ad esse assimilabili di edifici del Foro Romano. Nel caso della lettura speditiva, i codici rimandano a una tipologia sintetica di tecniche (nel caso in esame sono 4):

- TM_LAP_1, Tecniche lapidee con blocchi di grandi dimensioni
- TM_LAP_2, Tecniche lapidee con blocchi di piccole dimensioni
- TM_LAP_3, Tecniche lapidee "complesse"
- TM_LAP_4, Tecniche laterizie

Come nel caso della scheda proposta da Binda (fig.12), l'ultima parte del modulo costituisce, anche in quest'ambito, l'unica sezione di tipo "interpretativo" ove poter esprimere una valutazione complessiva della muratura - qualità dell'opera - sulla base dei dati analitici raccolti (es. lotti omogenei di laterizi, uso si materiali di reimpiego).

Criteri di descrizione delle tecniche murarie per la predisposizione di moduli schedografici codificati: ricognizione bibliografica

TECNICA MURARIA LAPIDEA			Codice scheda: TM_LAP_1	Codice tecnica:
N. RILIEVO		TIPO TECNICA		N. SCHEDA
Edificio		Corpo di fabbrica		Fotografie
PG	PP	US	Ambiente	
RA		Forma	Periodo	
Sezione della muratura <input type="checkbox"/> Non visibile <input type="checkbox"/> A paramento unico <input type="checkbox"/> Un paramento con una facciavista <input type="checkbox"/> Due paramenti ammassati senza nucleo <input type="checkbox"/> Due paramenti accostati senza nucleo <input type="checkbox"/> Elementi passanti. <input type="checkbox"/> Due paramenti ammassati al nucleo <input type="checkbox"/> Due paramenti non ammassati al nucleo Tipo (distinti):				
Materiali TIPO <input type="checkbox"/> Cappellaccio <input type="checkbox"/> Tufo lionato (Ariense) <input type="checkbox"/> Peperino (lapia Albanus) <input type="checkbox"/> Travertino <input type="checkbox"/> Peperino <input type="checkbox"/> Tufo di Monteverde <input type="checkbox"/> Peperino (lapia Gabinus) <input type="checkbox"/> Altro <input type="checkbox"/> Tufo giallo (Grotta Oscura/via Tiberina) <input type="checkbox"/> Lava leucitica (selca) <input type="checkbox"/> Tufo rosso a scorie nere (Fidene) Descrizione:				
FORMA <input type="checkbox"/> Blocchi poligonali <input type="checkbox"/> Blocchi grezzi <input type="checkbox"/> Parallelepipeda <input type="checkbox"/> Sagomato <input type="checkbox"/> Altro <input type="checkbox"/> Blocchi poligonali irregolari <input type="checkbox"/> Blocchi squadrati <input type="checkbox"/> Cubica <input type="checkbox"/> Non determinabile <input type="checkbox"/> Blocchi squadrati <input type="checkbox"/> Con intagli Descrizione:				
CARATTERISTICHE DELLA PRODUZIONE Intolpi: <input type="checkbox"/> Omogeneo <input type="checkbox"/> Eterogeneo Descrizione:				
CARATTERISTICHE DEL RIMPIGGO Elementi di rimpingo: <input type="checkbox"/> Riduzione in lunghezza/larghezza/ spessore <input type="checkbox"/> Finitura Descrizione:				
LAVORAZIONE PER IL TAGLIO Facciavista: <input type="checkbox"/> Piccone <input type="checkbox"/> Martellina a lama liscia <input type="checkbox"/> Scalpello a lama liscia <input type="checkbox"/> Scalpello a punta <input type="checkbox"/> Martello testè <input type="checkbox"/> Martellina a lama dentata <input type="checkbox"/> Gradina <input type="checkbox"/> Sega <input type="checkbox"/> Non id. <input type="checkbox"/> Nastrino (descrizione):				
Faccia: <input type="checkbox"/> Piccone <input type="checkbox"/> Martellina a lama liscia <input type="checkbox"/> Scalpello a lama liscia <input type="checkbox"/> Scalpello a punta posteriore: <input type="checkbox"/> Martello testè <input type="checkbox"/> Martellina a lama dentata <input type="checkbox"/> Gradina <input type="checkbox"/> Sega <input type="checkbox"/> Assottigliata <input type="checkbox"/> Non id. Faccia superiore: <input type="checkbox"/> Piccone <input type="checkbox"/> Martellina a lama liscia <input type="checkbox"/> Scalpello a lama liscia <input type="checkbox"/> Scalpello a punta <input type="checkbox"/> Martello testè <input type="checkbox"/> Martellina a lama dentata <input type="checkbox"/> Gradina <input type="checkbox"/> Sega <input type="checkbox"/> Non id. Faccia inferiore: <input type="checkbox"/> Piccone <input type="checkbox"/> Martellina a lama liscia <input type="checkbox"/> Scalpello a lama liscia <input type="checkbox"/> Scalpello a punta <input type="checkbox"/> Martello testè <input type="checkbox"/> Martellina a lama dentata <input type="checkbox"/> Gradina <input type="checkbox"/> Sega <input type="checkbox"/> Non id. Giunto destro: <input type="checkbox"/> Piccone <input type="checkbox"/> Martellina a lama liscia <input type="checkbox"/> Scalpello a lama liscia <input type="checkbox"/> Scalpello a punta <input type="checkbox"/> Martello testè <input type="checkbox"/> Martellina a lama dentata <input type="checkbox"/> Gradina <input type="checkbox"/> Sega <input type="checkbox"/> Non id. Giunto sinistro: <input type="checkbox"/> Piccone <input type="checkbox"/> Martellina a lama liscia <input type="checkbox"/> Scalpello a lama liscia <input type="checkbox"/> Scalpello a punta <input type="checkbox"/> Martello testè <input type="checkbox"/> Martellina a lama dentata <input type="checkbox"/> Gradina <input type="checkbox"/> Sega <input type="checkbox"/> Non id. Descrizione:				
Paramenti DISPOSIZIONE DEI MATERIALI <input type="checkbox"/> Per piatto <input type="checkbox"/> Per testa <input type="checkbox"/> In verticale <input type="checkbox"/> In orizzontale <input type="checkbox"/> Diatoni Descrizione: DISTRIBUZIONE DEI MATERIALI <input type="checkbox"/> Omogenea <input type="checkbox"/> Eterogenea Concentrazioni per: <input type="checkbox"/> Tipo <input type="checkbox"/> Forma <input type="checkbox"/> Altro: Descrizione: FILARI <input type="checkbox"/> Orizzontali <input type="checkbox"/> Ondulati <input type="checkbox"/> Obliqui <input type="checkbox"/> Con sdoppiamenti <input type="checkbox"/> Senza filari Allineamento dei materiali: TIPOLOGIA DELL'OPERA <input type="checkbox"/> Opera quadrata isodoma <input type="checkbox"/> Opera quadrata non isodoma <input type="checkbox"/> Blocchi irregolari GIUNTI <input type="checkbox"/> Lisati <input type="checkbox"/> Stalati <input type="checkbox"/> Stucati Osservazioni:				
LAVORAZIONI PER LA MESSA IN OPERA: Giunti laterali <input type="checkbox"/> Riquadro di anastrosi: <input type="checkbox"/> Completo <input type="checkbox"/> 3 angoli <input type="checkbox"/> 2 angoli contigui <input type="checkbox"/> Larghezza: <input type="checkbox"/> Rasse parallele <input type="checkbox"/> 1 angolo <input type="checkbox"/> Intermedio Lavorazione: <input type="checkbox"/> Piccone <input type="checkbox"/> Martellina a lama liscia <input type="checkbox"/> Scalpello a lama liscia <input type="checkbox"/> Scalpello a punta <input type="checkbox"/> Martello testè <input type="checkbox"/> Martellina a lama dentata <input type="checkbox"/> Gradina <input type="checkbox"/> Sega <input type="checkbox"/> Non id.				

LEGAMI FRA I BLOCCHI (IMPOMBATURE): Materiale delle grappe: <input type="checkbox"/> Ferro <input type="checkbox"/> Bronzo <input type="checkbox"/> Piombo Tecnica di fissaggio: <input type="checkbox"/> Piombatura <input type="checkbox"/> Guaina di piombo Forma dell'incasso: <input type="checkbox"/> A coda di rondine <input type="checkbox"/> A doppia gamma <input type="checkbox"/> A C <input type="checkbox"/> A doppia T <input type="checkbox"/> A T e gamma (legami orizzontali): <input type="checkbox"/> A doppia gamma verticale <input type="checkbox"/> A pi greco <input type="checkbox"/> Altro: Forma dell'incasso: <input type="checkbox"/> Perno piatto longitudinale <input type="checkbox"/> Perno piatto trasversale <input type="checkbox"/> Perno a T <input type="checkbox"/> Perno a gamma (legami verticali): <input type="checkbox"/> Perno quadrato <input type="checkbox"/> Altro: Canali di rotolatura del metallo:				
SOLLEVAMENTO DEI BLOCCHI Inserimento di corde: <input type="checkbox"/> Tenoni di imbracatura <input type="checkbox"/> Casali di imbracatura <input type="checkbox"/> Fori per leve Altri dispositivi: <input type="checkbox"/> Fori per pinze <input type="checkbox"/> Fori per olive. Descrizione: Descrizione:				
SPOSTAMENTO DEI BLOCCHI: Descrizione:				
LAVORAZIONE DOPO LA MESSA IN OPERA Facciavista: <input type="checkbox"/> Martellina a lama liscia <input type="checkbox"/> Scalpello a lama liscia <input type="checkbox"/> Scalpello a punta <input type="checkbox"/> Gradina <input type="checkbox"/> Non id.				
ZEPPE Funzione Posizione Dimensioni Quantità <input type="checkbox"/> Strutturale <input type="checkbox"/> Giunti <input type="checkbox"/> Grandi <input type="checkbox"/> Foca <input type="checkbox"/> Riempitivo <input type="checkbox"/> Letti di posa <input type="checkbox"/> Medie <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Piccole <input type="checkbox"/> Molta Descrizione:				
CATENE ANGOLARI Disposizione dei blocchi: <input type="checkbox"/> Per piatto <input type="checkbox"/> Per testa <input type="checkbox"/> In verticale <input type="checkbox"/> In orizzontale <input type="checkbox"/> Blocchi a L, descrizione:				
RIVESTIMENTI				
FORI DA PONTE <input type="checkbox"/> Passanti <input type="checkbox"/> Non passanti Forma <input type="checkbox"/> Quadrangolare <input type="checkbox"/> Rotonda <input type="checkbox"/> Altro: Distanza tra i fori: Distanza tra gli allineamenti: Dimensioni dei fori:				
ALTRE DESCRIZIONI: Blocchi sagomati:				
Blocchi a L:				
Altro:				
Legante Componenti Matrice Consistenza Granulometria <input type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Calce <input type="checkbox"/> Pozzolana nera <input type="checkbox"/> Omogenea <input type="checkbox"/> Incrostante <input type="checkbox"/> Grossolana <input type="checkbox"/> Sabbia <input type="checkbox"/> Pozzolana rossa <input type="checkbox"/> Eterogenea <input type="checkbox"/> Friabile <input type="checkbox"/> Fine <input type="checkbox"/> Pozzolana grigia <input type="checkbox"/> Coesa <input type="checkbox"/> Eterogenea Colore: Presenza di grumi di calce:				
Nivello <input type="checkbox"/> Privo di nucleo <input type="checkbox"/> A secco <input type="checkbox"/> Costipato fra i materiali dei paramenti <input type="checkbox"/> Convezio allietato. Altezza dei livelli: <input type="checkbox"/> Convezio gettato (a secco) <input type="checkbox"/> Omogeneità degli aggregati <input type="checkbox"/> Aggregati a peso specifico decrescente <input type="checkbox"/> Altro:				
Rapporto spessore del nucleo/spessore del muro:				
Proporzioni (%) Laterizi Tufo Selca Travertino Marmo Altro				

Misure SPESSORE DEI GIUNTI Orizzontali M: Verticali M:										
DIMENSIONI DEGLI ELEMENTI										
Lung.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alt.										
Lung.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Alt.										
Lung.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Alt.										
Lung.	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Alt.										
Lung.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Alt.										
DIMENSIONI DEGLI ELEMENTI ANGOLARI										
Lung.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alt.										
Lung.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Alt.										
Qualità dell'opera - del materiale - del taglio - della messa in opera										
Data compilazione					Compilatore					

Fig. 17 Esempio di scheda per tecnica muraria lapidea TM_LAP_1. Da: *Schema di Linee Guida per la conservazione delle architetture di interesse archeologico*. Conoscenza, prevenzione, manutenzione, in R. CECCHI (a cura di), *Roma archaeologia: interventi per la tutela e la fruizione del patrimonio archeologico*. Terzo rapporto, vol. Primo, Electa, 2011, pp. 94-96. Autore: Stefano Camporeale.

Criteri di descrizione delle tecniche murarie per la predisposizione di moduli schedografici codificati: ricognizione bibliografica

TECNICA MURARIA LAPIDEA/MISTA				Codice scheda: TM_LAP_2		Codice tecnica:	
Opera mista, rif. n. scheda:		N. RILIEVO		TIPO TECNICA		N. SCHEDE	
Edificio:		Corpo di fabbrica		Ambiente		Fotografie	
PG	PP	US				Silievi	
EA		Fase		Periodo			
Sezione della muratura <input type="checkbox"/> Non visibile <input type="checkbox"/> Un paramento con una facciavista <input type="checkbox"/> Due paramenti annoverati al nucleo <input type="checkbox"/> Due paramenti non annoverati al nucleo <input type="checkbox"/> Elementi passanti. Tipo (diatori, bipedali, ecc.):							
Materiali TIPO <input type="checkbox"/> Cappellaccio <input type="checkbox"/> Tufo lionato (Ariene) <input type="checkbox"/> Peperino (<i>lapis Albanus</i>) <input type="checkbox"/> Travertino <input type="checkbox"/> Peperino <input type="checkbox"/> Tufo di Monteverde <input type="checkbox"/> Peperino (<i>lapis Gabinus</i>) <input type="checkbox"/> Altro <input type="checkbox"/> Tufo giallo (Grotta Oscura/via Tiberina) <input type="checkbox"/> Lava leucitica (selce) <input type="checkbox"/> Tufo rosso e scorie nere (Fidene) Descrizione:							
FORMA <input type="checkbox"/> Pietre naturali <input type="checkbox"/> Piramidale <input type="checkbox"/> Troncopiramidale <input type="checkbox"/> Altro: <input type="checkbox"/> Cubica <input type="checkbox"/> A base quadrata <input type="checkbox"/> A base quadrata <input type="checkbox"/> Non determinabile <input type="checkbox"/> Parallelepipedica <input type="checkbox"/> A base rettangolare <input type="checkbox"/> A base rettangolare Descrizione:							
CARATTERISTICHE DELLA PRODUZIONE Litotipi: <input type="checkbox"/> Omogeneo <input type="checkbox"/> Eterogeneo Descrizione:							
CARATTERISTICHE DEL REMPLIEGO Elementi di riempiglio: <input type="checkbox"/> Riduzione in largh./largh./spessore <input type="checkbox"/> Finitura Descrizione:							
LAVORAZIONE PER LA MESSA IN OPERA <input type="checkbox"/> Martello <input type="checkbox"/> Martellina a lama lucida <input type="checkbox"/> Scalpello a lama lucida <input type="checkbox"/> Scalpello a lama dentata (gradina) <input type="checkbox"/> Scalpello a punta <input type="checkbox"/> Sega <input type="checkbox"/> Non id. Posizione: <input type="checkbox"/> In facciavista <input type="checkbox"/> Tutte le facce <input type="checkbox"/> Elementi assottigliati <input type="checkbox"/> Altro: Descrizione:							
Paramenti DISPOSIZIONE DEI MATERIALI <input type="checkbox"/> Per piatto <input type="checkbox"/> Per testa <input type="checkbox"/> In verticale <input type="checkbox"/> In orizzontale <input type="checkbox"/> Inclinati Descrizione: DISTRIBUZIONE DEI MATERIALI <input type="checkbox"/> Omogenea <input type="checkbox"/> Eterogenea Concentrazioni per: <input type="checkbox"/> Tipo <input type="checkbox"/> Forma <input type="checkbox"/> Altro: Descrizione:							
FILARI <input type="checkbox"/> Orizzontali <input type="checkbox"/> Orsufati <input type="checkbox"/> Obliqui <input type="checkbox"/> Con sdoppiamenti <input type="checkbox"/> Senza filari <input type="checkbox"/> A spina di pesce Allineamento dei materiali:							
TIPOLOGIA DELL'OPERA <input type="checkbox"/> Opera a blocchetti <input type="checkbox"/> Opera reticolata <input type="checkbox"/> Opera a spina <input type="checkbox"/> Opera mista di reticolato e laterizi <input type="checkbox"/> Opera mista di blocchetti e laterizi							
SFALSAMENTO DEI GIUNTI <input type="checkbox"/> Regolare <input type="checkbox"/> Irregolare <input type="checkbox"/> Prevalente							
LIVELLAMENTI Tipo di materiale:							
Distanza tra gli allineamenti Materiali							
GIUNTI <input type="checkbox"/> Liscii <input type="checkbox"/> Siliati <input type="checkbox"/> Stuccati Osservazioni:							
ZEPPE Funzione Posizione Dimensioni Quantità <input type="checkbox"/> Strutturale <input type="checkbox"/> Giunti <input type="checkbox"/> Grandi <input type="checkbox"/> Poca <input type="checkbox"/> Riempitivo <input type="checkbox"/> Letti di posa <input type="checkbox"/> Medie <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Piccole <input type="checkbox"/> Molta Descrizione:							
CATENE ANGOLARI <input type="checkbox"/> uguali ai paramenti <input type="checkbox"/> diverse dai paramenti (compilare le altre voci) Tipo di materiale: Forma degli elementi:							
Lavorazione degli elementi: Disposizione degli elementi: <input type="checkbox"/> alternati per testa e per faccia <input type="checkbox"/> altro:							

DIMENSIONI DEGLI ELEMENTI ANGOLARI:										
Lungh.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alt.										
Lungh.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Alt.										
RIVESTIMENTI										
FORI DA FONTE <input type="checkbox"/> Passanti <input type="checkbox"/> Non passanti Forma <input type="checkbox"/> Quadrangolare <input type="checkbox"/> Rotonda Altro:										
Distanza tra i fori										
Distanza tra gli allineamenti										
Dimensioni dei fori										
Legante Componenti Matrice Consistenza Granulometria										
<input type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Calce <input type="checkbox"/> Pozzolana nera <input type="checkbox"/> Omogenea <input type="checkbox"/> Incoerente <input type="checkbox"/> Grossolana <input type="checkbox"/> Sabbia <input type="checkbox"/> Pozzolana rossa <input type="checkbox"/> Eterogenea <input type="checkbox"/> Friabile <input type="checkbox"/> Fine <input type="checkbox"/> Pozzolana grigia <input type="checkbox"/> Coesa <input type="checkbox"/> Eterogenea										
Colore: Presenza di grumi di calce:										
Nucleo <input type="checkbox"/> A secco <input type="checkbox"/> Costipato fra i materiali dei paramenti <input type="checkbox"/> Cementizio gettato (a sacco)										
<input type="checkbox"/> Cementizio allettato. Altezza dei livelli: <input type="checkbox"/> Omogeneità degli aggregati <input type="checkbox"/> Aggregati a peso specifico decrescente <input type="checkbox"/> Altro:										
Rapporto spessore del nucleo/spessore del muro:										
Proporzioni (%) Laterizi Tufo Selce Travertino Marmo Altro										
Misure e dati quantitativi										
SPESORE DEI GIUNTI MODULO Numero di elementi per metro quadrato:										
Orizzontali Verticali										
N.1 N.2 N.3 N.4 N.5 Modulo 5 x 5 N.1 N.2 N.3 N.4 N.5 Modulo 10 x 10 N.1 N.2 N.3 N.4 N.5 Modulo 20 x 20 M: M: N.1 N.2 N.3 N.4 N.5										
DIMENSIONI DEGLI ELEMENTI										
Lungh.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alt.										
Lungh.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Alt.										
Lungh.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Alt.										
Lungh.	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Alt.										
Lungh.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Alt.										
Qualità dell'opera - del materiale - del taglio - della messa in opera										
Data compilazione Compilatore:										

Fig. 18 Esempio di scheda per tecnica muraria lapidea/mista TM_LAP_2. Da: *Op. cit.*, pp. 97-98

TECNICA MURARIA LAPIDEA/MISTA				Codice scheda: TM_LAP_3		Codice tecnica:	
Opera mista, rif. n. scheda:		N. RILIEVO		TIPO TECNICA		N. SCHEDE	
Edificio:		Corpo di fabbrica		Ambiente		Fotografie	
PG	PP	US				Silievi	
EA		Fase		Periodo			
Sezione della muratura <input type="checkbox"/> Non visibile <input type="checkbox"/> Un paramento con una facciavista <input type="checkbox"/> Due paramenti annoverati al nucleo <input type="checkbox"/> Due paramenti non annoverati al nucleo <input type="checkbox"/> Elementi passanti. Tipo (diatori, bipedali, ecc.):							
Materiali TIPO <input type="checkbox"/> Cappellaccio <input type="checkbox"/> Tufo lionato (Ariene) <input type="checkbox"/> Peperino (<i>lapis Albanus</i>) <input type="checkbox"/> Travertino <input type="checkbox"/> Peperino <input type="checkbox"/> Tufo di Monteverde <input type="checkbox"/> Peperino (<i>lapis Gabinus</i>) <input type="checkbox"/> Altro <input type="checkbox"/> Tufo giallo (Grotta Oscura/via Tiberina) <input type="checkbox"/> Lava leucitica (selce) <input type="checkbox"/> Tufo rosso e scorie nere (Fidene) Descrizione:							
FORMA <input type="checkbox"/> Irregolare, pietre lavorate <input type="checkbox"/> Pietre naturali <input type="checkbox"/> Non determinabile <input type="checkbox"/> Altro: <input type="checkbox"/> Tondeggiante <input type="checkbox"/> Allungata Descrizione:							
CARATTERISTICHE DELLA PRODUZIONE Litotipi: <input type="checkbox"/> Omogeneo <input type="checkbox"/> Eterogeneo Descrizione:							
CARATTERISTICHE DEL REMPLIEGO Elementi di riempiglio: <input type="checkbox"/> Riduzione in largh./largh./spessore <input type="checkbox"/> Finitura Descrizione:							
LAVORAZIONE PER LA MESSA IN OPERA <input type="checkbox"/> Martello <input type="checkbox"/> Martellina a lama lucida <input type="checkbox"/> Scalpello a lama lucida <input type="checkbox"/> Scalpello a lama dentata (gradina) <input type="checkbox"/> Scalpello a punta <input type="checkbox"/> Sega <input type="checkbox"/> Non id. Posizione: <input type="checkbox"/> In facciavista <input type="checkbox"/> Tutte le facce <input type="checkbox"/> Elementi assottigliati <input type="checkbox"/> Altro: Descrizione:							
Paramenti DISPOSIZIONE DEI MATERIALI <input type="checkbox"/> Per piatto <input type="checkbox"/> Per testa <input type="checkbox"/> In verticale <input type="checkbox"/> In orizzontale <input type="checkbox"/> Inclinati Descrizione: DISTRIBUZIONE DEI MATERIALI <input type="checkbox"/> Omogenea <input type="checkbox"/> Eterogenea Concentrazioni per: <input type="checkbox"/> Tipo <input type="checkbox"/> Forma <input type="checkbox"/> Altro: Descrizione:							
FILARI <input type="checkbox"/> Orizzontali <input type="checkbox"/> Orsufati <input type="checkbox"/> Obliqui <input type="checkbox"/> Con sdoppiamenti <input type="checkbox"/> Senza filari <input type="checkbox"/> A spina di pesce Allineamento dei materiali:							
TIPOLOGIA DELL'OPERA <input type="checkbox"/> Opera a blocchetti <input type="checkbox"/> Opera incerta <input type="checkbox"/> Opera a spina <input type="checkbox"/> Opera mista di blocchetti e laterizi							
SFALSAMENTO DEI GIUNTI <input type="checkbox"/> Regolare <input type="checkbox"/> Irregolare <input type="checkbox"/> Prevalente							
LIVELLAMENTI Tipo di materiale:							
Distanza tra gli allineamenti Materiali							
GIUNTI <input type="checkbox"/> Liscii <input type="checkbox"/> Siliati <input type="checkbox"/> Stuccati Osservazioni:							
ZEPPE Funzione Posizione Dimensioni Quantità <input type="checkbox"/> Strutturale <input type="checkbox"/> Giunti <input type="checkbox"/> Grandi <input type="checkbox"/> Poca <input type="checkbox"/> Riempitivo <input type="checkbox"/> Letti di posa <input type="checkbox"/> Medie <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Piccole <input type="checkbox"/> Molta Descrizione:							
CATENE ANGOLARI <input type="checkbox"/> uguali ai paramenti <input type="checkbox"/> diverse dai paramenti (compilare le altre voci) Tipo di materiale: Forma degli elementi:							
Lavorazione degli elementi: Disposizione degli elementi: <input type="checkbox"/> alternati per testa e per faccia <input type="checkbox"/> altro:							

Dimensioni degli elementi angolari:										
Lungh.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alt.										
Lungh.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Alt.										
RIVESTIMENTI										
FORI DA FONTE <input type="checkbox"/> Passanti <input type="checkbox"/> Non passanti Forma <input type="checkbox"/> Quadrangolare <input type="checkbox"/> Rotonda Altro:										
Distanza tra i fori										
Distanza tra gli allineamenti										
Dimensioni dei fori										
Legante Componenti Matrice Consistenza Granulometria										
<input type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Calce <input type="checkbox"/> Pozzolana nera <input type="checkbox"/> Omogenea <input type="checkbox"/> Incoerente <input type="checkbox"/> Grossolana <input type="checkbox"/> Sabbia <input type="checkbox"/> Pozzolana rossa <input type="checkbox"/> Eterogenea <input type="checkbox"/> Friabile <input type="checkbox"/> Fine <input type="checkbox"/> Pozzolana grigia <input type="checkbox"/> Coesa <input type="checkbox"/> Eterogenea										
Colore: Presenza di grumi di calce:										
Nucleo <input type="checkbox"/> A secco <input type="checkbox"/> Costipato fra i materiali dei paramenti <input type="checkbox"/> Cementizio gettato (a sacco)										
<input type="checkbox"/> Cementizio allettato. Altezza dei livelli: <input type="checkbox"/> Omogeneità degli aggregati <input type="checkbox"/> Aggregati a peso specifico decrescente <input type="checkbox"/> Altro:										
Rapporto spessore del nucleo/spessore del muro:										
Proporzioni (%) Laterizi Tufo Selce Travertino Marmo Altro										
Misure e dati quantitativi										
SPESORE DEI GIUNTI MODULO Numero di elementi per metro quadrato:										
Classi dimensionali degli elementi nel metro quadrato: N. % relativa % assoluta										
Elementi molto piccoli:										
Elementi piccoli:										
Elementi medi:										
Elementi grandi:										
Percentuale di legante nel metro quadrato:										
Qualità dell'opera - del materiale - del taglio - della messa in opera										
Data compilazione Compilatore:										

Criteri di descrizione delle tecniche murarie per la predisposizione di moduli schedografici codificati: ricognizione bibliografica

Opera mista: laterizi

Materiali
 TIPO Bessali Tegole Laterizi medievali FORMA Rettangolare Altro:
 Sesquipedali Tegole smarginate Vari non id. Triangolare
 Bipedali Coppi Non visibile

Descrizione:
 CARATTERISTICHE DELLA PRODUZIONE
 Colore dei laterizi: Omogeneo Eterogeneo Descrizione:
 Matrice: Omogenea Eterogenea
 CARATTERISTICHE DEL REMPLIEGO
 Riduzione in lung./largh. (laterizi spezzati) Riduzione dello spessore (rilavorazione lungo i bordi) Finitura
 LAVORAZIONE PER LA MESSA IN OPERA
 Martellina a lama liscia (tracce verticali) Segna (tracce orizzontali) Arrotatura Sabbatura Non id.
 Descrizione:
 SEGNI Bolli Incisioni Graffiti Impronte. Tipo: Riferimenti:

Messa in opera dei paramenti
 Alternanza tra tuffelli e laterizi Irregolare Regolare
 Descrizione dei filari:

DIMENSIONI DEI LATERIZI

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lungh.										
Alt.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lungh.										
Alt.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Lungh.										
Alt.	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Lungh.										
Alt.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50

Fig. 19 Esempio di scheda per tecnica muraria lapidea/mista TM_LAP_3. Da: *Op. cit.*, pp. 99-101.

Fig. 20 Esempio di scheda per tecnica muraria laterizia TM_LAT. Da: *Op. cit.*, pp. 102-103.

TECNICA MURARIA LATERIZIA Codice scheda: **TM_LAT**
 Codice tecnico:

Opera mista, eff. n. scheda: **N. RILIEVO** TIPO TECNICA: **N. SCHEDA**

Edificio: Corpo di fabbrica Ambiente Fotografie

PG: PP US Rilievi

EA: Fase Periodo

Sezione della muratura Non visibile Un paramento con una facciavista
 Due paramenti ammassati al nucleo Due paramenti non ammassati al nucleo
 Livellamenti

Materiali
 TIPO Bessali Tegole Laterizi medievali FORMA Rettangolare Altro:
 Sesquipedali Tegole smarginate Vari non id. Triangolare
 Bipedali Coppi Non visibile

Descrizione:
 CARATTERISTICHE DELLA PRODUZIONE
 Colore dei laterizi: Omogeneo Eterogeneo Descrizione:
 Matrice: Omogenea Eterogenea
 CARATTERISTICHE DEL REMPLIEGO
 Riduzione in lung./largh. (laterizi spezzati) Riduzione dello spessore (rilavorazione lungo i bordi) Finitura
 LAVORAZIONE PER LA MESSA IN OPERA
 Martellina a lama liscia (tracce verticali) Segna (tracce orizzontali) Arrotatura Sabbatura Non id.
 Descrizione:
 SEGNI Bolli Incisioni Graffiti Impronte. Tipo: Riferimenti:

Messa in opera dei paramenti
 DISPOSIZIONE DEI MATERIALI Per piatto Per testa In verticale In orizzontale Inclinati
 Descrizione:
 DISTRIBUZIONE DEI MATERIALI Omogenea Eterogenea Concentrazioni per: Tipo Forma Altro:
 Descrizione:
 FILARI Orizzontali Ondulati Obliqui Con scodopiamenti A spina di pesce
 SFALSAMENTO DEI GIUNTI Regolare Irregolare Prevalente

LIVELLAMENTI Tipo di materiale:
 Distanza tra gli allineamenti:
 Dimensioni dei materiali:

GIUNTI Lasciati Stirati Stuccati Osservazioni:

CATENE ANGOLARI uguali ai paramenti diverse dai paramenti (compilare le altre voci)
 Tipo di materiale: Forma degli elementi:
 Lavorazione degli elementi:
 Disposizione degli elementi: alternati per testa e per fascia altro:
 Dimensioni degli elementi angolari:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lungh.										
Alt.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lungh.										
Alt.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Lungh.										
Alt.	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Lungh.										
Alt.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50

RIVESTIMENTI

FORI DA PONTE Passanti Non passanti Forma Quadrangolare Rotonda Altro:
 Distanza fra i fori:
 Distanza tra gli allineamenti:
 Dimensioni dei fori:

Legante Componenti Calce Pozzolana nera Omogenea Consistenza Genucolmetria
 Sabbia Pozzolana rossa Eterogenea Incoerente Friabile Fine
 Pozzolana grigia Cossa Eterogenea

Colore: Presenza di grumi di calce:

Nucleo A secco Costipato fra i materiali dei paramenti Cementizio gettato (a sacco)
 Cementizio alettato. Altezza dei livelli:
 Omogeneità degli aggregati Aggregati a peso specifico decrescente Altro:

Rapporto spessore del nucleo/spessore del muro:

Proporzioni (%) Laterizi Tufo Selce Travertino Marmo Altra

Misure
 SPESORE DEI GIUNTI MODULO Numero di elementi per metro quadrato:
 Orizzontali Verticali Numero di elementi per metro verticale
 N. 1 N. 2 N. 3 N. 4 N. 5
 Modulo 5 x 5
 N. 1 N. 2 N. 3 N. 4 N. 5
 Modulo 10 x 10
 N. 1 N. 2 N. 3 N. 4 N. 5
 Modulo 20 x 20
 M: M: N. 1 N. 2 N. 3 N. 4 N. 5

Dimensioni dei laterizi

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lungh.										
Alt.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lungh.										
Alt.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Lungh.										
Alt.	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Lungh.										
Alt.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50

Qualità dei laterizi Omogeneità dei lotti Interi Nuovi Misti Misti Spezzati Reimpiego

Data compilazione

SCHEDA (2011) S. CAMPOREALE, in R. CECCHI et alii	NTC 2008 (Circolare 02.02.09 n. 617): FATTORI CONDIZIONANTI IL COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE MURATURE
<p style="text-align: right;">unità stratigrafica</p> <p style="text-align: right;">fase</p> <p style="text-align: right;">periodo</p> <p style="text-align: right;">fotografie</p> <p style="text-align: right;">rilievi</p> <p>sezione della muratura</p> <p>descrizione paramento x</p> <p>presenza elementi passanti x</p> <p>materiali</p> <p>descrizione materiali x</p> <p style="text-align: right;">forma elementi</p> <p>caratteristiche della produzione</p> <p style="text-align: right;">omogeneità del litotipo</p> <p>caratteristiche del reimpiego</p> <p style="text-align: right;">elementi reimpiego</p> <p style="text-align: right;">riduzione in largh./lungh.</p> <p style="text-align: right;">lavorazione per il taglio</p> <p>paramenti</p> <p>disposizione dei materiali</p> <p>distribuzione dei materiali</p> <p style="text-align: right;">orizzontalità dei filari</p> <p>presenza di livellamenti x</p> <p>distanza tra livellamenti</p> <p style="text-align: right;">tipologia dell'opera x</p> <p style="text-align: right;">legami fra blocchi</p> <p style="text-align: right;">sollevamento blocchi</p> <p style="text-align: right;">lavorazione del giunto</p> <p style="text-align: right;">granulometria legante</p> <p style="text-align: right;">colore legante</p> <p style="text-align: right;">lavorazione per la messa in opera</p> <p style="text-align: right;">metodo di sollevamento</p> <p style="text-align: right;">presenza di zeppe</p> <p style="text-align: right;">lavorazione post messa in opera</p> <p style="text-align: right;">legami fra blocchi (piombature)</p> <p style="text-align: right;">catene angolari</p> <p>rivestimenti</p> <p>fori da ponte</p> <p style="text-align: right;">dati dimensionali</p> <p style="text-align: right;">distanza tra i fori</p> <p>legante</p> <p>componenti x</p> <p>matrice x</p> <p>consistenza x</p> <p style="text-align: right;">granulometria</p> <p>nucleo</p> <p style="text-align: right;">tipo x</p> <p style="text-align: right;">omogeneità aggregati</p> <p style="text-align: right;">rapporto spess. nucleo/spess. muro</p> <p style="text-align: right;">componenti %</p> <p>misure</p> <p style="text-align: right;">spessore giunti x</p> <p style="text-align: right;">dimensione elementi</p> <p style="text-align: right;">dimensione angolari</p> <p>valutazione qualità opera</p> <p style="text-align: right;">del materiale</p> <p style="text-align: right;">del taglio</p> <p style="text-align: right;">della messa in opera</p>	<p>tipologia muratura</p> <p>x materiali costituenti il paramento (<i>pietrame, conci sbozzati, pietre a spacco, conci pietra tenera, blocchi lapidei, laterizi, etc.</i>)</p> <p>caratteristiche del giunto</p> <p>x malta: qualificazione</p> <p>x malta: grado di coesione</p> <p>x spessore del giunto</p> <p>x presenza di ricorsi o listature</p> <p>caratteristiche del paramento (<i>accostato, ammorsato</i>)</p> <p>x presenza del nucleo</p> <p>x caratteristiche del nucleo</p> <p>x presenza di connessioni trasversali</p> <p>interventi pregressi di consolidamento</p> <p>x iniezioni con malta</p> <p>x intonaco armato</p>

Tab.06 Punti di convergenza (x) e contenuti integrativi (in rosso) nell'individuazione dei parametri qualificanti la tessitura muraria al confronto tra la scheda proposta da S. Camporeale in R. Cecchi, et alii (2011) con quanto richiesto dalle NTC 2008 (Circ. 02.02.09 n. 617).

Nell'ambito del medesimo studio, Brogiolo²⁵ evidenzia la necessità di legare, all'interno di "schede di archiviazione veloce" (figg.21-22), le informazioni esito di una lettura speditiva con un'interpretazione di tipo stratigrafico, in grado di indicare anche le relazioni che intercorrono tra diverse unità. Obiettivo di questa sezione del lavoro è di giungere all'acquisizione di una sequenza di periodi che costituisca il livello di riferimento utilizzato sia nel GIS che per l'analisi strutturale, attraverso l'individuazione di:

- EA: elementi architettonici;
- USM: unità stratigrafiche murarie;
- UP: unità postdeposizionali (degrado, deformazioni, fessurazioni).

Le informazioni esito dell'analisi stratigrafica (sono assenti, in quest'ambito, dati riguardanti le caratteristiche della sezione muraria) possono essere implementate secondo gli approfondimenti proposti da Podestà²⁶ (fig.23) nella Tabella di qualificazione degli "indicatori di vulnerabilità per macroelementi e meccanismi di collasso nei 4 periodi storici individuati".



Fig. 21 Scheda di archiviazione veloce utilizzata per il Tempio di Romolo. Fotopiano del prospetto interno ovest dell'annesso est (CFII) e analisi stratigrafica (part.). Da: *Schema di Linee Guida per la conservazione delle architetture di interesse archeologico. Conoscenza, prevenzione, manutenzione*, in R. CECCHI (a cura di), *Roma archæologia: interventi per la tutela e la fruizione del patrimonio archeologico. Terzo rapporto*, vol. Primo, Electa, 2011, p. 167.

Prospetto ovest, interno							
UP	EA	USM	Ante	Coeva	Post	Descrizione	Tecnica
		1001				Muratura in laterizi originaria	
		10/9				Crollo parziale della muratura e successivo consolidamento con malta cementizia	
		1080		1		Distacco di parte delle muratura e successivo intervento di consolidamento con malta cementizia	
		1081		1084		Imposta volta mediana	
		1082		1097-1098, 1077-1112		Imposta volta bassa	
		1083		138		Taglio per apertura 138	
		1084		1081		Risarcimento-imposta volte mediane (coevo a 1081)	
		1085				Tamponamento 131	
		1086				Risarcimento	
		1088				Risarcimento	
		1089				Intonaco colore bianco	
		131		1085	1083-138	Apertura forma rettangolare ridotta da 135	
		138		1083		Apertura forma rettangolare ridotta con formazione successiva apertura EA 131	
		1140				Imposta della volta più alta	
		1143				Muratura in laterizi oratorio Via Crucis	6

²⁵ G. P. BROGIOLO, A. SCILLA, *Lettura stratigrafica*, in R. CECCHI (a cura di), *Roma archæologia: interventi per la tutela e la fruizione del patrimonio archeologico. Terzo rapporto*, vol. Primo, Electa, 2011, pp. 154-171.

²⁶ S. PODESTÀ (ET ALII), *Indicatori di vulnerabilità per macroelementi e meccanismi di collasso nei quattro periodi storici individuati*, in R. CECCHI (a cura di), *cit.*, pp. 182-183.

Criteri di descrizione delle tecniche murarie per la predisposizione di moduli schedografici codificati: ricognizione bibliografica

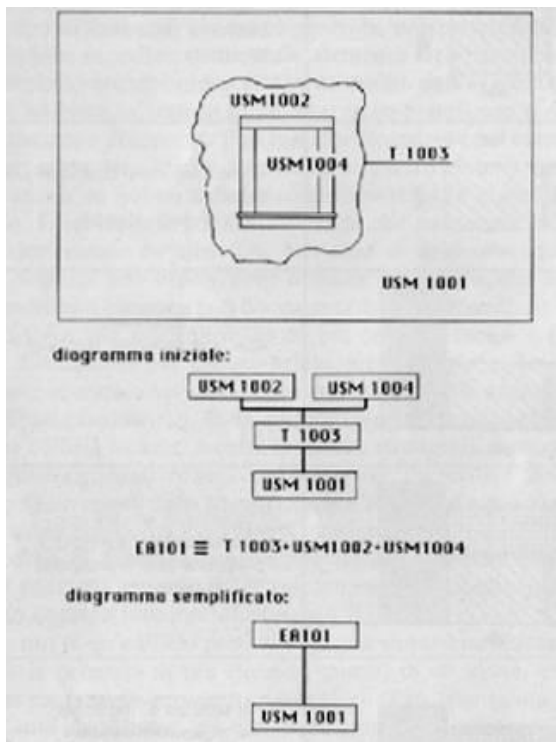


Fig. 22 G. P. BROGIOLO, Diagramma semplificato. Con EA 101 si indicano il taglio della muratura (1003), il riempimento della breccia (1002) e il riquadro della finestra (1104).

Fig. 23 S. PODESTÀ (ET ALII), Indicatori di vulnerabilità per macroelementi e meccanismi di collasso nei quattro periodi storici individuati. Da: R. CECCHI (a cura di), *cit.*, pp. 182-183.

1 - Ribaltamento della facciata	Periodo	I	II	III	IV
Presidi antisismici	Efficacia	-	-	-	-
Presenza di catene longitudinali		1	1	-	-
Presenza di efficaci elementi di contrasto (contrafforti, corpi addossati, altri edifici)		3	3	3	3
Ammassamento di buona qualità tra la facciata ed i muri della navata		-	-	-	1
Presenza di cerchiatura		-	-	2	-
Presenza di facciata seminterrata		-	-	2	-
Indicatori di vulnerabilità	Gravità	2	2	3	2
Presenza di elementi spingenti (punti di copertura, volte, archi) - cupola		2	3	1	1
Presenza di grandi aperture nelle pareti laterali in vicinanza del cantonale		-	-	-	-
2 - Meccanismi nella sommità della facciata	Periodo	I	II	III	IV
Presidi antisismici	Efficacia	-	-	-	-
Presenza di collegamenti puntuali con la copertura		-	-	-	-
Presenza di controventi di falda		-	-	-	-
Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)		-	-	-	-
Indicatori di vulnerabilità	Gravità	-	-	-	-
Presenza di grandi aperture (rosone)		-	-	1	-
Presenza di una sommità a vela di grande dimensione e peso		-	-	1	-
Cordoli rigidi, trave di colmo in c.a., copertura pesante in c.a.		-	-	-	-
3 - Meccanismi nel piano della facciata	Periodo	I	II	III	IV
Presidi antisismici	Efficacia	-	-	-	-
Presenza di catene in controfacciata		-	-	-	-
Contrasto laterale fornito da corpi addossati o facciata inserita in aggregato		3	3	2	1
Presenza di cerchiatura		-	-	-	2
Indicatori di vulnerabilità	Gravità	1	3	2	2
Presenza di grandi aperture (anche tamponate)		1	2	-	1
Elevata snellezza (rapporto altezza/larghezza)		1	2	-	1
4 - Profilo o colonne	Periodo	I	II	III	IV
Presidi antisismici	Efficacia	-	-	-	-
Presenza di catene		-	-	-	-
Presenza di colonne, pilastri di adeguata rigidezza		2	2	3	2
Indicatori di vulnerabilità	Gravità	-	-	-	-
Presenza di elementi spingenti (archi, volte)		-	-	-	3
Presenza di colonne libere		-	-	-	3
5 - Risposta trasversale dell'aula	Periodo	I	II	III	IV
Presidi antisismici	Efficacia	-	-	-	-
Presenza di paraste o contrafforti esterni		-	-	-	-
Presenza di corpi annessi adiacenti		3	3	2	-
Presenza di catene trasversali		-	-	-	2
Indicatori di vulnerabilità	Gravità	-	-	-	2
Presenza di pareti con elevata snellezza		2	3	2	-
Presenza di volte e archi - cupola		2	3	2	-
6 - Meccanismi di taglio nelle pareti laterali (risposta longitudinale)	Periodo	I	II	III	IV
Presidi antisismici	Efficacia	-	-	-	-
Muratura uniforme (unica fase costruttiva) e di buona qualità		3	3	2	2
Presenza di buoni architravi nelle aperture		3	2	2	2
Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)		-	-	-	-
Indicatori di vulnerabilità	Gravità	2	3	2	2
Presenza di grandi aperture o zone con muratura di limitato spessore		2	3	2	2
Cordoli in c.a. molto rigidi, copertura pesante in c.a.		-	-	-	-
8 - Volte della navata centrale	Periodo	I	II	III	IV
Presidi antisismici	Efficacia	-	-	-	-
Presenza di catene in posizione efficace		-	-	-	-
Indicatori di vulnerabilità	Gravità	-	-	-	-
Presenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura		-	-	-	-
Presenza di lunette di dimensioni considerevoli		-	-	-	-
Volte in foglio, con campate di grande luce		-	-	-	-
13 - Archi trionfali	Periodo	I	II	III	IV
Presidi antisismici	Efficacia	-	-	-	-
Pareti di contrasto efficaci (basso rapporto luce/larghezza aula)		2	2	-	-
Presenza di una catena in posizione efficace		-	-	-	1
Conci di buona fattura e/o adeguato spessore		-	-	-	-

14 - Cupola - Tamburo/Tiburio	Periodo	I	II	III	IV
Presidi antisismici	Efficacia	-	-	-	-
Presenza di cerchiatura esterna, anche a più livelli		-	-	-	-
Presenza nel tamburo di contrafforti esterni o paraste		-	-	-	-
Cupola direttamente impostata sugli archi trionfali (assenza del tamburo)		-	-	-	-
Indicatori di vulnerabilità	Gravità	-	-	-	-
Presenza di copertura pesante in c.a.		1	1	2	-
Presenza di grandi aperture nel tamburo		-	-	-	-
Presenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura		-	-	-	-
15 - Lanterna	Periodo	I	II	III	IV
Presidi antisismici	Efficacia	-	-	-	-
Presenza di cerchiatura esterna		-	-	-	-
Presenza di paraste o contrafforti		-	-	-	-
Dimensioni contenute rispetto a quelle della cupola		-	-	-	1
Indicatori di vulnerabilità	Gravità	-	-	-	2
Lanterna di elevata snellezza, con grandi aperture e piccoli pilastri		-	-	-	-
17 - Meccanismi di taglio nel presbiterio o nell'abside	Periodo	I	II	III	IV
Presidi antisismici	Efficacia	-	-	-	-
Muratura uniforme (unica fase costruttiva) e di buona qualità		3	3	2	-
Presenza di buoni architravi nelle aperture		-	-	-	1
Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)		-	-	-	-
Indicatori di vulnerabilità	Gravità	-	-	-	-
Presenza di cordoli rigidi, copertura pesante		-	-	-	-
Presenza di grandi aperture o di ampie zone con muratura di limitato spessore		-	-	-	3
19 - Meccanismi negli elementi di copertura - Pareti laterali dell'aula	Periodo	I	II	III	IV
Presidi antisismici	Efficacia	-	-	-	-
Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)		-	-	-	-
Presenza di collegamenti delle travi alla muratura		-	-	-	-
Presenza di controventi di falda (tavolato incrociato o tranti metallici)		-	-	-	-
Presenza di buone connessioni tra gli elementi di orditura della copertura		-	-	-	-
Indicatori di vulnerabilità	Gravità	-	-	-	-
Presenza di copertura staticamente spingente		-	-	-	-
Presenza di cordoli rigidi, copertura pesante		-	-	-	-
22 - Ribaltamento delle cappelle	Periodo	I	II	III	IV
Presidi antisismici	Efficacia	-	-	-	-
Presenza di efficaci elementi di contrasto (contrafforti, edifici addossati)		-	-	-	-
Presenza di cerchiature o incatenamento		-	-	-	-
Ammassamento di buona qualità tra la parete frontale ed i muri laterali		1	1	-	-
Indicatori di vulnerabilità	Gravità	-	-	-	-
Presenza di un forte indebolimento per la presenza di aperture nelle pareti		-	-	-	-
23 - Meccanismi di taglio nelle pareti delle cappelle	Periodo	I	II	III	IV
Presidi antisismici	Efficacia	-	-	-	-
Muratura uniforme di buona qualità		2	2	-	-
Presenza di buoni architravi nelle aperture		-	-	-	-
Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)		-	-	-	-
Indicatori di vulnerabilità	Gravità	-	-	-	-
Presenza di cordoli rigidi, copertura pesante		-	-	-	-
Presenza di grandi aperture o di ampie zone con muratura di limitato spessore		-	-	-	-
24 - Volte delle cappelle	Periodo	I	II	III	IV
Presidi antisismici	Efficacia	-	-	-	-
Presenza di catene in posizione efficace		-	-	-	-
Presenza di rinforchi o frenelli		-	-	-	-
Indicatori di vulnerabilità	Gravità	-	-	-	-
Presenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura		-	-	-	-
Volte in foglio, specialmente se su campate di grande luce		-	-	-	-
Presenza di lunette o interruzioni ed irregolarità nel profilo delle volte		-	-	-	-
25 - Interazioni in prossimità di irregolarità piano-altimetriche	Periodo	I	II	III	IV
Presidi antisismici	Efficacia	-	-	-	-
Presenza di un'adeguata connessione tra le murature di fasi diverse		-	-	-	-
Presenza di catene di collegamento		-	-	-	-
Indicatori di vulnerabilità	Gravità	-	-	-	-
Presenza di un'elevata differenza di rigidezza tra i due corpi		1	1	-	-

In *Archeologia dell'edilizia storica*, New Press, Como, 1988, Brogiolo aveva già avviato un'indagine riguardante una proposta metodologica di "analisi archeologica dell'edilizia storica". Lo studioso proponeva una verifica di metodo nel campo della documentazione dell'edilizia storica attraverso i criteri dell'analisi stratigrafica, sia come forma documentaria, che come possibilità di applicazione al restauro architettonico, giungendo alla standardizzazione di un metodo fino a quel momento applicato solo per via empirica.

Le murature possono avere vicende architettoniche complesse e conservare traccia di attività costruttive che corrispondano a differenti unità stratigrafiche; non sempre vi sono possibilità di documentazione esaustiva e talvolta paramento esterno e interno possono non corrispondere a una medesima muratura. Lo studio introduce, dunque, una lettura realizzata attraverso "una serie di unità di riferimento che consentono di focalizzare, a gradazioni differenti, i componenti architettonici di un edificio"²⁷.

A seconda del grado di dettaglio, si può considerare un muro costruito con la medesima tecnica come la minima USM oppure identificarne anche i componenti: malta, paramenti, emplecton (riempimento a sacco), intonaci, discontinuità dovute a successive giornate di lavoro, etc.

Muovendo da studi delle tecniche murarie intrapresi a scala sub-regionale, finalità della schedatura e della successiva resa grafica è anche la periodizzazione degli strati riconosciuti in fase di rilievo e resi in una successione sequenziale.

La scheda di USM (fig.24) proposta, consta di 4 parti distinte ed esprime una possibilità di documentare gradualmente l'edificio, per parti:

- **dati generali, ubicazione, UR e documentazione prodotta** (foto, piante, prospetti, sezioni, campioni prelevati);
- **descrizione del campione di muratura:** misure e caratteristiche dei componenti (spessore, natura, consistenza, colore), dei giunti e dei letti di legante; spessore di 5 corsi; descrizioni e osservazione; rilievo di un campione in scala 1:10;
- **rapporti fisici e stratigrafici;**
- **sezione interpretativa:** eventuali elementi di datazione e relativa periodizzazione.

La scheda di archiviazione veloce S.A.V. (fig.25) comprende, invece, l'indicazione delle unità di riferimento e dell'USM, i rapporti cronologici tra unità e uno spazio di descrizione sommaria.

La documentazione grafica è arricchita - sulla base del rilievo geometrico dei vuoti e dei pieni - di schizzi e rilievi archeologici (scala 1:10-1:20) di ogni singolo componente di muratura. A questa, si allega documentazione fotografica di dettaglio che illustra le caratteristiche dei componenti minori di stratificazione.

²⁷ G. P. BROGIOLO, *Archeologia dell'edilizia storica*, New Press, Como, 1988, p. 14.

Come momento di riflessione sugli strumenti operativi finalizzati alla conoscenza del costruito storico, Boato in **A. BOATO, *L'archeologia in architettura: misurazioni, stratigrafie, datazioni, restauro*, Venezia, Marsilio, 2008**, delinea il profilo dell'«archeologo dell'architettura», con l'obiettivo di saggiare, in campo di restauro architettonico, l'applicazione di un possibile approccio che punti alla sperimentazione dei metodi d'indagine propri dell'archeologia.

Il percorso metodologico proposto mira a ricostruire la storia (le *storie*) dell'edificio da analizzare attraverso l'individuazione di "confini" tra unità stratigrafiche, legando strettamente il concetto di *stratificazione* con quello di *tempo*: "ogni azione costruttiva (posizionare un blocco di pietra, erigere un muro, costruire una volta, montare un solaio, dipingere un infisso, fissare una ringhiera) ha una sua autonomia materiale e temporale, un inizio e una fine"²⁸.

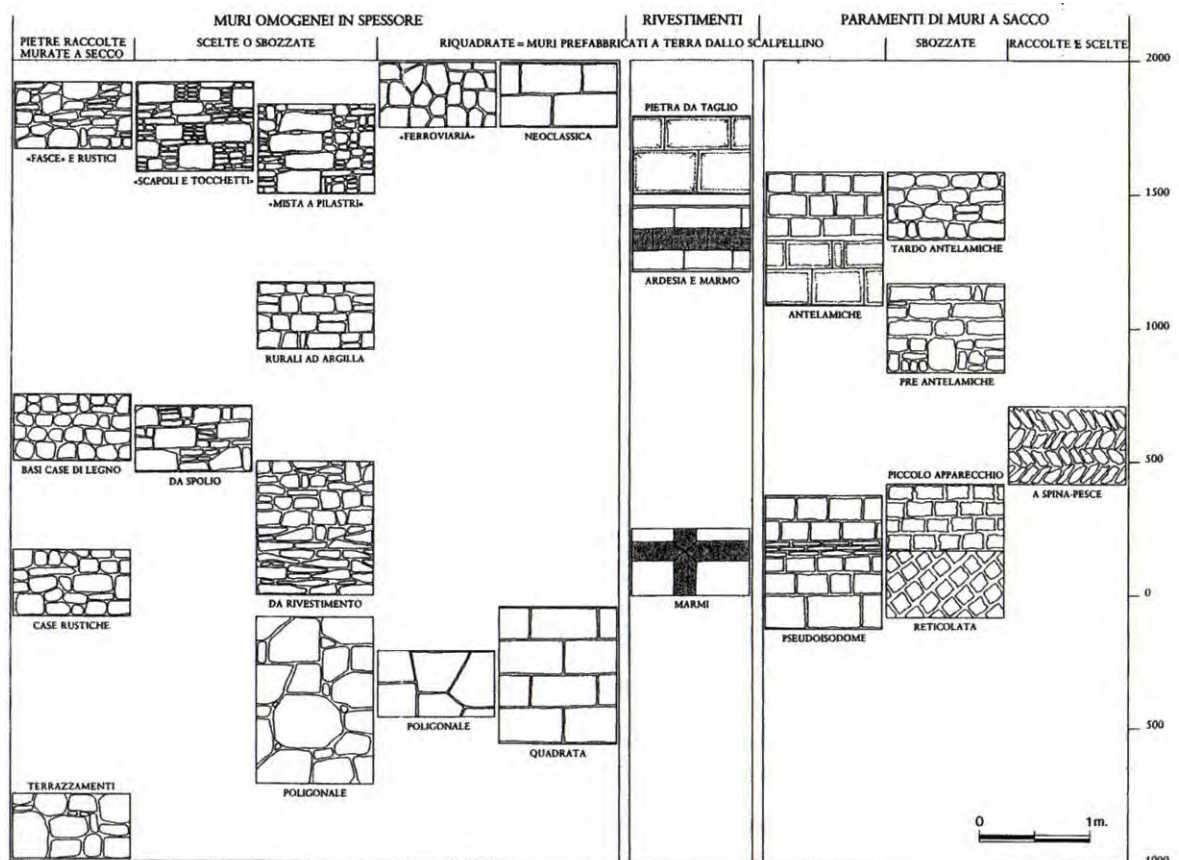


Fig. 26a T. MANNONI, Classificazione funzionale e cronologica delle principali tecniche murarie in pietra della Liguria, da: T. MANNONI, *Le tradizioni liguri negli impieghi delle pietre*, in P. MARCHI (a cura di), 1993. In: A. BOATO, *L'archeologia in architettura: misurazioni, stratigrafie, datazioni, restauro*, Venezia, Marsilio, 2008, p. 156.

²⁸ A. BOATO, *L'archeologia in architettura: misurazioni, stratigrafie, datazioni, restauro*, Marsilio, 2008, p. 49.

Partendo da presupposti comuni a quelli appena delineati, Doglioni e Mirabella Roberti in **F. DOGLIONI, G. MIRABELLA ROBERTI (a cura di), Venezia: forme della costruzione, forme del dissesto, Cluva, 2011**, giungono all'individuazione della sequenza cronologica delle murature e dei laterizi che compongono la chiesa dei Carmini a Venezia. L'indagine è bastata sul raffronto tra osservazione diretta dei segni materiali lasciati dal processo costruttivo-trasformativo sul manufatto e la successiva correlazione fra singola fase stratigrafica e caratteristiche materico-costruttive dei mattoni ad essa riconducibili (fig.27):

I dati ritenuti qualificanti nella descrizione sintetica delle murature sono costituiti da:

- **tipo di laterizio (colore);**
- **dimensioni del laterizio;**
- **lavorazione;**
- **tessitura della muratura;**
- **caratteristiche del giunto (caratteristiche chimico-fisiche e dimensionali);**
- **finitura dei giunti;**
- **presenza di finiture superficiali;**
- **stratigrafia;**

successivamente integrati con il rilievo di interventi manutentivi secondari (rappezzi, sottomurazioni, etc.) e con la localizzazione dei materiali di riuso all'interno dei paramenti storici. Obiettivo dello studio è quello di "fornire una sequenza cronologica relativa alle principali fasi costruttivo-trasformative e, conseguentemente, delle singole murature riconducibili stratigraficamente ad ognuna di esse"²⁹.

In quest'ottica, dunque, non è stato ritenuto significativo acquisire e fornire dati riguardo allo spessore delle murature (caratteristica che non compare nella schedatura).

Con il contributo pubblicato in **Prove sperimentali speditive e valutazioni di vulnerabilità delle murature**³⁰, gli stessi autori si sono proposti di valutare la vulnerabilità muraria secondo un indicatore articolato in 5 livelli e di inserire questo valore nella stima della vulnerabilità complessiva del manufatto. I livelli previsti sono:
5 - muratura superiore: efficiente e di elevata qualità costruttiva (bassa vulnerabilità);
4 - muratura medio-superiore: efficiente e ben costruita (vulnerabilità limitata);
3 - muratura media: di media efficienza e qualità costruttiva (vulnerabilità media);
2 - muratura medio-inferiore: scarsamente efficiente e/o di mediocre qualità costruttiva (vulnerabilità accentuata);

²⁹ A. SQUASSINA, *Le variazioni dimensionali e delle lavorazioni di superficie dei laterizi a Venezia: la chiesa dei Carmini come sequenza cronologica*, in F. DOGLIONI, G. MIRABELLA ROBERTI (a cura di), *Venezia: forme della costruzione, forme del dissesto*, Cluva, 2011, p. 69.

³⁰ F. DOGLIONI, G. MIRABELLA ROBERTI, *Prove sperimentali speditive e valutazioni di vulnerabilità delle murature*, in *Monumenti & terremoti: nuove esperienze di analisi di vulnerabilità, pericolosità sismica. Risultati del programma ENEA-MIUR*, pp. 93-106.

1 - muratura inferiore: non efficiente e/o di cattiva qualità costruttiva (vuln. elevata).
 Anche lo studio condotto da Doglioni e Mirabella Roberti indaga la possibilità di identificare parametri qualificanti il comportamento meccanico delle murature desumibili dalle sole osservazioni visive, che non comportino prove strumentali *in situ* o su campioni (fig.28b). L'indagine proposta rileva, infine, che le caratteristiche che qualificano la buona qualità muraria sono riconoscibili, rispettivamente, nel forte ingranamento - sul piano e trasversale - e nelle elevate caratteristiche adesivo-coesive della malta. I meccanismi di degrado, dissesto e/o di trasformazione rilevabili sul paramento entrano nella descrizione e sono contenuti nel modulo di approfondimento della scheda come ulteriore definizione delle caratteristiche della tessitura muraria.

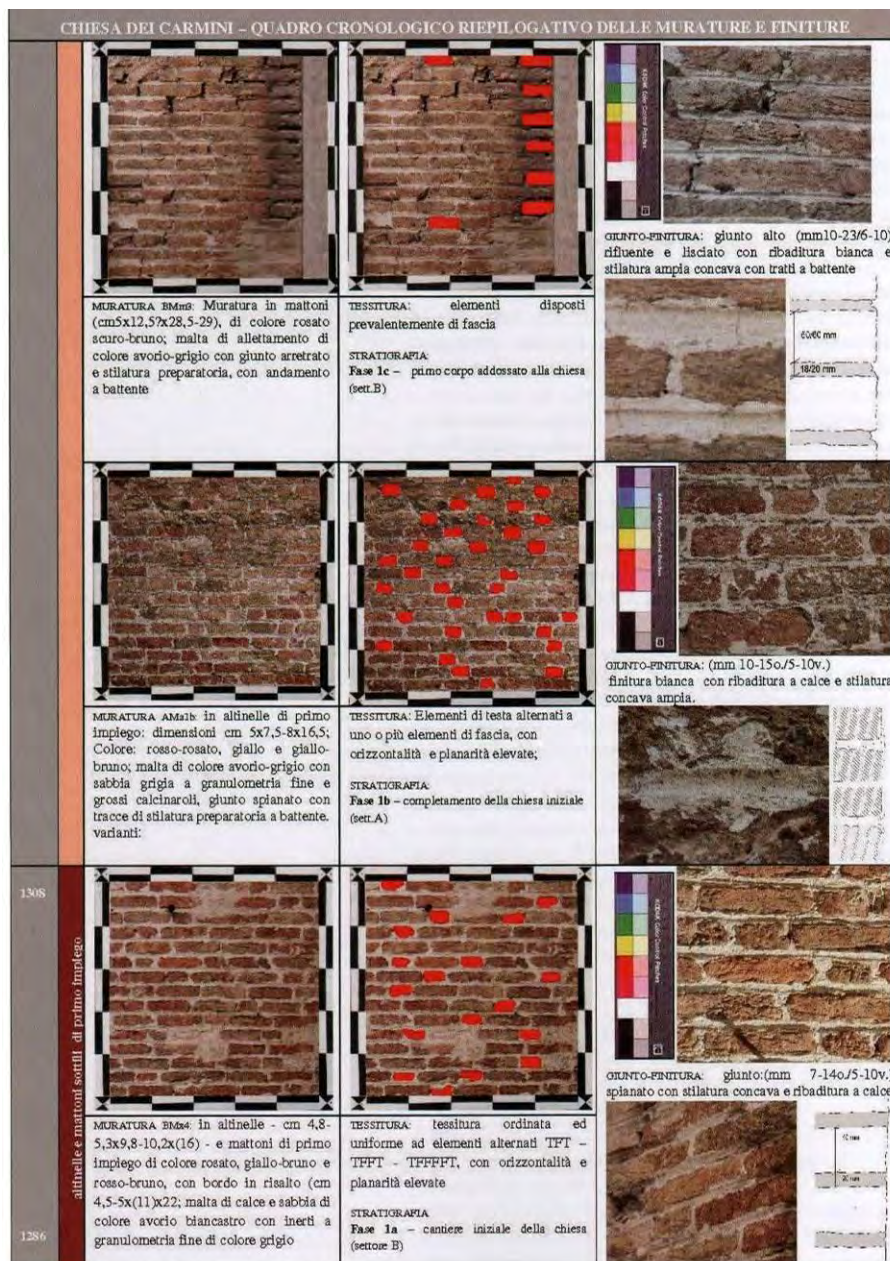
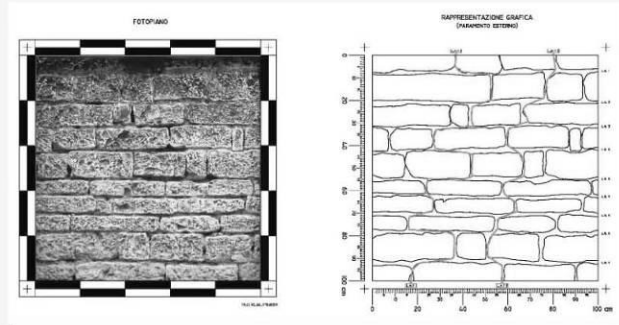


Fig. 27 A. SQUASSINA, Chiesa dei Carmini. Quadro cronologico riepilogativo delle murature e finiture, in: A. SQUASSINA, *Le variazioni dimensionali e delle lavorazioni di superficie dei laterizi a Venezia: la chiesa dei Carmini come sequenza cronologica*, in F. DOGLIONI, G. MIRABELLA ROBERTI (a cura di), *Venezia: forme della costruzione, forme del dissesto*, Cluva, 2011, p. 84.

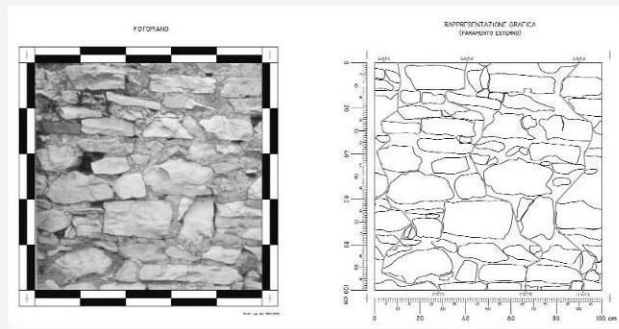
IDCampione	Coditer	Denominazione	Località	Localizzazione del campione	Tipo di Sezione	Numero L. M. T./mq	Val. medio L. M. T.
10	TPGU 0359	Chiesa di S. Chiara Corso Vittorio Emanuele	Nocera Umbra	Chiesa parete esterna su strada	Non rilevabile	2/mq	164,5

Tavole del campione murario 100x100 cm



IDCampione	Coditer	Denominazione	Località	Localizzazione del campione	Tipo di Sezione	Numero L. M. T./mq	Val. medio L. M. T.
15	TPGU 2371	Confraternita del SS. Sacramento	Boschetto	Edificio parete esterna	Non rilevabile	3/mq	132,38

Tavole del campione murario 100x100 cm



CAMPIONE n.	denominazione		località
	localizzazione del campione		
tipo di muratura	spessore	macroelemento di appartenenza	

PARAMETRO	5	4	3	2	1
ingranamento paramento sul piano esterno					
ingranamento trasversale fra i paramenti					
osservazione della qualità delle malte					
valutazione dei modi fessurativi					
allontanamento da condizione iniziale					
disomogeneità costruttive/degrado/dissesto pregresso					
prove penetrometriche					
prove soniche					
analisi chimico fisica malte					
valutazione complessiva della vulnerabilità muraria					

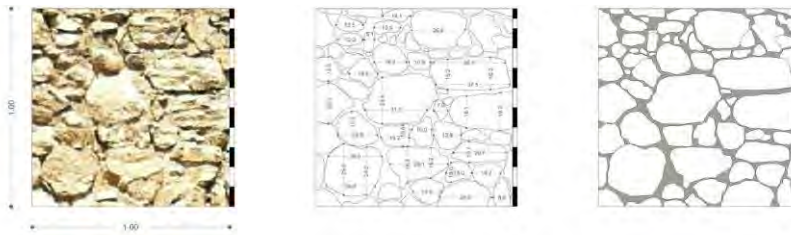
Fig. 28 F. DOGLIONI, G. MIRABELLA ROBERTI, Osservazioni riconducibili a parametri misurabili o a classi differenziabili in base ad osservazioni visive, che non comportano prove strumentali *in situ* o su campioni, in: F. DOGLIONI, G. MIRABELLA ROBERTI, *Prove sperimentali speditive e valutazioni di vulnerabilità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

SCHEDA (2011) F. DOGLIONI, G. MIRABELLA ROBERTI		NTC 2008 (Circolare 02.02.09 n. 617): FATTORI CONDIZIONANTI IL COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE MURATURE	
muratura		x	tipologia muratura
dimensione elementi colore			materiali costituenti il paramento (<i>pietrame, conci sbozzati, pietre a spacco, conci pietra tenera, blocchi lapidei, laterizi, etc.</i>)
qualificazione malta	x		
lavorazione giunto			caratteristiche del giunto
tessitura		x	malta: qualificazione
descrizione	x	x	malta: grado di coesione
orizzontalità	x	x	spessore del giunto
			presenza di ricorsi o listature
stratigrafia			caratteristiche del paramento (<i>accostato, ammorsato</i>)
spessore del giunto	x	x	presenza del nucleo
		x	caratteristiche del nucleo
		x	presenza di connessioni trasversali
fotografie			interventi pregressi di consolidamento iniezioni con malta intonaco armato
rilievo campione prospetto, sezione			
campione spessore muratura macroelemento di appartenenza			
parametro			
ingranamento param. piano esterno		x	
ingranamento trasversale	x		
qualità malte	x		
valutazione modi fessurativi			
allontanamento condizione iniz /degrado			
prove penetrometriche			
prove soniche			
analisi chimico-fisiche malte			
valutazione vulnerabilità muraria (valori 1÷5)			

Tab.07 Punti di convergenza (x) e contenuti integrativi (in rosso) nell'individuazione dei parametri qualificanti la tessitura muraria al confronto tra la scheda proposta da F. Doglioni, G. Mirabella Roberti (2011) con quanto richiesto dalle NTC 2008 (Circ. 02.02.09 n. 617).

Infine, la scheda predisposta da Faccio (et alii) per la ricerca APSAT (Ambiente e Paesaggi dei Siti d'Alta Trentini) - Alpinet³¹, sperimenta un metodo sintetico di sistematizzazione dei dati da acquisire in fase di rilievo speditivo che muove dalle acquisizioni di Giuffrè e da quelle dei più recenti studi avviati grazie ad esse. Il tracciato proposto, integra gli schemi di caratterizzazione muraria anche con il rilievo della tessitura in pianta e propone una valutazione conclusiva che giunge a prefigurare, sulla scorta dei dati rilevati, il comportamento della tipologia muraria presa in esame in caso di azioni sismiche (fig.29).

³¹ "Valutazione del rischio secondo i contenuti delle Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni. Metodiche di sistematizzazione dei dati messe a punto dal gruppo di ricerca, 2009-2010" (*in corso di pubblicazione*).



Scheda murature			M01
	Materiale	Caratteristiche	Dimensioni
Blocco	materiale lapideo, calcare di provenienza locale	irregolare sbizzato a spigolo vivo	cfr. ill. 02
Giunto	giunti in malta di calce, presenza di ristitature in malta cementizia	giunti rientranti	cfr. ill. 02
	Tipo	Paramenti	Ingranamento
Apparecchiatura	B2. Buon ingranamento (cfr. Giuffrè) Cronotipologia V (cfr. Archeologia PD)	semplice (1 paramento)	presenza di elementi di fascia (F) e di punta (P) cfr. ill. 04

Note

Tipo B2

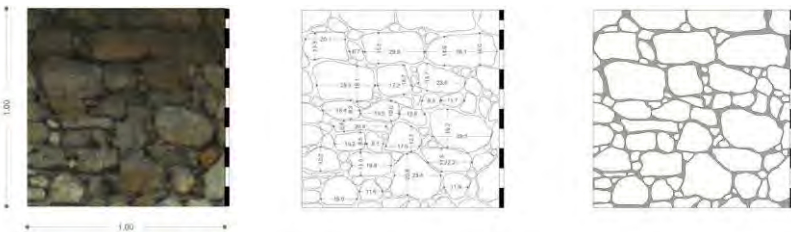
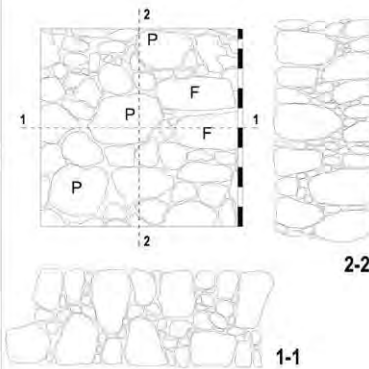
Muratura in pietra rustica di idonea consistenza con assise irregolari e ripianamenti sommarî, limitati all'apice di ogni bancata. Esposta direttamente all'aggressione degli agenti meteorici e climatici.

Comportamento in occasione di azioni sismiche

Ribaltamento rigido con mantenimento della compattezza della sezione. Il comportamento è indotto dalla disposizione ingranata di conci di punta sovrapposti. Il tipo B2 durante le oscillazioni rischia la perdita di compattezza della sezione a causa della irregolarità del piano su cui si forma la cerniera di ribaltamento del cinematismo.

Tipologia V

Paramento costituito da pietre di uguale misura spaccate, calcare di provenienza locale di colore bianco, grigio tortora, marrone, rosso; forma regolare e dimensioni variabili (dim. medie l x h: cm 7-35 x 5-25). Tessitura a corsi, sub orizzontali, orizzontali e zeppe in materiale lapideo. Malta di connessura di calce di colore grigio con inerti di sabbia medio/molto grossa e ghiaio di colorazione grigia e bianca. (φ mm 0,5-9). Giunti rientranti (spess. vert. orizz. e mm 10-30). Frequente rifugatura di restauro con malta di tipo cementizio.



Scheda murature			M02
	Materiale	Caratteristiche	Dimensioni
Blocco	materiale lapideo, calcare di provenienza locale	irregolare di raccolta con spigoli arrotondati e sbizzato a spigolo vivo	cfr. ill. 01
Giunto	giunti in malta di calce, presenza di ristitature in malta cementizia	giunti molto rientranti	cfr. ill. 01
	Tipo	Paramenti	Ingranamento
Apparecchiatura	B1. Buon ingranamento (cfr. Giuffrè) Cronotipologia III (cfr. Archeologia PD)	semplice (1 paramento)	presenza di elementi di fascia (F), di punta (P) e di fasce di ripianamento (R) cfr. ill. 03

Fig. 29 P. FACCIO (et. alii), Ricerca APSAT (Ambiente e Paesaggi dei Siti d'Altura Trentini) - Alpinet, valutazione del rischio secondo i contenuti delle Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni. Metodiche di sistematizzazione dei dati messe a punto dal gruppo di ricerca, 2009-2010 (in corso di pubblicazione).

SCHEDA (2012) P. FACCIO (et alii)	NTC 2008 (Circolare 02.02.09 n. 617): FATTORI CONDIZIONANTI IL COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE MURATURE	
rilievo campione: <i>prospetto, pianta, sezione</i>	x	tipologia muratura materiali costituenti il paramento (<i>pietrame, conci sbozzati, pietre a spacco, conci pietra tenera, blocchi lapidei, laterizi, etc.</i>)
foto di dettaglio		
blocco	x	caratteristiche del giunto malta: qualificazione
materiale	x	malta: grado di coesione
caratteristiche	x	spessore del giunto
dimensioni	x	presenza di ricorsi o listature
giunto		caratteristiche del paramento (<i>accostato, ammorsato</i>)
materiale	x	presenza del nucleo
caratteristiche	x	caratteristiche del nucleo
dimensioni	x	presenza di connessioni trasversali
apparecchiatura		interventi pregressi di consolidamento
tipo	x	iniezioni con malta
ingranamento		intonaco armato
paramento	x	
crono tipologia		
presenza elementi di fascia		
presenza elementi di punta	x	
note		
fasce di ripianamento	x	
forma elementi		
qualificazione malta	x	
lavorazione giunto		
esposizione agenti atmosferici		
presenza ristilature cementizie	x	
comportamento alle azioni sismiche		

Tab.08 Punti di convergenza (x) e contenuti integrativi (in rosso) nell'individuazione dei parametri qualificanti la tessitura muraria al confronto tra la scheda proposta P. Faccio (et alii, 2012) con quanto richiesto dalle NTC 2008 (Circ. 02.02.09 n. 617).

SCHEDE-MURATURA: riepilogo fattori qualificanti.

SCHEDA (2008) E. CURTI, A. LEMME, S. PODESTÀ	NTC 2008 (Circolare 02.02.09 n. 617): FATTORI CONDIZIONANTI IL COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE MURATURE
materiale materiali costituenti il paramento	tipologia muratura materiali costituenti il paramento (<i>pietrame, conci sbazzati, pietre a spacco, conci pietra tenera, blocchi lapidei, laterizi, etc.</i>)
malta malta: qualificazione malta: stato di conservazione malta: funzione (<i>allettamento, riempimento, stilaturo</i>)	caratteristiche del giunto malta: qualificazione malta: grado di coesione spessore del giunto presenza di ricorsi o listature
apparecchiatura e posa elementi apparecchiatura (<i>disord., corsi irreg., corsi orizz.</i>) posa degli elementi presenza di zeppe e scaglie presenza di ricorsi e listature	caratteristiche del paramento (<i>accostato, ammorsato</i>) presenza del nucleo caratteristiche del nucleo presenza di connessioni trasversali
sezione trasversale presenza diatiomi tipologia paramento tipologia nucleo	interventi pregressi di consolidamento iniezioni con malta intonaco armato

Tab.02

SCHEDA (1996, 2005) L. BINDA	NTC 2008 (Circolare 02.02.09 n. 617): FATTORI CONDIZIONANTI IL COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE MURATURE
sezione composizione % (<i>pietre, malta, vuoti</i>)	tipologia muratura materiali costituenti il paramento (<i>pietrame, conci sbazzati, pietre a spacco, conci pietra tenera, blocchi lapidei, laterizi, etc.</i>)
pietra tipo colore stato di conservazione provenienza pezzatura e lavorazione	
malta qualificazione macroscopica qualificaz. chimico-mineralogico-petrografica origine colore stato di aggregazione aggregato colore aggregato funzione	caratteristiche del giunto malta: qualificazione malta: grado di coesione spessore del giunto presenza di ricorsi o listature
sezione dimensione elementi presenza ammorsamenti	caratteristiche del paramento (<i>accostato, ammorsato</i>) presenza del nucleo caratteristiche del nucleo presenza di connessioni trasversali
rilievo prospetto esterno, interno e sezione	interventi pregressi di consolidamento iniezioni con malta intonaco armato

Tab.03

SCHEDA (2005) E. SAISI	NTC 2008 (Circolare 02.02.09 n. 617): FATTORI CONDIZIONANTI IL COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE MURATURE
tipologia paramento materiali spessore sezione ammorsatura	tipologia muratura materiali costituenti il paramento (<i>pietrame, conci sbazzati, pietre a spacco, conci pietra tenera, blocchi lapidei, laterizi, etc.</i>)
spessore del giunto	caratteristiche del giunto malta: qualificazione malta: grado di coesione spessore del giunto presenza di ricorsi o listature
tessitura muraria tessitura muraria orizzontalità dei corsi composizione % (<i>pietre, malta, vuoti</i>) rilievo della sezione foto paramento interno ed esterno	caratteristiche del paramento (<i>accostato, ammorsato</i>) presenza del nucleo caratteristiche del nucleo presenza di connessioni trasversali
	interventi pregressi di consolidamento iniezioni con malta intonaco armato

Tab.04

SCHEDA (2011) A. BORRI	NTC 2008 (Circolare 02.02.09 n. 617): FATTORI CONDIZIONANTI IL COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE MURATURE
muratura foto generale e di dettaglio rilievo prospetto, sezione, assom. elementi costituenti orizzontalità dei filari sfalsamento dei giunti verticali presenza diatiomi rapporto diatiomi/sup. muraria %	tipologia muratura materiali costituenti il paramento (<i>pietrame, conci sbazzati, pietre a spacco, conci pietra tenera, blocchi lapidei, laterizi, etc.</i>)
qualificazione malta qualità malta	caratteristiche del giunto malta: qualificazione malta: grado di coesione spessore del giunto presenza di ricorsi o listature
presenza di zeppe dimensioni e forme blocchi	caratteristiche del paramento (<i>accostato, ammorsato</i>) presenza del nucleo caratteristiche del nucleo presenza di connessioni trasversali
valutazione delle caratteristiche meccaniche resistenza degli elementi (<i>giudizio</i>) indice di qualità muraria (IQM)	
	interventi pregressi di consolidamento iniezioni con malta intonaco armato

Tab.05 ▲

SCHEDA (2011) R. CECCHI, et alii	NTC 2008 (Circolare 02.02.09 n. 617): FATTORI CONDIZIONANTI IL COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE MURATURE
unità stratigrafica fase periodo fotografie rilievi sezione della muratura descrizione paramento presenza elementi passanti	tipologia muratura materiali costituenti il paramento (<i>pietrame, conci sbazzati, pietre a spacco, conci pietra tenera, blocchi lapidei, laterizi, etc.</i>)
materiali descrizione materiali forma elementi	caratteristiche del giunto malta: qualificazione malta: grado di coesione spessore del giunto presenza di ricorsi o listature
caratteristiche della produzione omogeneità del litotipo	caratteristiche del paramento (<i>accostato, ammorsato</i>) presenza del nucleo caratteristiche del nucleo presenza di connessioni trasversali
caratteristiche del riempimento elementi riempimento riduzione in largh./lungh. lavorazione per il taglio	interventi pregressi di consolidamento iniezioni con malta intonaco armato
paramenti disposizione dei materiali distribuzione dei materiali orizzontalità dei filari presenza di livellamenti distanza tra livellamenti tipologia dell'opera legami fra blocchi sollevamento blocchi lavorazione del giunto granulometria legante colore legante lavorazione per la messa in opera metodo di sollevamento presenza di zeppe lavorazione post messa in opera legami fra blocchi (<i>piombature</i>) catene angolari	
rivestimenti fori da ponte dati dimensionali distanza tra i fori	
legante componenti matrice consistenza granulometria	
nucleo tipo omogeneità aggregati rapporto spess. nucleo/spess. muro componenti %	
misure spessore giunti dimensione elementi dimensione angolari	
valutazione qualità opera del materiale del taglio della messa in opera	

Tab.06 ▼

SCHEDA (2011) F. DOGLIONI, G. MIRABELLA ROBERTI	NTC 2008 (Circolare 02.02.09 n. 617): FATTORI CONDIZIONANTI IL COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE MURATURE
muratura dimensione elementi colore qualificazione malta lavorazione giunto	tipologia muratura materiali costituenti il paramento (<i>pietrame, conci sbazzati, pietre a spacco, conci pietra tenera, blocchi lapidei, laterizi, etc.</i>)
tessitura descrizione orizzontalità	caratteristiche del giunto malta: qualificazione malta: grado di coesione spessore del giunto presenza di ricorsi o listature
stratigrafia spessore del giunto	caratteristiche del paramento (<i>accostato, ammorsato</i>) presenza del nucleo caratteristiche del nucleo presenza di connessioni trasversali
fotografie rilievo campione prospetto, sezione	interventi pregressi di consolidamento iniezioni con malta intonaco armato
campione spessore muratura macroelemento di appartenenza	
paramento ingranamento param. piano esterno ingranamento trasversale qualità malte valutazione modi fessurativi allontanamento condizione iniz./degrado prove penetrometriche prove soniche analisi chimico-fisiche malte valutazione vulnerabilità muraria (valori 1=5)	

Tab.07

SCHEDA (2012) P. FACCIO (et alii)	NTC 2008 (Circolare 02.02.09 n. 617): FATTORI CONDIZIONANTI IL COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE MURATURE
rilievo campione: prospetto, pianta, sezione foto di dettaglio	tipologia muratura materiali costituenti il paramento (<i>pietrame, conci sbazzati, pietre a spacco, conci pietra tenera, blocchi lapidei, laterizi, etc.</i>)
blocco materiale caratteristiche dimensioni	caratteristiche del giunto malta: qualificazione malta: grado di coesione spessore del giunto presenza di ricorsi o listature
giunto materiale caratteristiche dimensioni	caratteristiche del paramento (<i>accostato, ammorsato</i>) presenza del nucleo caratteristiche del nucleo presenza di connessioni trasversali
apparecchiatura tipo ingranamento paramento crono tipologia presenza elementi di fascia presenza elementi di punta	interventi pregressi di consolidamento iniezioni con malta intonaco armato
note fasce di ripianamento forma elementi qualificazione malta lavorazione giunto esposizione agenti atmosferici presenza ristilature cementizie	
comportamento alle azioni sismiche	

Tab.08

LEGENDA

○ FATTORI / CAMPI RICORRENTI NELLE SCHEDE PRESE IN ANALISI.

Conclusioni.

La ricognizione bibliografica condotta (che per necessità di sintesi non pretende di essere esaustiva ma auspicabilmente aperta a ulteriori integrazioni) delinea gli approcci che, all'interno di diversi ambiti disciplinari, hanno qualificato le ricerche condotte sul tema della descrizione delle tecniche murarie, anche attraverso la predisposizione di schede di compilazione.

Pur all'interno di evidenti divergenze metodologiche emerse negli obiettivi dichiarati, un'analisi comparativa delle schede prodotte nell'ambito di ricerche afferenti a diverse "scuole", ha permesso di rilevare fattori condivisi nella descrizione sintetica del campione murario attraverso una selezione di dati ritenuti qualificanti.

Dalla lettura del quadro di sintesi che mostra un raffronto tra le principali schede-muratura prese in esame (v. p. 48), emergono due questioni rilevanti a partire dalle quali avviare una riflessione che potrà avere esiti concreti sul percorso avviato:

- ciascuna tavola di sintesi delle schede prese in esame rispetta scrupolosamente la sequenza dei dati voluta dagli autori, in quanto significativa di una gerarchia (e, dunque, di un diverso peso) data alle informazioni da fornire in fase di compilazione. Ciononostante, una visione comparata ci permette di identificare fattori condivisi presenti nelle diverse schede, pur proposti secondo un ordine o un'articolazione differente;
- l'analisi comparativa dei tracciati ci consente, inoltre, di confermare quanto già rilevato nella premessa: in numerosi casi, il medesimo dato compare all'interno di più tracciati, presentato attraverso termini o locuzioni differenti. Momento fondante della messa a punto del tracciato-tipo sarà costituito, dunque, dal raggiungimento di convergenze attorno ad un lessico condiviso.

L'analisi condotta ci ha permesso di rilevare che i dati che concorrono, a diversi livelli di approfondimento, alla descrizione del campione murario, possono presentarsi secondo un'articolazione che, in taluni casi, può superare i 50 campi.

Ciascuno dei dati forniti mostra utilità legate agli specifici obiettivi privilegiati nella schedatura; ma quante e quali sono le informazioni significative attorno alle quali la comunità scientifica sembra convergere, che possano esser desunte dal rilievo diretto e, dunque, da un'acquisizione visiva?

Il quadro di riepilogo dei fattori qualificanti emersi nelle diverse schede proposte, ha evidenziato un numero relativamente contenuto di questi dati, che sembrano avere un ruolo nella qualificazione delle murature, sia sotto un profilo storico/documentario che sotto un profilo attinente al comportamento meccanico:

1. **materiali costituenti** (*dato rilevato in 8 schede su 8*);
2. **dati dimensionali elementi costituenti** (*dato rilevato in 4 schede su 8*);
3. **caratterizzazione delle malte** (*fattore rilevato in 8 schede su 8*);
4. **grado di coesione delle malte** (*fattore rilevato in 7 schede su 8*);
5. **spessore del giunto** (*fattore rilevato in 8 schede su 8*);
6. **presenza di ricorsi e listature** (*fattore rilevato in 6 schede su 8*);
7. **orizzontalità dei filari** (*fattore rilevato in 5 schede su 8*);
8. **presenza del nucleo** (*fattore rilevato in 8 schede su 8*);
9. **caratteristiche del nucleo** (*fattore rilevato in 8 schede su 8*);
10. **presenza di connessioni trasversali/diatoni** (*in 8 schede su 8*);
11. **presenza di zeppe e/o scaglie** (*fattore rilevato in 5 schede su 8*);
12. **rilievo campione 100x100cm prospetti A e B** (*rilevato in 5 schede su 8*);
13. **rilievo apparecchiatura in sezione** (*rilevato in 5 schede su 8*).

I campi appena presentati, ampiamente condivisi all'interno dei diversi tracciati, forniscono informazioni che rispondono alle indicazioni della normativa e propongono, inoltre, ulteriori elementi per un approfondimento della conoscenza (es. *orizzontalità dei filari, sfalsamento dei giunti verticali, resa della sezione attraverso il rilievo geometrico, etc.*) utili ad una possibile implementazione dei contenuti già espressi all'interno delle NTC 2008.

Ulteriori informazioni che sembrano costituire punti di convergenza sul tema proposto, sono mirate a definire le caratteristiche e le sequenze di posa in opera e di lavorazione degli elementi costituenti, la presenza e il ruolo di elementi di reimpiego e, infine, a documentare lo stato di conservazione ed eventuali interventi pregressi realizzati sul campione preso in esame:

14. **posa degli elementi** (*2 schede su 8*);
15. **presenza livellamenti** (*2 schede su 8*);
16. **spessore della muratura** (*2 schede su 8*);
17. **composizione % pietre/laterizi, malta, vuoti** (*2 schede su 8*);
18. **interventi pregressi di consolidamento** (*2 schede su 8*);
19. **resistenza degli elementi** (*2 schede su 8*);
20. **unità stratigrafica, fase, periodo** (*2 schede su 8*);

I campi del tracciato schedografico-tipo che si andrà mettendo a punto, dunque, dovranno auspicabilmente rappresentare un momento di sintesi nello studio condotto e proporsi di riflettere in termini non dispersivi e attraverso una struttura di semplice gestione lo stato delle conoscenze legate all'analisi del tessuto murario.

In questa fase dei lavori, potrebbe essere utile riflettere sulla possibilità di articolare la scheda-tipo attraverso informazioni che identifichino almeno 2 livelli consecutivi di approfondimento:

S.01 Lettura e identificazione speditiva (*fase preliminare di acquisizione visiva, informazioni desunte dal rilievo diretto*);

S.02 Approfondimento della conoscenza ed editing dei dati.

La prima sezione della scheda (S.01), per la quale si prospetterà una sperimentazione in veste informatica sul portale www.wikicult.beniculturali.it/web/wekult, potrà contenere i dati di identificazione univoca della tessitura muraria, acquisiti attraverso procedure di riconoscimento diretto. I campi evidenziati, dovranno fornire dati rilevanti nella definizione del campione e, allo stesso tempo, consentire una prima quantificazione delle prestazioni della muratura.

Una seconda occasione di implementazione delle informazioni (S.02) potrebbe essere mirata, invece, alla restituzione grafica e fotografica del campione analizzato, all'integrazione di informazioni legate alle tecniche di produzione, di lavorazione e/o di reimpiego degli elementi e ad una prima indicazione dei fenomeni di degrado e/o di dissesto eventualmente rilevati sul campione.

Compito del sistema informatico, infine, dovrà essere quello di garantire un controllo di qualità sulla compilazione delle diverse schede, permettendo di verificare possibili incongruenze o errori di trascrizione (es. compresenza della voce "materiale: *assente*", con la voce "lavorazione: *martellina*").