

REGIONE
TOSCANA



UNIVERSITÀ DI PISA
DIPARTIMENTO DI
INGEGNERIA
CIVILE E INDUSTRIALE



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DICEA
DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA CIVILE
E AMBIENTALE

LINEE GUIDA

REDAZIONE DEGLI ELABORATI TECNICI SULLE VERIFICHE DI SICUREZZA
STATICA E VULNERABILITA' SISMICA DELLE COSTRUZIONI ESISTENTI

23 Settembre 2019

Walter Salvatore

Silvia Caprili

Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale
Università di Pisa



LINEE GUIDA

REDAZIONE DEGLI ELABORATI TECNICI SULLE VERIFICHE DI SICUREZZA STATICA E VULNERABILITA' SISMICA DELLE COSTRUZIONI ESISTENTI

GRUPPO DI LAVORO

RIFERIMENTI NORMATIVI

Massimo Baglione
Franco Gallori



Silvia Caprili
Francesco Morelli
Anna De Falco
Walter Salvatore



UNIVERSITÀ DI PISA
DIPARTIMENTO DI
INGEGNERIA
CIVILE E INDUSTRIALE

Andrea Borghini
Sonia Boschi
Andrea Vignoli



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DICEA
DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA CIVILE
E AMBIENTALE

- D.M. 17/01/2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni
- Circolare n.7 del 21/01/2019 – Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni
- D.P.C.M. 9 febbraio 2011 – Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008



Le Linee Guida



Le linee guida suggeriscono INDIRIZZI DI CARATTERE GENERALE ED ORIENTATIVO a supporto dei tecnici incaricati alla valutazione della sicurezza statica e della vulnerabilità sismica di costruzioni esistenti e NON RIVESTONO CARATTERE DI OBBLIGATORIETÀ.

SINTETIZZANO quanto contenuto all'interno degli unici riferimenti codificati:

- Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018 Norme Tecniche per le Costruzioni)
- Circolare applicativa (Circolare n.7 del 21/01/2019 Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018)

SUPPORTANO i progettisti nella redazione degli elaborati che si configura come:

- momento fondamentale per comunicare gli esiti delle valutazioni
- un'attività particolarmente complessa

Obiettivo delle linee guida:

Redazione di RELAZIONI TECNICHE COMPLETE, ESAUSTIVE, CHIARE ED ORGANIZZATE permettono il riconoscimento:

delle scelte effettuate
delle tecniche di indagine impiegate
dei metodi di modellazione, analisi e verifica utilizzati
delle problematiche, carenze e criticità emerse





LINEE GUIDA

'Redazione degli elaborati tecnici sulle verifiche di sicurezza statica e vulnerabilità sismica delle costruzioni esistenti'

Indice generale

- 1 Introduzione**3
 - 1.1 Riferimenti normativi3
- 2 La conoscenza della costruzione**4
 - 2.1 Il percorso della conoscenza della costruzione4
 - 2.2 Analisi storico critica del fabbricato5
 - 2.3 Rilievo5
 - 2.3.1 Rilievo geometrico-architettonico5
 - 2.3.2 Rilievo geometrico-strutturale6
 - 2.3.3 Rilievo dei sintomi di dissesto8
 - 2.3.4 Definizione di eventuali carenze/situazioni critiche locali8
 - 2.4 Progetto ed esecuzione del piano di indagini8
 - 2.4.1 Indagini per la determinazione dei dettagli costruttivi (saggi in-situ)9
 - 2.4.2 Indagini sperimentali per la caratterizzazione di materiali e strutture14
 - 2.5 Caratterizzazione geologico-tecnica del sito17
 - 2.6 Relazioni tecniche ed elaborati sulla conoscenza18
 - 2.6.1 Relazione tecnico-conoscitiva18
 - 2.6.2 Relazione geologica19
 - 2.6.3 Elaborati grafici20
- 3 Modellazione, analisi e verifiche di sicurezza**21
 - 3.1 Valutazione delle azioni e loro combinazione22
 - 3.1.1 Pesi propri permanenti e portati22
 - 3.1.2 Azioni variabili22
 - 3.1.3 Azione sismica22
 - 3.1.4 Combinazioni di carico23
 - 3.2 Modellazione strutturale23
 - 3.2.1 Modellazione meccanica dei materiali23
 - 3.2.2 Modellazione locale24
 - 3.2.3 Modellazione globale24
 - 3.3 Analisi strutturale e valutazione della domanda25
 - 3.3.1 Analisi locale25
 - 3.3.2 Analisi globale26
 - 3.4 Valutazione della capacità e verifiche di sicurezza26
 - 3.5 Relazioni ed elaborati grafici27
 - 3.5.1 Relazione sulla modellazione, analisi e verifica della costruzione27
 - 3.5.2 Relazione sulla modellazione sismica del terreno30
 - 3.5.3 Relazione sulle strutture di fondazione30
 - 3.5.4 Relazione geotecnica30

Elenco degli elaborati32

Conoscenza della costruzione

Modellazione, analisi e verifica

Relazioni & Elaborati grafici

Le Linee Guida



Le relazioni tecniche e gli elaborati grafici sono finalizzati a sintetizzare le **assunzioni** effettuate, i **criteri** impiegati ed i **risultati** ottenuti in ogni fase del processo di valutazione della sicurezza statica e sismica di un manufatto esistente.

PERCORSO DELLA CONOSCENZA

- Analisi storico-critica
- Rilievo geometrico e architettonico
- Rilievo geometrico strutturale e dei dettagli costruttivi
- Rilievo del quadro fessurativo
- Progetto ed esecuzione piano indagini (dettagli costruttivi, materiali, sito)

...PER UNA BUONA CONSAPEVOLEZZA DEL MANUFATTO ESISTENTE

Definizione del livello di conoscenza (LC) e del fattore di confidenza (FC)

Processo complesso e multidisciplinare, da eseguirsi con LIVELLI PROGRESSIVI DI APPROFONDIMENTO.

MODELLAZIONE, ANALISI E VERIFICA

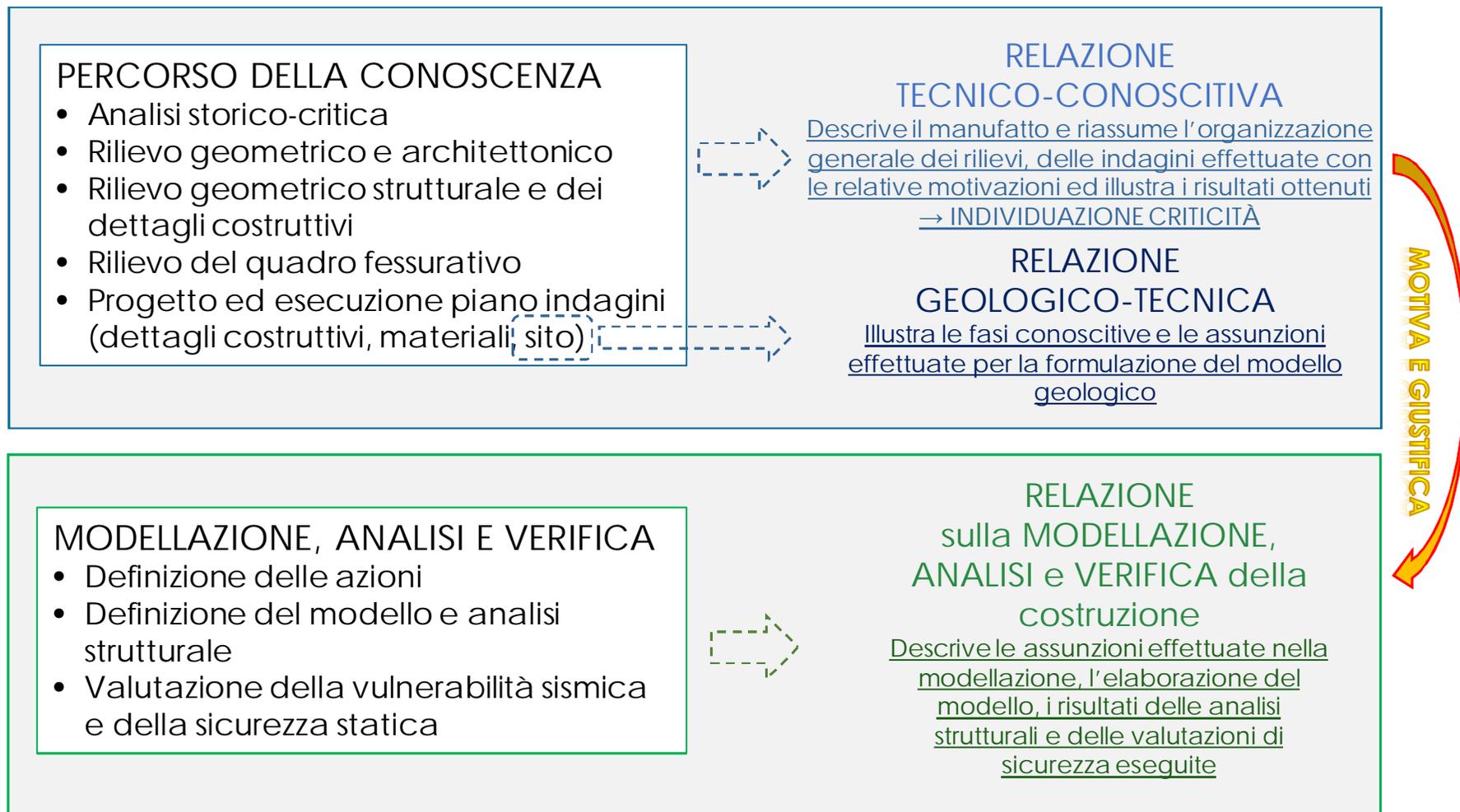
- Definizione delle azioni
- Definizione del modello e analisi strutturale
- Valutazione della vulnerabilità sismica e della sicurezza statica

...PER UNA BUONA RAPPRESENTAZIONE DEL MANUFATTO ESISTENTE E DELLE SUE CRITICITÀ

Le Linee Guida



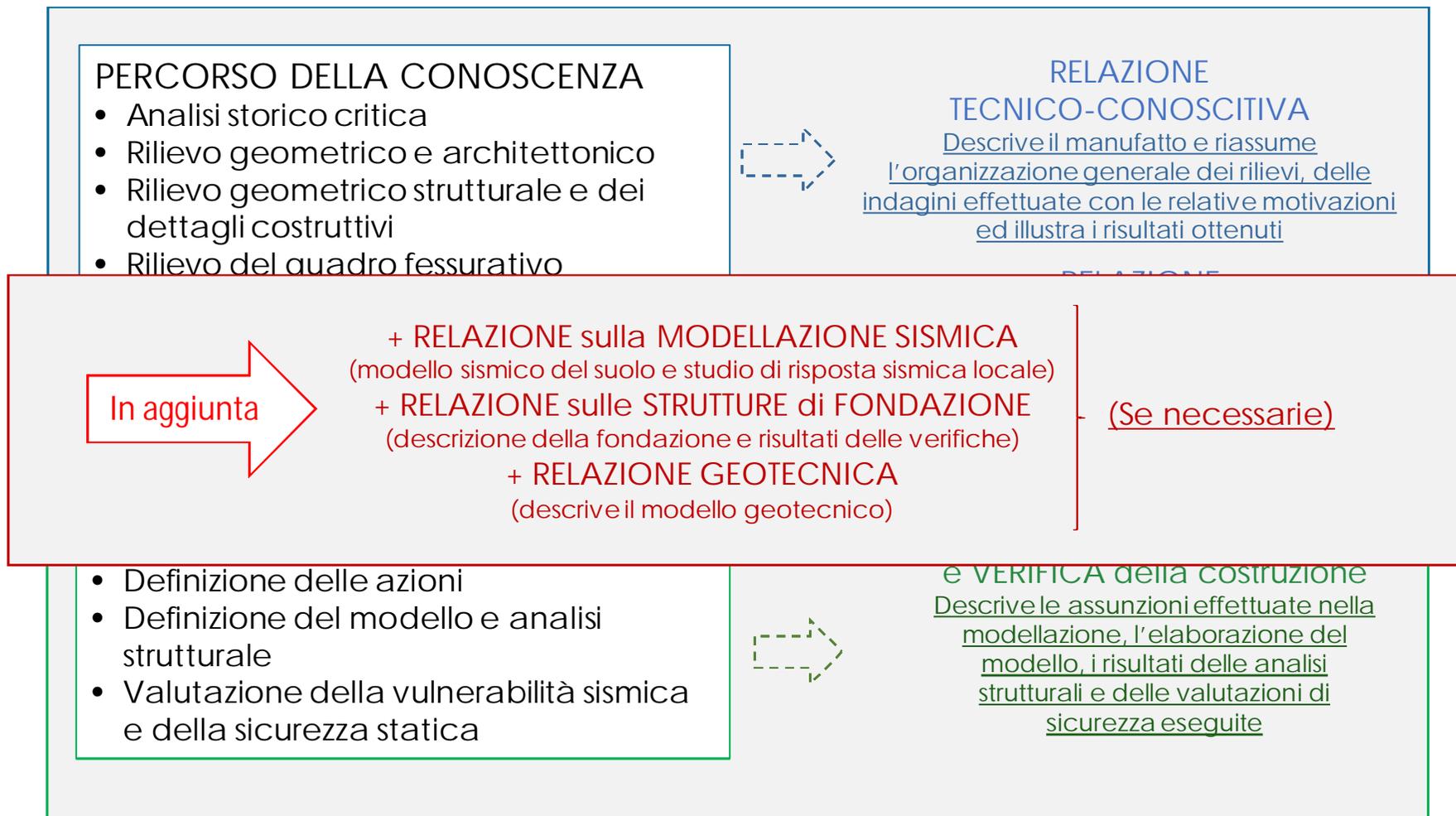
Le relazioni tecniche e gli elaborati grafici sono finalizzati a sintetizzare le **assunzioni** effettuate, i **criteri** impiegati ed i **risultati** ottenuti in ogni fase del processo di valutazione della sicurezza statica e sismica di un manufatto esistente.



Le Linee Guida



Le relazioni tecniche e gli elaborati grafici sono finalizzati a sintetizzare le **assunzioni** effettuate, i **criteri** impiegati ed i **risultati** ottenuti in ogni fase del processo di valutazione della sicurezza statica e sismica di un manufatto esistente.

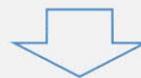


Le Linee Guida: la conoscenza



FILOSOFIA BASE DEL PERCORSO CONOSCITIVO: APPROFONDIMENTO PROGRESSIVO

- La conoscenza dell'edificio sul quale si deve intervenire è elemento imprescindibile **per una** valutazione attendibile, ma presuppone l'uso di indagini che possono risultare invasive (anche quando nominalmente classificate come "non distruttive") e costose.
- Per questa ragione è stata introdotta **l'analisi preliminare**, come strumento operativo per indirizzare il piano delle indagini, sia in relazione alla tipologia delle prove, sia alla loro localizzazione.
- Tale analisi utilizzato dati preliminari (ottenuti da una campagna preliminare limitata integrata - laddove presente - a documentazione di progetto) su elementi, materiali, strutture
- Il successivo approfondimento conoscitivo diventa quindi 'MIRATO' ad indagare quelle zone laddove si sono riscontrate criticità evidenti o carenze strutturali significative. **LA CONOSCENZA NON E' PERTANTO PERSEGUITA IN MANIERA APRIORISTICA MA RAGIONATA**



Campagna preliminare

volta alla conoscenza dei dettagli costruttivi ritenuti più significativi

Analisi Preliminare della sicurezza statica e della vulnerabilità sismica dell'edificio

Eventuale approfondimento delle indagini in sito

La conoscenza della costruzione



LINEE GUIDA

‘Redazione degli elaborati tecnici sulle verifiche di sicurezza statica e vulnerabilità sismica delle costruzioni esistenti’

2	La conoscenza della costruzione	4
2.1	Il percorso della conoscenza della costruzione.....	4
2.2	Analisi storico critica del fabbricato	5
2.3	Rilievo	5
2.3.1	<i>Rilievo geometrico-architettonico</i>	<i>5</i>
2.3.2	<i>Rilievo geometrico-strutturale</i>	<i>6</i>
2.3.3	<i>Rilievo dei sintomi di dissesto</i>	<i>8</i>
2.3.4	<i>Definizione di eventuali carenze/situazioni critiche locali.....</i>	<i>8</i>
2.4	Progetto ed esecuzione del piano di indagini.....	8
2.4.1	<i>Indagini per la determinazione dei dettagli costruttivi (saggi in-situ)</i>	<i>9</i>
2.4.2	<i>Indagini sperimentali per la caratterizzazione di materiali e strutture</i>	<i>14</i>
2.5	Caratterizzazione geologico-tecnica del sito	17
2.6	Relazioni tecniche ed elaborati sulla conoscenza.....	18
2.6.1	<i>Relazione tecnico-conoscitiva</i>	<i>18</i>
2.6.2	<i>Relazione geologica</i>	<i>19</i>
2.6.3	<i>Elaborati grafici.....</i>	<i>20</i>



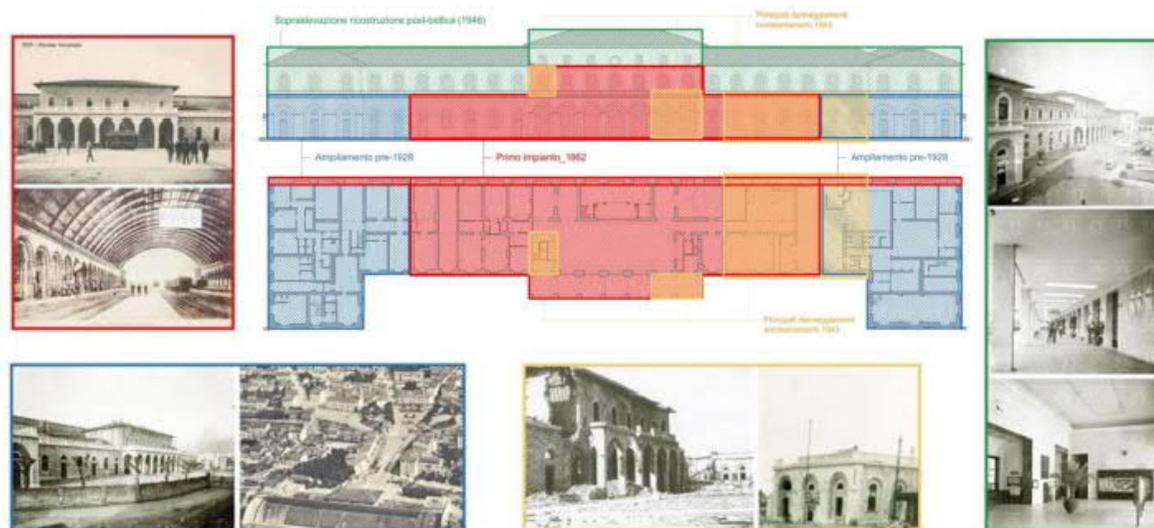
La conoscenza della costruzione



ANALISI STORICO-CRITICA

- documenti, relazioni ed elaborati progettuali relativi al progetto ed alla realizzazione della costruzione
- documentazione di collaudo
- documentazione sugli interventi e le modifiche effettuate nel corso degli anni
- testimonianze relative ad eventi calamitosi e agli eventuali dissesti e cedimenti conseguenti
- progetti degli interventi di consolidamento strutturale
- documentazione contabile
- gli aspetti urbanistici e storici che hanno regolato lo sviluppo dell'aggregato edilizio di cui l'edificio è parte

Ricostruzione del **PERCORSO MORFOLOGICO-EVOLUTIVO** del manufatto, necessario all'interpretazione del comportamento strutturale statico e dinamico della costruzione



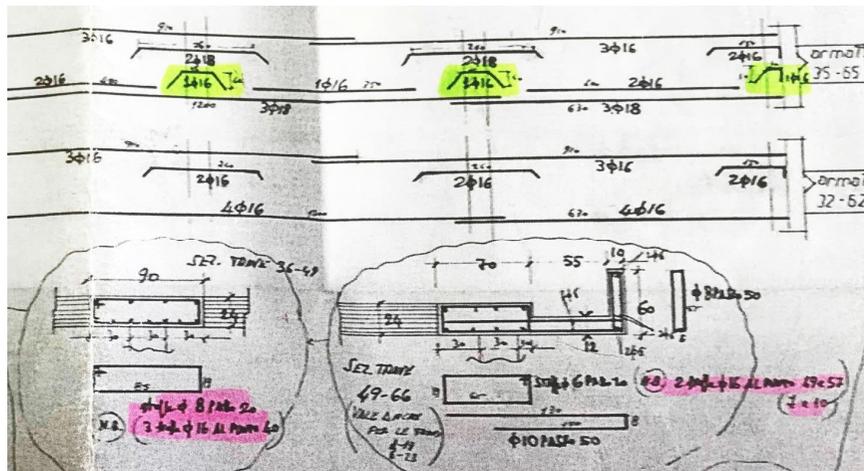
NOTA: Le informazioni reperite saranno riportate all'interno della relazione tecnico-conoscitiva

Esempio di elaborato grafico di sintesi del processo storico-evolutivo del manufatto: Fabbricato Viaggiatori della Stazione di Pisa Centrale (PI)

La conoscenza della costruzione



ANALISI STORICO-CRITICA e verifica della rispondenza



VERIFICA IN SITU MEDIANTE SAGGI A CAMPIONE (valutazione della rispondenza dei dati di progetto con quanto realizzato)

TABELLA PILASTRI				
PILASTRI	SEZIONE	ARMATURA	FIGURA	Stoffe
3-4-20-21	30 x 60	6φ20 + 4φ16	VEDI DETTAGLIO	φ8 Pasta bianca
38-39-47-48	40 x 70	12φ20	" "	φ8 p.20
18-11-17-31-46 70-50-44-67	30 x 60	8φ16		φ6 Pasta 20
69	30 x 30	4φ20		" "
TUTTI GLI ALTRI	30 x 30	4φ16		" "

Conclusioni di tipo "operativo"
 Ricostruzione evoluzione nel tempo del manufatto
 Individuazione discontinuità di epoca realizzativa
 Base per l'elaborazione del PIANO DI INDAGINI preliminare da eseguire sul fabbricato al fine di ricostruire un modello affidabile

Esempio reperimento tavole originarie di progetto: Istituto Montessori (MS)

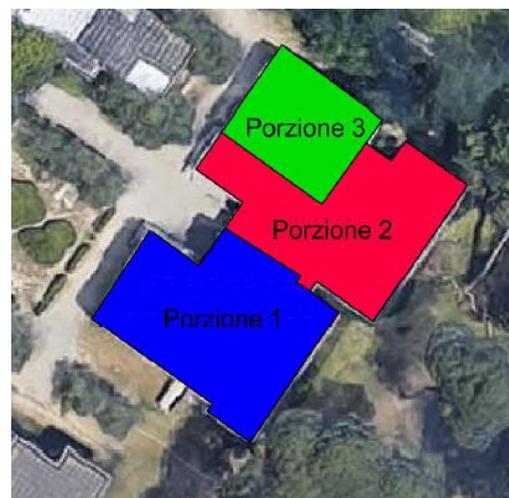
La conoscenza della costruzione



RILIEVO GEOMETRICO E ARCHITETTONICO

La DEFINIZIONE COMPLETA DELLA GEOMETRIA E DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI è necessaria per la realizzazione di un modello numerico attendibile per l'esecuzione delle verifiche di sicurezza

- Rilievo della DISPOSIZIONE PLANIMETRICA e dell'ORGANIZZAZIONE IN ELEVAZIONE degli elementi costruttivi strutturali e non (es. tamponamenti, impianti, ecc.)



Consente di:
individuare irregolarità,
disallineamenti, elementi in
falso, le destinazioni d'uso
degli ambienti, ecc.



NOTA: Le informazioni reperite
saranno riportate all'interno
della relazione tecnico-
conoscitiva

il rilievo geometrico architettonico della costruzione è opportuno sia sempre completo

La conoscenza della costruzione



RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE E DEI DETTAGLI COSTRUTTIVI

La DEFINIZIONE COMPLETA DELLA GEOMETRIA E DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI è necessaria per la realizzazione di un modello numerico attendibile per l'esecuzione delle verifiche di sicurezza

- Definizione della geometria degli elementi
- Definizione dei dettagli costruttivi

Rilievo geometrico-dimensionale degli elementi e delle loro sezioni esteso a tutte le porzioni del manufatto raggiungibili. Le zone non direttamente rilevabili devono essere segnalate, giustificandone la non influenza sui risultati della valutazione di sicurezza.

COSTRUZIONI IN C.A.

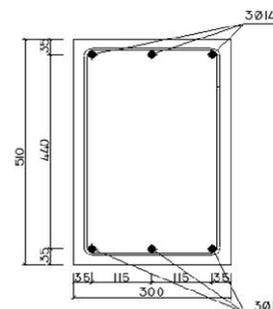
Rilievo diretto di **travi e pilastri emergenti** e indagini preliminari per l'individuazione di elementi in spessore dei **solai** e dell'orditura di questi.

COSTRUZIONI IN MURATURA

Sugli **elementi strutturali verticali ed orizzontali** non direttamente ispezionabili si eseguono indagini non distruttive per l'individuazione di dimensioni, tipologia e tessitura muraria del paramento e lungo la sezione

AGGREGATI STRUTTURALI

Individuazione dei **diversi corpi di fabbrica** e degli eventuali giunti con relative tipologie e dimensioni



Trave#	Tipologia	b [cm]	h [cm]
1	spessore	100	24
3	spessore	185	23
5	spessore	30	23
7	Estradossata	30	45
9	Estradossata	30	65
11	spessore	50	23
13	spessore	60	23
15	spessore	65	24
17	spessore	70	24
19	spessore	90	23

NOTA: Le informazioni reperite saranno riportate all'interno della relazione tecnico-conoscitiva

Le dimensioni degli elementi strutturali devono essere complessivamente note, eventualmente estendendo per analogia quanto direttamente misurato su elementi simili.

La conoscenza della costruzione

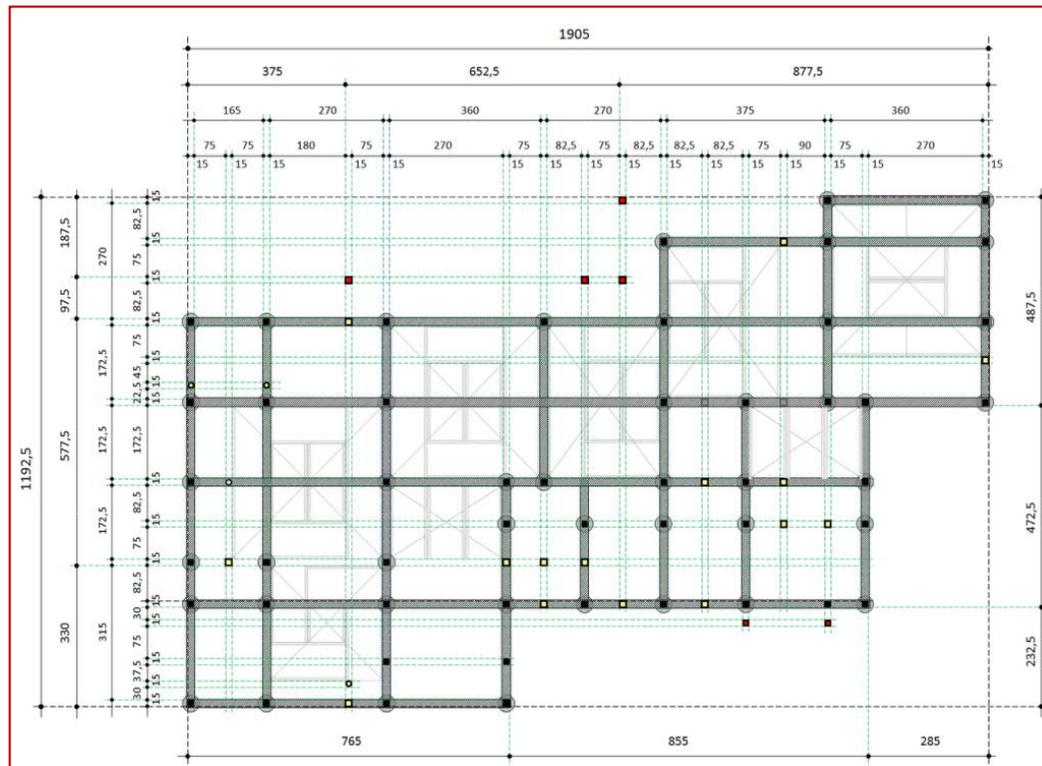


RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE E DEI DETTAGLI COSTRUTTIVI

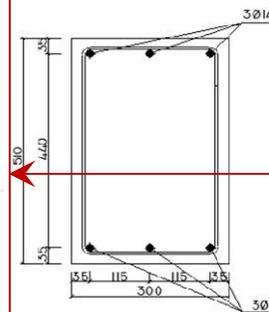
La DEFINIZIONE COMPLETA DELLA GEOMETRIA E DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI è necessaria per la realizzazione di un modello numerico attendibile per l'esecuzione delle verifiche di sicurezza

- Definizione della geometria degli elementi
- Definizione dei dettagli costruttivi

Ricostruzione dello SCHEMA STRUTTURALE del manufatto



sezioni esteso a tutte le porzioni del manufatto
 essere segnalate, giustificandone la non influenza sui



Trave#	Tipologia	b [cm]	h [cm]
1	spessore	100	24
3	spessore	185	23
5	spessore	30	23
7	Estradossata	30	45
9	Estradossata	30	65
11	spessore	50	23
13	spessore	60	23
15	spessore	65	24
17	spessore	70	24
19	spessore	90	23

NOTA: Le informazioni reperite saranno riportate all'interno della relazione tecnico-conoscitiva

Le dimensioni degli elementi strutturali devono essere complessivamente note, eventualmente estendendo per analogia quanto direttamente misurato su elementi simili.

La conoscenza della costruzione

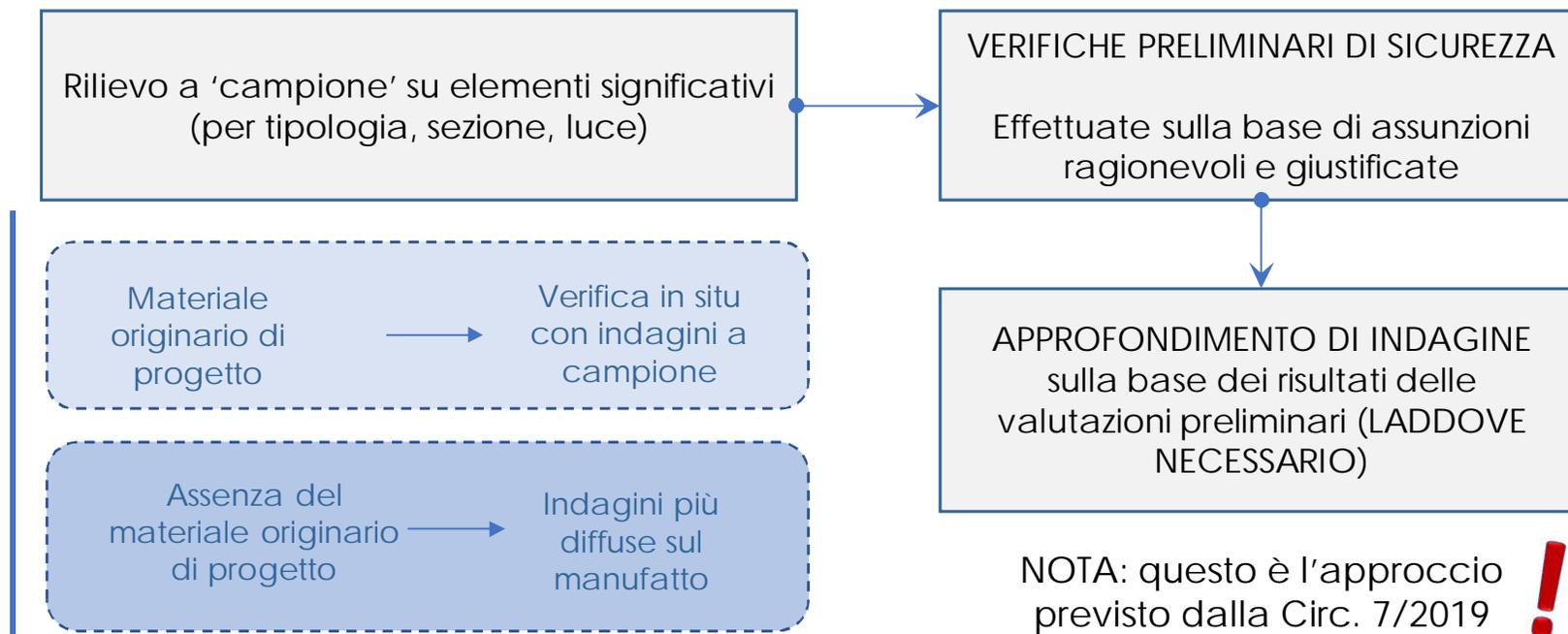


RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE E DEI DETTAGLI COSTRUTTIVI

La DEFINIZIONE COMPLETA DELLA GEOMETRIA E DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI è necessaria per la realizzazione di un modello numerico attendibile per l'esecuzione delle verifiche di sicurezza

- Definizione della geometria degli elementi
- Definizione dei dettagli costruttivi

NOTA: Il rilievo dei dettagli costruttivi si effettua **LIVELLI PROGRESSIVI DI APPROFONDIMENTO** sulla base di analisi strutturali preliminari. Questo permette di **OTTIMIZZARE** l'impatto sul manufatto (in termini di numero di indagini, localizzazione e conseguenti costi)



NOTA: questo è l'approccio previsto dalla Circ. 7/2019



La conoscenza della costruzione



RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE: cosa serve?

Elementi strutturali

COSTRUZIONI/ELEMENTI IN C.A.

- Tipologia armatura (liscia/aderenza migliorata)
- Diametro armature longitudinali e trasversali
- Disposizioni armature con schemi in sezione (travi, pilastri, setti, fondazioni), passo delle staffe, **presenza di ferri piegati**, lunghezze di ancoraggio ecc., disposizione armature longitudinali e delle staffe nei nodi trave-pilastro
- Dimensione del copriferro
- Stato di conservazione delle armature (fenomeni di corrosione diffusa o localizzata)



COSTRUZIONI/ELEMENTI DI MURATURA

- Tipologia della muratura (tessitura muraria, tipi di blocchi e malta, tipologia di paramento)
- Presenza, tipologia e qualità del sistema di collegamento tra elementi murari (ammorsamenti, cantonali ecc.)
- Presenza, tipologia e qualità del collegamento tra elementi murari e orizzontamenti (cordoli ecc.)
- Presenza di architravi efficienti
- Presenza di sistemi atti al contenimento delle spinte orizzontali (catene ecc.)
- Tipologia di appoggio degli orizzontamenti



La conoscenza della costruzione



RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE: cosa serve?

Per l'effettuazione delle valutazioni sulle TRAVI:

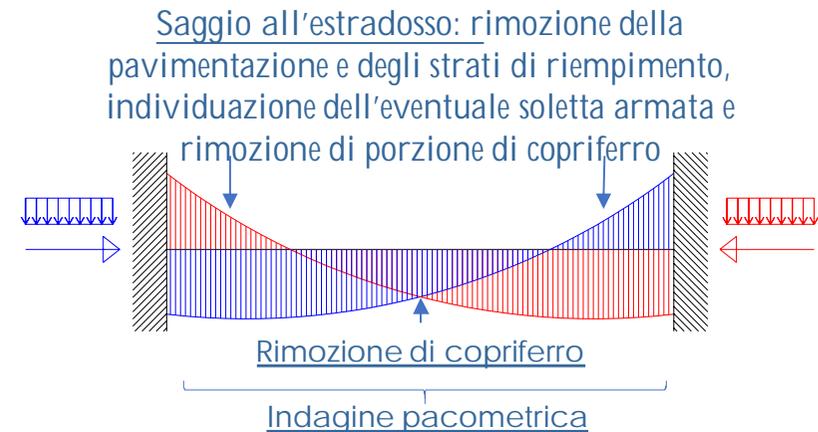
- Armature longitudinali: intradosso sezione di mezzeria ed estradosso sezioni di appoggio
- Rilievo armature trasversali: passo staffe lungo tutta la luce (dove possibile); saggi all'estradosso per la verifica della presenza di **armatura sagomata resistente a taglio**

Per l'effettuazione delle valutazioni sui PILASTRI:

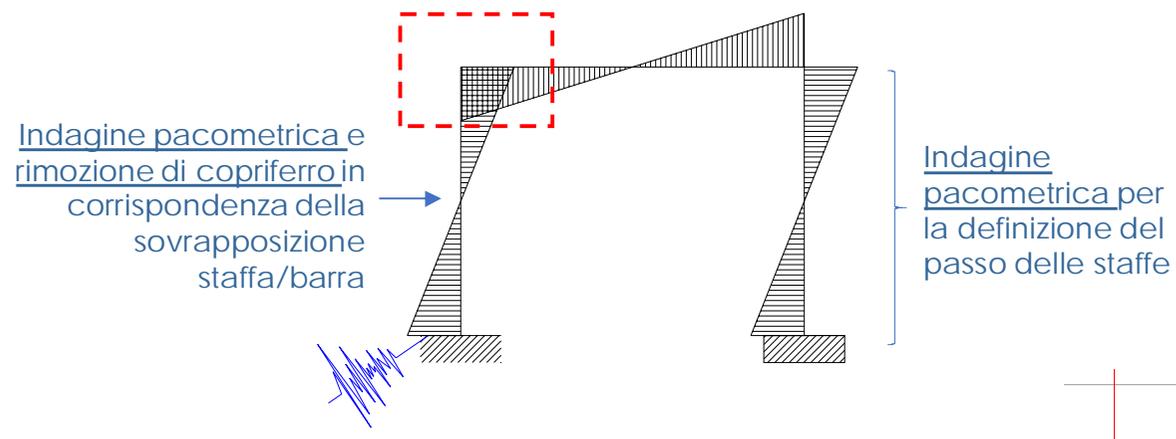
- Rilievo armature longitudinali: su tutti e 4 i lati dell'elemento
- Rilievo armature trasversali: passo staffe lungo tutta l'altezza



Elementi strutturali:
c.a.



Indagine pacometrica per la definizione delle barre e del passo staffe (NODO TRAVE-COLONNA)



La conoscenza della costruzione



RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE: cosa serve?

Pareti murarie

- Tipologia delle tessiture murarie, mediante rimozione di intonaco
- Valutazione del grado di ammorsamento
- Valutazione della tipologia di paramento murario mediante indagini endoscopiche
- Qualità muraria (e.g. schede di qualità muraria)



SCHEDA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITA' MURARIA		NUM. 11
		FOTO
		SCHEMI

<p>Muratura di blocchi di pietra sbazzata, ciottoli, laterizi e detriti var. Muratura costituita da blocchi di pietra sbazzata di vario genere, ciottoli di fiume e laterizi; tessitura muraria caotica con assenza di filari orizzontali e sfalsamento dei giunti verticali. Presenza di diafani casuale e parzialmente occupanti lo spessore murario. Malta di calce e sabbia mista a graniglia di cava, di qualità scadente. Ciottoli di fiume naturali e spaccati. Calcani compatti e a frattura concoide, colori vari. Laterizi di argilla cotta, interi o spaccati.</p>							DESCRIZ. MATER. GEOMETRIA ANALISI IQM				
<p>Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi:</p> <p>s = 8 - 15 cm h = 8 - 15 cm l = 10 - 26 cm</p>											
P.D.	MA.	F. EL.	S. G.	R. EL.	OR.	D. EL.	Categoria	Verticali	Fuori piano	Nel piano	
NR	PR	PR	NR	R	NR	NR	Metodo punteggi	C	C	C	
							LMT (sezione)		125	127	
<p>N.B. La presenza di zeppe fa in modo che MA e F.EL. siano parzialmente rispettate. PD è non rispettata anche a causa del limitato numero di pietre passanti fra i due paramenti.</p>							IQM	2	1,5	2	
Parametri meccanici:							f_n	E	τ_a		
valori MIN-MAX							(N/cm ²)	(N/mm ²)	(N/cm ²)		
							151-259	791-1161	3,0-4,6		

La conoscenza della costruzione



RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE: cosa serve?

Orizzontamenti

Per la valutazione degli orizzontamenti medesimi, e per la valutazione di quanto grava sugli elementi strutturali:

- Tipologia, dimensione e disposizione degli elementi portanti
- Dimensione e disposizione delle armature longitudinali e dell'eventuale presenza di rete elettrosaldata (solai in laterizio armati o latero-cemento)
- Tipologia e dimensione degli elementi di alleggerimento (solai in laterizio armati o latero-cemento)
- Tipologia, dimensione e spessore della lamiera grecata (solai in acciaio)
- Spessore dello strato di intonaco
- Tipologia, orditura e spessore dell'eventuale tavolato (solai in legno)

INTRADOSSO

Rimozione controsoffitti e dello strato di intonaco



- Spessori dei vari strati di riempimento
- Analisi dello stato di degrado degli elementi strutturali
- Valutazione di evidenti inflessioni

ESTRADOSSO

Rimozione di porzione di pavimentazione



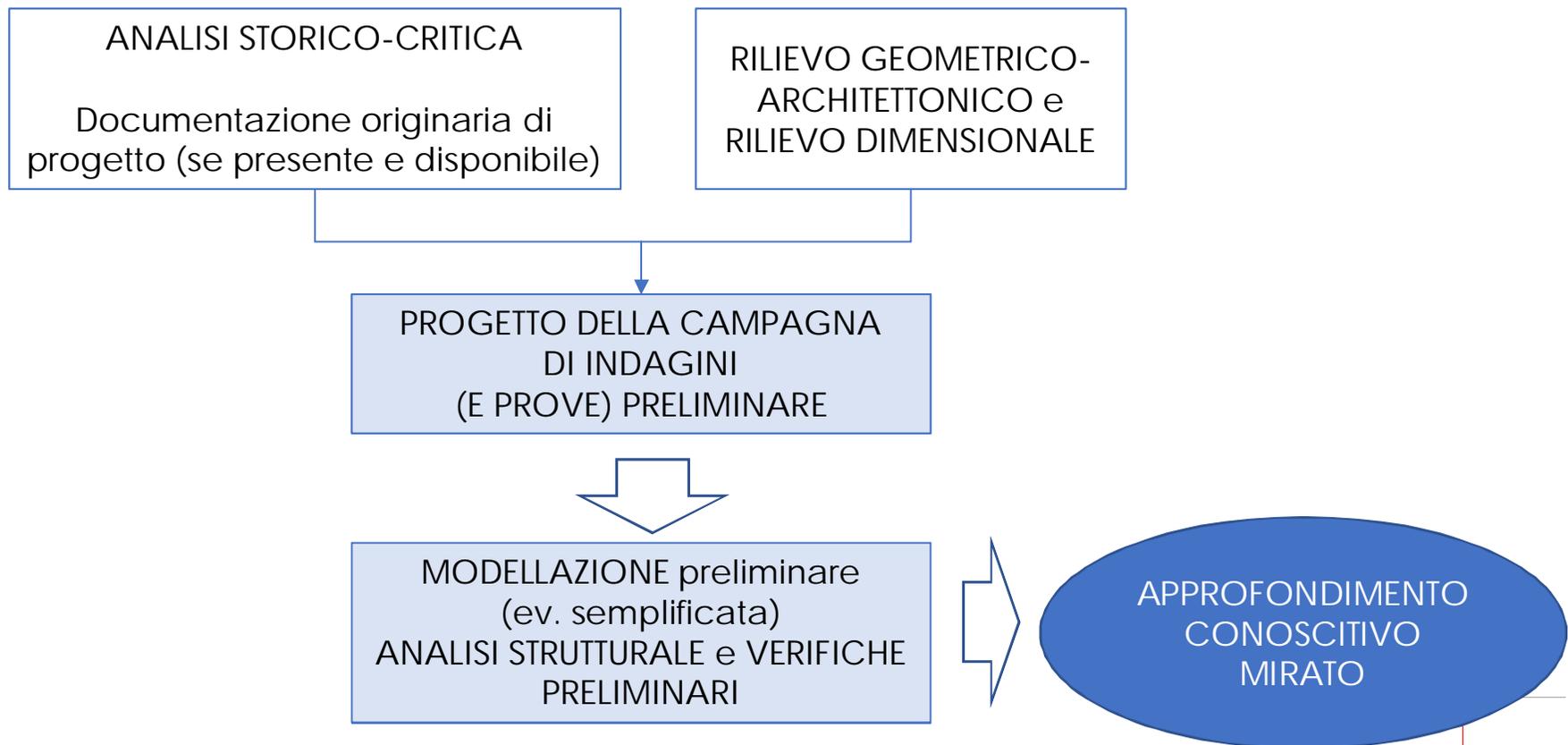
La conoscenza della costruzione



PROGETTAZIONE DEL PIANO DELLE INDAGINI IN SITU

Per ciascun livello di APPROFONDIMENTO CONOSCITIVO si suggerisce la progettazione di un piano dettagliato di INDAGINI con indicazione dei vari elementi da analizzare

NOTA: si parla di 'PROGETTO' del piano delle INDAGINI: è frutto dell'analisi storica, della documentazione di progetto e delle simulazioni preliminari



La conoscenza della costruzione



PROGETTAZIONE DEL PIANO DELLE INDAGINI IN SITU

Per ciascun livello di APPROFONDIMENTO CONOSCITIVO si suggerisce la progettazione di un piano dettagliato di indagini con indicazione dei vari elementi da analizzare

LEGENDA ELEMENTI

- Pilastri in ca individuati a seguito del rilievo
- Pilastri in ca ipotizzati a seguito del rilievo
- Travi ricalcate
- Travi a spessore ipotizzate

DENOMINAZIONE SAGGI

P0/A1 Saggio su pilastro

P0 : piano a cui e' effettuata l'indagine
A1: posizione del pilastro sulla griglia di riferimento

P0/tA1A2 Saggio su trave

P0 : piano a cui e' effettuata l'indagine (vedi nota *)
tA1A2: posizione della trave sulla griglia di riferimento

P0-P1/sol_1 Saggio su solaio

P0-P1 : solaio divisorio tra i piani indicati
sol_1: numero del solaio

P0-P1/rampa_1 Saggio su scala

P0-P1 : rampa a collegamento tra i piani indicati
rampa_1: numero della rampa

P0-P1/fond_1 Saggio su Trave di fondazione

A0-A1 : Trave di collegamento tra i due pilastri
fond_1: numero di indagine

P0-P1/H_1 Saggio su Tamponamenti esterni

P0-P1 : solaio divisorio tra i piani indicati
H_1: numero di indagine

*NOTA su denominazione saggi su trave

Il piano a cui è effettuata l'indagine si intende il livello del solaio che copre il piano stesso (e.g. il saggio P0/tA1A2 deve essere effettuato sulle travi poste al livello del solaio che copre il piano terra, quindi quello di calpestio del piano primo). Ne consegue che i saggi sulla mezzera della trave presa come esempio dovranno essere eseguiti dal piano terra (intradosso della trave P0/tA1A2), mentre quelli all'appoggio dovranno essere eseguiti dal piano primo (estradosso della trave P0/tA1A2)

LEGENDA SAGGI STRUTTURA IN CA

SAGGI TRAVE per indagare:

- armatura longitudinale superiore e staffe;
- armatura longitudinale inferiore e staffe;
- ▨ Individuazione geometria;

SAGGI PILASTRI per indagare:

- staffe e armatura longitudinale;
- Carotaggio e Sonreb;
- ▨ Indagine Pacometrica.

SAGGI SOLAI per indagare:

- Stratigrafia e/o armatura mediante endoscopia/
Rimozione pavimento;
- Orditura mediante termocamera

SAGGI SCALE per indagare:

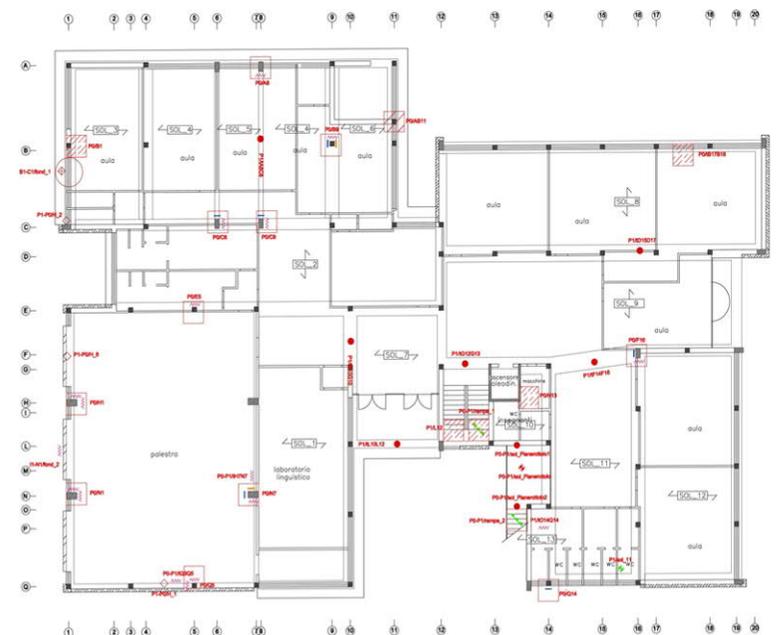
- armatura;
- ▨ Individuazione geometria;
- Stratigrafia e/o armatura mediante endoscopia/
Rimozione pavimento;

SAGGI TAMPONAMENTI per indagare:

- ◇ Posizione e tipologia connettori.

SAGGI FONDAZIONE per indagare:

- ◇ Staffe e armatura longitudinale;
- Individuazione geometria;



PROGETTAZIONE dei SAGGI IN SITU

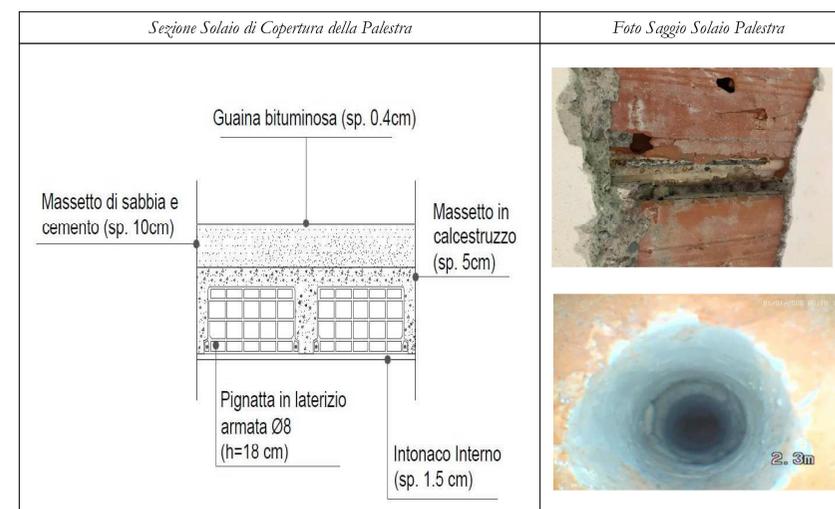
La conoscenza della costruzione



PROGETTAZIONE DEL PIANO DELLE INDAGINI IN SITU

RESTITUZIONE delle informazioni reperite in schede sintetiche per elemento indagato

Elemento indagato: P0/B9		10/07/2018															
Tipo di indagine: Pacometro + rimozione copriferro																	
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sezioni di progetto</th> <th>LEGENDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Piede</td> <td>● Armatura rilevata</td> </tr> <tr> <td></td> <td>⊕ Armatura rilevata con pacometro</td> </tr> <tr> <td>Mezzeria</td> <td>⊗ Armatura ipotizzata</td> </tr> <tr> <td></td> <td>⊙ Armatura stato di progetto</td> </tr> <tr> <td>Testa</td> <td>— Staffa rilevata</td> </tr> <tr> <td></td> <td>- - - Staffa ipotizzata</td> </tr> </tbody> </table>		Sezioni di progetto	LEGENDA	Piede	● Armatura rilevata		⊕ Armatura rilevata con pacometro	Mezzeria	⊗ Armatura ipotizzata		⊙ Armatura stato di progetto	Testa	— Staffa rilevata		- - - Staffa ipotizzata
Sezioni di progetto	LEGENDA																
Piede	● Armatura rilevata																
	⊕ Armatura rilevata con pacometro																
Mezzeria	⊗ Armatura ipotizzata																
	⊙ Armatura stato di progetto																
Testa	— Staffa rilevata																
	- - - Staffa ipotizzata																
Qualità del calcestruzzo (visiva):																	
STATO DI FATTO (Rilievo)	Geometria sezione	30x30cm	Copriferro: 2cm														
	Armatura longitudinale:	i ferri scoperti risultano 2Ø16															
	Ipotesi ferri non rilevabili																
STATO DI PROGETTO	Armatura trasversale:	Ø6	Passo: 20 (prima 12cm)														
	Geometria sezione	30x30cm	Copriferro: 2.5cm														
	Armatura longitudinale:	4Ø16															
Confronto – Armatura longitudinale		Coerente															
Confronto – Armatura trasversale		Maggiore armatura rispetto allo stato di progetto															
NOTE: 1.) Misure comprensive di intonaco ed armature ad aderenza migliorata. 2.) Eseguito carotaggio e SONREB.																	



RESTITUZIONE DELLE INFORMAZIONI tramite schede sintetiche



La conoscenza della costruzione



PERCORSO CONOSCITIVO CON APPROFONDIMENTI: cosa dice la Circ. 7/2019 - **dettagli**

Circ. 7/2019 §C8.5.4.2 Costruzioni di calcestruzzo armato o acciaio

A titolo esclusivamente orientativo, nelle tabelle C8.5.V e C8.5.VI si lega il livello (limitato, esteso, esaustivo) delle indagini alla quantità di rilievi dei dettagli costruttivi e di prove per la valutazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali. Rimane inteso che il piano delle indagini deve essere opportunamente calibrato in funzione dell'analisi preliminare (v. § C8.5.2.2 e C8.5.3.2) e quindi, in relazione al livello di conoscenza da raggiungere, orientato agli approfondimenti necessari nelle zone della costruzione ove risulti opportuno, sia in relazione all'impegno statico delle diverse membrature e al loro ruolo riguardo alla sicurezza della struttura, sia in relazione al grado di omogeneità dei risultati delle prove preliminari e al loro accordo con quanto previsto dai documenti originari.

PER L'ESECUZIONE DI VALUTAZIONI PRELIMINARI

INDAGINI LIMITATE. Consentono di valutare, mediante saggi a campione, la corrispondenza tra quanto riportato nei disegni costruttivi (o ipotizzato attraverso progetto simulato) e quanto presente in situ. Le indagini si eseguono su un numero limitato di elementi strutturali, opportunamente selezionati.

INDAGINI ESTESE. In mancanza dei disegni costruttivi originali o quando le informazioni sono insufficienti e/o incomplete, per ottenere una conoscenza diffusa sul manufatto, si eseguono saggi in situ su un numero maggiore di elementi rispetto alle indagini limitate.

SUCCESSIVI APPROFONDIMENTI

INDAGINI ESAUSTIVE. Si effettua quando si vuole raggiungere un accurato livello di approfondimento conoscitivo sul manufatto o su porzioni significative di esso e non sono disponibili gli elaborati progettuali originari.

APPROFONDIMENTO CONOSCITIVO

La conoscenza della costruzione



PERCORSO CONOSCITIVO CON APPROFONDIMENTI: cosa dice la Circ. 7/2019 - **dettagli**

Circ. 7/2019 §C8.5.2.1 Costruzioni di muratura

Nelle costruzioni di muratura, vista la grande varietà di materiali e tecniche costruttive impiegate, **riveste un ruolo di primaria importanza la conoscenza della composizione degli elementi costruttivi e delle caratteristiche dei collegamenti**, a partire dalla tipologia e disposizione dei materiali e dalla presenza di discontinuità; in questo ambito, la verifica dell'efficacia degli incatenamenti, siano essi lignei o metallici, merita una particolare attenzione.

INDAGINI LIMITATE. Basate su **indagini di tipo visivo** che, al rilievo geometrico delle superfici esterne degli elementi costruttivi, uniscono saggi che consentano di esaminare, almeno localmente, le caratteristiche della muratura sotto intonaco e nello spessore, caratterizzando così la sezione muraria, il grado di ammorsamento tra pareti ortogonali e le zone di appoggio dei solai, i dispositivi di collegamento e di eliminazione delle spinte.

INDAGINI ESTESE. I rilievi e le indagini in-situ indicati al punto precedente, sono accompagnati da **saggi più estesi e diffusi** così da ottenere tipizzazioni delle caratteristiche dei materiali e costruttive e una aderenza delle indicazioni fedele alla reale varietà della costruzione.

INDAGINI ESAUSTIVE. **Le indagini sono estese in modo sistematico** con il ricorso a saggi che consentano al tecnico di formarsi un'opinione chiara sulla morfologia e qualità delle murature, sul rispetto della regola dell'arte nella disposizione dei materiali, sia in superficie che nello spessore murario, sull'efficacia dell'ammorsamento tra le pareti e dei dispositivi di collegamento e di eliminazione delle spinte, oltre che sulle caratteristiche degli appoggi degli elementi orizzontali..

APPROFONDIMENTO CONOSCITIVO



La conoscenza della costruzione



RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE

Elementi NON
strutturali

NOTA. Nella Circ. 7/2019 si parla di 'ELEMENTI COSTRUTTIVI': STRUTTURALI E NON STRUTTURALI

Il rilievo degli elementi non strutturali è necessario per valutarne l'interazione con la struttura portante e il contributo al comportamento complessivo:

- Tamponamenti, tramezzi
- Controsoffitti, impianti, attrezzature
- Elementi 'portati' quali fregi, balaustre, ecc.

Determinazione della tipologia e della posizione all'interno del fabbricato, delle caratteristiche geometriche e dimensionali, del materiale, della tipologia ed efficacia del collegamento con le strutture portanti e della eventuale interazione con esse (tamponamenti, tramezzi, impianti, macchine ecc.).



La conoscenza della costruzione

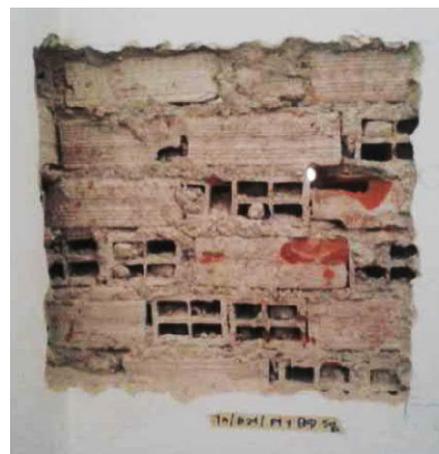


RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE: cosa serve?

Elementi NON strutturali

NOTA. Nella Circ. 7/2019 si parla di 'ELEMENTI COSTRUTTIVI': STRUTTURALI E NON STRUTTURALI

- Individuazione del materiale impiegato (tipologia laterizi, pietra, cls, ecc.)
- Individuazione dello spessore e della stratigrafia con l'eventuale collegamento tra paramenti diversi
- Connessione tra pareti di tamponamento e la struttura portante, verificando la presenza di staffe di ancoraggio in sommità
- Tipologia e il tipo di collegamento alla struttura portante di elementi di controsoffitto
- Stima dei pesi degli impianti e alla loro tipologia di collegamento con la struttura portante orizzontale o verticale
- Tipologia, stato di conservazione, modalità di collegamento alla struttura portante di cornicioni, parapetti, cornici, elementi decorativi, gronde, comignoli, canne fumarie, pavimenti galleggianti, elementi illuminanti, ecc. (se ritenuto necessario da tecnico incaricato)



La conoscenza della costruzione



RILIEVO DEL QUADRO FESSURATIVO E DEI DISSESTI

L'analisi del quadro fessurativo e del degrado contribuisce alla DEFINIZIONE DEL SISTEMA RESISTENTE e al riconoscimento di SITUAZIONI CRITICHE LOCALI oltre a potenziali elementi di VULNERABILITÀ.



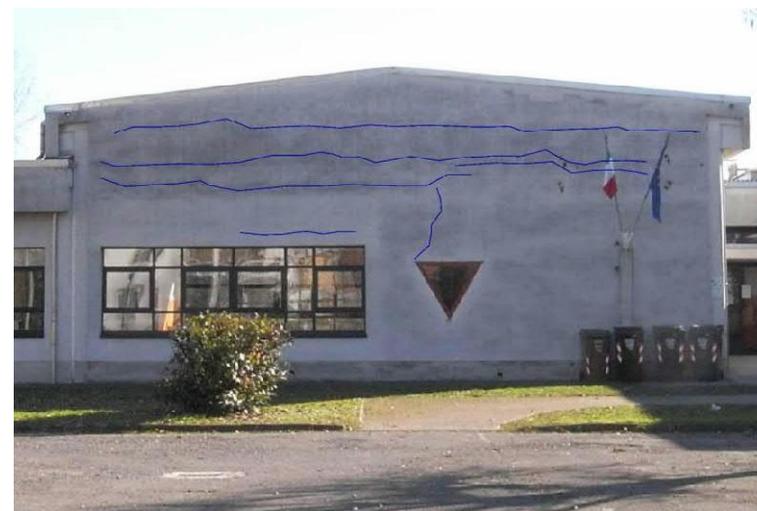
Pilastro 5

Rilievo Fotografico



Rilievo del degrado su elemento strutturale (distacco copriferro, degrado armatura)

Barre longitudinali	
Diametro nominale	14 mm
Diametro residuo	13 mm
Condizione barre	corrose
Barre trasversali (staffe)	
Diametro nominale	8 mm
Diametro residuo	7 mm
Condizione staffe	Rotte
Copriferro	
Espulso alla base del pilastro per 20 cm	



Rilievo del degrado su elemento non strutturale (lesioni su elementi di tamponamento esterno)

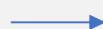
La conoscenza della costruzione



RILIEVO DELLE CRITICITA' E DELLE FONTI DI VULNERABILITA'

L'analisi del quadro fessurativo e del degrado contribuisce alla DEFINIZIONE DEL SISTEMA RESISTENTE e al riconoscimento di SITUAZIONI CRITICHE LOCALI oltre a potenziali elementi di VULNERABILITÀ.

Individuazione delle possibili
FONTI DI VULNERABILITA'



Localizzazione all'interno del
manufatto, individuazione delle cause

Da rilevare la presenza di PILASTRI IN FALSO (edifici in c.a.), PARETI DI GRANDE SPECCHIATURA PRIVE DI RITEGNI (edifici in muratura), tamponature e/o tramezzi di ampia specchiatura privi di collegamenti idonei alle strutture adiacenti, ecc.



La conoscenza della costruzione



LINEE GUIDA

‘Redazione degli elaborati tecnici sulle verifiche di sicurezza statica e vulnerabilità sismica delle costruzioni esistenti’

2	La conoscenza della costruzione	4
2.1	Il percorso della conoscenza della costruzione.....	4
2.2	Analisi storico critica del fabbricato	5
2.3	Rilievo	5
2.3.1	<i>Rilievo geometrico-architettonico</i>	<i>5</i>
2.3.2	<i>Rilievo geometrico-strutturale</i>	<i>6</i>
2.3.3	<i>Rilievo dei sintomi di dissesto</i>	<i>8</i>
2.3.4	<i>Definizione di eventuali carenze/situazioni critiche locali.....</i>	<i>8</i>
2.4	Progetto ed esecuzione del piano di indagini.....	8
2.4.1	<i>Indagini per la determinazione dei dettagli costruttivi (saggi in-situ)</i>	<i>9</i>
2.4.2	<i>Indagini sperimentali per la caratterizzazione di materiali e strutture</i>	<i>14</i>
2.5	Caratterizzazione geologico-tecnica del sito	17
2.6	Relazioni tecniche ed elaborati sulla conoscenza.....	18
2.6.1	<i>Relazione tecnico-conoscitiva</i>	<i>18</i>
2.6.2	<i>Relazione geologica</i>	<i>19</i>
2.6.3	<i>Elaborati grafici.....</i>	<i>20</i>



La conoscenza della costruzione



CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

La CARATTERIZZAZIONE MECCANICA determina i valori di resistenza e deformabilità dei materiali da impiegare in sede di modellazione, analisi e valutazione di sicurezza.

Si distingue:

A) Presenza di documentazione originaria all'epoca di realizzazione

B) Assenza di documentazione originaria o comunque ad integrazione



- relazioni tecniche originali, reperibili presso uffici/amministrazioni/enti;
- tavole di progetto (edifici in muratura e in c.a.).
- eventuali tavole di carpenteria con indicazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali, calcestruzzo e acciaio (per costruzioni in c.a.).

si accettano livelli progressivi di approfondimento sulla base di analisi strutturali preliminari tenendo conto del livello di conoscenza che si vuole raggiungere.

La conoscenza della costruzione



CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

La CARATTERIZZAZIONE MECCANICA determina i valori di resistenza e deformabilità dei materiali da impiegare in sede di modellazione, analisi e valutazione di sicurezza.

Si distingue:

- A) Presenza di documentazione originaria all'epoca di realizzazione
- B) Assenza di documentazione originaria o comunque ad integrazione



- prove distruttive (carotaggi su provini di calcestruzzo, prove di trazione su spezzoni di barre di armatura opportunamente prelevati dall'elemento indagato, prove di compressione semplice o diagonale su murature);
- prove non distruttive / parzialmente distruttive (prove con sclerometro, tipo sonreb, su elementi in calcestruzzo, prove di tipo chimico su porzioni di armatura, prove con martinetti piatti singoli e doppi, prove su malta o mattoni).

si accettano livelli progressivi di approfondimento sulla base di analisi strutturali preliminari tenendo conto del livello di conoscenza che si vuole raggiungere.

La conoscenza della costruzione



CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI: cosa serve?

Elementi strutturali:
c.a.

CALCESTRUZZO

Prove di tipo SEMI-DISTRUTTIVO Prove di tipo NON DISTRUTTIVO

- Danni limitati alla costruzione (necessario ripristino)
- Indagine diretta sui materiali.



Calcolo del TASSO DI LAVORO per la selezione dell'elemento

- Nessun danno alla costruzione.
- Indagini 'indirette' sui materiali



Metodo Combinato SONREB

- Prove ultrasoniche;
- Prove sclerometriche;
- Prove di estrazione pull-out;
- Prova di penetrazione Windsor Probe Test;

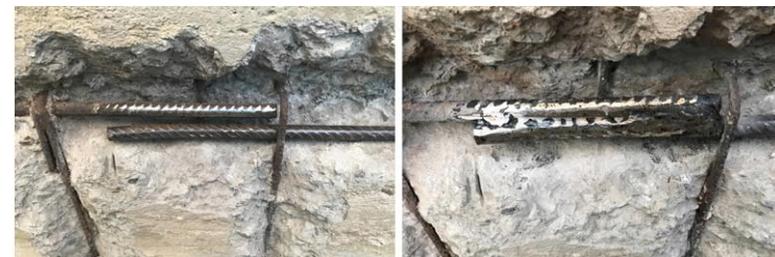
NOTA: E' consigliata l'esecuzione di prove combinate distruttive e non distruttive, anche con la finalità di comprovare e calibrare i risultati delle prove non distruttive

ACCIAIO DI ARMATURA:

PRELIEVO DI CAMPIONI ED ESECUZIONE DI PROVE A TRAZIONE (UNI EN ISO 6892:2009 / EN15630-1:2010)

calcolo delle caratteristiche meccaniche a trazione: mediante estensimetri o con metodo manuale.

- E' necessario selezionare attentamente il punto del prelievo di armatura e procedere al ripristino.
- Prima di estrarre la barra occorre verificarne la saldabilità (necessaria per il ripristino).



Nota: In assenza di prove, si può fare riferimento a fonti di letteratura di comprovata validità scientifica, a fronte di adeguata motivazione e giustificazione

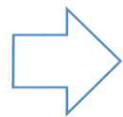
La conoscenza della costruzione



CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI: cosa serve?

Elementi strutturali:

Gli elementi da testare mediante prova semi-distruttiva (carotaggi) devono essere **scelti** per minimizzare l'impatto alle strutture e per essere rappresentativi dell'intero manufatto.



- ✓ Evitare l'esecuzione di prove distruttive sullo stesso elemento a piani diversi (indebolimento sezione).
- ✓ Eseguire i carotaggi nelle zone di minor sollecitazione (es. pilastri a metà altezza).
- ✓ Privilegiare l'elemento pilastro rispetto all'elemento trave.
- ✓ Eseguire prove non distruttive sugli elementi trave.
- ✓ Eseguire prove non distruttive da correlare con le distruttive.

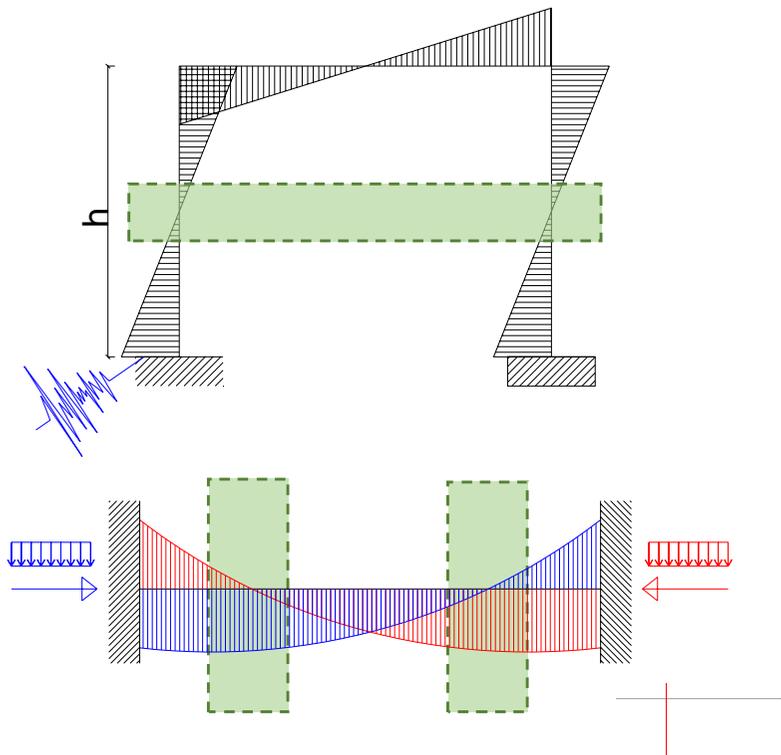
DOVE effettuare le indagini?

Localizzazione prove semi-distruttive - PILASTRI

- Evitare le zone di estremità del pilastro (base e sommità) che sono caratterizzate da maggiori sollecitazioni.
- Evitare di effettuare carotaggi sullo stesso elemento a più piani (indebolimento eccessivo)

Localizzazione prove semi-distruttive - TRAVI

- Scegliere per praticità travi ricalate e non travi in spessore.
- Eseguire il carotaggio nella zona meno sollecitata, ponendosi a circa 1/5 della luce (posizione indicativa in presenza di azioni sismiche combinate con carichi verticali).



La conoscenza della costruzione



CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI: cosa serve?

Pareti murarie

Prove per la caratterizzazione meccanica dei BLOCCHI/ELEMENTI:

Hanno la finalità di determinare il valore della resistenza media a compressione degli elementi costituenti la parete muraria (e.g. prove di compressione in laboratorio)

Prove per la caratterizzazione meccanica delle PARETI MURARIE:

Determinare le caratteristiche meccaniche delle pareti murarie di cui è nota la tessitura.

Prove di tipo SEMI-DISTRUTTIVO

- Danni limitati alla costruzione (ripristino)
- Indagine diretta sui materiali.
- Per ogni tipologia di tessitura muraria

Impiegate per determinare lo stato tensionale presente su una specifica parete e le sue caratteristiche meccaniche.

- Prove con martinetti piatti singoli;
- Prove con martinetti piatti doppi;
- Prove di taglio diretto (shave test);

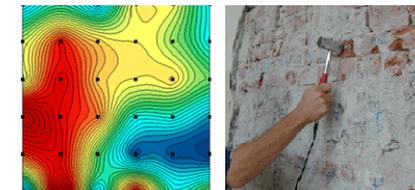


Prove di tipo NON DISTRUTTIVO

- Nessun danno alla costruzione.
- Indagini 'indirette' sui materiali

Impiegate per determinare la compattezza e l'omogeneità del materiale, la presenza di vuoti, cavità, cavedi, distacchi riempimenti ecc.

- Prove soniche;
- Prove ultrasoniche;
- Prove termografiche;
- Prove con georadar;



Nota: Le PROVE DI TIPO DISTRUTTIVO, quali prove di compressione semplice o compressione diagonale, sono da eseguirsi su pareti destinate alla DEMOLIZIONE o sulle quali sono previsti interventi di rinforzo strutturale

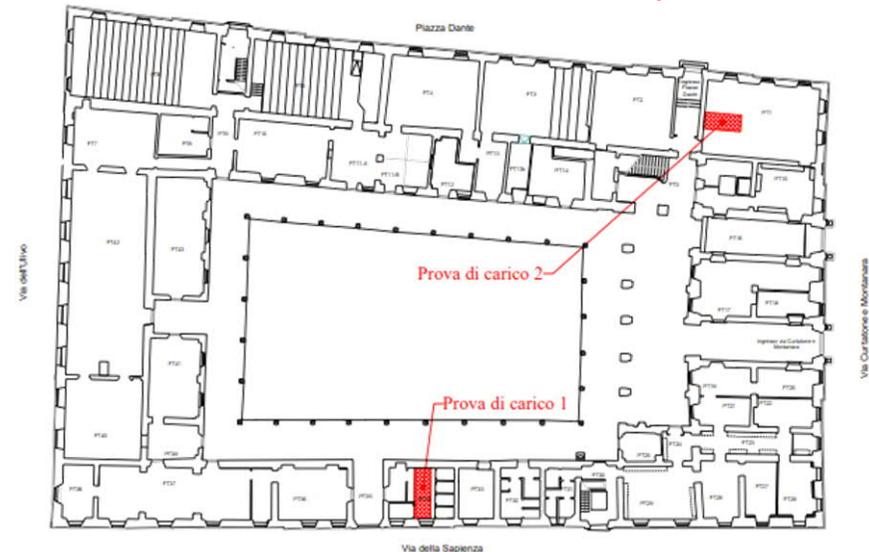
La conoscenza della costruzione



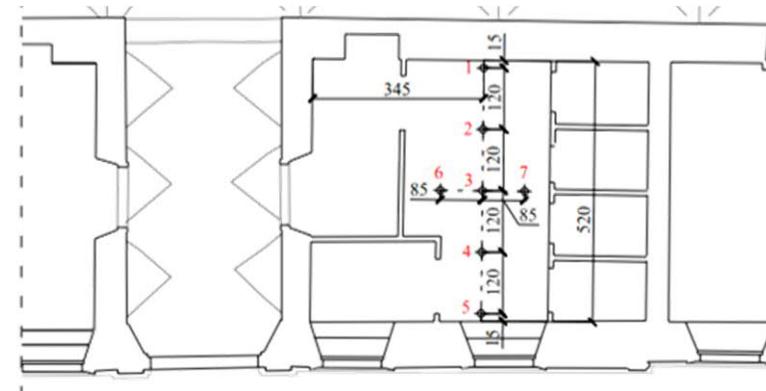
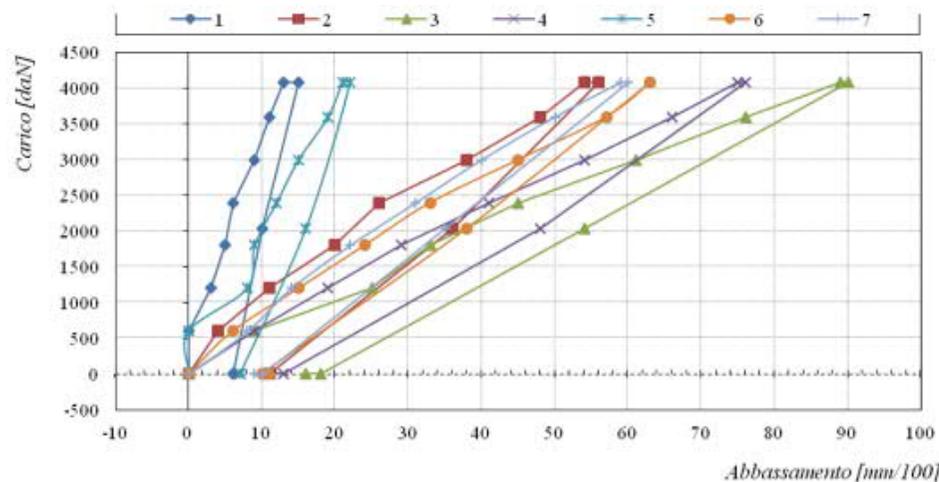
CARATTERIZZAZIONE MECCANICA delle STRUTTURE

Prove di carico su ORIZZONTAMENTI e COPERTURE:
Hanno la finalità di verificare sperimentalmente il comportamento sotto le azioni di esercizio consentendo di determinare il valore massimo del carico di esercizio sopportabile in sicurezza. Si eseguono anche su travi, sbalzi, scale ecc..

Orizzontamenti



Andamento degli abbassamenti durante la prova



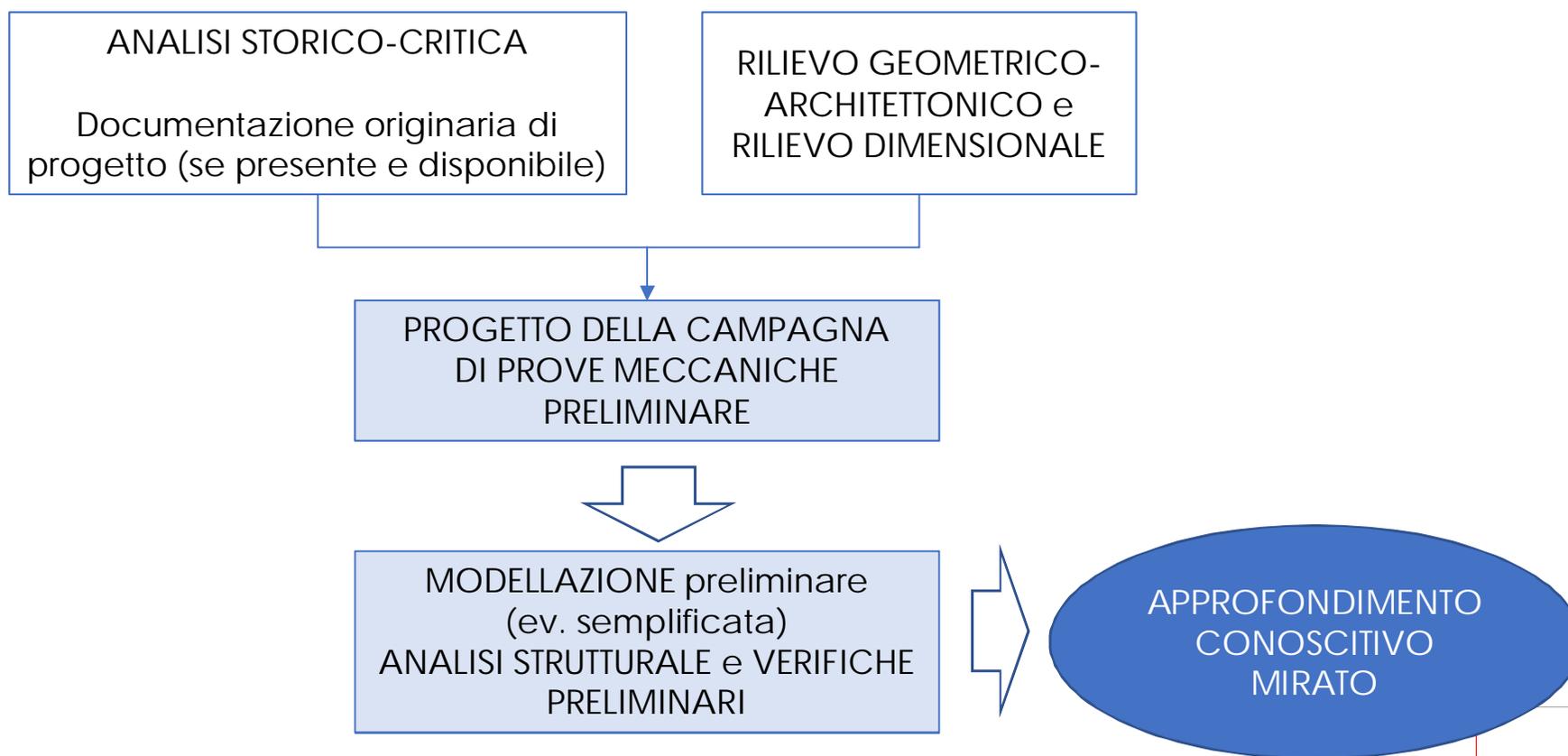
La conoscenza della costruzione



PROGETTAZIONE DEL PIANO DELLE PROVE IN SITU

Per ciascun livello di APPROFONDIMENTO CONOSCITIVO si suggerisce la progettazione di un piano dettagliato di PROVE con indicazione dei vari elementi da analizzare

NOTA: si parla di 'PROGETTO' del piano delle prove: è frutto dell'analisi storica, della documentazione di progetto e delle simulazioni preliminari



La conoscenza della costruzione



PROGETTAZIONE DEL PIANO DELLE INDAGINI IN SITU

Per ciascun livello di APPROFONDIMENTO CONOSCITIVO si suggerisce la progettazione di un piano dettagliato di PROVE con indicazione dei vari elementi da analizzare



P/PT/1/SO+C

Indicazione, localizzazione e direzione di perforazione (carotaggio)

PROGETTAZIONE DELLE PROVE IN SITU

+
ELABORAZIONE DATI DI PROVA,
INTERPRETAZIONE CRITICA e
RISULTATI

NOTA: Le informazioni reperite saranno riportate all'interno della relazione tecnico-conoscitiva

La conoscenza della costruzione



PERCORSO CONOSCITIVO CON APPROFONDIMENTI: cosa dice la Circ. 7/2019 - prove

Circ. 7/2019 §C8.5.4.2 Costruzioni di calcestruzzo armato o acciaio

A titolo esclusivamente orientativo, nelle tabelle C8.5.V e C8.5.VI si lega il livello (limitato, esteso, esaustivo) delle indagini alla quantità di rilievi dei dettagli costruttivi e di prove per la valutazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali. Rimane inteso che il piano delle indagini deve essere opportunamente calibrato in funzione dell'analisi preliminare (v. § C8.5.2.2 e C8.5.3.2) e quindi, in relazione al livello di conoscenza da raggiungere, orientato agli approfondimenti necessari nelle zone della costruzione ove risulti opportuno, sia in relazione all'impegno statico delle diverse membrature e al loro ruolo riguardo alla sicurezza della struttura, sia in relazione al grado di omogeneità dei risultati delle prove preliminari e al loro accordo con quanto previsto dai documenti originari.

PER L'ESECUZIONE DI VALUTAZIONI PRELIMINARI

PROVE LIMITATE. Eseguite in numero limitato in-situ o in laboratorio su campioni estratti. Le prove limitate servono a completare le informazioni sulle proprietà dei materiali desunte dai disegni costruttivi o dai certificati di prova originali o altresì ipotizzate in base alla normativa vigente all'epoca.

PROVE ESTESE. Eseguite in numero maggiore rispetto al caso precedente. La campagna di prova è estesa nel caso in cui non siano presenti i disegni costruttivi e/o i certificati di prova originali o, altresì quando le prove limitate hanno fornito informazioni disallineate.

SUCCESSIVI APPROFONDIMENTI

PROVE ESAUSTIVE

Le prove sono eseguite nei punti più critici o incerti, laddove si desidera raggiungere una conoscenza particolarmente accurata.

APPROFONDIMENTO CONOSCITIVO



La conoscenza della costruzione



PERCORSO CONOSCITIVO CON APPROFONDIMENTI: cosa dice la Circ. 7/2019 - prove

Circ. 7/2019 §C8.5.4.2 Costruzioni di calcestruzzo armato o acciaio

A titolo esclusivamente orientativo, nelle tabelle C8.5.V e C8.5.VI si lega il livello (limitato, esteso, esaustivo) delle indagini alla quantità di rilievi dei dettagli costruttivi e di prove per la valutazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali. Rimane inteso che il piano delle indagini deve essere opportunamente calibrato in funzione dell'analisi preliminare (v. § C8.5.2.2 e C8.5.3.2) e quindi, in relazione al livello di conoscenza da raggiungere, orientato agli approfondimenti necessari nelle zone della costruzione ove risulti opportuno, sia in relazione all'impegno statico delle diverse membrature e al loro ruolo riguardo alla sicurezza della struttura, sia in relazione al grado di omogeneità dei risultati delle prove preliminari e al loro accordo con quanto previsto dai documenti originari.

Nota: La circolare fornisce indicazioni NON prescrittive sul quantitativo di prove da effettuare. Il numero (e la localizzazione)

Il quantitativo di elementi da saggiare è definito dal tecnico incaricato. Laddove si individuino problematiche specifiche a seguito di valutazioni preliminari è opportuno mirare le prove meccaniche laddove la loro esecuzione possa apportare margini di miglioramento significativi nel soddisfacimento delle verifiche di sicurezza.

Tabella C8.5.V – Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prova per edifici di c.a.

Livello di Indagini e Prove	Rilievo(dei dettagli costruttivi) ^(a)	Prove (sui materiali) ^{(b)(c)(d)}
	Per ogni elemento "primario" (trave, pilastro)	
<i>limitato</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio
<i>esteso</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 2 campioni di armatura per piano dell'edificio
<i>esaustivo</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

La conoscenza della costruzione



PERCORSO CONOSCITIVO CON APPROFONDIMENTI: cosa dice la Circ. 7/2019 - prove

Circ. 7/2019 §C8.5.3.1 Costruzioni di muratura

In relazione al numero delle indagini e alle modalità con cui condurle, la grande varietà tipologica e la frequente presenza di stratificazioni temporalmente successive, come avviene, in particolare, negli edifici storici, rende priva di significato la prescrizione di una precisa quantità e tipologia di indagini, anche in vista del fatto che, talvolta, l'individuazione delle situazioni di vulnerabilità risulta più significativa della stessa caratterizzazione dei materiali. L'esecuzione delle indagini deve seguire protocolli operativi e interpretativi di comprovata validità.

PROVE LIMITATE. Indagini non dettagliate e non estese, basate principalmente su esami visivi delle superfici, che prevedono limitati controlli degli elementi costituenti la muratura. Sono previste rimozioni locali dell'intonaco per identificare i materiali di cui è costituito l'edificio.

PROVE ESTESE. Indagini visive, diffuse e sistematiche, accompagnate da approfondimenti locali. Oltre alla determinazione della tipologia di tessitura muraria, si possono prevedere analisi delle malte e, se significative, degli elementi costituenti, accompagnate da tecniche diagnostiche non distruttive (penetrometriche, sclerometriche, soniche, termografiche, radar, ecc.) ed eventualmente integrate da tecniche moderatamente distruttive (martinetti piatti) finalizzate a classificare in maniera più accurata la tipologia muraria e la sua qualità.

PROVE ESAUSTIVE. In aggiunta a quanto sopra specificato, si possono prevedere prove dirette sui materiali per determinarne i parametri meccanici, opportunamente motivate in quantità e tipologia (martinetti piatti doppi, prove di taglio, ecc.). Le prove si eseguono su tutte le tipologie murarie o comunque su quelle relative agli elementi che, sulla base dell'analisi preliminare di sicurezza, sono risultati significativi per la valutazione di sicurezza.

APPROFONDIMENTO CONOSCITIVO

LINEE GUIDA: REDAZIONE RELAZIONI TECNICHE ED ELABORATI SULLA CONOSCENZA

2.6 Relazioni tecniche ed elaborati sulla conoscenza

Al termine del processo conoscitivo, si possono redigere relazioni tecniche e elaborati grafici finalizzati a sintetizzare i risultati ottenuti dalle indagini in-situ e/o derivanti dall'analisi della documentazione disponibile. Si possono distinguere, in particolare:

- La relazione tecnico-conoscitiva, che descrive il manufatto e riassume l'organizzazione generale dei rilievi, delle indagini effettuate e relativa motivazione e ne illustra in modo accurato i risultati ottenuti.
- La relazione geologico-tecnica, che illustra le fasi conoscitive e le assunzioni effettuate per la formulazione del modello geologico, sulla base delle conoscenze disponibili e delle eventuali indagini in-situ.

A titolo esemplificativo ma non esaustivo, la relazione tecnico-conoscitiva contiene:

1. Descrizione generale del manufatto
2. Documentazione originaria di progetto
3. Risultati ottenuti dall'analisi storico-critica
4. Definizione dello schema strutturale del manufatto
5. Modalità di esecuzione delle indagini
6. Organizzazione delle campagne di rilievo geometrico
7. Descrizione degli elementi costruttivi
8. Dettagli costruttivi
9. Dissesti rilevati
10. Criticità e vulnerabilità locali emerse a fronte delle campagne conoscitive
11. Le aree che non è stato possibile rilevare o indagare
12. Le campagne di caratterizzazione meccanica dei materiali e delle strutture
13. Trattamento dei dati di laboratorio relativi alle prove distruttive e/o non distruttive
14. LIVELLO DI CONOSCENZA RAGGIUNTO

LINEE GUIDA: REDAZIONE RELAZIONI TECNICHE ED ELABORATI SULLA CONOSCENZA

2.6.3 Elaborati grafici

A corredo della **relazione tecnico-conoscitiva**, si possono redigere i seguenti elaborati dei quali descrizione dettagliata è stata già fornita ai paragrafi precedenti.

A titolo esemplificativo ma non esaustivo, contiene:

- 1) Planimetria generale di inquadramento
- 2) Schema strutturale
- 3) Localizzazione delle indagini finalizzate al rilievo dei dettagli costruttivi
- 4) Tavole strutturali con schede sintetiche
- 5) Rilievo materico delle strutture verticali con schede sintetiche
- 6) Indicazioni degli elementi non strutturali rilevanti ai fini della verifica
- 7) Tipologie ed orditure degli orizzontamenti piani
- 8) Rilievo dei dissesti
- 9) Indicazioni di vulnerabilità/criticità locali emerse
- 10) Localizzazione delle prove meccaniche eseguite su elementi e strutture



La conoscenza della costruzione



LINEE GUIDA: REDAZIONE RELAZIONI TECNICHE ED ELABORATI SULLA CONOSCENZA

2.6.3 Elaborati grafici

A corredo della **relazione tecnico-conoscitiva**, si possono redigere i seguenti elaborati dei quali descrizione dettagliata è stata già fornita ai paragrafi precedenti.

A titolo esemplificativo ma non esaustivo, contiene:

- 1) **Planimetria generale di inquadramento**
- 2) **Schema strutturale**
- 3) **Localizzazione delle indagini finalizzate al rilievo dei dettagli costruttivi**



La conoscenza della costruzione



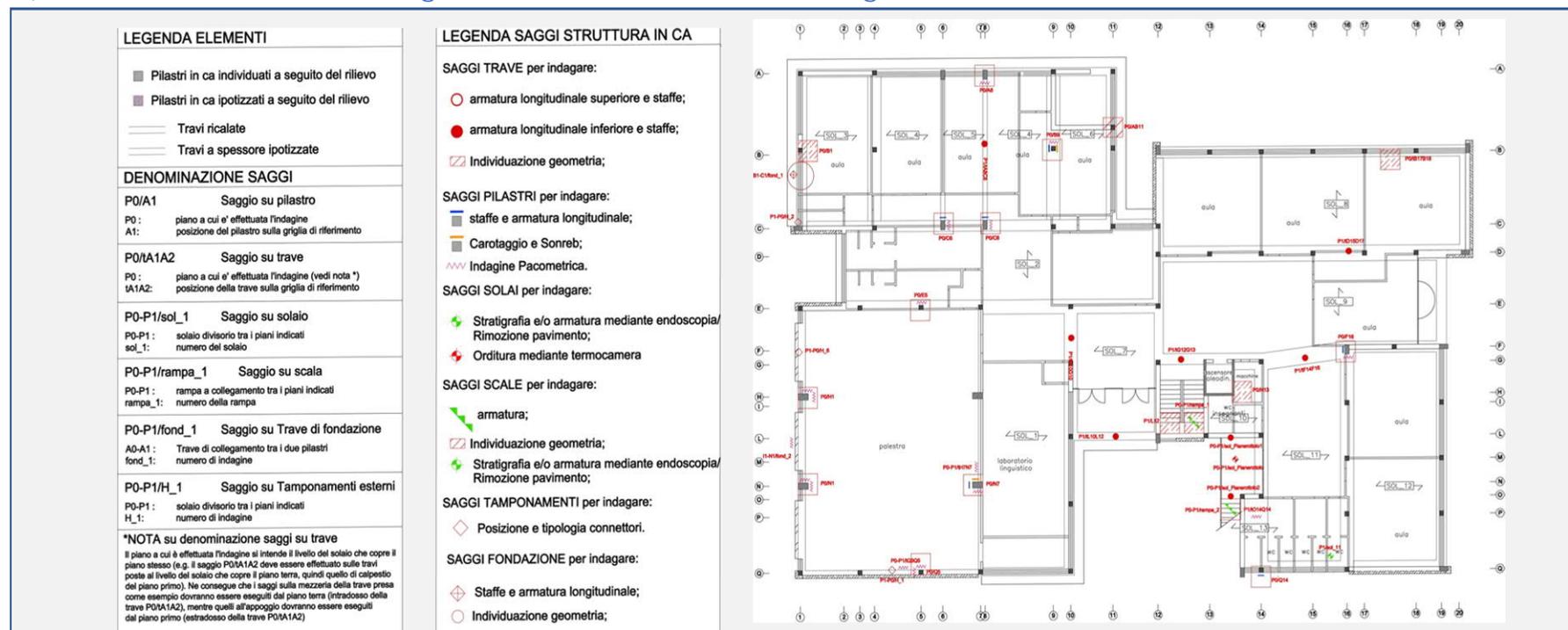
LINEE GUIDA: REDAZIONE RELAZIONI TECNICHE ED ELABORATI SULLA CONOSCENZA

2.6.3 Elaborati grafici

A corredo della **relazione tecnico-conoscitiva**, si possono redigere i seguenti elaborati dei quali descrizione dettagliata è stata già fornita ai paragrafi precedenti.

A titolo esemplificativo ma non esaustivo, contiene:

- 1) Planimetria generale di inquadramento
- 2) Schema strutturale
- 3) Localizzazione delle indagini finalizzate al rilievo dei dettagli costruttivi



La conoscenza della costruzione



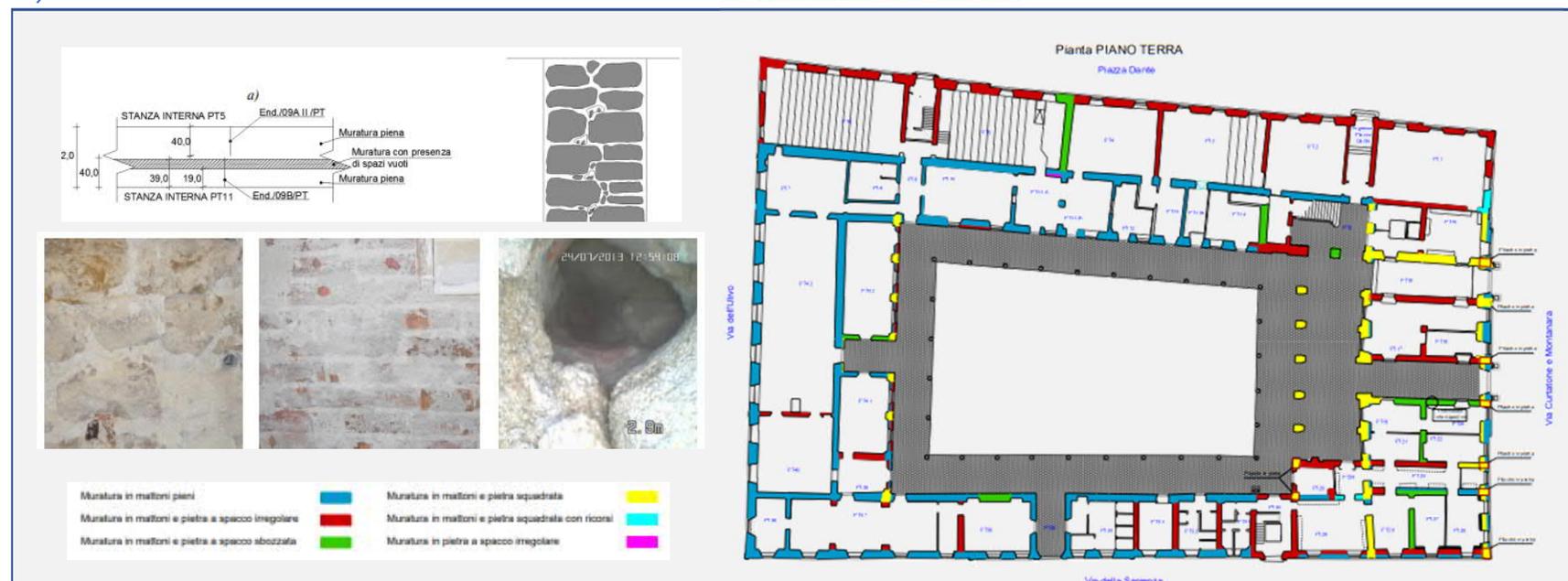
LINEE GUIDA: REDAZIONE RELAZIONI TECNICHE ED ELABORATI SULLA CONOSCENZA

2.6.3 Elaborati grafici

A corredo della **relazione tecnico-conoscitiva**, si possono redigere i seguenti elaborati dei quali descrizione dettagliata è stata già fornita ai paragrafi precedenti.

A titolo esemplificativo ma non esaustivo, contiene:

- 1) Planimetria generale di inquadramento
- 2) Schema strutturale
- 3) Localizzazione delle indagini finalizzate al rilievo dei dettagli costruttivi
- 4) Tavole strutturali con schede sintetiche
- 5) Rilievo materico delle strutture verticali con schede sintetiche



La conoscenza della costruzione



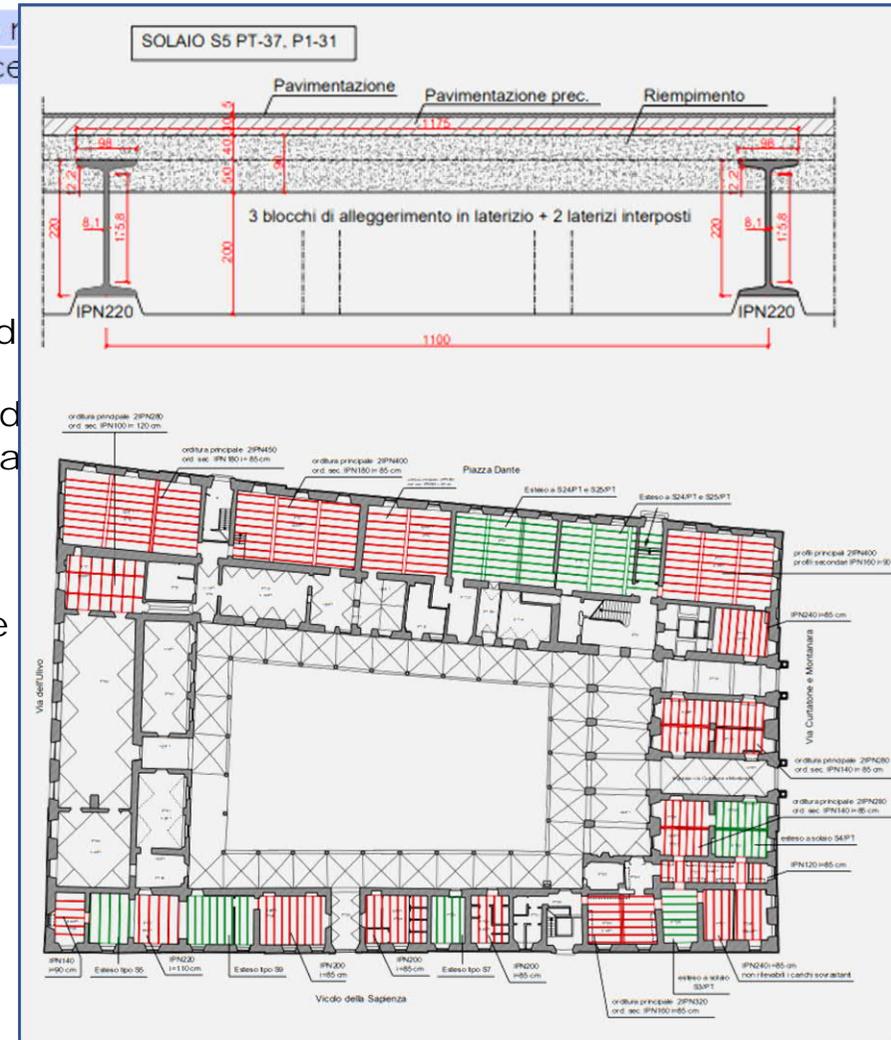
LINEE GUIDA: REDAZIONE RELAZIONI TECNICHE ED ELABORATI SULLA CONOSCENZA

2.6.3 Elaborati grafici

A corredo della **relazione tecnico-conoscitiva**, si possono redigere elaborati di descrizione dettagliata è stata già fornita ai paragrafi precedenti.

A titolo esemplificativo ma non esaustivo, contiene:

- 1) Planimetria generale di inquadramento
- 2) Schema strutturale
- 3) Localizzazione delle indagini finalizzate al rilievo di
- 4) Tavole strutturali con schede sintetiche
- 5) Rilievo materico delle strutture verticali con schede
- 6) Indicazioni degli elementi non strutturali rilevanti a
- 7) [Tipologie ed orditure degli orizzontamenti piani](#)
- 8) Rilievo dei dissesti
- 9) Indicazioni di vulnerabilità/criticità locali emerse
- 10) Localizzazione delle prove meccaniche eseguite

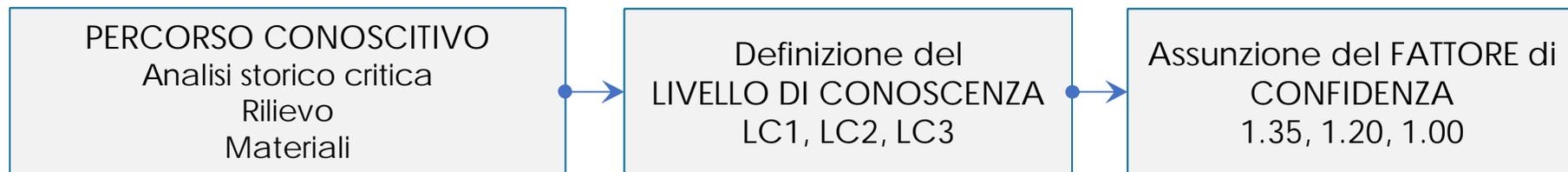


La conoscenza della costruzione



LINEE GUIDA: REDAZIONE RELAZIONI TECNICHE ED ELABORATI SULLA CONOSCENZA

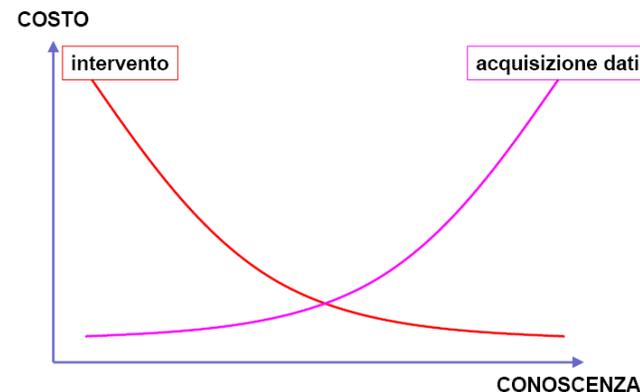
14. L'indicazione del **livello di conoscenza raggiunto** (anche per elemento e/o sottostruttura qualora, a seconda delle necessità, si assumano diversi valori nelle diverse fasi di analisi/verifica) e del relativo fattore di confidenza assunto in sede di valutazione di sicurezza.



+

Specifica attenzione dovrà essere posta alla completa individuazione dei potenziali meccanismi di collasso locali e globali, duttili e fragili

!



- Maggiore conoscenza
- Minore riduzione delle resistenze
- Maggiore affidabilità del risultato
- Ottimizzazione dei costi

Limitatamente ai casi di:

- verifiche in condizioni **non** sismiche di singoli componenti (e.g. solai sui quali siano state condotte indagini particolarmente accurate)
- verifiche sismiche nei riguardi dei meccanismi locali

è possibile adottare **LIVELLI DI CONOSCENZA DIFFERENZIATI** rispetto a quelli impiegati nelle verifiche sismiche globali

2.6 Relazioni tecniche ed elaborati sulla conoscenza

Al termine del processo conoscitivo, si possono redigere relazioni tecniche e elaborati grafici finalizzati a sintetizzare i risultati ottenuti dalle indagini in-situ e/o derivanti dall'analisi della documentazione disponibile. Si possono distinguere, in particolare:

- La relazione tecnico-conoscitiva, che descrive il manufatto e riassume l'organizzazione generale dei rilievi, delle indagini effettuate e relativa motivazione e ne illustra in modo accurato i risultati ottenuti.
- La **relazione geologico-tecnica**, che illustra le fasi conoscitive e le assunzioni effettuate per la formulazione del modello geologico, sulla base delle **conoscenze disponibili e delle eventuali indagini in-situ**.

Conoscenze disponibili ed
eventuali indagini in situ



CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA
DEL SITO



La conoscenza della costruzione



LINEE GUIDA: REDAZIONE RELAZIONI TECNICHE ED ELABORATI SULLA CONOSCENZA

Caratterizzazione geologico-tecnica del sito

In assenza di indagini sismiche significative non è possibile attribuire la categoria di sottosuolo, pertanto si rende **NECESSARIO RICOSTRUIRE IL MODELLO GEOLOGICO-TECNICO E LA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA**



NOTA: Le informazioni reperite saranno riportate all'interno della relazione geologica

Nel percorso conoscitivo è possibile eseguire:

- A) Indagini geognostiche dirette in situ
- B) Valutazioni tecniche effettuate su documentazione esistente reperita (riferita ad un intorno significativo)

- Prove penetrometriche statiche e/o dinamiche pesanti (MODELLO GEOLOGICO)
- Indagini sismiche, anche in superficie (MODELLO SISMICO)

Nota: la verifica del sistema di fondazione è obbligatoria se vi sono possibili instabilità globali ovvero se sussiste una delle condizioni di cui al punto §8.3 delle NTC2018



- dissesti attribuibili a cedimenti delle fondazioni
- fenomeni di ribaltamento e/o scorrimento della costruzione per effetto: di condizioni morfologiche sfavorevoli, di modificazioni apportate al profilo del terreno in prossimità delle fondazioni, delle azioni sismiche di progetto;
- fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione dovuti alle azioni sismiche di progetto.

Nei casi specificati dalle NTC2018 e nel caso di:

- modifiche apportate al profilo del terreno in prossimità dell'edificio
- aree a pericolosità geomorfologica elevata o molto elevata

Si effettuano

INDAGINI SPECILISTICHE INTEGRATE

LINEE GUIDA

‘Redazione degli elaborati tecnici sulle verifiche di sicurezza statica e vulnerabilità sismica delle costruzioni esistenti’

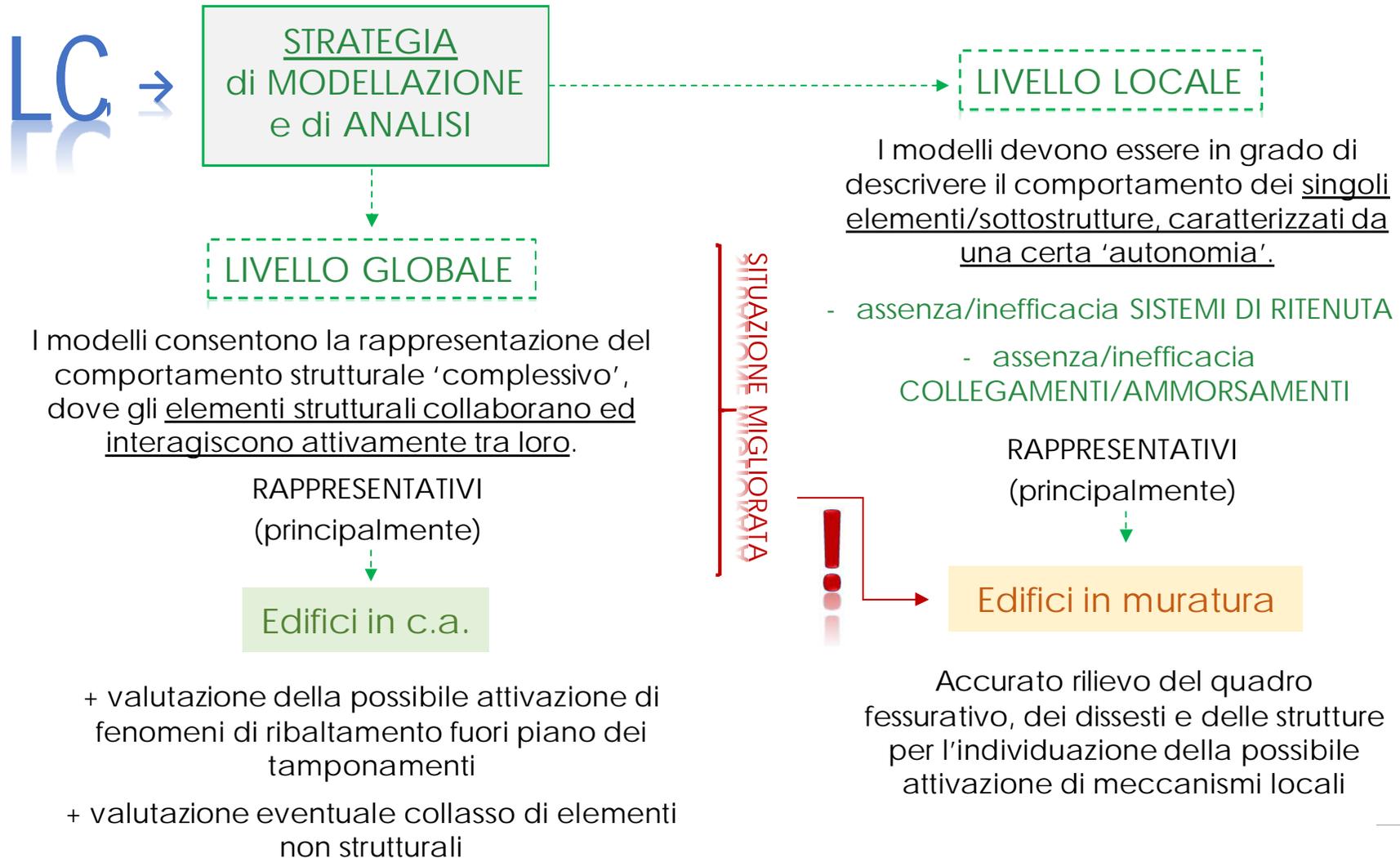
3	Modellazione, analisi e verifiche di sicurezza	21
3.1	Valutazione delle azioni e loro combinazione	22
3.1.1	<i>Pesi propri permanenti e portati</i>	22
3.1.2	<i>Azioni variabili</i>	22
3.1.3	<i>Azione sismica</i>	22
3.1.4	<i>Combinazioni di carico</i>	23
3.2	Modellazione strutturale	23
3.2.1	<i>Modellazione meccanica dei materiali</i>	23
3.2.2	<i>Modellazione locale</i>	24
3.2.3	<i>Modellazione globale</i>	24
3.3	Analisi strutturale e valutazione della domanda	25
3.3.1	<i>Analisi locale</i>	25
3.3.2	<i>Analisi globale</i>	26
3.4	Valutazione della capacità e verifiche di sicurezza	26
3.5	Relazioni ed elaborati grafici	27
3.5.1	<i>Relazione sulla modellazione, analisi e verifica della costruzione</i>	27
3.5.2	<i>Relazione sulla modellazione sismica del terreno</i>	30
3.5.3	<i>Relazione sulle strutture di fondazione</i>	30
3.5.4	<i>Relazione geotecnica</i>	30



Modellazione, analisi e verifica



Solo tramite il raggiungimento di un adeguato livello di conoscenza è possibile l'elaborazione di modelli strutturali affidabili e l'esecuzione di valutazioni di sicurezza attendibili, a livello locale e globale.



Modellazione, analisi e verifica



LA VALUTAZIONE DELLE AZIONI E LA LORO COMBINAZIONE

Le verifiche di sicurezza devono essere effettuate tenendo conto di tutte le azioni presenti,

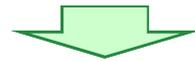
- ✓ Verifiche per azioni NON SISMICHE
- ✓ Verifiche per azioni SISMICHE



Nel caso di combinazioni di carico che includano l'azione sismica, ai fini della determinazione dell'entità massima delle azioni sopportabili dalla struttura si considerano i carichi permanenti effettivamente riscontrati e quelli variabili previsti dalle NTC2018.

Fase conoscitiva

Pesi propri permanenti e portati:
- indagini in situ
- estensione informazioni da rilievi effettuati
Azioni variabili:
destinazioni d'uso ambienti



L'AZIONE SISMICA è definita, per i diversi stati limite, tenuto conto del periodo di riferimento (§ 2.4)

L'entità delle ALTRE AZIONI CONTEMPORANEAMENTE PRESENTI è la stessa assunta per le nuove costruzioni, salvo:

- per i carichi verticali permanenti (G_1 e G_2), per cui: un accurato rilievo geometrico-strutturale e dei materiali potrà consentire di adottare coefficienti parziali modificati, assegnando a γ_G valori esplicitamente motivati. (§ 8.5) (si veda ad esempio quanto riportato nell'EC0)
- l'eventuale adozione di appositi provvedimenti restrittivi dell'uso della costruzione e, conseguentemente, sui carichi verticali variabili. (§ 8.3)



LA VALUTAZIONE DELLE AZIONI E LA LORO COMBINAZIONE

3.1.4 Combinazioni di carico

Linee Guida

Le combinazioni di carico da impiegare per l'analisi della sicurezza statica e vulnerabilità sismica degli edifici esistenti sono definite, per i diversi stati limite, dal D.M.17/01/2018.

Per i carichi permanenti (G_1 , G_2), conformemente a quanto riportato al §8.5.5 del D.M.17/01/2018, si possono adottare valori ridotti del coefficiente parziale γ_G , purché opportunamente giustificati e motivati in funzione del grado di approfondimento conoscitivo raggiunto sul manufatto o sulle sue componenti (strutturali e non strutturali). Il valore di γ_G tiene in considerazione due tipi di incertezze, vale a dire quelle legate alla modellazione ($\gamma_{E,G}$) e quelle legate ai carichi medesimi (γ_g), a sua volta dipendenti dalla classe di conseguenza del manufatto (a titolo esplicativo, si faccia riferimento a quanto riportato nell'Eurocodice 0 - EN1990:2002 – in merito alla definizione dei coefficienti parziali di sicurezza). Un accurato rilievo geometrico-strutturale e dei materiali può consentire di adottare coefficienti parziali ridotti, a fonte di adeguata motivazione e giustificazione delle assunzioni effettuate, come specificato, ad esempio, nell'Eurocodice 0.

8.5.5. AZIONI

DM 17/01/2018 §8.5.5

I valori delle azioni e le loro combinazioni da considerare nel calcolo, sia per la valutazione della sicurezza sia per il progetto degli interventi, sono quelle definite dalla presente norma per le nuove costruzioni, salvo quanto precisato nel presente capitolo. Per i carichi permanenti, un accurato rilievo geometrico-strutturale e dei materiali potrà consentire di adottare coefficienti parziali modificati, assegnando a γ_G valori esplicitamente motivati. I valori di progetto delle altre azioni saranno quelli previsti dalla presente norma.

Modellazione, analisi e verifica



COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA delle AZIONI PERMANENTI γ_G

Ricalibrazione in funzione dell'affidabilità e della conoscenza

Riferimenti:

BULLETIN 80 – Partial factor methods for existing concrete structures

EUROCODICE 0 – EN1990:2002

Valore di progetto dell'azione:

$$G_d = \gamma_{G,i} \cdot G_{rep,i} \quad \text{Valore rappresentativo dell'azione}$$

$$\gamma_{G,i} = \gamma_{Ed,g} \cdot \gamma_g$$

Incertezze di modellazione delle azioni e dei loro effetti

Incertezze nei valori rappresentativi delle azioni

Generalmente si assume:

$$\begin{aligned} \gamma_{Ed,g} &= 1,07 \text{ per azioni sfavorevoli} \\ \gamma_{Ed,g} &= 1,00 \text{ per azioni favorevoli} \end{aligned}$$

Assumendo una distribuzione Gaussiana delle azioni:

$$\gamma_g = 1 - \alpha_E \beta V_G$$

Una conoscenza accurata della struttura permette di ridurre le incertezze di modello e quindi i valori del coefficiente $\gamma_{Ed,g}$ fino a valori pari a 1.

Indice di affidabilità

parametro di progetto, diverso da quello previsto per le nuove costruzioni, in funzione della vita utile rimanente dell'edificio, delle classi di conseguenza, di considerazioni economiche e di salvaguardia delle vite umane.

Allo stesso modo, all'aumentare della conoscenza delle caratteristiche geometriche, strutturali e dei materiali il coefficiente di variazione V_G si riduce.

α_E = fattore di sensibilità delle azioni

V_G = coefficiente di variazione

Modellazione, analisi e verifica



COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA dei MATERIALI γ_M

Ricalibrazione in funzione dell'affidabilità e della conoscenza

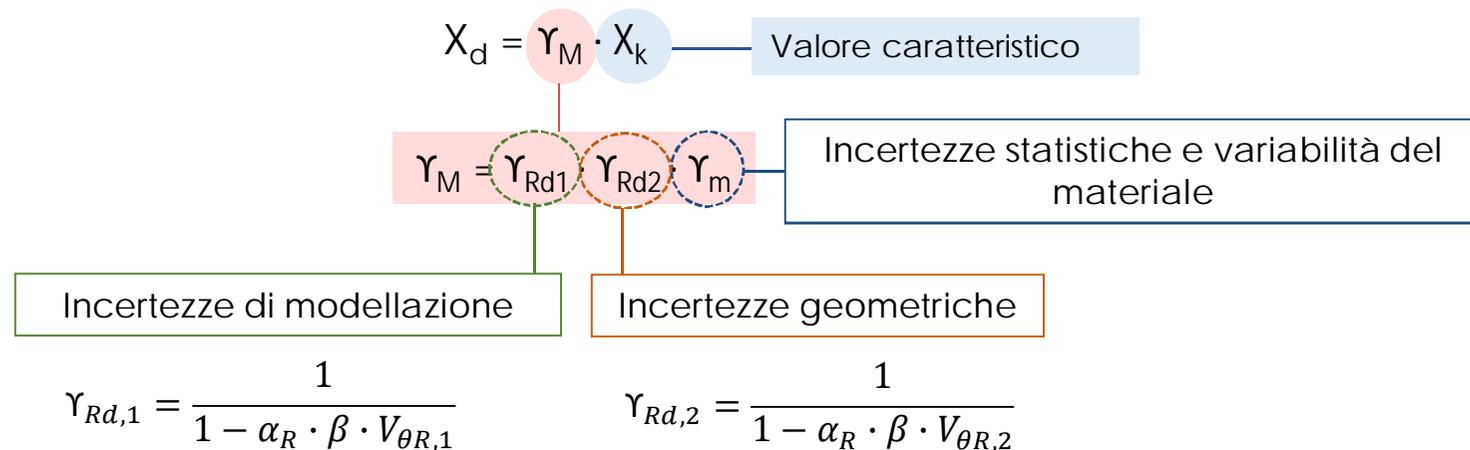


Riferimenti:

BULLETIN 80 – Partial factor methods for existing concrete structures

EUROCODICE 0 – EN1990:2002

Valore di progetto delle proprietà del materiale:



α_E = fattore di sensibilità delle resistenze

$V_{\theta R,1}$ = coefficiente di variazione delle incertezze di modellazione

$V_{\theta R,2}$ = coefficiente di variazione delle incertezze geometriche

Assumendo una distribuzione di tipo log-normale delle resistenze dei materiali: $\gamma_m = e^{\alpha_R \cdot \beta \cdot V_x - 1,645 \cdot V_x}$

Una conoscenza accurata della struttura permette di ridurre le incertezze geometriche e di modellazione e i coefficienti di variazione e quindi i valori dei coefficienti parziali.



Modellazione, analisi e verifica

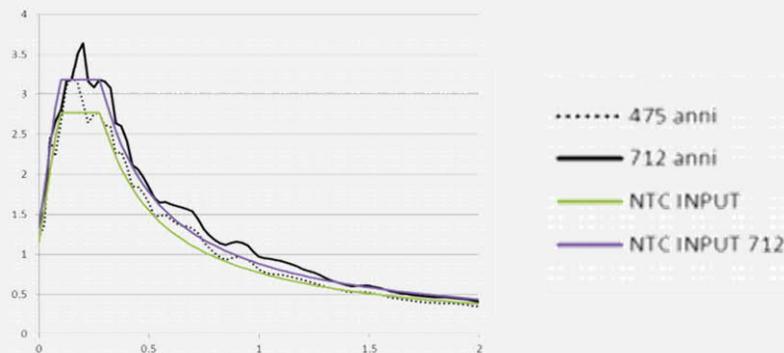


LA VALUTAZIONE DELLE AZIONI E LA LORO COMBINAZIONE



LIVELLO GLOBALE

Spettri di risposta di riferimento in termini di accelerazione e di spostamento definiti da NTC2018



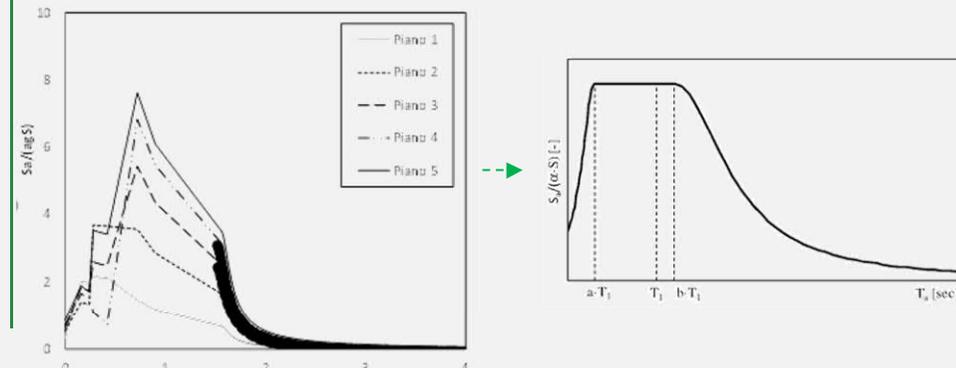
Se a seguito di evidenti criticità a livello terreno e/o fondazione sono eseguite INDAGINI GEOLOGICHE e GEOTECNICHE → Analisi della risposta Sismica Locale, si può definire uno SPETTRO DI RISPOSTA SPECIFICO per il sito di interesse

LIVELLO LOCALE

- Valutazioni di elementi non strutturali
- Analisi dell'attivazione di meccanismi locali di collasso

SPETTRO DI RISPOSTA DI PIANO

Filtrano l'azione sismica tenendo conto della posizione dell'elemento considerato nel contesto complessivo della costruzione



Modellazione, analisi e verifica



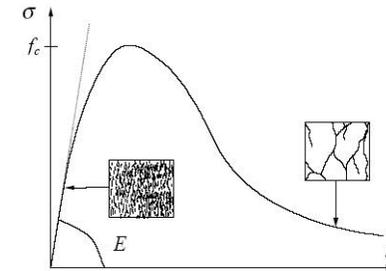
DEFINIZIONE DEL MODELLO E L'ANALISI STRUTTURALE

Modellazione meccanica del MATERIALE

LC

SCELTA del MODELLO COSTITUTIVO e del suo grado di definizione

modelli che considerano la deformabilità e la resistenza dei materiali e degli elementi strutturali

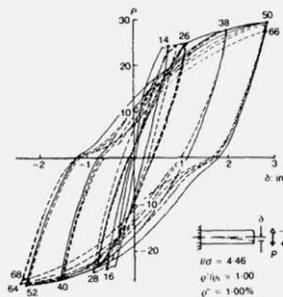


Modellazioni ed Analisi Lineari

Rappresentazione 'indiretta' dei fenomeni di FESSURAZIONE

tramite

la riduzione di rigidezza fino al 50%, stimata in funzione dell'entità dei carichi agenti e del tasso di sfruttamento delle sezioni



Modellazioni ed Analisi Non Lineari

CIs

CONFINATO

per il NUCLEO interno compresso

Considerando l'effetto delle staffe, la disposizione delle armature longitudinali, il carico assiale ecc.

NON CONFINATO

per il COPRIFERRO

Muratura

Legami che 'puntualmente' definiscono il comportamento dei blocchi e della malta

Legami costitutivi della muratura intesa come sistema di elementi e malta

Modellazione, analisi e verifica



DEFINIZIONE DEL MODELLO E L'ANALISI STRUTTURALE

II MODELLO STRUTTURALE

La fase di modellazione strutturale comprende l'elaborazione di:

- A) Modelli locali
- B) Modelli globali



si impiegano principalmente in edifici in MURATURA

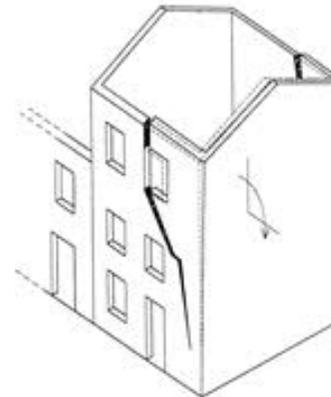
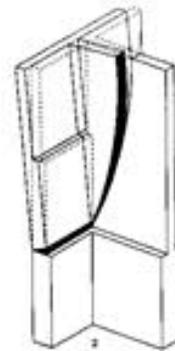
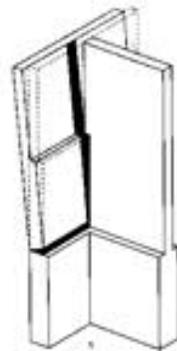
Fase conoscitiva



Rilievo geometrico-strutturale e dei dissesti

consente di individuare:

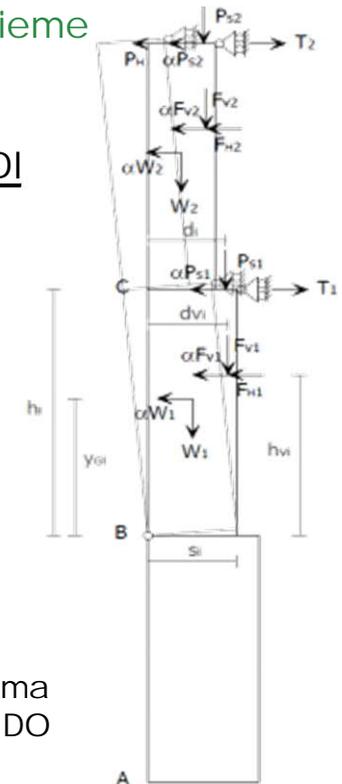
- zone con scarsa qualità della tessitura muraria
- zone con assenza di adeguato ammortamento
- zone con assenza di elementi di contrasto ad azioni spingenti
- altre criticità



INDIVIDUAZIONE DI EVENTUALI MECCANISMI DI COLLASSO

Se a seguito delle indagini la struttura NON evidenzia un comportamento strutturale di insieme

Schema di CORPO RIGIDO



Modellazione, analisi e verifica



DEFINIZIONE DEL MODELLO E L'ANALISI STRUTTURALE

II MODELLO STRUTTURALE

La fase di modellazione strutturale comprende l'elaborazione di:

- A) Modelli locali
- B) Modelli globali



A seguito della verifica che **NON** si attivino meccanismi di tipo locale

Fase conoscitiva



Rilievo geometrico-
strutturale

consente di:

schematizzare in maniera affidabile il comportamento strutturale di insieme del manufatto e definire le caratteristiche specifiche degli elementi strutturali (DETTAGLI COSTRUTTIVI)

MODELLO TRIDIMENSIONALE GLOBALE

Il grado di accuratezza è definito in funzione della conoscenza più o meno approfondita del manufatto.

Edifici in MURATURA

Modellazione su:
MACROSCALA
(telaio equivalente)

MESOSCALA
(el. bidimensionali con
caratteristiche
meccaniche della
muratura)

MICROSCALA
(legami costitutivi distinti
per elementi e malta)

Edifici in C.A.

Modellazione a:

PLASTICITÀ CONCENTRATA

(schemi semplificati -
momento/curvatura,
momento/rotazione - definizione
delle CERNIERE PLASTICHE)

PLASTICITÀ DIFFUSA

(le fonti di non-linearità del
materiale sono inserite all'interno del
modello tramite discretizzazione
delle sezioni mediante serie di fibre)

APPROFONDIMENTO CRESCENTE

MODELLAZIONE
NON LINEARE

Modellazione, analisi e verifica



DEFINIZIONE DEL MODELLO E L'ANALISI STRUTTURALE

II MODELLO STRUTTURALE

La fase di modellazione strutturale comprende l'elaborazione di:

- A) Modelli locali
- B) Modelli globali

A seguito della verifica che NON si attivino meccanismi di tipo locale

Modellazione degli elementi non strutturali

Se hanno influenza nel comportamento globale - TAMPONAMENTI

Modellazione a PUNTO EQUIVALENTE

Se NON hanno influenza nel comportamento globale - CORNICIONI, CAMINI, PARAPETTI ecc.

Modellazione in termini di MASSA

Modellazione dell'interazione TERRENO-STRUTTURA

In funzione della tipologia di sottosuolo definita mediante PROVE GEOLOGICHE

SUOLO RIGIDO

INCASTRATI

TERRENI CEDEVOLI

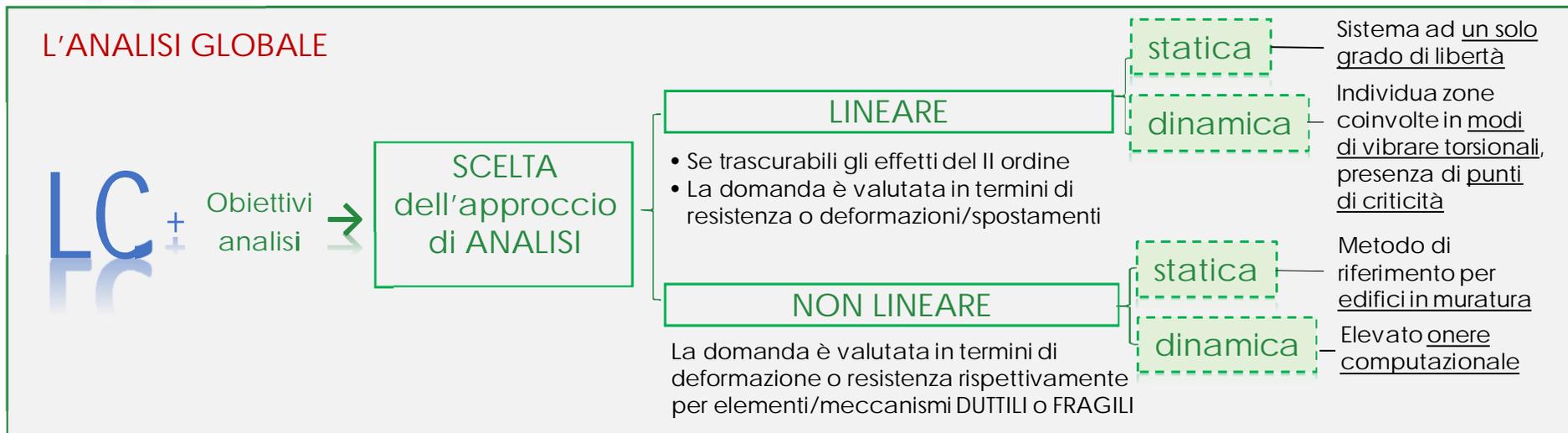
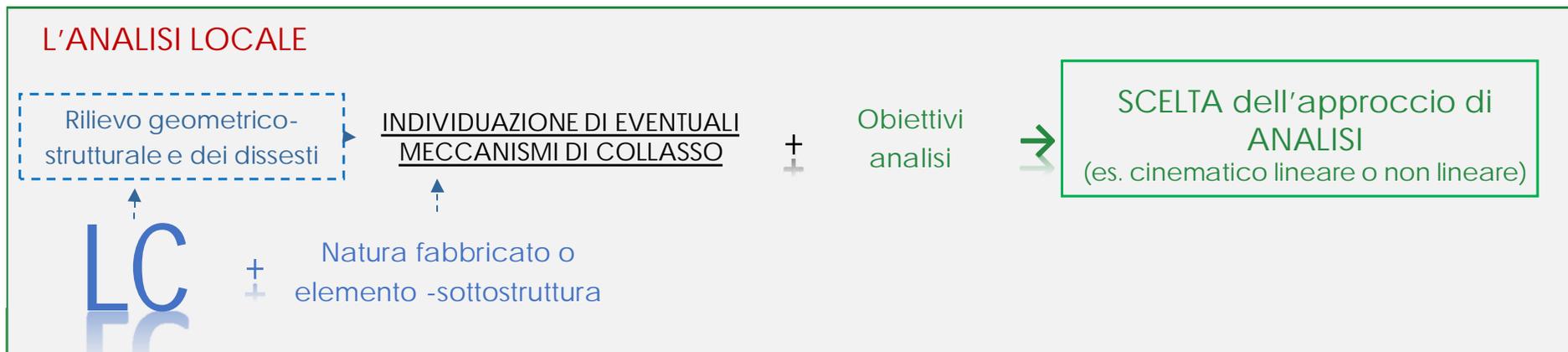
MOLLE di adeguata RIGIDEZZA

Modellazione, analisi e verifica



DEFINIZIONE DEL MODELLO E L'ANALISI STRUTTURALE

L'analisi strutturale, locale o globale, permette l'individuazione della DOMANDA (in termini di resistenza, deformazione, spostamenti, in funzione del tipo di elemento, analisi e stato limite considerato) agente su ogni elemento o porzione strutturale da sottoporre a valutazione della sicurezza.

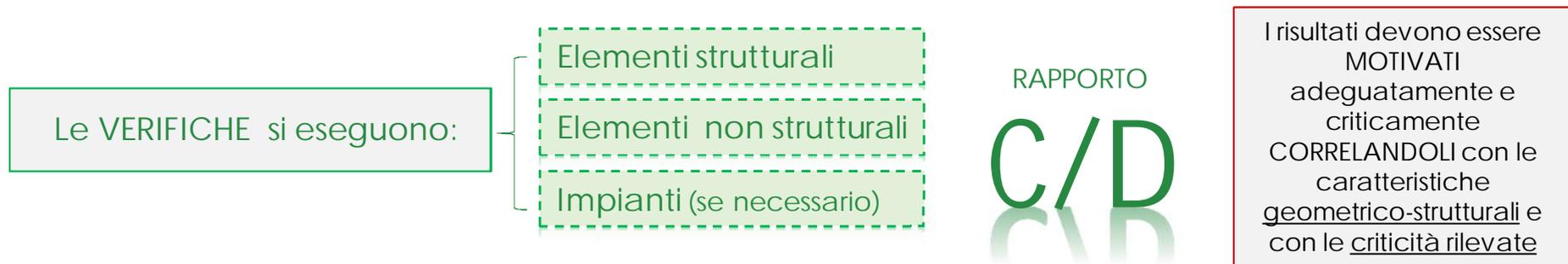


Modellazione, analisi e verifica

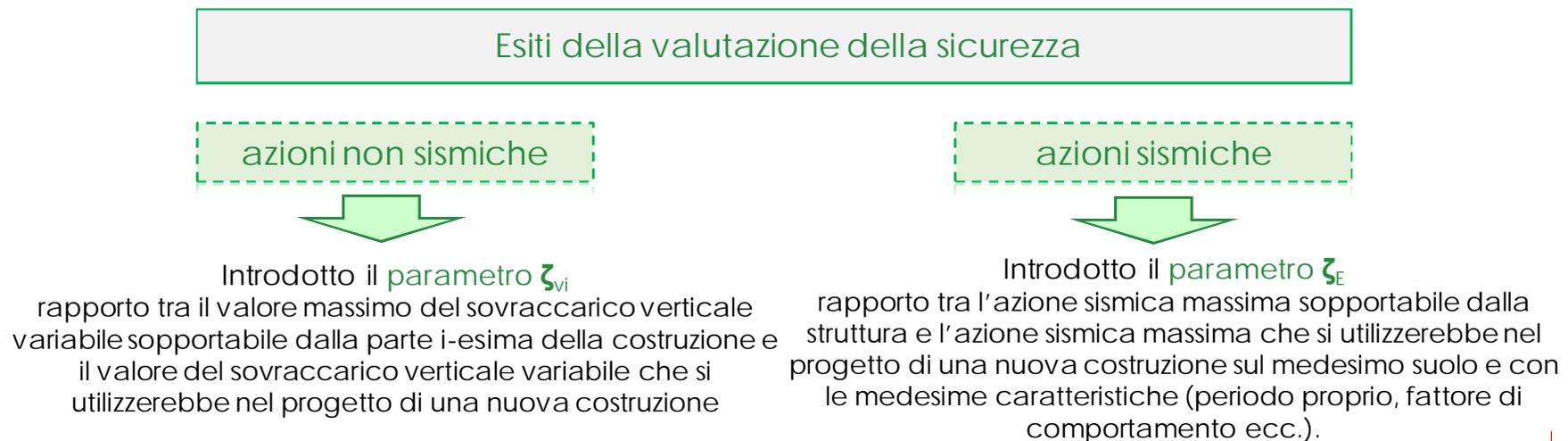


LA VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA E DELLA SICUREZZA STATICA

La valutazione della sicurezza consiste nel confronto tra la capacità, agente a livello globale di struttura o localmente sul singolo elemento e la domanda derivante dall'analisi.



È opportuno indicare, segnalare e tenere in considerazione durante le verifiche gli elementi di criticità locale riscontrati



RELAZIONI TECNICHE ED ELABORATI SULLA MODELLAZIONE, ANALISI E VERIFICA

3.5 Relazioni ed elaborati grafici

Al termine delle fasi sopra riportate, si può redigere una relazione contenente informazioni relative ai criteri di modellazione, all'analisi strutturale ed alla valutazione della sicurezza. Si distingue, in particolare:

- La relazione sulla modellazione, analisi e verifica della sicurezza, che descrive le assunzioni effettuate nella modellazione, l'elaborazione del modello, i risultati delle analisi strutturali e delle valutazioni di sicurezza eseguite.
- La relazione sulla modellazione sismica, che contiene il modello sismico del suolo e lo studio di risposta sismica locale, se presenti ed elaborati (se necessaria).
- La relazione sulle strutture di fondazione, che ne contiene la descrizione e i risultati delle verifiche di sicurezza (se necessaria).
- La relazione geotecnica, che descrive il modello geotecnico del suolo di fondazione a fronte delle indagini geotecniche opportunamente effettuate (se necessaria).

A titolo esemplificativo ma non esaustivo la relazione sulla modellazione, analisi e verifica della costruzione riporta i seguenti punti:

- 1) Riferimenti normativi
- 2) Inquadramento generale della strategia di modellazione ed analisi
- 3) Valutazione delle azioni impiegate
- 4) Definizione delle combinazioni di carico e degli stati limite considerati
- 5) Descrizione della modellazione strutturale (modelli locali, modello globale-modelli costitutivi-vincoli)
- 6) Scelta della tipologia di analisi impiegata
- 7) Risultati dell'analisi strutturale
- 8) Valutazione della domanda
- 9) Valutazione della capacità
- 10) Risultati delle valutazioni di sicurezza
- 11) Definizione e calcolo degli indicatori di rischio
- 12) Criticità riscontrate



REGIONE
TOSCANA



UNIVERSITÀ DI PISA
DIPARTIMENTO DI
INGEGNERIA
CIVILE E INDUSTRIALE



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DICEA
DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA CIVILE
E AMBIENTALE

LINEE GUIDA

REDAZIONE DEGLI ELABORATI TECNICI SULLE VERIFICHE DI SICUREZZA
STATICA E VULNERABILITA' SISMICA DELLE COSTRUZIONI ESISTENTI

23 Settembre 2019

Grazie per l'attenzione 😊