

VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI STATICHE DI EDIFICI STORICI

LE PRINCIPALI METODOLOGIE D'INDAGINE PER UN'ANALISI OGGETTIVA DI MANUFATTI DI PARTICOLARE PREGIO ARTISTICO, STORICO E MONUMENTALE.

Vincenzo Giannetto – Ingegnere - Legale Rappresentante IndaginiStrutturalisrl

Marika Volpe – Ingegnere – IndaginiStrutturalisrl

Marko Caretti Belletti - Ingegnere – IndaginiStrutturalisrl



Premessa

Gli edifici storici, compatibilmente con le esigenze di tutela monumentale, sono continuamente sottoposti a progetti che prevedono una loro riqualificazione generalizzata, dagli interni alle facciate e a tutti gli spazi comuni.

Tali riqualificazioni passano da piccoli interventi di manutenzione, che non ne pregiudicano o influenzano il comportamento statico, a interventi che, invece, modificano completamente l'assetto statico dell'intero fabbricato.



Durante studi di diagnostica strutturale di un edificio storico, tenuto conto di quanto appena detto, è necessario e di primaria importanza, quindi, fare un excursus di tutti gli interventi eseguiti negli anni al fine di valutare come e se è cambiato l'assetto strutturale e in che misura questo influenza la sua staticità. Molto spesso, infatti, vengono rilevate situazioni che lasciano desumere che gli edifici, nel corso degli anni abbiano subito interventi edilizi che hanno modificato, anche in modo sostanziale, le originarie caratteristiche statiche e strutturali che spesso compromettono le condizioni di sicurezza previste.

Finalità di quest'analisi è proprio la definizione di linee guida e metodologie che consentano lo studio della staticità di tale tipologia di immobili.

Di seguito vengono elencate le principali fasi operative da seguire, al fine di avere un quadro qualitativo e soprattutto quantitativo dello stato di fatto di una struttura.

- **Analisi storica** che preveda una ricerca storico - documentale, la successiva analisi dei progetti reperiti nelle varie epoche e la ricostruzione storica degli interventi eseguiti.
- **Sopralluoghi e ispezioni visive** dettagliate e capillari di ogni piccola parte dell'intera struttura.
- **Verifica statica locale** attraverso la **definizione di un piano d'indagine** che vada a verificare localmente che, laddove è stato eseguito un intervento, rispetto alla configurazione precedente alla variante, non si siano prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e che l'intervento stesso non abbia comportato una riduzione dei livelli di sicurezza preesistenti.
- **Verifica statica globale** dell'intero edificio.



Analisi storica

Per lo studio di un edificio storico è di particolare importanza eseguire una **ricerca storico - documentale** al fine di conoscere la sua evoluzione strutturale nel tempo.

Per ricerca storico-documentale s'intende il reperimento di tutta la documentazione storica riguardante l'edificazione del fabbricato e tutta quella riguardante le pratiche edilizie e di appalto dei lavori eseguiti nel corso dei decenni successivi alla messa in opera.

Si riporta qui di seguito la principale documentazione necessaria da ricercare per eseguire una ricerca storico strutturale.

- Piante Catastali
- Condoni
- Collaudi
- etc.

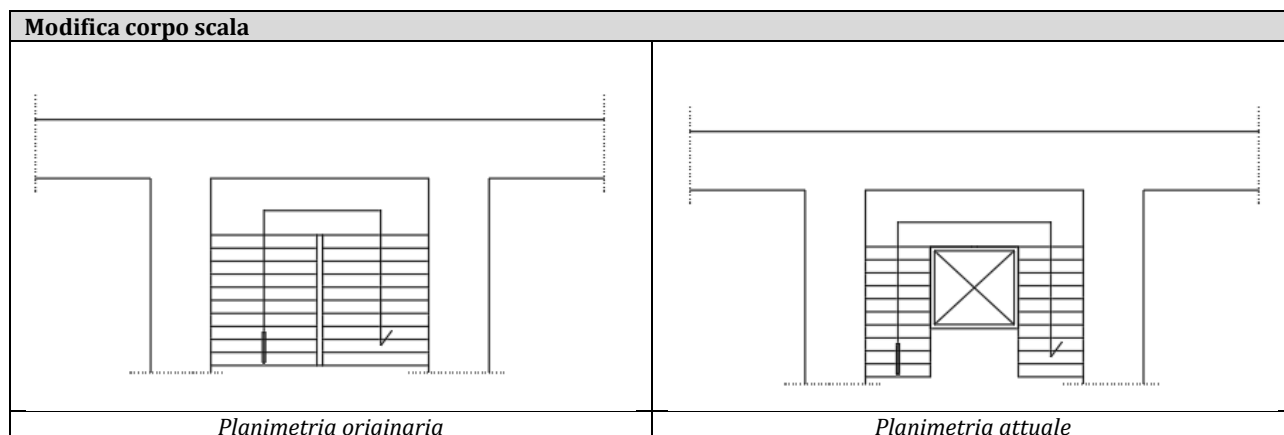
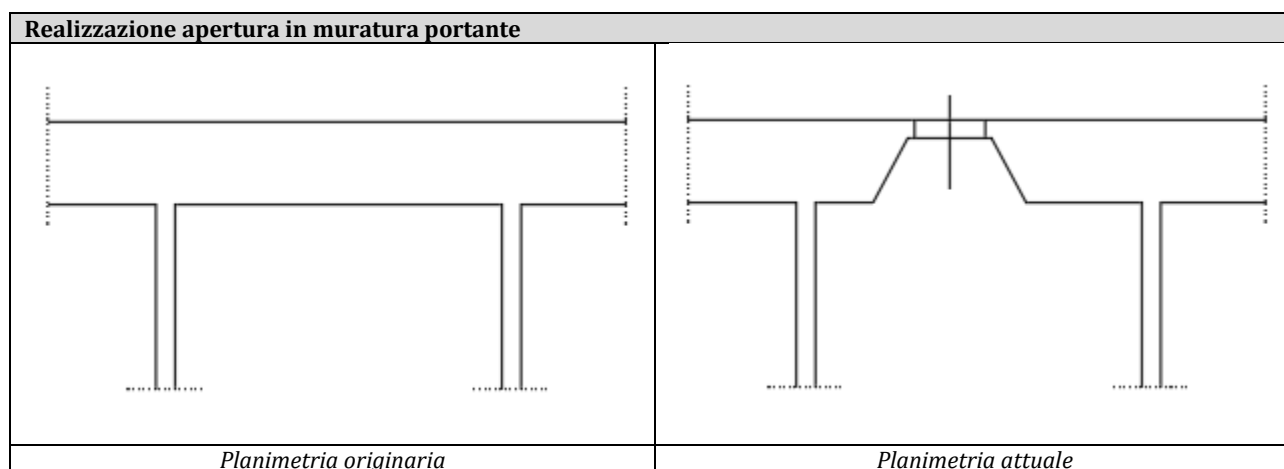
La documentazione ritrovata è quindi necessaria alla ricostruzione storica di tutti gli interventi strutturali eseguiti negli anni e a quantificare quanto e come sia cambiato l'assetto strutturale dell'edificio.

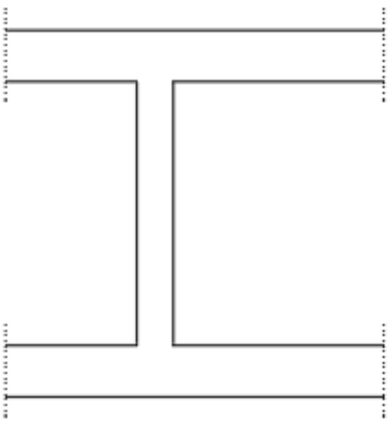
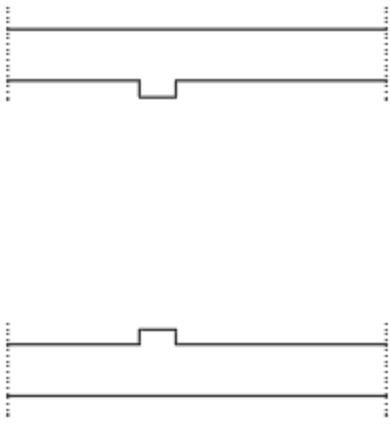
Senza tale ricerca sarebbe impossibile dare un giudizio, seppur inizialmente qualitativo, di quelli che potrebbero essere gli eventuali problemi di staticità presenti nell'edificio.

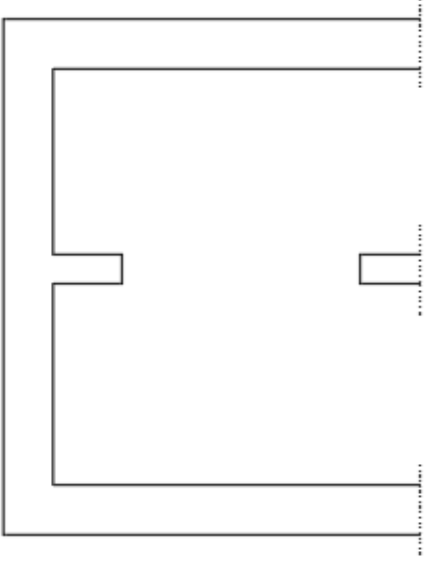
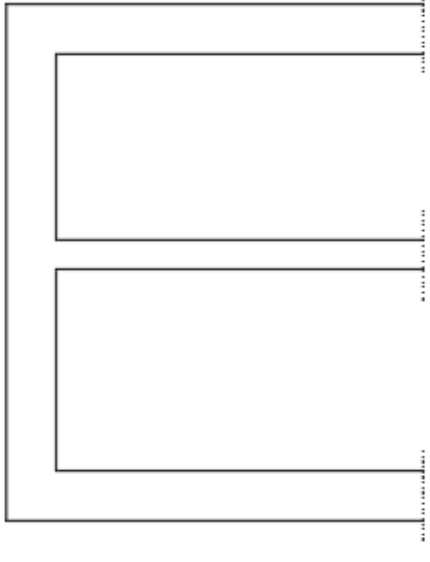
I principali interventi che si eseguono nelle strutture, oltre ai cambi di destinazione d'uso, sono:

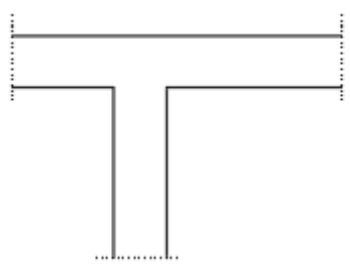
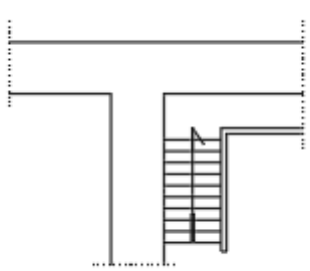
- Realizzazioni di aperture su murature portanti
- Chiusure di aperture
- Modifiche o realizzazioni di corpi scala
- Demolizioni pareti
- Realizzazione nuove pareti

Di seguito si riportano alcuni esempi



Demolizione parete	
	
<i>Planimetria originaria</i>	<i>Planimetria attuale</i>

Chiusura apertura	
	
<i>Planimetria originaria</i>	<i>Planimetria attuale</i>

Realizzazione corpo scala	
	
<i>Planimetria originaria</i>	<i>Planimetria attuale</i>

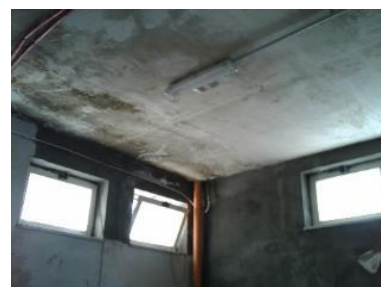
Sopralluoghi e ispezioni visive

La progettazione di un piano d'indagine non può prescindere da un'ispezione visiva dell'edificio. Tale fase è necessaria al fine di verificare eventuali stati di degrado sia visibili ad occhio nudo che riscontrabili con l'ausilio di microscopio.

In una costruzione storica sono molteplici i segnali, sintomo di stati di degrado. Tra i più comuni si trovano: quadri fessurativi estesi, intonaci con evidenti rigonfiamenti, distacchi vari, macchie di umidità, cedimenti differenziali.

I **quadri fessurativi** raccontano e aiutano a diagnosticare quali sono gli eventuali problemi in una struttura. Infatti, ogni lesione con specifiche caratteristiche identifica una sua probabile causa, che può essere più o meno allarmante. Tra le lesioni che non destano particolare preoccupazione ci sono quelle definite "d'intonaco" oppure "a tela di ragno", lesioni di tipo superficiale che non hanno niente a che fare con movimenti strutturali ma che si generano sugli intonaci a causa di sbalzi termici oppure di fenomeni di ritiro.

Le lesioni che, invece, descrivono e definiscono cause legate alla parte strutturale dell'edificio (carichi troppo elevati, cedimenti, rotazioni) seguono generalmente una direzione preferenziale (orizzontale, verticale, obliqua) e sono più profonde e marcate.



I **rigonfiamenti** e i **distacchi di intonaco** e le **macchie di umidità** sono tutti sintomi di cattiva manutenzione ordinaria della struttura. In ogni caso, anche se non direttamente collegati a problemi strutturali, questi potrebbero influire sulle caratteristiche meccaniche dei materiali da costruzione, indebolendoli.



Verifica statica locale

A valle della ricostruzione storico-documentale e dell'ispezione visiva effettuata, è possibile eseguire una valutazione locale della capacità statica dell'edificio.

Infatti, è da preversi, come specificato in premessa un piano d'indagine che vada a valutare lo stato di danno nelle zone ammalorate e che vada a verificare se, laddove è stato eseguito un intervento locale, questo, rispetto alla configurazione precedente alla variante, non abbia prodotto sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e che l'intervento stesso non abbia comportato una riduzione dei livelli di sicurezza preesistenti.

Per la categoria di interventi locali *non è richiesta la valutazione della sicurezza globale dell'opera [...] ma una valutazione del livello locale di sicurezza (§C8.4.1 - CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S. LL.PP).*

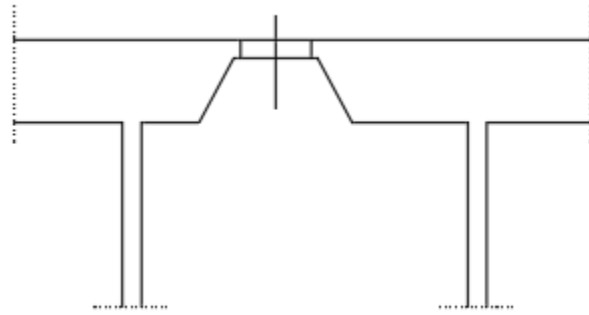
Rientrano negli interventi locali *quelli eseguiti per il ripristino, il rinforzo dei collegamenti esistenti tra i singoli componenti o tra parti di essi o la realizzazione di nuovi collegamenti (ad esempio tra pareti murarie, tra pareti e travi o solai, anche attraverso l'introduzione di di catene/tiranti).* Rientra in questa categoria anche *la modifica di una parte limitata della struttura (ad es. l'apertura di un vano in una parete, accompagnata da opportuni rinforzi) a condizione che si dimostri che l'insieme degli interventi non modifichi significativamente rigidità, resistenza e capacità deformativa (§C8.4.1 - CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S. LL.PP).*

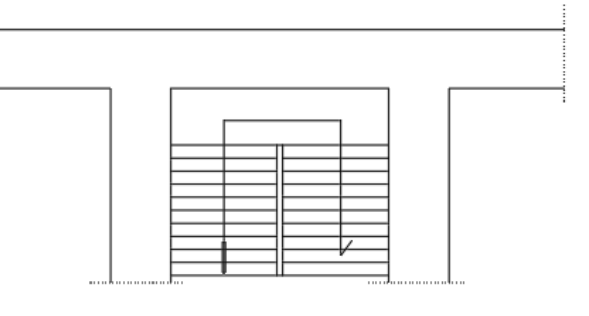
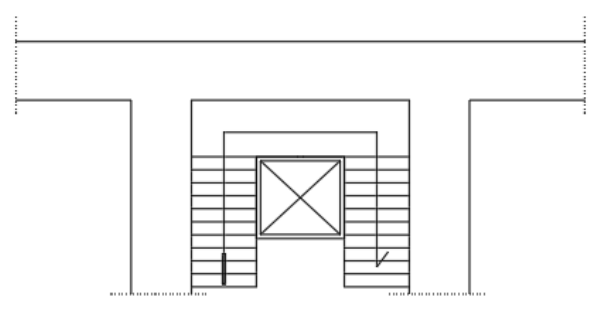
Per quanto riguarda le zone danneggiate e ammalorate, il piano d'indagine che si progetta prevede a seconda della tipologia costruttiva, in linea di massima, le indagini riportate qui di seguito.

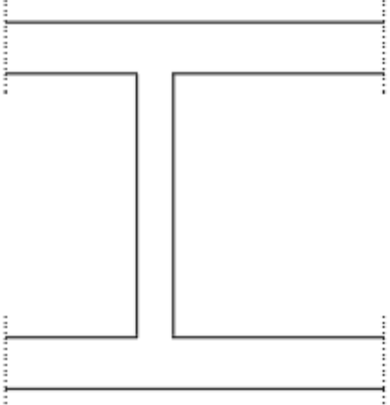
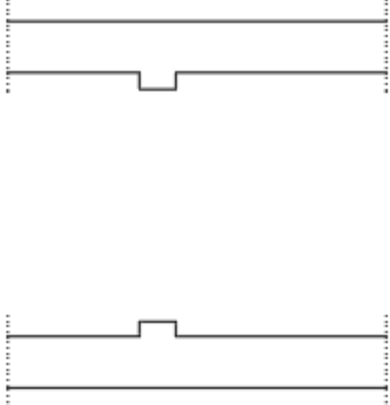
- a. indagine termografica
- b. rilievo geometrico e strutturale dello stato attuale ai fini di un'analisi dei carichi agenti sulle strutture verticali in muratura
- c. saggi ispettivi con rimozione d'intonaco
- d. indagini endoscopiche
- e. indagini georadar per la ricerca di eventuali anomalie e/o zone vuote
- f. prove soniche per la valutazione dell'omogeneità muraria.
- g. indagini penetrometriche
- h. prove distruttive (martinetti piatti, carotaggi, prelievi di vario genere) per la definizione delle tensioni esistenti e delle caratteristiche di resistenza dei materiali

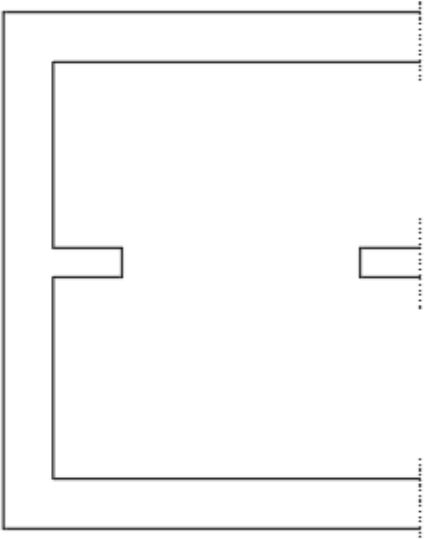
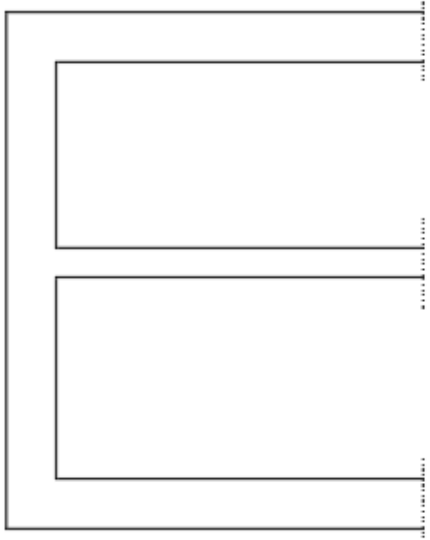
Per quanto riguarda gli interventi, concentrandosi solo su quelli più frequentemente realizzati elencati in precedenza, si riportano qui di seguito delle schede tecniche nelle quali vengono indicati:

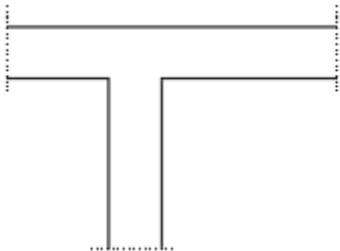
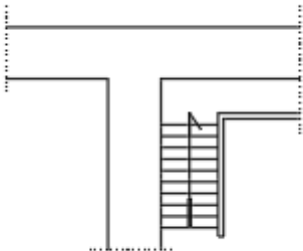
- Tipologia d'intervento
- Evidenza sulle planimetrie dell'ante operam e del post operam
- Piano d'indagine da prevedere al fine di verificare se sono garantiti i livelli di sicurezza, per ogni singolo intervento riscontrato

TIPOLOGIA D'INTERVENTO	
Realizzazione apertura in muratura portante	
EVIDENZA SU PLANIMETRIE	
	
<i>Planimetria originaria</i>	<i>Planimetria attuale</i>
INDAGINI DA PREVEDERE	
• Rilievo quadro fessurativo • Saggi che permettono di accertare la presenza una struttura portante atta a ripristinare rigidezza, resistenza e capacità deformativa della parete. • Rilievo e verifica dimensionale struttura portante. • Esecuzioni indagini per la verifica caratteristiche meccaniche elementi struttura portante.	

TIPOLOGIA D'INTERVENTO	
Modifica corpo scala	
EVIDENZA SU PLANIMETRIE	
	
<i>Planimetria originaria</i>	<i>Planimetria attuale</i>
INDAGINI DA PREVEDERE	
• Rilievo quadro fessurativo • Saggi che permettono di accertare la presenza una struttura portante • Rilievo e verifica dimensionale struttura portante. • Esecuzioni indagini per la verifica caratteristiche meccaniche elementi struttura portante. • Valutazione dello stato tensionale esistente su pareti portanti interessate da tale intervento a seguito modifica del corpo scala	

TIPOLOGIA D'INTERVENTO	
Demolizione parete	
EVIDENZA SU PLANIMETRIE	
	
<i>Planimetria originaria</i>	<i>Planimetria attuale</i>
INDAGINI DA PREVEDERE	
• Rilievo quadro fessurativo • Verifica del nuovo schema statico generato	

TIPOLOGIA D'INTERVENTO	
Chiusura apertura	
EVIDENZA SU PLANIMETRIE	
	
<i>Planimetria originaria</i>	<i>Planimetria attuale</i>
INDAGINI DA PREVEDERE	
• Rilievo quadro fessurativo • Saggi per verifica ammorsamento • Valutazione dello stato tensionale esistente su pareti portanti interessate da tale intervento a seguito dell'aumento di peso dovuto alla chiusura della parete	

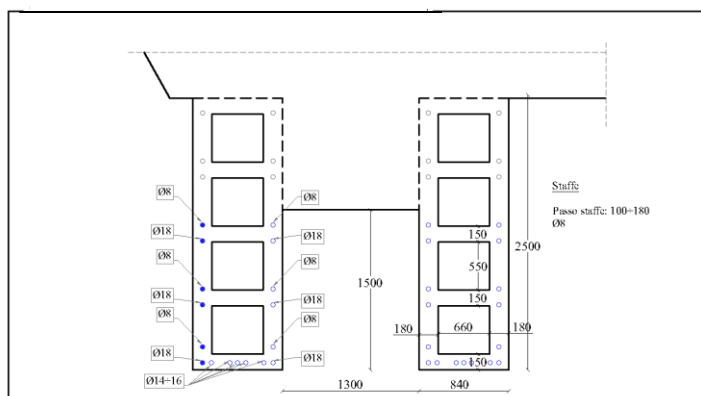
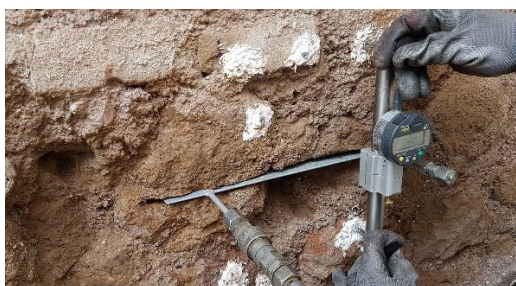
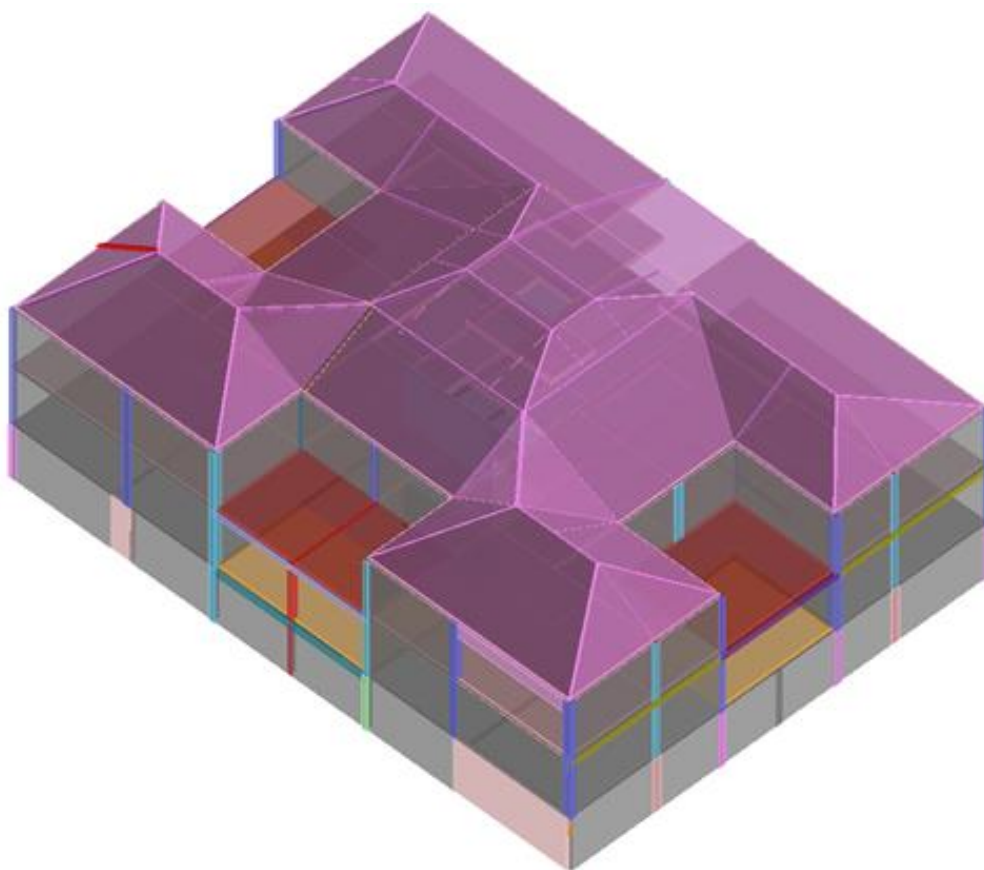
TIPOLOGIA D'INTERVENTO	
Realizzazione corpo scala	
EVIDENZA SU PLANIMETRIE	
	
<i>Planimetria originaria</i>	<i>Planimetria attuale</i>
INDAGINI DA PREVEDERE	
• Rilievo quadro fessurativo • Saggi che permettono di accertare la presenza una struttura portante • Rilievo e verifica dimensionale struttura portante. • Esecuzioni indagini per la verifica caratteristiche meccaniche elementi struttura portante. • Valutazione dello stato tensionale esistente su pareti portanti interessate da tale intervento a seguito dell'aumento di peso dovuto alla chiusura della parete	

Verifica statica globale

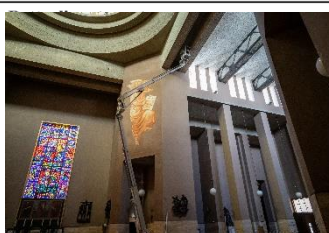
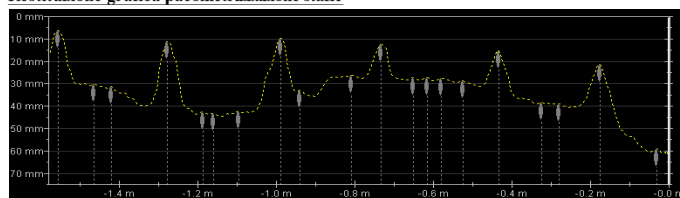
Effettuata la verifica statica locale, al fine di completare la verifica della struttura, è chiaramente necessario eseguire una verifica globale della portanza della struttura ai carichi verticali.

A tale scopo le principali sottofasi di questa verifica sono:

- **Rilievo strutturale.**
- **Indagini sui materiali.**
- **Realizzazione di un modello di calcolo** con appositi programmi di modellazione FEM.



Restituzione grafica pacometrizzazione staffe



Nota: misure espresse in millimetri.

● Barra d'armatura rilevata tramite saggio ○ Barra d'armatura rilevata tramite rilievo pacometrico

Conclusioni

Con il presente articolo si è inteso stilare delle sintetiche linee guida per valutare le condizioni statiche di quegli edifici storici che negli anni vengono sottoposti a numerose modifiche o alterazioni di elementi portanti.

Il tutto si può suddividere in una serie di fasi e verifiche qui di seguito elencate.

- **Ricerca documentale** di tutti i documenti depositati agli atti relativi alla struttura in esame
- **Ispezione visiva** di tutto il fabbricato per documentare eventuali situazioni di cattiva manutenzione e/o stati di degrado
- **sopralluoghi accurati** estesi a tutti i piani e a tutte le zone dell'immobile
- **Rilievo geometrico e strutturale aggiornato** che consenta la sovrapposizione ed il confronto con le tavole degli anni addietro e con la documentazione già agli atti
- **Verifiche locali** per gli interventi eseguiti negli anni passati
- **Verifica statica globale** della struttura che preveda quindi, ai fini della creazione di un modello di calcolo con appositi programmi di modellazione FEM, un piano di indagini sui materiali ed una verifica strutturale dell'intero immobile secondo quanto previsto dalle attuali Normative in materia di controlli di sicurezza strutturale.

In sintesi, dalla ricerca storico-documentale si documentano tutti gli interventi eseguiti negli anni che potrebbero aver modificato, anche in modo sostanziale, le caratteristiche statiche originarie dell'edificio in esame e grazie ad una serie di ispezioni visive vengono documentati gli stati di degrado in atto nella struttura.

Tutta questa macro-fase preliminare serve ad eseguire un'analisi di fattibilità per la verifica strutturale conseguentemente alle modifiche riscontrate sulle strutture, per la valutazione della possibilità di una verifica statica globale dell'intero palazzo, per la stima dei costi relativi a tali accertamenti, oltre ad una previsione economica di un eventuale futuro consolidamento.

Quindi, per ognuna delle difformità riscontrate, vengono pianificate le indagini necessarie per eseguire gli accertamenti necessari e per avere riscontro che, a seguito di modifiche strutturali, siano state prese tutte le dovute precauzioni per garantire le condizioni di sicurezza dell'elemento modificato, oltre a quelle per l'intero immobile.

Per una conferma oggettiva di quanto sviluppato sullo stato di fatto delle varie zone dell'edificio in esame, e per la verifica statica di tutto il palazzo nel suo insieme, viene quindi redatto un piano di indagini esaustivo, riassunto nella tabella qui di seguito esposta, con l'elenco generale degli interventi che sarà necessario prevedere, al fine di ottenere risposte oggettive che confermino che le modifiche riscontrate siano state eseguite a regola d'arte e che l'intero immobile sia in sicurezza per quanto concerne l'aspetto statico e strutturale.

ATTIVITÀ DA PREVEDERE
Sopralluoghi di nostri ingegneri. Approntamenti di cantiere. Studio ed organizzazione delle indagini. Assolvimento "Obblighi della Sicurezza" (Rif. D.Lgs. 81/2008). Assistenza prove.
ISPEZIONE VISIVA DI DETTAGLIO DI TUTTE LE ZONE E DI TUTTI I PIANI
AZIONI E INDAGINI NECESSARIE PER LA VERIFICA LOCALE DEGLI INTERVENTI ESEGUITI NEL CORSO DEGLI ANNI Sopralluoghi per ogni zona da verificare Rilievo quadro fessurativo Indagine termografica Rilievo Georadar Saggi e rilievi dimensionali, geometrici e strutturali Indagini per la verifica delle caratteristiche meccaniche delle nuove strutture portanti Martinetto Piatto Singolo e Doppio Verifica del nuovo schema statico Relazione Tecnica Conclusiva
VERIFICA STATICA GLOBALE DEL PALAZZO Indagini e scavi in fondazione Indagini Materiali Rilievo Strutturale Modellazione FEM della struttura