

# Laboratorio di Restauro Architettonico

prof. Luigi VERONESE

L'operazione di restauro viene attuata tenendo conto - almeno in campo architettonico - di un riutilizzo del manufatto secondo le esigenze e le normative odierne; in alcuni casi sono dunque necessari degli adeguamenti.

Appunti di Riccardo Maria Polidoro  
riccardo.polidoro.org

Come affermato da Cesare Brandi, comunemente si intende per restauro qualsiasi intervento volto a rimettere in efficienza un prodotto dell'attività umana; a rigore però è oggetto di restauro (e non riqualificazione, rifunzionalizzazione, ...) solo il prodotto (eventualmente edilizio) che ha un proprio interesse o valore intrinseco.

Come anticipato, il restauro è caratterizzato da una tecnica comune a tutti i beni culturali; in architettura però bisogna tener conto del nuovo uso dell'opera, apportando gli adeguamenti necessari.

**Bene Culturale:** Tutto ciò che costituisce testimonianza materiale avente valore di civiltà

- Commissione Franceschini-Papaldo, 1964-1966

Le dinamiche effettive alla base del restauro dipendono dalla sensibilità personale del tecnico verso il rispetto della autenticità; scomponibile nei seguenti principi fondamentali:

- Rispetto per la preesistenza (anche in forma e significato);
- Minimo intervento (adottare la soluzione di minimo impatto che garantisce i requisiti necessari);
- Distinguibilità (del nuovo intervento rispetto all'originale);
- Compatibilità (soprattutto con l'antico: il CLS nel tempo rilascia sali che deteriorano la pietra);
- Reversibilità (condizione per lo più ideale, si tenta di rendere il proprio intervento asportabile per consentire l'attuazione di nuove strategie, frutto dell'evoluzione della disciplina).

La prima fase della conoscenza, se ben condotta, si divide in due importanti (e intersecanti) componenti:

- Conoscenza diretta: sull'edificio (tra cui il rilievo);
- Conoscenza indiretta: da documenti e altre fonti.

Emblematica è il caso della ricostruzione dell'Arena Flegrea per il Giubileo del 2000 ad opera di Giulio de Luca, architetto dell'opera originale, per spiegare come - essendo l'edificio caratterizzato da uso (che attribuisce al proprietario) e bellezza ("proprietà" comune di tutti), per dirla con le parole di Victor Hugo - per comprendere l'illegittimità dell'intervento successivo di un progettista su una propria opera (previsto dalla legislatura italiana, che non tutela le opere di autore vivente e con meno di 70 anni): il progetto originale, abbattuto, era stato premiato in virtù di valori architettonici che la nuova opera non è riuscita ad eguagliare, non essendo riconosciuta nei suoi valori originali.

Altro oggetto fondamentale degli studi di restauro è il rapporto tra causa ed effetto: l'effetto è ciò che porta a determinare l'esigenza di un intervento, essendo visibile; per un restauro efficace bisogna però individuare la causa, operazione molto più complessa pur esistendo una sorta di corrispondenza tra forma, andamento, posizione di una lesione e la relativa causa.

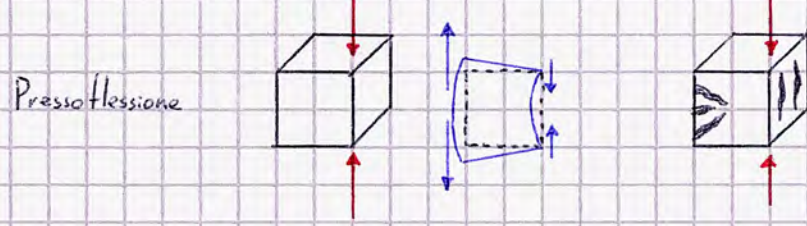
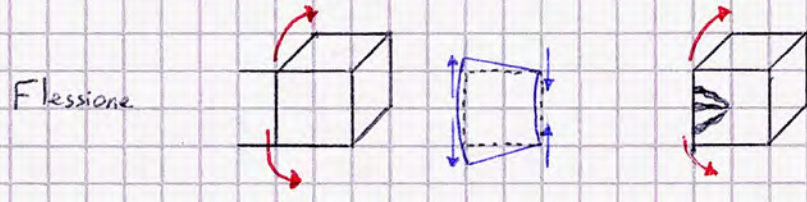
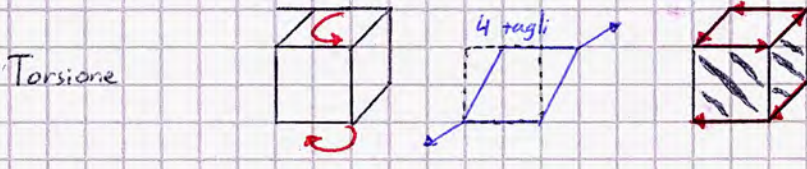
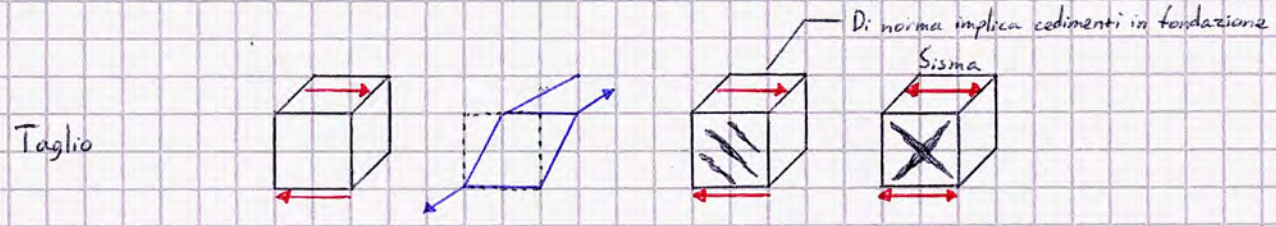
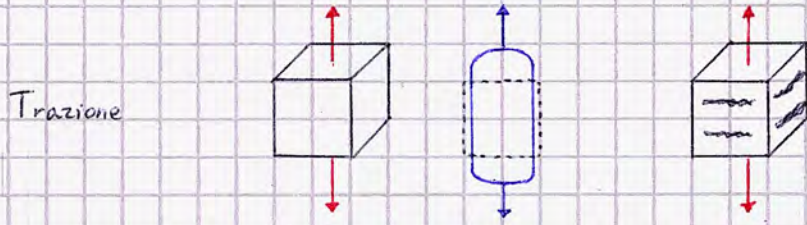
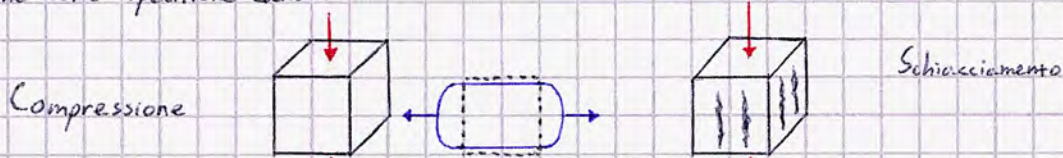
Gli effetti sugli edifici si dividono in due macrocategorie:

- Degrado: danni prodotti dall'interazione edificio-ambiente (acqua, vento, aria salmastra, esalazioni industriali...) che produce effetti in superficie (azioni chimiche e fisiche);
- Dissesto: danni strutturali o comunque rottura meccanica di elementi (azioni meccaniche, con particolare riguardo alla statica).



Il quadro fessurativo di un edificio è fondamentale per comprenderne le dinamiche: su un generico elemento in muratura infatti è possibile associare ad ogni tipo di lesione delle specifiche cause:

**⚠ Un degrado molto spinto può portare a dissesti!**



In via del tutto schematica, si può dire che in occasione di lesioni a giacitura verticale occorre controllare i livelli superiori dell'edificio (aumenti di carico), mentre per lesioni a 45° non dovute a sisma occorre valutare preliminarmente le fondazioni; da ciò si comprende come le fessure in un edificio in muratura informino le compagne di analisi.



Tipica lesione da cedimento in fondazione

Nell'approccio alle lesioni è sempre fondamentale il confronto con le fonti, soprattutto se di archivio; tra le fonti di principale interesse nel campo del restauro si segnalano quelle:

- Scritte: documenti, lettere, giornali, spartiti musicali...
- Materiali: Architettura, oggetti, manufatti...
- Orali: testimonianze, interviste...
- Iconografiche: quadri, dipinti, stampe, fotografica, cinema...

Le analisi, che vanno ripetute nel tempo, vanno preferibilmente condotte secondo un ordine: si parte dall'analisi diretta per poi soffermarsi sull'analisi indiretta...

Per conoscere lo stato degli studi sul manufatto oggetto di restauro si procede a:

- Individuare i dati certi e le contraddizioni tra dati;
- Evidenziare le interpretazioni contrastanti tra dati.

Le fonti sono raccolte in Archivio (documenti originali), Biblioteche (libri con interpretazioni e dati elaborati in base ai documenti) e Edifici (anche scritte sui muri, fondamentali: nella stanza di Pompei!)



Analisi diretta: fondamentale è l'operazione di rilievo (non solo rilevamento)

- Rilevamento geometrico dell'edificio;
- Analisi delle tecniche murarie per individuare l'epoca di realizzazione (mensiocronologia);
- Definizione del quadro fessurativo;
- Analisi dei fenomeni di degrado;
- ...

↳ Datare tutte le murature presenti; ad esempio, il piperno è stato usato a Napoli tra '400 e '700.

Fondamentale è l'intersezione tra dati diretti e indiretti!

Trilaterazione: procedimento di rilevamento utile per riferire l'edificio ad un sistema di riferimento esterno, operazione fondamentale per:

- Definire misure indipendentemente dalla presenza o meno di elementi;
- Definire angoli tra pareti, variazioni di spessore delle pareti.

Il progetto di restauro ha un unico procedimento metodologico scorribile in tre fasi:

- Conoscenza
- Progetto
- Valorizzazione

La presentazione di un progetto di restauro può seguire un iter simile al seguente:

## 1) Analisi

### ① Inquadramento e stato attuale

1. Inquadramento urbano e territoriale
2. Inquadramento urbanistico (riportando le Norme Tecniche di Attuazione)
3. Rilievo fotografico (planimetria con coni ottici riferiti a foto da datare)

### ② Indagine storica

1. Ipotesi di evoluzione storico-morfologica del manufatto con schemi grafici esplicativi prodotti a seguito di operazioni di:
  - Analisi diretta
  - Ricerca bibliografica
  - Valutazione volumetrica di addizioni e trasformazioni rapportate alla documentazione storica.

### ③ Rilievo

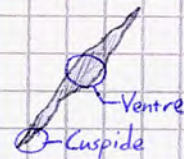
1. Rilievo geometrico con spiegazione della metodologia di rilievo ed eidotipi
2. Rilievo materico: murature e materiali

## 2) Progetto

### ① Consolidamento

1. Diagnosi dei dissesti (lesioni e altri danneggiamenti strutturali) con quadro fessurativo
2. Progetto delle indagini diagnostiche (da condurre in base a 2.1.1)
3. Interventi di consolidamento
4. Rimozione del degrado (ad esempio dovuto all'umidità)

### Controllo delle lesioni



Per la misura, è buona pratica durante un sopralluogo inserire dei riferimenti per capire se la lesione è attiva o meno (sono sufficienti dei chiodi legati con un filo teso: se si spezza, la lesione è attiva); una tipica applicazione prevede l'uso di deformametri, ventri millimetrati che scivolano tra loro.



## ② Adeguamento funzionale (meglio se con reddito: l'edificio si autofinanzia!)

1. Scelta della destinazione d'uso (compatibile con la conservazione del manufatto)
2. Adeguamento alle normative (barriere architettoniche, antincendio...)

## ③ Conservazione delle superfici

1. Dimostrare i motivi alla base delle scelte progettuali

## Umidità negli edifici e conservazione delle superfici

La conservazione ricercata dal Restauro non si limita all'estro artistico: si interessa anche del modo di costruire e del sapere tecnico; ne segue che in un intervento di Restauro bisogna innanzitutto comprendere il funzionamento architettonico e tecnologico dei sistemi su cui si interviene.

L'acqua è una delle cause più pericolose nella conservazione degli edifici; tenendo conto che è impossibile eliminare il contatto tra acqua e edificio (come evidente nelle fondazioni, sempre a contatto con il terreno), piuttosto che isolare bisogna individuare aree in cui il contatto acqua-edificio è ammissibile.

I fenomeni di umidità nelle murature si classificano secondo 4 famiglie:

- Risalita capillare: fenomeno che parte dal piano fondale, è legato alla presenza d'acqua nel terreno (da falda o assorbita in seguito ad eventi meteorici);
- Umidità meteorica: legata all'impatto tra gocce di pioggia ed edificio;
- Umidità da condensa: dovuta a una differenza di umidità relativa in ambienti adiacenti, si concentra in corrispondenza di ponti termici. Si classifica a sua volta in:
  - Superficiale;
  - Interstiziale.
- Umidità accidentale: è causata dal malfunzionamento o dalla rottura di apparecchi e impianti idrici o idrico-sanitari; ha effetti analoghi all'umidità meteorica ma si distingue da essa in virtù del fatto che è dovuta al sistema di canalizzazione delle acque. In questa categoria rientra anche il malfunzionamento dei rompigoie negli sporti, che provoca un contatto tra acqua e facciata.

Nelle rappresentazioni grafiche, si differenziano gli effetti dell'umidità riscontrati in relazione alle differenti cause (le cause differenti corrispondono differenti soluzioni!).

## Risalita capillare (umidità da)

È il fenomeno di più semplice individuazione, essendo definito da caratteristiche evidenti: l'acqua nel terreno, attratta dalle fondazioni, risale finché la muratura non entra in contatto con l'aria esterna; in questa zona essa tende ad evaporare in una fascia di circa 1m di altezza, bagnando il basamento (tipicamente, salvo impermeabilizzazioni) dell'edificio. Il fenomeno provoca il distacco degli intonaci o macchie di umidità su entrambe le facce della parete.

A volte l'acqua supera il metro da terra nella risalita: ciò è spesso legato alla realizzazione di interventi di impermeabilizzazione che, più che risolvere una risalita preesistente, la aggravano.

### Consigli redazionali

- Scala di rappresentazione minima 1:50
- Indicare in ogni elaborato una scala metrica, il nome dell'elaborato e la posizione in riferimento ad un navigatore (mini-planimetria che indica la posizione dell'elaborato nel contesto).
- Riferirsi alla **NORMativa Materiali Lapidei (NORMAL)**

### Si ricordi che:

- Dissesto  $\Leftrightarrow$  legato a cause meccaniche, provoca lesioni
- Degrado  $\Leftrightarrow$  legato agli agenti atmosferici



Muratura



M. a sacco



Calcare



⚠ È fondamentale non confondere l'umidità di rimbalzo, dovuta al rimbalzo di gocce d'acqua in caduta da sporti e pluviali e che interessa un'altezza di 1m sulle sole superfici esterne del manufatto, per umidità da risalita: la causa è completamente differente! Occorre quindi valutare sempre le condizioni delle facce interne delle pareti.

## Umidità meteorica

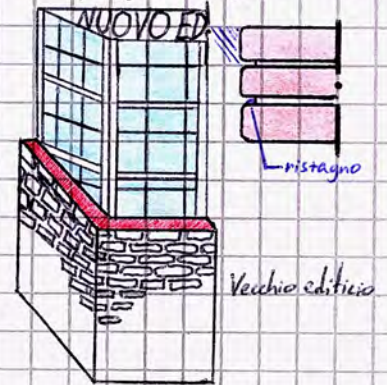
Logicamente, uno dei problemi principali nel Restauro è come intervenire per incanalare l'acqua? Ciò richiede sempre un attento studio delle pluviali.

L'umidità meteorica provoca effetti di degrado; non potendo intervenire sulla causa (la pioggia) bisogna evidentemente limitarne gli effetti!

L'acqua piovana provoca danni unicamente nelle zone in cui può ristagnare, come nello spazio occupato dalla malta tra due conci o negli interventi di sottosquadro, in cui un edificio nuovo si contrae con l'esistente ponendosi in un piano di facciata arretrato rispetto a quello dell'edificio esistente; in questi casi è importante il progetto di sporti, falde ed altri sistemi di protezione dall'umidità (problema frequente nell'architettura del Movimento Moderno).

Gli effetti dell'umidità meteorica sono più evidenti a Nord (non essendovi sole diretto); detti effetti sono:

- dilavamento
- rigentimento degli intonaci
- ritiro dell'intonaco



## Umidità ambientale

Soprattutto nel caso di edifici vicini al mare, se l'aria (trasportando goccioline d'acqua) o la pioggia contiene sostanze naturalmente pericolose per l'edificio (come i cloruri, che con la pioggia trasformano la malta in gesso, perdendo coerenza), possono determinarsi fenomeni di degrado tra cui il distacco degli intonaci.

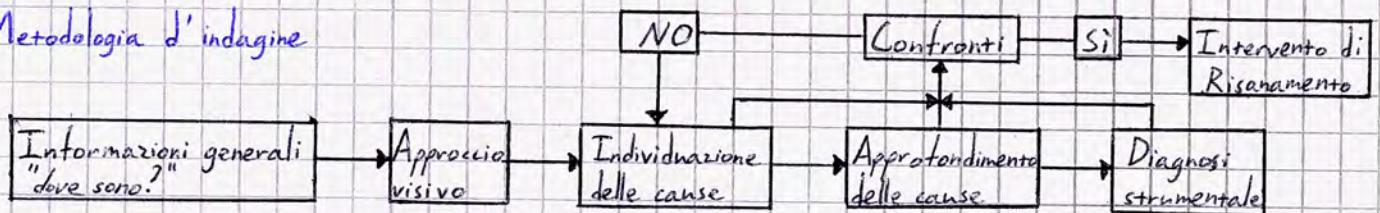
## Umidità da condensa

Motivo alla base della posa in opera di piastrelle sulle pareti di bagno e cucina, il fenomeno è causato da una repentina differenza di temperatura che provoca una brusca condensazione del vapore sulle [nelle] pareti. Per lo stesso motivo, si tende a occupare la zona Nord di una planimetria con camere, studi o altri ambienti non destinati alla produzione di calore o umidità.

## Umidità accidentale

Dovuta alla rottura o al malfunzionamento di impianti sanitari o idrici.

## Metodologia d'indagine



La metodologia, valida per qualsiasi intervento di Restauro, parte sempre dall'individuazione del dissesto.

Di norma, dallo studio del rapporto tra acqua e edificio derivano:

Tavola dell'umidità: l'edificio, rappresentato a una scala idonea, viene grafizzato per evidenziare le diverse cause dell'umidità presente

Tavola dell'allontanamento delle acque: individua tutti gli interventi progettati per l'allontanamento delle acque meteoriche.



## Metodologie di indagine diagnostica

Le indagini strumentali, tendenzialmente invasive e costose (vanno quindi effettuate solo in punti in cui è altamente probabile ci sia un problema), si dividono in base allo strumento utilizzato in *invasive, semi-invasive, non invasive*.

Per ciò che concerne la valutazione dell'umidità nelle murature, si propongono di seguito gli strumenti più utilizzati.

**Psicrometro:** misura il contenuto di umidità nell'aria, è composto da due termometri affiancati (uno asciutto, uno bagnato) che, tramite la loro differenza di temperatura, consentono di valutare il grado di umidità relativa.

**Misuratore al carburo di calcio:** è essenzialmente composto da un recipiente a tenuta (in cui si inserisce un campione del materiale da valutare) sormontato da una fiala con carburo di calcio che, reagendo con l'acqua, produce acetilene; un manometro misura la pressione dell'acetilene, consentendo una misura efficace dell'umidità.

Indagini simili vanno condotte su superfici importanti dal punto di vista del Restauro, come gli affreschi.

**Igrometro:** strumento che, poggiato su una parete, consente di valutarne l'umidità in un punto tramite delle resistenze elettriche. La sonda è composta da elettrodi a punta; essendo la misura puntuale occorre effettuare una battuta di misure in un reticolo definito, nel caso in cui siano necessarie misure in profondità si possono utilizzare sonde a inserzione.

Bisogna effettuare un controllo sui sali presenti nella muratura, che possono influenzare la misura.

**Termografia:** si effettua con una sorta di macchina fotografica che acquisisce dati in base all'emissione di calore dei materiali, dopo esser stati eccitati termicamente (ogni materiale ha una risposta differente); un'immagine termografica, realizzata in falso colore, presenta colori dall'ultravioletto all'infrarosso che consentono di distinguere il calore rilasciato dallo specifico materiale.

Una misura termografica efficace va condotta a circa 1 metro dalla superficie da valutare; essa produce un'immagine "reale" abbinata ad una in falso colore dotata di una scala metrica centrata sulla temperatura media rilevata.

Per ottenere risultati precisi, è necessario riscaldare le superfici da esaminare con una lampada termografica che, surriscaldando la superficie, determina un miglior rilevamento dell'emissività dei materiali, consentendo di rilevare differenze di temperatura anche a 2-3 cm di profondità (intonaco).

Poiché un materiale bagnato è tendenzialmente più freddo, con una termografia è possibile valutare indirettamente e qualitativamente l'umidità (e la presenza di ponti termici).

⚠ Su superfici bagnate, l'acqua non è mai neutra, presenta sempre dei sali; la salinizzazione provoca efflorescenze, pitting, decoesione...  
È quindi importante studiare i sali contenuti in acqua per comprendere i fenomeni di degrado.

Carla Arcoleo in *La Chimica del Restauro* parla di come un'indagine di Restauro coinvolga tutti e cinque i sensi: il gusto è utile per effettuare distinzioni tra forme diverse di degrado dovute alla acqua, che possono formare sali o ionizzare sostanze basiche ("dolci")

## Interventi

Ricordando che, ad oggi, l'obiettivo del restauratore non è eliminare, ma allontanare l'acqua dalla muratura, si distinguono 3 filosofie di intervento:

• **Sbarramento:** tendono a fermare l'umidità da risalita;

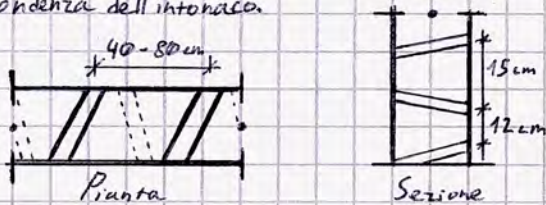
• **Allontanamento dell'acqua dalla parete:** soluzione perimetrale, vertice ad escludere il contatto con l'acqua tramite drenaggi, intercapedini, vespai;

• **Sistemi di evacuazione dell'acqua nelle pareti:** puntano ad aumentare la capacità evaporativa della superficie esterna con intonaci porosi.

Tra questi, i sistemi di allontanamento seguono una filosofia per cui è ammissibile che le murature e le fondazioni degli edifici, il problema è legato al fatto che l'evaporazione porta ad erodere gli intonaci e i mattoni; per arrestare il fenomeno di risalita ad altezze inferiori al metro si tentano più sistemi.



Il sistema più antico di allontanamento è il sitone, elemento cilindrico o prismatico in materiali prismatici (porosi) inseriti nelle murature a partire da circa 20 cm fuoriterra e con una maglia di apertura 40-80 cm alternata essendo permeabili, gli elementi consentono un più facile scolo ed evaporazione, attraendo l'acqua che non evapora più in corrispondenza dell'intonaco.



Metodo elettro-osmotico: sistema temporaneo che agisce sul dipolo di  $H_2O$ , inserendo un catodo e un anodo si interviene sull'acqua ionizzandola; richiedendo energia elettrica, il metodo è utilizzato spesso nelle fasi intermedie di un intervento in fondazione: il campo elettrico asciuga la fondazione, si effettua l'intervento contro l'attacco d'acqua e si rimuove il sistema.

CNT Demodry: evoluzione dell'elettrosmosi, utilizza un dispositivo che neutralizza la carica elettrica nell'acqua di risalita entro un certo raggio; nell'evoluzione tecnologica è oggi tra gli interventi consigliati dalle Soprintendenze per allontanare l'acqua di risalita.

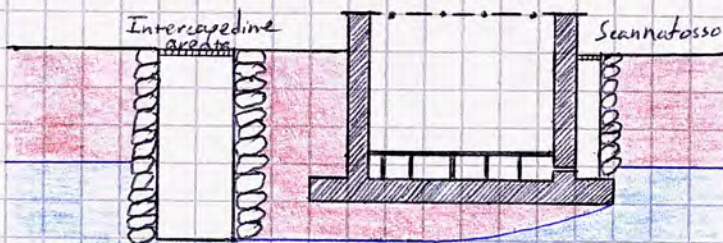
Tra i sistemi più antichi di sbarramento figura il taglio meccanico, in cui si tagliava il collegamento tra mura in elevazione e fondazioni a 5-10 cm da terra, interponendo una lamina di piombo; in questo modo l'acqua nelle fondazioni non si trasmette in elevazione. La tecnica, molto usata a Pompeii, è stata abbandonata a seguito degli sviluppi nel campo dell'ingegneria sismica in virtù dell'evidente pregiudizio strutturale; viene raramente applicata su piccoli manufatti archeologici.

Sbarramento chimico: si sostituisce alla barriera meccanica attraverso iniezioni di resine tramite una maglia di cannule (per colatura - necessario nelle murature antiche - o in pressione, a circa 2 atm); impedisce la risalita tramite una barriera chimica. Il metodo è stato recentemente messo al bando per la scarsa compatibilità e reversibilità.

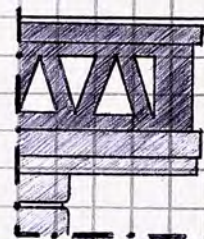
Intercapedine aerea: sbarramento d'acqua al livello fondale, prevede uno scavo a una quota leggermente inferiore al piano fondale, inducendo l'acqua ad evaporare in essa.

⚠ Gli interventi di iniezione richiedono di impermeabilizzare l'altra superficie e chiudere i vuoti (tranne nel caso di iniezioni su due lati, utili per pareti di spessore maggiore di 1 m).

Scannafasso: scavo al fianco della fondazione, è efficace se contestualmente si effettua un risanamento del primo calpestio, con un pavimento galleggiante o un vespaio collegato allo scannafasso per garantire la ventilazione. L'intervento indebolisce la fondazione.



Le sezioni-profilo significative vanno presentate in prossimità dei prospetti per fornire un'utile associazione tra gli elaborati e per comprendere come "funziona" la facciata; i principali problemi nelle facciate dipendono da ciò che c'è dietro (muri sperti, etc.); è quindi utile elaborare delle piccole sezioni-prospetto, utili ad esempio per capire come aggettano e si poggiano le cornici delle finestre.



Aggetto a via Carducci, 35, Napoli



06.06.2024 - Fine

Laboratorio di Restauro Architettonico

prof. Luigi Veronesi

Gianluigi De Martino

Raffaele Amore

18.06.24

28