

**Interventi di riduzione del rischio sismico in edifici privati**  
*- alcune riflessioni -*

**Nicola Cosentino**

Ing. PhD. - Libero Professionista - [cosentino@astens.com](mailto:cosentino@astens.com)



In questa breve comunicazione non intendo trattare un caso specifico ma riportare qualche riflessione su quelli che ritengo possano essere alcuni importanti elementi che ci coinvolgeranno, come professionisti, nella progettazione di interventi di riduzione del rischio sismico in edifici privati.



**OPCM 3274/2003**  
(e.s.m.i.)

**DM 58/2017**  
(e.s.m.i.)

----- = -----  
**EDIFICI PUBBLICI**

**EDIFICI PRIVATI**

Vorrei iniziare con la considerazione che deriva dalla proporzione illustrata nella diapositiva. L'impatto che il decreto 58 avrà sugli edifici privati sarà plausibilmente della stessa portata di quello che l'ordinanza 3274 del 2003 ha avuto sugli edifici pubblici rilevanti e strategici.

Nel bene e nel male: da un lato per le opportunità di sviluppo, conoscenza e mitigazione del rischio sismico; dall'altro per le "problematiche" da gestire, auspicando che si riesca a far tesoro dell'esperienza realizzata sugli edifici pubblici, per quanto possibile, nella consapevolezza che le diverse condizioni al contorno inevitabilmente imporranno anche diverse sfaccettature delle soluzioni.

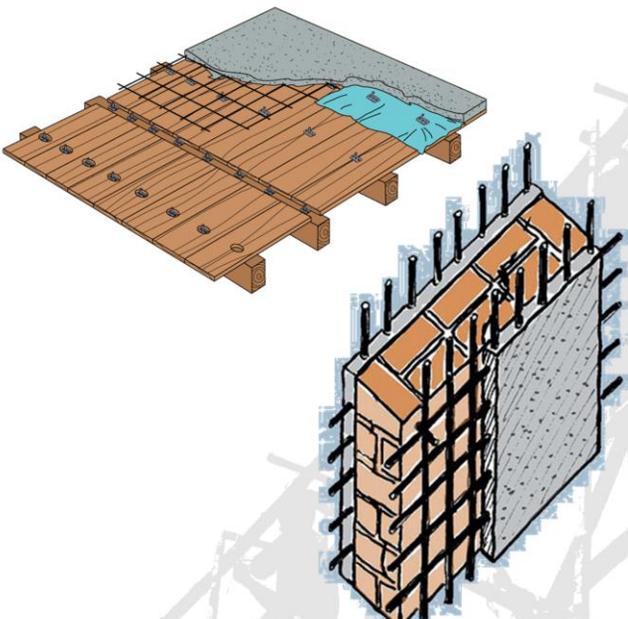
Mi riferisco in particolare alle conseguenze di una valutazione di sicurezza effettuata "in tempi di pace", ossia prima che si verifichi uno specifico danno e prima che siano stanziati delle somme per fare degli interventi (nella maggior parte dei casi ci sarà una generica intenzione di fare qualcosa).

Sappiamo, infatti, che le verifiche sono affette da elevato grado di aleatorietà (funzione del metodo di calcolo, della conoscenza della costruzione, della sensibilità del singolo tecnico, dalla maggiore o minore coerenza dei modelli proposti dalla stessa normativa al caso specifico, etc.). Sappiamo anche che la gestione dei risultati (spesso non particolarmente positivi, anche nei confronti delle azioni statiche "ordinarie", quantomeno sul piano teorico) comporta non poche difficoltà, problemi, imbarazzi.

In aggiunta, negli edifici privati, particolarmente in ambito di edilizia abitativa, c'è il tema del valore di mercato del bene: al momento possiamo solo immaginare le potenziali ripercussioni della "classificazione sismica", solo l'applicazione sul campo ci dirà quanto realmente il mercato sarà sensibile a questo tema (plausibilmente sarà funzione del grado di fiducia che la popolazione darà agli esiti del nostro stesso lavoro).

Regione Emilia-Romagna

Interventi edifici privati: rapporto benefici/costo

|   |  |
|---|--|
| <b>BENEFICI – COSTI</b>   |  |
| <b>INVASIVITA'</b><br>agibilità in corso d'opera<br>impatto su parti private<br>impatto finiture-impianti |  |
| <b>COSTO INTERVENTO</b><br>lavori strutturali<br>prezziari  |  |
| <b>AFFIDABILITA' TEORICA</b><br>model-based design<br>modelli di capacità<br>sovradimensionamenti         |  |
| <b>AFFIDABILITA' REALE</b><br>validazione esperienza  |  |
| <b>MODE DI INTERVENTO</b>   |  |

Quando, alla fine dell'iter valutativo e di «digestione» del risultato da parte del Committente, arriveremo al progetto degli interventi, ci scontreremo con il problema del rapporto «benefici/costi».

Se nell'ambito dell'edilizia pubblica l'ottimizzazione di tale rapporto ha un peso sicuramente importante, nel «mondo privato» raggiungerà livelli sicuramente superiori e spesso esasperati: i costi non sono «mai sufficientemente bassi» e i benefici «mai sufficientemente alti».

I costi indiretti, legati alla «invasività» dell'intervento strutturale avranno, nella maggior parte dei casi, un peso probabilmente dominante. Si pensi: alla necessità (quasi sempre) di dover effettuare interventi senza interrompere la fruibilità del bene (dalla continuità abitativa a quella produttiva); alla conseguente necessità di agire poco o per nulla nelle parti private degli edifici abitativi; alla necessità di interventi che abbiano minimo impatto su finiture e impianti; etc..

Conseguentemente, molti interventi «canonici» adottati con finalità di miglioramento della capacità sismo-resistente degli edifici, risulteranno proibitivi. Mi riferisco, ad esempio, ad irrigidimenti e consolidamenti generalizzati di solai e pareti (dei quali, peraltro, spesso si «abusa», con stime di domanda ed aspettative di efficacia probabilmente superiori a quelle realistiche).

Occorrerà quindi pensare a modalità di intervento compatibili con le nuove esigenze, che discendono dagli obiettivi fissati dal legislatore.

**Interventi edifici privati: rapporto benefici/costo**

**BENEFICI – COSTI**

**INVASIVITA'**  
agibilità in corso d'opera  
impatto su parti private  
impatto finiture-impianti

**COSTO INTERVENTO**  
lavori strutturali  
prezziari

**AFFIDABILITA' TEORICA**  
model-based design  
modelli di capacità  
sovradimensionamenti

**AFFIDABILITA' REALE**  
validazione esperienza

**MODE DI INTERVENTO**

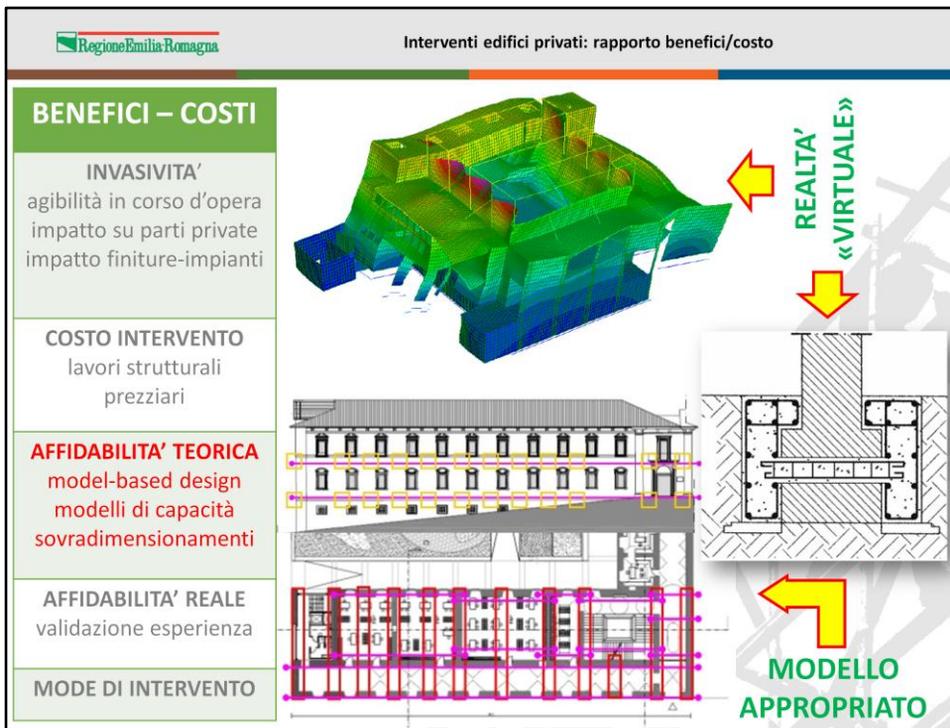





Ci sono poi i costi diretti, legati all'intervento strutturale in sé. Alcuni interventi sono di per sé costosi, per l'entità delle lavorazioni che richiedono, soprattutto se si valutano in relazione ai reali e «garantiti» benefici offerti.

In altri casi, sono i prezziari di riferimento a necessitare di aggiornamento/adeguamento ai reali prezzi di mercato ed alle reali condizioni esecutive. Diversi sono i casi di prezzi non aderenti ai costi di realizzazione, con stime sia in eccesso che in difetto.

Anche se per gli interventi privati l'adozione di prezziari ufficiali non sarà probabilmente cogente, questi costituiranno comunque un importante strumento in fase di progettazione.



Passando dai costi ai benefici, occorre anzitutto riflettere sulla quantificazione di questi ultimi attraverso un modello d'insieme dell'edificio. Le interfacce grafiche dei software e la potenza di calcolo sono ormai ad un livello tale da farci «vivere» una realtà virtuale molto verosimile. Talmente ben restituita che troppo spesso poniamo nei risultati e nella loro precisione molta più fiducia di quanto sia ragionevole porne.

Complice un quadro normativo che, se non altro, non «incentiva» una lettura critica dei modelli di calcolo, troppo spesso si assiste ad interventi dettati da questi ultimi. Si inverte, dunque, il «normale e corretto» processo che vorrebbe il progetto scaturire da «un'idea», basata sulla «conoscenza» (inclusa quella dello stato di fatto, nel caso di costruzioni esistenti). Il modello dovrebbe essere uno dei tanti elementi coinvolti nella formulazione dell'idea, primariamente finalizzato a «dimensionare» gli interventi pensati; non dovrebbe essere la guida principe del progetto, né (peggio) dovrebbe sostituirsi al progettista.

Casi probabilmente estremi sono gli interventi di rinforzo «a macchia di leopardo», concentrati sui soli elementi «non verificati» (è facile immaginare conseguenze controproducenti per il comportamento dinamico della struttura).

Frequenti sono anche interventi in fondazione dettati da analoghe ragioni (in assenza di qualsiasi evidenza di problematiche legate a carenze fondali), sulla base di modelli che, inevitabilmente, non possono appropriatamente tener conto: (i) della complessa interazione terreno-struttura; (ii) del grado di sovra-consolidamento del terreno sotto l'impronta fondale (peraltro non valutabile con prove geognostiche ordinarie); (iii) di coefficienti di sicurezza coerenti con quelli adottati ed adottabili sulla struttura in elevazione; (iv) etc..

Sul fronte opposto, altrettanto spesso si trascurano, nei modelli, importanti contributi alla capacità sismo-resistente offerti da interventi «tradizionali», la cui efficacia è stata ampiamente dimostrata dall'esperienza storica. Penso, ad esempio, al ruolo di sistematici incatenamenti nel miglioramento della risposta globale dell'edificio (operando sulla redistribuzione delle sollecitazioni in assenza di «piani rigidi») e non solo nel contrastare i meccanismi locali.

Interventi edifici privati: rapporto benefici/costo

**BENEFICI – COSTI**

**TABELLA DEL «BUON SENSO»**

| TIPOLOGIA STRUTTURALE                                | INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO LOCALE   | FINALITÀ DELL'INTERVENTO   | PASSAGGIO DI CLASSE DI VULNERABILITÀ |
|--|--|--|--------------------------------------|
| INERTI/MAGLIA MURARIA                                |  |  |                                      |
| <b>RAFFORZAMENTO LOCALE = INTERVENTO LOCALE (!?)</b> |  |  |                                      |
| mattoni o pietra lavorata                            | ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE <ul style="list-style-type: none"> <li>Ripristino dei danni o delle zone degradate</li> <li>Eliminazione delle spinte orizzontali non contrastate</li> <li>Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza)</li> <li>Collegamento dei pannelli murari agli orizzontamenti</li> </ul> INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI <ul style="list-style-type: none"> <li>Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Perseguire un comportamento d'insieme regolare e "scatolare".<sup>(18)</sup></li> <li>Posticipare l'attivazione dei meccanismi locali e/o fuori del piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi globali</li> </ul> | da V <sub>4</sub> a V <sub>5</sub>   |
| mattoni o pietra lavorata                            | ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE <ul style="list-style-type: none"> <li>Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate</li> <li>Messa in sicurezza di elementi non strutturali</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Perseguire un comportamento "regolare" e "scatolare".<sup>(19)</sup></li> <li>Ridurre al minimo il rischio di danno agli elementi non strutturali</li> </ul>  | da V <sub>4</sub> a V <sub>5</sub>   |

**AFFIDABILITÀ REALE**  
validazione esperienza

**MODE DI INTERVENTO**

**RISPRISTINO ZONE DANNEGGIATE E/O DEGRADATE = CONFERIMENTO OMOGENEITÀ E MONOLITICITÀ (!?)**

Molti interventi hanno dimostrato ampiamente la loro efficacia sul campo. Esempi importanti sono contenuti nelle stesse Linee Guida allegate al DM 58, con riferimento ai metodi semplificati, sia per le murature che per le tipologie in c.a. e prefabbricate. Ce ne sono sicuramente anche altri ma non è questa la sede per entrare in merito.

Si tratta, nella maggior parte dei casi, di interventi di tipo tradizionale che hanno avuto nel tempo sia un collaudo "strutturale" ad opera di eventi sismici più o meno importanti, sia una ottimizzazione del processo costruttivo e dei costi.

È per questa ragione che ho definito "tabella del buon senso" la tabella 6 delle linee guida. La possibilità di mettere in conto l'incremento di una sola classe è certamente molto cautelativa; il processo valutativo è senz'altro "grossolano" ma altrettanto "robusto" (poco influenzato da metodi aleatori ed a volte poco aderenti al "comportamento attendibile della costruzione").

Sul piano "terminologico", auspico che tra i "rafforzamenti locali" rientrino (senza dubbi interpretativi) tutti gli "interventi locali" così come definiti dalle NTC-2008. Auspico altresì che tra gli interventi di "ripristino delle zone danneggiate e/o degradate" possano rientrare tutti quegli interventi volti a migliorare il comportamento "monolitico" degli elementi murari (prima ancora che il comportamento scatolare): la perdita di monoliticità (dovuta a paramenti separati, murature mal tessute, eterogeneità prodotte da modifiche successive, etc.) è infatti tra le principali cause dei danni disastrosi, insieme ai meccanismi di primo modo.

**BENEFICI – COSTI****INVASIVITA'**

agibilità in corso d'opera  
 impatto su parti private  
 impatto finiture-impianti

**COSTO INTERVENTO**

lavori strutturali  
 prezzari

**AFFIDABILITA' TEORICA**

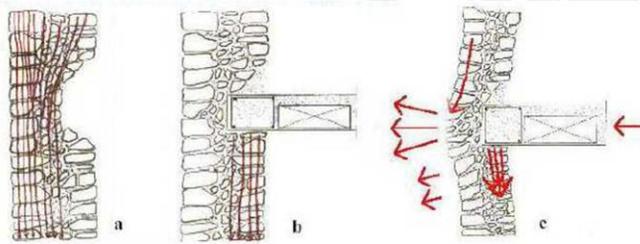
model-based design  
 modelli di capacità  
 sovradimensionamenti

**AFFIDABILITA' REALE**

validazione esperienza

**MODE DI INTERVENTO****NTC 2008 - § 8.5**

*Nelle costruzioni esistenti le situazioni concretamente riscontrabili sono le più diverse ed è quindi impossibile prevedere regole specifiche per tutti i casi. Di conseguenza, il modello per la valutazione della sicurezza dovrà essere definito e giustificato dal Progettista, caso per caso, in relazione al comportamento strutturale attendibile della costruzione ...*

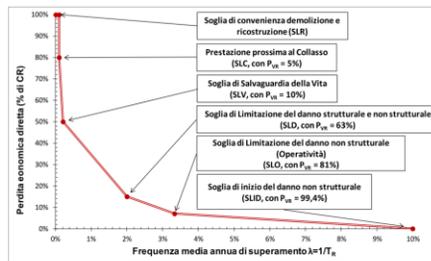


E' importante ricordare il contenuto del § 8.5 delle NTC-2008, laddove sottolinea che «...le situazioni concretamente riscontrabili sono le più diverse...»: sarebbero dunque da evitare le logiche progettuali «da manualistica».

D'altra parte, diversi ed esemplari sono i fallimenti di interventi effettuati in passato in maniera «generalista», spesso incentivati dalle stesse norme dell'epoca. Non vi è ragione per escludere che ciò possa ripetersi anche per alcune «mode in corso».

## LINEE GUIDA – ALLEGATO «A» DM 58

*La verifica dello stato limite di salvaguardia della vita è volta a minimizzare il rischio di perdite umane ma è bene tener presente che tale rischio non può mai ridursi a zero ... (diverso dal «senso comune»)*



*... l'attribuzione della Classe di Rischio pre e post intervento deve essere effettuata utilizzando il medesimo metodo e con le stesse modalità di analisi e di verifica ... (ma non sempre è possibile/corretto)*

Non andrebbe mai persa di vista la consapevolezza della «convenzionalità» delle analisi e le incertezze insite nei parametri e nei metodi di modellazione. Convenzionalità ed incertezze sottolineate nelle stesse Linee Guida (vedi ad es. i passaggi riportati nella diapositiva): tanto ovvie quanto difficili da far comprendere alla «collettività», che dai tecnici si aspetta certezze derivanti da una «semplicemente corretta applicazione di regole matematiche».

Eppure le incertezze e le aleatorietà che caratterizzano i nostri «oggetti» non sono sostanzialmente diversi da quelli tipici del mondo della medicina. Nel progetto delle nuove costruzioni abbiamo il vantaggio (rispetto ai medici) di poter utilizzare «margini di sicurezza» sufficientemente ampi (in senso lato, compreso l'uso di modelli particolarmente cautelativi); nel caso delle costruzioni esistenti, però, questo «lusso» non possiamo permettercelo, pena la creazione di allarmi e costi sociali non sostenibili (esattamente come accade in ambito medico).

**NTC 2008 - § 8.3**

*La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti potranno essere eseguiti con riferimento ai soli SLU.*

**NTC 2008 - § 7.3.7.2**

*...qualora la temporanea inagibilità sia dovuta a spostamenti eccessivi interpiano ...*

*a) per tamponamenti collegati rigidamente ...*

$$d_r < 0,005 h$$

*b) per tamponamenti progettati ad-hoc ...*

$$d_r \leq 0,01 h$$

*c) per costruzioni in muratura ordinaria*

$$d_r < 0,003 h$$

*d) per costruzioni in muratura armata*

$$d_r < 0,004 h$$

| Stato Limite | CR(%) |
|--------------|-------|
| SLR          | 100%  |
| SLC          | 80%   |
| SLV          | 50%   |
| SLD          | 15%   |
| SLO          | 7%    |
| SLID         | 0%    |

$$PAM = \sum_{i=2}^5 [\lambda(SL_i) - \lambda(SL_{i-1})] * [CR(SL_i) + CR(SL_{i-1})] / 2 + \lambda(SLC) * CR(SLR)$$

Una nota particolare vorrei dedicarla, in tal senso, all'inserimento dello SLD tra gli elementi che determinano il PAM, quindi la classe dell'edificio. Rilevo, in via preliminare che la valutazione dello SLD non è richiesta dalle NTC. Comprensibile la «ratio» con cui è stata inserita nel DM 58 ma non si può non rilevare che:

1. si tratta di una valutazione ad elevata convenzionalità (ancor più che per lo SLV);
2. i valori di riferimento del «drift di piano» riportati dalle NTC sono tutt'altro che cautelativi, se per «danno» si intende quello che porta alla «inagibilità» dell'edificio, nel senso e con il «metro di valutazione» comunemente adottati in sede di valutazione di agibilità post-sisma; un edificio, dunque, potrebbe risultare formalmente «adeguato» allo SLD ma danneggiabile da un sisma anche relativamente modesto ed essere reso «inagibile» a valle di questo (è facile immaginare i potenziali contenziosi che da tali convenzionalismi possono scaturire);
3. i miglioramenti in termini di SLD (peraltro difficili da ottenere perché richiedono interventi di irrigidimento diffuso) «pesano» molto poco nella valutazione complessiva della classe (PAM) rispetto ai miglioramenti della capacità allo SLV.

Infine, vorrei sottolineare l'importanza di (ri)dare al progetto strutturale la dignità che merita, non inferiore alle altre componenti progettuali. Troppo spesso viene relegato a mero processo calcolativo, volto a «sostenere» l'edificio o, in alcuni casi ancor peggio, ad adempiere ad obblighi burocratici («no! c'è anche la sismica» è una frequente esclamazione). E quando occorre intervenire, le strutture vanno «nascoste», quanto più possibile.

# FINE