



# Vulnerabilità sismica degli edifici in C.A nel comune di NOLE

Ing. Alessandro Fantilli

Ing. Walter Russo

La vulnerabilità sismica è un parametro rappresentativo della sicurezza dell'edificio, che definisce la capacità della struttura di resistere alle forze orizzontali generate dal sisma ed è calcolato come la percentuale di azione che la struttura è in grado di sopportare. Insieme alla pericolosità sismica (legata alla probabilità e all'intensità dei terremoti in una determinata zona) e il valore esposto (ovvero l'importanza dell'edificio) definisce il rischio sismico. Risulta essere l'elemento su cui i professionisti possono agire in modo concreto, ad esempio modificando la progettazione o intervenendo sulle strutture esistenti, ottenendo una miglior risposta sismica dell'edificio.

L'approccio scelto consiste nell'utilizzo di una strada semplificata e forfettaria per la determinazione della vulnerabilità. In primo luogo si applica la scheda CARTIS [3] per studiare il tessuto edilizio del comune piemontese di Nole, e, successivamente, si impiega il software CDM DOLMEN per la costruzione di due modelli (uno virtuale e uno reale), con la finalità di confrontare le risposte sismiche dell'edificio rappresentativo del comune. Questo confronto è utile per verificare la validità dei modelli e determinare quale metodo possa offrire la stima più accurata della vulnerabilità sismica.

## Prima Parte: La scheda CARTIS

La scheda CARTIS si rivela uno strumento fondamentale per analizzare il tessuto edilizio di un territorio urbano; si è considerato il caso del comune di Nole, collocato a circa 25km dal capoluogo Piemontese. Questa metodologia permette di suddividere il territorio in *comparti*, ovvero aree con caratteristiche omogenee in termini di materiali e tecniche costruttive. L'obiettivo principale è identificare una serie di strutture rappresentative, definite come *tipologie costruttive* tipiche, che descrivano una specifica zona, al fine di compilare un database del costruito locale e successivamente nazionale.

Grazie all'analisi delle cartografie storiche del comune, è stato possibile tracciare un profilo evolutivo, evidenziando come lo sviluppo urbanistico si sia trasformato nel corso degli anni. A partire dalle cartografie più antiche, sono stati identificati gli edifici preesistenti a quella data e, successivamente, integrandole con mappe più recenti, è stata delineata l'espansione del comune e definita la posizione degli edifici (Fig.2). Il territorio è stato suddiviso in tre comparti distinti (Fig.1), sulla base dell'età degli edifici, delle tecniche e dei materiali impiegati, che hanno subito evoluzioni significative nel tempo.

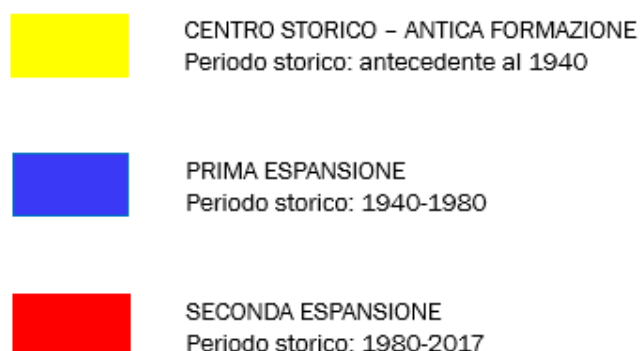


Fig. 1 - Suddivisione degli edifici per anno di costruzione

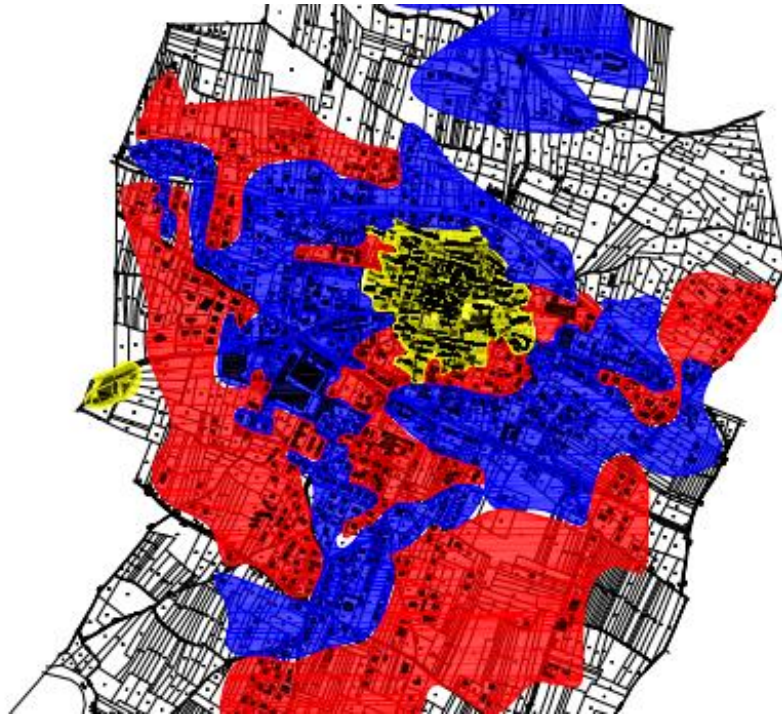


Fig. 2 – Estratto della mappa vettoriale con la perimetrazione dei comparti

Si osserva come la maggior concentrazione degli edifici in muratura si registra all'interno del centro storico, contrariamente le nuove strutture in cemento armato sono collocate all'interno dei comparti di prima e seconda espansione. Infine, l'indagine sul territorio ha reso possibile l'identificazione di un edificio rappresentativo del comune di NOLE, posto all'interno del comparto della seconda espansione, rispecchiando le caratteristiche tipiche di quel periodo.

### Seconda parte: Metodi speditivi per la valutazione della vulnerabilità sismica

L'edificio in esame è costituito da telai unidirezionali in calcestruzzo armato, costruito nel 2001. La struttura comprende un piano interrato, quattro piani fuori terra e una copertura. La pianta presenta una forma irregolare, con una dimensione massima nelle due direzioni di 23 m e un'altezza totale di 14 m. Lo sviluppo complessivo della pianta è di circa 350 m<sup>2</sup>.



Fig. 3 – Vista d'insieme della struttura analizzata

La struttura portante è in calcestruzzo armato, classificata come: *“prevalenza di telai tamponati con murature consistenti”*, ovvero con strutture a telaio integrate da muri di tamponamento. I telai sono disposti lungo una sola direzione, i pilastri hanno dimensioni comprese tra 25 e 45cm con una maglia strutturale che prevede un interasse tra i pilastri compreso tra 4.5 e 6m. La percentuale di armatura dei pilastri è di circa di 1% con staffe di diametro 6mm in un acciaio a barre lisce.

Piani totali	Altezza media interpiano [m]	Altezza media piano terra [m]	Piani interrati	Superficie media [m <sup>2</sup> ]	Età della costruzione	Uso prevalente
5	2.50-3.49	2.50-3.49	1	300-400	1997-2008	Abitativo

Fig. 4 – Caratteristiche principali dell’edificio in esame

Per la costruzione del primo modello, definito Virtuale (Fig.5), sono stati utilizzati i dati presenti nel database del Politecnico di Torino, che raccoglie le caratteristiche degli edifici in cemento armato costruiti tra il 1970 e il 2000. Utilizzando informazioni facilmente reperibili, come le dimensioni globali, l’ubicazione e l’età di costruzione dell’edificio, è stato possibile determinare le dimensioni caratteristiche degli elementi strutturali, la loro disposizione spaziale e la percentuale d’armatura. Per migliorare la risposta del modello virtuale, si è scelto di mantenere il più possibile la configurazione originale della pianta dell’edificio, in quanto la sua irregolarità può comportare un incremento delle forze orizzontali, derivanti dalla nascita di deformazioni torsionali, fortemente influenzate dalla non regolarità in pianta. Il modello presenta dimensioni globali comparabili a quelle dell’edificio, ma caratteristiche strutturali che risultano essere analoghe a quelle di edifici costruiti nel comune di Torino.

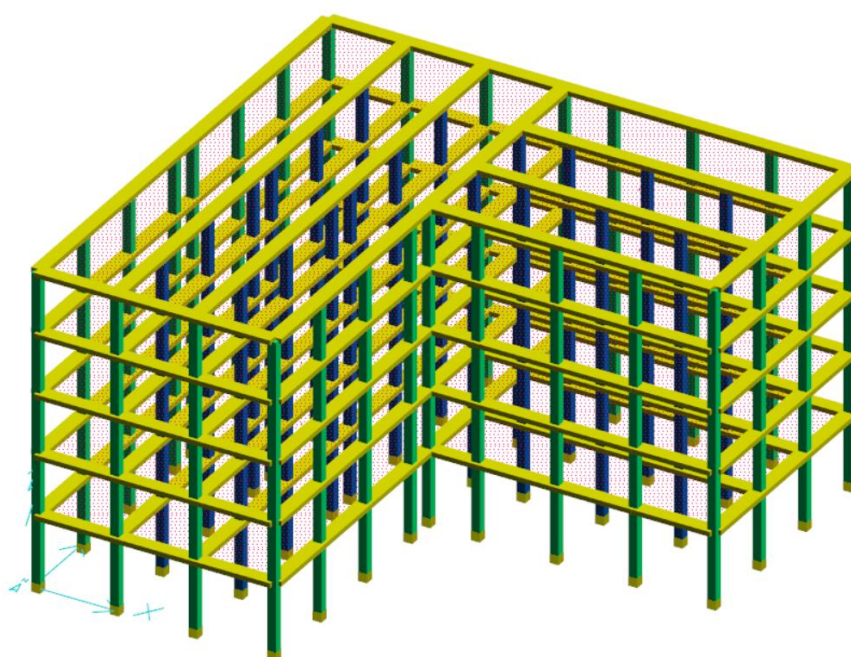


Fig. 5 - Modello VIRTUALE

Per la costruzione del secondo modello, definito come Reale (Fig.6), sono stati utilizzati i disegni strutturali impiegati durante la fase di costruzione dell'edificio, nei quali sono riportati sia la geometria che l'effettiva armatura predisposta per ogni singolo elemento. Ne consegue un modello, che riproduce con precisione il comportamento reale della struttura.

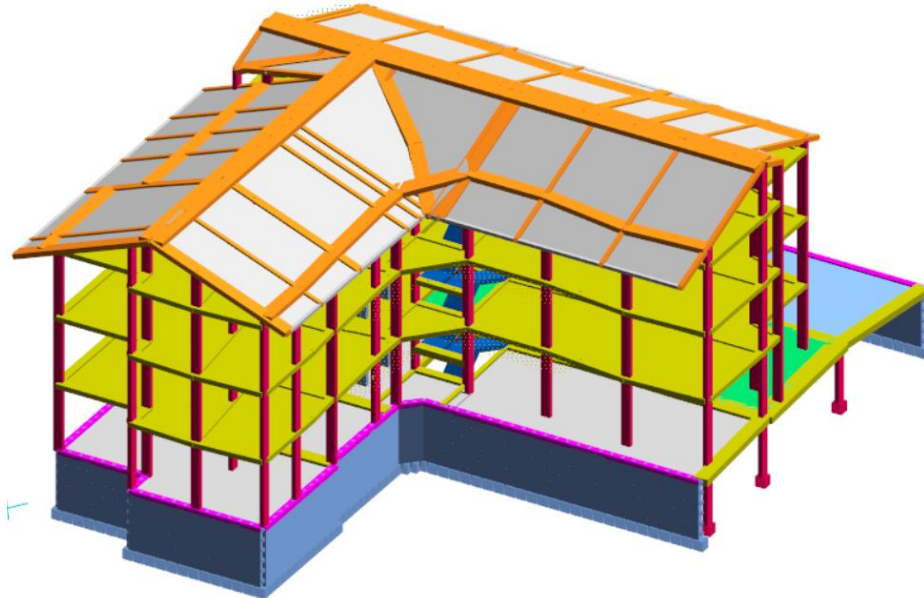


Fig. 6 - Modello REALE

Sulla base delle indicazioni fornite dalla normativa NTC 2018, l'azione orizzontale dovuta al sisma viene valutata in funzione delle coordinate geografiche del sito di esame, delle proprietà geotecniche del terreno di fondazione e della classe d'uso della struttura in oggetto. Attraverso l'analisi dello spettro di risposta (Fig.7), e valutato il comportamento dinamico dell'edificio, si determina l'accelerazione spettrale da applicare per calcolare l'azione sismica a cui la struttura è sottoposta. Nel caso specifico, è stato assunto un fattore di comportamento  $q=1.5$ , indicando un comportamento non dissipativo, e attraverso un'analisi dinamica lineare è stata ottenuta la risposta sismica dell'edificio.

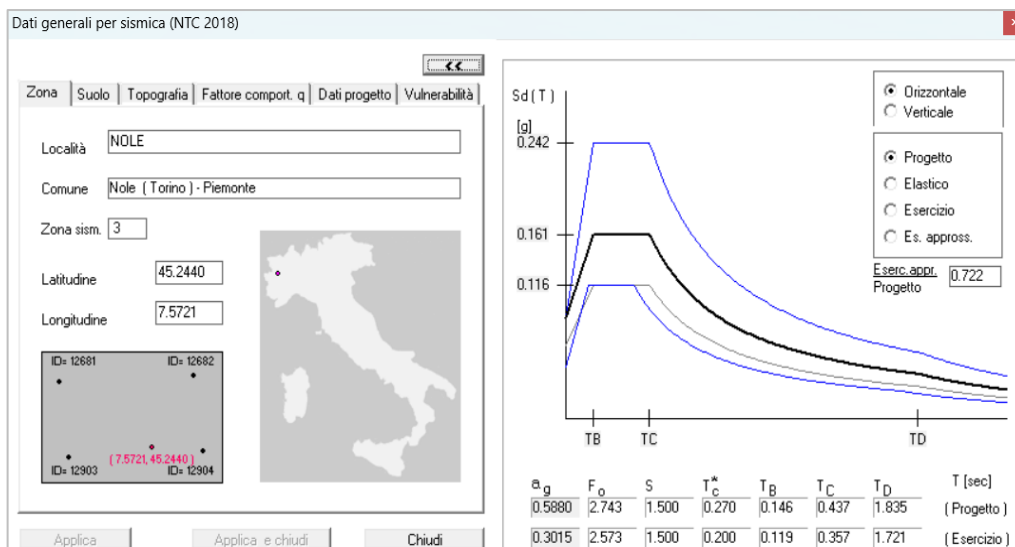


Fig. 7 - Spettro di risposta Nole

La valutazione della vulnerabilità sismica è stata effettuata mediante una metodologia iterativa, iniziando con un'azione orizzontale pari 10%. Tale azione è stata incrementata progressivamente in ciascun step del processo fino a raggiungere la capacità massima di resistenza degli elementi verticali sismo resistenti. L'analisi è stata applicata su entrambi i modelli strutturali, intervenendo direttamente sulle combinazioni di carico all'interno del software di calcolo (Fig. 8).

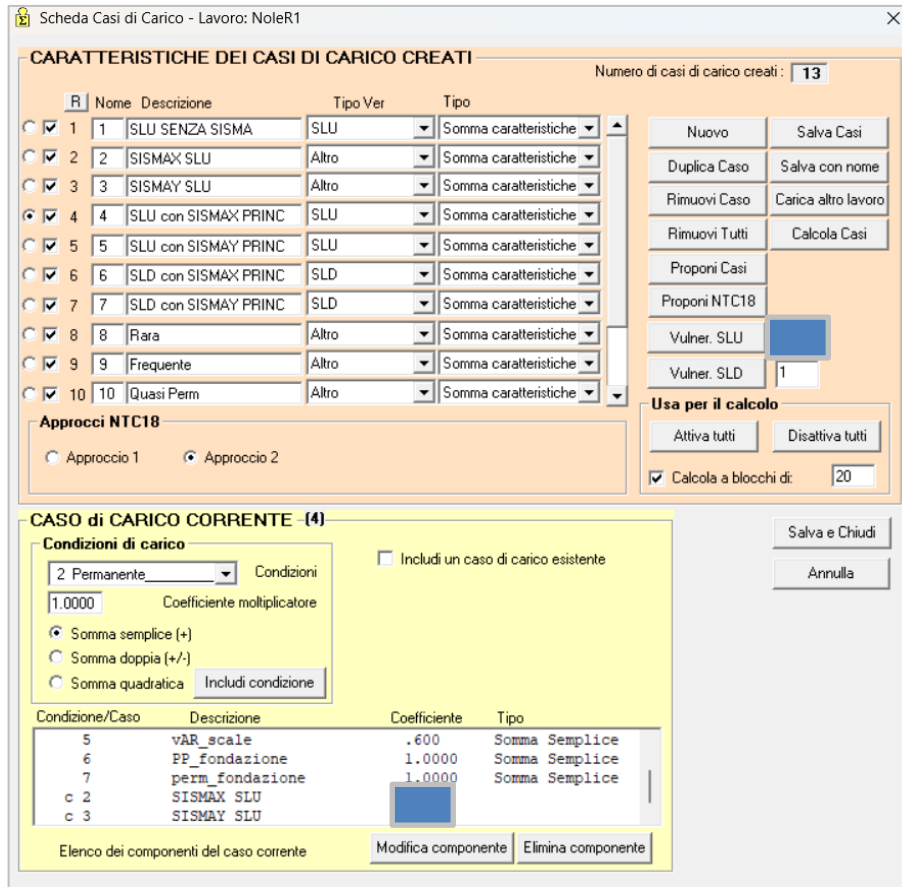


Fig. 8 – Combinazione di carico

Il risultato ottenuto, ovvero la percentuale di accelerazione sismica che la struttura è in grado di sostenere (Fig.9), consente di determinare la capacità residua della struttura in relazione alla sua vita nominale [4].

CASO	Modello	Vulnerabilità [%]
<b>3-NOLE AGG.</b>	VIRTUALE	80
	REALE	80

Fig. 9 – Vulnerabilità sismica edificio di Nole



## Conclusioni

I risultati ottenuti permettono di utilizzare il database del Politecnico di Torino, per la creazione di un modello virtuale degli edifici del comune di Nole, in quanto i valori riscontrati sono coincidenti. Ciò garantisce una buona approssimazione sia nella modellazione spaziale che nella definizione degli elementi strutturali, estendendo l'analisi anche alle strutture irregolari attraverso una disposizione più dettagliata dei pilastri. Grazie all'indagine condotta mediante lo strumento CARTIS, è stato possibile estendere l'indice di vulnerabilità a tutte le strutture situate all'interno della zona di seconda espansione del comune di Nole. Un aspetto di rilievo è la rapidità con cui sono state condotte le analisi, questo approccio consente di impiegare maggior tempo e risorse economiche su quelle strutture che richiedono un'attenzione maggiore, così da condurre indagini approfondite solo su edifici che presentano un rischio sismico significativo.

## Ringraziamenti

Si ringrazia il Dipartimento della Protezione Civile (programma di ricerca DPC Reluis - Politecnico di Torino -anni 2024-2026 – WP4 e WP11) per il supporto tecnico-scientifico nello sviluppo dell'attività di ricerca descritta nel presente articolo.

## Bibliografia

- [1] Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 *“Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”*.
- [2] Circ. C.S.LL.PP. n.7 21.01.2019, *“Istruzioni per l'Applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018”*.
- [3] Progetto Reluis 2014-2016, CARTIS 2014, *“Sviluppo di una metodologia sistematica per la valutazione dell'esposizione a scala territoriale sulla base delle caratteristiche tipologico-strutturali degli edifici”*.
- [4] CDM DOLMEN Srl, *“Indice vulnerabilità sismica Edificio in c.a.”*
- [5] Alessandro P. Fantilli, Bernardino Chiaia, Sean Ollearo, Giuseppe Stivala; Ingenio 2017 *“Valutazione semplificata della vulnerabilità sismica: gli edifici in CA del Comune di Ivrea”*.