



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Provincia di Ravenna

Settore Edilizia Scolastica e Patrimonio

Servizio Programmazione e Progettazione

LAVORI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELL'ISTITUTO "A. ORIANI" DI VIA A. MANZONI, 6 - FAENZA (RA) – 1° STRALCIO – FINANZIATO CON FONDI NEXT GENERATION EU PNRR – MISSIONE 4 – COMPONENTE 1 – INVESTIMENTO 3.3 PIANO DI MESSA IN SICUREZZA E RIQUALIFICAZIONE DELL'EDILIZIA SCOLASTICA. CUP J21B2000105001 - CUI L00356680397202100026

VARIANTE MIGLIORATIVA

Presidente: Michele de Pascale	Consigliere delegato Pubblica Istruzione - Edilizia Scolastica - Patrimonio: Maria Luisa Martinez
Dirigente responsabile del Settore: Ing. Marco Conti	Responsabile del Servizio: Arch. Giovanna Garzanti

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Ing. Paolo Nobile



Via Argirocastro, 15 - 48122 RA
Tel. 0544 453853
Fax 0544 450337
arcolavori@arcolavori.com



Laboratorio Città di Ferrara Engineering Srl
Via Bologna, 166/A - 44122 Ferrara (FE)
email: info@lcf.it - Tel. 0532 209093
P.Iva/ C.F.: 01663340386

LABORATORIO
CITTÀ DI FERRARA
ENGINEERING



Marco Peroni
Ingegneria

via Sant'Antonino 1, 48018 Faenza (RA)
tel. 0546/31433 – peroni@marcoperoni.it
p.i. 02043760392

TITOLO ELABORATO: VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Codice elaborato: STR 08	Revisione: 01	Data: 08/2024	Scala:	Nome file di archiviazione: 8. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA
------------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------	--

PROFESSIONISTA RESPONSABILE:

Arch. Daniele Spoletini
Ing. Marco Peroni
Ing. Giovanni Bertoli

FIRMATO DIGITALMENTE

Timbro e firma del Professionista

Rev.	Descrizione	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Data:
00					25/09/2024
01					
02					
03					

Categoria di intervento previsto e motivazione della scelta adottata

L'intervento oggetto di relazione rientra nella categoria "Intervento di Adeguamento Sismico" ai sensi del § 8.4 del D.M. 17/01/2018.

Nelle verifiche rispetto alle azioni sismiche il livello di sicurezza della costruzione è quantificato attraverso il rapporto tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione.

A livello di comportamento globale, viene svolta una analisi dinamica lineare (sismica) la quale garantisce che il comportamento complessivo del complesso edilizio comporti un indice di sicurezza ζ_E minimo superiore a 1.0 (poichè $\zeta_E = 1.0$ è il livello prestazionale minimo previsto dalle NTC18 a seguito di interventi di adeguamento per edifici in classe d'uso III a destinazione scolastica e edifici in classe d'uso IV), in ottemperanza a quanto riportato dal § 8.4.3. del DM 17.01.2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni).

Identificazione di vulnerabilità e meccanismi di danno attivi

Dal punto di vista statico il fabbricato non presenta criticità e/o elementi che ne limitino l'uso per cui è destinato, nè tanto meno necessita di interventi volti al ripristino delle condizioni di sicurezza. Pertanto, con il presente intervento di adeguamento si considerano gli interventi di carattere sismico.

Le vulnerabilità riscontrate nei confronti delle azioni sismiche vengono riassunte di seguito:

- a) Irregolarità in pianta;
- b) Setti del vano scala suscettibili di danneggiamento in caso di evento sismico;
- c) Impossibilità, durante il sopralluogo, di rilievo del quantitativo di armatura nei nodi trave-pilastro a causa della elevata intrusività e delle demolizioni ingenti che avrebbe richiesto una diagnostica specifica;
- d) Possibile cinematismo fuori piano dei tamponamenti esterni in laterizio faccia a vista e dei tramezzi interni;
- e) Tramezzi interni in laterizio suscettibili di pesante danneggiamento in caso di evento sismico.

Dalla "Verifica di vulnerabilità sismica" redatta nel 2022, si evince che le unità strutturali in esame presentano una prestazione di sicurezza sismica inferiore a quella minima accettabile (ζ_E pari al 60%), da intendersi in termini probabilistici, nei confronti di quanto richiesto dalla normativa vigente in materia di costruzioni esistenti (NTC 2018: Decreto Ministeriale n. 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2018 - Suppl. Ordinario n. 8.).

Pertanto, i risultati delle analisi svolte evidenziano la necessità di un adeguamento locale e globale della risposta sismica dell'edificio, intendendo con esso l'esecuzione di un insieme di opere ed interventi sufficienti a far conseguire allo stesso un maggior grado di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche, eliminando le vulnerabilità specifiche rilevate descritte nei paragrafi precedenti. Gli interventi comportano il miglioramento del comportamento in termini di rigidezza e deformabilità della struttura, oltre che della capacità deformativa ("duttilità") e di resistenza di singoli elementi.

Valutazione di sicurezza statica

La verifica della sicurezza di una struttura è volta a determinare l'entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere con un livello di sicurezza minimo.

Tale valutazione deve permettere di stabilire se:

- L'uso della costruzione possa continuare senza interventi;
- L'uso debba essere modificato (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso);
- Sia necessario aumentare la sicurezza strutturale, mediante interventi.

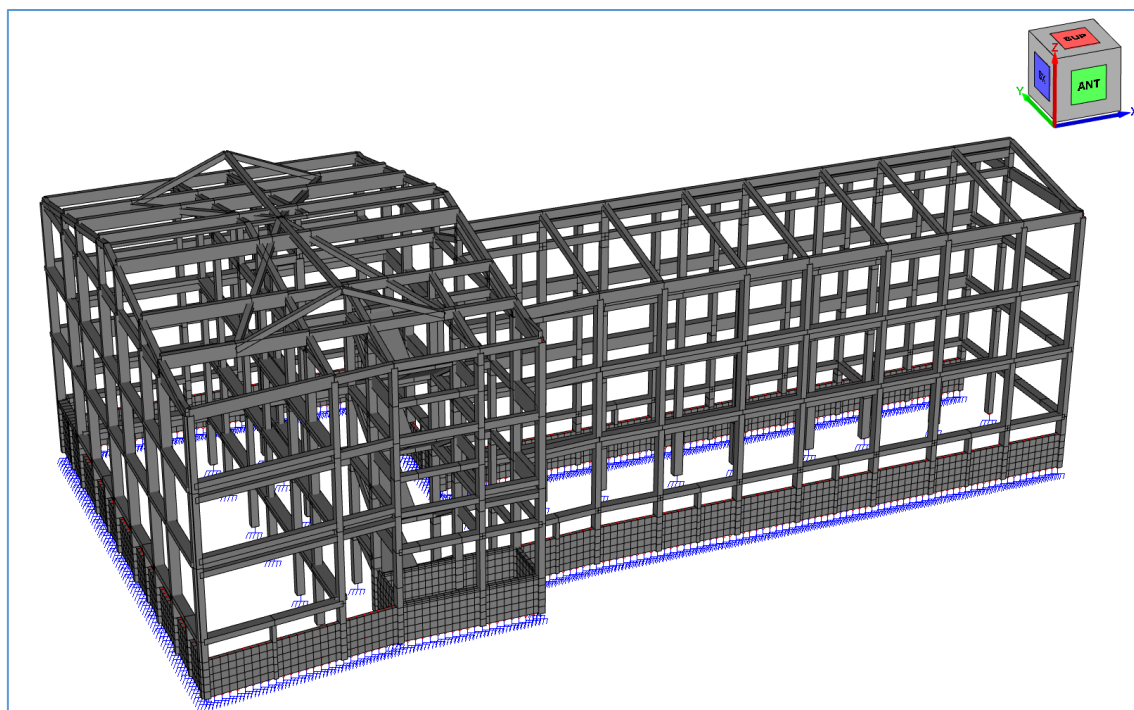
La valutazione della sicurezza di costruzioni esistenti può essere eseguita, come specificato nelle NTC 2018 § 8.3, prendendo in analisi i soli carichi verticali e le combinazioni di carico che riguardano esclusivamente lo Stato Limite Ultimo.

La combinazione dei carichi considerata è quella fondamentale, così come proposta nelle NTC 2018 e già esplicitata al capitolo 3.1.3 della presente trattazione.

Ai sensi delle NTC 2018 § 8.3, si specifica che è necessario adottare provvedimenti restrittivi dell'uso della costruzione e/o procedere ad interventi di miglioramento o adeguamento nel caso in cui non siano soddisfatte le verifiche relative alle azioni controllate dall'uomo, ossia prevalentemente ai carichi permanenti e alle altre azioni di servizio.

Per la valutazione della sicurezza statica degli elementi strutturali sono state introdotte alcune ipotesi e considerazioni di base per uniformare la lettura dei risultati:

- Le travi principali in corrispondenza dei pilastri sono considerate continue sugli appoggi;
- Per le strutture con sistema resistente realizzato in calcestruzzo armato, si considera una verifica di resistenza statica così come previsto dalla normativa, che prende in considerazione le azioni e le combinazioni di carico nella condizione di Stato Limite Ultimo (SLU). In questo modo è possibile evidenziare tutti gli elementi che risultano non verificati in condizione SLU e, pertanto, non sono adeguati staticamente secondo quanto previsto dalla normativa attualmente vigente.



Modello solido 3D

Valutazione di sicurezza sismica (analisi dinamica lineare)

La valutazione della sicurezza sismica degli edifici esistenti si traduce nella determinazione della capacità, dipendente dalla resistenza massima e soprattutto dalla duttilità che le strutture sono in grado di esibire se soggette ad azioni orizzontali quali quelle sismiche.

Ciascuna verifica, la cui “domanda sismica” (sollecitazione da analisi) risulti maggiore della “capacità sismica” (resistenza), si ritiene non soddisfatta.

L'indice di sicurezza sismica ζ_E della struttura è definito come il rapporto tra l'azione sismica corrispondente al raggiungimento della capacità della struttura e la domanda sismica allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita. In caso di calcolo mediante analisi statica, la vulnerabilità sismica può essere calcolata come il rapporto tra resistenza ultima T_{Ri} e le sollecitazioni T_{Si} per ciascuna sottostruttura i -esima, il valore di vulnerabilità sismica da attribuire all'intera struttura è il minimo tra tutti quelli ottenuti su ciascuna sottostruttura: la vulnerabilità è dunque determinata dalla prima sottostruttura che raggiunge lo stato limite ultimo.

$$\zeta_E = \min \left\{ \frac{T_{Ri}}{T_{Si}} \right\}$$

Se si ottiene un indice di ζ_E inferiore all'unità la struttura non ha resistenza sufficiente a far fronte ad un evento sismico con intensità fissata dalle norme, pertanto, le verifiche risultano non soddisfatte; la carenza rispetto all'unità rappresenta il suo grado di inadeguatezza.

Pertanto, una volta determinata la sollecitazione che porta al raggiungimento dello stato limite ultimo SLV della prima sottostruttura, è possibile determinare l'accelerazione $PGA_C(SLV)$ che genera tale sollecitazione, per ciascuna direzione principale e tenuto conto del fattore di struttura. Rappresentando su un diagramma cartesiano in ascissa la accelerazione PGA ed in ordinata la vulnerabilità V , il valore $PGA_C(SLV)$ rappresenta il limite oltre il quale le verifiche di vulnerabilità vengono soddisfatte e quindi l'Unità Strutturale considerata risulta sicura.

La combinazione dei carichi considerata è quella quasi permanente e i tassi di lavoro dei materiali quelli indicati nel paragrafo 2.4 della presente trattazione.

La normativa attualmente vigente (NTC 2018) consente una diversa metodologia di verifica in funzione della tipologia strutturale dell'edificio in questione, pertanto, nei paragrafi seguenti verranno presentate le seguenti metodologie di valutazione della sicurezza sismica:

- **Verifica sismica mediante analisi dinamica lineare a spettro di risposta**: la necessità di verificare ogni singolo elemento facente parte del sistema resistente delle Unità Strutturali si traduce con l'esigenza di determinare, per ciascuno di essi, le azioni a cui viene sottoposto durante i sismi di progetto lungo due direzioni (x e y) tra di loro ortogonali.

Per stabilire l'azione sismica si utilizza la vita nominale per calcolare il tempo di ritorno dell'azione sismica, in funzione della probabilità di superamento PV_R per un dato stato limite.

Per l'analisi sismica si adottano i seguenti parametri in input (domanda):

Edificio esistente, Classe d'uso (§2.4.2): III

Coefficiente d'uso della costruzione C_U : 1.5

Dati in input (domanda): Vita Nominale V_N : 50 anni

Vita di Riferimento (§2.4.3) $V_R = V_N \cdot C_U$: 75 anni

PV_R per SLV (definita in input): 10 %

Si riportano nei capitoli a seguire le sollecitazioni e le verifiche sismiche degli elementi strutturali esistenti e quelli previsti da progetto, secondo normativa vigente.

Verifiche di sicurezza sismica SLV – Stato di progetto

La valutazione della sicurezza dei corpi A e B è stata condotta con esito positivo tramite analisi dinamica lineare: il fabbricato è stato modellato nel suo insieme e verificato per rispondere ai requisiti prestazionali di cui al DM 17.01.2018.

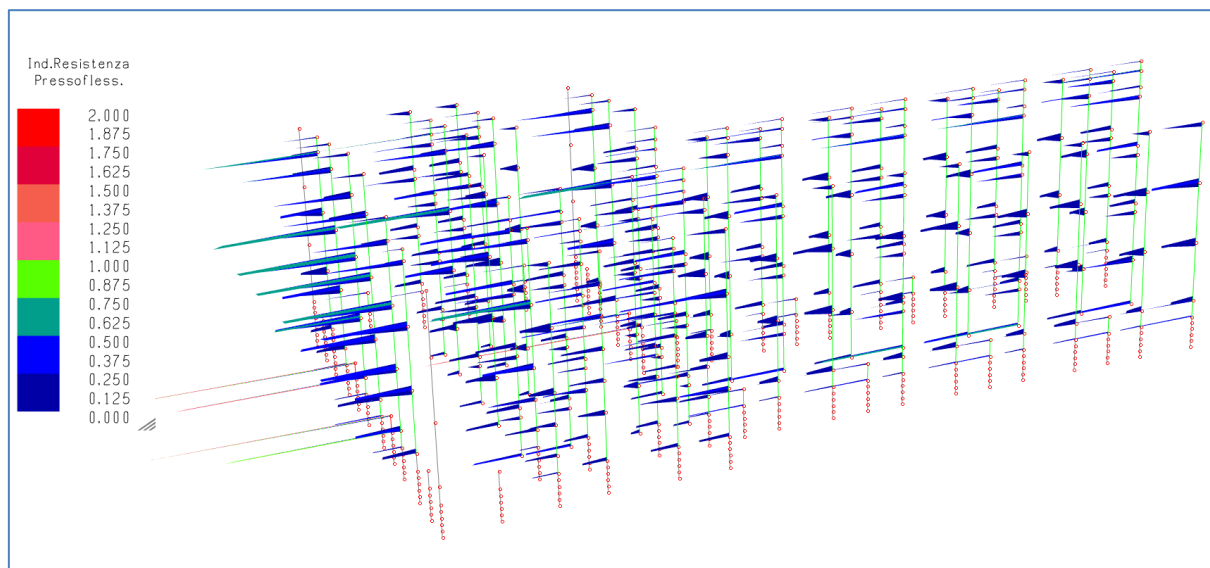
Tutte le verifiche globali condotte sul fabbricato hanno dato esito positivo.

Non si sono d'altro canto riscontrate significative vulnerabilità locali.

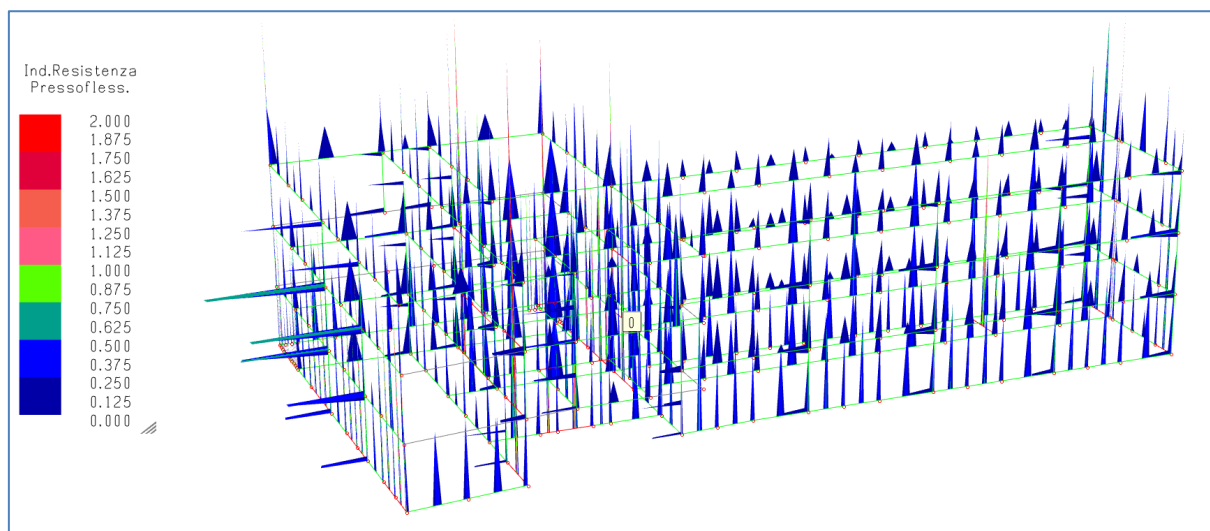
VERIFICHE dei MECCANISMI DUTTILI

Di seguito si riportano graficamente gli indici di resistenza forniti dal programma di calcolo, che esplicitano la verifica a pressoflessione, considerando i meccanismi di tipo duttile, degli elementi verticali sismo-resistenti (pilastri/setti) della struttura in esame, evidenziando il soddisfacimento delle verifiche di sicurezza per ciascuna tipologia di sezione tra quelle utilizzati (rappresentando per le aste con la medesima sezione quella con il più alto indice di sfruttamento).

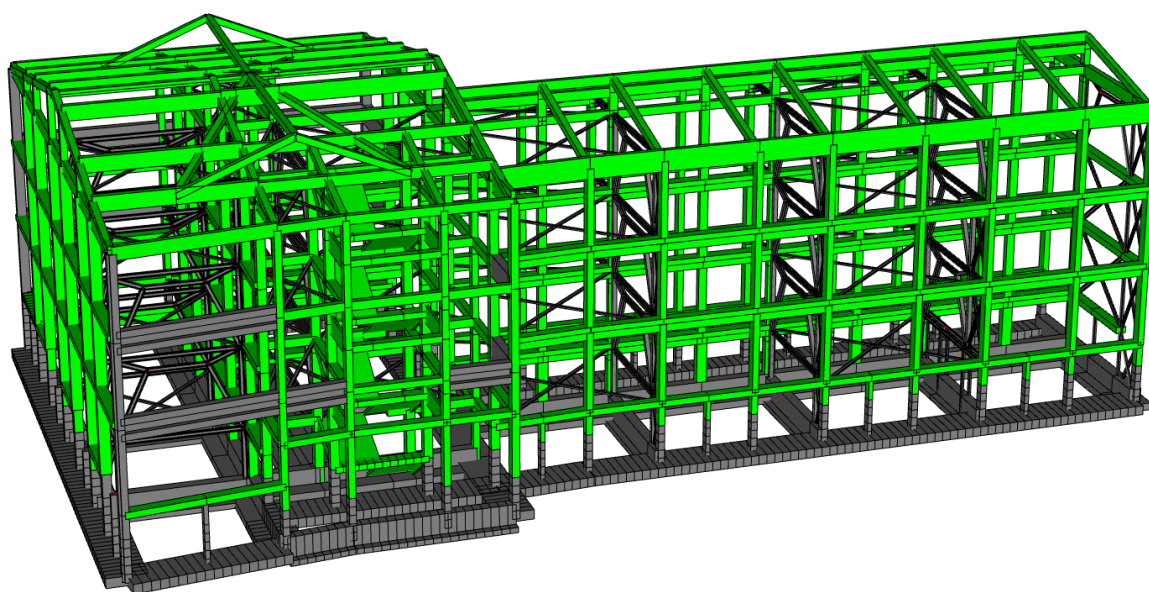
Gli elementi con valore massimo minore di 1, colorati di verde o blu, rispettano l'indice di sicurezza sismico ζ_E allo Stato di Progetto per meccanismi duttili.



Indici di resistenza per meccanismi Duttili – Pilastri



Indici di resistenza per meccanismi Duttile – Travi



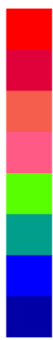
Verifica di resistenza per meccanismi Duttile – Modello globale

VERIFICHE dei MECCANISMI FRAGILI

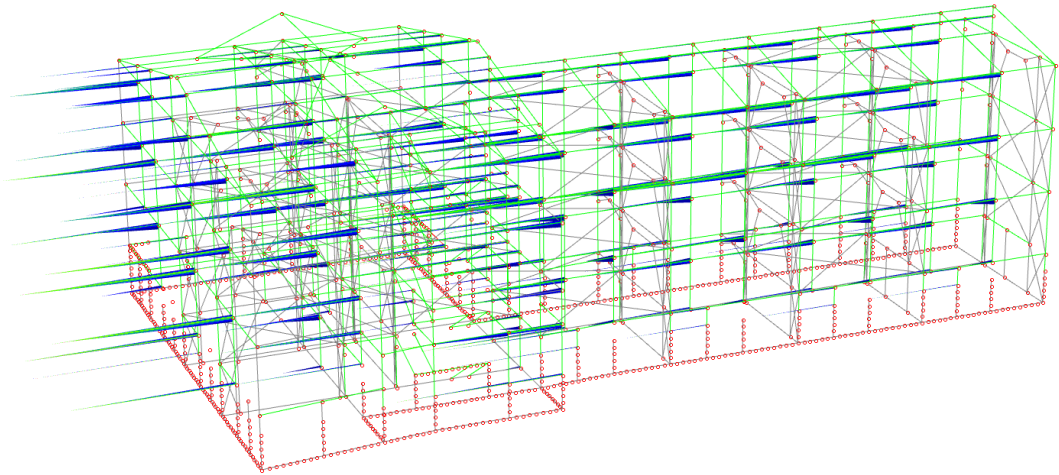
Di seguito si riportano graficamente gli indici di resistenza forniti dal programma di calcolo, che esplicitano la verifica a taglio-torsione, considerando i meccanismi di tipo fragile, degli elementi orizzontali sismo-resistenti (travi) della struttura in esame, evidenziando il soddisfacimento delle verifiche di sicurezza per ciascuna tipologia di sezione tra quelle utilizzati (rappresentando per le aste con la medesima sezione quella con il più alto indice di sfruttamento).

Gli elementi con valore massimo minore di 1, colorati di verde o blu, rispettano l'indice di sicurezza sismico ζ_E allo Stato di Progetto per meccanismi fragili.

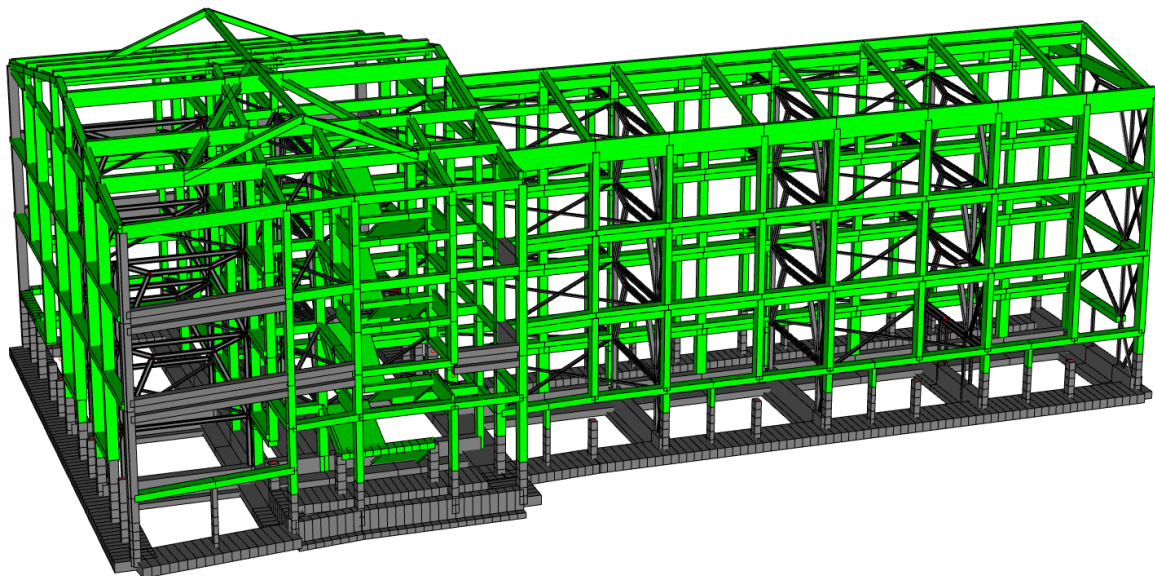
Ind.Resistenza
Taglio-torsione



2.000
1.875
1.750
1.625
1.500
1.375
1.250
1.125
1.000
0.875
0.750
0.625
0.500
0.375
0.250
0.125
0.000



Indici di resistenza per meccanismi Fragili – Modello globale



Verifica di resistenza per meccanismi Fragili – Modello globale

Faenza, giugno 2024

Ing. Marco Peroni
(documento firmato digitalmente)