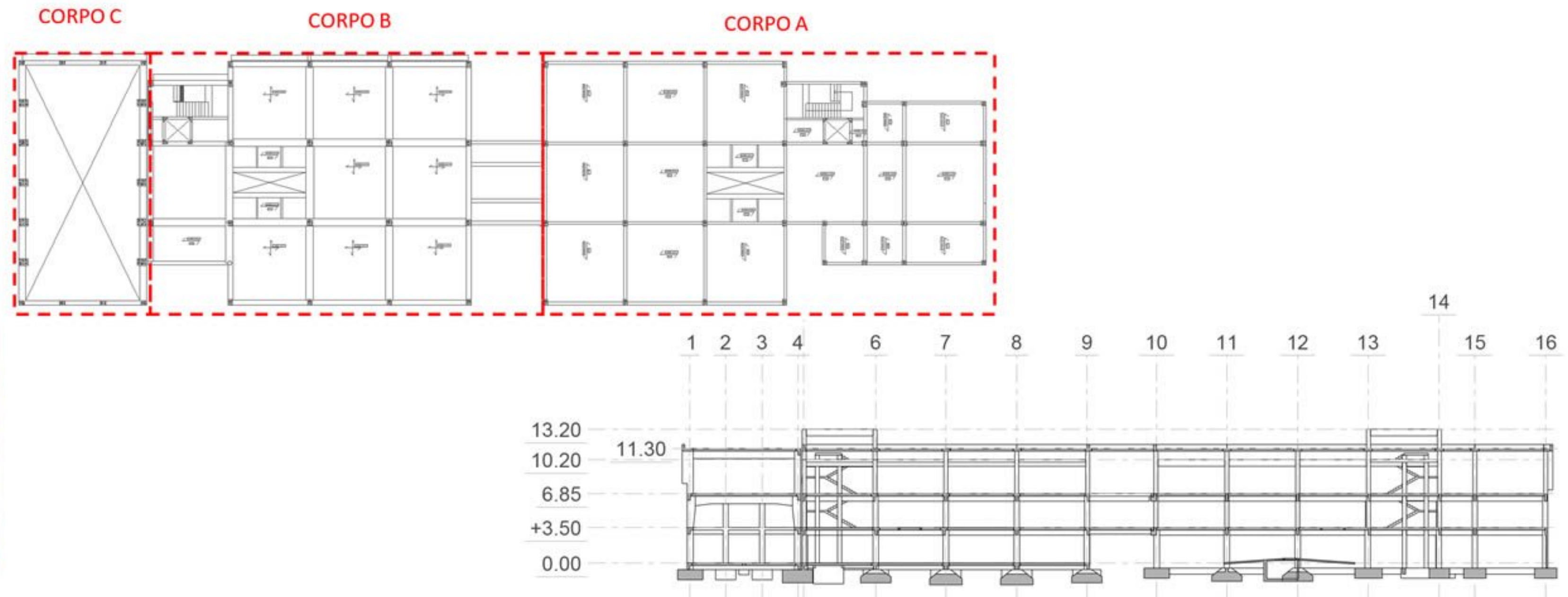


VERIFICA DI VULNERABILITÀ SISMICA DEL COMPLESSO EDILIZIO SEDE DELLA SCUOLA PRIMARIA "RODARI" E DELLA SCUOLA DI INFANZIA "PRIMAVERA"

CATEGORIE OPERE: S.03 - E.20
CLASSE D'USO: III

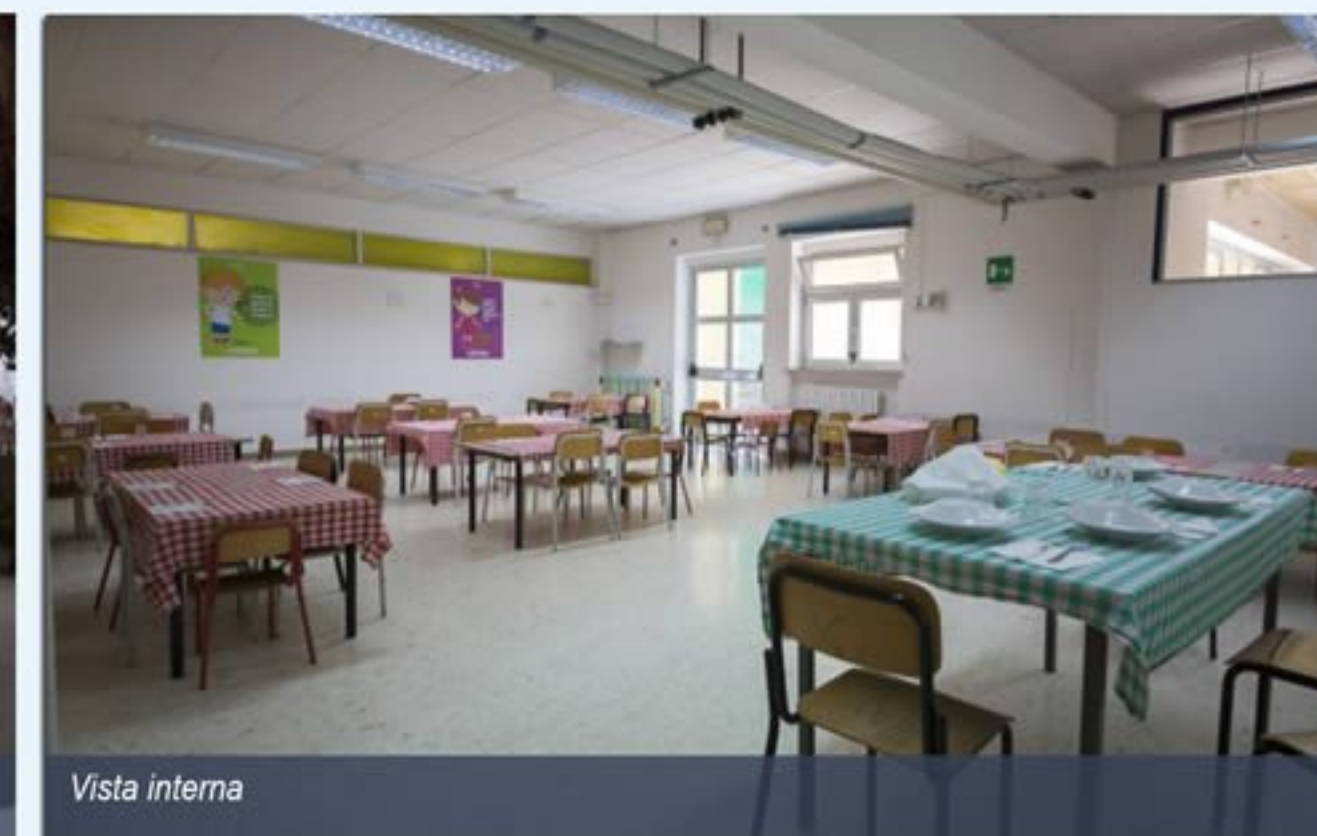


LOCALIZZAZIONE DEL COMPLESSO



INDIVIDUAZIONE DEI CORPI DI FABBRICA





DATI INCARICO

STAZIONE APPALTANTE: Comune di Ancona
SEDE: Largo XXIV Maggio 1, 60123
RECAPITI: 071 2221

TIPOLOGIA DI SERVIZIO SVOLTO:

Verifica di vulnerabilità sismica ai sensi dell'Opcm 3274/03 e s.m.i. finalizzata alla valutazione del livello di sicurezza strutturale e indicazione preliminare interventi di adeguamento/miglioramento.

TITOLO DELL'INTERVENTO:

Verifica di vulnerabilità sismica di edifici scolastici del comune di Ancona.

IMPORTO DEL SERVIZIO: 24.107,20 €

PERIODO DI SVOLGIMENTO DELL'INCARICO: 2019

PROGETTISTA RESPONSABILE DELLA VERIFICA: Ing. Claudio Sardella
(direttore tecnico Studio di Ingegneria Sardella S.r.l.),
iscritto all'ordine degli ingegneri di Ancona, n. A735

DATI GENERALI

UBICAZIONE = Comune di Ancona,
Via Breccie Bianche

DESTINAZIONE D'USO = Scuola Primaria e dell'Infanzia

ZONA SISMICA = II

CLASSE D'USO = III

COMPLESSITÀ = STRUTTURA COMPLESSA

CONSISTENZA

	SUPERFICI	H	VOLUME
CORPO C	328,35 m ²	9,6 m	1.784 m ³
CORPO B	1.767 m ²	11 m	6.685,2 m ³
CORPO A	2.277 m ²	11 m	8.614,7 m ³

TOTALE = 17.084 m³

INQUADRAMENTO EDIFICIO

L'edificio fu costruito in due lotti a partire dal 1978. Il primo lotto comprendeva la porzione di edificio posto a Sud-Ovest; il secondo lotto comprendeva la restante parte, incluso il corpo palestra.

Il complesso edilizio che ospita la Scuola elementare G. Rodari e la Scuola d'infanzia Primavera comprende tre corpi di fabbrica, tutti con struttura portante in cemento armato gettato in opera.

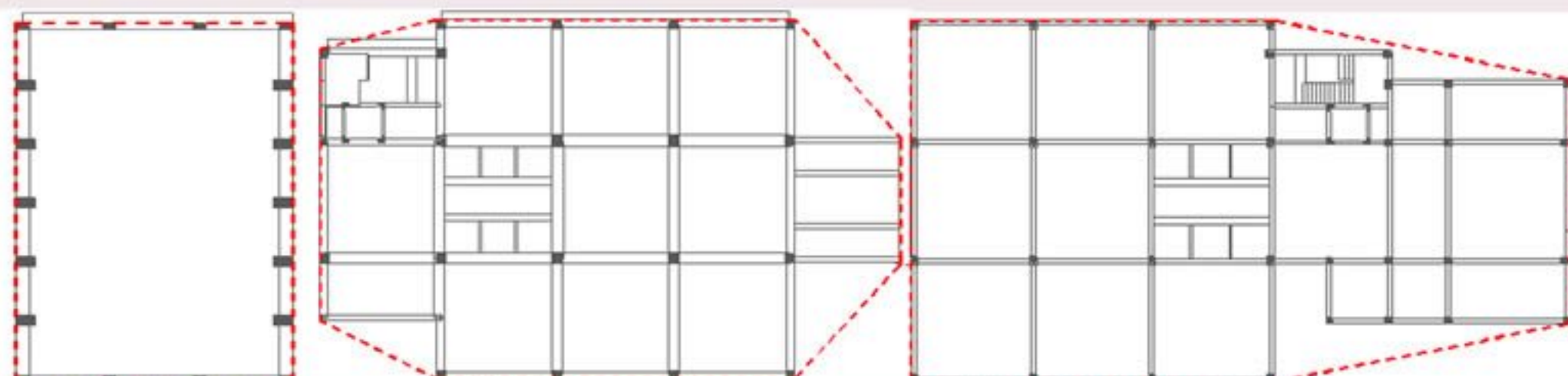
Nel corpo A è ubicato l'accesso principale a tutto il plesso scolastico. L'edificio presenta un ingombro planimetrico iscrivibile in un rettangolo di dimensioni 38,90 m x 21,40 m. Il Corpo B ha dimensioni massime di 35,00 x 21,40 m ed ha un'organizzazione strutturale del tutto analoga a quella del Corpo A. Il corpo C, ovvero il corpo palestra, era compreso nel Lotto 2, planimetricamente rettangolare con dimensioni pari a 10,90 x 21,40 m.



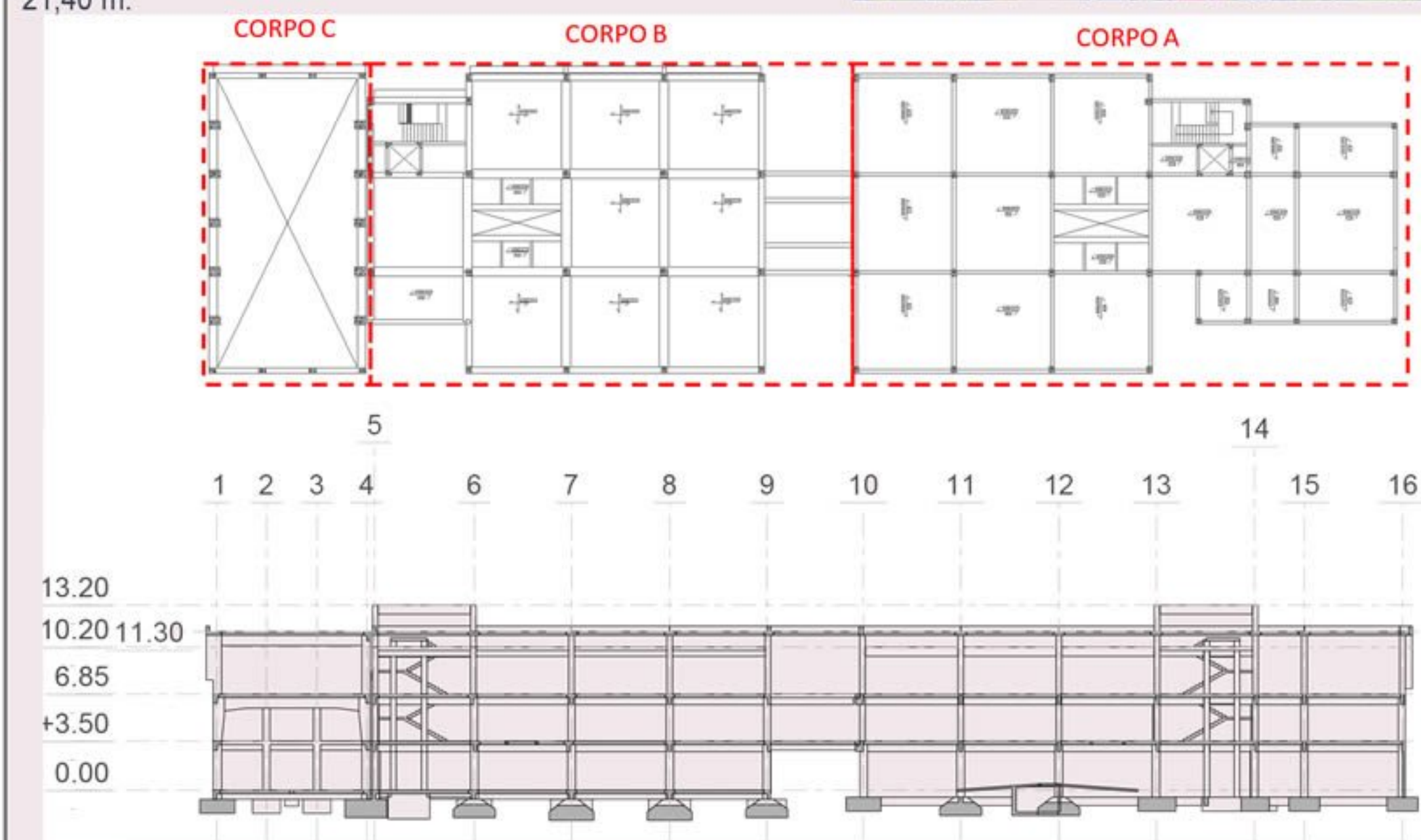
COMPLESSITÀ STRUTTURALE

Le strutture dei corpi di fabbrica risultano molto articolate sia per quel che riguarda la configurazione planimetrica che le strutture in elevazione altimetrica. Le strutture dei 3 corpi di fabbrica sono irregolari in pianta e/o in altezza. Nel corpo A e B la forma in pianta non è compatta in quanto l'area sottesa alla linea convessa che circoscrive gli orizzontamenti a tutti i piani supera per più del 5% l'area dell'orizzontamento. La distribuzione in pianta ed in altezza di masse e rigidezze è variabile.

Si verifica inoltre l'accoppiamento tra telaio e pareti sismoresistenti in c.a.



Sono presenti inoltre vulnerabilità intrinseche e carenze progettuali tipici delle strutture in c.a. dell'epoca (pilastri tozzi, travi in falso, dettagli costruttivi inadeguati, ecc.)



VERIFICA DI VULNERABILITÀ SISMICA DEL COMPLESSO EDILIZIO SEDE DELLA SCUOLA PRIMARIA "RODARI" E DELLA SCUOLA DI INFANZIA "PRIMAVERA"

DEFINIZIONE LIVELLO DI CONOSCENZA

Durante la fase preliminare della verifica sono stati acquisiti dalla stazione appaltante i documenti relativi al progetto strutturale, che hanno permesso di ricostruire la storia dell'edificio, la geometria degli elementi strutturali, la **quantità e la disposizione delle armature**.



I dati geometrici sono stati verificati visivamente in situ. Per i dettagli costruttivi e per la caratterizzazione dei materiali è stata condotta una opportuna campagna indagine.



PIANO DELLE INDAGINI	
Tipo di prova	n. prove
Saggi ed indagini pacometriche su pilastri e travi	14
Stratigrafia di solaio	2
Stratigrafia di pareti perimetrali	2
Estrazione di carota e schiacciamento in laboratorio	19
Prova di carbonatazione	19
Estrazione di campioni di armatura e prova a trazione	7

- C-PIT - n° PRELIEVO DI CAMPIONI DI CALCESTRUZZO SU PILASTRO (P) O TRAVE (T)
- B-PIT - n° PRELIEVO DI BARRE DI ARMATURA SU PILASTRO (P) O TRAVE (T)
- ✕ ES - n° PROVA ENDOSCOPICA SUL SOLAIO
- EP - n° PROVA ENDOSCOPICA SUL PARETE



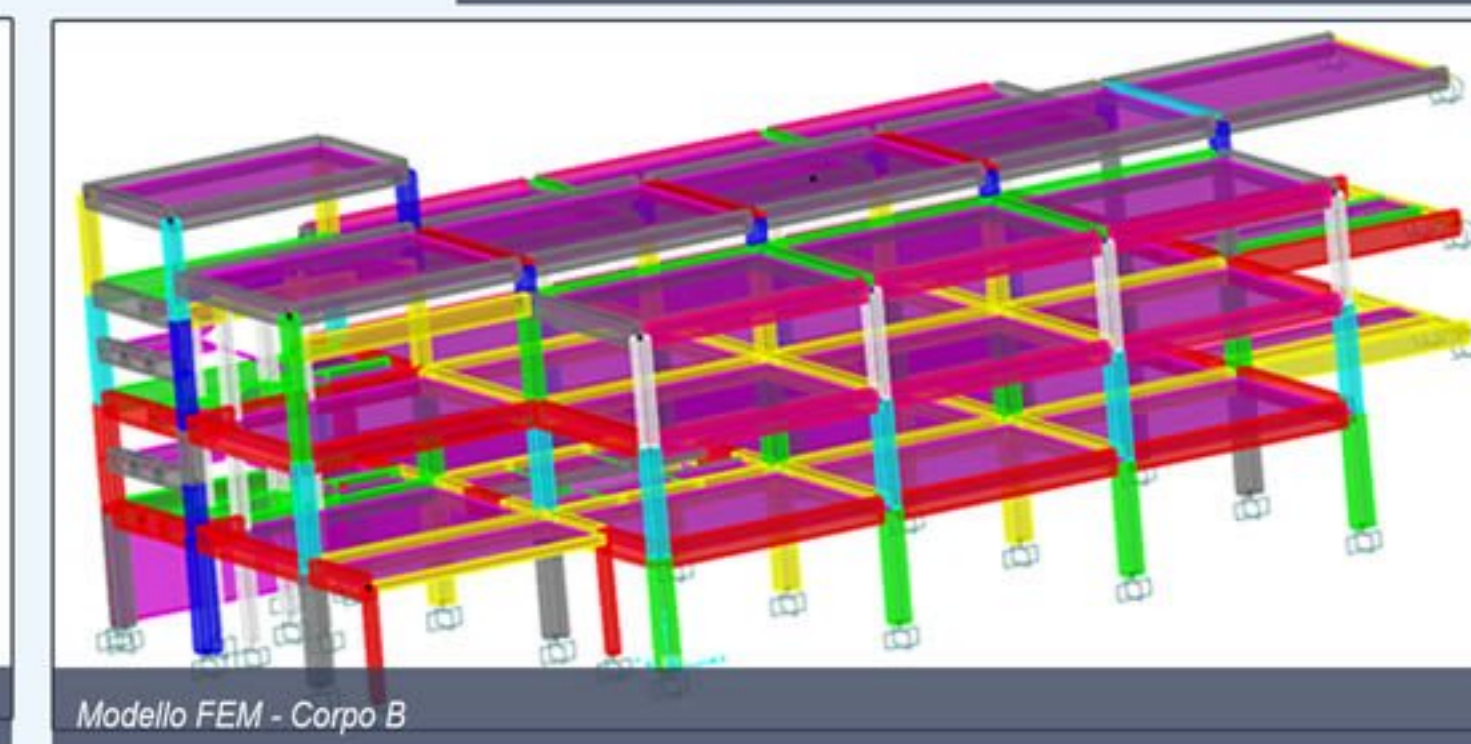
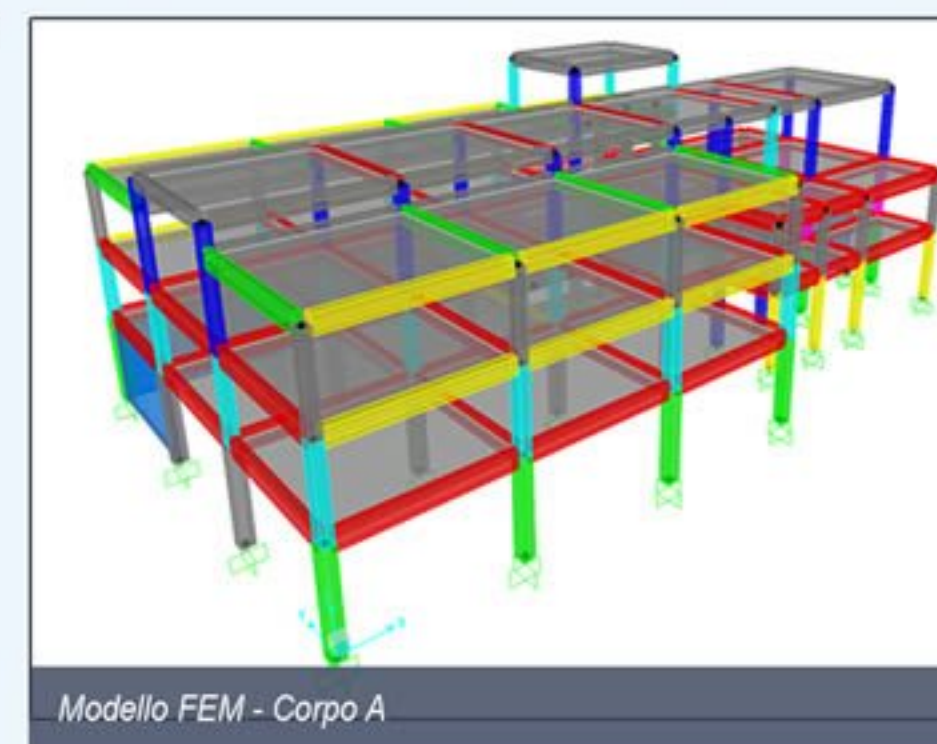
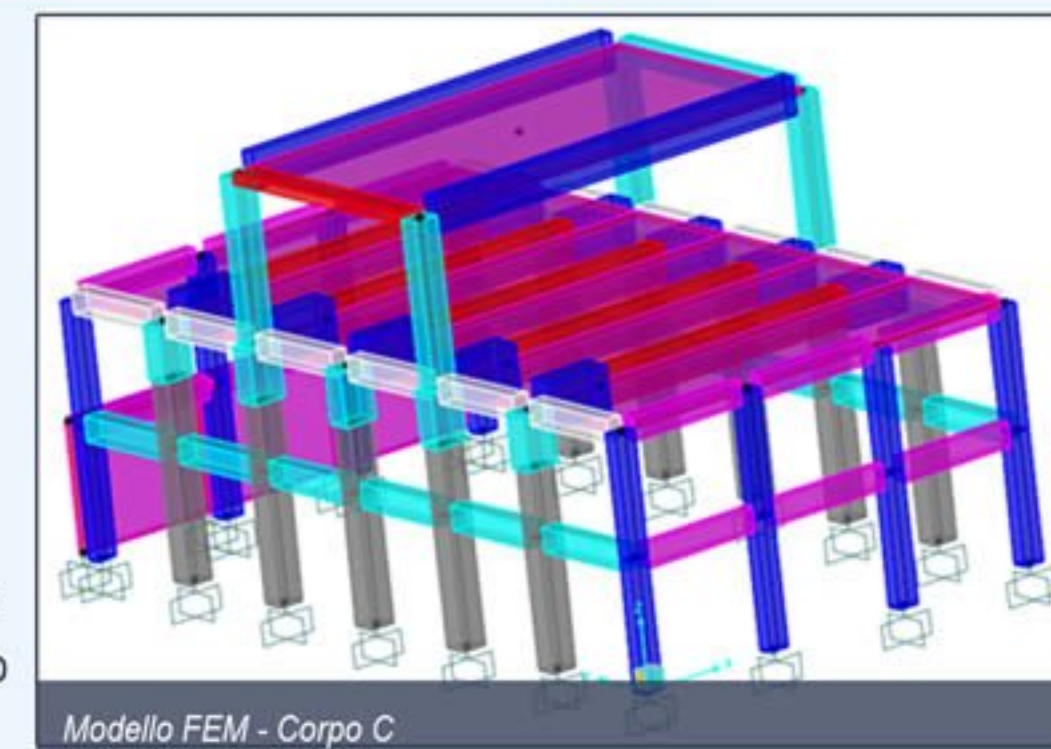
Il livello di conoscenza conseguito a seguito della campagna indagine e dell'analisi storico-critica della documentazione esistente è il **Livello LC2** con adozione del **fattore di confidenza 1,2**

MODELLAZIONE STRUTTURALE

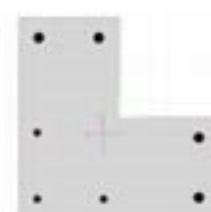
Il modello di calcolo agli elementi finiti schematizza l'intera struttura di elevazione con elementi **frame** per le travi ed i pilastri e con elementi **shell** per le solette, le scale e le pareti contro terra. Il modello riproduce in maniera accurata le distribuzioni di massa e rigidità strutturale effettiva, senza considerare rigidità aggiuntive costituite da elementi non strutturali.

Laddove presenti elementi strutturali con geometria variabile sono state inserite delle **sezioni equivalenti** al fine di ottenere anche una equivalenza fra le rigidità, come nel caso del corpo C che presenta pilastri con sezioni variabili e travi di copertura che rastremano in mezzeraia

La struttura in elevazione presenta infatti **travi di sezione a "L"**, implicando un onere computazionale ben superiore alle classiche sezioni rettangolari. Al fine di non restituire un valore dell'indice di rischio troppo cautelativo che si sarebbe ottenuto trascurando l'ala della sezione a "L", considerando così solamente la parte rettangolare come porzione resistente, si è provveduto alla **modellazione esatta**, implementando nel software di calcolo specifici modelli non convenzionali.

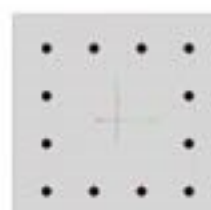


SEZIONE REALE



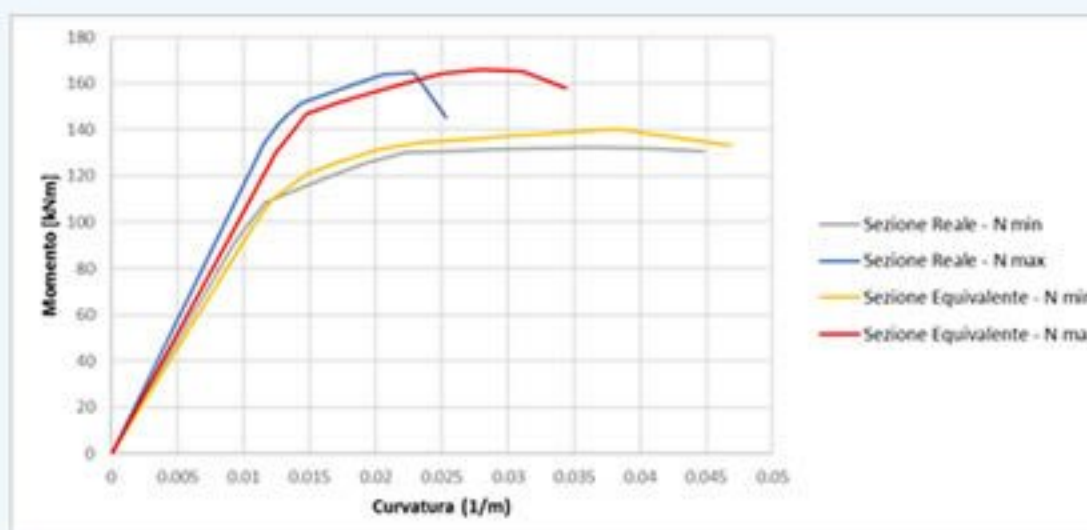
Dimensioni: 40 x 40 cm (spessore ali 20 cm)
 Armatura: 4Φ20 + 3Φ16
 Copriferro: 30 mm

SEZIONE EQUIVALENTE



Dimensioni: 36 X 36 cm
 Armatura: 12Φ16
 Copriferro: 50 mm

Si riporta il grafico dei diagrammi momento-curvatura delle due sezioni:



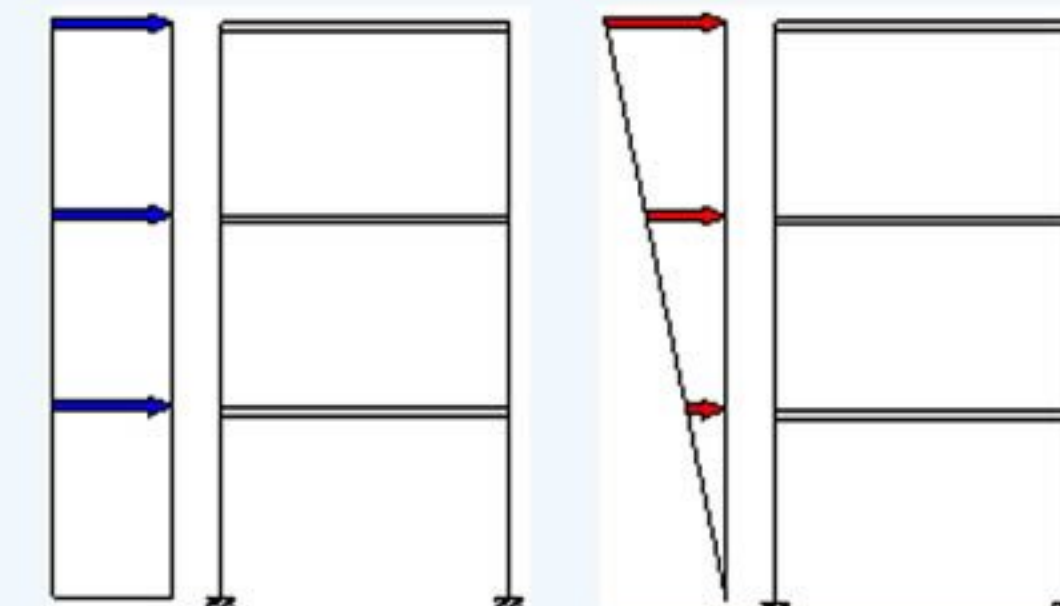
METODI DI ANALISI E VERIFICHE

ANALISI DINAMICA LINEARE CON SPETTRO ELASTICO: è stata applicata per verificare la correttezza del modello geometrico (andamento dei diagrammi delle caratteristiche delle sollecitazioni e controllo delle deformate statiche e modali e delle masse eccitate) e per determinare l'indicatore di rischio per la struttura allo SLO in termini di spostamenti;

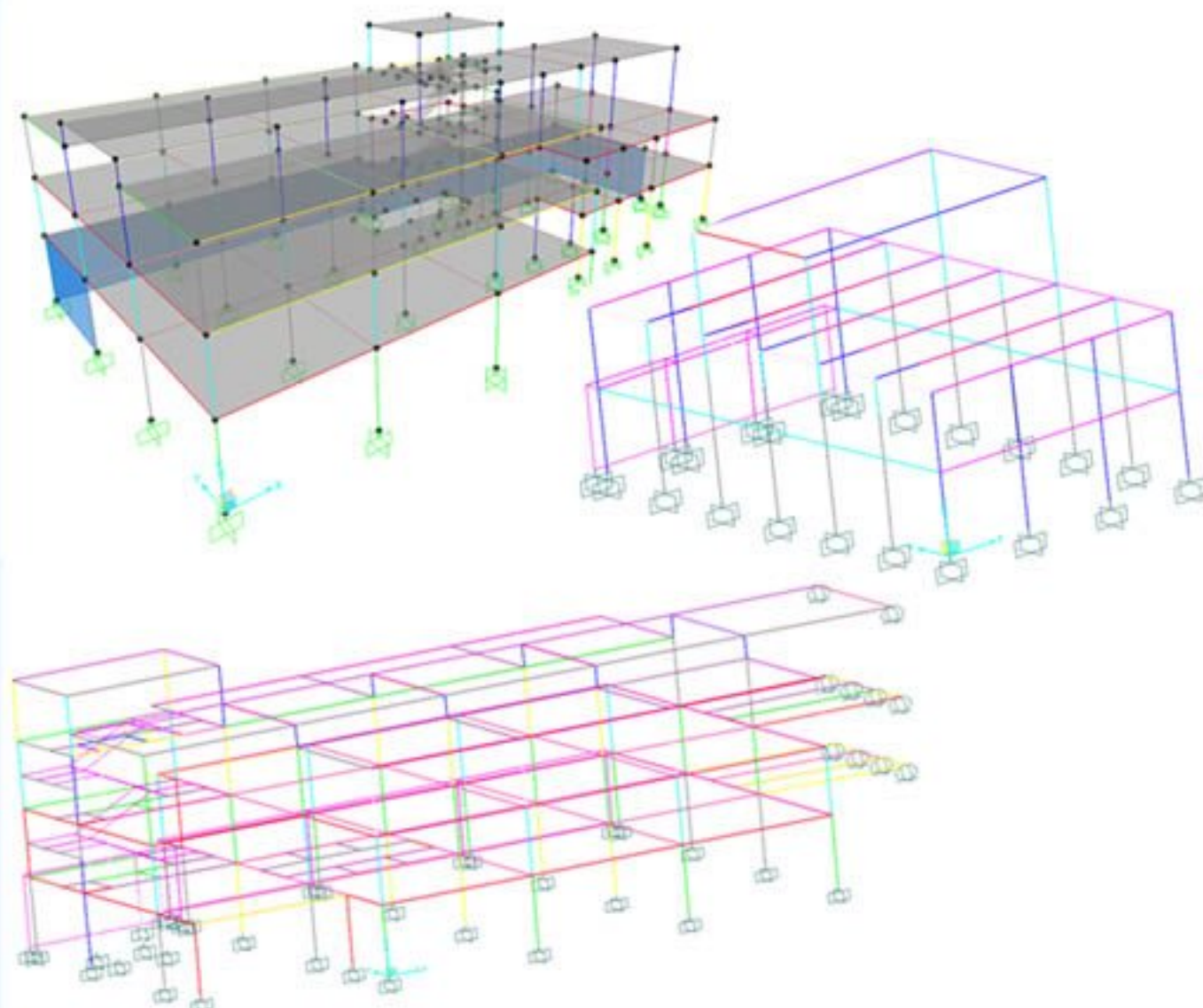
ANALISI DINAMICA LINEARE CON IMPIEGO DI FATTORE DI STRUTTURA Q=1.5: è stata applicata per determinare l'indicatore di rischio per i meccanismi fragili (nodi) allo SLV in termini di resistenza;

ANALISI STATICA NON LINEARE: L'analisi è stata effettuata secondo quanto previsto al punto 7.3.4 del D.M.17/01/2018, seguendo le indicazioni del punto C.8.7.2.4 della Circolare esplicativa 02/02/2009 n. 617 C.S.LL.PP. ed utilizzata per valutare gli indici di rischio allo **SLD e SLV**.

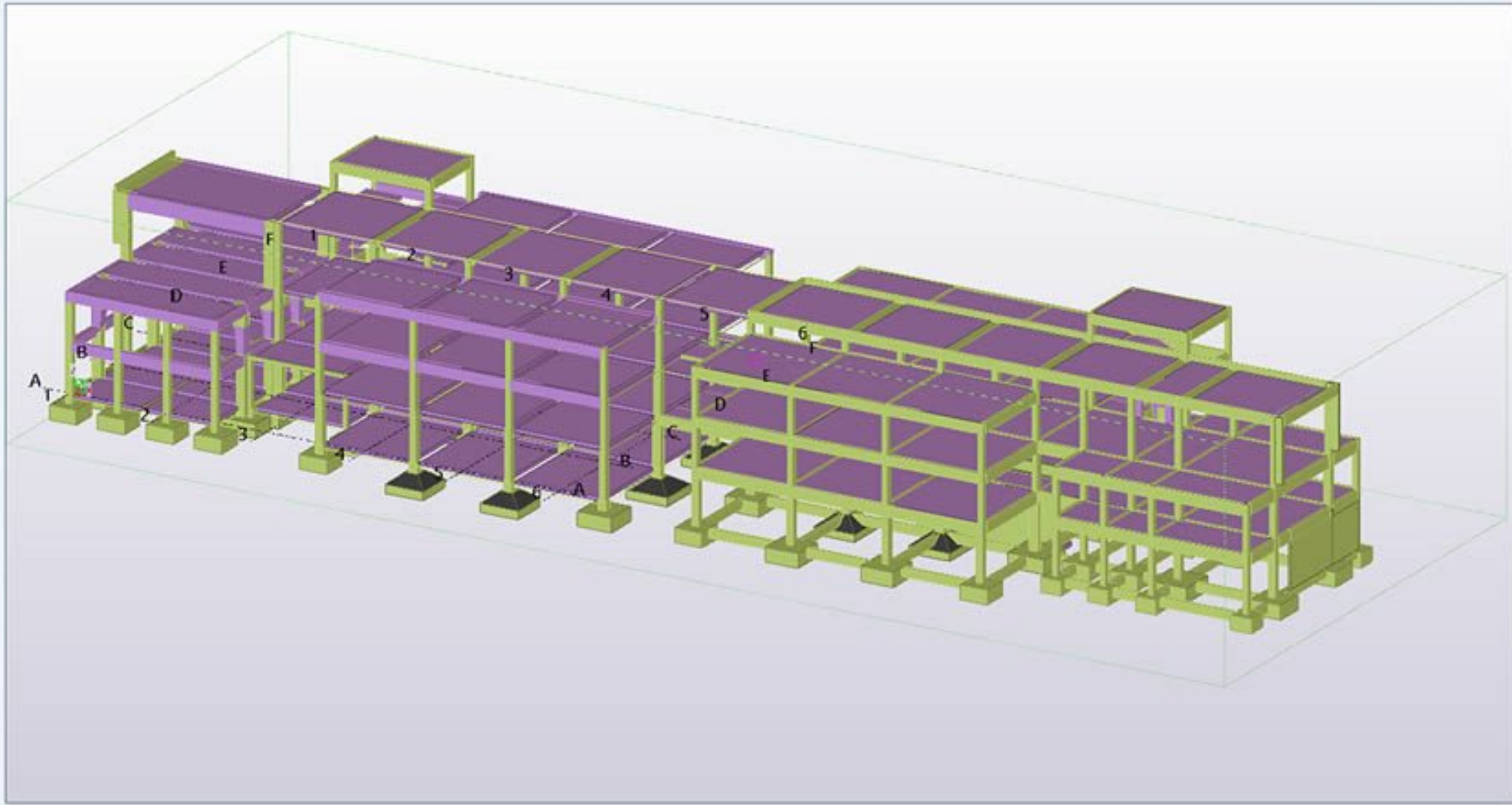
Le verifiche di deformabilità allo **SLO** sono state effettuate confrontando il drift di piano calcolato mediante analisi dinamica con spettro elastico con il rispettivo limite di deformabilità.



STRATEGIA BIM

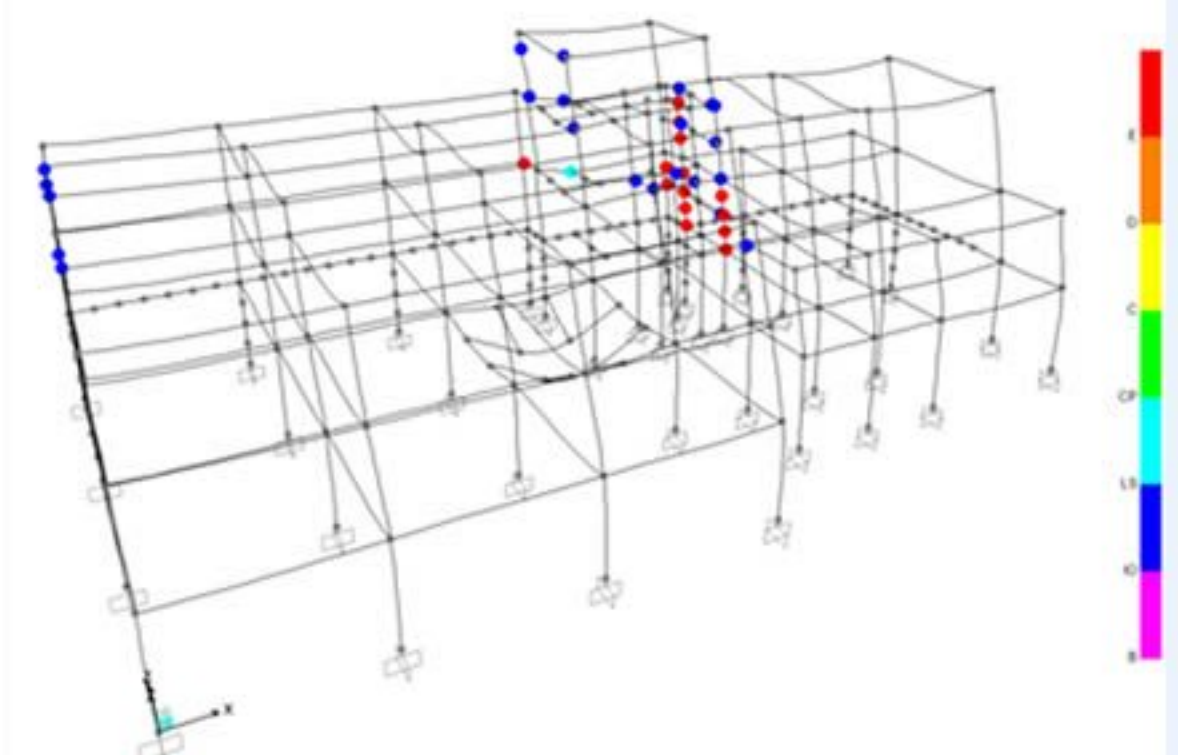


Struttando l'interoperabilità tra il software di calcolo (SAP2000) e il software BIM (Tekla Structures 2018i), è stato creato un modello BIM. I dettagli costruttivi e le caratteristiche dei materiali risultanti dalla campagna indagini sono stati implementati nel modello BIM. I livelli di dettaglio sono stati incrementati per step, mantenendo la massima cooperazione tra i diversi operatori e aggiornando in progress il modello simultaneamente all'avanzamento delle fasi di valutazione strutturale. Da tale modello sono stati prodotti tutti gli elaborati di rilievo dello stato di fatto, nonché gli elaborati con indicazione degli interventi preliminari di miglioramento/adequamento. Sono state inoltre estrapolate tutte le quantità necessarie per le valutazioni quantitative a base dei computi e della previsione di fattibilità economica.

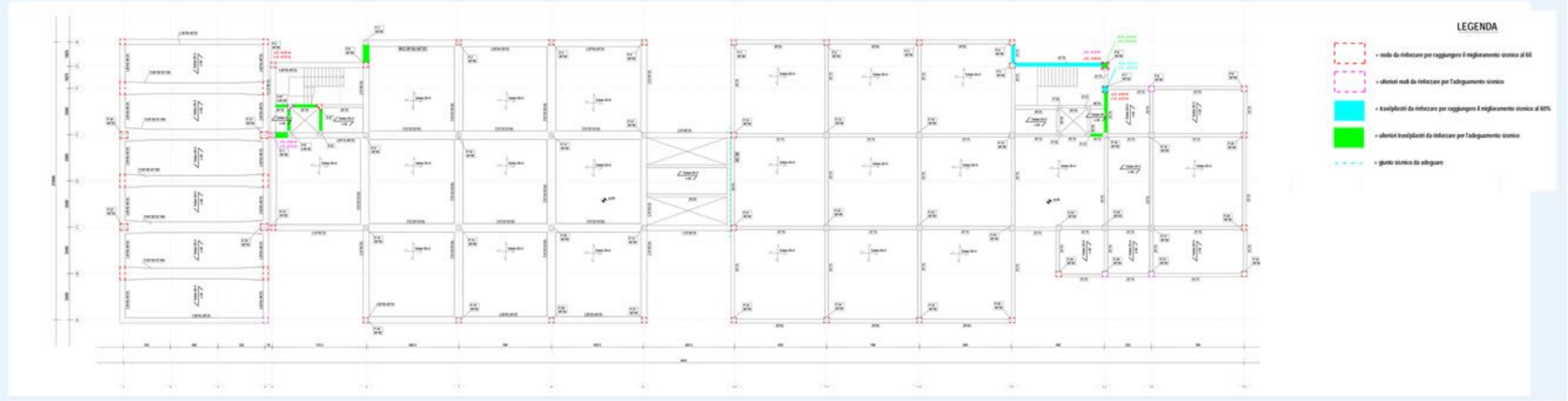
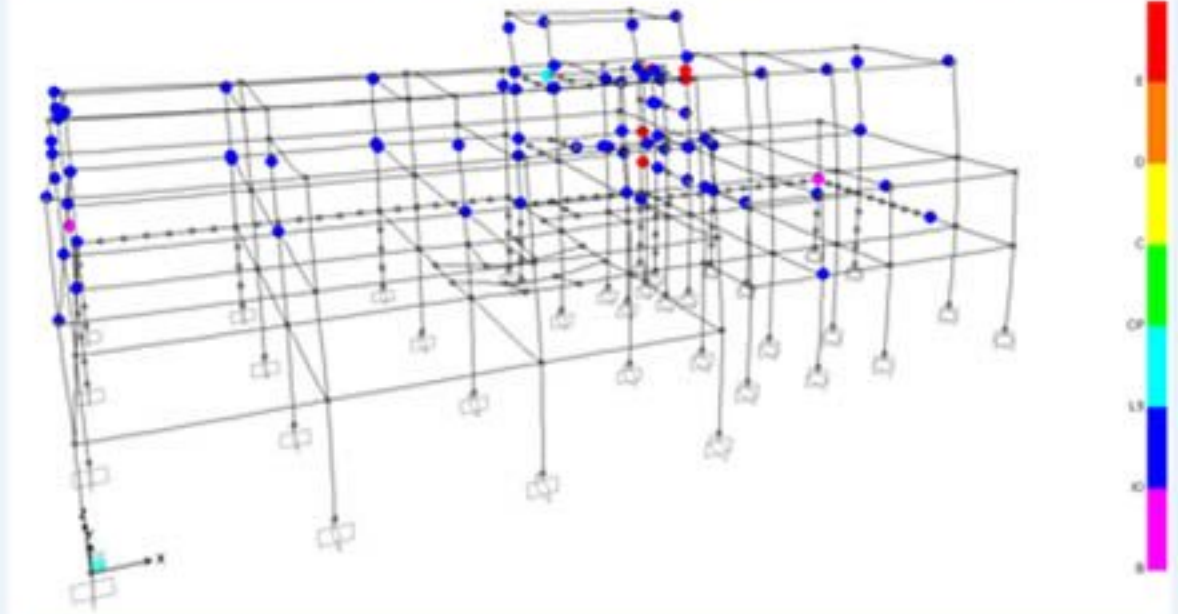


INDICAZIONE PRELIMINARE INTERVENTI

Imponendo un indice di rischio pari a 0.60 sulla struttura in esame, si può osservare quali elementi raggiungono la loro capacità ultima e pertanto rappresentano un'indicazione progettuale su cui focalizzare l'attenzione in caso di miglioramento sismico.



Per quanto riguarda il conseguimento dell'adequamento sismico, in aggiunta agli elementi sopra indicati, è necessario intervenire su:



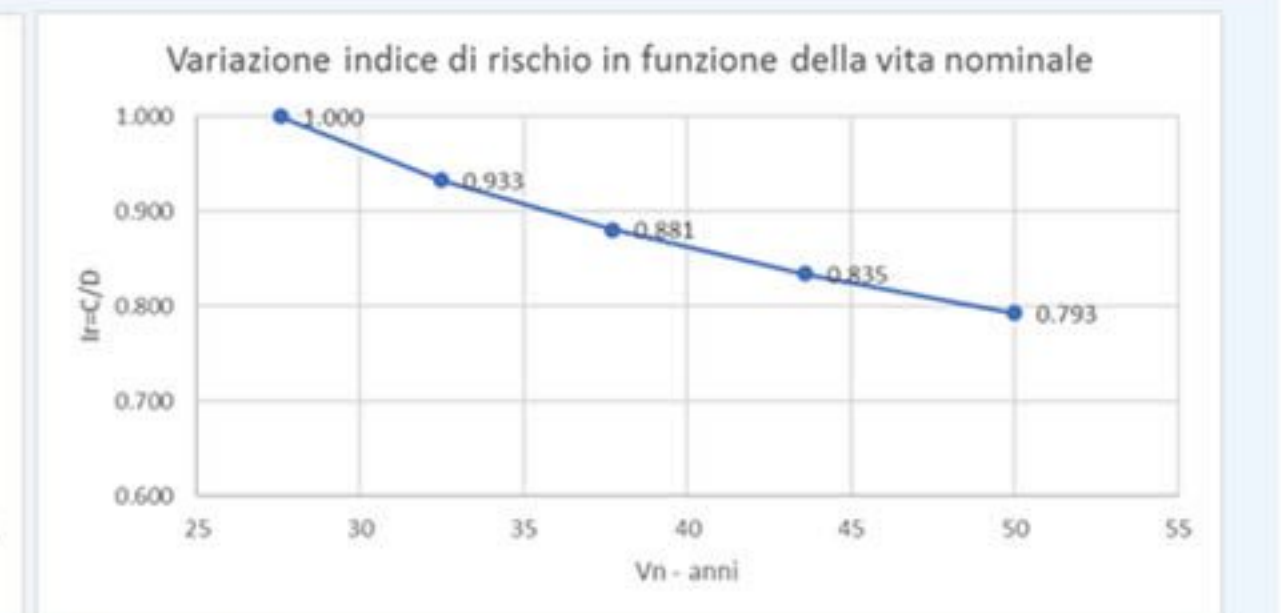
- LEGENDA
- + nodi da rinforzare per raggiungere il miglioramento sismico al 60%
 - + nodi da rinforzare per raggiungere il miglioramento sismico al 40%
 - + nodi da rinforzare per raggiungere il miglioramento sismico al 40%
 - + nodi da rinforzare per raggiungere il miglioramento sismico al 40%
 - + giunto sismico da adeguare

VALUTAZIONE CRITICA INDICE DI RISCHIO

Ultimo dato fornito è la determinazione della vita nominale residua dell'edificio e la sua variazione in funzione dell'indice di rischio. Questo dato permette alla stazione appaltante di pianificare gli interventi negli anni, dando la priorità a quelli più urgenti, ed evidenziando il momento, in termini probabilistici, in cui la struttura ha un livello di sicurezza che non è più ritenuto accettabile.



CORPO A



CORPO B