

COMUNE DI ZOLA PREDOSA (BO)

DESCRIZIONE DEI LAVORI

- BIBLIOTECA COMUNALE - COMPLETAMENTO INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE

COMMITTENTE :

Comune di Zola Predosa

PROGETTO ARCHITETTONICO :



STUDIO BETA ASSOCIATI
via Castiglione, 31 - 40124 BOLOGNA
tel: 051 270290 fax: 051 2915203
P.IVA 01998241200
e-mail: info@studiobeta.bo.it

ing. Giuseppe Tartarini



PROGETTO DELLE STRUTTURE :



STUDIO BETA ASSOCIATI
via Castiglione, 31 - 40124 BOLOGNA
tel: 051 270290 fax: 051 2915203
P.IVA 01998241200
e-mail: info@studiobeta.bo.it

ing. Giuseppe Tartarini

PROGETTO ESECUTIVO

OGGETTO:

RELAZIONE DI CALCOLO
RELAZIONE SUI MATERIALI
RELAZIONI SPECIALISTICHE
PIANO DI MANUTENZIONE

SPAZIO RISERVATO ALL'UFFICIO TECNICO

POSIZIONE	ELABORATO N.	REV.	DATA
02718	RC	00	20.12.2019

N.	DATA	OGGETTO	REVISIONI
00	20.12.2019	EMISSIONE	
NOME FILE: 02718_RC_00.DWG			

INDICE

1.	PREMESSA.....	4
2.	ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE	4
2.1.	Analisi storico critica	4
2.2.	Esito del rilievo geometrico strutturale	5
2.3.	Descrizione dell'intervento	6
2.3.1.	Interventi sulle strutture verticali.....	9
2.3.2.	Interventi sulle strutture orizzontali	10
2.4.	Criteri generali di progettazione, analisi e verifica	10
2.5.	Quadro normativo di riferimento.....	11
2.6.	Livello di conoscenza e caratteristiche della muratura esistente	11
2.7.	Azioni di progetto sulla costruzione	12
2.7.1.	Azioni gravitazionali.....	12
2.7.2.	Azioni della neve	14
2.7.3.	Azioni del vento	15
2.7.4.	Azioni della temperatura.....	15
2.7.5.	Azione sismica	15
2.8.	Modelli numerici.....	16
2.8.1.	Metodologia di modellazione ed analisi	16
2.8.2.	Informazioni sul codice di calcolo	16
2.8.3.	Modellazione della geometria e delle proprietà meccaniche	16
2.8.4.	Modellazione dei vincoli interni ed esterni.....	18
2.8.5.	Modellazione delle azioni.....	18
3.	Materiali	18
4.	Analisi del comportamento globale del fabbricato - SDF	19
4.1.	Risultati dell'analisi lineare statica (non sismica)	19
4.2.	Risultati dell'analisi modale	20
4.3.	Risultati dell'analisi statica non lineare	22
4.4.	Analisi del comportamento locale del fabbricato.....	25
4.4.1.	Distacco d'angolo	26
4.4.2.	Flessione di parete vincolata alle estremità – Piano terra.....	27
4.4.3.	Flessione di parete vincolata alle estremità – Piano Secondo	27
4.4.4.	Ribaltamento di parete – Piano Secondo	28
4.4.5.	Ribaltamento di parete – Piano Secondo	28
5.	Analisi del comportamento globale del fabbricato - SDP	29

5.1.	Risultati dell'analisi lineare statica (non sismica)	30
5.2.	Risultati dell'analisi modale	30
5.3.	Risultati dell'analisi statica non lineare	33
5.4.	Analisi del comportamento locale del fabbricato	35
5.4.1.	Distacco d'angolo	36
5.4.2.	Flessione di parete vincolata alle estremità – Piano terra	36
5.4.3.	Flessione di parete vincolata alle estremità – Piano Secondo	37
5.4.4.	Ribaltamento di parete – Piano Secondo	37
5.4.5.	Ribaltamento di parete – Piano Secondo	38
6.	Valutazione della sicurezza	39
7.	Verifiche degli elementi strutturali	40
7.1.1.	Consolidamento solaio di copertura	40
7.1.2.	Verifica catene metalliche	41
8.	Relazione sui materiali	42
8.1.	Legno	42
8.2.	Muratura	42
8.3.	Acciaio per profilati e catene	42
8.4.	Bulloneria	42
8.5.	Saldature	42
8.6.	Valori di calcolo	42
8.6.1.	Legno Lamellare per copertura	42
8.6.2.	Muratura	43
8.6.3.	Acciaio per profilati e catene	43
8.6.4.	Bulloneria	43
9.	Relazioni specialistiche	44
9.1.	Risultati prove sperimentali sui materiali	44
9.2.	Relazione geologica: indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito	44
9.3.	Relazione geotecnica: indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno	44
9.4.	Relazione sulla modellazione sismica concernente la “pericolosità” sismica di base” del sito di costruzione	44
10.	Piano di manutenzione	45
10.1.	Premessa	45
10.2.	Elementi strutturali in acciaio da carpenteria	45
10.3.	Elementi strutturali in legno lamellare	46
10.4.	Murature in laterizio	46

1. PREMESSA

La presente relazione concerne le opere strutturali connesse con l'intervento di adeguamento sismico previsto per la biblioteca comunale di Zola Predosa, edificio sito in piazza Guglielmo Marconi n. 4 ed individuato dal riquadro rosso nella figura seguente.



Figura 1 – Individuazione aerea del fabbricato

Dalle analisi eseguite sulla struttura si sono evidenziati la scarsa resistenza di alcune pareti al piano terra e un livello di sicurezza circa pari al 20% per i possibili meccanismi di collasso locale indagati. In virtù di questo e dei risultati di seguito riportati, si è ritenuto necessario apportare gli interventi oggetto della presente relazione, volti a migliorare il comportamento globale della struttura sotto l'azione del sisma.

Nel seguito si illustreranno gli interventi previsti per la struttura e le relative verifiche atte ad attestare l'effettivo livello di sicurezza raggiunto nei confronti del sisma per il fabbricato oggetto di indagine.

2. ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

2.1. Analisi storico critica

L'edificio, oggi adibito a Biblioteca Comunale, è composto da due corpi di fabbrica aderenti, realizzati in epoche differenti, uno di matrice ottocentesca e uno, più recente, di epoca fascista.

Tale suddivisione è ben visibile sia nei prospetti (i due fabbricati hanno rivestimenti, elementi decorativi e livelli diversi) sia planimetricamente.

Non si sono raccolte informazioni sufficienti ad effettuare una analisi storico-critica di dettaglio. Le caratteristiche costruttive dell'edificio sono comunque visivamente riconoscibili.

Il corpo di fabbrica originale è stato oggetto nel 2010 di un intervento di manutenzione straordinaria che ha riguardato anche le strutture dell'edificio, con consolidamento degli impalcati.

2.2. Esito del rilievo geometrico strutturale

Il rilievo geometrico-strutturale è stato riferito sia alla geometria complessiva dell'organismo che a quella degli elementi costruttivi.

E' stato definito in modo esaustivo l'organismo resistente della costruzione e rilevati i principali meccanismi di danno connessi alle scelte costruttive adottate.

In particolare la geometria delle strutture è stata reperita dagli elaborati di progetto riguardanti il consolidamento strutturale realizzato nel 2010 e dal recente intervento di ampliamento e superamento delle barriere architettoniche.

La biblioteca è costituita da due corpi di fabbrica pluripiano, tra loro strutturalmente collegati. Entrambi i fabbricati sono adibiti come biblioteca/sale lettura al piano terra, mentre al piano primo sono organizzati principalmente come archivi.

L'edificio presenta in pianta una forma abbastanza regolare, inscritta in un rettangolo di dimensioni 31x14 m circa e si sviluppa su due livelli: il fabbricato indicato con la lettera A nell'immagine sottostante ha un'altezza totale di circa 8,5 m; il fabbricato B ha un'altezza totale di circa 12,5 m con livelli di impalcati a quota maggiore rispetto all'altro fabbricato. La struttura presenta inoltre un ampliamento, realizzato nel 2019, di forma rettangolare delle dimensioni di circa 13x5 m, giuntato rispetto al resto dell'edificio e perciò considerato indipendente. La struttura portante principale è rappresentata da muratura. Per l'edificio A, il primo impalcato è costituito da solai con volte a botte (per gli ambienti con maggiore superficie) e solai con travetti in acciaio e voltine in laterizio, mentre al secondo livello è presente un controsoffitto in arellato e telaio in legno sorretto dalla copertura con struttura in legno a doppia orditura. Nell'edificio B, il primo impalcato è costituito da un solaio misto in legno con soletta collaborante in calcestruzzo e, al livello superiore, è presente un controsoffitto che grava sulla copertura in legno di recente realizzazione.

PIANO TERRA - PIANTA
SCALA 1:100

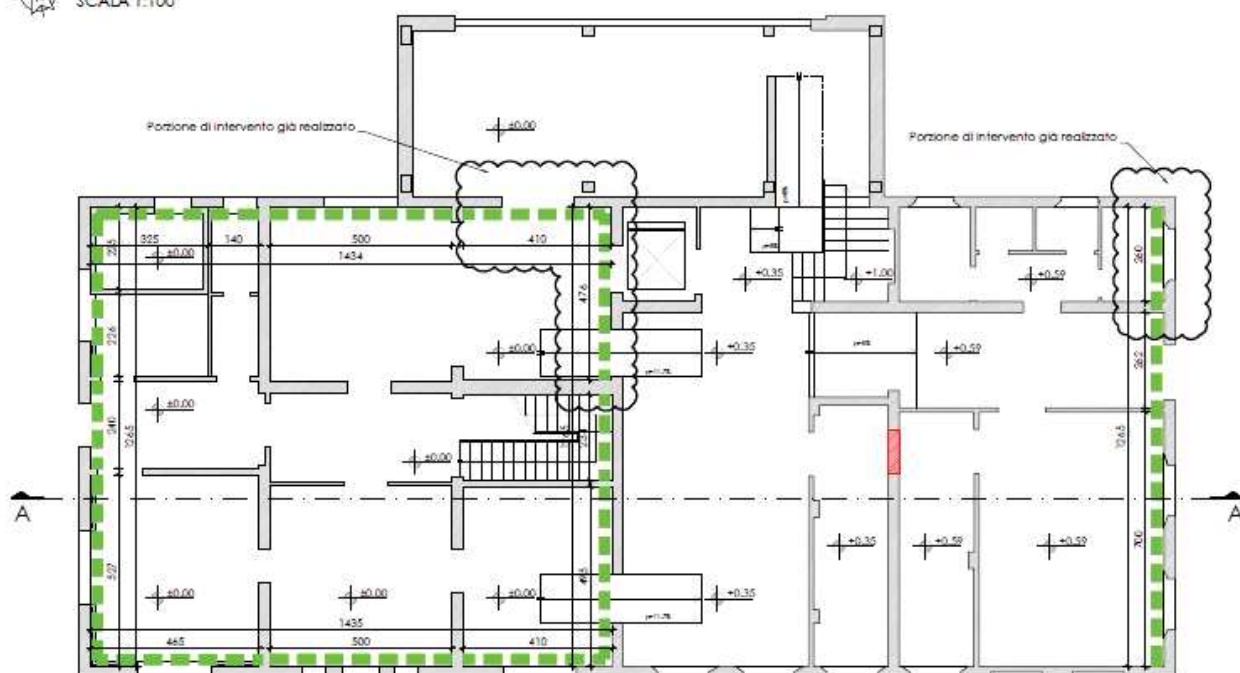


Figura 3 – Pianta piano terra – Individuazione interventi

PIANTA A QUOTA + 3,61 m
SCALA 1:100

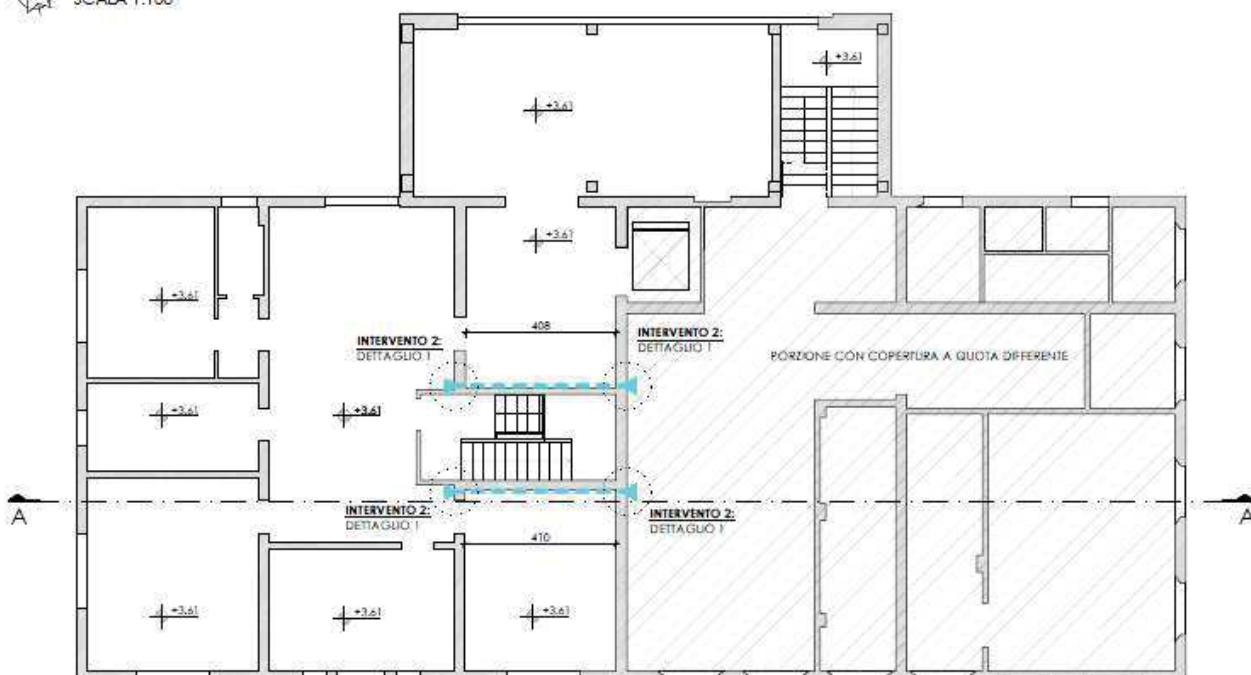


Figura 4 – Pianta a quota +3.61m – Individuazione interventi

PIANTA A QUOTA + 5,42 m
SCALA 1:100

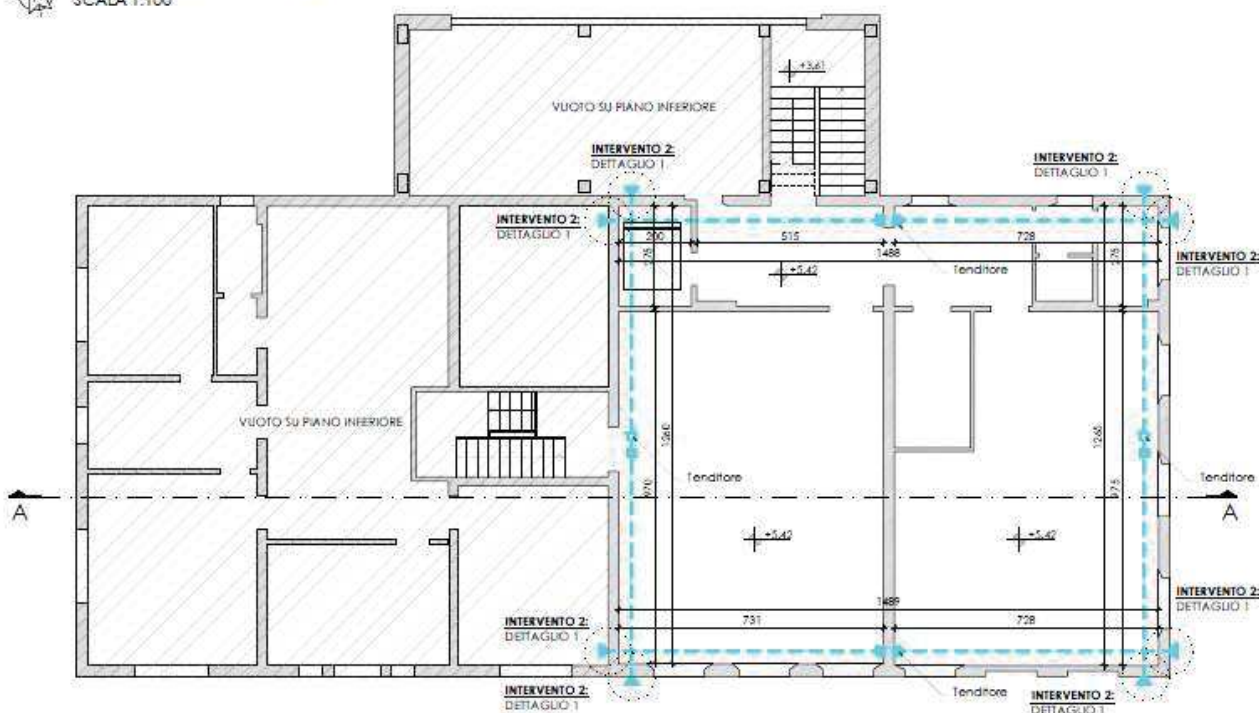


Figura 5 – Pianta a quota +5.42m – Individuazione interventi

PIANTA COPERTURA
SCALA 1:100

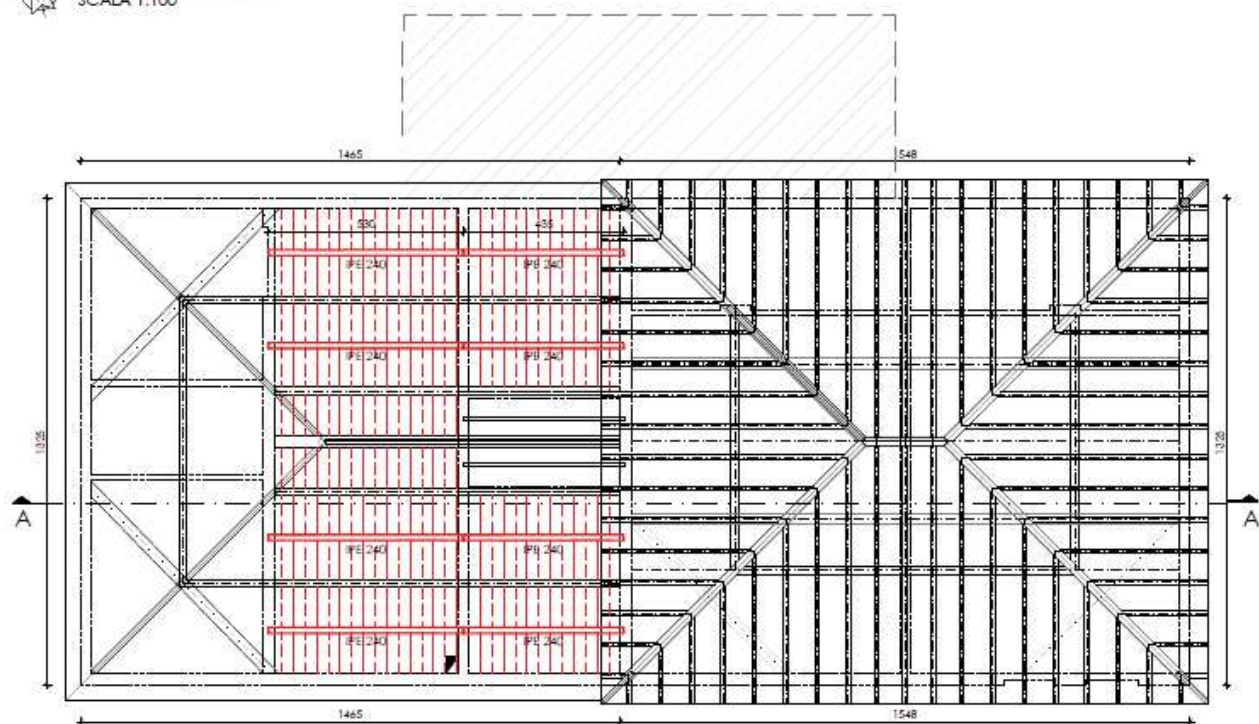


Figura 6 – Pianta copertura – Individuazione interventi

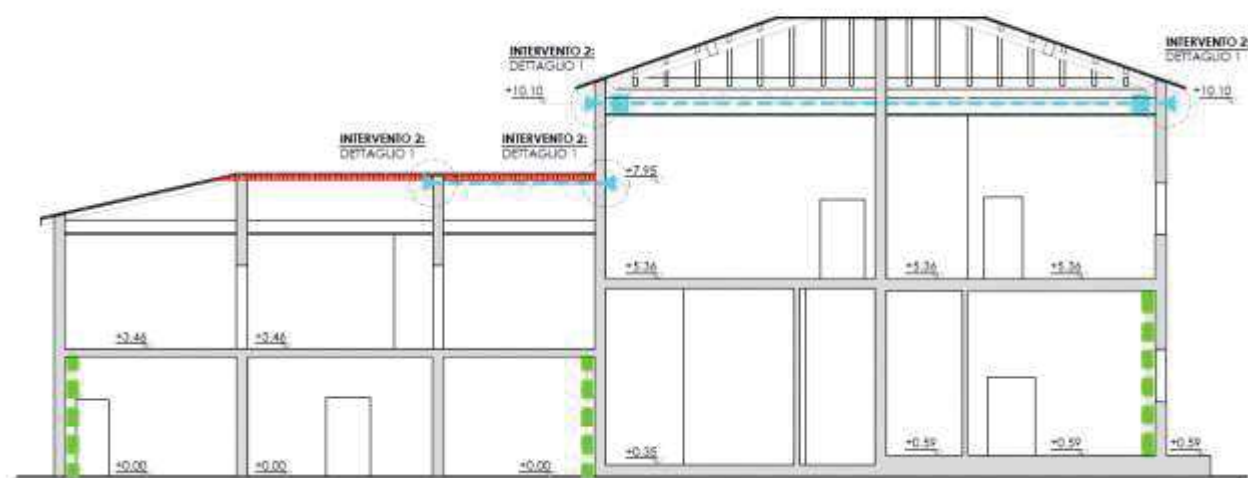


Figura 7 – Sezione longitudinale

Sono inoltre previste delle modifiche alle partizioni interne, in particolare aperture in muri di tamponamento e una chiusura di un parete dello spessore di 30 cm. Per i dettagli si rimanda agli elaborati grafici allegati alla presente.

L'intervento in progetto si configura come intervento di adeguamento e perciò tale da richiedere la valutazione della sicurezza della costruzione, riportata nella presente relazione.

2.3.1. Interventi sulle strutture verticali

Il progetto architettonico prevede la modifica e realizzazione di nuove aperture in pareti interne in muratura ai piani terra e primo, necessarie per la definizione di una nuova distribuzione funzionale per la biblioteca.

Sono previsti inoltre degli interventi di tamponamento di aperture esistenti con ripristino di continuità della muratura in mattoni pieni come indicato nell'immagine seguente.

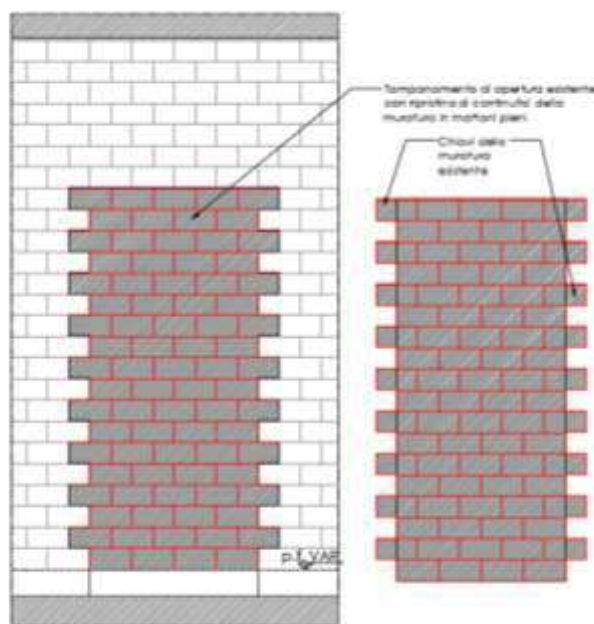


Figura 8 – Intervento di tamponamento tipico

Come anticipato precedentemente, sono previsti degli interventi, rivolti al miglioramento delle capacità presso flessionali delle pareti maggiormente sollecitate, costituiti da uno strato di intonaco armato con una maglia $\Phi 6$ 15x15cm sul lato interno dell'edificio.

Al fine di assicurare un comportamento scatolare alla struttura e di impedire alcuni meccanismi locali, è previsto l'inserimento di incatenamenti metallici immediatamente al di sotto del solaio di copertura, mediante catene $\Phi 20$, meglio identificate nel seguito e negli elaborati grafici di progetto.

2.3.2. Interventi sulle strutture orizzontali

In gran parte della copertura situata a quota inferiore, è previsto l'inserimento di profili metallici rompi tratta e travetti in legno lamellare che affiancheranno i travetti esistenti. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici strutturali allegati alla presente.

2.4. Criteri generali di progettazione, analisi e verifica

Per quanto detto sopra si ritiene che gli interventi previsti migliorino il comportamento dinamico in caso di sisma dell'edificio esistente, come illustrato nel seguito della presente relazione.

Per il calcolo delle catene metalliche inserite all'interno della struttura e la verifica degli elementi strutturali interessati dagli interventi sopra descritti è stata condotta un'analisi con l'ausilio di un programma di calcolo dedicato all'analisi delle strutture esistenti in muratura, con il quale si sono confrontate le caratteristiche della struttura nello stato di fatto a quelle della stessa comprensiva degli interventi di rinforzo nello stato di progetto.

Il calcolo delle sollecitazioni negli elementi progettati è stato condotto secondo la teoria della Tecnica e Scienza delle Costruzioni. Le verifiche sono state condotte

secondo il metodo degli Stati Limite Ultimi e di Esercizio in accordo con il le NTC'08. Le sollecitazioni negli elementi progettati sono state determinate considerando le combinazioni di carico più gravose.

2.5. Quadro normativo di riferimento

La normativa italiana cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7 "Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 17/01/2018";
- D.M. del 17 Gennaio 2018 "Aggiornamento delle *Norme tecniche per le costruzioni*"
- D.M. del 14 Gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"
- Circolare 2 Febbraio 2009, n. 617 "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 14/01/2008";
- Legge n. 64 del 2 Febbraio 1974. "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- D.P.R. 6 Giugno 2001 n. 380.

Altre norme e documenti tecnici integrativi cui si è fatto riferimento sono i seguenti:

- Atto di indirizzo della Regione Emilia Romagna recante: "Individuazione dei contenuti cogenti del progetto esecutivo riguardante le strutture, ai sensi dell'art.12, comma 1, della L.R. n.19 del 2008"

2.6. Livello di conoscenza e caratteristiche della muratura esistente

I livelli di conoscenza raggiunti sono stati definiti per mezzo del rilievo geometrico della struttura, e attraverso limitate indagini visive sui dettagli costruttivi e materiali utilizzati.

Pertanto, in base a quanto riportato nella Circolare 7 al punto §C8.5.4, si può definire un livello di conoscenza LC1.

Dal momento che non sono state eseguite specifiche prove sperimentali i valori delle caratteristiche meccaniche della muratura sono state stimate sulla base della tabella C8.5.I, adottando i valori medi suggeriti per "*Muratura in mattoni pieni e malta di calce*", riportati di seguito:

$f_m = 240 \text{ N/cm}^2$	Resistenza a compressione media della muratura
$\tau_0 = 6.0 \text{ N/cm}^2$	Resistenza media a taglio della muratura
$E = 1500 \text{ N/mm}^2$	Valore medio del modulo di elasticità normale
$G = 500 \text{ N/mm}^2$	Valore medio del modulo di elasticità tangenziale
$w = 18 \text{ kN/m}^3$	Peso specifico medio della muratura

Si noti che i moduli di elasticità normale E e tangenziale G sono da considerarsi relativi a condizioni non fessurate e in fase di analisi vengono ridotti al 50%.

2.7. Azioni di progetto sulla costruzione

Si riportano nel seguito le azioni considerate per la progettazione degli elementi strutturali in accordo con le NTC'18.

2.7.1. Azioni gravitazionali

Le azioni gravitazionali agenti sulla struttura sono state definite come descritto nella tabella seguente.

BIBLIOTECA ZOLA PREDOSA		
STATO DI FATTO ESISTENTE		02718
ANALISI DEI CARICHI		

A	Solaio a travetti acciaio e volte laterizio		
	Descrizione	note	carico [kg/mq]
	Pesi Propri		150
	Carichi Permanenti Portati		250
	Totale permanenti		400
	Variabili		300

B	Volta a botte in laterizio		
	Descrizione	note	carico [kg/mq]
	Pesi Propri		300
	Carichi Permanenti Portati		250
	Totale permanenti		550
	Variabili		300

C	Solaio in legno a doppia orditura (1)		
	Descrizione	note	carico [kg/mq]
	Pesi Propri		200
	Carichi Permanenti Portati		250
	Totale permanenti		450
	Variabili		300

D	Solaio in legno a doppia orditura (2)		
	Descrizione	note	carico [kg/mq]
	Pesi Propri		200
	Carichi Permanenti Portati		150
	Totale permanenti		350
	Variabili		300

E	Controsoffitto in arellato e telaio in legno		
	Descrizione	note	carico [kg/mq]
	Pesi Propri		20
	Carichi Permanenti Portati		30
	Totale permanenti		50
	Variabili		0

F	Controsoffitto in cartongesso e telaio in acciaio		
	Descrizione	note	carico [kg/mq]
	Pesi Propri		40
	Carichi Permanenti Portati		80
	Totale permanenti		120
	Variabili		0

G	Coperto in legno a doppia orditura		
	Descrizione	note	carico [kg/mq]
	Pesi Propri		40
	Carichi Permanenti Portati		80
	Totale permanenti		120
	Variabili	neve	120

H	Coperto in legno lamellare a doppia orditura		
	Descrizione	note	carico [kg/mq]
	Pesi Propri		50
	Carichi Permanenti Portati		100
	Totale permanenti		150
	Variabili	neve	120

2.7.2. Azioni della neve

Si riporta nel seguito il calcolo del carico neve sulle coperture considerando il possibile accumulo sulla porzione di fabbricato di altezza minore. I seguenti valori ottenuti sono stati poi adeguatamente implementati nel modello di calcolo.

CARICO NEVE SULLA COPERTURA

Caratteristiche del sito

Zona

1 - Mediterranea

Altitudine

$a_s = 80$ m s.l.m.

Valore caratteristico di riferimento carico neve al suolo

$q_{sk} = 150.00$ kg/mq

$q_{sk} = 1.5$ kN/m²

$a_s < 200$ m s.l.m.

$q_{sk} = 1.35 [1 + (a_s/602)^2]$ kN/m²

$a_s > 200$ m s.l.m.

Topografia

Normale

Coefficiente di esposizione

$C_e = 1.0$

Caratteristiche dell'edificio

Numero falde

$n_f = 2$

Inclinazione falda 1

$\alpha_1 = 19.0^\circ$

Coefficiente di forma

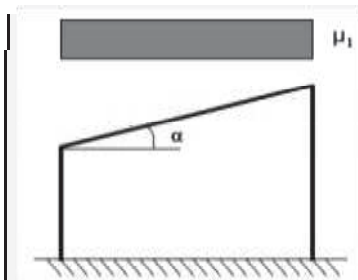
$\mu_1(\alpha_1) = 0.8$

Inclinazione falda 2

$\alpha_2 = 19.0^\circ$

Coefficiente di forma

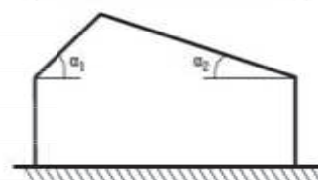
$\mu_1(\alpha_2) = 0.8$



Caso I $\mu_1(\alpha_1)$ $\mu_1(\alpha_2)$

Caso II $0.5 \mu_1(\alpha_1)$ $\mu_1(\alpha_2)$

Caso III $\mu_1(\alpha_1)$ $0.5 \mu_1(\alpha_2)$



Coefficiente termico

$C_t = 1.0$

Carico da neve

Carico neve sulla falda 1

120 kg/mq

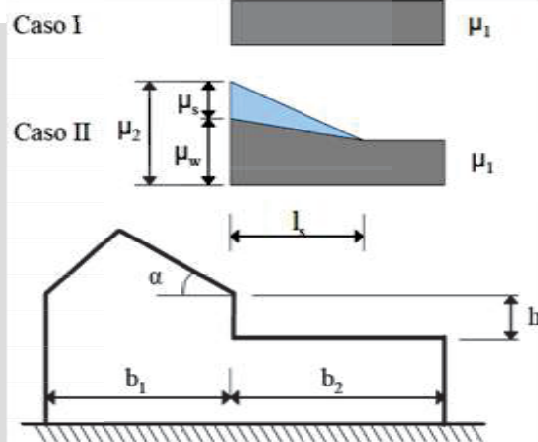
Carico neve sulla falda 2

120 kg/mq

EFFETTI ACCUMULO DI NEVE

y	200	kg/mc
l	5.00	m
b1	5.00	m
b2	9.00	m
h	2.50	m
μ_1	0.80	
a	19.00	
μ_s	0.40	
μ_w	2.80	
Verifica condizione	$\mu_w \leq \gamma h / q_{sk}$	Verificato
$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$	3.20	
ls	5	m

Massimo carico neve	480	kg/mq
Minimo carico neve	120	kg/mq



Nonostante la copertura a quota minore sia in realtà a doppia falda, a favore di sicurezza si considera la stessa come piana, utilizzando il sovraccarico di 480kg/mq per il dimensionamento degli elementi interessati dagli interventi in oggetto alla presente.

2.7.3. Azioni del vento

Non rilevanti agli effetti degli interventi in oggetto.

2.7.4. Azioni della temperatura

Non rilevanti agli effetti degli interventi in oggetto.

2.7.5. Azione sismica

I parametri dell'azione sismica considerati sono quelli indicati dalla normativa, ed in particolare:

- ✓ Localizzazione: Piazza Guglielmo Marconi 4, 40069 Zola Predosa BO, Italia Longitudine 11.2227 Latitudine 44.4906;
- ✓ Categoria di terreno: C – Depositi a grana grossa mediamente addensati eo terreni a grana fina mediamente consistenti;
- ✓ Coefficiente di amplificazione topografica (ST) 1.00;
- ✓ Vita nominale della costruzione (VN) 50 anni;
- ✓ Classe d'uso III coefficiente CU 1.5.

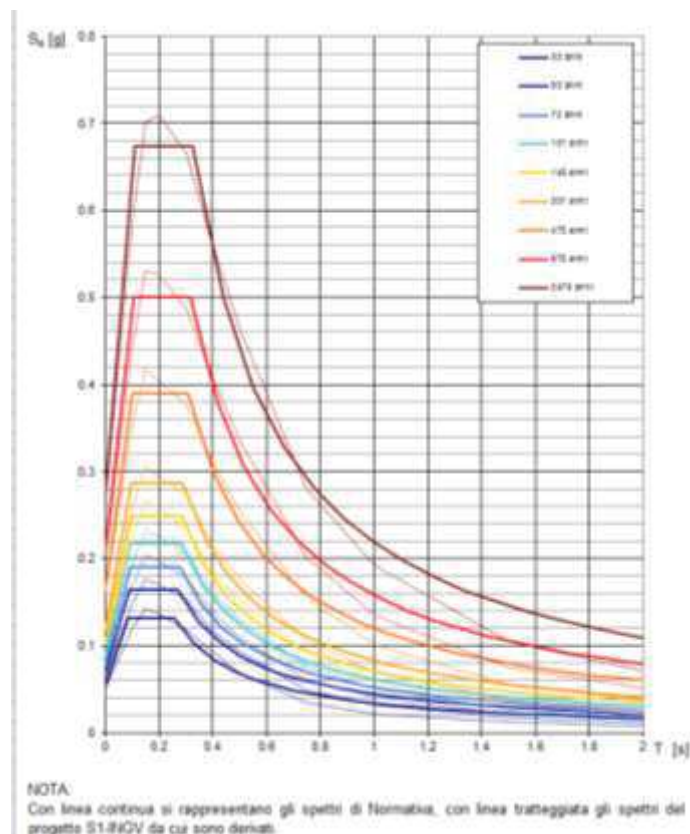


Figura 9 – Spettri di risposta elastici in funzione del periodo di ritorno

2.8. Modelli numerici

2.8.1. Metodologia di modellazione ed analisi

Il comportamento dei pannelli murari interessati dagli interventi è stato analizzato con l'ausilio di un programma di calcolo con il quale sono stati realizzati modelli congruenti alla struttura nello stato di fatto nello stato di progetto.

2.8.2. Informazioni sul codice di calcolo

La modellazione globale dell'edificio è stata condotta utilizzando il codice di calcolo PCM versione 2018, prodotto da AEDES – via Aporti 32 – San Miniato (PI). Si tratta di un software commerciale che consente di effettuare l'analisi statica e sismica di edifici in muratura ai sensi del D.M.14/01/2008 e della relativa Circolare n.617 del 02/02/2009 e del D.M. 17/01/2018.

L'esame preliminare della documentazione fornita dal produttore del codice di calcolo (per la quale si rimanda a www.aedes.it), ed in particolare della descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, oltre ai casi prova risolti, permette di considerare il software idoneo allo studio della struttura oggetto della presente relazione.

2.8.3. Modellazione della geometria e delle proprietà meccaniche

Per la modellazione geometrica degli elementi strutturali si è fatto riferimento al rilievo geometrico strutturale (si veda §2.2) ed a schemi e formule note della

scienza e della tecnica delle costruzioni.

Le proprietà meccaniche dei materiali sono invece state assunte in conformità a quanto indicato nelle NTC'18, così come descritto nel §2.6.

L'edificio modellato viene schematizzato con un modello tridimensionale agli elementi finiti, riconducibile ad un assemblaggio di telai piani, dove ogni telaio rappresenta un paramento murario verticale. Le aste verticali sono i maschi murari, quelle orizzontali le fasce di piano.

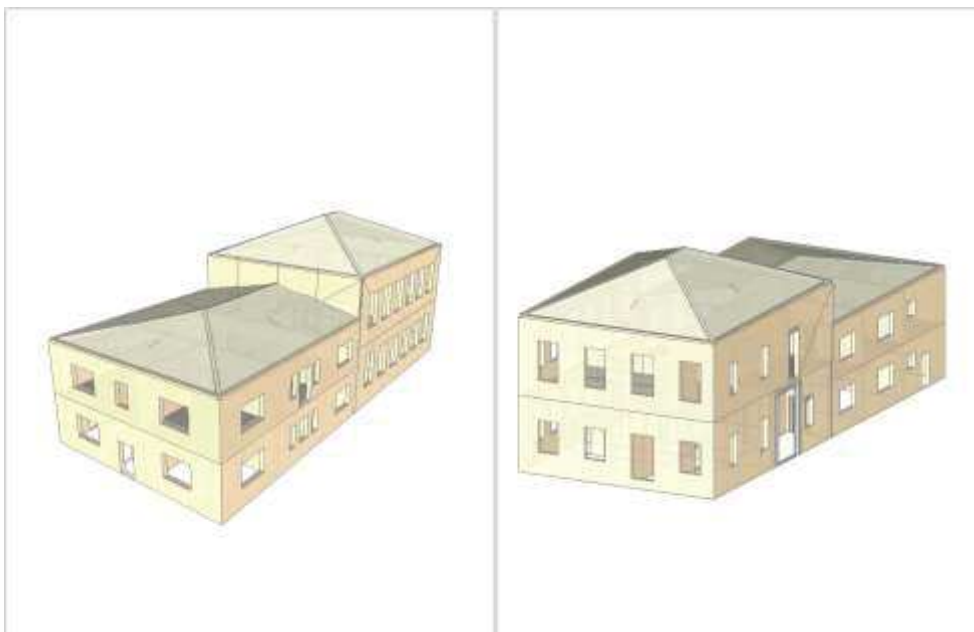


Figura 10 – Viste modello solido

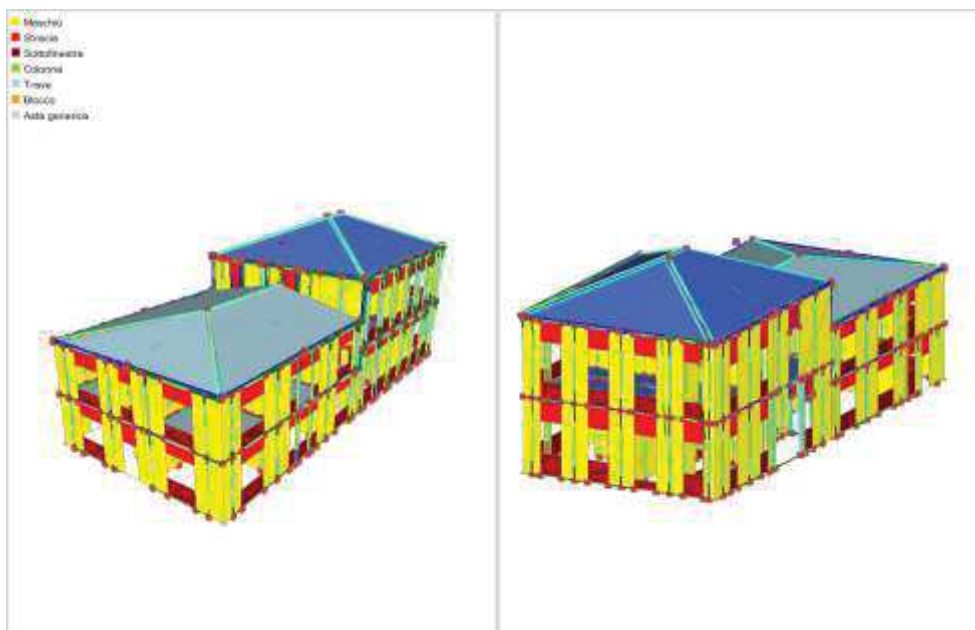


Figura 11 – Viste modello telaio equivalente

2.8.4. Modellazione dei vincoli interni ed esterni

Considerando che gli elementi nodo in cui confluiscono le aste costituenti il telaio equivalente siano infinitamente rigidi e resistenti sono stati modellati numericamente introducendo tratti rigidi alle estremità degli elementi maschio e fascia, come mostrato nella figura seguente.

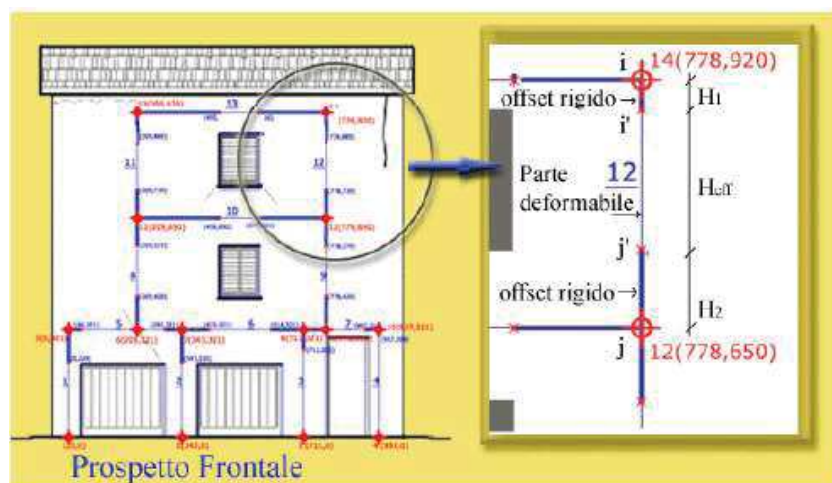


Figura 12 – Modello di calcolo – Schematizzazione tratti rigidi

2.8.4.1. Vincoli interni – Rigidezza di piano orizzontamenti

Considerate le caratteristiche della struttura e gli interventi previsti, si ritiene che i solai oggetti di intervento garantiscano un sufficiente irrigidimento e perciò sono stati introdotti vincoli di piano infinitamente rigido.

2.8.4.2. Vincoli esterni

Alla base delle aste verticali che costituiscono i maschi murari del piano terra sono stati introdotti incastri perfetti.

2.8.5. Modellazione delle azioni

Le azioni sono state considerate secondo quanto riportato al §2.7.1 della presente relazione di calcolo e applicate agli elementi strutturali in progetto considerando schemi noti della scienza e della tecnica delle costruzioni.

3. Materiali

I materiali previsti per la realizzazione degli interventi in oggetto sono:

- Legno lamellare GL24h per travi e travetti costituenti l'intervento di consolidamento della copertura a quota minore;
- Legno per pannelli di spessore pari a 3.5cm;
- Ancoraggi alle strutture in muratura con barre filettate e bulloneria classe 8.8 e resine bicomponenti.
- Acciaio S275 per profili di carpenteria metallica a catene;
- Muratura in mattoni pieni tipo Bolognese.

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione sui materiali, contenuta nella

presente relazione, e agli elaborati esecutivi allegati alla presente.

4. Analisi del comportamento globale del fabbricato - SDF

La struttura dell'edificio è stata modellata con l'ausilio di un programma di calcolo agli elementi finiti con il quale è stato realizzato un modello congruente con la struttura di fatto e di progetto. Su questo sono state svolte le seguenti analisi:

- A. Analisi statica lineare non sismica;
- B. Analisi modale;
- C. Analisi statica non lineare (pushover).

Si riportano nel seguito i risultati ottenuti per lo stato di fatto.

4.1. Risultati dell'analisi lineare statica (non sismica)

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi statica (non sismica) delle pareti murarie.

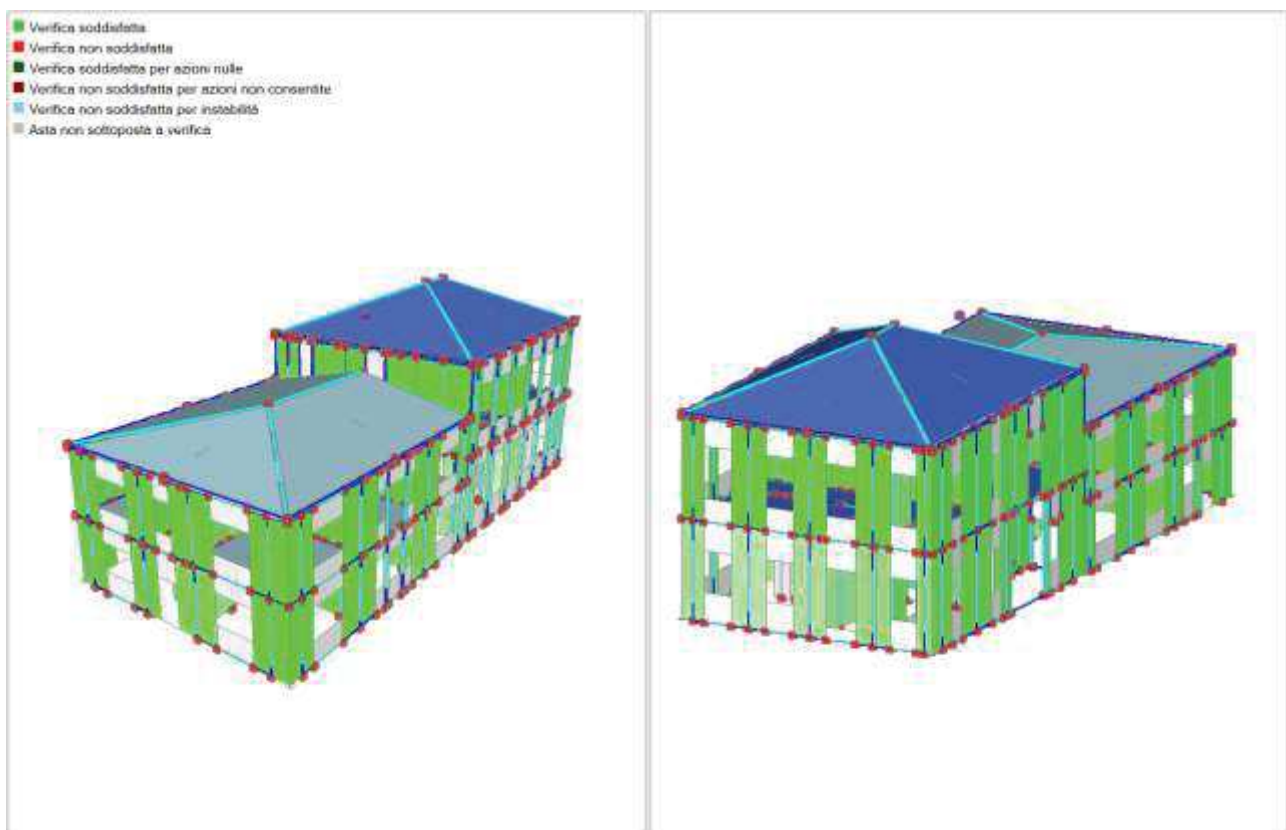


Figura 13 – Verifiche a pressoflessione – Modello globale

4.2. Risultati dell'analisi modale

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi modale condotta sul modello.

Modo	Autovalore (rad/sec)^2	Frequenza (cicli/sec)	Periodo (sec)	Masse modali efficaci (% sulla massa totale)			Totale progressivo %			Quote masse modali efficaci (m)		
				X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	9.050814E02	4.8E00	0.209	2.825	66.139	0.000	2.825	66.139	0.000	5.101	4.978	0.000
2	1.495476E03	6.2E00	0.162	76.725	12.690	0.000	79.550	78.829	0.000	5.080	5.007	0.000
3	1.955666E03	7.0E00	0.142	16.535	18.435	0.000	96.085	97.264	0.000	5.021	5.133	0.000

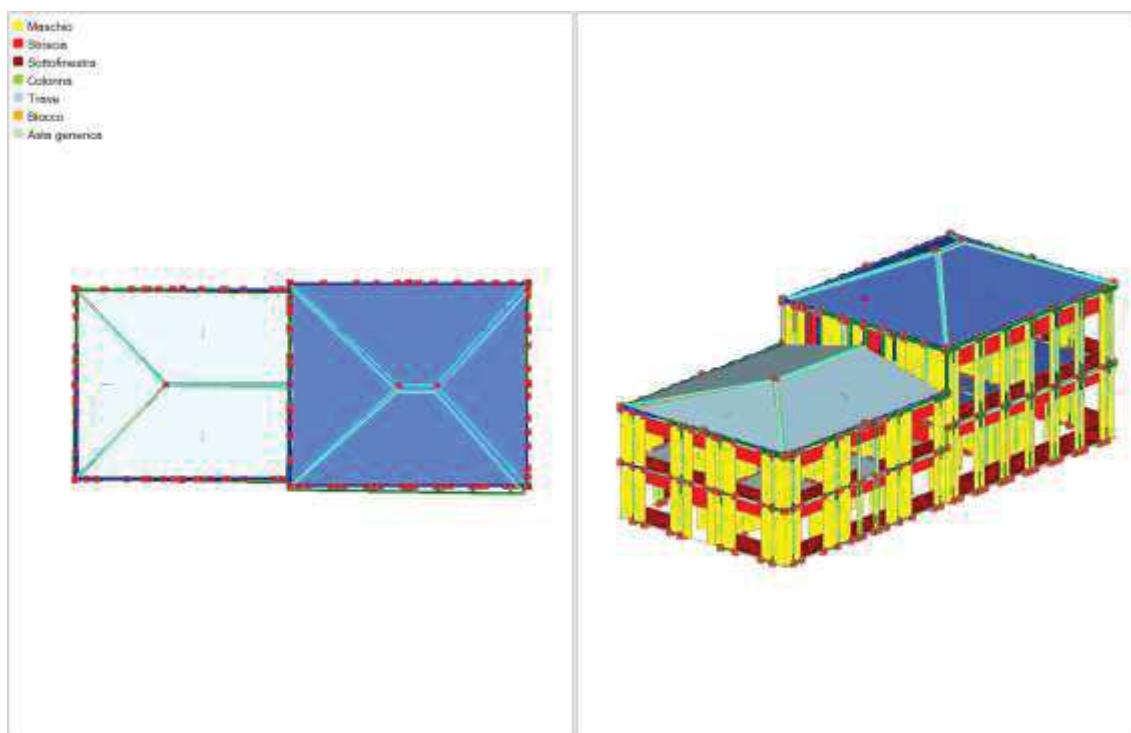


Figura 14 – Modo di vibrare 1

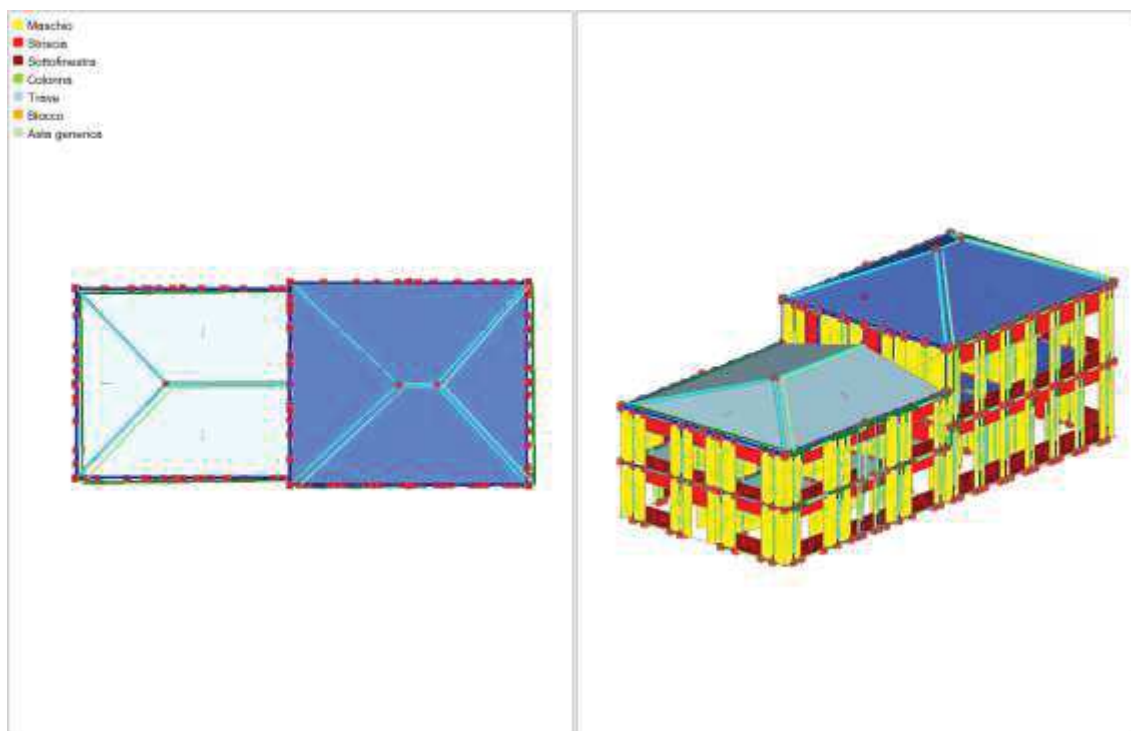


Figura 15 – Modo di vibrare 2

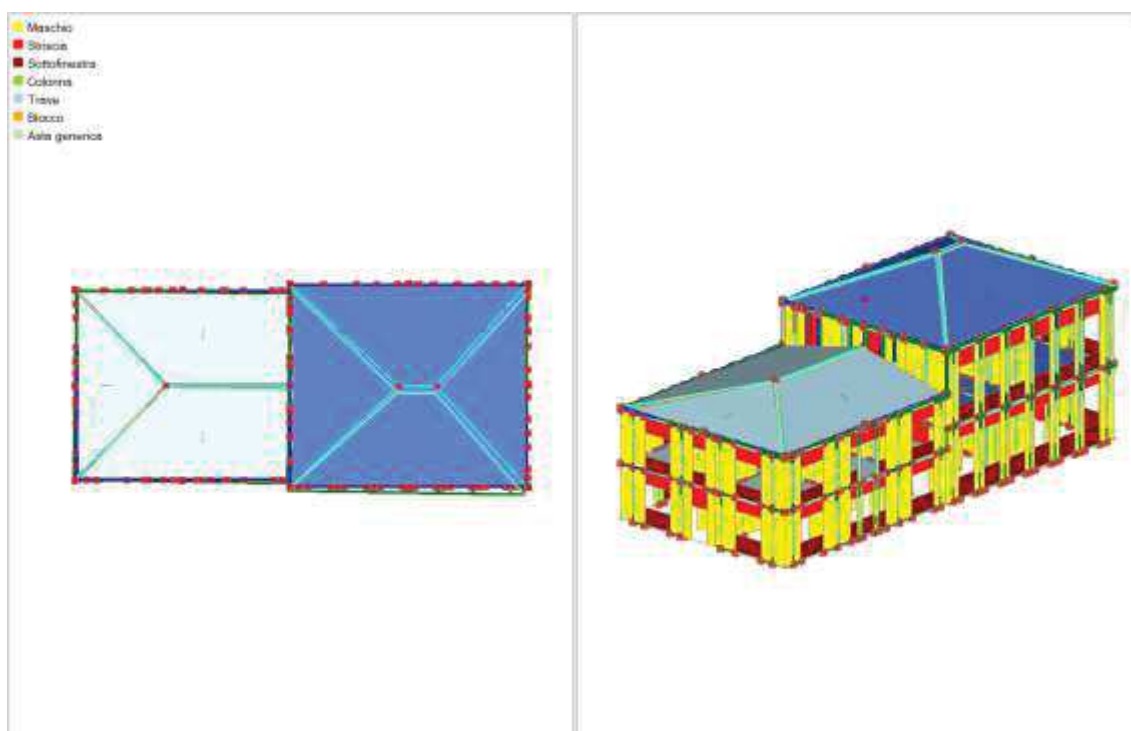


Figura 16 – Modo di vibrare 3

4.3. Risultati dell'analisi statica non lineare

Si tratta di un'analisi in cui il sistema di forze che simula gli effetti inerziali prodotti dall'evento sismico nel piano orizzontale viene progressivamente incrementato fino al raggiungimento del collasso della struttura, inteso come incapacità di continuare a sostenere i carichi verticali.

In questo caso, in accordo con le indicazioni del D.M. 17/01/2018, sono state considerate le seguenti distribuzioni di forze:

1. Distribuzione di forze proporzionale al primo modo di vibrare (B);
2. Distribuzione di forze proporzionale alle masse (E).

Le verifiche richieste si concretizzano nel confronto tra la curva di capacità per le diverse condizioni previste e la domanda di spostamento prevista dalla normativa. La curva di capacità è individuata mediante un diagramma spostamento-taglio massimo alla base.

L'analisi, eseguita in controllo di spostamento, procede al calcolo della distribuzione di forze che genera il valore dello spostamento richiesto. L'analisi viene fatta continuare fino a che non viene raggiunto, per almeno un maschio murario, lo stato limite di collasso corrispondente a: deformazione complanare eccessiva, non reagenza a causa di deformazione a trazione, raggiungimento della resistenza ultima per pressoflessione ortogonale.

La normativa richiede il tracciamento di una curva di capacità bi-lineare di un sistema equivalente (SDOF). Il tracciamento di tale curva deve avvenire con una retta che, passando per l'origine interseca la curva del sistema reale in corrispondenza del 70% del valore di picco; la seconda retta risulterà parallela all'asse degli spostamenti tale da generare l'equivalenza delle aree tra i diagrammi del sistema reale e quello equivalente.

La determinazione della curva relativa al sistema equivalente, permette di determinare il periodo con cui ricavare lo spostamento massimo richiesto dal sisma, secondo gli spettri riportati sulla normativa. Si rimanda ai paragrafi successivi, relativi alle verifiche sismiche per le valutazioni quantitative relative ai modelli di calcolo.

Nella tabella seguente sono riportati i risultati delle analisi di pushover svolte, riferite a ciascuna curva.

N° curva	Corrente	Vista	Distr.	Direz.	Direz. 2	Mt	Control	$\zeta, \text{PGA}(\text{SLV})$	$\zeta, \text{TR}(\text{SLV})$	VN, CLV
1	☉	☐	B	+X'	+0.3Y'	+	L3	0.945	0.785	59
2	☉	☐	B	+X'	+0.3Y'	-	L3	0.915	0.703	52
3	☉	☐	B	+X'	-0.3Y'	+	L3	0.925	0.725	54
4	☉	☐	B	+X'	-0.3Y'	-	L3	0.915	0.692	52
5	☉	☐	B	+Y'	+0.3X'	+	L3	0.878	0.597	45
6	☉	☐	B	+Y'	+0.3X'	-	L3	0.766	0.381	28
7	☉	☐	B	+Y'	-0.3X'	+	L3	0.857	0.558	42
8	☉	☐	B	+Y'	-0.3X'	-	L3	0.742	0.342	26
9	☉	☐	B	-X'	+0.3Y'	+	L3	0.918	0.714	53
10	☉	☐	B	-X'	+0.3Y'	-	L3	0.928	0.738	55
11	☉	☐	B	-X'	-0.3Y'	+	L3	0.928	0.738	55
12	☉	☐	B	-X'	-0.3Y'	-	L3	0.945	0.785	59
13	☉	☑	B	-Y'	+0.3X'	+	L3	0.739	0.330	25
14	☉	☐	B	-Y'	+0.3X'	-	L3	0.918	0.714	53
15	☉	☐	B	-Y'	-0.3X'	+	L3	0.756	0.361	27
16	☉	☐	B	-Y'	-0.3X'	-	L3	0.915	0.703	52
17	☉	☐	E	+X'	+0.3Y'	+	L3	1.006	1.034	77
18	☉	☐	E	+X'	+0.3Y'	-	L3	0.989	0.955	71
19	☉	☐	E	+X'	-0.3Y'	+	L3	0.989	0.940	70
20	☉	☐	E	+X'	-0.3Y'	-	L3	0.983	0.925	69
21	☉	☐	E	+Y'	+0.3X'	+	L3	0.925	0.725	54
22	☉	☐	E	+Y'	+0.3X'	-	L3	0.830	0.485	36
23	☉	☐	E	+Y'	-0.3X'	+	L3	0.918	0.714	53
24	☉	☐	E	+Y'	-0.3X'	-	L3	0.790	0.408	30
25	☉	☐	E	-X'	+0.3Y'	+	L3	0.989	0.955	71
26	☉	☐	E	-X'	+0.3Y'	-	L3	0.996	0.971	72
27	☉	☐	E	-X'	-0.3Y'	+	L3	0.973	0.897	67
28	☉	☐	E	-X'	-0.3Y'	-	L3	1.000	1.002	75
29	☉	☐	E	-Y'	+0.3X'	+	L3	0.779	0.394	29
30	☉	☐	E	-Y'	+0.3X'	-	L3	0.973	0.897	67
31	☉	☐	E	-Y'	-0.3X'	+	L3	0.813	0.451	34
32	☉	☐	E	-Y'	-0.3X'	-	L3	0.956	0.833	62

Tabella 1 – Risultati analisi di pushover

Si riporta a titolo di esempio la curva di capacità maggiormente penalizzante in formato Forza-spostamento e formato ADRS ed il corrispondente stato delle verifiche nell'ultimo passo di analisi.

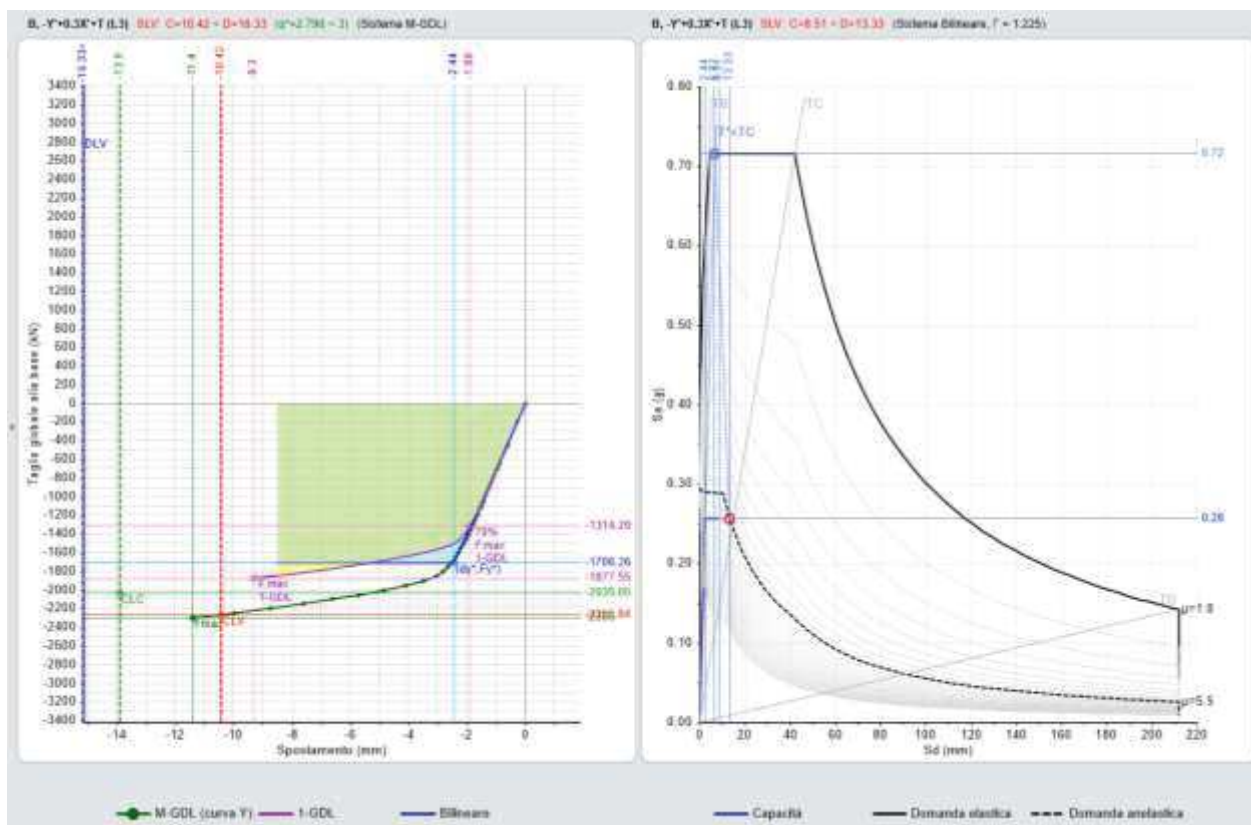


Figura 17 – Curva di capacità (forza-spostamento e ADRS)

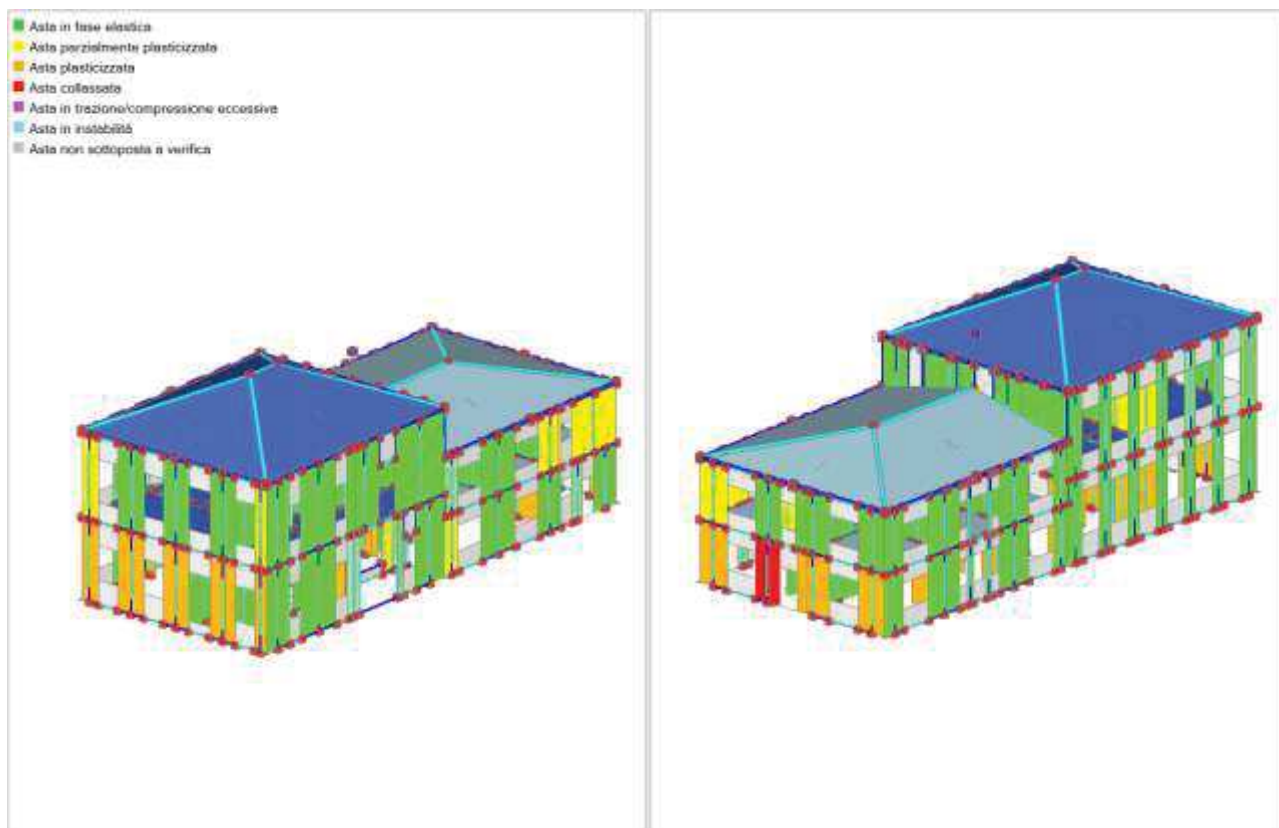


Figura 18 – Ultimo passo di analisi – Pressoflessione complanare

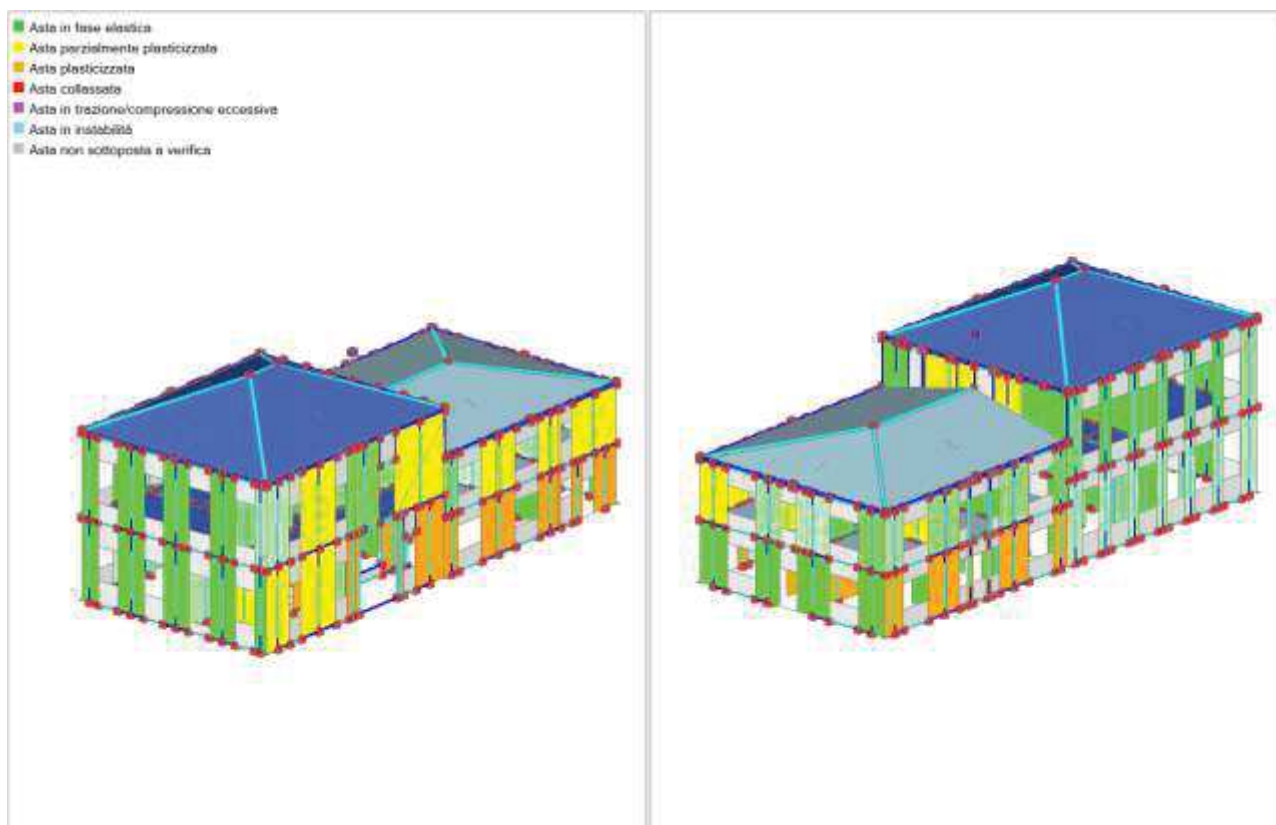


Figura 19 – Ultimo passo di analisi – Pressoflessione ortogonale

4.4. Analisi del comportamento locale del fabbricato

Le verifiche con riferimento ai meccanismi locali possono essere svolte tramite l'analisi limite dell'equilibrio, secondo l'approccio cinematico, che si basa sulla scelta del meccanismo di collasso e la valutazione dell'azione orizzontale che attiva tale cinematisimo.

L'applicazione del metodo di verifica presuppone quindi l'analisi dei meccanismi locali ritenuti significativi per la costruzione, che possono essere ipotizzati sulla base della conoscenza del comportamento sismico di strutture analoghe, già danneggiate dal terremoto, o individuati considerando la presenza di eventuali stati fessurativi, anche di natura non sismica; inoltre saranno tenute presente la qualità della connessione tra le pareti murarie, la tessitura muraria, la presenza di catene, le interazioni con altri elementi della costruzione o degli edifici adiacenti. L'approccio cinematico permette inoltre di determinare l'andamento dell'azione orizzontale che la struttura è progressivamente in grado di sopportare all'evolversi del meccanismo.

Per ogni possibile meccanismo locale ritenuto significativo per l'edificio, il metodo si articola nei seguenti passi:

- trasformazione di una parte della costruzione in un sistema labile (catena cinematica), attraverso l'individuazione di corpi rigidi, definiti da piani di frattura ipotizzabili in grado di ruotare o scorrere tra loro;

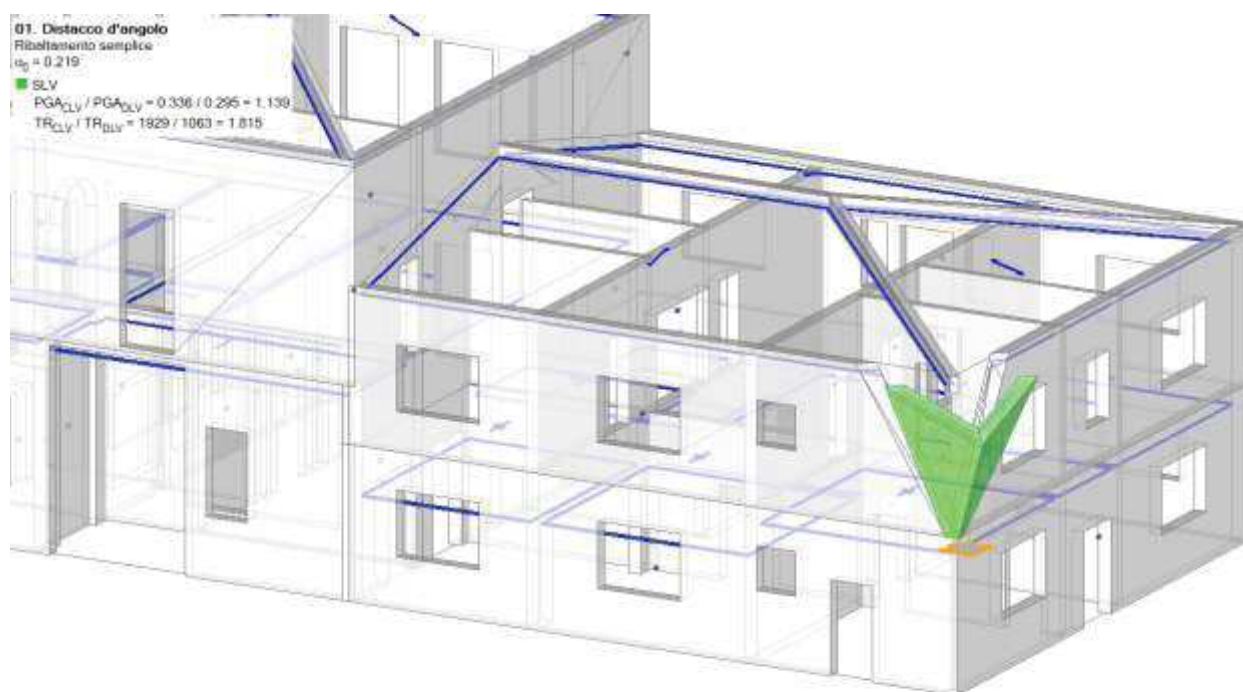
- valutazione del moltiplicatore orizzontale dei carichi α_0 che comporta l'attivazione del meccanismo mediante l'impiego del principio dei lavori virtuali;
- individuazione dell'accelerazione sismica spettrale di attivazione α^*_0 a partire dal moltiplicatore orizzontale dei carichi α_0 .

Per quanto riguarda il fabbricato in oggetto lo studio dei meccanismi locali è stato condotto utilizzando lo stesso software utilizzato per i modelli globali (PC.M 2018), agendo sugli stessi modelli di calcolo.

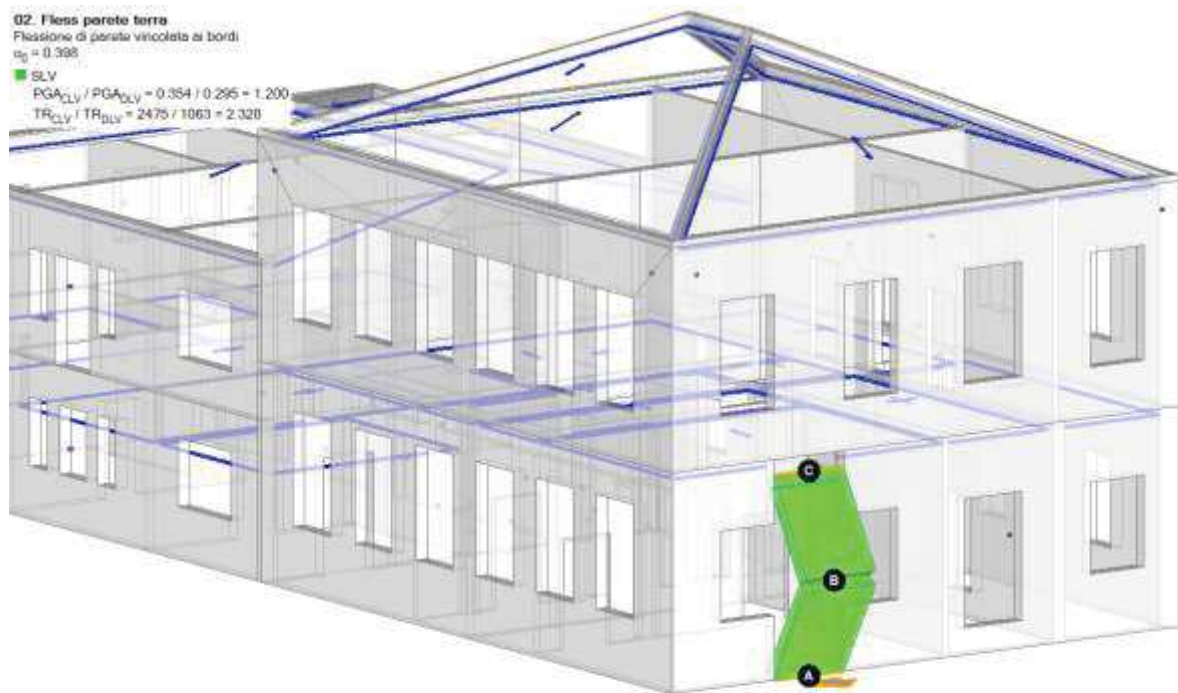
Di seguito viene riportata la verifica per i meccanismi individuati, ossia distacco d'angolo, flessione di parete vincolata ai bordi, il ribaltamento di pareti al primo piano dell'edificio di altezza maggiore e, considerata della conformazione del fabbricato, si è ritenuto opportuno studiare i possibili meccanismi locali della parete sulla quale insiste la copertura del fabbricato più basso, in comune alle due porzioni dell'edificio.

Il livello di sicurezza minimo per i cinematismi indagati risulta pari a circa il 20%. In virtù di questo e dei risultati di seguito riportati, si è ritenuto necessario apportare degli interventi, oggetto della presente, volti a migliorare il comportamento globale della struttura sotto l'azione del sisma.

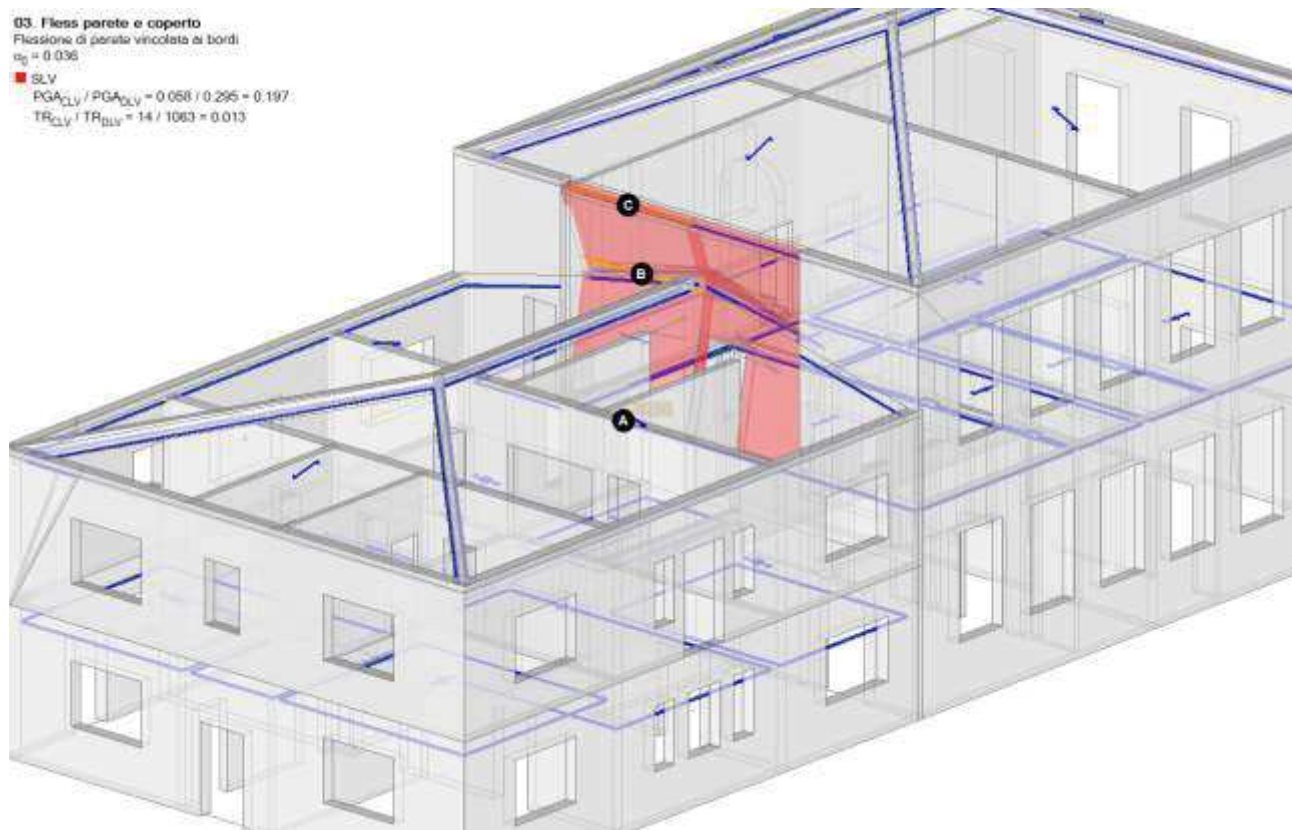
4.4.1. Distacco d'angolo



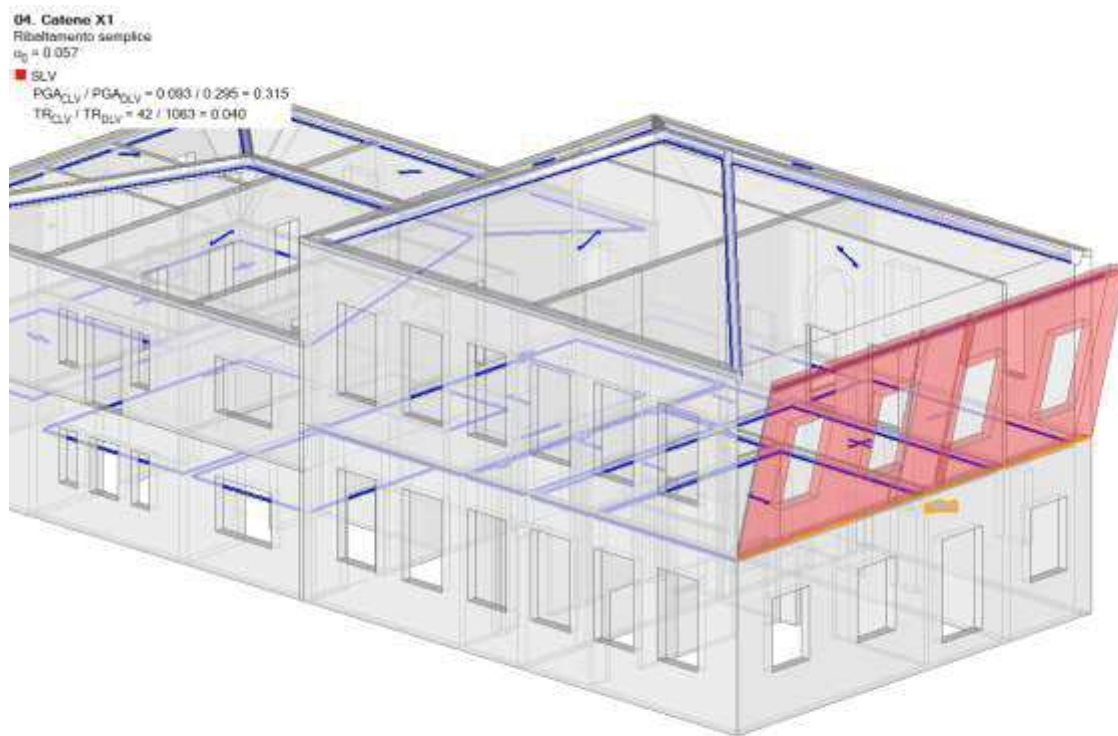
4.4.2. Flessione di parete vincolata alle estremità – Piano terra



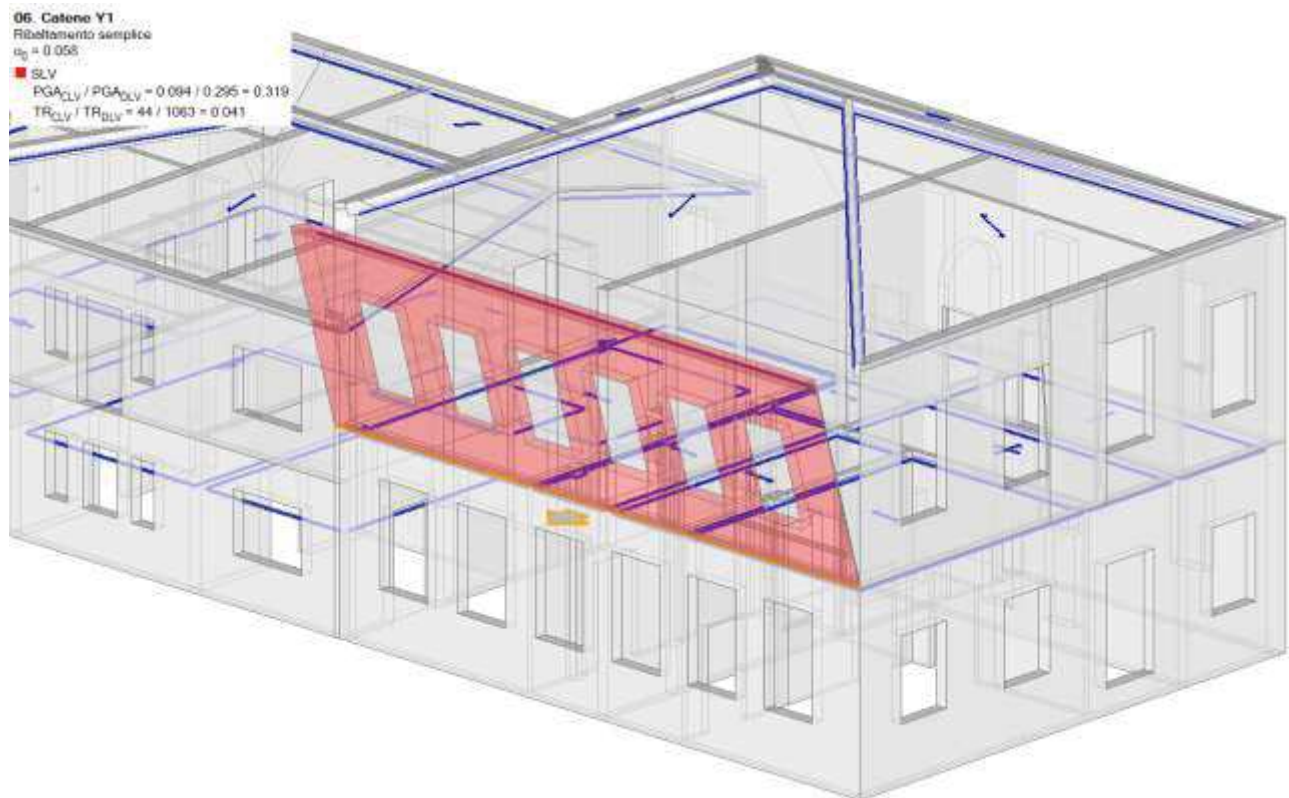
4.4.3. Flessione di parete vincolata alle estremità – Piano Secondo



4.4.4. Ribaltamento di parete – Piano Secondo



4.4.5. Ribaltamento di parete – Piano Secondo



5. Analisi del comportamento globale del fabbricato - SDP

Si riportano di seguito le immagini del modello implementato per la rappresentazione dell'edificio oggetto di intervento nello stato di progetto. Si nota dalle immagini come le pareti al piano terra siano state considerate con uno strato di betoncino armato. Per la visualizzazione delle catene inserite ai piani primi si rimanda alle analisi dei meccanismi di collasso locale, riportati nel seguito.



Figura 20 – Viste modello solido

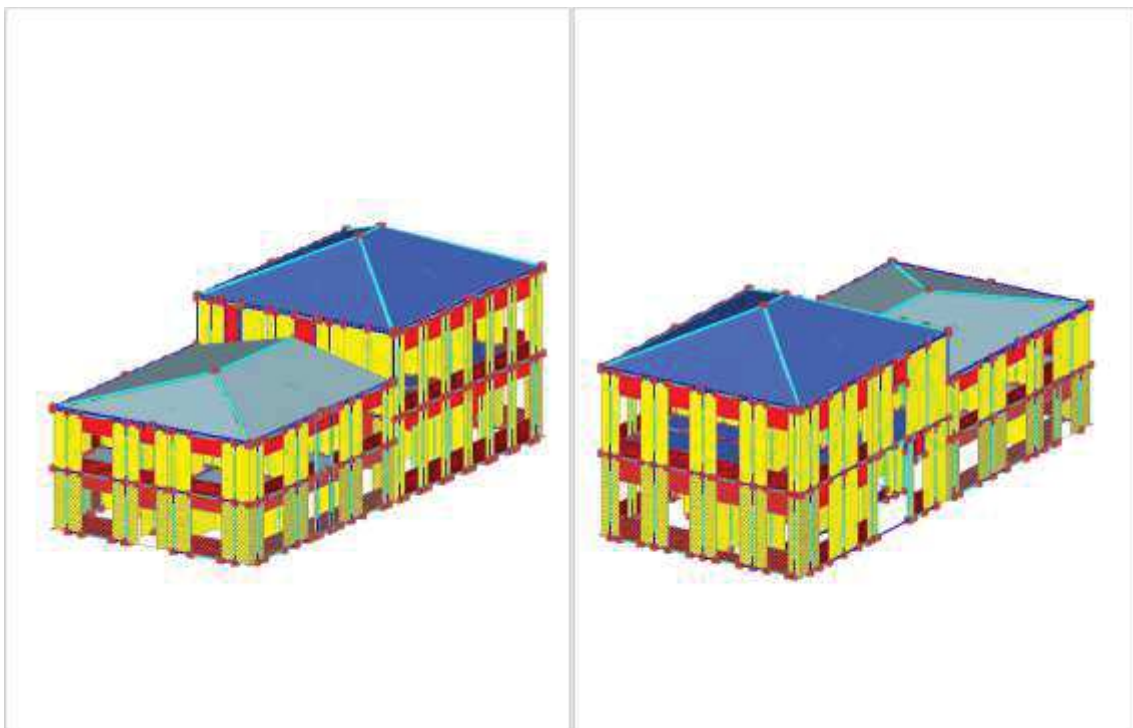


Figura 21 – Viste modello telaio equivalente

5.1. Risultati dell'analisi lineare statica (non sismica)

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi statica (non sismica) delle pareti murarie, riferite allo stato di progetto. Le verifiche statiche condotte conducono a risultati positivi. Si ritiene pertanto che le strutture verticali del fabbricato siano adeguate alle azioni controllate dall'uomo che la interessano, in accordo con le indicazioni contenute nel D.M. 17 gennaio 2018.

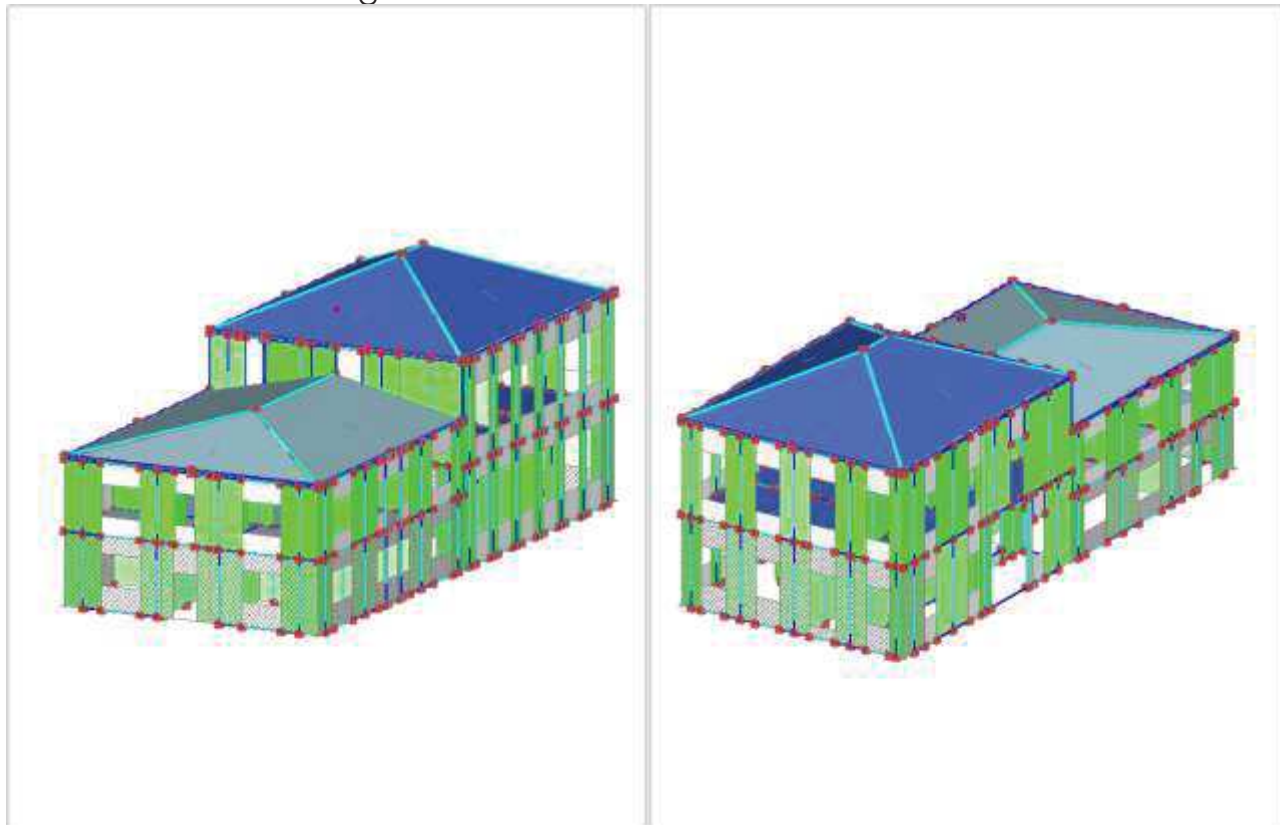


Figura 22 – Verifiche a pressoflessione – Modello globale

5.2. Risultati dell'analisi modale

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi modale condotta sul modello.

Modo	Autovalore (rad/sec) ²	Frequenza (cicli/sec)	Periodo (sec)	Masse modali efficaci (% sulla massa totale)			Totale progressivo %			Quote masse modali efficaci (%)		
				X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	1.246072E03	5.6E00	0.178	3.417	69.825	0.000	3.417	69.825	0.000	5.213	5.076	0.000
2	1.826045E03	6.8E00	0.147	81.433	9.656	0.000	84.850	79.481	0.000	5.143	5.020	0.000
3	2.553919E03	8.0E00	0.124	9.577	16.344	0.000	94.427	95.825	0.000	4.992	5.086	0.000

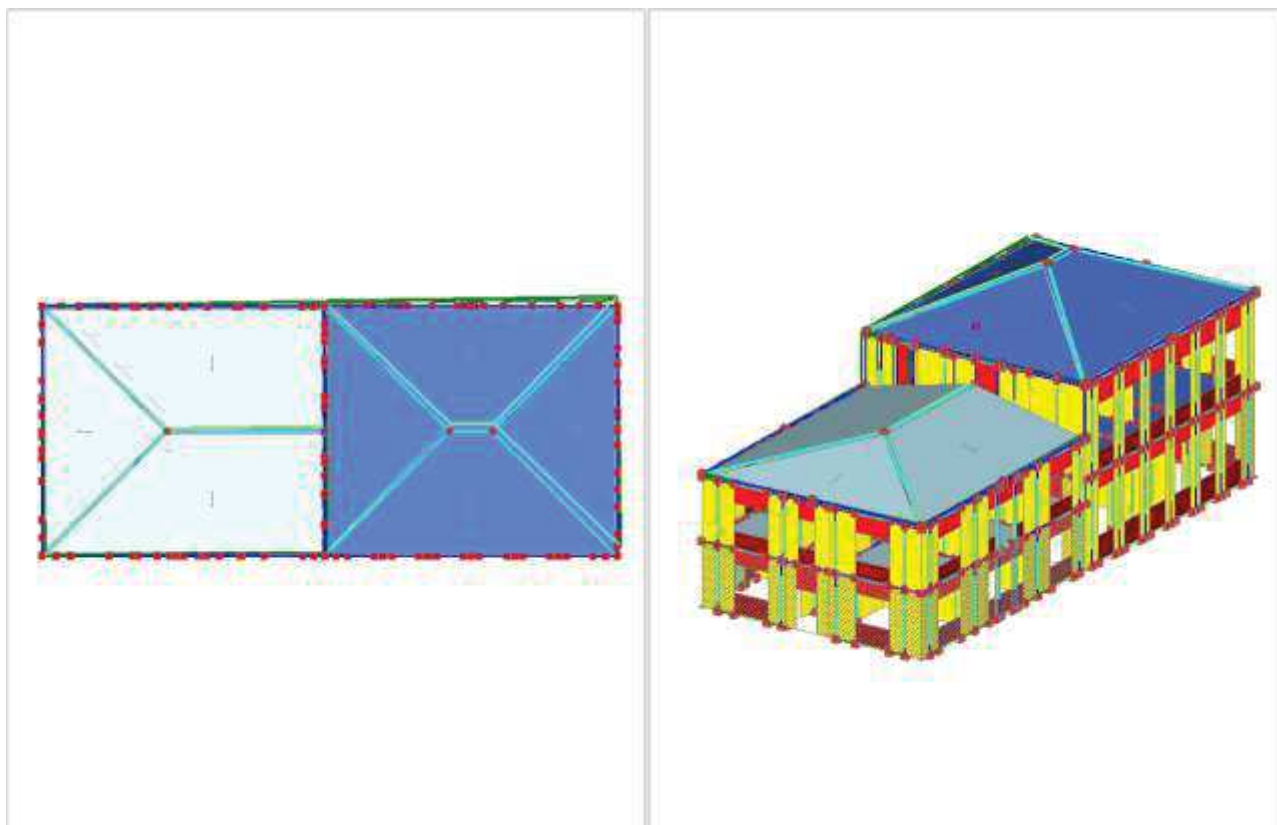


Figura 23 – Modo di vibrare 1

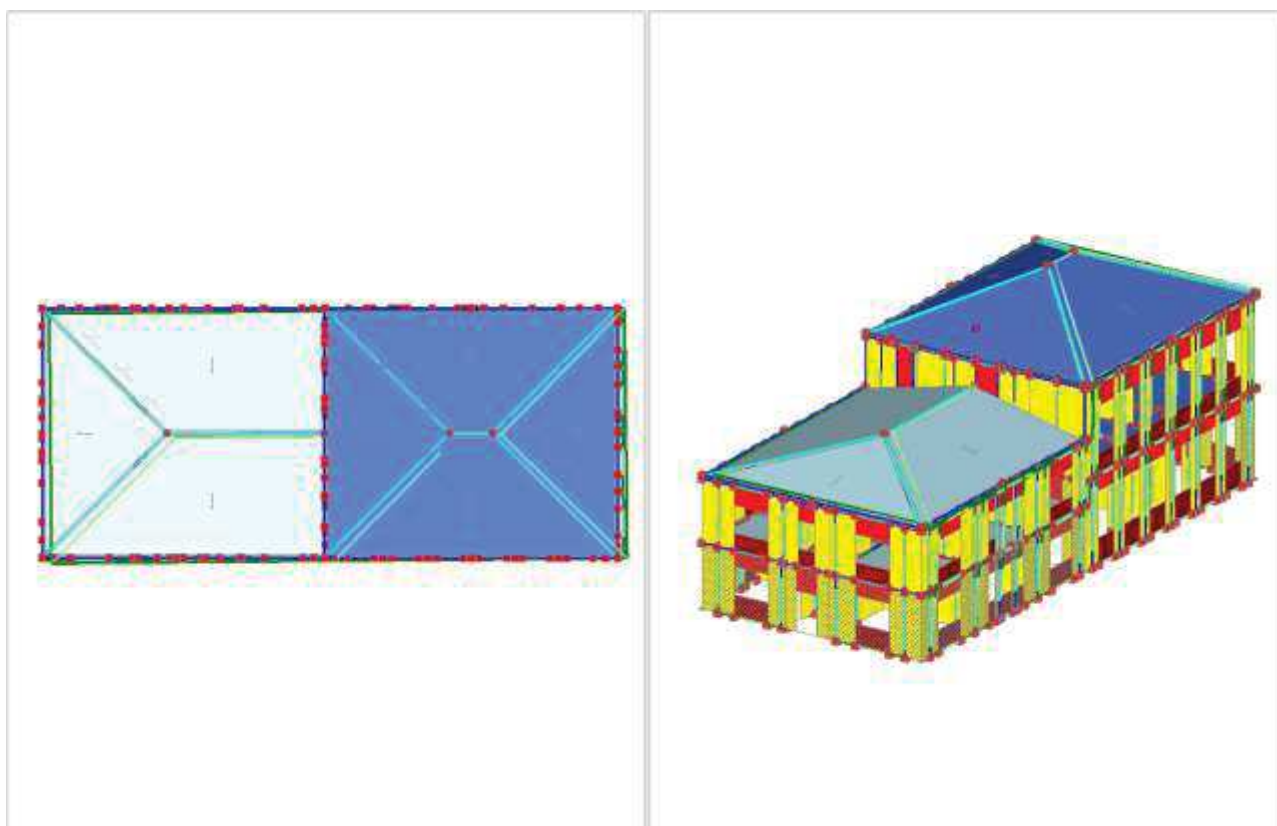


Figura 24 – Modo di vibrare 2

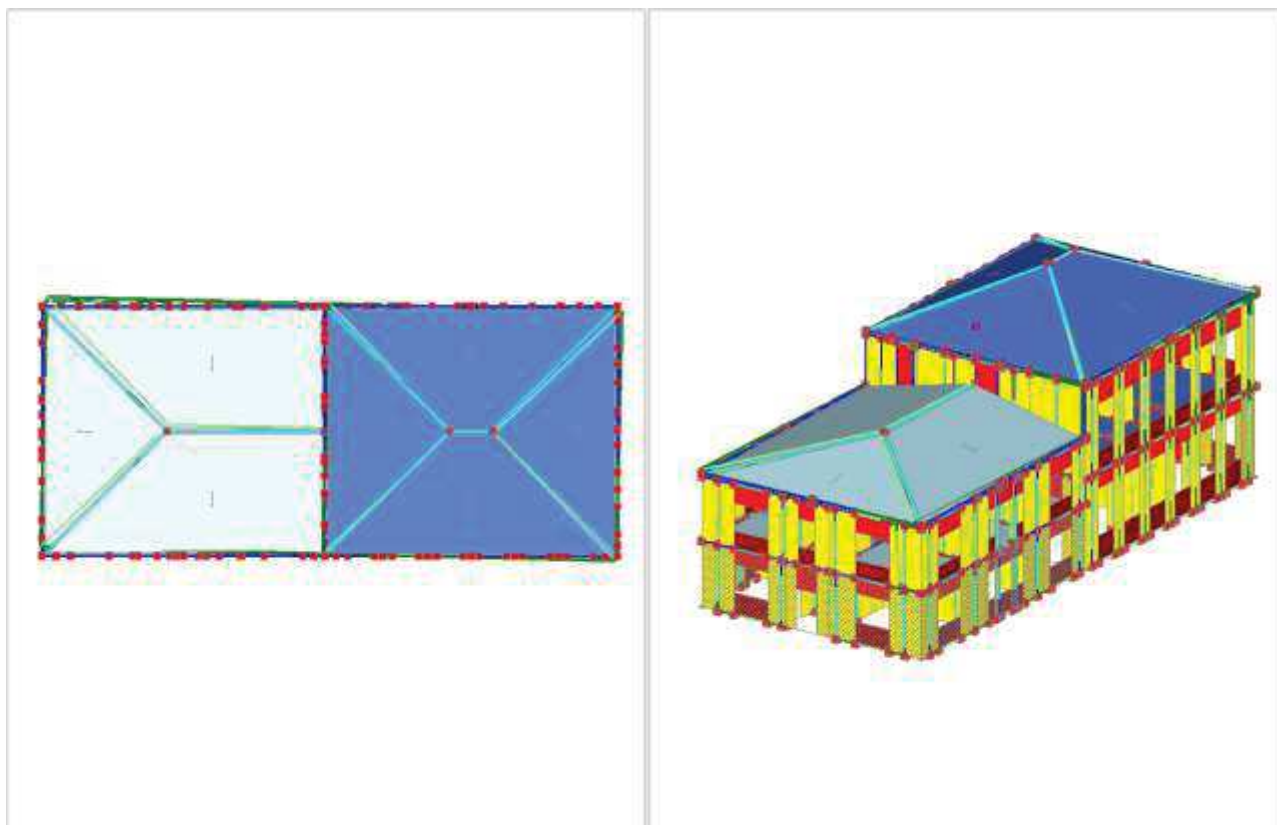


Figura 25 – Modo di vibrare 3

5.3. Risultati dell'analisi statica non lineare

Nella tabella seguente sono riportati i risultati delle analisi di pushover svolte, riferite a ciascuna curva.

N° curva	Corrente	Vista	Distr.	Direz.	Direz.2	Mt.	Control	$\zeta_{PGA}(SLV)$	$\zeta_{TR}(SLV)$	VN,CLV
1		<input type="checkbox"/>	B	+X'	+0.3Y'	+	L3	1.050	1.224	91
2		<input type="checkbox"/>	B	+X'	+0.3Y'	-	L3	1.057	1.261	94
3		<input type="checkbox"/>	B	+X'	-0.3Y'	+	L3	1.057	1.261	94
4		<input type="checkbox"/>	B	+X'	-0.3Y'	-	L3	1.050	1.242	93
5		<input type="checkbox"/>	B	+Y'	+0.3X'	+	L3	0.901	0.665	50
6		<input type="checkbox"/>	B	+Y'	+0.3X'	-	L3	0.854	0.539	40
7		<input type="checkbox"/>	B	+Y'	-0.3X'	+	L3	0.932	0.760	57
8		<input type="checkbox"/>	B	+Y'	-0.3X'	-	L3	0.851	0.530	40
9		<input type="checkbox"/>	B	-X'	+0.3Y'	+	L3	1.057	1.279	96
10		<input type="checkbox"/>	B	-X'	+0.3Y'	-	L3	1.064	1.298	97
11		<input type="checkbox"/>	B	-X'	-0.3Y'	+	L3	1.064	1.298	97
12		<input type="checkbox"/>	B	-X'	-0.3Y'	-	L3	1.044	1.214	91
13		<input checked="" type="checkbox"/>	B	-Y'	+0.3X'	+	L3	0.844	0.521	39
14		<input type="checkbox"/>	B	-Y'	+0.3X'	-	L3	0.945	0.785	59
15		<input type="checkbox"/>	B	-Y'	-0.3X'	+	L3	0.851	0.530	40
16		<input type="checkbox"/>	B	-Y'	-0.3X'	-	L3	0.898	0.659	49
17		<input type="checkbox"/>	E	+X'	+0.3Y'	+	L3	1.074	1.357	101
18		<input type="checkbox"/>	E	+X'	+0.3Y'	-	L3	1.081	1.416	106
19		<input type="checkbox"/>	E	+X'	-0.3Y'	+	L3	1.081	1.396	104
20		<input type="checkbox"/>	E	+X'	-0.3Y'	-	L3	1.057	1.279	96
21		<input type="checkbox"/>	E	+Y'	+0.3X'	+	L3	0.956	0.833	62
22		<input type="checkbox"/>	E	+Y'	+0.3X'	-	L3	0.898	0.649	48
23		<input type="checkbox"/>	E	+Y'	-0.3X'	+	L3	0.983	0.925	69
24		<input type="checkbox"/>	E	+Y'	-0.3X'	-	L3	0.898	0.649	48
25		<input type="checkbox"/>	E	-X'	+0.3Y'	+	L3	1.067	1.317	98
26		<input type="checkbox"/>	E	-X'	+0.3Y'	-	L3	1.081	1.416	106
27		<input type="checkbox"/>	E	-X'	-0.3Y'	+	L3	1.034	1.152	86
28		<input type="checkbox"/>	E	-X'	-0.3Y'	-	L3	1.074	1.375	103
29		<input type="checkbox"/>	E	-Y'	+0.3X'	+	L3	0.895	0.638	48
30		<input type="checkbox"/>	E	-Y'	+0.3X'	-	L3	1.006	1.034	77
31		<input type="checkbox"/>	E	-Y'	-0.3X'	+	L3	0.905	0.680	51
32		<input type="checkbox"/>	E	-Y'	-0.3X'	-	L3	0.969	0.884	66

Tabella 2 – Risultati analisi di pushover

Si evince dai risultati ottenuti che la resistenza minima della struttura, considerando la curva più sfavorevole, è pari a circa l'84%, superiore quindi all'80% imposto da normativa per gli interventi di adeguamento delle strutture esistenti (§8.4.3).

Si riporta a titolo di esempio la curva di capacità maggiormente penalizzante in formato Forza-spostamento e formato ADRS ed il corrispondente stato delle verifiche nell'ultimo passo di analisi.

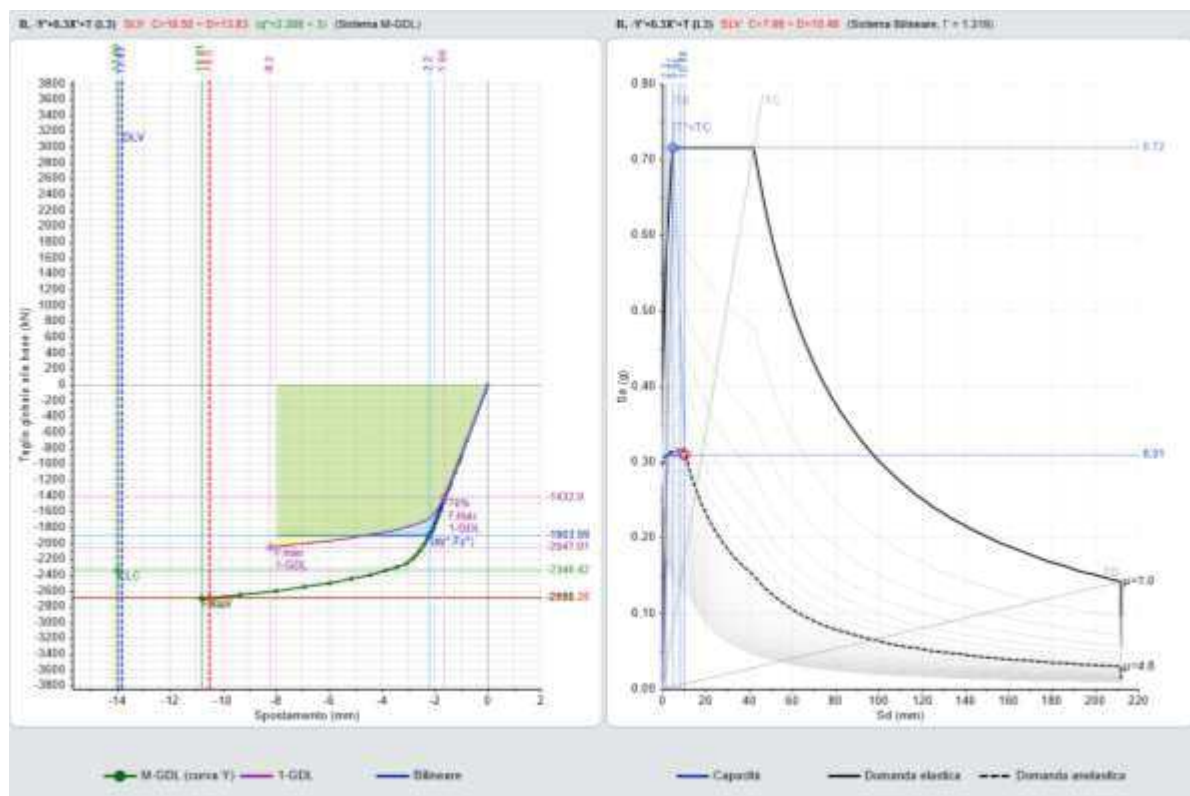


Figura 26 – Curva di capacità (forza-spostamento e ADRS)

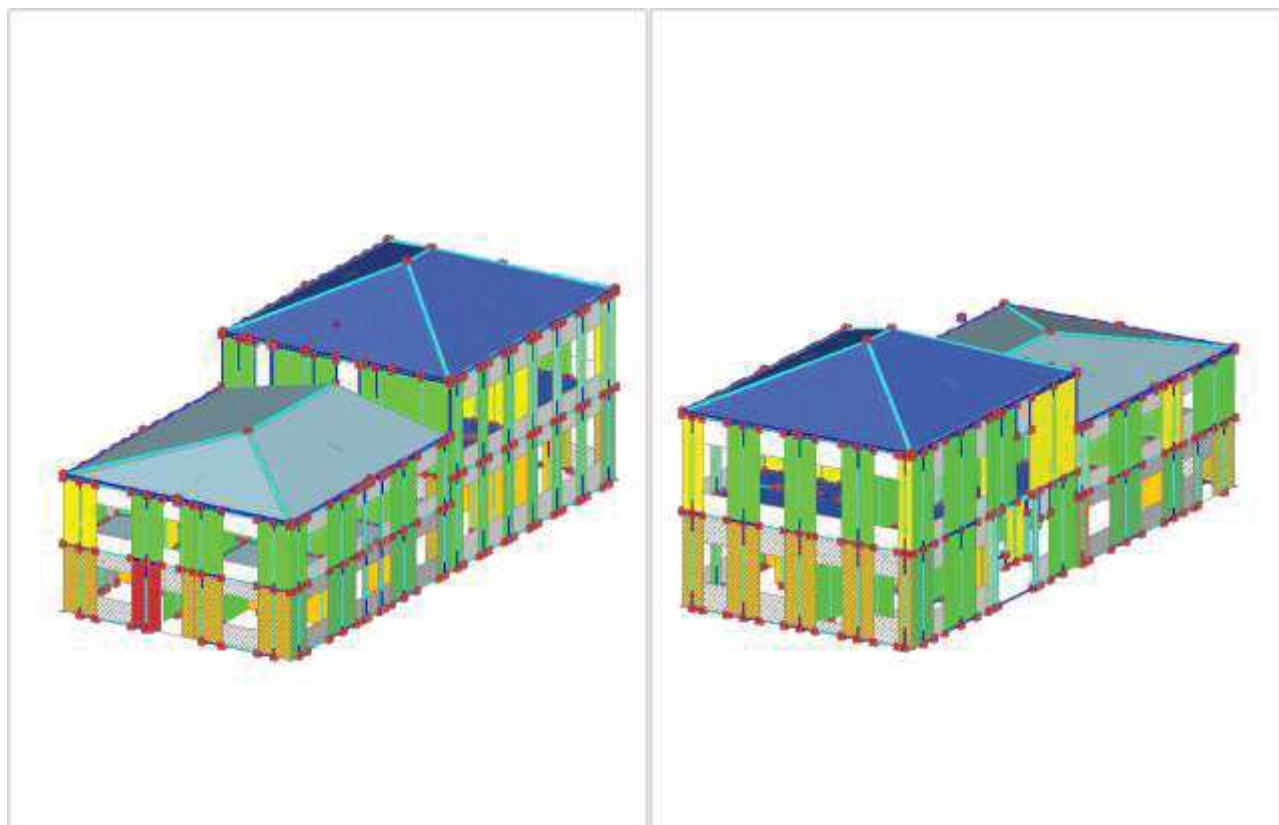


Figura 27 – Ultimo passo di analisi – Pressoflessione complanare

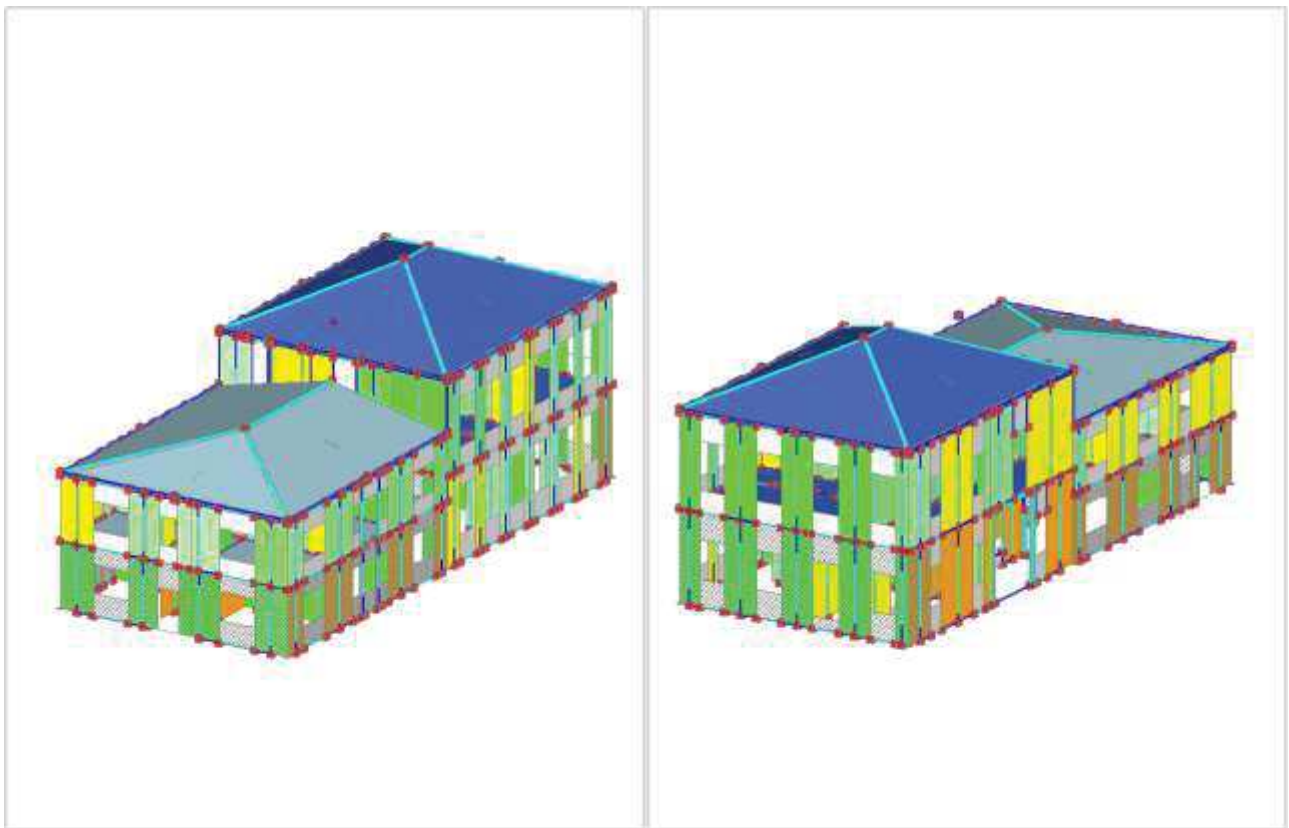
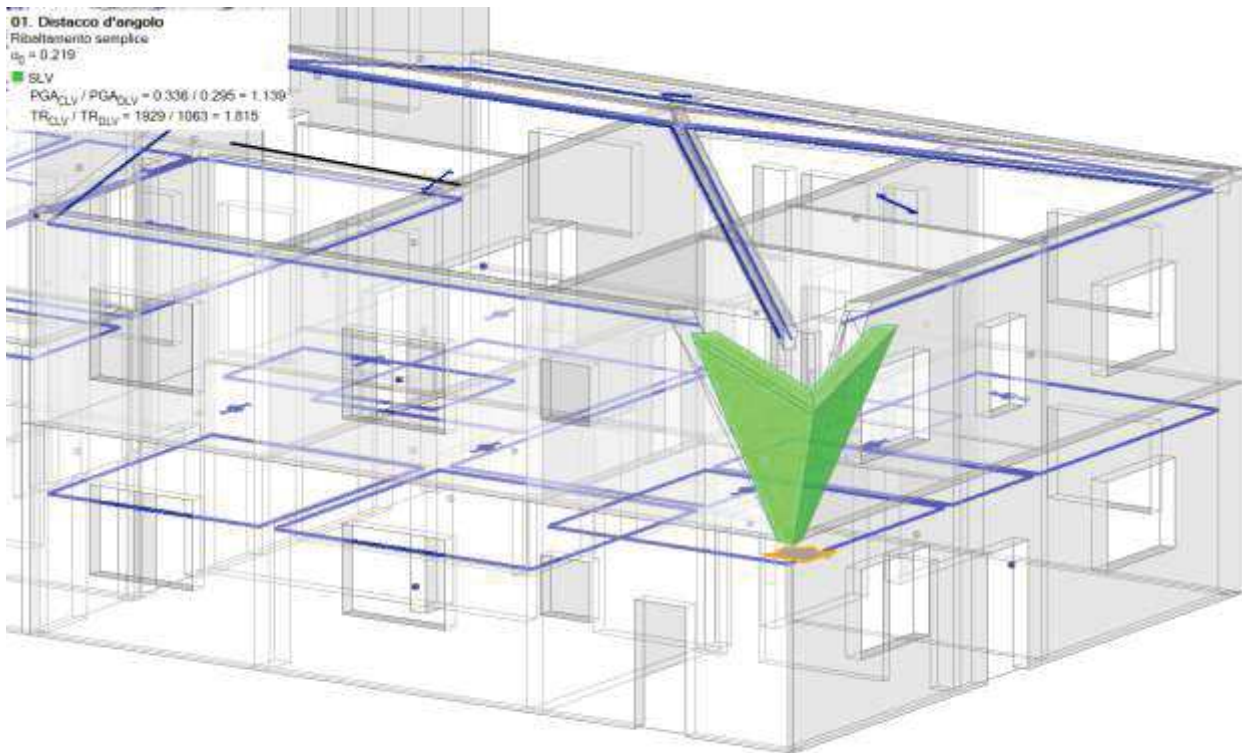


Figura 28 – Ultimo passo di analisi – Pressoflessione ortogonale

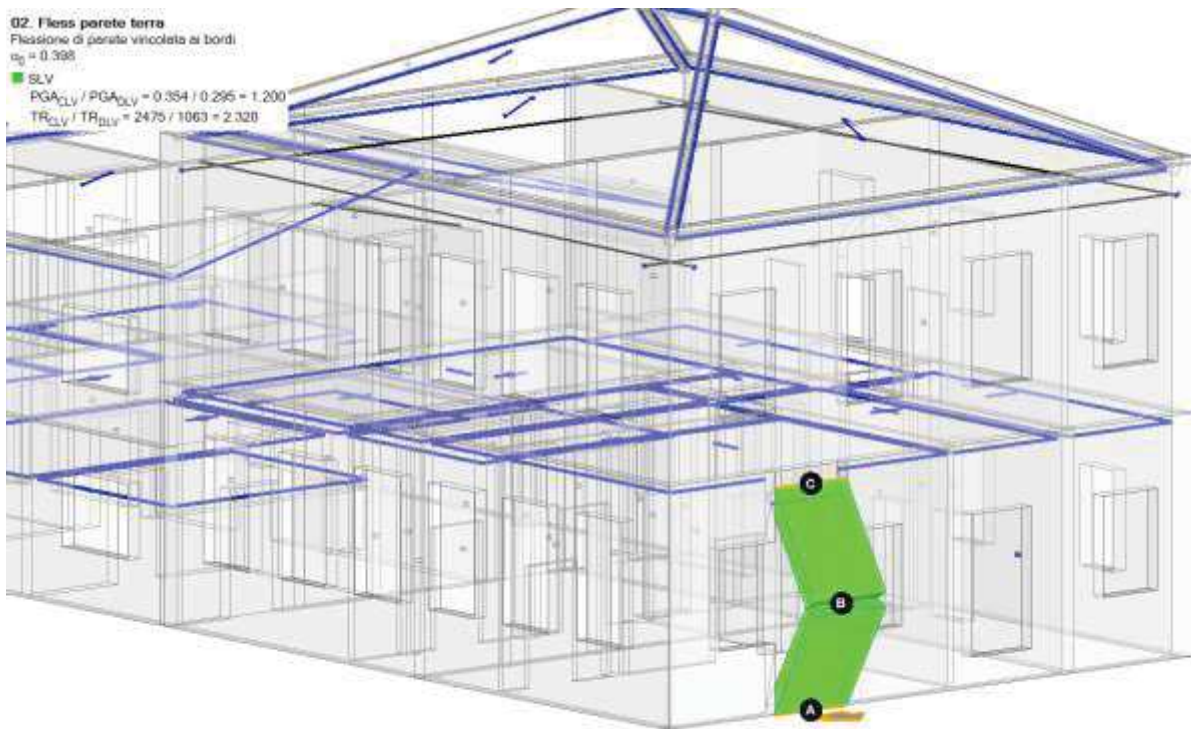
5.4. Analisi del comportamento locale del fabbricato

Di seguito viene riportata la verifica per i meccanismi individuati. Il livello di sicurezza minimo raggiunto con gli interventi volti all'adeguamento sismico della struttura risulta pari a circa il 93%.

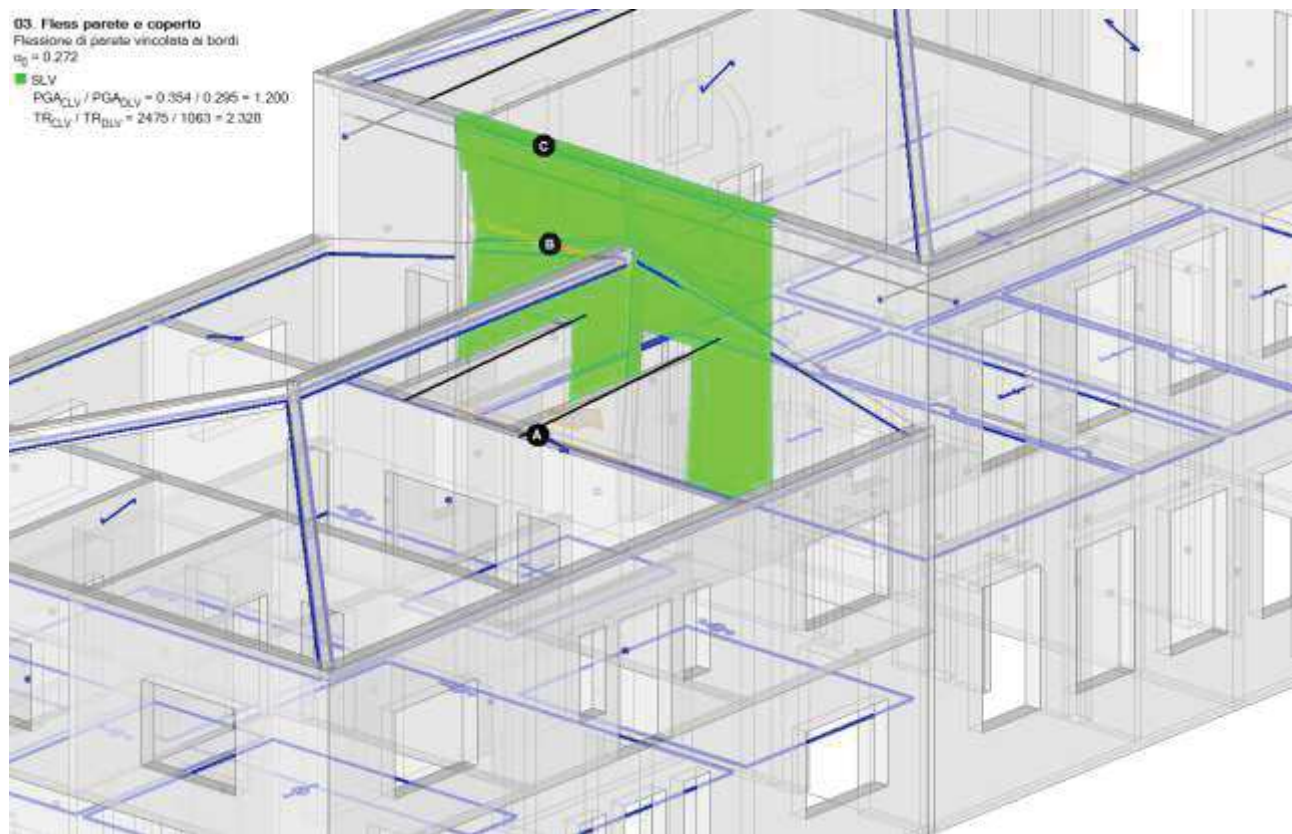
5.4.1. Distacco d'angolo



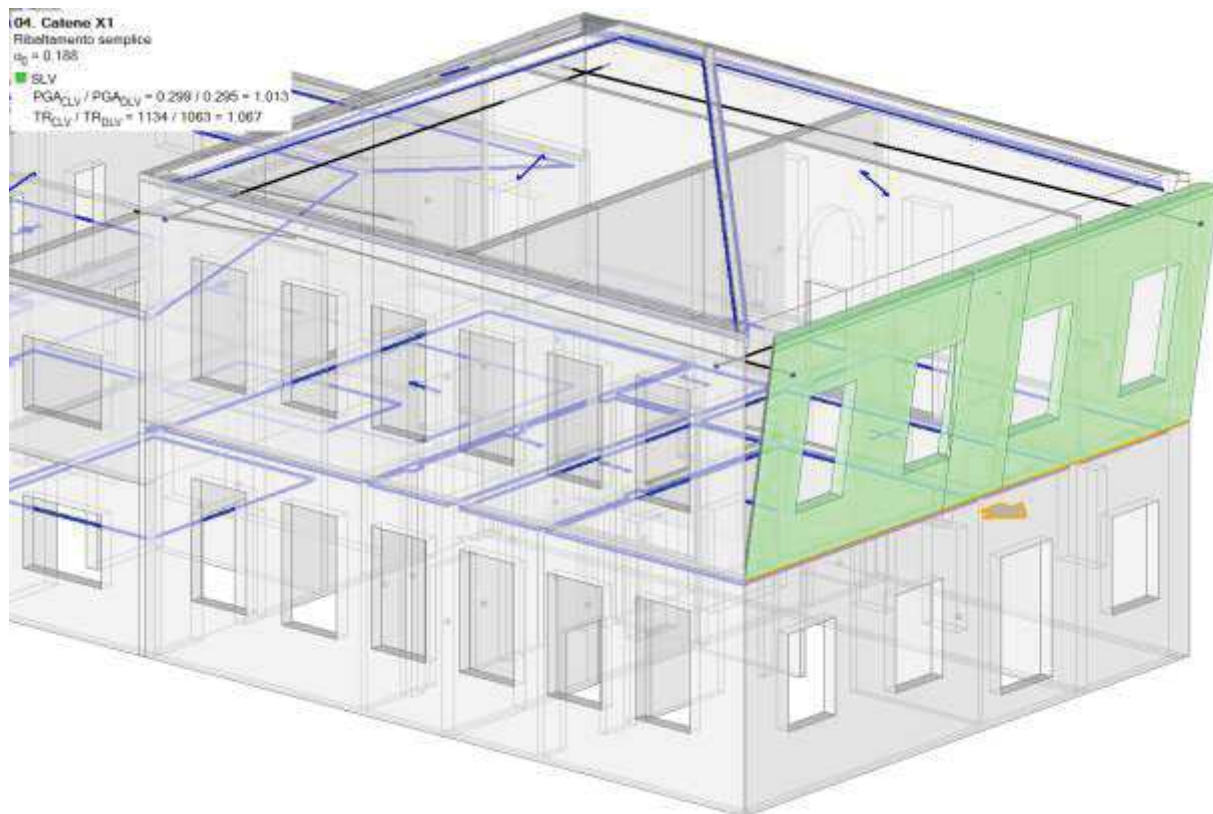
5.4.2. Flessione di parete vincolata alle estremità – Piano terra



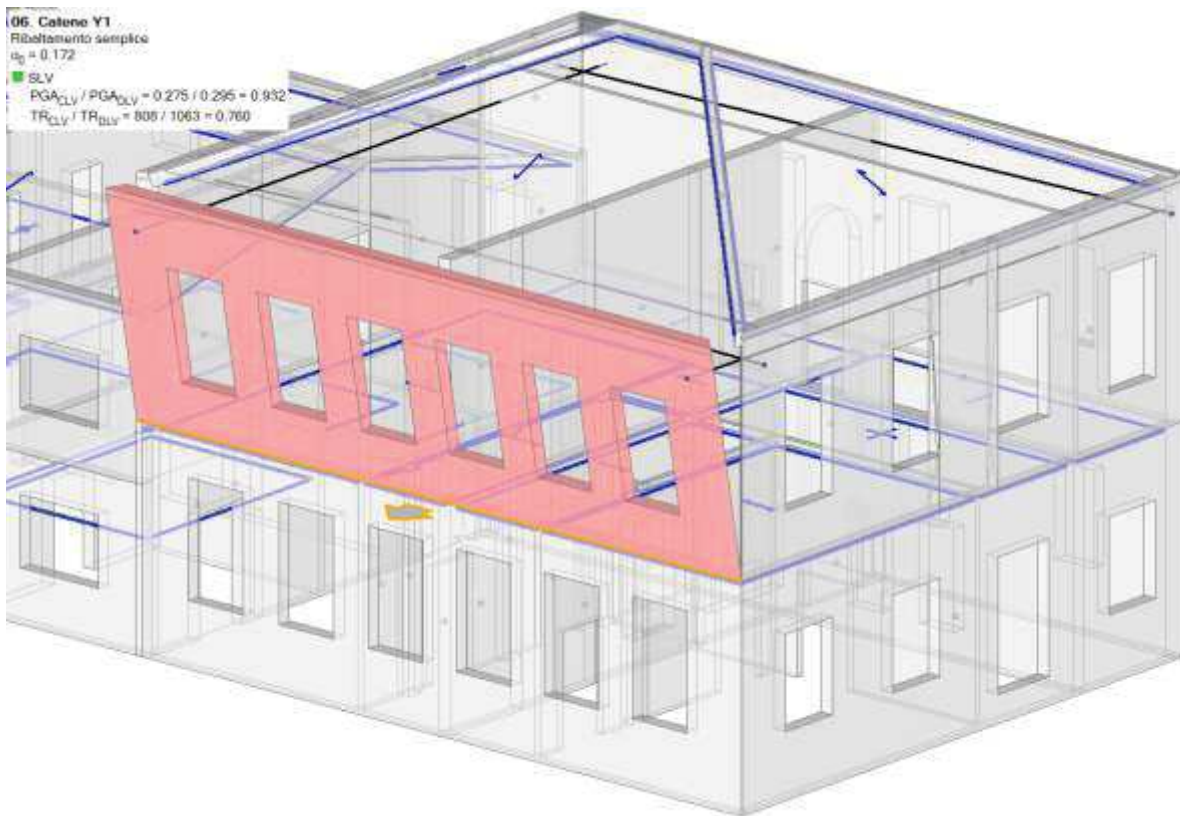
5.4.3. Flessione di parete vincolata alle estremità – Piano Secondo



5.4.4. Ribaltamento di parete – Piano Secondo



5.4.5. Ribaltamento di parete – Piano Secondo



Tutti i risultati soddisfano il minimo imposto da normativa per gli interventi di adeguamento, essendo superiori all'80%.

6. Valutazione della sicurezza

Si riporta nel seguito la tabella riepilogativa dei principali risultati ottenuti dall'indagine svolta sulla struttura in oggetto.

Sintesi risultati	Statica Lineare	Statica Non Lineare	Cinematismi
SDF	>100%	73.90%	20.00%
SDP	>100%	84.40%	93.00%

In relazione agli interventi previsti per la struttura si può notare un incremento della resistenza nei confronti dell'azione sismica. La resistenza globale della struttura ha raggiunto l'84%, superiore ai minimi imposti da normativa mentre, per quanto riguarda i meccanismi di collasso locale, il valore minimo è di circa il 93%, perciò gli interventi di incatenamento delle pareti ai piani superiori risultano correttamente dimensionati oltre che essenziali al fine di adeguamento sismico dell'edificio.

7. Verifiche degli elementi strutturali

7.1.1. Consolidamento solaio di copertura

Come precedentemente descritto, è previsto un intervento riguardante la copertura più bassa, visto l'ammaloramento della stessa. Si prevede di affiancare ai travetti esistenti dei travetti in legno lamellare, i quali sorreggeranno dei pannelli OSB. L'intero coperto verrà sostenuto da dei profili metallici, IPE 240, inseriti nella muratura esistente. A favore di sicurezza, si è considerato il carico totale della porzione di coperto al di sopra delle travi metalliche insistente unicamente su queste ultime come un carico uniformemente distribuito su di una luce pari alla maggiore coperta dai profili. Si è adottato uno schema di calcolo di trave doppiamente appoggiata. Si riporta nel seguito la verifica degli elementi.

Analisi dei carichi			
G1	Peso proprio copertura	40 kg/mq	
TOTALE		40 kg/mq	
G2	Pesi permanenti portati	80 kg/mq	
TOTALE		80 kg/mq	
Q1	Neve	480 kg/mq	
	Sovraccarico Cat. H1	50 kg/mq	
TOTALE		530 kg/mq	

Carichi fattorizzati			
γ_{G1}	1.3	G1	52 kg/mq
γ_{G2}	1.5	G2	120 kg/mq
γ_{Q1}	1.5	Q	795 kg/mq
TOTALE		$1.3 G_1 + 1.5 G_2 + 1.5 Q =$	967 kg/mq

Carico afferente al singolo profilo			
Profilo	IPE 240	Peso proprio profilo metallico	G1 = 30.71 kg/m
			Q = 1490.24 kg/m
L = 5.40 m		L = 1.48 m	Sollecitazioni:
Area di influenza solaio			M _{Sd} = QL ² /8 = 5431.92 kg m
			V _{Sd} = QL/2 = 4023.64 kg

Dimensionamento profilo			
Acciaio	S 275	Tens. Caratt. Snervamento	$f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$
		Tens. Caratt. Rottura	$f_{tk} = 430 \text{ N/mm}^2$
Si dimensiona il profilo metallico per sopportare l'intera sollecitazione flettente:			
$W_{req} = M_{sd} \gamma_{m0} / f_{yk} =$			203 cm ³
$W_y =$			324 cm ³

VERIFICA A TAGLIO			
Taglio parallelo all'anima			
Resistenza di progetto taglio parallelo all'anima	$V_{c,Rd}$		29508.17 kg
Sollecitazione tagliante	V_{Ed}		4023.64 kg
	14%	VERIFICATO	

VERIFICA A DEFORMABILITA'			
Freccia massima	$f_{lim} = L/200 =$		27.00 mm
Freccia sotto carico	$f = 5QL^4/(384EI_y) =$		19.81 mm
	73%	VERIFICATO	

7.1.2. Verifica catene metalliche

Si riporta la verifica delle catene metalliche dimensionate, a favore di sicurezza, per lo sforzo di trazione di maggiore intensità registrato dal modello di calcolo, pari a 14 kN.

Verifica a trazione catena			
N_{max}		14 kN	
ϕ_{Catena}		20 mm	
f_{yk}		275 N/mm ²	
γ_{M0}		1.05	
$N_{Pl,Rd}$		82.3 kN	
$N_{max} < N_{Pl,Rd}$		Verificato	17%

Le catene, ipotizzate inizialmente di diametro pari a 20mm, risultano adeguatamente dimensionate e soddisfano i requisiti di resistenza richiesti dall'azione sismica sulla costruzione.

8. Relazione sui materiali

Si riportano nel seguito le caratteristiche dei materiali impiegati.

8.1. Legno

Si prevede di utilizzare legno lamellare GL24h per travi e travetti costituenti l'intervento sulla copertura.

8.2. Muratura

Si prevede di utilizzare degli elementi di laterizio pieni per interventi sulle pareti esistenti.

8.3. Acciaio per profilati e catene

Si prevede di utilizzare profili realizzati con acciaio del tipo **S275JR**, controllato in stabilimento.

8.4. Bulloneria

Si prevede di utilizzare bulloni ad alta resistenza classe **8.8** e dadi di classe **8**.

8.5. Saldature

Le saldature devono essere eseguite manualmente con elettrodi basici classe 4B tipo E52/E44 e/o con procedimento automatico o semiautomatico sotto protezione di gas e con fili adatti al materiale base e qualificato da ente ufficiale.

8.6. Valori di calcolo

8.6.1. Legno Lamellare per copertura

Si sono adottati i seguenti valori di calcolo:

Classe res.	GL24h	
f_{mk}	24 N/mm ²	flessione
f_{t0k}	16.5 N/mm ²	trazione parallela alla fibratura
f_{t90k}	0.4 N/mm ²	trazione perpendicolare alla fibratura
f_{c0k}	24 N/mm ²	compressione parallela alla fibratura
f_{c90k}	2.7 N/mm ²	compressione perpendicolare alla fibratura
f_{vk}	2.7 N/mm ²	taglio
E_{0mean}	11600 N/mm ²	modulo elastico medio parallelo alle fibre
E_{90mean}	390 N/mm ²	modulo elastico medio perpendicolare alle fibre
$E_{0,05}$	9400 N/mm ²	modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre
G_{mean}	720 N/mm ²	modulo di taglio medio
ρ_m	410 kg/m ³	massa volumica media

8.6.2. Muratura

Si sono adottati i seguenti valori di calcolo:

$f_m = 240 \text{ N/cm}^2$	Resistenza a compressione media della muratura
$\tau_0 = 6.0 \text{ N/cm}^2$	Resistenza media a taglio della muratura
$E = 1500 \text{ N/mm}^2$	Valore medio del modulo di elasticità normale
$G = 500 \text{ N/mm}^2$	Valore medio del modulo di elasticità tangenziale
$w = 18 \text{ kN/m}^3$	Peso specifico medio della muratura

8.6.3. Acciaio per profilati e catene

Si sono adottati i seguenti valori di calcolo:

Tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$;
Modulo di elasticità:	$E = 210000 \text{ N/mm}^2$;
Modulo di elasticità tangenziale:	$G = 75000 \text{ N/mm}^2$;
Peso specifico:	$P_s = 7850 \text{ kg/m}^3$;
Coefficiente parziale di sicurezza:	$\gamma_{b,c} = 1.05$;

8.6.4. Bulloneria

Si sono adottati i seguenti valori di calcolo:

Tensione caratteristica di rottura:	$f_{tk} = 800 \text{ N/mm}^2$;
Tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk} = 640 \text{ N/mm}^2$.

9. Relazioni specialistiche

9.1. Risultati prove sperimentali sui materiali

Tenuto conto delle caratteristiche dell'intervento, non è stato necessario eseguire specifiche prove sperimentali sui materiali in quanto non interessati nello specifico dai medesimi.

9.2. Relazione geologica: indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito

Tenuto conto delle caratteristiche dell'intervento, caratterizzato da assenza di modificazioni sensibili dello stato di sollecitazione e/o del sistema di trasferimento dei carichi al terreno di fondazione, non si è ritenuto necessario effettuare studi geologici, tenuto anche conto dell'assenza di lesioni e/o deformazioni riconducibili a cedimenti dell'apparato fondale.

9.3. Relazione geotecnica: indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

Per le medesime motivazioni di cui al precedente punto 9.2, non si è ritenuto necessario prevedere indagini, caratterizzazioni, verifiche di tipo geotecnico.

9.4. Relazione sulla modellazione sismica concernente la "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione

Per le medesime motivazioni di cui al precedente punto 9.2, non si è ritenuto necessario prevedere indagini, caratterizzazioni, verifiche di tipo sismico.

10. Piano di manutenzione

10.1. Premessa

Le strutture, per propria natura, non hanno particolare necessità di manutenzione ordinaria e programmata frequente. Queste strutture sono progettate per avere un periodo di vita di almeno 50 anni.

Ut. Controlli/Interventi eseguibili dall'utente

P.S. Controlli/Interventi eseguibili da personale specializzato

10.2. Elementi strutturali in acciaio da carpenteria

Si tratta di elementi strutturali di tipo lineare con sezioni trasversali di tipo a doppio T (HE, IPE), piatti o catene.

Collocazione:

Si vedano elaborati grafici allegati.

Modalità d'uso corretto:

A seguito della realizzazione del collegamento tra le componenti strutturali previste come da progetto, il sistema è in grado di affrontare i carichi di progetto.

Livello minimo delle prestazioni:

Elevata resistenza meccanica, con questo materiale è possibile realizzare strutture dotate di leggerezza rispetto alla capacità portante. L'acciaio è un materiale isotropo, duro, resistente, duttile che presenta elevata resistenza a trazione, a compressione e a sforzi longitudinali o trasversali (flessione, taglio, torsione). È un materiale durevole: non modifica infatti le sue caratteristiche nel tempo, oltre a non essere soggetto a fenomeni di disgregazione.

Anomalie riscontrabili:

La ruggine può essere evitata con opportune protezioni. Per quanto riguarda il comportamento al fuoco è da sottolineare che, pur essendo incombustibile, necessita di adeguata protezione e/o rivestimento almeno per quanto riguarda le strutture portanti. L'elevata temperatura, infatti, determina deformazioni anche notevoli, che possono comportare il collasso degli elementi portanti. Anche le basse temperature possono provocare gravi danni; alcuni acciai (non calmati, cioè mal disossidati) possono provocare una caduta di resilienza (tenacità) intorno allo zero termico. La caduta di resilienza provoca un infragilimento del materiale riducendone la resistenza meccanica.

Controlli	Periodicità	Risorse	Ut./P.S.
- Controllo visivo, in corrispondenza della luce e degli incastri, di eventuali locali corrosioni dell'acciaio.	Ogni 4 anni	Attrezzature manuali	P.S.
- Verifica serraggio elementi giuntati	Ogni 4 anni	Attrezzature manuali	P.S.

- Visivo del trattamento ignifugo (se necessario)	Ogni 2 anni	Attrezzature manuali	P.S.
---	-------------	----------------------	------

Interventi	Periodicità	Risorse	Ut./P.S.
- Trattamento superficiale delle parti colpite da agenti chimici che causano la corrosione	Ogni 5 anni	Prodotti specifici	P.S.
- Rifacimento e/o sostituzione del manto di protezione ignifugo	Quando necessario	Prodotti specifici	P.S.

10.3. Elementi strutturali in legno lamellare

Collocazione:

Si vedano elaborati grafici allegati.

Rappresentazione grafica:

Si vedano elaborati grafici allegati.

Anomalie riscontrabili:

Danneggiamenti meccanici dei travetti o del tavolato, infiltrazione d'acqua, formazione di eventuale condensa.

Controlli:

Controllo visivo di eventuali locali lesioni o deterioramenti, da effettuare ogni anno.

Interventi:

Ripasso del coperto ed utilizzo di impregnanti o trattamenti specifici nelle zone ammalorate, quando necessario.

10.4. Murature in laterizio

Collocazione:

Si vedano elaborati grafici di dettaglio.

Rappresentazione grafica:

Si vedano elaborati grafici allegati.

Anomalie riscontrabili:

- Distacchi
- Fessurazioni
- Comparsa di macchie di umidità
- Eccessiva deformazione
- Difetti di verticalità
- Sbandamenti fuori piano
- Polverizzazione della malta

Controlli:

- Periodicità: annuale
- Esecutore: personale tecnico specializzato
- Forma di controllo: visivo, integrato da eventuali prove non distruttive

Interventi manutentivi:

- Esecutore: personale tecnico specializzato



Bologna, 20/12/2019

(Ing. Giuseppe Tartarini)