

RESTAURO E RIFUNZIONALIZZAZIONE DELLA EX CASA DEL CUSTODE DI VILLA GANDINI PNRR MISSIONE 5 COMPONENTE 2 INVESTIMENTO 2.1



PROGETTO ESECUTIVO

DATA : 15 febbraio 2023	ELABORATO: PROGETTO STRUTTURE	Tavola S
Aggiornamento : 11 aprile 2023	RELAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO ESECUTIVO DELLE STRUTTURE	06 R E V. 0
		Scala -

Responsabile di progetto
Progetto architettonico
Progetto delle strutture
Progetto degli impianti
Relazione geologica
Coordinatore della sicurezza in fase di progetto
Relazione stratigrafica

Arch. Marco Lugli
Arch. Marco Lugli
Ing. Pietro Pincelli
P.I. Stefano Gianasi
Dott. Franco Gemelli
Arch. Giovanni Malaguti
Giorgia Cavalieri

Coordinamento alla Progettazione
COMUNE DI FORMIGINE
AREA 3 - SERVIZIO LAVORI PUBBLICI E PATRIMONIO
Dirigente
Arch. Alessandro Malavolti
Responsabile Unico del Procedimento
Ing. Sabrina Bocedi
Collaboratore
Ing. Laura Fantini

Comune di Formigine
RESTAURO E RIFUNZIONALIZZAZIONE DELLA
EX CASA DEL CUSTODE DI VILLA GANDINI
PNRR MISSIONE 5 - COMPONENTE 2 - INVESTIMENTO 2.1

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA DEGLI
ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO
ESECUTIVO DELLE STRUTTURE**

relativa a

INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO

INTERVENTO:

INTERVENTO DI RESTAURO E
RIFUNZIONALIZZAZIONE DEL COMPLESSO
DENOMINATO "EX CASA DEL CUSTODE DI VILLA
GANDINI" PNRR – MISSIONE 5 COMPONENTE 2
INVESTIMENTO 2.1 "RIGENERAZIONE URBANA"

SOGGETTO ATTUATORE:

CUP
CIG

COMUNE DI FORMIGINE

E13D21000900005
9512637C60

RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO:

Ing. Laura FANTINI
C/O Comune di Formigine
N. 3234 Albo ingegneri provincia di Modena

PROGETTISTA ARCHITETTONICO:

Arch. Marco LUGLI
Strada Contorno Cognento n. 60 – Modena (MO)
N. 689 Ordine Architetti di Modena

PROGETTISTA STRUTTURALE:

Ing. Pietro PINCELLI
Via G. Guarini N. 73 – 41124 - Modena
N. 2265 Albo ingegneri provincia di Modena

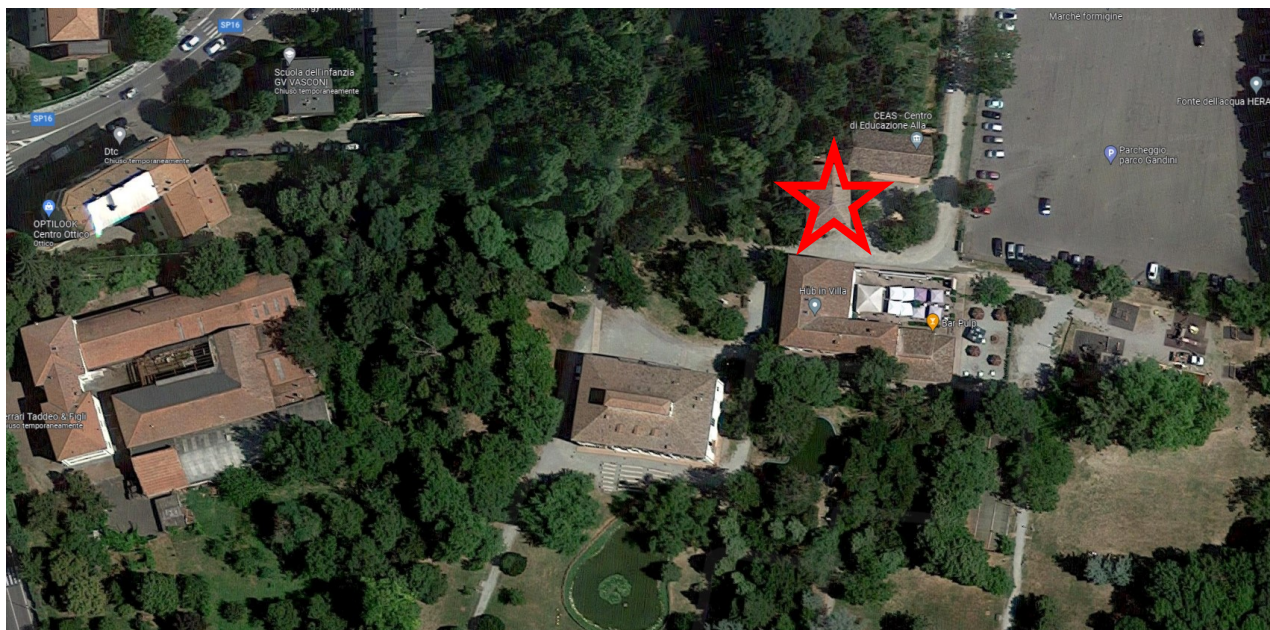
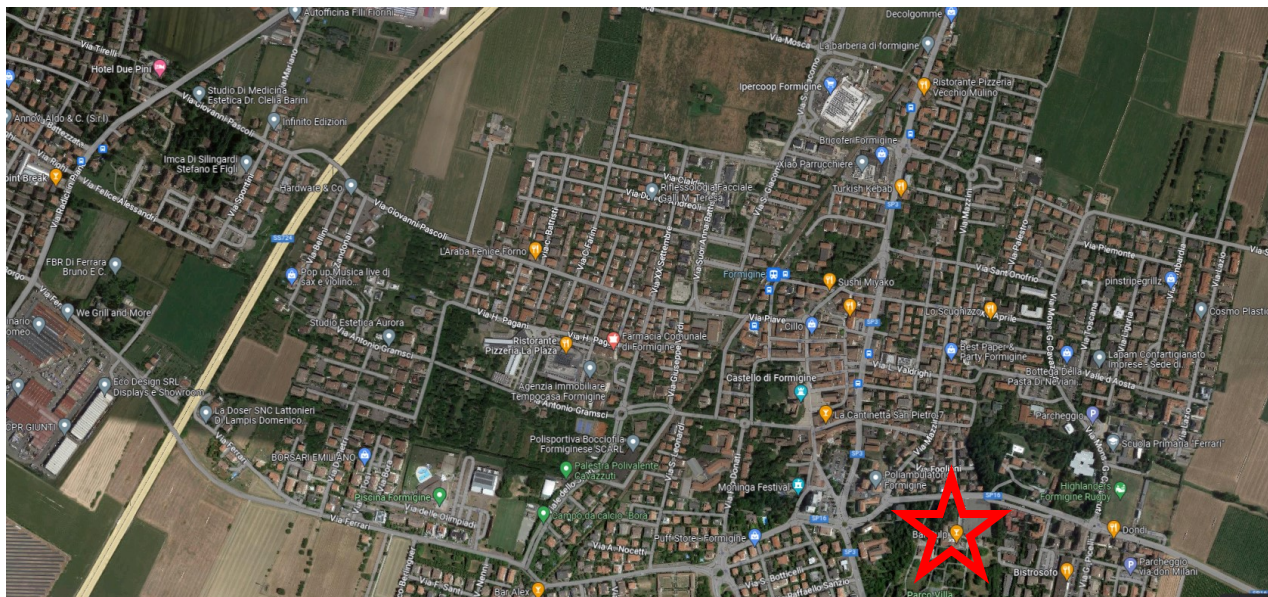
Modena, 11 aprile 2023

IL PROGETTISTA DELLE STRUTTURE
Dott. Ing. PIETRO PINCELLI

Ubicazione e riferimento catastale dell'immobile

Formigine (MO), via S. Antonio, interna al Parco di Villa Gandini.

Foglio – Mappale – sub. NON DISPONIBILI



Coordinate geografiche del sito

Le coordinate geografiche del sito sono: Latitudine 44.572667, Longitudine 10.850594

PREMESSA

La presente relazione illustrativa descrive le scelte progettuali e gli aspetti generali di verifica locale e globale degli elementi strutturali che intervengono nell'opera di MIGLIORAMENTO SISMICO di edificio pubblico (EX CASA CUSTODE VILLA GANDINI) a struttura portante interamente realizzata in muratura da eseguire nell'ambito di restauro e risanamento conservativo dell'edificio possibile grazie ai fondi PNRR – MISSIONE 5 COMPONENTE 2 INVESTIMENTO 2.1 "RIGENERAZIONE URBANA".

Tale documentazione è a supporto del deposito del progetto esecutivo delle strutture e ne costituisce la relazione prevista (illustrativa sintetica) dalle normative tecniche del 2018 e dalla normativa regione Emilia-Romagna in materia.

L'edificio, in disuso da molti anni, oggi si presenta in profondo stato di abbandono e viene impiegato unicamente come locale magazzino a piano terra e, dopo lavori intervenuti negli anni, come sede della centrale termica che alimenta le funzioni della Villa ad uso biblioteca di recente ristrutturazione.

La costruzione, sede appunto dell'abitazione del custode della Villa del Parco, sarà ristrutturata in profondità e strutturalmente rigenerata con interventi profondi, funzionali sia alle nuove destinazioni (uso attività ludoricreative e di svago per giovani) sia alle mutate richieste in materia di costruzioni in zona sismica.

DESCRIZIONE DEL CONTESTO EDILIZIO – ANALISI STORICO CRITICA

L'edificio oggetto di intervento è di tipo isolato a pianta rettangolare posto in territorio pedecollinare all'interno dell'area verde denominata parco di Villa Gandini in Formigine. L'edificio, la cui costruzione originaria risale alla fine del 1800 inizi 1900, sorge all'estremità nord dell'area del parco in prossimità della Villa oggi impiegata ad uso biblioteca. L'immobile in oggetto è l'ultimo fabbricato, tra quelli presenti nel comprensorio del parco, ad essere oggetto di ristrutturazione profonda. Esso si inserisce all'interno dell'area verde in posizione prossima ad altro basso comodo recentemente ristrutturato.

Dalle indagini e ricerche condotte non è stato possibile risalire a documentazione tecnica che attesti l'esecuzione di interventi edilizi negli anni.

La conformazione edilizia della costruzione rispecchia il nucleo edificato interno al Parco con elementi di pregio (muratura faccia vista, piattabande in vista su porte e finestre, archi su porte di ingresso,...) e l'intervento in oggetto si prefigge, in accordo con le indicazioni dell'Ufficio di Sovrintendenza dei Beni Culturali ed Architettonici, di mantenere traccia visibile di tali elementi.



Il contesto in cui si inserisce la costruzione (vista da nord ovest) – a destra Villa Gandini a sinistra la casa del custode oggetto di intervento



Prospetto sud est – La facciata principale della costruzione



L'arco presente all'ingresso principale della costruzione

Dal punto di vista del contesto sismo geologico in cui si inserisce la costruzione, essa ricade all'interno dell'area geografica (Comune di Formigine) inquadrata storicamente come area soggetta a possibili eventi sismici di media intensità (zona a media sismicità).

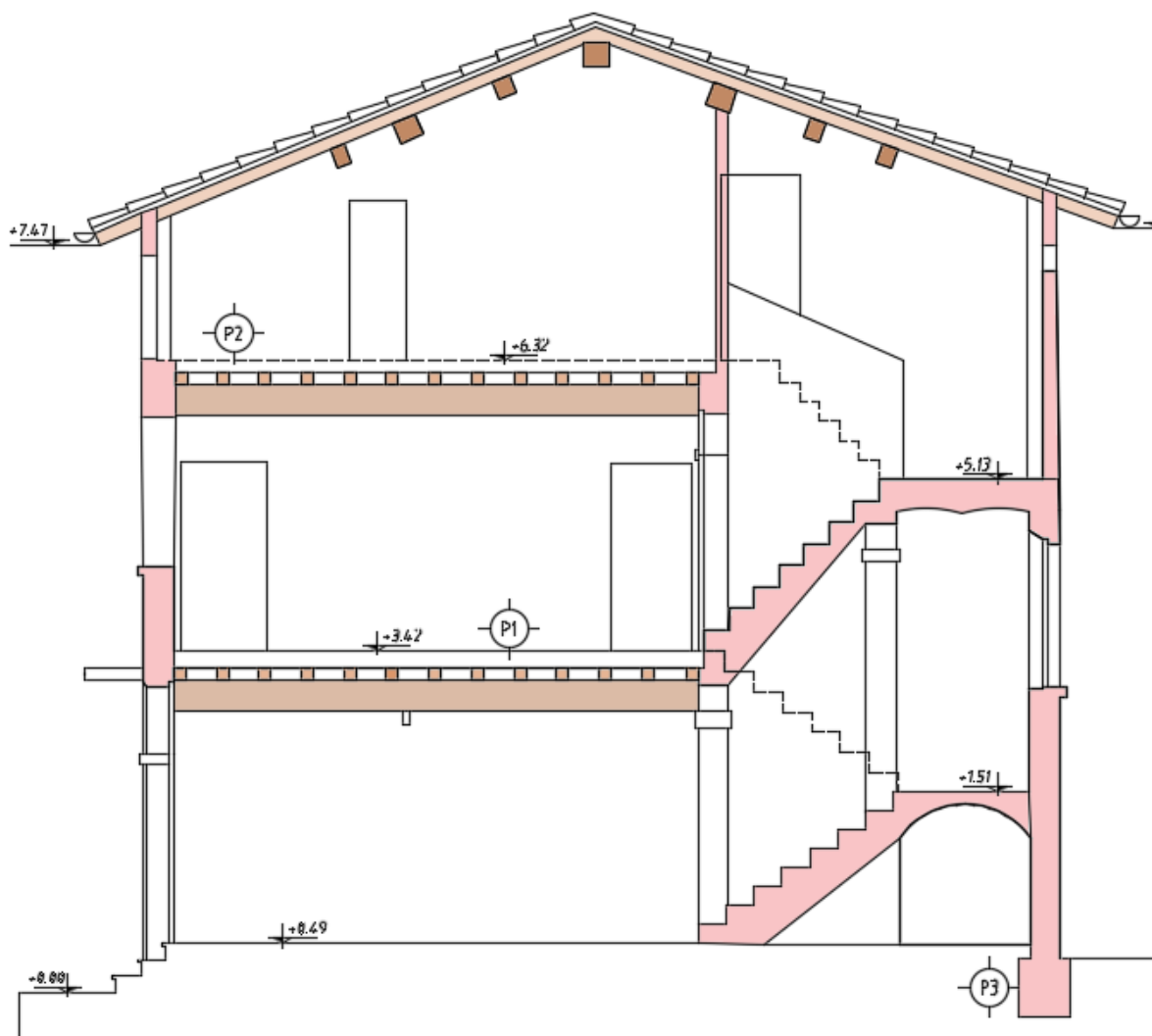
Le indagini sismiche (sismica a rifrazione) condotte per il sito in esame mostrano la presenza di bedrock alla profondità compresa tra -6,70 m e -9,50 m. L'orizzonta più superficiale, di tipo limo argilloso, mostra comunque una risposta, in termini di propagazione delle onde sismiche, tale da non determinare fenomeni amplificativi di tipo stratigrafico rilevanti (Sottosuolo di cat. B).

LE STRUTTURE PORTANTI DELLA COSTRUZIONE ESISTENTE

La costruzione esistente di forma rettangolare (non propriamente regolare) presenta dimensioni in pianta pari a 8,87/9,33 m (i fronti sud e nord) e 13,63/13,69 m i fronti est ed ovest.

In elevazione la struttura muraria si eleva su 3 livelli interni (piano terra, primo e sottotetto) con interpiani pari a 2,92 m il piano terra, 2,90 m il piano primo e con piano sottotetto avente altezze della linea di gronda tali da consentirne l'abitabilità (min. 1,53 m, max 3,33 m sotto travetto). Il livello del piano terra risulta rialzato rispetto al piano campagna circostante.

Complessivamente la costruzione si eleva per circa 7,64 m (fronte ovest)/7,47 m (fronte est) da piano campagna con linea di colmo prossima ai 9,80 m dal punto di riferimento assunto come quota 0,00 posto nel piazzale del fronte est.



Schema trasversale della costruzione

GLI ORIZZONTAMENTI INTERNI

Gli orizzontamenti interni sono sostenuti da struttura in legno massiccio a doppia orditura in appoggio diretto alle murature. Tale struttura è sormontata da pianelle (lambrecchie) di laterizio pieno; al piano primo il pavimento in ceramica risulta allettato su sottofondo in cemento ormai di scarsa consistenza. Al piano sottotetto al primo strato di pianelle ne segue un secondo che funge da pavimentazione allettato su sottofondo in sabbia debolmente cementata.



La doppia orditura dell'orizzontamento piano primo



L'orditura del piano secondo in appoggio su dormienti in legno inseriti nella muratura

Le condizioni di manutenzione di entrambe gli orizzontamenti presentano strutture in legno piuttosto disconnesse, zone di appoggio compromesse e irregolari a seguito di de coesione della muratura o presenza di architravi irregolari, fessurazioni nei pavimenti, sottofondi non più consistenti.



Zona di appoggio trave principale e disconnessione tra orditura principale e secondaria

Tutte le strutture in legno principali sono vincolate alla muratura grazie a sottili caviglie metalliche passanti all'esterno provviste di capochiave di dimensioni contenute. La loro tenuta, considerate le condizioni del legno agli appoggi frequentemente oggetto di attacchi micogeni e muffe, appare piuttosto limitata.



Le travi in legno a sostegno della zona centrale di solaio piano sottotetto – zona scala

Per tali elementi si formula la seguente analisi specifica dei carichi agenti:

- Doppia struttura in legno massiccio: 40 kg/mq;
- Tavella in laterizio sp. 4 cm 70 kg/mq;
- Sottofondi e pavimenti (P1) sp. 8-10 cm 150 kg/mq
- Sottofondi e pavimenti (Psottotetto) sp. 8-10 cm 150 kg/mq

LA COPERTURA

La copertura, a tre acque con linea di gronda inclinata sul fronte nord, è realizzata con struttura in legno massiccio a doppia orditura in appoggio diretto alle murature (queste ultime ad una testa con ispessimenti solo nelle zone di appoggio delle travature lignee principali). Il manto è realizzato con tavella di laterizio e doppio coppo, senza guaina.

Le vulnerabilità presenti per tale porzione strutturale della costruzione sono:

- le zone di appoggio in muratura di ridotto spessore, intervallate frequentemente da architravi e dormienti in legno;
- zone di muratura fessurate;
- deformazioni permanenti delle travi e dei travicelli;



Lo schema a tre acque della copertura esistente



Angolo sud est del fabbricato – zona disconnessa della copertura



Le pareti interne (fronte Y01)



Vista alta del fronte nord

Come carico apportato dalla struttura di copertura si formula la seguente analisi specifica dei carichi agenti:

- Doppia struttura in legno massiccio: 40 kg/mq;
- Tavella in laterizio sp. 4 cm 60 kg/mq;
- Doppio ordine di coppi 70 kg/mq

PORZIONI DI COSTRUZIONE NON OGGETTO DI INTERVENTO

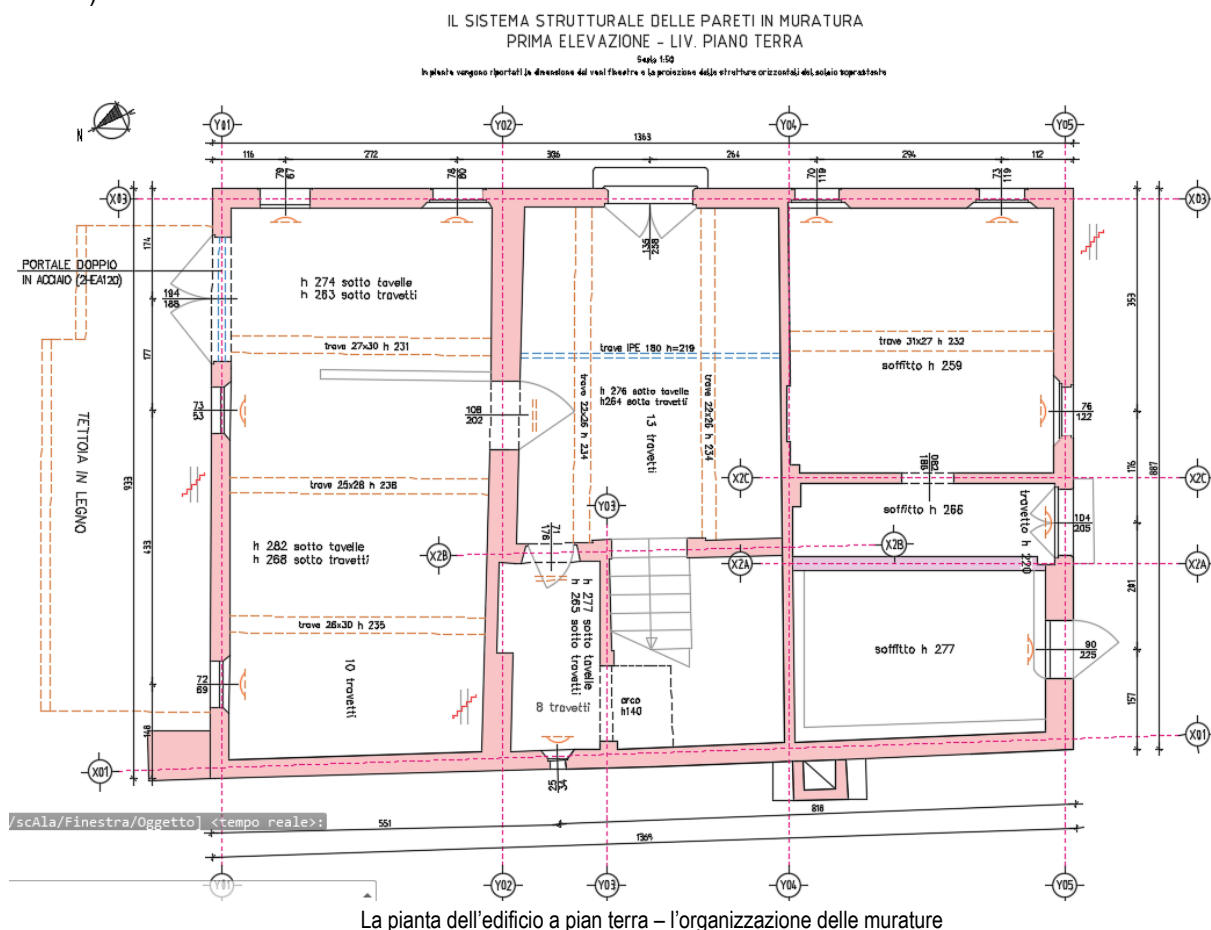
La porzione di costruzione in cui necessariamente non si può intervenire è quella in cui ha sede la centrale termica a servizio degli edifici ristrutturati (tra cui la biblioteca); tale ambiente è ricavato a piano terra nell'angolo a sud ovest. Sulle murature che affacciano su tale ambiente non si potrà intervenire se non dal lato opposto. Medesimo discorso vale per gli interventi di rinforzo alle strutture di base (fondazioni).

Per il solaio che chiude superiormente tale ambiente si potrà intervenire solo mediante sistema di consolidamento da estradosso – da valutare in sede costruttiva.

LE MURATURE PORTANTI

L'edificio si presenta strutturalmente organizzato mediante pareti in muratura a due teste per i piani terra e primo (con alcune pareti di minor spessore) che realizzano l'involucro esterno e i due allineamenti principali interni. All'interno di questi allineamenti interni è inserita la scala di collegamento interno, realizzata con struttura a voltini di muratura in appoggio alle pareti che la contengono.

La struttura muraria è organizzata sostanzialmente mediante due allineamenti principali in direzione X (X01 e X03 nella pianta di riferimento che segue) e da quattro allineamenti principali in direzione Y (Y01, Y02, Y04, Y05). Gli allineamenti interni, mai continui sullo sviluppo dell'intera pianta, sono realizzati a chiusura di funzioni specifiche (locale centrale termica parete X2A, presente a solo piano terra, Y03 e X2B a chiusura del vano scala interno) senza avere continuità verticale.



L'intervento di miglioramento sismico previsto si prefigge lo scopo di migliorare le caratteristiche di resistenza di queste pareti principali affiancandole a nuove pareti interne utili per il sostegno di porzioni di solaio e di copertura.

LE PARETI ESTERNE

Sono le pareti identificate in progetto con gli allineamenti X01, X03, Y01 e Y05. Esse hanno sviluppo orizzontale bene definito e si elevano da terra fino alla copertura variando in spessore (piano terra e primo sp. 2 teste – piano sottotetto spessore una testa affiancata da lesene).

L'apparecchiatura muraria delle pareti esterne per come appaiono oggi, risulta composta da elementi di diversa natura con presenza sia di elementi lapidei (pietra sbazzata – in modesta estensione) sia di elementi artificiali (mattoni pieni – in grande prevalenza). Tale composizione appare il risultato di due diversi fattori: probabilmente già l'originaria costruzione – realizzata con elementi del posto – ha visto l'impiego alternativo di filari in mattoni e filari in pietra. Poi, nel corso degli anni, gli interventi succedutisi hanno introdotto (mediante sostituzione) una maggior quantità di paramenti con elementi artificiali a scapito degli elementi in pietra più irregolari rendendo oggi il paramento esterno per lo più con finitura di tipo faccia vista di pregio non elevato. Il paramento originario è più evidente alla base della costruzione ma solo in alcune zone, in quanto (ad esempio i fronti principali est e sud) spesso si ravvisa l'intervento successivo anche in prossimità della zona di base.



Muratura esterna – il cui paramento interno appare realizzato come alternanza di mattoni e pietre naturali



Muratura esterna con paramento interno unicamente costituito da mattoni di laterizio e giunti dilavati



La muratura di base



Paramento murario esterno risultato di alternanza tra pietre sbozzate e mattoni di laterizio con malta fortemente dilavata



Paramento murario esterno oggetto di ricostruzione realizzato completamente in mattoni di laterizio finitura faccia vista



Paramento murario esterno in cui sono presenti ampie lesioni e rappezzi ma realizzato completamente in mattoni di laterizio finitura faccia vista.



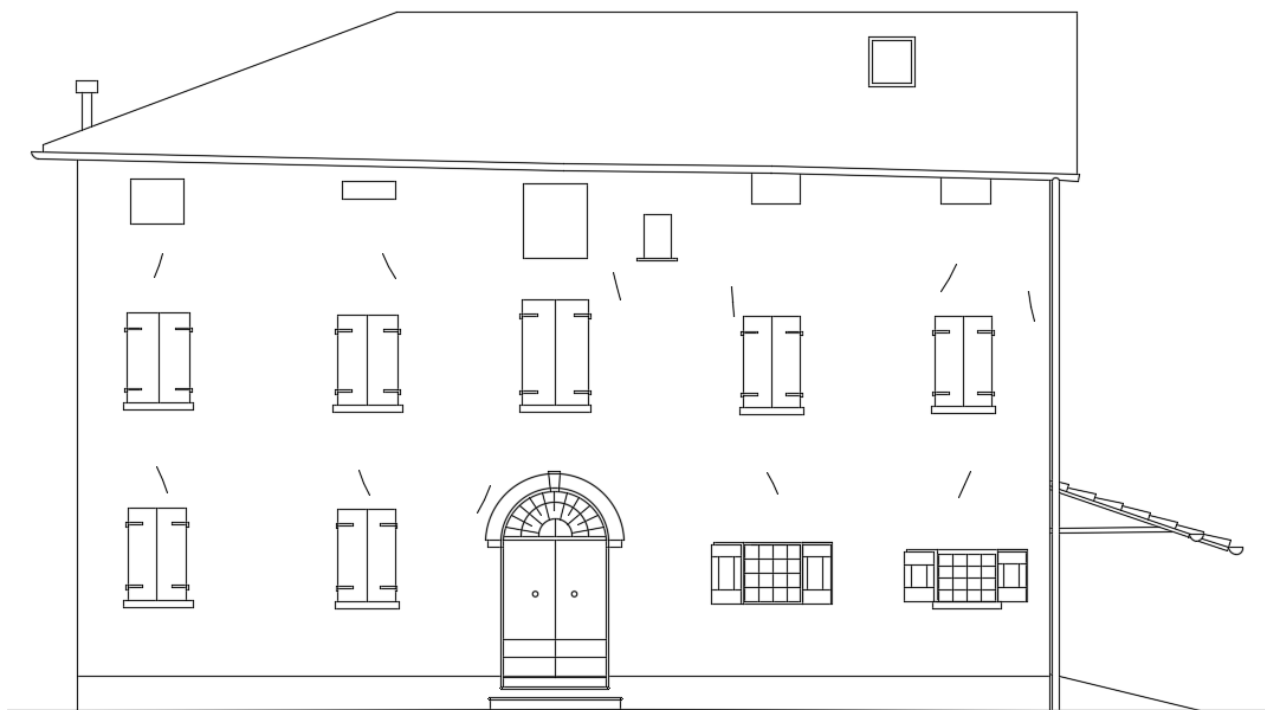
Paramento murario esterno oggetto di intervento recente con apparecchiatura muraria originaria ma con buona ristilatura dei letti e dei giunti

Le pareti murarie esterne si presentano non rigorosamente in piombo verticale e con perdita dell'allineamento orizzontale; questo fattore è per lo più imputabile non tanto a dissesti in atto quanto alle operazioni di ricostruzione avvenute negli anni in cui si è probabilmente reso necessario raccordare murature originariamente in pietra a spessore diverso con muratura ricostruita a due teste in mattoni.

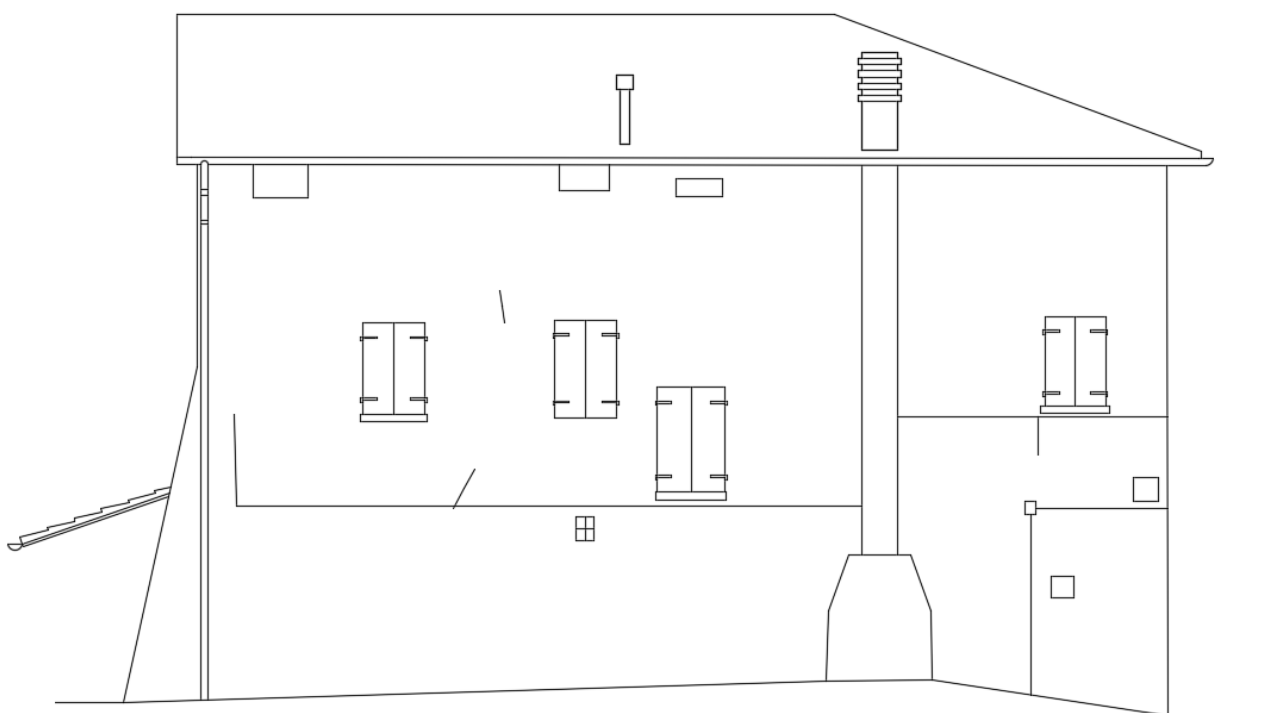
Sono evidenti in più punti della muratura di perimetro zone di rappezzo e ricostruzione mal collegate (chiusura di vani pre esistenti, riparazioni) e forti segni di dilavamento della malta; in prossimità di esse si leggono lesioni passanti sub verticali o diagonali, segno di un dissesto in atto legato per lo più alla scarsa coesione che la muratura offre a causa proprio del dilavamento in essere.

Si riconosce – per le pareti esterne – l'intervento di riparazione occorso negli anni in particolare osservando le zone d'angolo che appaiono ricostruite a mattoni pieni con buona ammorsatura trasversale.

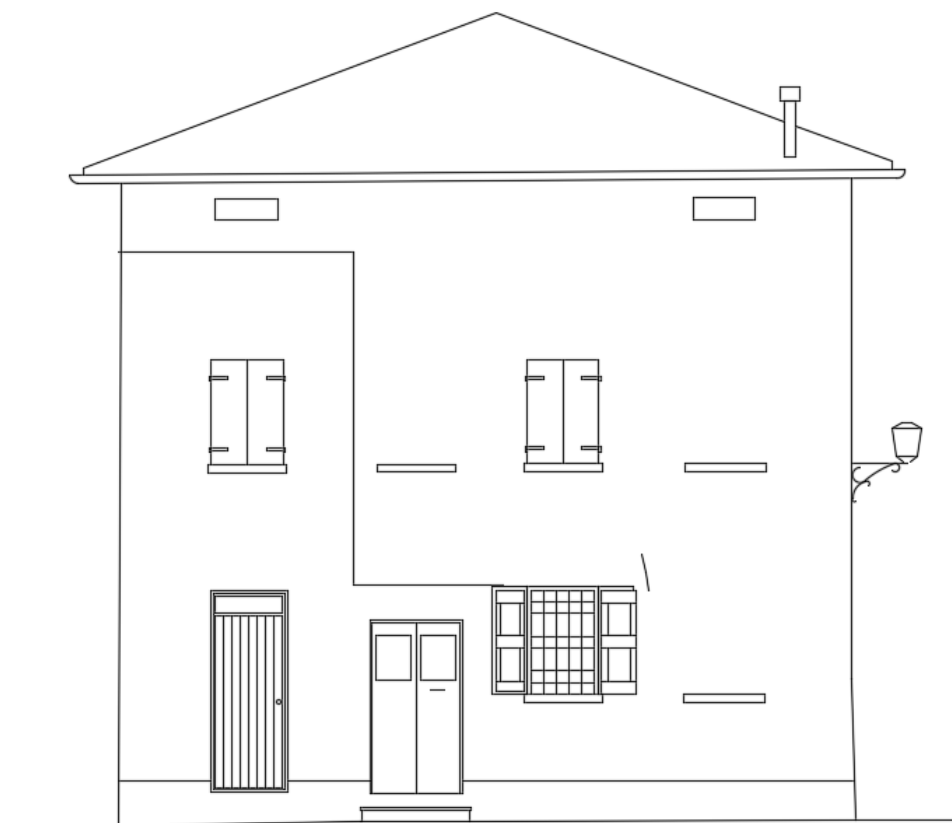
Sulle murature esterne si riconosce la presenza di vani porta (PT) e finestra di ridotte dimensioni, aventi buoni allineamenti verticali, con architravature esterne per lo più realizzate mediante piattabande in muratura leggermente voltate e internamente mediante elementi in legno massiccio.



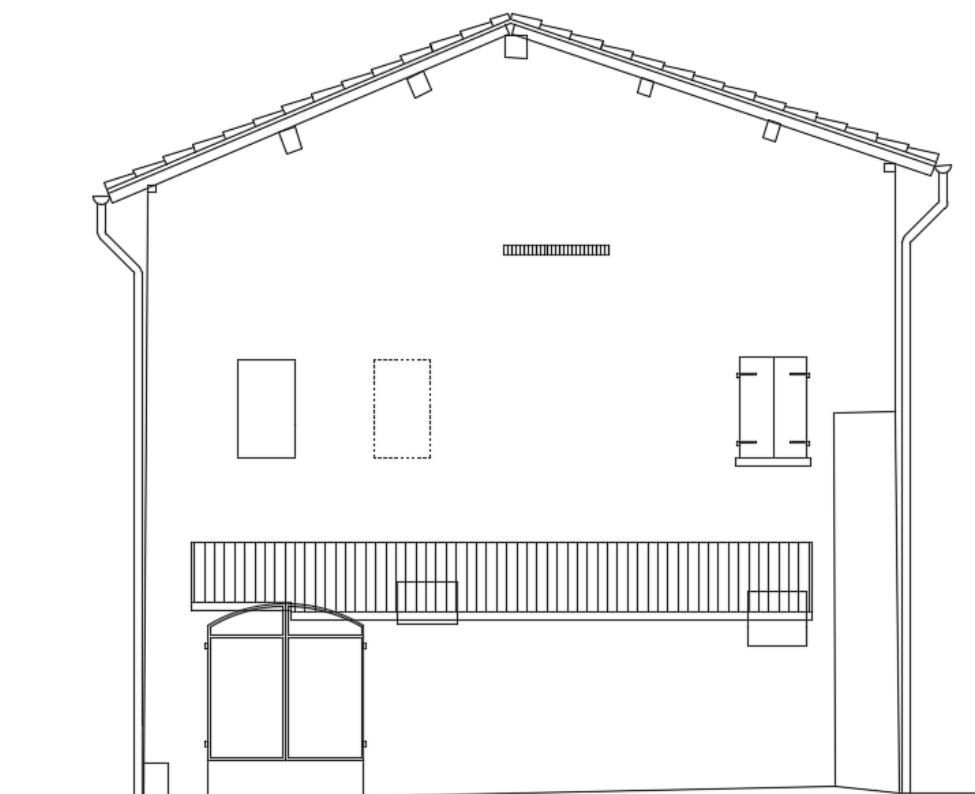
Prospetto EST



Prospetto OVEST



Prospetto SUD



Prospetto NORD

LE PARETI INTERNE

Sono le pareti identificate in progetto con gli allineamenti X02 (a, b, c) e Y02, Y03, Y04. Esse hanno sviluppo orizzontale bene definito.

Solo le pareti X02b Y02 e Y04 si elevano da terra fino alla copertura variando in spessore. Le altre pareti non si elevano da terra a cielo (X02a, c) oppure presentano carattere portante nei confronti della sola scala interna di collegamento con spessore ridotto (14 cm).

Le murature interne risultano piuttosto irregolari in quanto di spessore non costante tra piano terra e piano primo, con presenza di frequenti nicchie o riseghe; al piano sottotetto tale irregolarità appare particolarmente evidente in quanto a fronte di uno spessore murario pari ad una testa (14 cm) si inseriscono lesene murarie di dimensioni 28x28 cm poste in corrispondenza delle zone di appoggio delle travi principali in legno della copertura.

LE PARETI DEL SOTTOTETTO

Le pareti del sottotetto, interne ed esterne, sono realizzate in muratura di mattoni con spessore pari ad una testa (14 cm) cm) intervallate da ringrossi in corrispondenza delle travi principali di copertura.

Le pareti al sottotetto appaiono vulnerabili a seguito della presenza di frequenti lesioni e di elementi estranei alla muratura (architravi in legno, porzioni di muratura con mattoni disposti in foglio).

Nell'intervento in previsione si intende procedere al loro completo rifacimento mediante esecuzione di nuova muratura a due teste (per le murature perimetrali del tipo faccia vista) in grado di ricevere adeguatamente il cordolo in c.a. che si intende eseguire in sommità alle pareti e, conseguentemente, la nuova copertura in progetto.

DISPOSITIVI DI PRESIDIO PER PORTE E FINESTRE

Tutte le aperture su pareti esterne e tutte le porte interne sono presidiate da:

- piattabande in muratura (no resistenza a trazione) realizzate mediante mattoni disposti in piedi ad andamento lievemente curvilineo.

Tali sistemi di sostegno della muratura soprastante non presentano capacità di resistenza a trazione per comportamento della struttura soggetto ad azioni orizzontali.



Internamente i vani nella muratura sono protetti da elementi lignei in appoggio alle spalle murarie

- da architravi in legno massiccio appoggiati e inseriti nella muratura esistente aventi spessore tale da occupare un'intera testa muraria.



TABELLA RIEPILOGATIVA SPESSORE MURARIO ALLINEAMENTI PRINCIPALI STRUTTURE PORTANTI

PARETE	TIP. MURARIA	PIANO TERRA	PIANO PRIMO	SOTTOTETTO
X01	ESTERNA F.V.	30 cm	30 cm	14 cm con lesene
X02a	INTERNA	28 cm	28 cm	14 cm con lesene
X02b	INTERNA	22 cm	-	-
X02c	INTERNA	14 cm	14 cm	14 cm
X03	ESTERNA F.V.	30 cm	30 cm	14 cm con lesene
Y01	ESTERNA F.V.	30 cm	30 cm	30-14 cm
Y02	INTERNA	45-50	45 cm	30-14 cm
Y03	INTERNA	12 cm	12 cm	6 cm
Y04	INTERNA	14 cm	14 cm	14 cm con lesene
Y05	ESTERNA F.V.	30 cm	30 cm	14 cm con lesene

NORMATIVA TECNICA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

- **L. 05.11.1971, n. 1086** - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- **Legge 2 Febbraio 1974 n. 64** - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- **Decreto Ministeriale 17.01.2018** - Approvazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni. C.S.LL.PP e Ministero Infrastrutture e Trasporti.
- **Circolare n. 7 del 21.01.2019** - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni. C.S.LL.PP.
- **Legge Regione Emilia-Romagna N. 19 del 30 ottobre 2008** - "Norme per la riduzione del Rischio sismico";
- **D.G.R. n. 2272/2016 - Regione Emilia-Romagna** – "Interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici;
- **D.G.R. n. 1373/2011 - Regione Emilia-Romagna** - "Atto di indirizzo recante l'individuazione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per gli altri titoli edilizi, alla individuazione degli elaborati costitutivi e dei contenuti del progetto esecutivo riguardante le strutture e alla definizione delle modalità di controllo degli stessi, ai sensi dell'art. 12, comma 1 e dell'art. 4, comma 1 della L.R. N. 19 del 2008".
- **Eurocodice 2: EN 1992-1.1, 1.2** - Progettazione delle strutture in calcestruzzo
- **Eurocodice 6 – EN 1996-1-1:2006** - Progettazione delle strutture in muratura
Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata
UNI EN 1996-2:2006 Parte 2: Considerazioni progettuali, selezione dei materiali ed esecuzione delle murature
- **Eurocodice 7: EN 1997-1** - Progettazione geotecnica
- **Eurocodice 8: EN 1998-1/EN 1998-5** - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

- **RELAZIONE GEOLOGICO GEOTECNICA E SISMICA** redatta a cura del Dott. Geol. Franco Gemelli di Sassuolo;

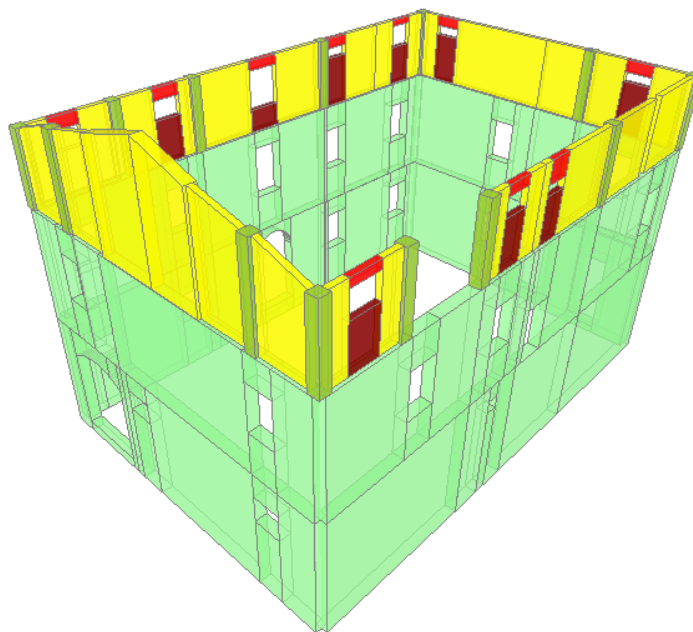
Bibliografia e documentazione tecnica di riferimento

- Manuale delle Murature Storiche -Direttore Scientifico Antonio Borri;
- "Edifici in muratura" – Autore A. Ghersi - P. Lenza - B. Calderoni, ed. D. Flaccovio - 2011;
- "Metodi semplificati per l'analisi sismica non lineare di edifici in muratura" - G. Maganes, D. Bolognini, C. Baggio - Gruppo Nazionale di Difesa dai Terremoti - CNR - Roma 2000.
- Il calcolo sismico di edifici in muratura - N. Augenti UTET, Torino 2000;
- Atti del Corso di Formazione "La realizzazione di nuove aperture nelle costruzioni in muratura esistenti" - Bologna 4-5 marzo 2011 a cura di S. Lagomarsino - S. Cattari DICAT, Università di Genova.

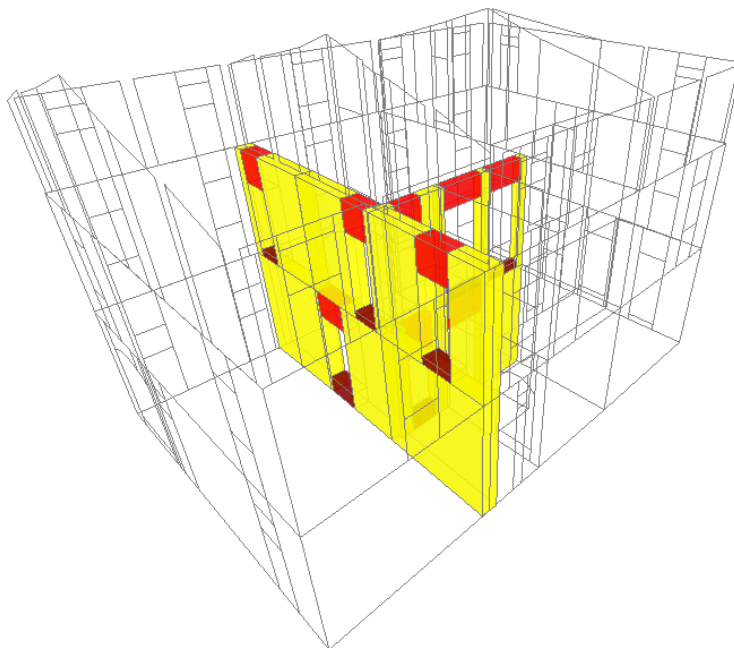
LE PROPRIETA' MECCANICHE DELLE MURATURE

Dal punto di vista meccanico, pur in una condizione di conoscenza limitata ($FC=1,35$), si valuta coerente con la situazione osservata l'adozione di un'unica tipologia muraria presente in quanto prevalente per tutte le pareti murarie della costruzione costituita da paramenti ad uno o due teste realizzati con mattoni di laterizio pieno legati con malta di calce di modesta qualità localmente di scarsa qualità in quanto a base calce abbondantemente dilavata per almeno $1/3$ di ciascuna testa muraria (parte esposta). La muratura è in realtà mista con presenza di zone con ciottoli e pietrame. Questa locale interferenza in realtà non determina una irregolarità della muratura che invece si presenta con apparecchiatura muratura molto regolare e corsi e listature bene definite

Per le pareti a due teste si riconosce un fattore correttivo legato alla presenza di collegamento trasversale tra i paramenti.



Le murature perimetrali in mattoni pieni e malta di calce, malta scadente e connessione trasversale



Le murature interne in mattoni pieni e malta di calce, malta scadente e connessione trasversale

Le murature del sottotetto e trasversali presentano spessore di una testa localmente rinforzate mediante lesene murarie di due teste. Sempre al sottotetto si rileva la presenza di mattoni disposti di costa.
Si riconduce la tipologia muraria a quella indicata in tabella C8.5.I della circolare n.7/C.S.LL.PP. del 21/01/2019.
Muratura di mattoni pieni e malta di calce – regolare.

Tipologia di muratura	f (N/mm ²)	τ_g (N/mm ²)	f_{vg} (N/mm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	w (kN/m ³)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	-	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	-	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	-	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,4-2,2	0,028-0,042	-	900-1260	300-420	13 + 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadriati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

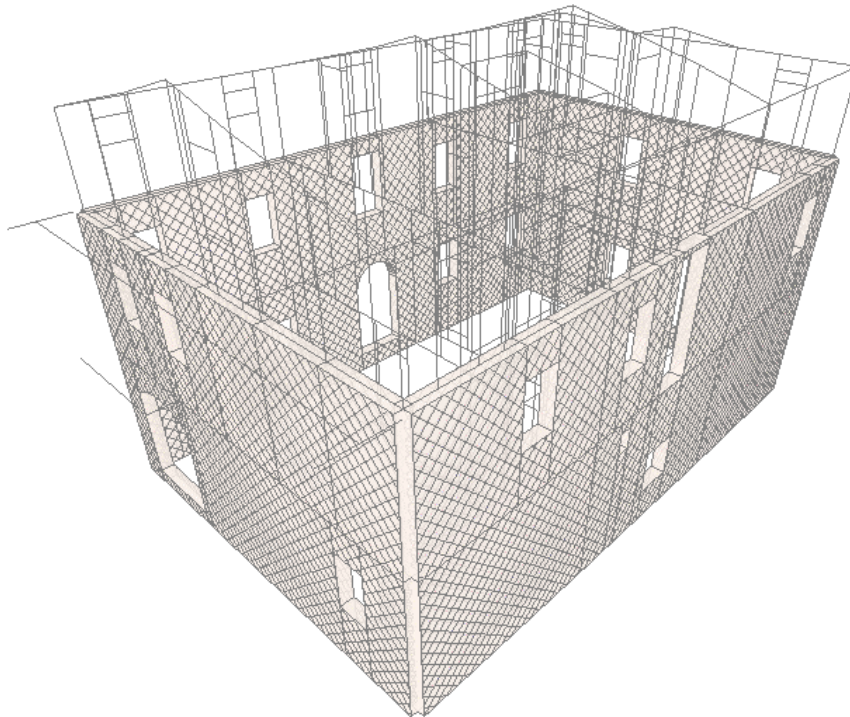
Gli interventi strutturali previsti sulle murature del fabbricato sono distinti tra pareti esterne, in cui è necessario preservare il paramento esterno faccia vista (ristilatura armata dei giunti) e pareti interne (e pareti al sottotetto), in cui si opera mediante adeguamento dello spessore murario (minimo 2 teste) e poi procedendo con intervento di rinforzo mediante esecuzione di intonaco armato (solo pareti interne). Tutti gli interventi sono volti a perseguire un “miglioramento delle caratteristiche di stabilità e resistenza di elementi e alla loro riparazione (paramenti danneggiati)”, così come descritto dal §8.4.1 delle NTC2018. Il ricorso ai metodi indicati di rinforzo quali ristilatura armata e intonaci armati consentirà di incrementare resistenze e moduli elastici di fattori predeterminati grazie ai riferimenti normativi che si intende utilizzare:

Tipologia di muratura	Stato di fatto			Interventi di consolidamento			
	Malta buona	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Iniezione di miscele leganti (*)	Intonacoarmato (**)	Ristilatura armata con connessione dei paramenti (**)	Massimo coefficiente complessivo
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	1,3	1,5	2	2,5	1,6	3,5
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo	1,4	1,2	1,5	1,7	2,0	1,5	3,0
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	1,1	1,3	1,5	1,5	1,4	2,4
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,5	1,2	1,3	1,4	1,7	1,1	2,0
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,6	-	1,2	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura a blocchi lapidei squadriati	1,2	-	1,2	1,2	1,2	-	1,4
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	(***)	-	1,3 (****)	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	1,2	-	-	-	1,3	-	1,3

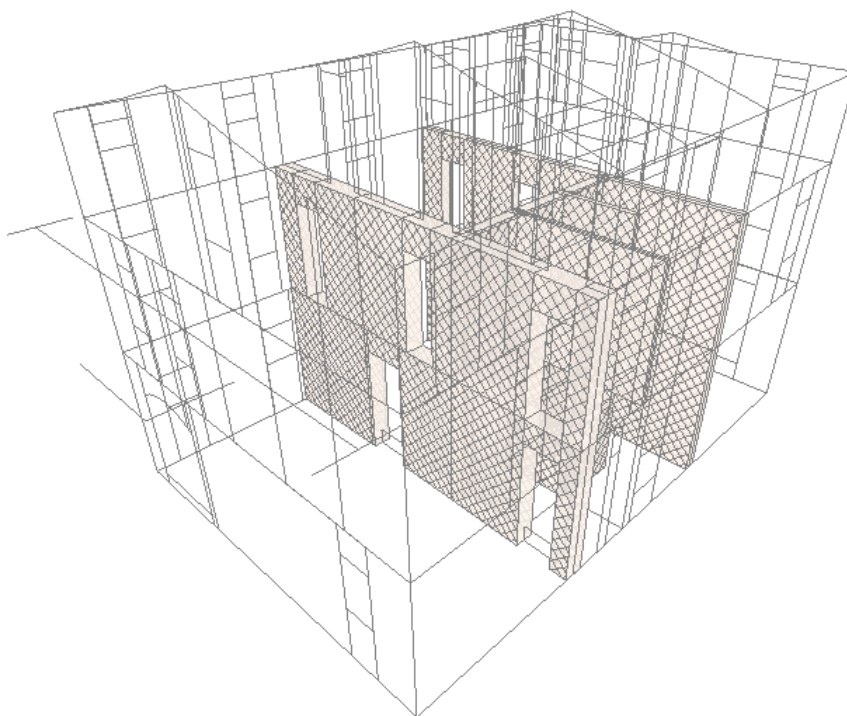
L'assunzione di ipotesi di malta scadente si estende a tutte le murature M1 adottando un coefficiente riduttivo pari a 0,70.

A fini della definizione delle proprietà meccaniche della muratura si distingueranno quindi i casi:

- MURATURA M1 ESISTENTE – 2 TESTE (muri perimetrali a due teste piano terra e primo)
- MURATURA M1 ESISTENTE – 1 TESTA (muri interni piano terra e primo)
- MURATURA M2 ESISTENTE – sp. 20 cm (muro separazione centrale termica)
- MURATURA M1 RINFORZATA CON RISTILATURA ARMATA GIUNTI E COLLEGAMENTO TRASVERSALE (muri perimetrali a due teste piano terra e primo)

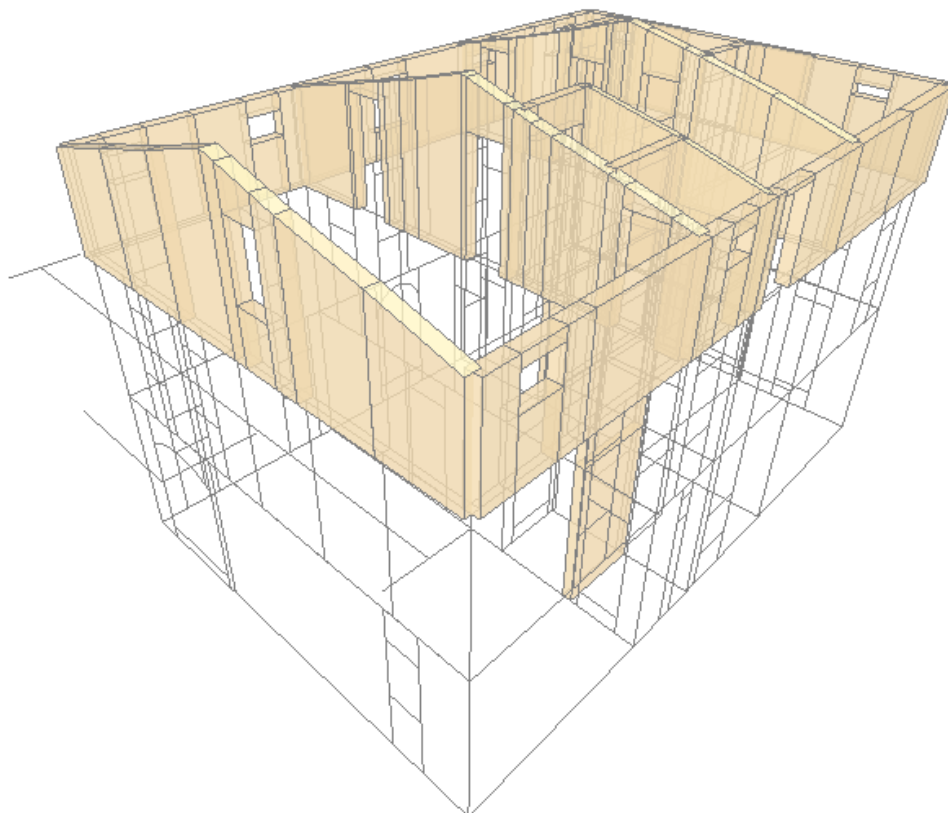


- MURATURA M1 RINFORZATA MEDIANTE SISTEMA CRM (muri interni a due teste piano terra e primo)



Si avranno poi gli ulteriori casi:

- muratura M1 soggetta a raddoppio dello spessore murario e parziale rifacimento, realizzata con mattoni pieni ($f_{bk} > 15 \text{ N/mm}^2$) e malta M10, spessore due teste (muri perimetrali ed interni al sottotetto);



Di seguito si riporta la tabella riassuntiva dei valori medi adottati.

MURATURA	Resistenza media a compressione (N/mm ²)	Resistenza media a taglio (N/mm ²)	Modulo elastico normale (N/mm ²)	Modulo elastico normale (N/mm ²)
M1 SDF – 2 TESTE	$0,70 \cdot 2,6 \cdot 1,3 = 2,4$	$0,7 \cdot 0,13 \cdot 1,3 = 0,12$	$0,7 \cdot 1.500 = 1.050$	$0,7 \cdot 500 = 350$
M1 SDF – 1 TESTA	$0,70 \cdot 2,6 = 1,82$	$0,7 \cdot 0,13 = 0,09$	$0,7 \cdot 1.500 = 1.050$	$0,7 \cdot 500 = 350$
M2 SDF – 1 TESTA	5,00	0,20	4.550	1.138
M1 SDP – RA	$2,60 \cdot 1,3 \cdot 1,20 = 4,06$	$0,13 \cdot 1,3 \cdot 1,20 = 0,20$	$1.500 \cdot 1,10 = 1.650$	$500 \cdot 1,10 = 550$
M1 SDP – CRM	$2,60 \cdot 1,8 = 4,68$	$0,13 \cdot 1,8 = 0,23$	$1.500 \cdot 1,30 = 1.950$	$500 \cdot 1,30 = 650$
M1 SDP – MALTA BUONA E MORSE	$2,6 \cdot 1,3 = 3,40$	$0,13 \cdot 1,3 = 0,17$	1.500	500

Per le verifiche in campo statico SLU si adotta un coefficiente di sicurezza sul materiale pari a $3 \cdot 1,35 = 4,05$ applicato alle resistenze medie sopra elencate.

Per le verifiche in campo sismico (analisi non lineare statica) SLV si adotta un coefficiente di sicurezza sul materiale pari a 1,35 applicato alle resistenze medie sopra elencate.

Per le verifiche in campo sismico (analisi cinematica lineare statica) SLV si adotta un coefficiente di sicurezza sul materiale pari a $2 \cdot 1,35 = 2,70$ applicato alle resistenze medie sopra elencate.

I valori di rigidezza della muratura fessurata sono ridotti al 70% del valore non fessurato.

Per le murature del sottotetto si adottano i valori di riferimento per muratura M1 a due teste senza riduzione del 30% legata alla presenza di malta scadente.

DESTINAZIONI D'USO ATTUALE E FUTURE PER LA COSTRUZIONE

Il piano terra ed il piano primo hanno destinazione d'uso ad ABITAZIONE civile. Il piano sottotetto ha destinazione d'uso soffitta.

L'intervento prevede una modifica della destinazione d'uso dei locali rendendo abitabile il piano sottotetto e uniformando complessivamente le destinazioni d'uso a quelle di ambienti suscettibili di normali affollamenti rientranti nella cat. C1 – Sovraccarico variabile 3,00 kN/mq.

Complessivamente la classe d'uso dell'edificio non si modifica (Classe d'uso II) e con essa la vita utile della costruzione ipotizzabile pari a 50 anni.

DESCRIZIONE VULNERABILITA' E DELLE CARENZE STRUTTURALI

La costruzione, oggetto di interventi di ristrutturazione sempre realizzati in modo puntuale, presenta diverse quanto profonde criticità sia in termini statici sia dal punto di vista sismico.

In particolare si evidenziano le seguenti problematiche:

- Assenza completa di un sistema di fondazione; sono presenti, alla base delle murature dei leggeri allargamenti della sezione muraria e, ancora più in profondità, si rileva la presenza di ghiaione/ciottolame arido non legato avente la funzione di ripartire il carico delle murature. Pur avendo il terreno di sottosuolo buone caratteristiche meccaniche esso, in quanto a chiara componente argillosa, è soggetto a contrazioni ed espansioni in funzione del proprio contenuto d'acqua con forti variazioni volumetriche. L'intervento quindi di allargamento della base di appoggio delle murature mediante realizzazione di cordolature in c.a. collegate trasversalmente da profili in acciaio annegati nel getto, appare la soluzione più percorribile, dal costo relativamente contenuto ed efficace per uniformare il comportamento delle diverse pareti nei confronti di possibili cedimenti legati al rigonfiamento del terreno argilloso.
- Murature parzialmente dissestate, con punti a forte dilavamento della malta di collegamento; come detto, in particolare le murature del perimetro, presentano in modo diffuso un grado di decoesione che le rende non sicure nei confronti di interventi di complessiva ristrutturazione con sostituzione di solai e coperture come nel caso in esame.
- Murature di spessore non idoneo: lo spessore di pareti portanti importanti quali la parete 4Y o le pareti tutte al piano sottotetto è inadeguato sia dal punto di vista della stabilità della muratura in campo statico sia per consentire un buon funzionamento scatolare della costruzione in caso di evento sismico. Il loro raddoppio mediante diatonatura artificiale o loro ricostruzione appare quindi la scelta più adatta per elevare il grado di sicurezza statica e sismica dell'intera costruzione.
- I solai, tutti, sono staticamente inadeguati al carico previsto per l'esercizio delle funzioni da insediare: ciò rende necessaria una complessiva opera di adeguamento statico dei solai che, viste le condizioni (per lo più di tipo deformativa) di travature lignee, rottura di pianelle e necessità di integrare massetti e sottofondi secondo le attuali necessità impiantistiche e funzionali, richiede una loro completa sostituzione e rifacimento con medesime caratteristiche geometrico distributive.
- La copertura presenta anch'essa inadeguatezza statica: come per i solai tale elemento strutturale appare compromesso, nell'attuale configurazione, in quanto presenta forti dissesti con travi e travicelli danneggiati, pianelle anch'esse fortemente disconnesse, zone di appoggio inadeguate in quanto costituite da murature fortemente disconnesse o danneggiate o di ridotto spessore. Anche in questo caso, la scelta di ricostruire la copertura appare quanto mai necessaria per rispettare i criteri di sicurezza previsti dalle norme tecniche.
- Architravi: la protezione dei vani porta e finestra risulta limitata per la presenza di elementi deformati (architravi in legno) in appoggio a murature disconnesse. Tali elementi, per le murature interne portanti e per quelle esterne (paramento interno) saranno sostituiti da elementi in acciaio efficacemente ammortati.

DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

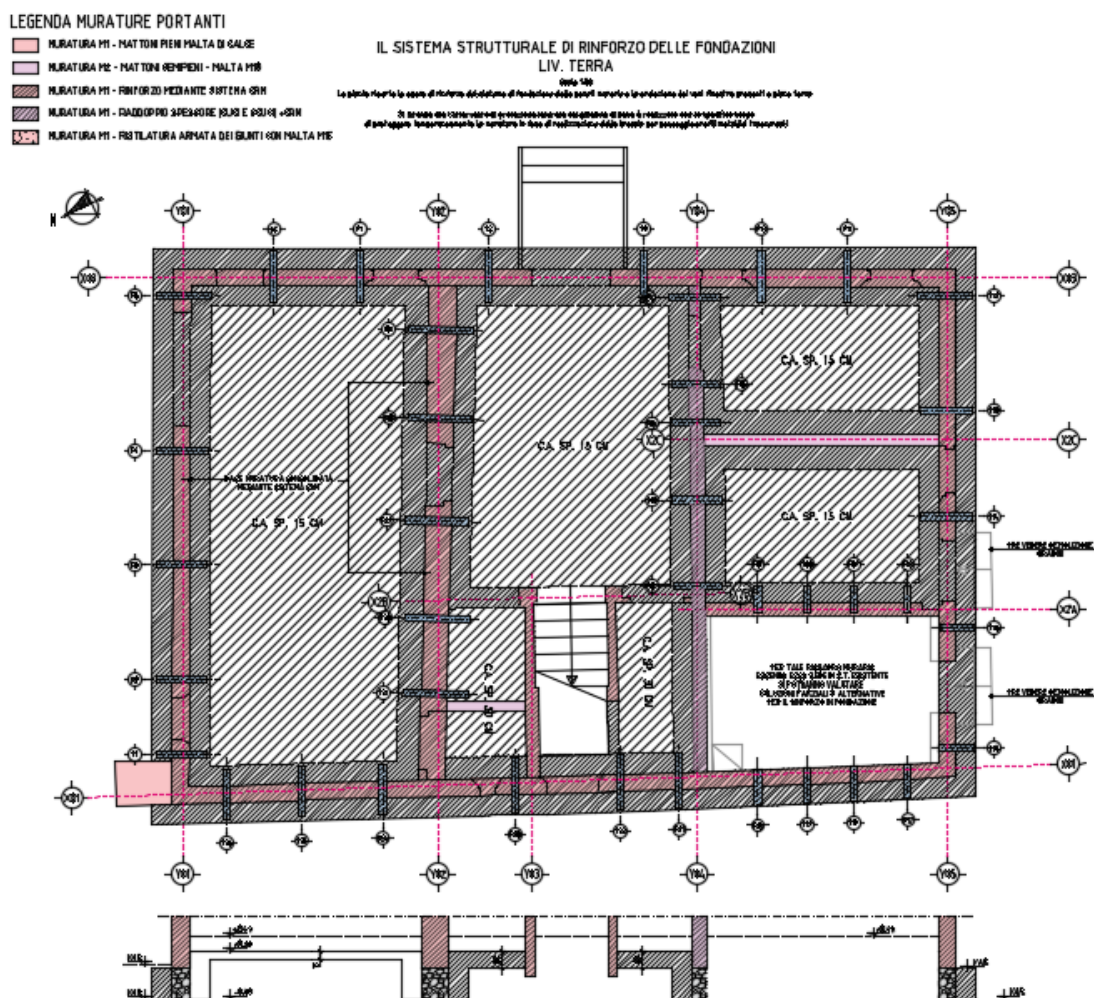
La costruzione sarà oggetto complessivamente di intervento di restauro e risanamento conservativo con lo scopo di destinare l'edificio ad un uso che promuova la socialità giovanile (centro giovani).

Per consentire che le opere restituiscano un bene adeguatamente sicuro in termini statici e sismici, viste le vulnerabilità sopra descritte, si rende necessario intervenire in profondità mediante una serie sistematica di interventi tali da definire complessivamente un intervento di MIGLIORAMENTO SISMICO (e non adeguamento sismico in quanto consentito per edifici sottoposto a vincolo di tutela) con opere di ADEGUAMENTO STATICO delle strutture esistenti.

Tale intervento strutturale si realizza grazie ad una serie sistematica di opere di parziale demolizione, di ricostruzione fedele con opere di rinforzo o di solo rinforzo di elementi esistenti.

OPERE DI ADEGUAMENTO DEL SISTEMA DI FONDAZIONE

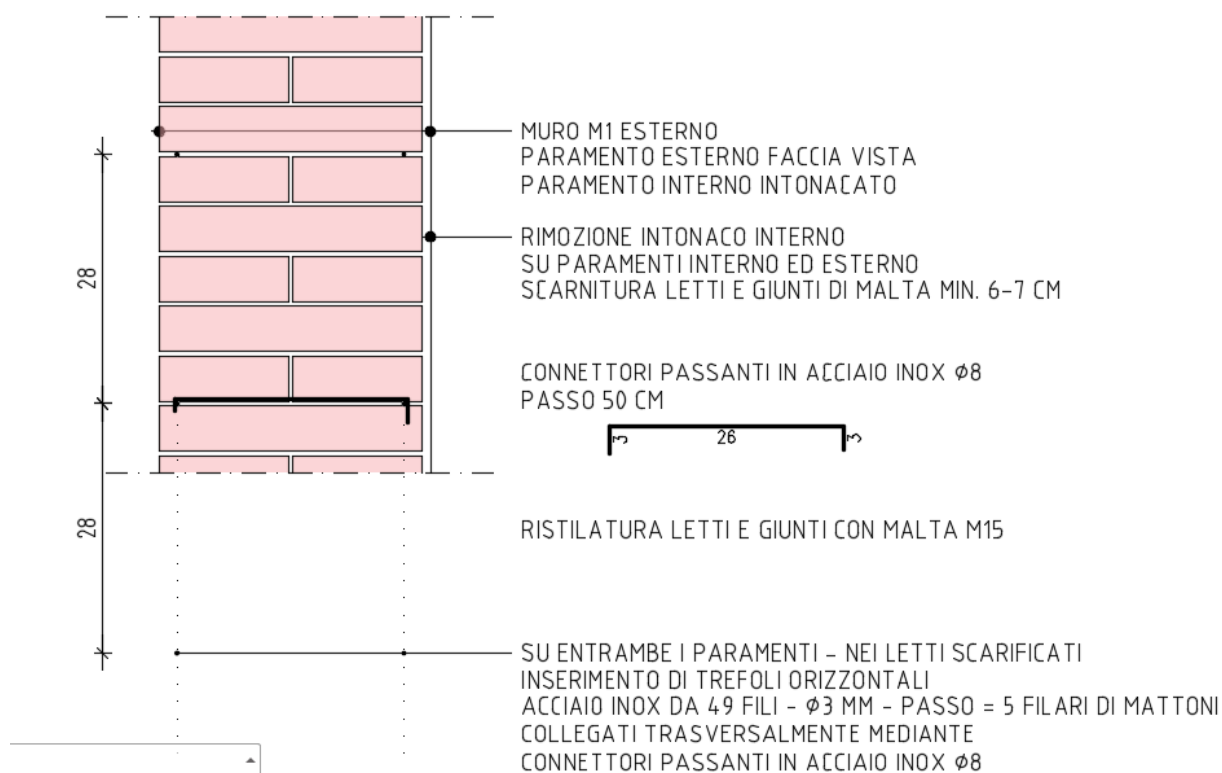
In assenza pressoché totale di opere specifiche di fondazione (solo leggero allargamento della base muraria e ghiaione di ripartizione) si interviene con cordolature in cemento armato in affiancamento alle murature esistenti su ambo i lati della muratura (ad esclusione della zona della CT dove si interviene con opere zoppe) collegate trasversalmente da profili in acciaio in grado di rendere collaborante l'azione cordolatura – muratura mediante trasmissione parziale di sforzi (i carichi aggiunti dei solai e della copertura, escluso il peso proprio).



OPERE DI RINFORZO DEL SISTEMA MURARIO ESTERNO

Alla luce di quanto espresso nei paragrafi precedenti si intende riparare e rinforzare le murature perimetrali a due teste (piano terra e primo) sistemando le lesioni presenti (Scuci e cuci), proteggendo i vani presenti (architravi interni in acciaio). Il miglioramento delle proprietà meccaniche della muratura lo si ottiene, con il vincolo di mantenere a vista il paramento esterno, mediante profonda pulizia dei giunti e letti dalla malta ormai decoesa, inserimento di armature (reticolo di trefoli in acciaio) all'interno dei giunti in grado di conferire alla muratura un effetto cerchiante e di incremento della resistenza a taglio, ristilatura profonda dei giunti aperti mediante intasamento con malta M15 a base calce e ristuccatura delle fughe sul paramento esterno.

Tale intervento deve intendersi diffuso su tutta l'estensione delle murature esterne previa sistemazione delle lesioni e delle nicchie o delle zone di instabilità presenti.

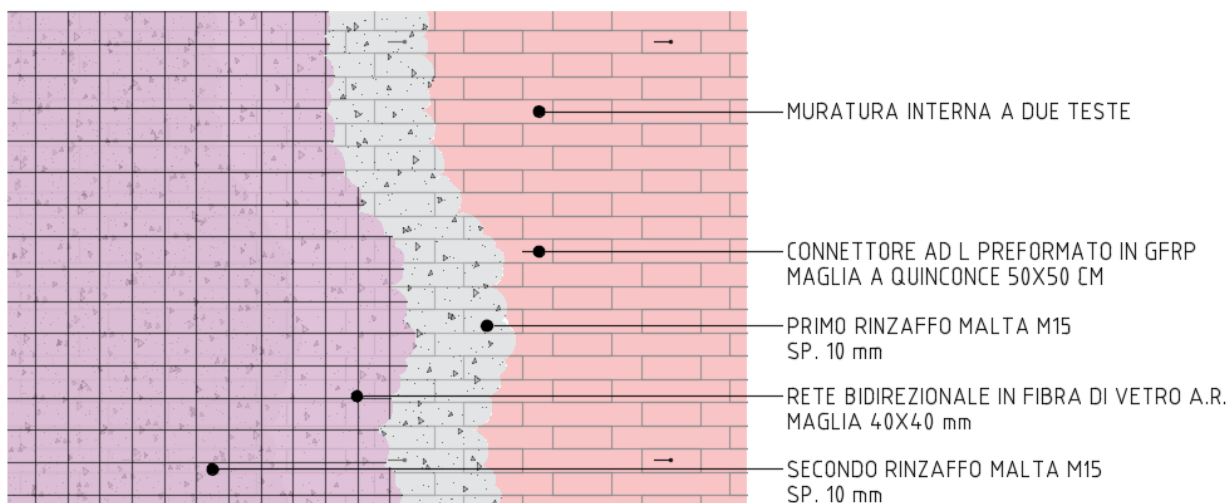


Le murature esterne saranno oggetto, inoltre, di preventivo inserimento di cuciture armate diagonali alle angolate ed ai martelli. Mediante impiego di barre elicoidali in acciaio.

OPERE DI RINFORZO DEL SISTEMA MURARIO INTERNO

Con riferimento ai soli piano terra e primo, le murature interne (particolare riferimento ad allineamento 4Y) saranno rinforzate mediante raddoppio dello spessore eseguendo un secondo paramento collegato alla muratura esistente mediante diatoni artificiale eseguiti come da schema esecutivo. Sulle pareti interne (raddoppiate o già di spessore idoneo) si realizzerà quindi un rinforzo complessivo mediante esecuzione di intonaco armato sp. 3 cm su ambo i paramenti e con collegamenti trasversali da realizzare mediante barre in acciaio o simili.

La malta impiegata sarà di tipo M15 e l'armatura dell'intonaco è prevista con rete in fibra di vetro apprettata. I collegamenti trasversali saranno anch'essi realizzati mediante elementi preformati in fibra di vetro.

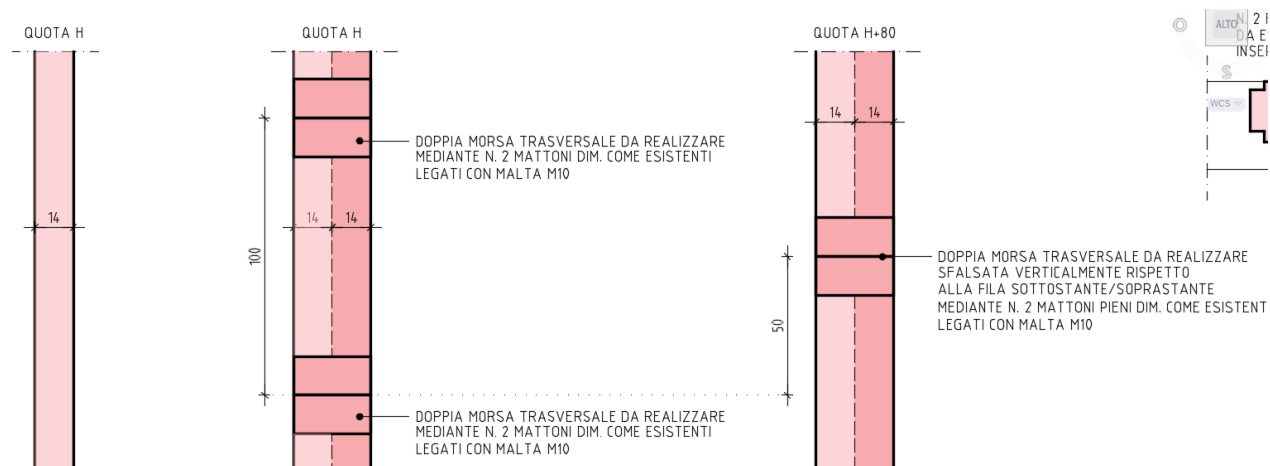


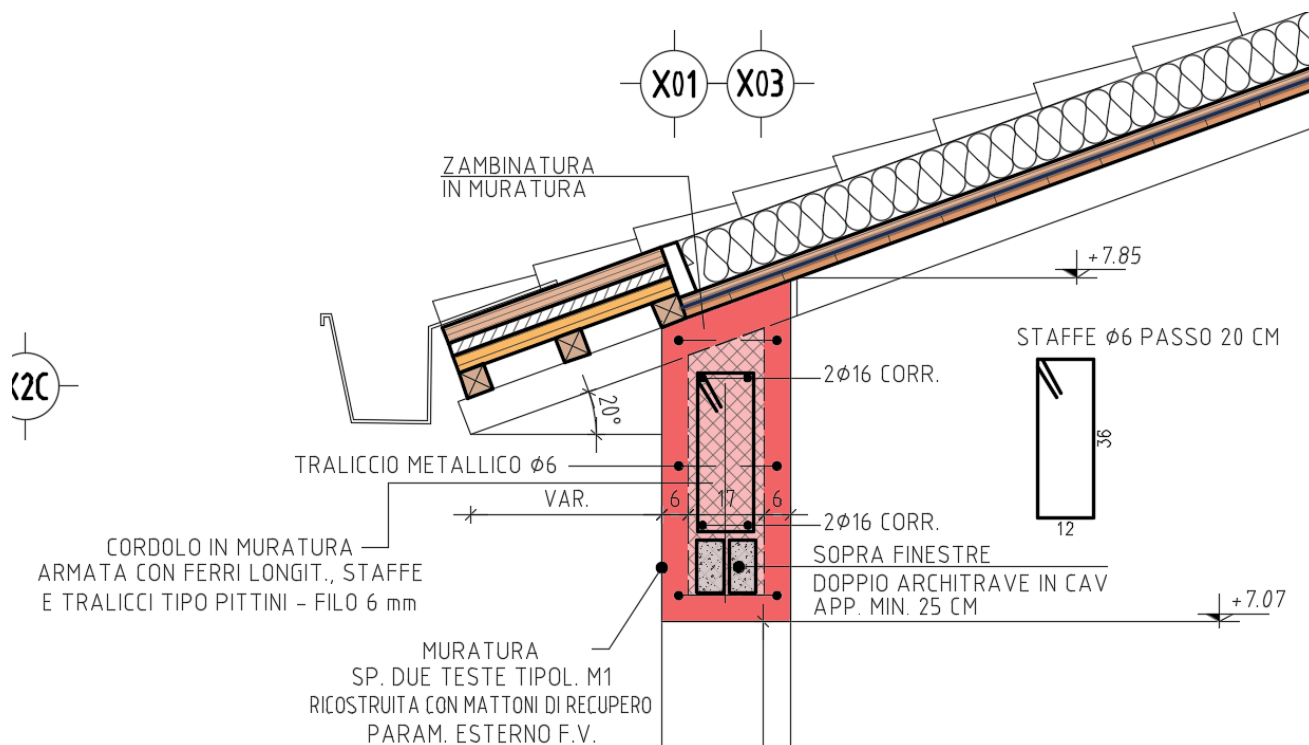
SCALCINATURA COMPLETA INTONACO
RADDOPPIO SPESSORE OVE LA MURATURA PRESENTA SPESSORE SINGOLA TESTA
LAVAGGIO PROFONDO MEDIANTE IDROPULIZIA IN PRESSIONE
APPLICAZIONE SISTEMA CRM INDICATO
RASATURA E TINTEGGIO

RADDOPPIO DELLO SPESSORE MURARIO E MURATURA ARMATA

Per chiudere lo schema strutturale interno delle pareti e per ripristinare le murature del sottotetto (parzialmente demolite) si rende necessario ricostruire porzioni di muratura prevista in laterizio pieno con finitura f.v. (murature perimetro sottotetto) sp. 25-28 cm – malta M10, per gli allineamenti 2Y e 4Y al sottotetto e per gli allineamenti X2A (piano primo e sottotetto) e X2C (tutti i livelli). Nell'occasione, per le murature al sottotetto, si realizzeranno cordolature in muratura armata realizzate in modo da consentire un adeguato appoggio e contrasto alle strutture della copertura.

Tutti i raddoppi di spessore necessitano antecedentemente di riparazione delle lesioni nella muratura ad una testa, formazione di morse trasversali in grado vincolare il nuovo paramento a quello esistente. Ove ciò non sarà possibile per eccessiva decoesione della muratura si procederà con il rifacimento delle porzioni di parete realizzate in completa continuità alla muratura che rimane.

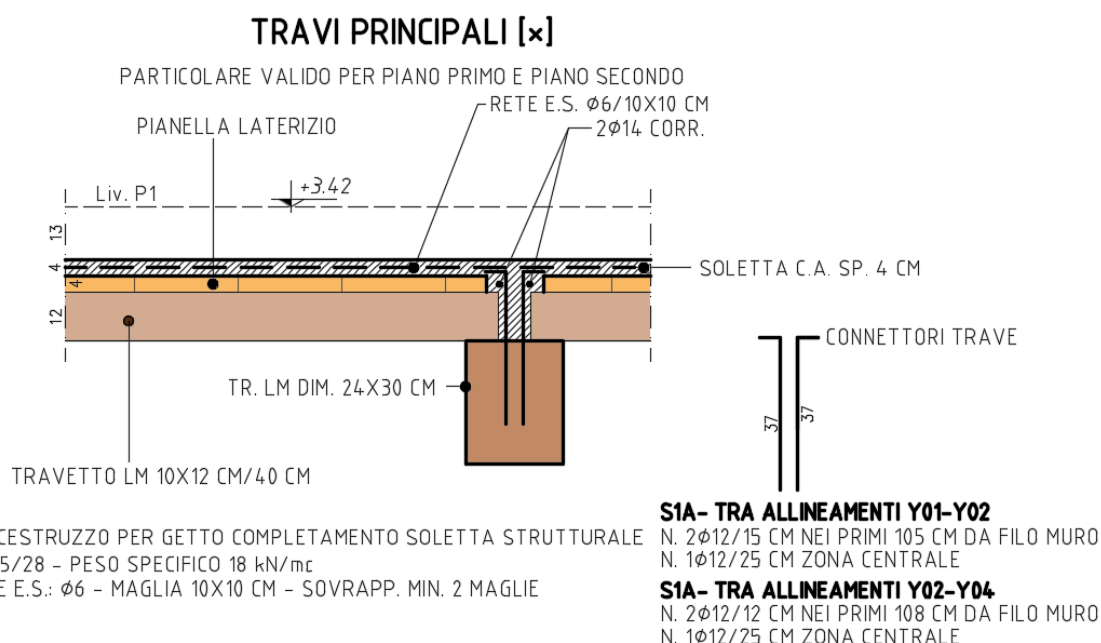




RICOSTRUZIONE SOLAI

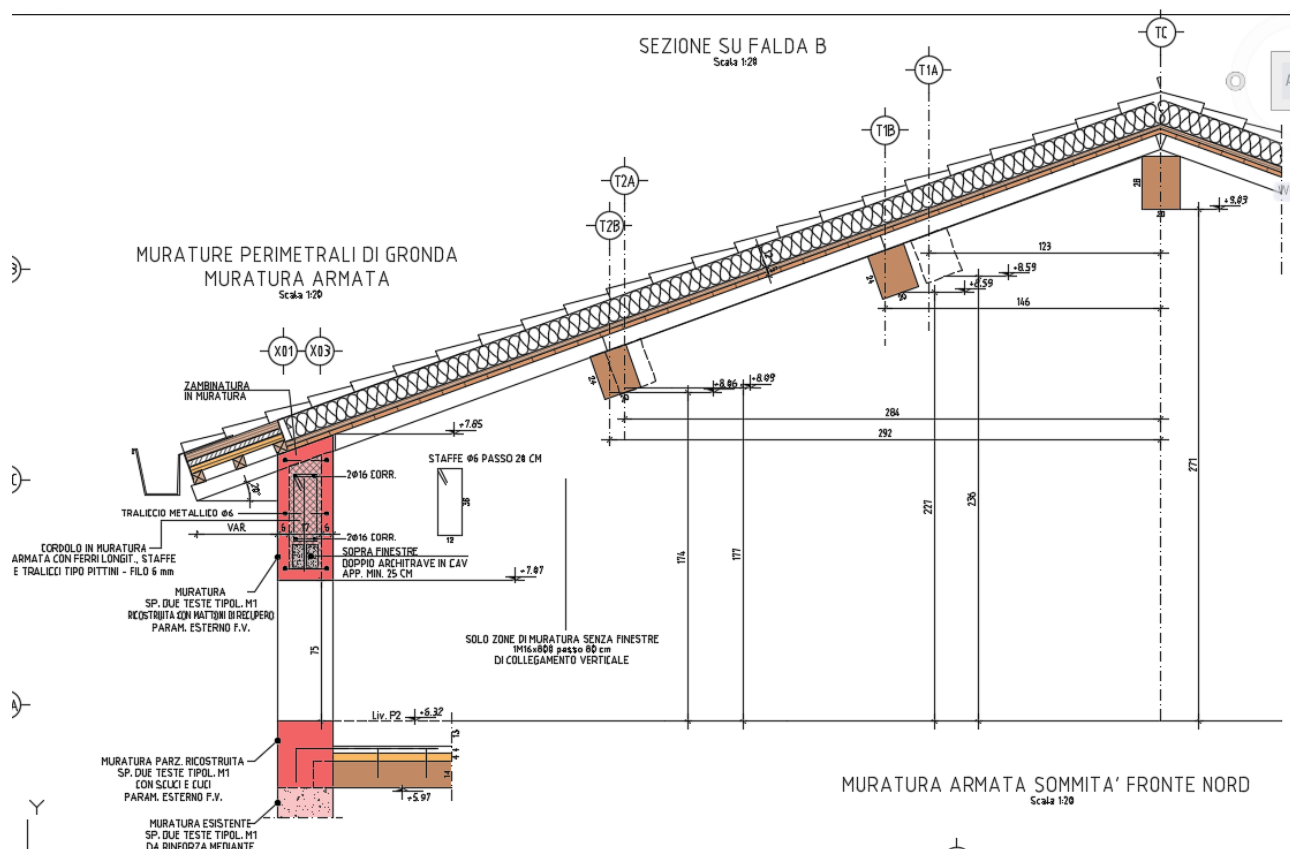
L'adeguamento statico dei solai si rende necessario per consentire nuove funzioni e dotazioni impiantistiche ai livelli abitati (primo e sottotetto). La condizione attuale delle strutture esistenti ed il contesto di restauro richiedono da un lato la sostituzione completa degli elementi principali in legno, dall'altro occorre rispettare l'originaria tecnica costruttiva.

I solai (piano primo e sottotetto) saranno quindi ricostruiti con medesimo impianto e distribuzione di travi e travicelli (in legno massiccio come esistenti). Per conseguire un rinforzo adeguato delle strutture mantenendo elementi lignei di dimensioni contenute si prevede la realizzazione di solai misti legno calcestruzzo con cappa in calcestruzzo alleggerito collaborante. La realizzazione della soletta armata consentirà inoltre di realizzare un diffuso collegamento orizzontale tra impalcato e muratura aumentando così la capacità della struttura ad un comportamento di tipo scatolare e di collaborazione tra tutte le pareti.



RIFACIMENTO COPERTURA

Come per i solai si rende necessario adeguare staticamente le strutture portanti in legno ormai non più idonee per ragioni di esposizione/degrado del materiale e di eccessiva deformazione nonché per consentire un miglior appoggio delle stesse sulle murature di perimetro ed interne. Mantenendo lo schema attuale, si intende quindi rimuovere e ricostruire per intero la copertura con doppia orditura in legno massiccio, previo raddoppio dello spessore murario al sottotetto con porzioni di sommità delle murature rese armate mediante armature metalliche e getto di letti di malta di buona qualità. Ciò consentirà di realizzare appoggi con ancoraggi meccanici, eseguendo la chiusura delle tre falde con doppio tavolato, isolamento guaina e semplice ordine di coppi in laterizio su ondulina sottocoppo.



ALTRI INTERVENTI

Altri interventi previsti sono quelli che prevedono:

- L'inserimento di architravi per porte e finestre come da indicazioni progettuali (unico in acciaio all'interno del paramento delle murature esterne – doppio in acciaio su murature interne – doppio in cls-laterizio a presidio delle aperture del piano sottotetto).
- La ricostruzione parete alle spalle del previsto elevatore interno, da realizzare in muratura di mattoni semipieni sp. 25 cm e malta M10;
- La realizzazione di porzioni di solaio in legno, pannelle e getto collaborante in cls alleggerito, ad uso ripostiglio, dietro al vano ascensore.

INPUT SISMICO

Il dimensionamento delle opere di miglioramento sismico viene condotto a partire dalla definizione della "pericolosità sismica di base" del sito in cui sorge l'opera in accordo con la normativa vigente in materia e con quanto riportato nell'indagine geosismica svolta a cura del Dott. Geol. Franco Gemelli di Sassuolo

Le coordinate geografiche del sito sono: Latitudine 44.572667, Longitudine 10.850594

Classe d'uso della costruzione: II

Vita nominale $V_N = 50$ anni

Periodo di riferimento = 50 anni

Con riferimento ai dati desunti dall'indagine sismica condotta sul sottosuolo presente nel sito in oggetto, si potranno impiegare i seguenti valori per l'analisi sismica

6.5 PARAMETRI SISMICI CARATTERISTICI DEL SITO

VITA DELLA STRUTTURA

Vita nominale	V_N	50	[anni]
Classe d'uso	C_U	II	
Vita di riferimento	V_R	50	[anni]

CARATTERISTICHE SISMICHE TERRENO

Topografia	T_1	
Coeff. topografico	S_T	1,0
Categoria suolo	B	

SL	P_{VR}	T_R	$a_{g/g}$	F_o	T_c^*	S	T_b	T_c	T_d	F_v
Operatività	81%	30	0,052	2,48	0,25	1,20	0,12	0,36	1,62	0,24
Danno	63%	50	0,065	2,50	0,27	1,20	0,13	0,39	1,63	0,27
Salv. Vita	10%	475	0,166	2,36	0,29	1,20	0,14	0,41	1,67	0,41
Collasso	5%	975	0,211	2,39	0,31	1,20	0,14	0,43	1,68	0,47

Per verifiche condotte allo SLV si considera

Tempo di ritorno del sisma di progetto: 475 anni

Accelerazione orizzontale massima: 0,166g

F_o = fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale = 2,36

T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizz. = 0,29

Categoria del sottosuolo: cat. B.

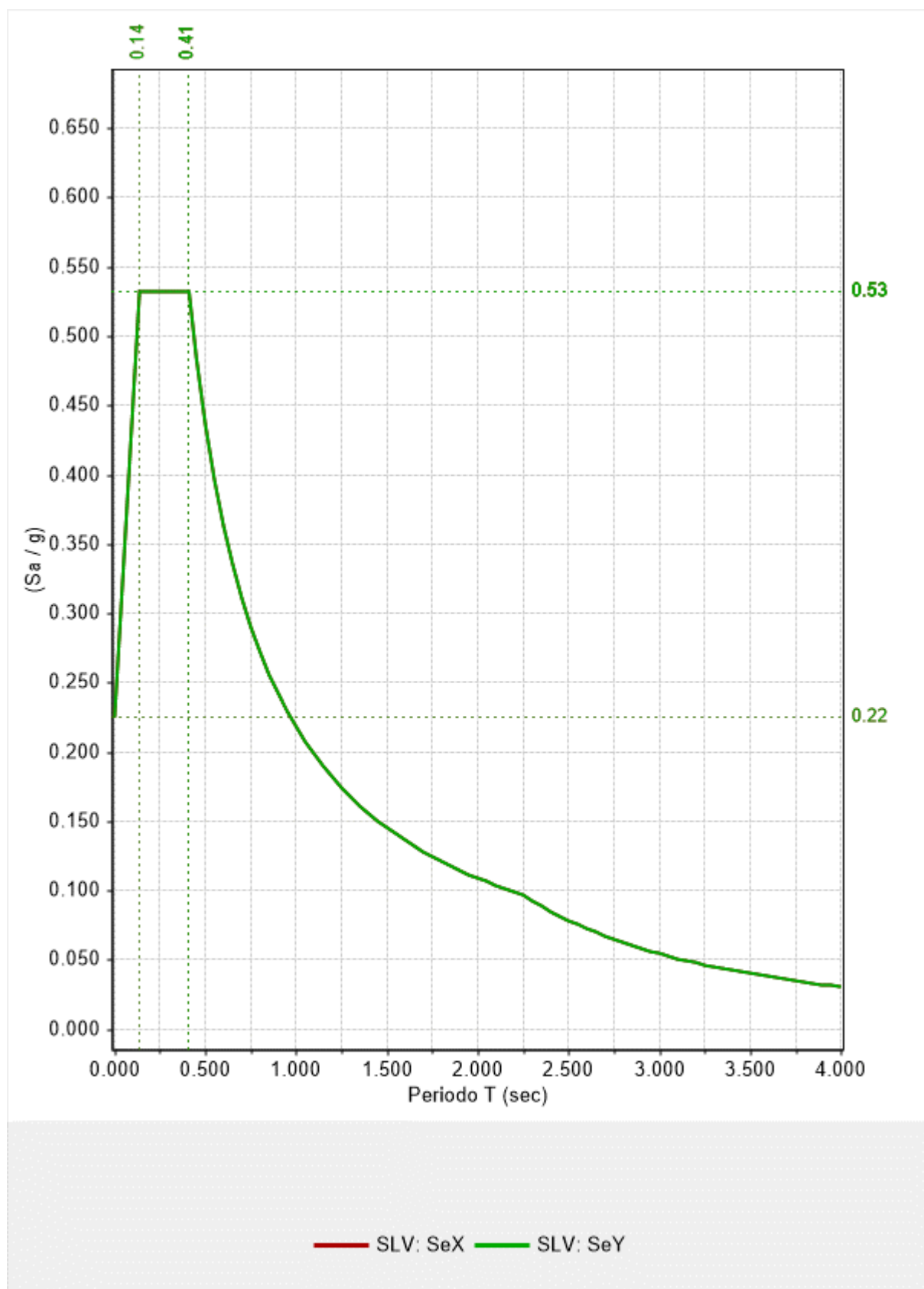
Categoria topografica: T1

Amplificazione stratigrafica

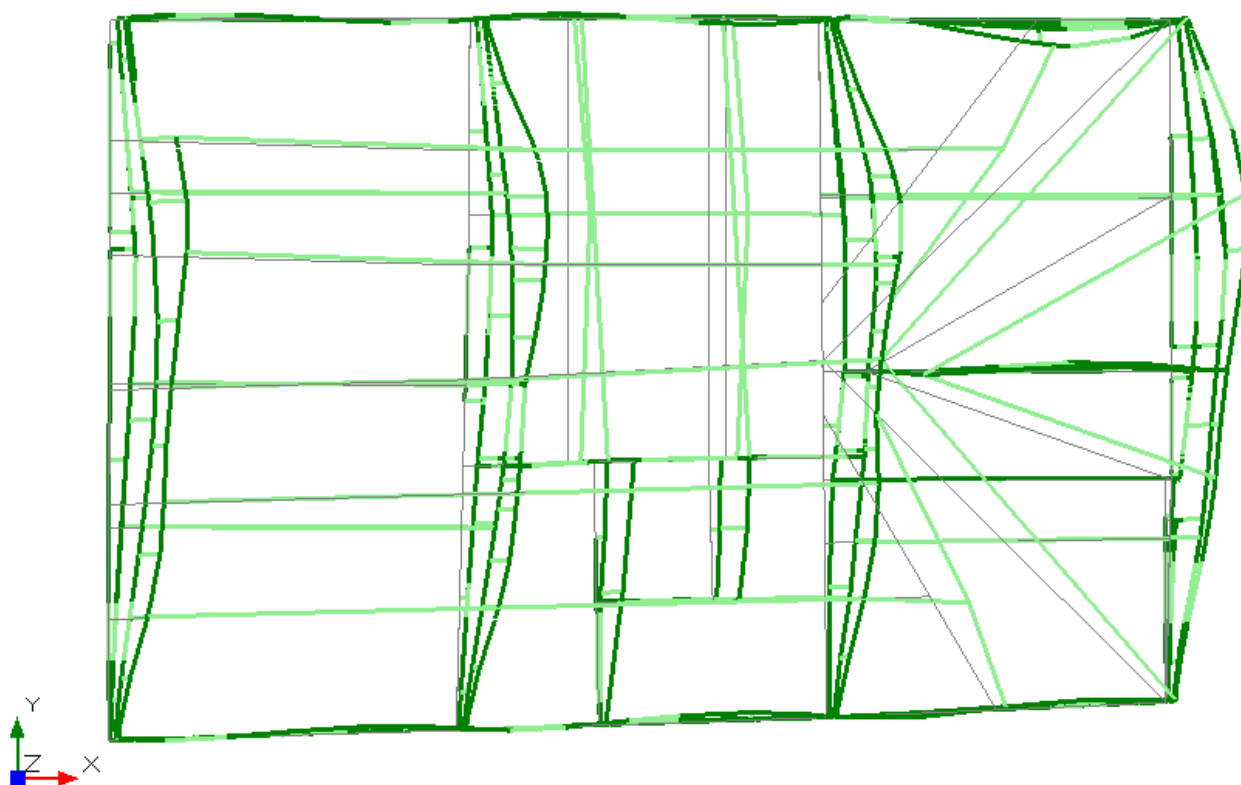
$S_s = 1,20$

Accelerazione di attacco allo spettro = 0,22g

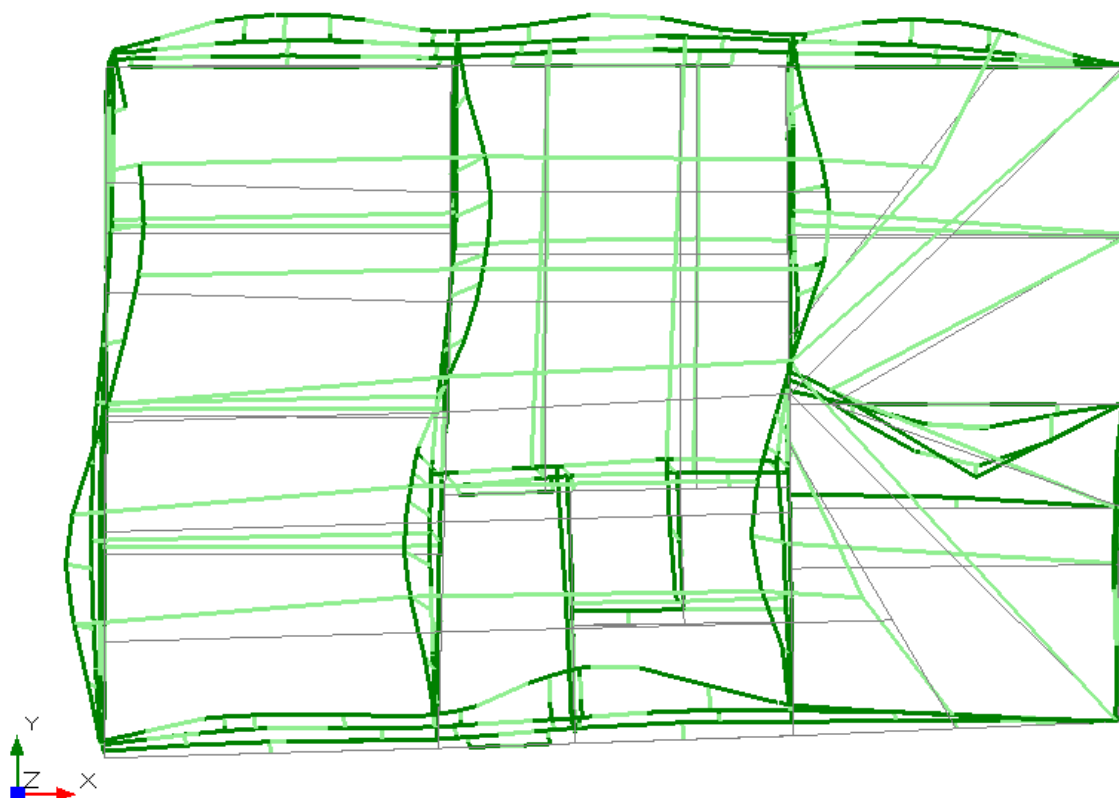
$A_{max} = 0,53$ g per zone di periodo comprese nel plateau.



Le valutazioni condotte in merito all'assunzione dell'input sismico sono coerenti con quanto indicato nella relazione geologico-geotecnica e sismica allegata al presente progetto.



Deformata modo principale 1 –Direzioe X - Massa partecipante 59%



Deformata modo principale 4 – Direzione Y - Massa partecipante 38%

Per i periodi propri di vibrazione della costruzione (in X = 0,307 sec, in Y = 0,221 sec) valutati secondo analisi modale, si può ritenere che la struttura possa essere interessata da valori di accelerazione massimi (pari a 0,53g) con riferimento alle componenti orizzontali dello spettro elastico allo SVL.

Trattandosi di edificio esistente in classe d'uso II in zona a bassa sismicità, le valutazioni e le verifiche in campo statico e sismico saranno condotte unicamente con riferimento allo SLV per la condizione sismica e allo SLU per eventuali valutazioni in campo statico.

I PRINCIPALI RISULTATI – LA STRUTTURA ESISTENTE

Per i risultati principali ottenuti si fa riferimento alla situazione statica SLU e sismica SLV delle murature ed alla condizione di verifica SLU degli elementi orizzontali portanti.

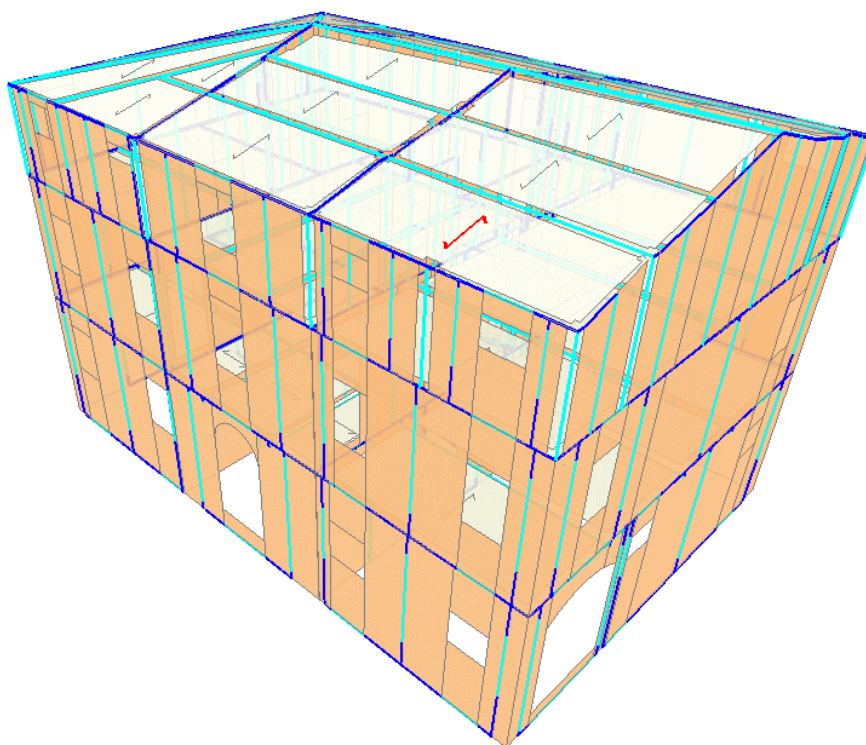
Di seguito si fornisce una breve descrizione del modello globale (modello a telaio equivalente) impiegato ai fini della verifica di sicurezza dell'edificio migliorato e del dimensionamento delle strutture di rinforzo.

Per l'edificio in oggetto vengono condotte analisi di tipo statico lineare (combinazioni SLU), statico non lineare (per analisi sismiche globali) e cinematiche lineari (meccanismi locali).

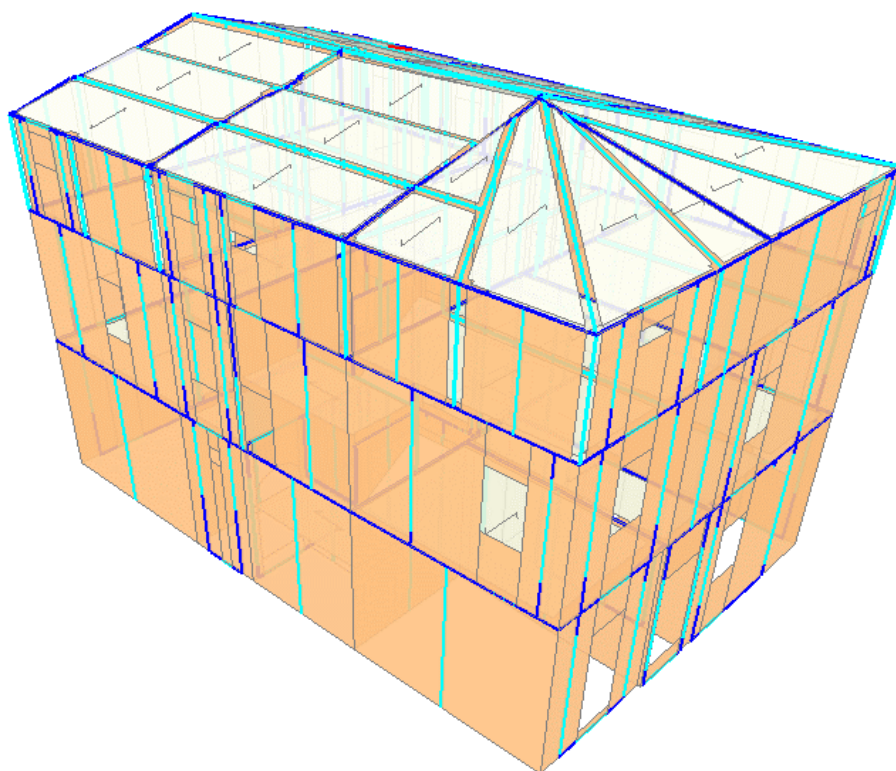
IPOSTESI DI MODELLAZIONE

- Fasce incastrate ai maschi ma prive di resistenza a trazione
- Assenza di piani rigidi;
- Tutte le travi sono considerate in appoggio semplice;
- Eccentricità minima: 1/200 dell'altezza;

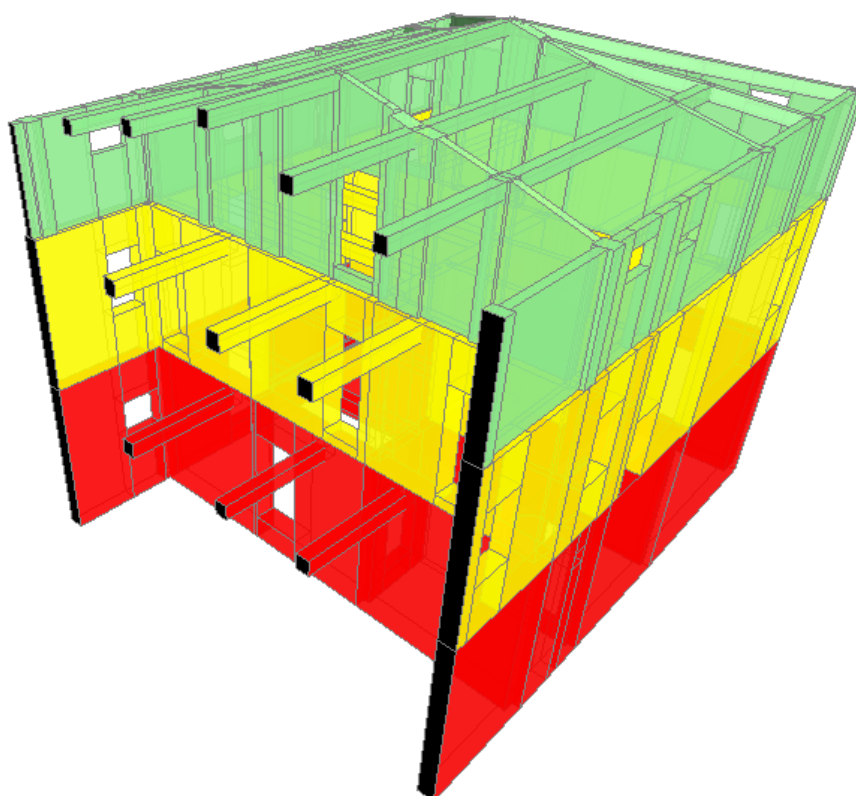
IL MODELLO DI ANALISI



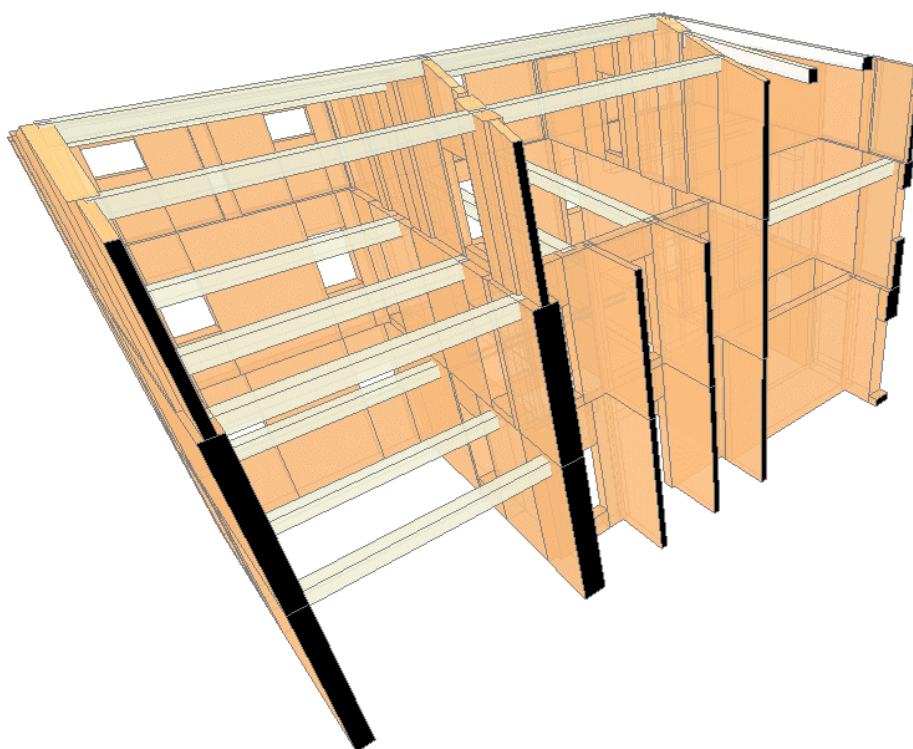
Il modello globale della struttura esistente – vista da nord est



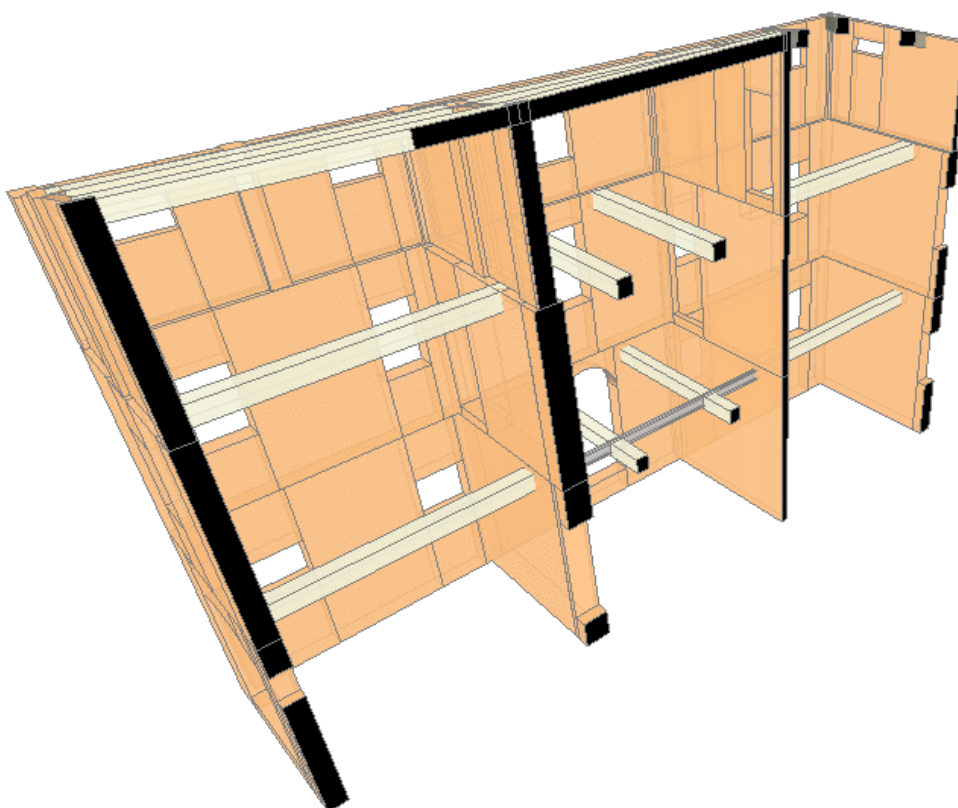
Il modello globale della struttura esistente – vista da sud ovest



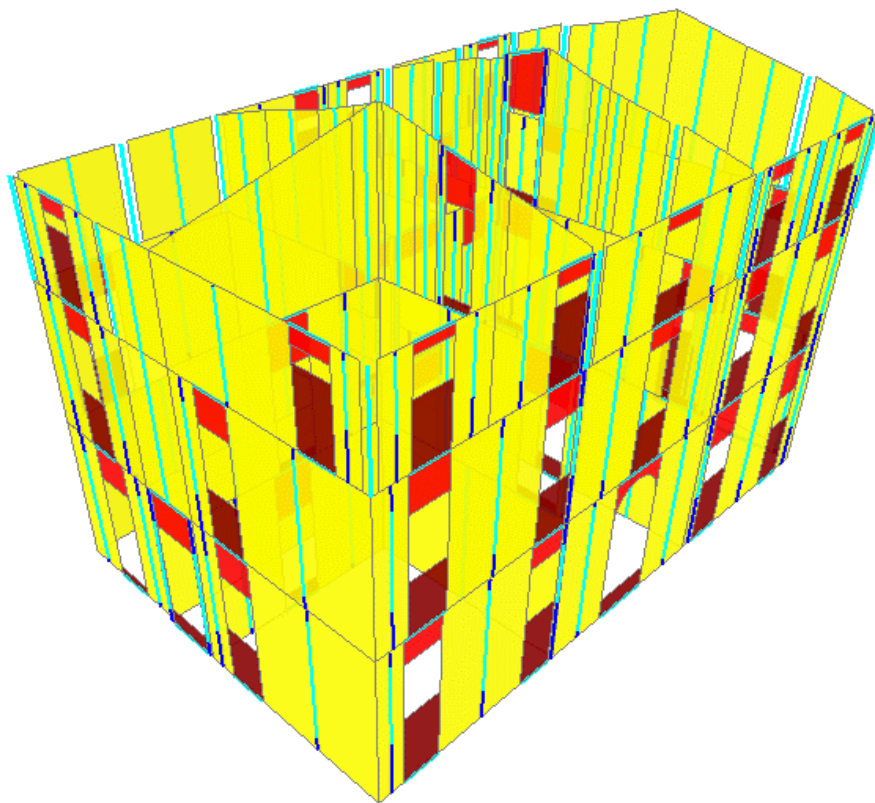
I livelli strutturali



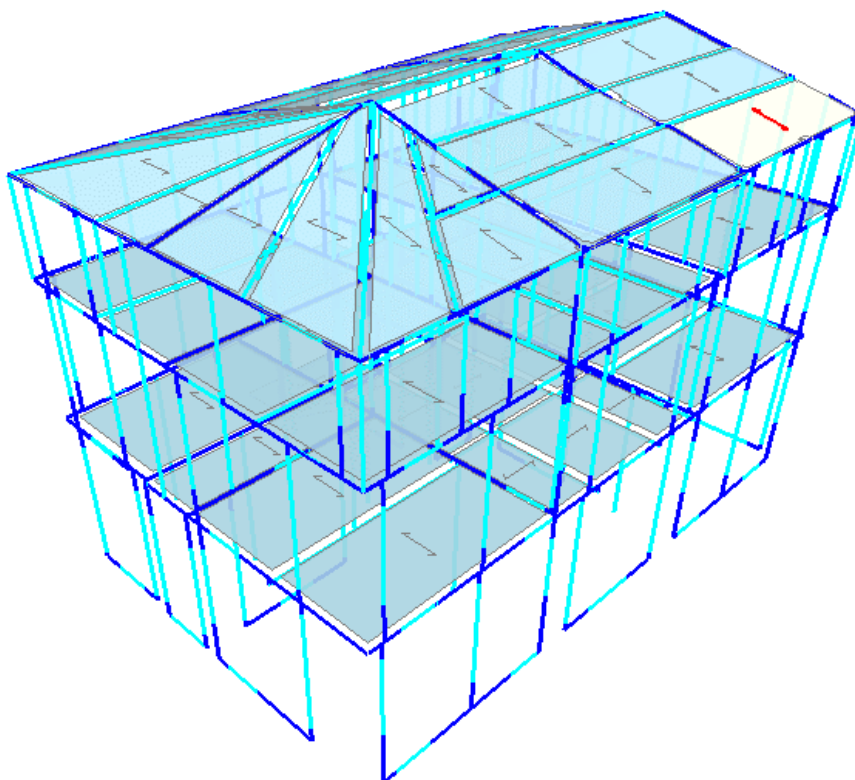
Lo schema delle travi interne e la zona ascensore



Lo schema delle travi interne



Il telaio equivalente tridimensionale – maschi in giallo – fasce in rosso



Il telaio equivalente tridimensionale e gli impalcati – in blu le zone rigide – in azzurro le zone flessibili

QUADRO DI VERIFICA DELLA STRUTTURA MURARIA ESISTENTE

Si propone un sintetico quadro di verifica per le diverse pareti principali della costruzione evidenziando le problematiche da risolvere in sede progettuale.

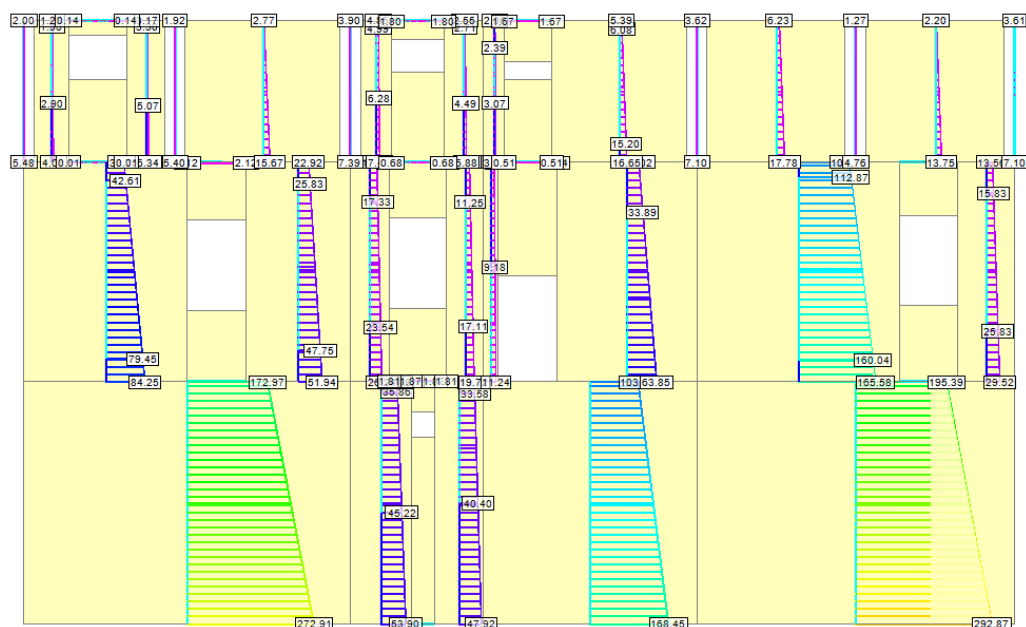
ANALISI STATICA SLU

Si riporta di seguito per le singole pareti principali il quadro di verifica complessiva a carichi verticali – SLU.

PARETE X01

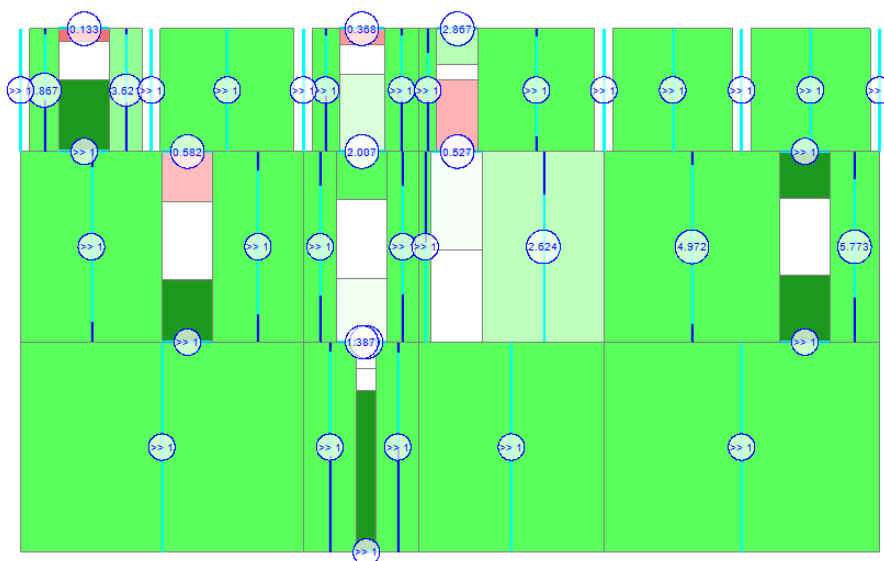
Sforzo normale N
kN (Valore assoluto)

- 0.00 - 34.83
- 34.83 - 69.67
- 69.67 - 104.50
- 104.50 - 139.34
- 139.34 - 174.17
- 174.17 - 209.00
- 209.00 - 243.84
- 243.84 - 278.67
- 278.67 - 313.51
- 313.51 - 348.34



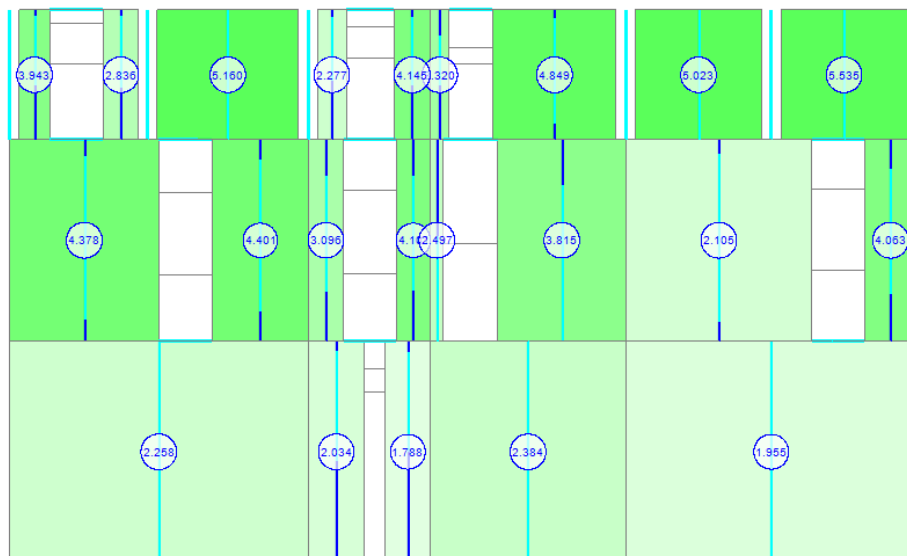
Sforzo normale (kN)

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



Verifica a pressoflessione nel piano

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica

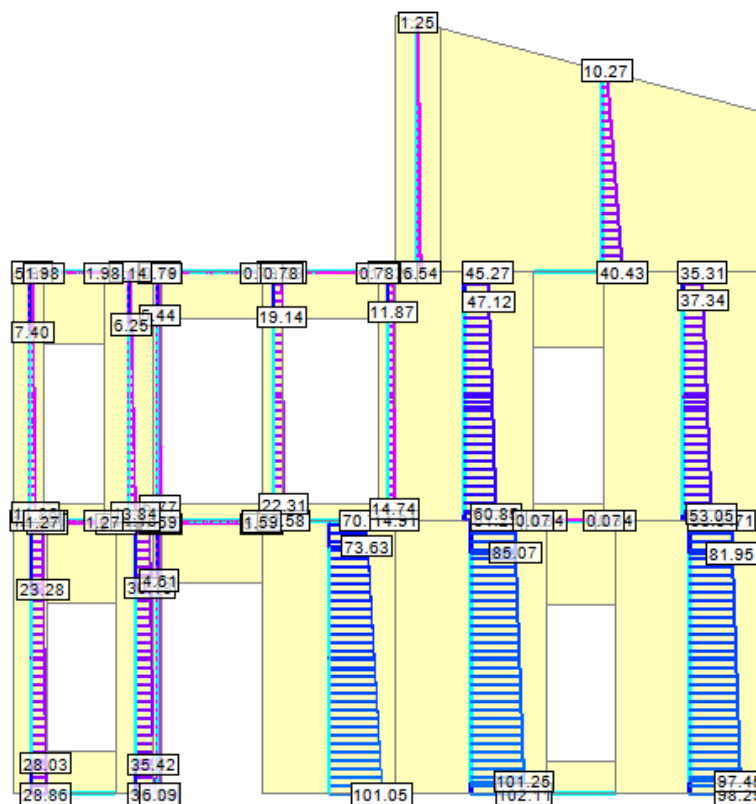


Verifica a pressoflessione fuori piano – metodo semplificato

PARETI X02b e X02C

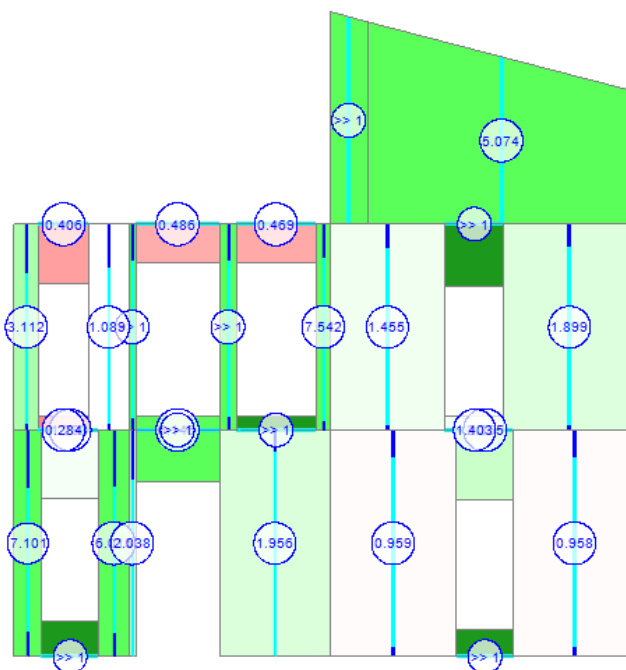
Sforzo normale N
kN(Valore assoluto)

- 0.00 - 34.83
- 34.83 - 69.67
- 69.67 - 104.50
- 104.50 - 139.34
- 139.34 - 174.17
- 174.17 - 209.00
- 209.00 - 243.84
- 243.84 - 278.67
- 278.67 - 313.51
- 313.51 - 348.34



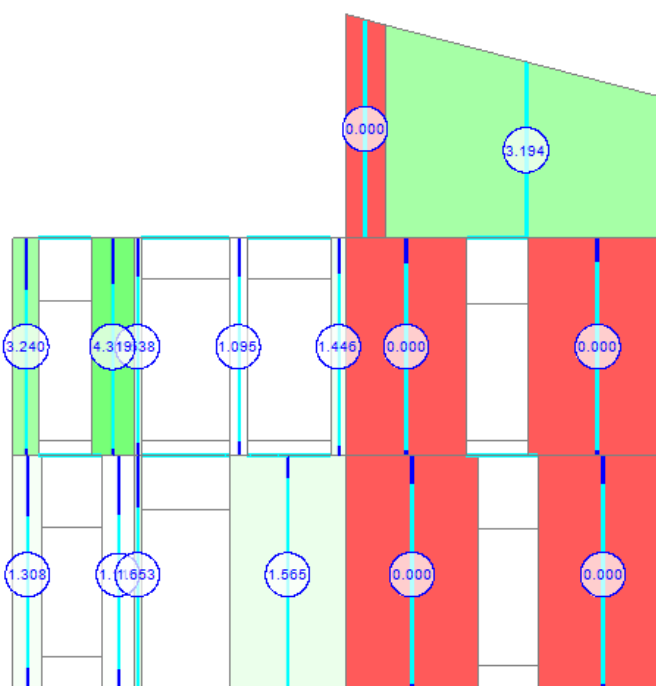
Sforzo normale (kN)

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



Verifica a pressoflessione nel piano

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



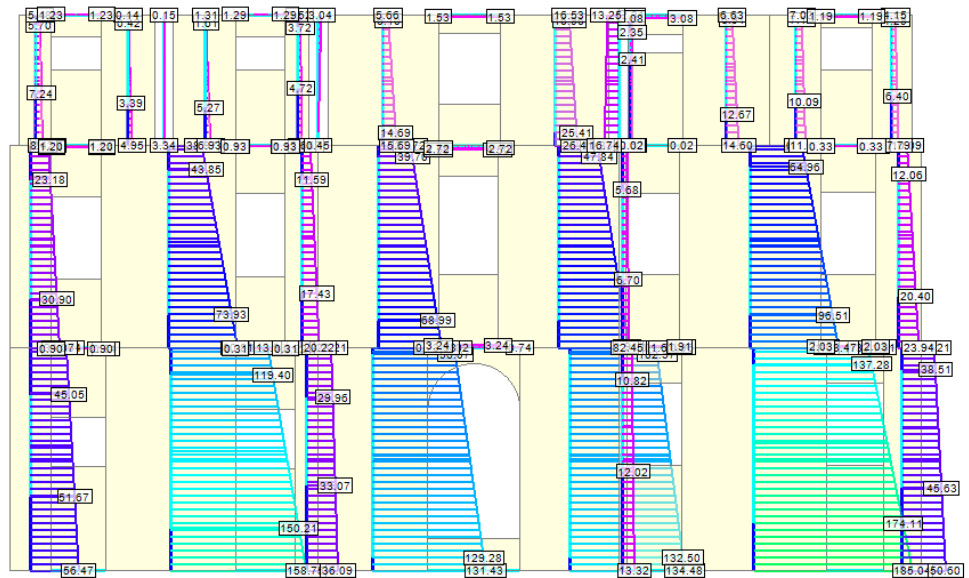
Verifica a pressoflessione fuori piano – metodo semplificato

PARETE X03

Sforzo normale N

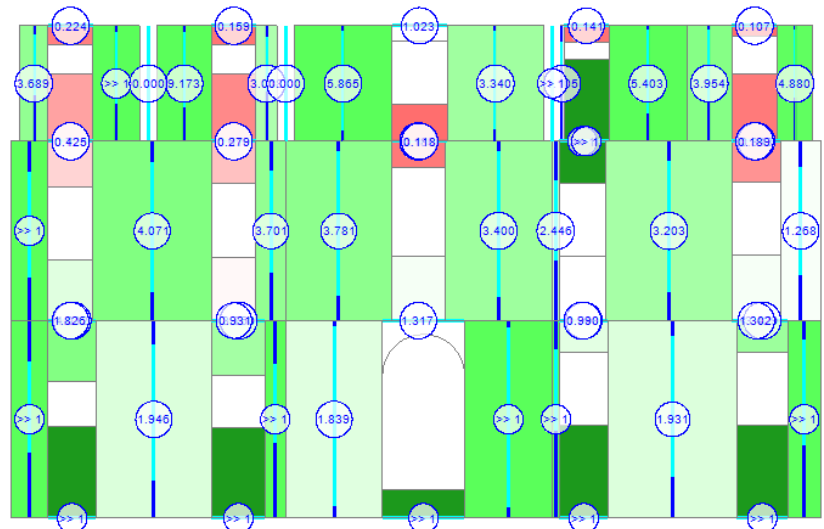
kN (Valore assoluto)

- 0.00 - 34.83
- 34.83 - 69.67
- 69.67 - 104.50
- 104.50 - 139.34
- 139.34 - 174.17
- 174.17 - 209.00
- 209.00 - 243.84
- 243.84 - 278.67
- 278.67 - 313.51
- 313.51 - 348.34



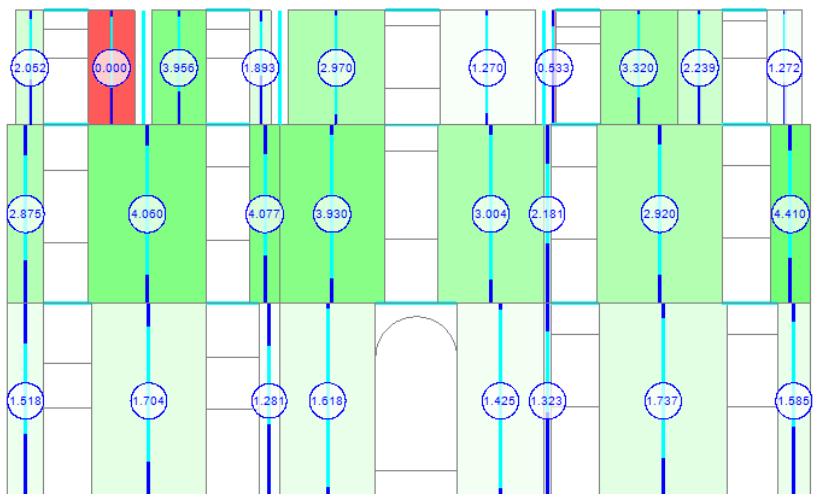
Sforzo normale (kN)

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



Verifica a pressoflessione nel piano

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



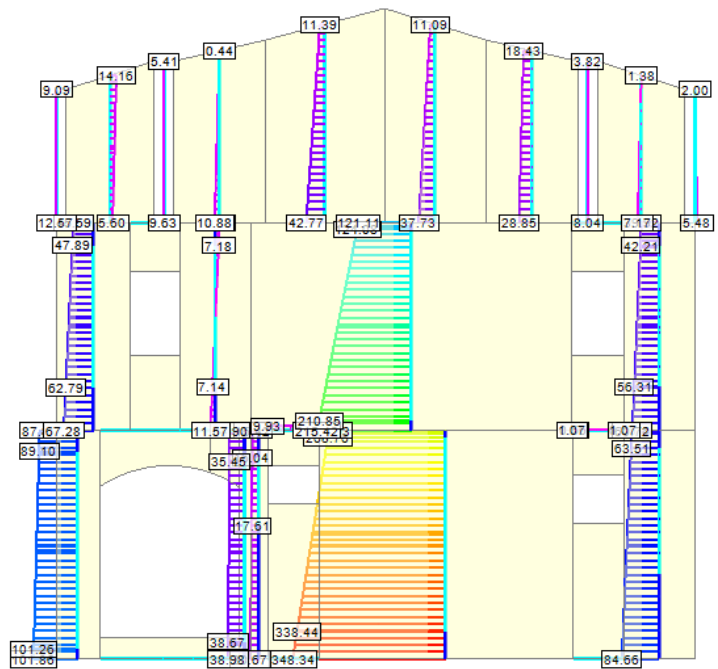
Verifica a pressoflessione fuori piano – metodo semplificato

PARETE Y01

Sforzo normale N

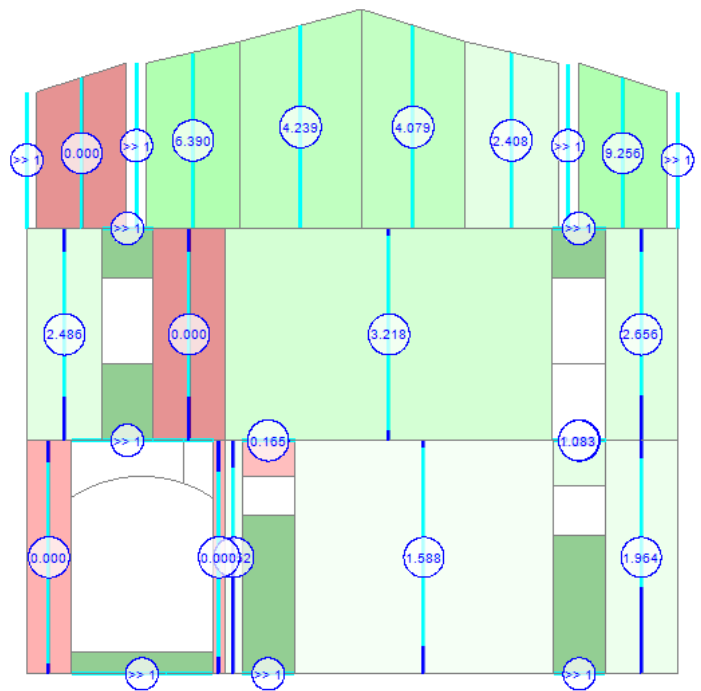
kN(Valore assoluto)

- 0.00 - 34.83
- 34.83 - 69.67
- 69.67 - 104.50
- 104.50 - 139.34
- 139.34 - 174.17
- 174.17 - 209.00
- 209.00 - 243.84
- 243.84 - 278.67
- 278.67 - 313.51
- 313.51 - 348.34



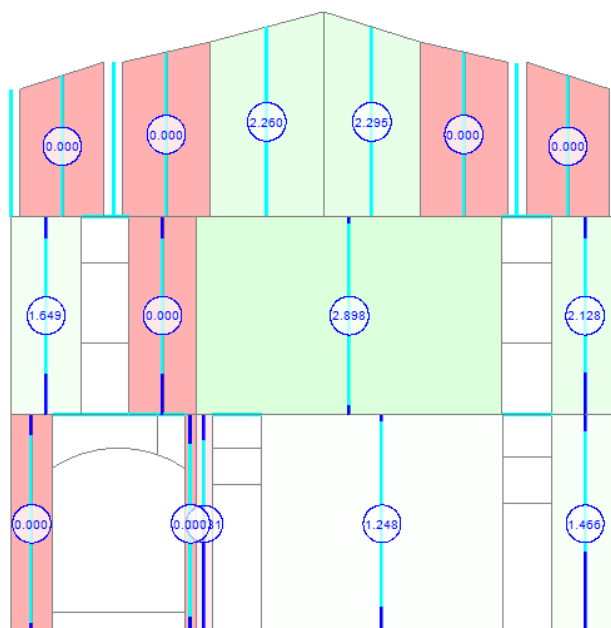
Sforzo normale (kN)

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



Verifica a pressoflessione nel piano

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



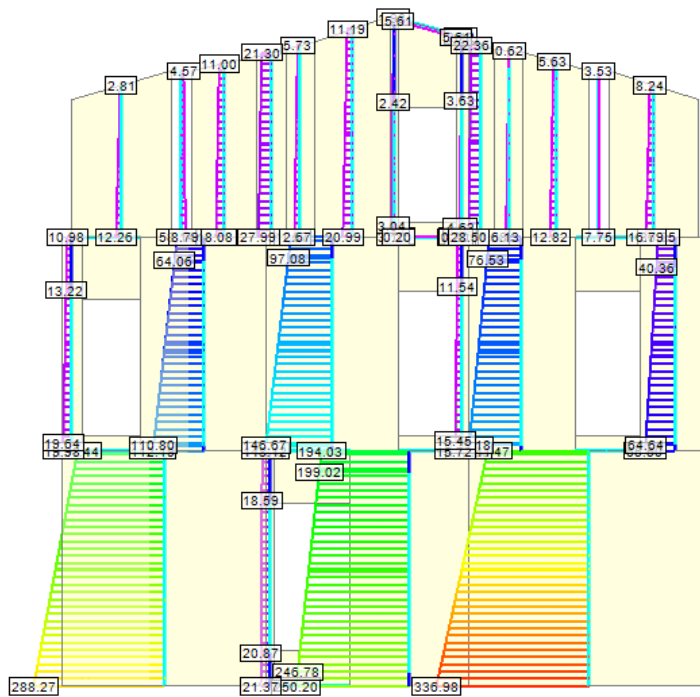
Verifica a pressoflessione fuori piano – metodo semplificato

PARETE Y02

Sforzo normale N

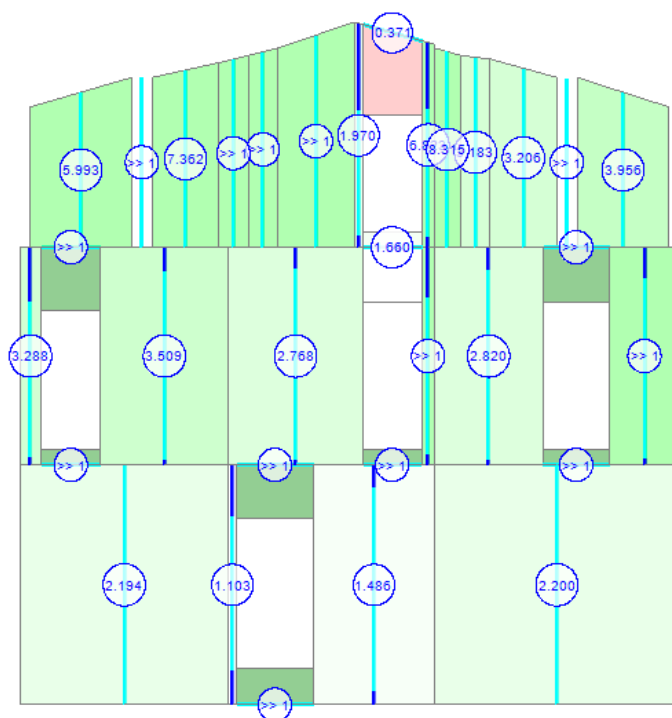
kN(Valore assoluto)

- 0.00 - 34.83
- 34.83 - 69.67
- 69.67 - 104.50
- 104.50 - 139.34
- 139.34 - 174.17
- 174.17 - 209.00
- 209.00 - 243.84
- 243.84 - 278.67
- 278.67 - 313.51
- 313.51 - 348.34



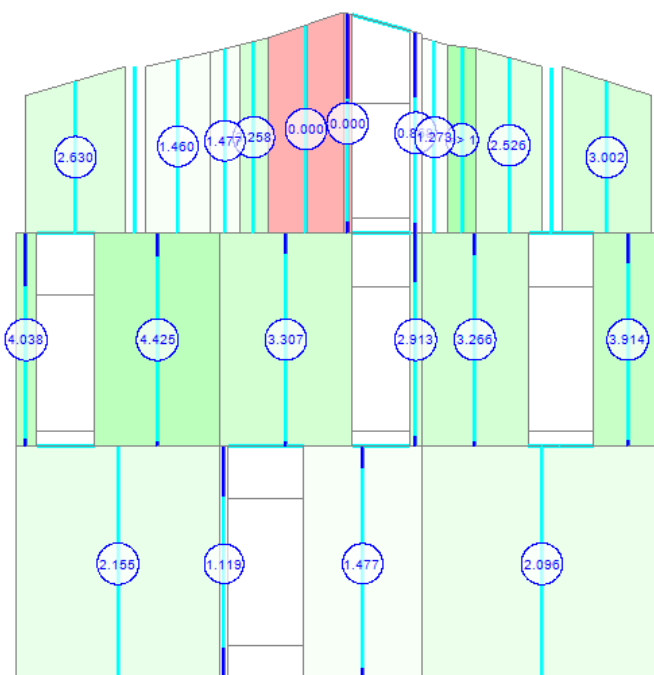
Sforzo normale (kN)

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



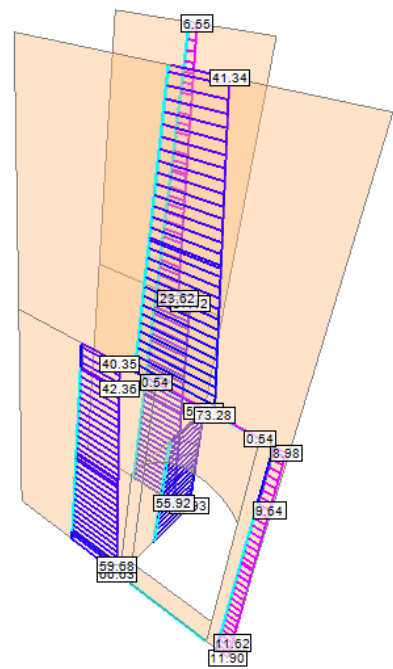
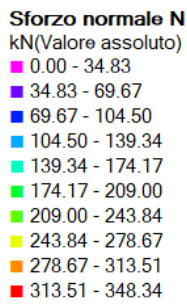
Verifica a pressoflessione nel piano

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica

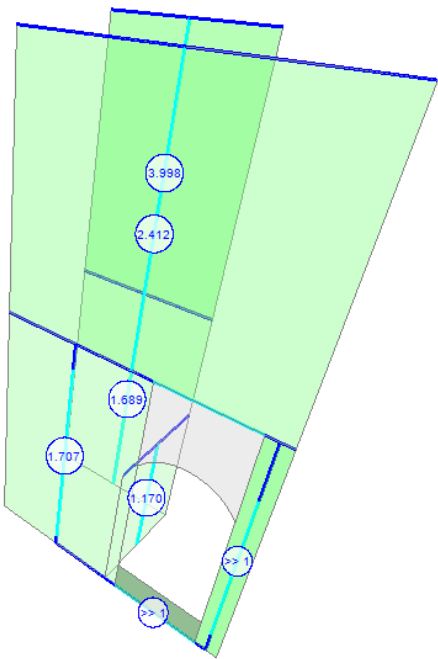
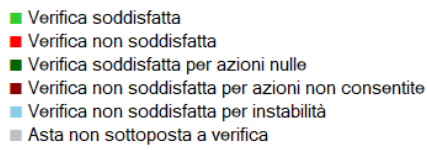


Verifica a pressoflessione fuori piano – metodo semplificato

PARETI DIR. Y – ZONA SCALA

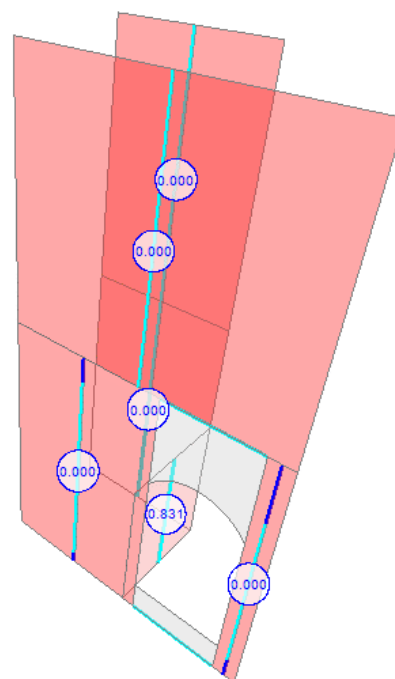


Sforzo normale (kN)



Verifica a pressoflessione nel piano

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica

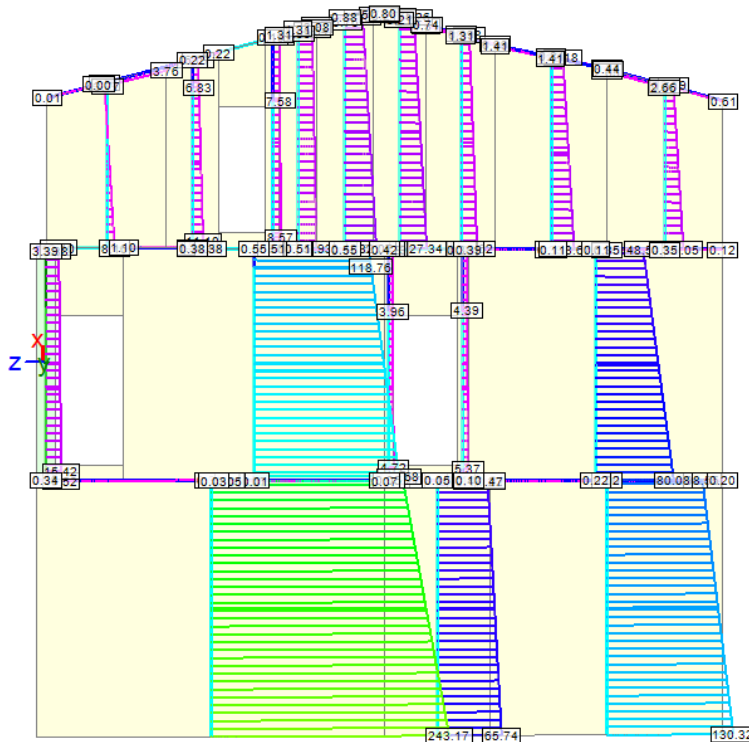


Verifica a pressoflessione fuori piano – metodo semplificato

PARETE Y04

Sforzo normale N
kN(Valore assoluto)

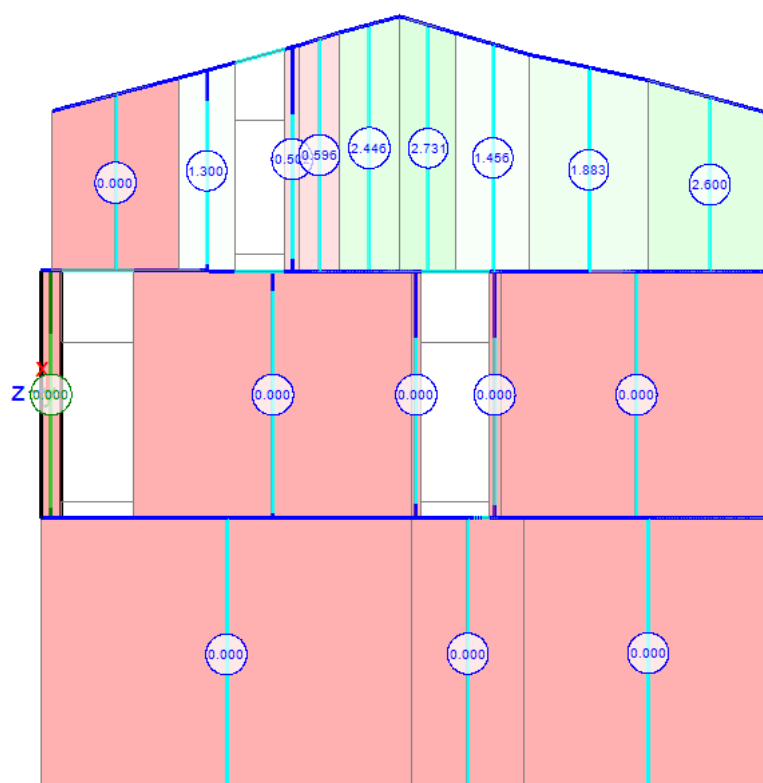
- 0.00 - 34.84
- 34.84 - 69.68
- 69.68 - 104.51
- 104.51 - 139.35
- 139.35 - 174.19
- 174.19 - 209.03
- 209.03 - 243.87
- 243.87 - 278.70
- 278.70 - 313.54
- 313.54 - 348.38



Sforzo normale (kN)

-
- The diagram illustrates a building cross-section with a fire protection system layout. Key components and their associated numerical values are as follows:
- Roof Section:**
 - Top center: 0.142
 - Left side: 9.850
 - Below 9.850: 1.067
 - Below 1.067: 5.88
 - Below 5.88: >> 1
 - Below >> 1: >> 1
 - Below >> 1: >> 1
 - Below >> 1: >> 1
 - Below >> 1: 3.235
 - Right side: 4.188
 - Wall Section (Left):**
 - Top left: >> 1
 - Below >> 1: 0.000 (marked with a red 'X')
 - Below 0.000: >> 1
 - Wall Section (Center):**
 - Top center: >> 1
 - Below >> 1: 1.200
 - Below 1.200: >> 1
 - Wall Section (Right):**
 - Top right: >> 1
 - Below >> 1: 1.314
 - Below 1.314: 1.494
 - Below 1.494: 2.180
 - Below 2.180: >> 1
 - Floor Section:**
 - Left side: 0.973
 - Center: 7.650
 - Right side: 1.224

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



pag. 45

STRUTTURA MURARIA ESISTENTE - ANALISI CINEMATICA LINEARE

Coefficiente di sicurezza sul materiale per analisi cinematica: 2,00

Si propongono di seguito alcuni dei principali meccanismi ipotizzabili per la struttura esistente valutati ipotizzando le reali condizioni di vincolo presenti tra pareti ortogonali e tra pareti e impalcati. Tale assunzione è ritenuta verosimile in quanto è vero che sono presenti caviglie di collegamento tra travi in legno e muratura ma le dimensioni ridotte dei capichiave fanno ritenere probabile un fenomeno di punzonamento della muratura oltre al fatto che tali elementi appaiono non adeguatamente tesati (e quindi privi di efficacia).

Ribaltamento del timpano centrale al sottotetto della parete su allineamento Y01

01. Y01_ribaltamento alto

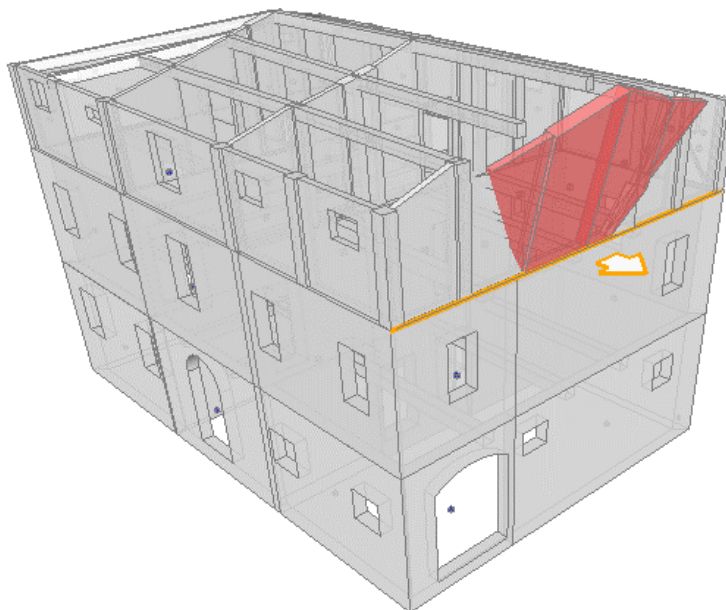
Ribaltamento semplice

$$\alpha_0 = 0.097$$

■ SLV

$$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.067 / 0.225 = 0.298$$

$$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 27 / 475 = 0.057$$



Ribaltamento della porzione di parete Y01 nell'ipotesi di collegamenti tra travi in legno e muratura scarsamente efficaci.

02. Y01_ribaltamento medio

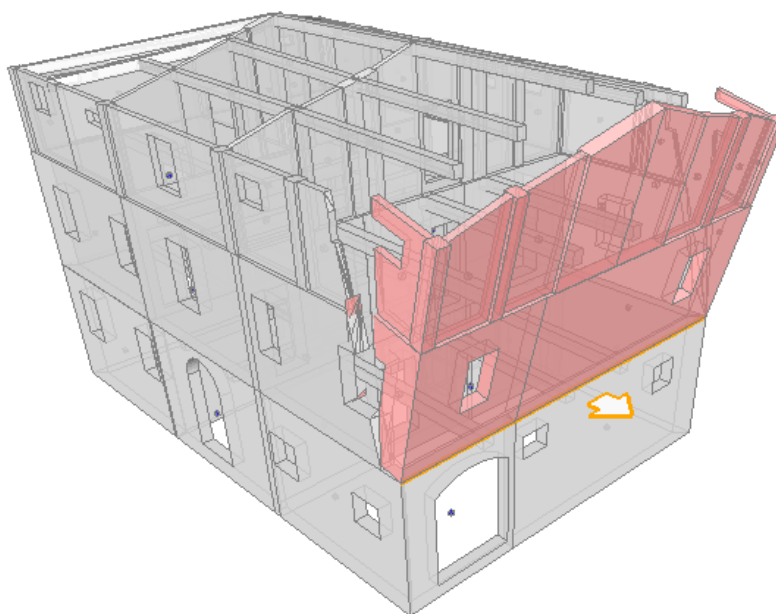
Ribaltamento semplice

$$\alpha_0 = 0.074$$

■ SLV

$$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.137 / 0.225 = 0.609$$

$$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 138 / 475 = 0.291$$



Ribaltamento dell'intera parete Y01 nell'ipotesi di collegamenti tra travi in legno e muratura scarsamente efficaci e nell'ipotesi di parziale collaborazione delle angolate.

03. Y01_ribaltamento completo

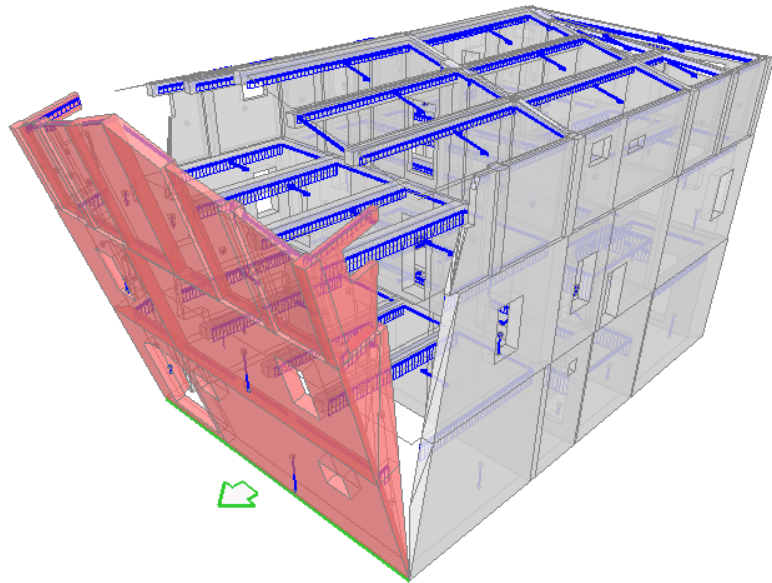
Ribaltamento semplice

$$\alpha_0 = 0.048$$

■ SLV

$$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.090 / 0.225 = 0.400$$

$$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 53 / 475 = 0.112$$



Ribaltamento della porzione superiore della parete 3X al sottotetto per assenza di collegamenti legno muratura e per scarso spessore della parete.

04. X03_Ribaltamento Alto

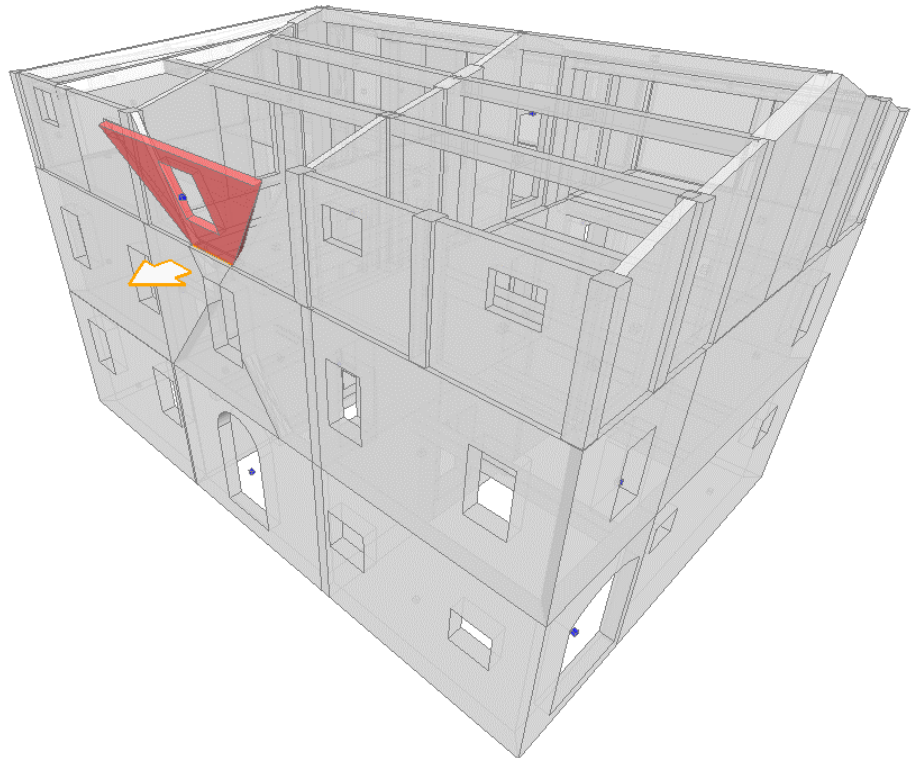
Ribaltamento semplice

$$\alpha_0 = 0.076$$

■ SLV

$$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.057 / 0.225 = 0.253$$

$$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 18 / 475 = 0.038$$



Ribaltamento della media parete alta 3X da piano primo al sottotetto per assenza di collegamenti legno muratura e per effetto della debolezza a taglio della parete.

05. X03_Ribaltamento medio

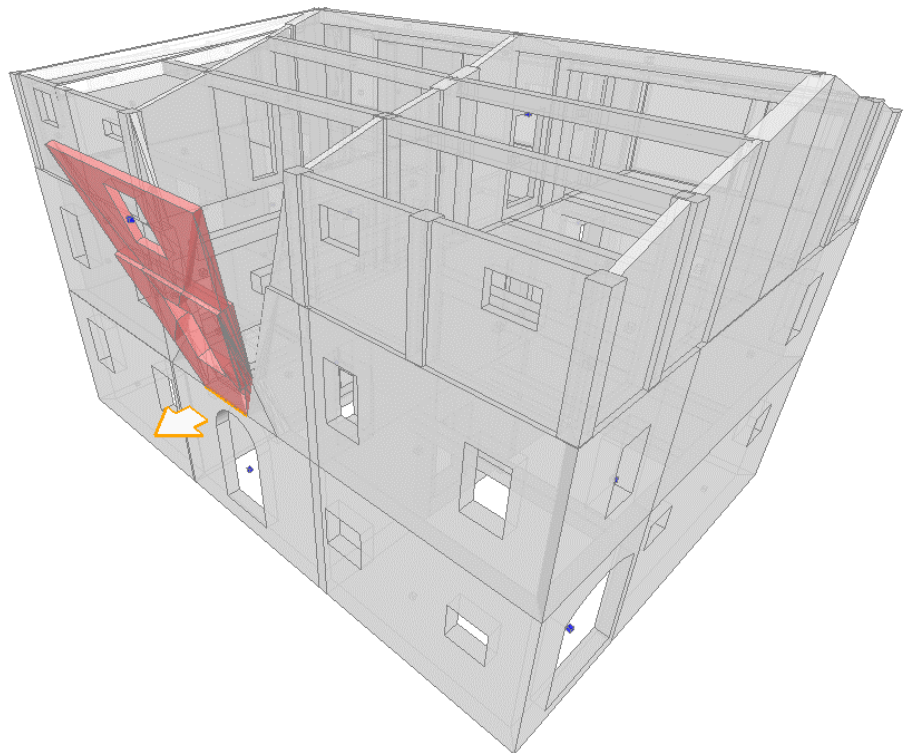
Ribaltamento semplice

$\alpha_0 = 0.061$

■ SLV

$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.112 / 0.225 = 0.498$

$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 88 / 475 = 0.185$



Ribaltamento della parete alta Y5 al sottotetto per assenza di collegamenti legno muratura e mancanza di cordolature efficaci in testa.

06. Y05_ribaltamento

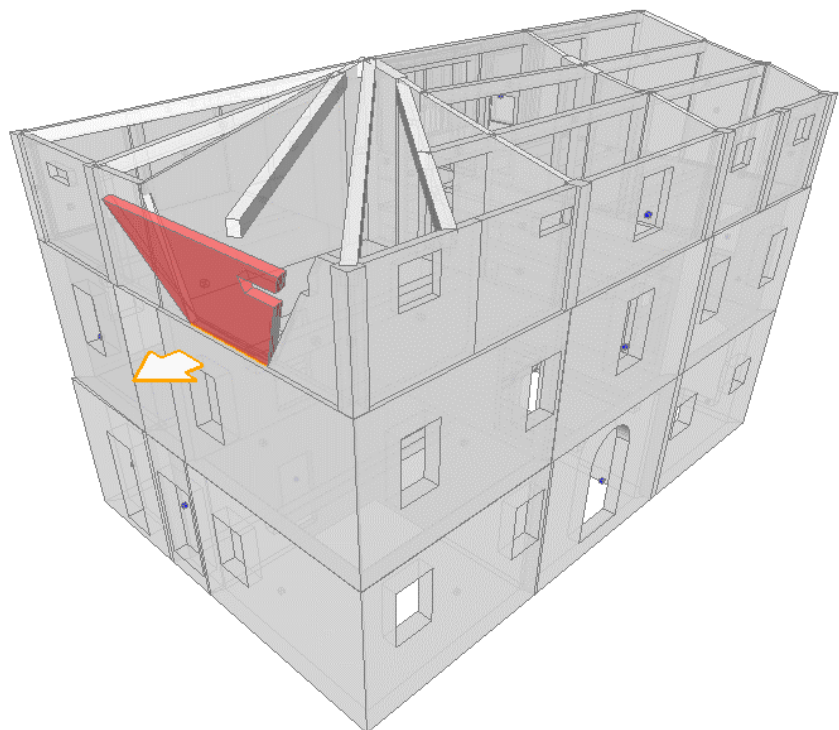
Ribaltamento semplice

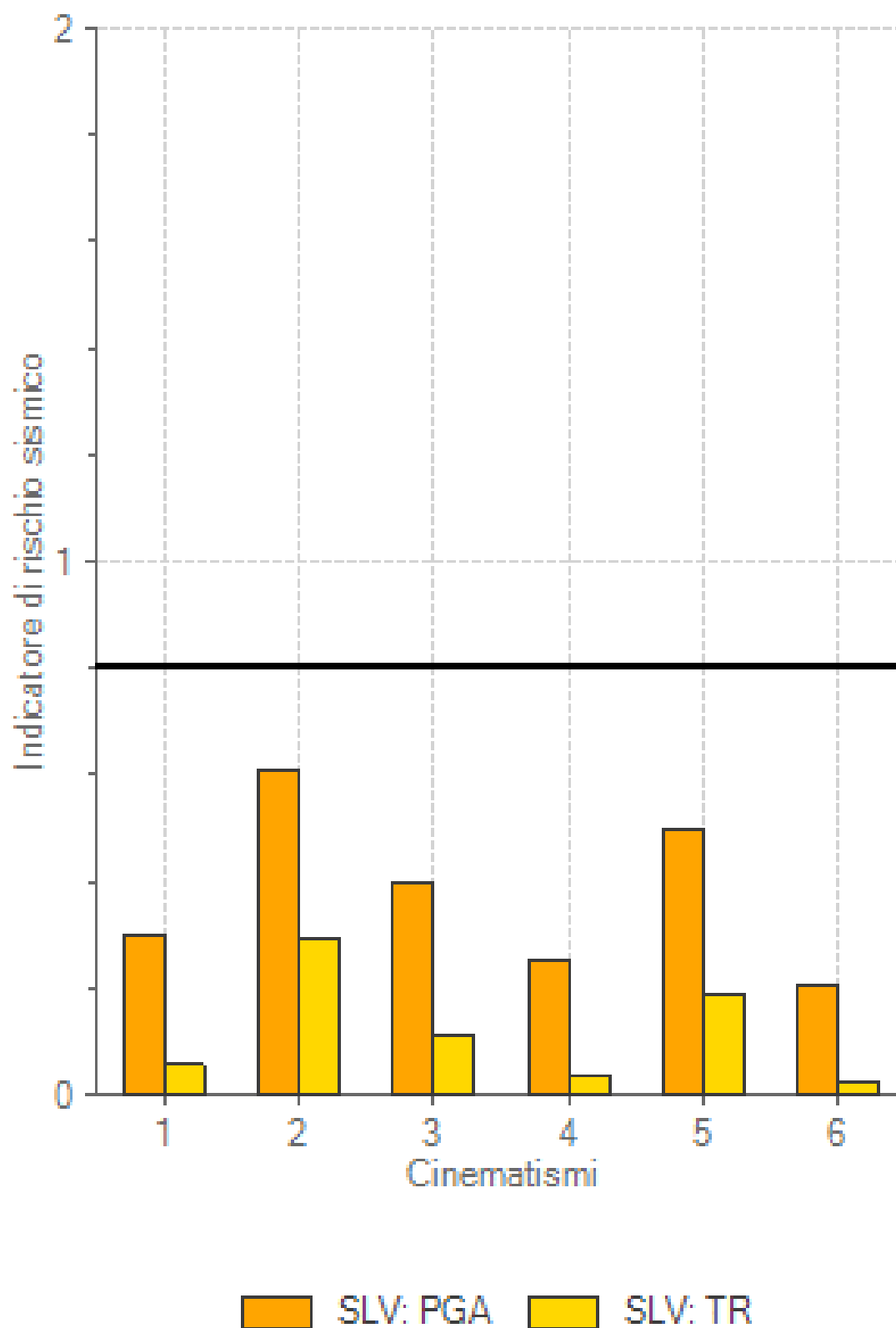
$\alpha_0 = 0.066$

■ SLV

$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.046 / 0.225 = 0.204$

$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 11 / 475 = 0.023$





Questo il quadro di verifica della sicurezza sismica per meccanismi possibili fuori piano

SINTESI RISULTATI ANALISI CINEMATICA LINEARE

Risultati dei cinematismi analizzati:

n.	α_0	PGA,CLD /PGA,DLD	TR,CLD /TR,DLD	PGA,CLV /PGA,DLV	TR,CLV /TR,DLV
1	0.097	0.374	0.100	0.298	0.057
2	0.074	0.770	0.540	0.609	0.291
3	0.048	0.510	0.220	0.400	0.112
4	0.076	0.328	0.080	0.253	0.038
5	0.061	0.634	0.360	0.498	0.185
6	0.066	0.260	0.040	0.204	0.023

n. = numero consecutivo del cinematismo

α_0 = moltiplicatore di collasso

PGA,CLD / PGA,DLD = ζ, E, SLD, PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLD

TR,CLD / TR,DLD = ζ, E, SLD, TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per SLD

PGA,CLV / PGA,DLV = ζ, E, SLV, PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLV

TR,CLV / TR,DLV = ζ, E, SLV, TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per SLV

Secondo All.A al D.M.14.1.2008, si considerano valori di TR compresi nell'intervallo [30,2475] anni. Se $TR > 2475$ si pone $TR = 2475$.

Se $TR < 30$, con riferimento al Programma di ricerca DPC-ReLUIIS (Unità di Ricerca CNR-ITC)

si adotta un'estrapolazione mediante una regressione sui tre valori di hazard $ag(30)$, $ag(50)$ e $ag(75)$,

effettuata con la funzione di potenza: $ag(TR) = k \cdot TR^\alpha$.

Per il sito in esame risulta: $K = 0.011851460$, $\alpha = 0.430388690$

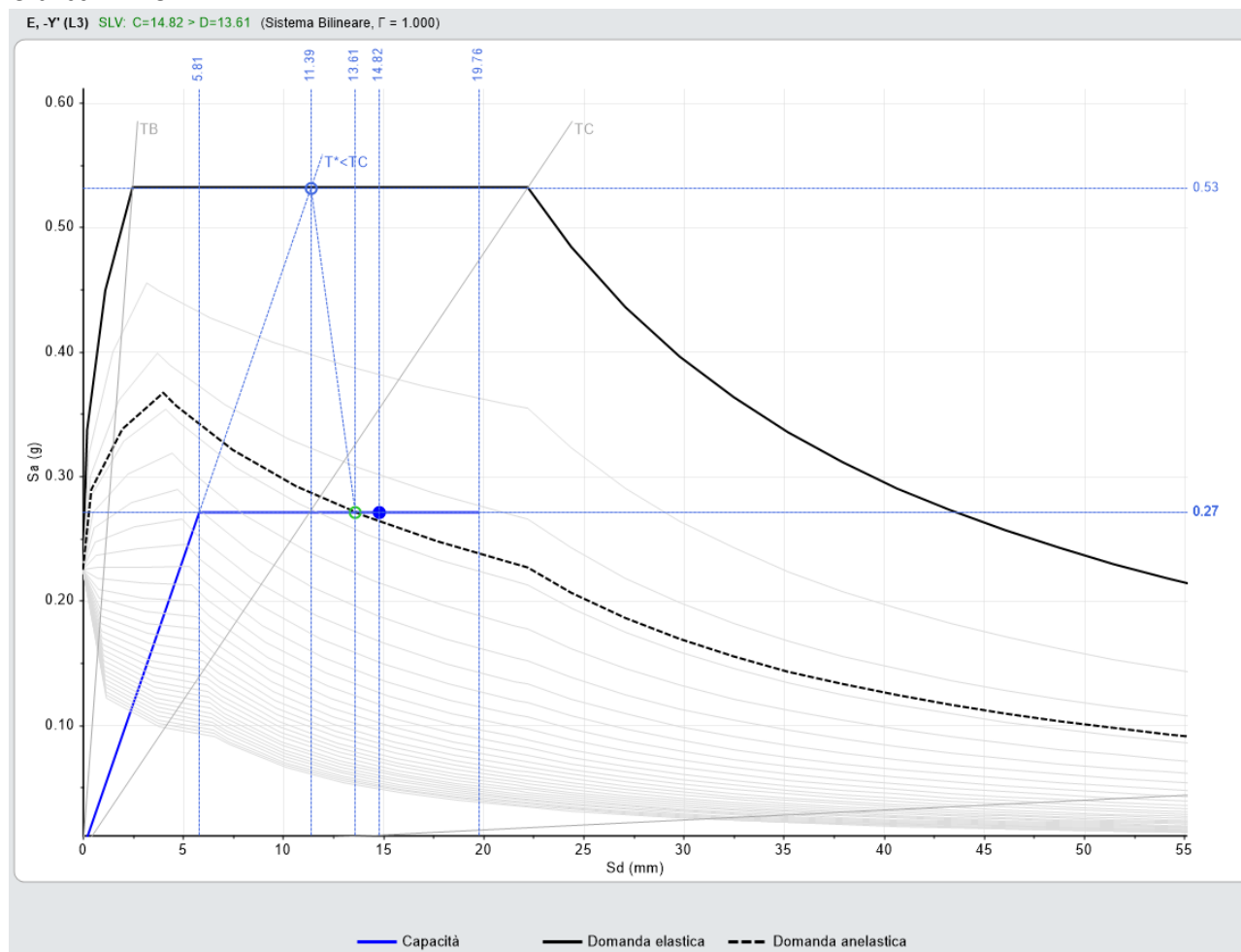
Per l'Indicatore di Rischio Sismico in termini di TR si ha quindi un limite massimo pari a:

SLD: $(2475/TR, DLD) = 49.500$

SLV: $(2475/TR, DLV) = 5.211$

Curve senza combinazione verticale

Grafico ADRS



RIEPILOGO COMPLESSIVO DEI RISULTATI PER EDIFICIO ESISTENTE

Indice di sicurezza sismica massimo per azioni nel piano: 0,511

Indice di sicurezza sismica massimo per azioni fuori piano: 0,204

Indice di sicurezza per azioni statiche < 1,00 – edificio staticamente non adeguato - murature

Indice di sicurezza per azioni statiche < 1,00 – edificio staticamente non adeguato – strutture orizzontali

Indice di sicurezza per azioni statiche < 1,00 – edificio staticamente non adeguato – strutture di fondazione

L'edificio – per un uso adeguato con cambiamento di destinazione d'uso – richiede opere di rinforzo statico (fondazioni, solai, copertura) e sismico per definire un intervento di miglioramento sismico (necessario in caso di cambiamento di destinazione d'uso con incremento dei carichi).

I PRINCIPALI RISULTATI – LA STRUTTURA RINFORZATA

Per la struttura rinforzata secondo le modalità indicate negli elaborati grafici di progetto, i risultati principali ottenuti faranno riferimento alla situazione statica SLU e sismica SLV delle murature ed alla condizione di verifica SLU degli elementi orizzontali portanti.

Di seguito si fornisce una breve descrizione del modello globale (modello a telaio equivalente) impiegato ai fini della verifica di sicurezza dell'edificio migliorato e del dimensionamento delle strutture di rinforzo.

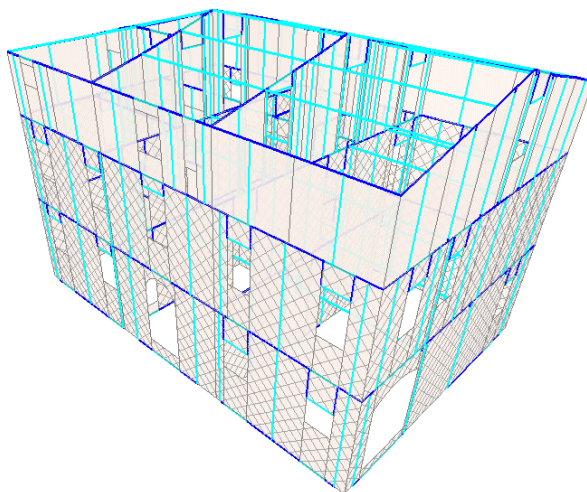
Per l'edificio in oggetto vengono condotte analisi di tipo statico lineare (combinazioni SLU), statico non lineare (per analisi sismiche globali) e cinematiche lineari (meccanismi locali).

IPOTESI DI MODELLAZIONE

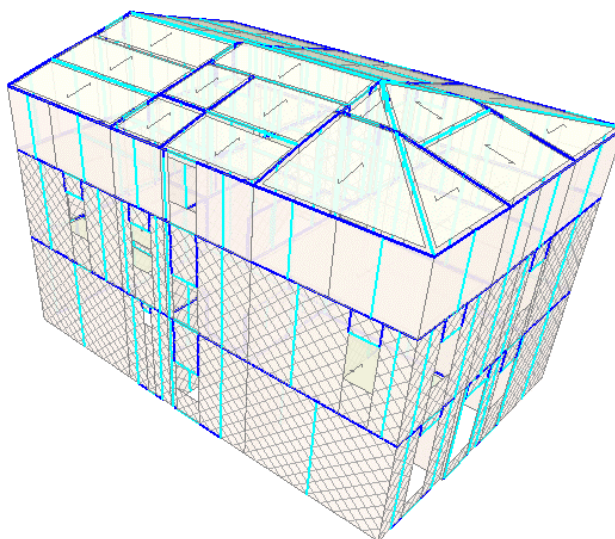
- Fasce incastrate ai maschi con elementi di rinforzo in grado di assorbire trazione per flessione
- Presenza di piani rigidi;
- Tutte le travi sono considerate in appoggio semplice;
- Eccentricità minima: 1/200 dell'altezza;

IL MODELLO DI ANALISI

IL MODELLO DI ANALISI

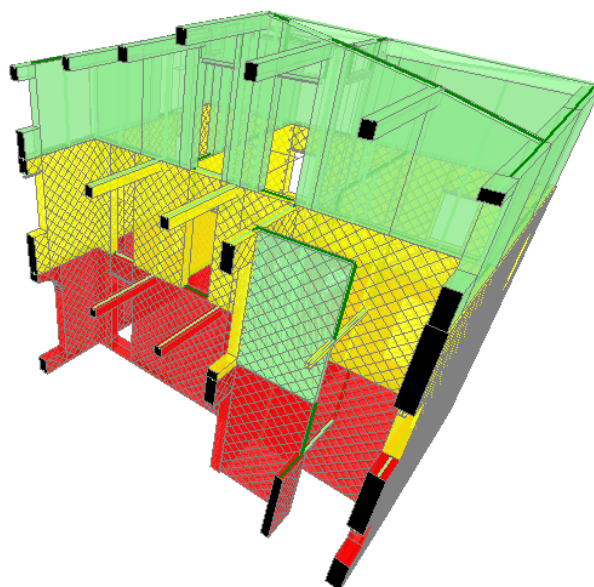


Il modello globale della struttura rinforzata – vista da nord est

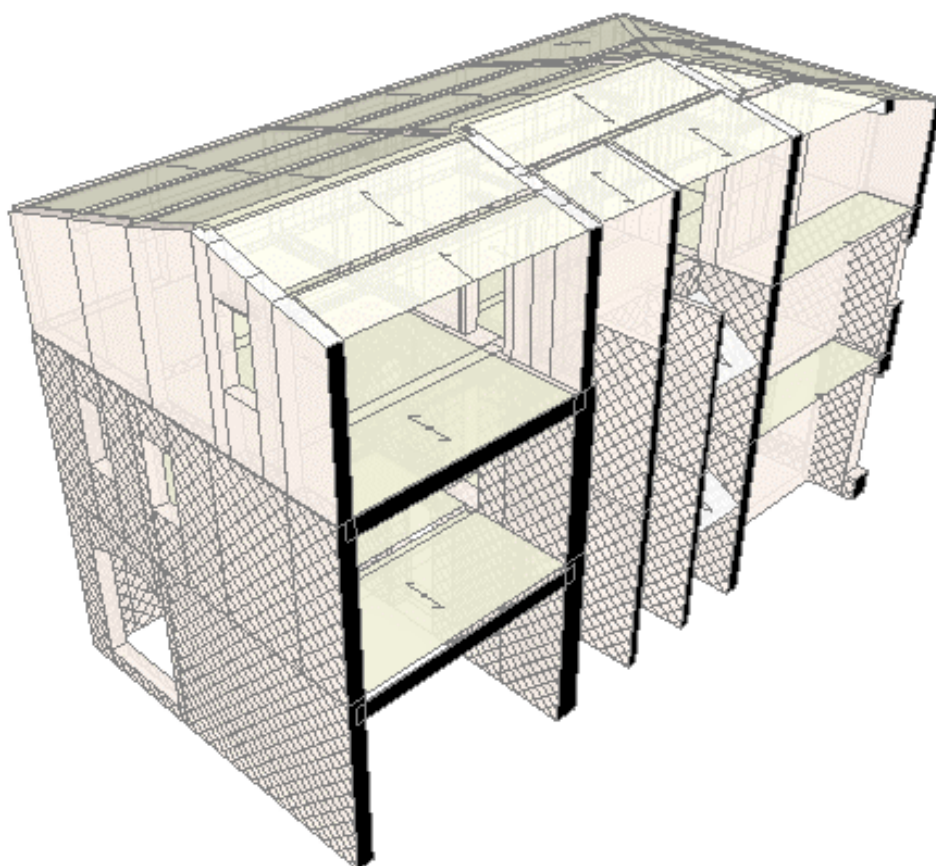


Il modello globale della struttura rinforzata – vista da sud ovest

- Fondazione
- Piano 1
- Piano 2
- Piano 3

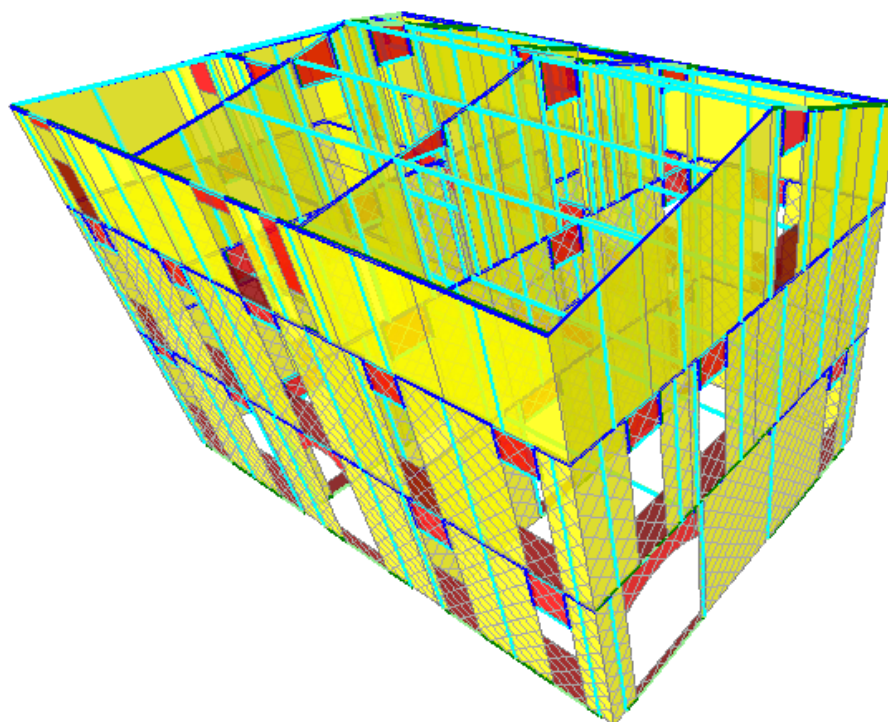


I livelli strutturali

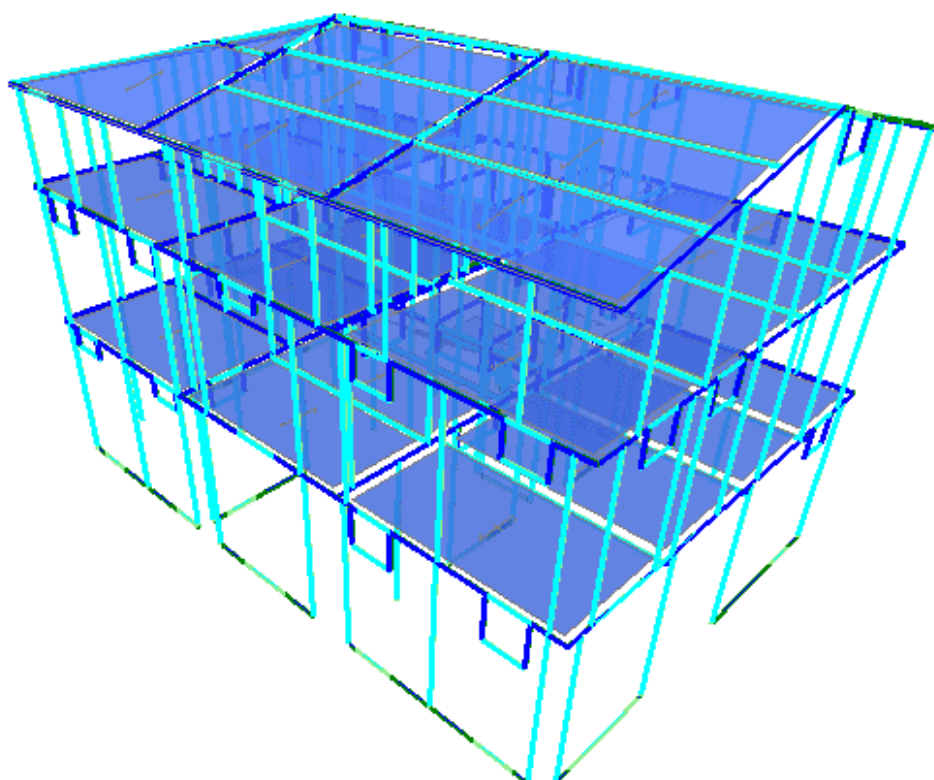


Lo schema delle travi interne e la zona ascensore

- Maschio
- Striscia
- Sottofinestra
- Colonna
- Trave
- Blocco
- Asta generica

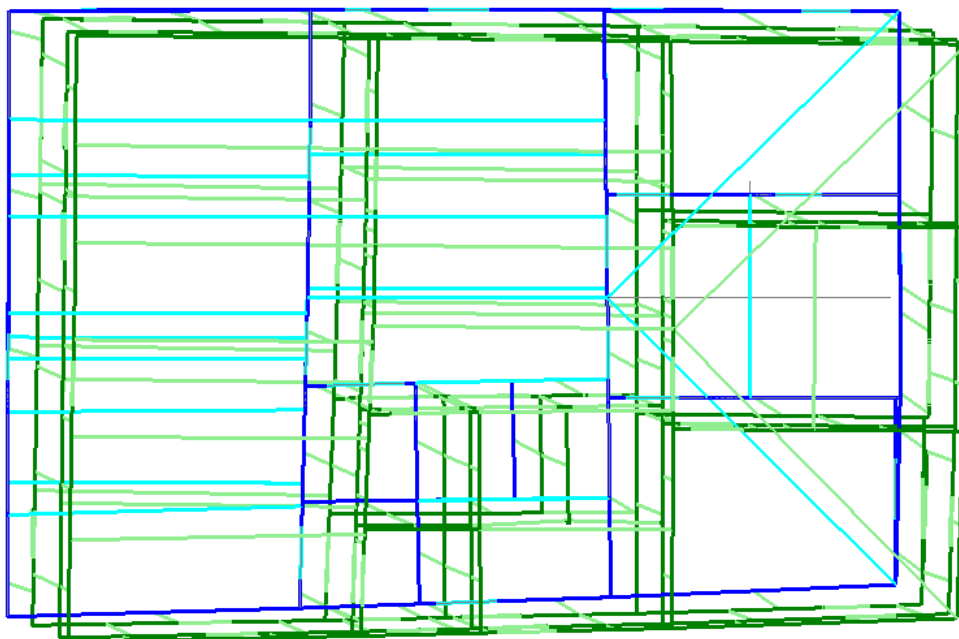


Il telaio equivalente tridimensionale – maschi in giallo – fasce in rosso

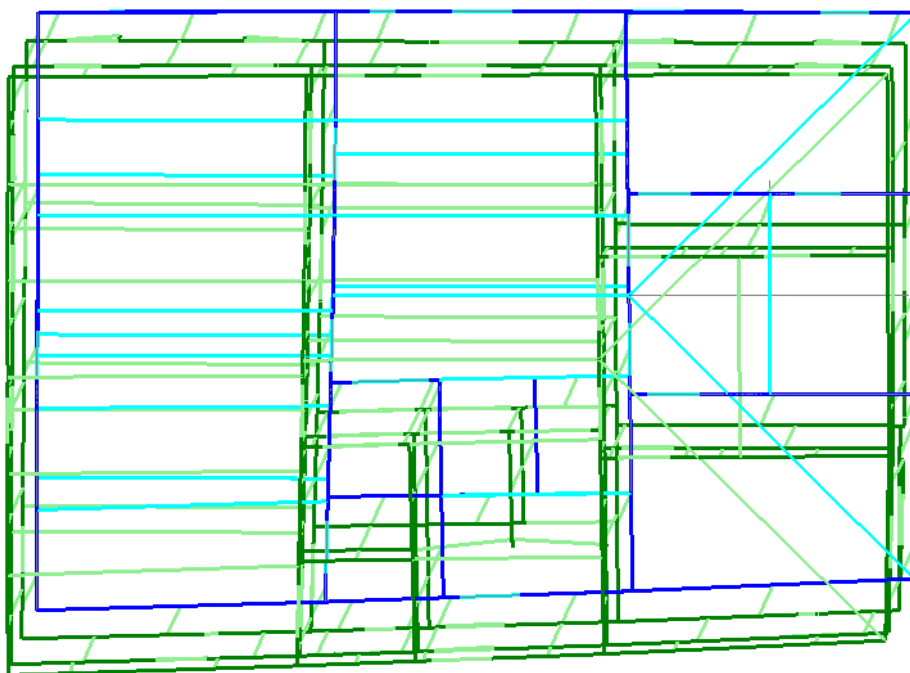


Il telaio equivalente tridimensionale e gli impalcati – in blu le zone rigide – in azzurro le zone flessibili

IL COMPORTAMENTO DINAMICO DELLA STRUTTURA RINFORZATA



Deformata modo principale 1 – Direzione X - Massa partecipante 74%



Deformata modo principale 2 – Direzione Y - Massa partecipante 75%

I periodi propri di vibrazione della costruzione si modificano (in X = 0,177 sec, in Y = 0,171 sec) valutati secondo analisi modale; si può ritenere che la struttura – nonostante una riduzione del periodo mantiene la propria risposta esposta a valori di accelerazione massimi (pari a 0,52-0,53g) con riferimento alle componenti orizzontali dello spettro elastico allo SVL.

Trattandosi di edificio esistente in classe d'uso II in zona a bassa sismicità, anche per la struttura rinforzata le valutazioni e le verifiche in campo statico e sismico saranno condotte unicamente con riferimento allo SLV per la condizione sismica e allo SLU in campo statico.

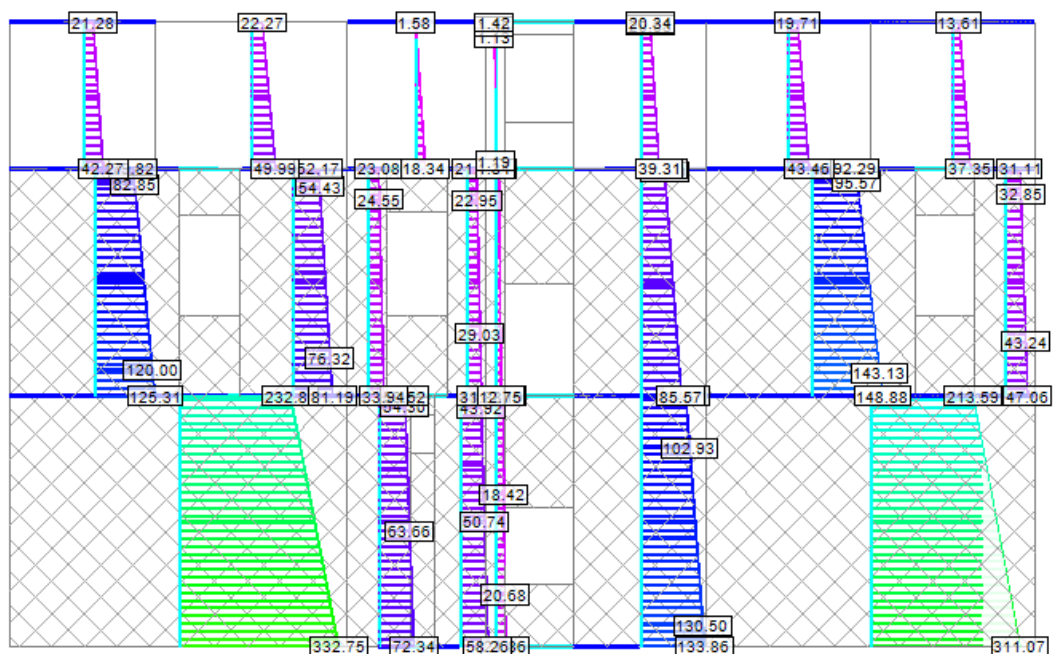
QUADRO DI VERIFICA DELLA STRUTTURA MURARIA “SISMICAMENTE MIGLIORATA”

Si propone un sintetico quadro di verifica per le diverse pareti principali della costruzione così come rinforzate mediante gli interventi in progetto.

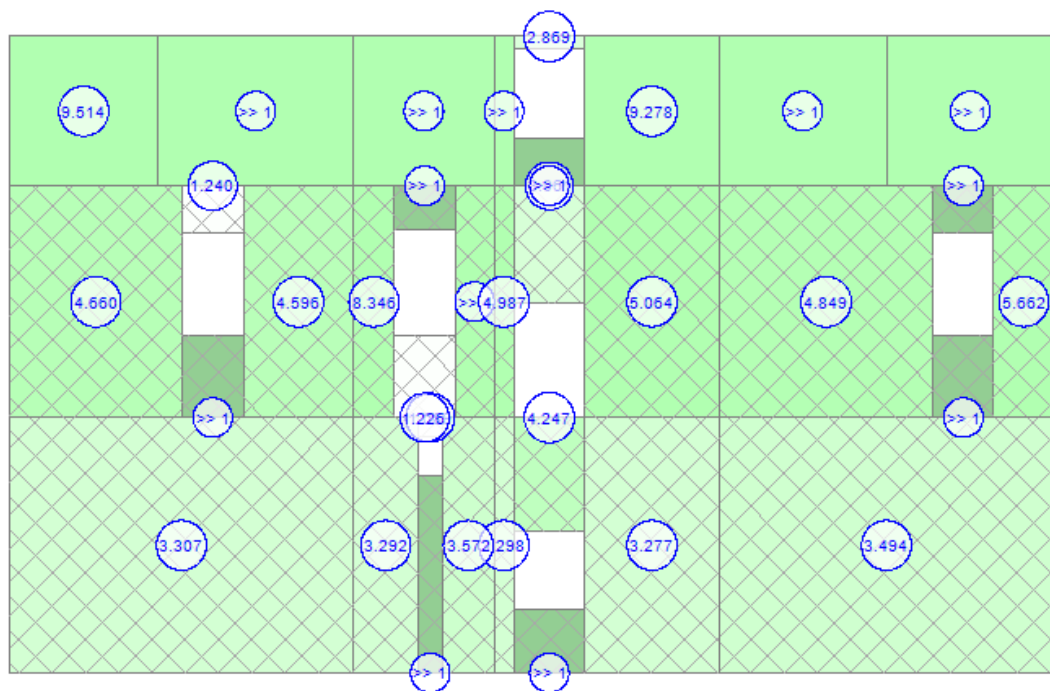
ANALISI STATICA SLU

Si riporta di seguito per le singole pareti principali il quadro di verifica complessiva a carichi verticali – SLU.

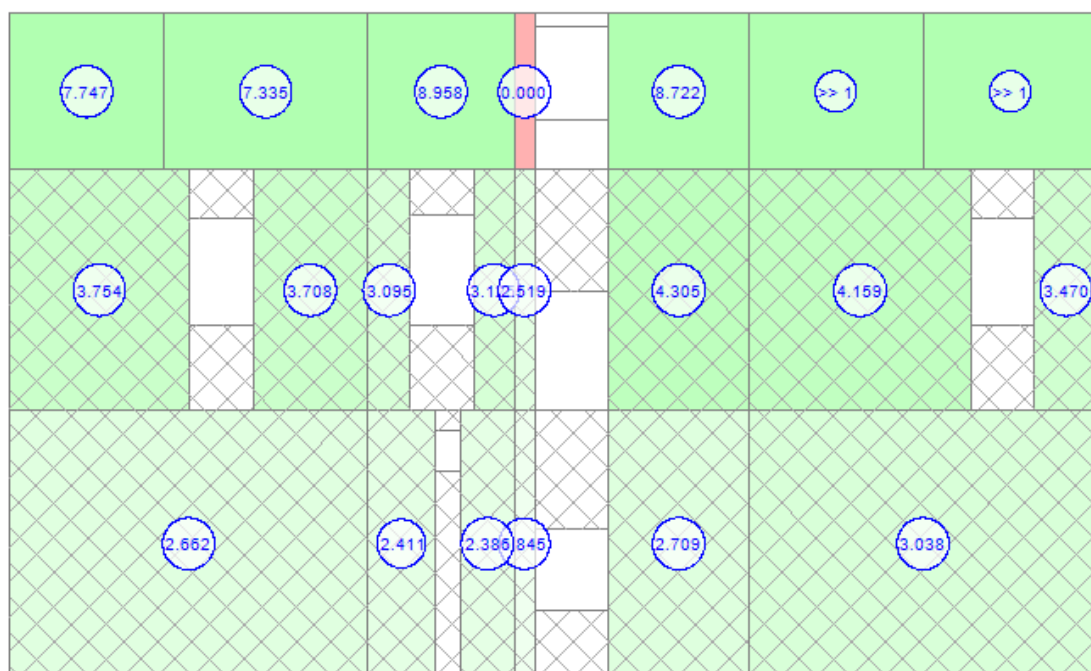
PARETE X01



Sforzo normale (kN)



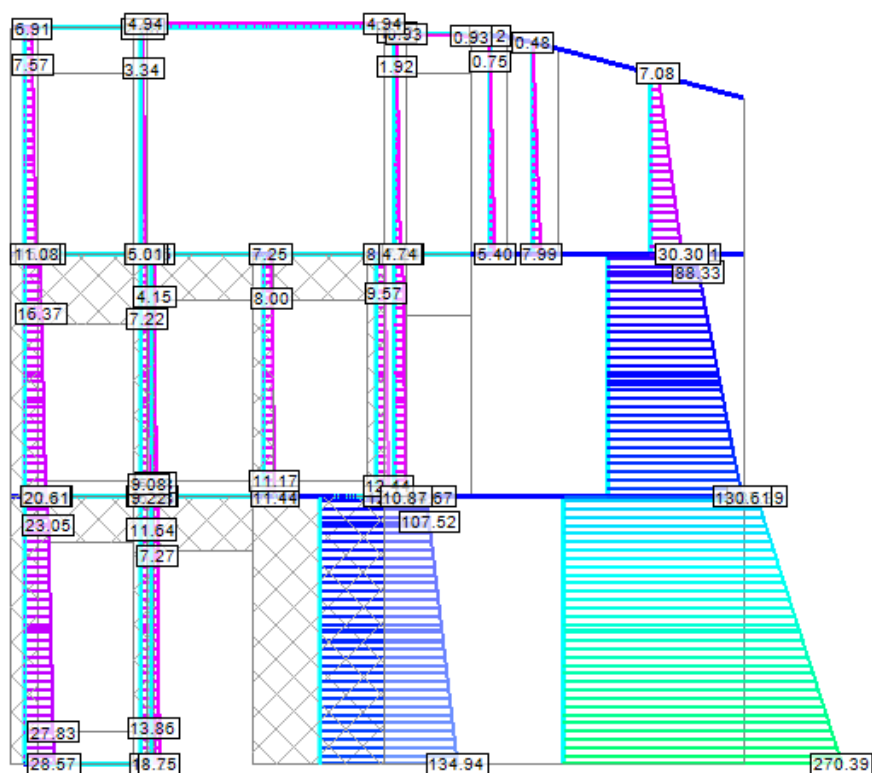
Verifica a pressoflessione nel piano



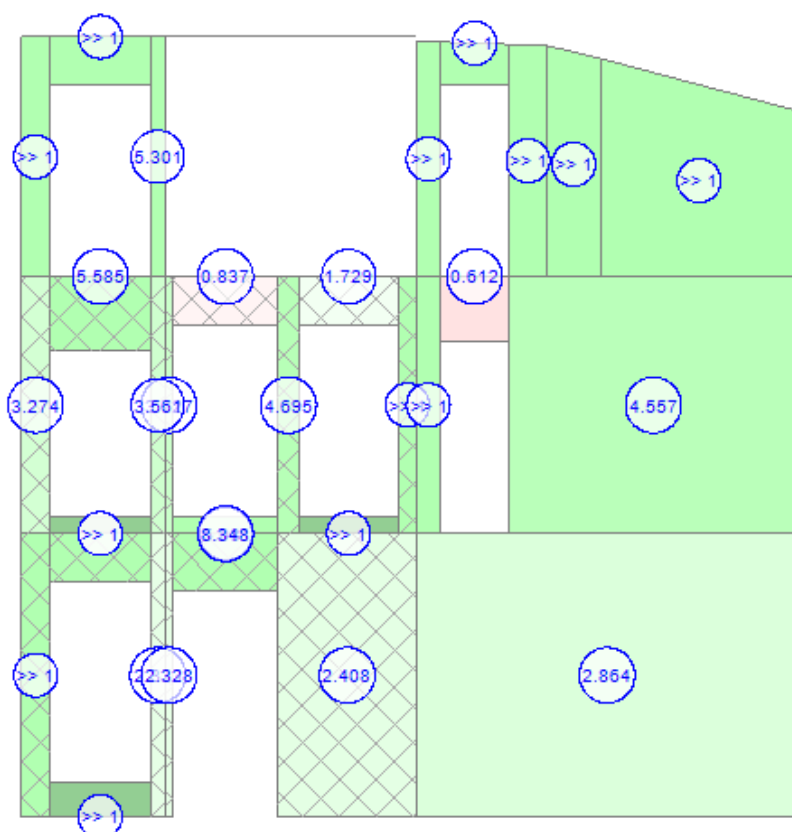
Verifica a pressoflessione fuori piano – metodo semplificato

L'unico elemento non verificato al piano sottotetto è conseguenza della modellazione adottata in quanto non trattasi di singolo maschio murario molto stretto. Le verifiche si intendono quindi tutte soddisfatte in campo statico SLU per la parete in oggetto.

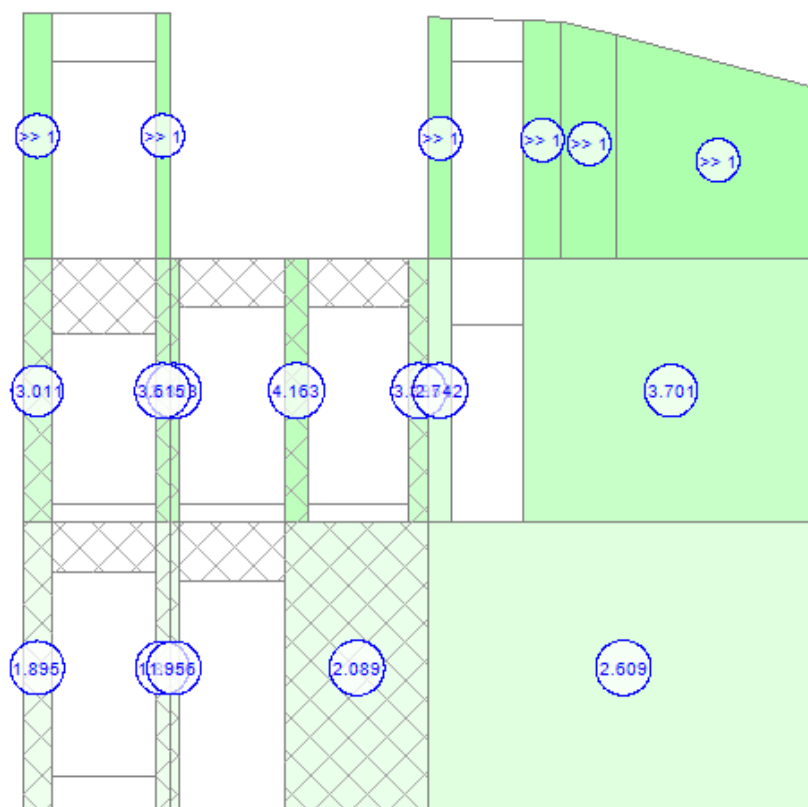
PARETI X02A e X02B



Sforzo normale (kN)

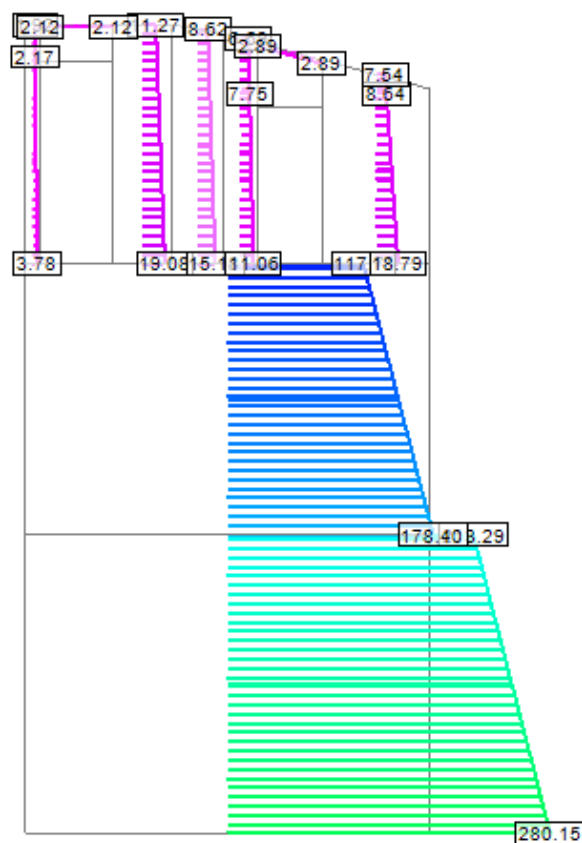


Verifica a pressoflessione nel piano

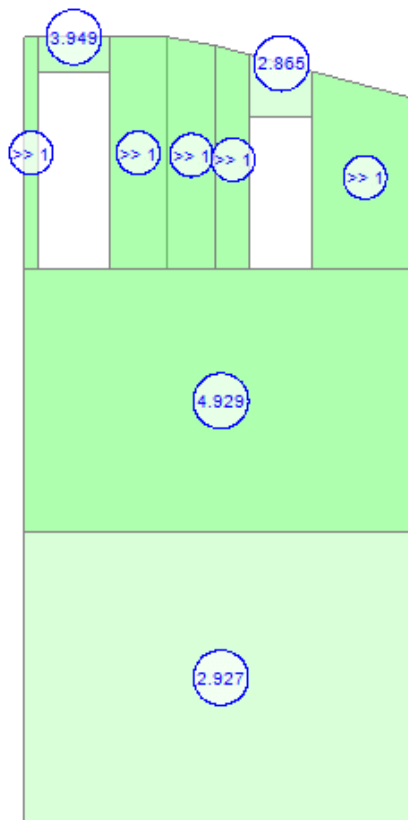


Verifica a pressoflessione fuori piano – metodo semplificato

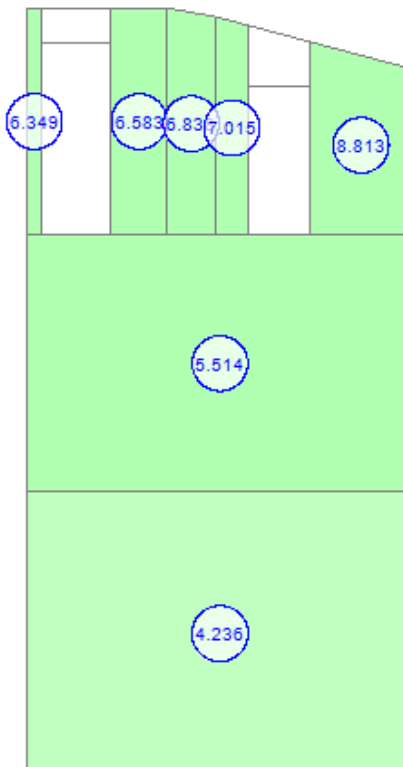
PARETE X02C



Sforzo normale (kN)

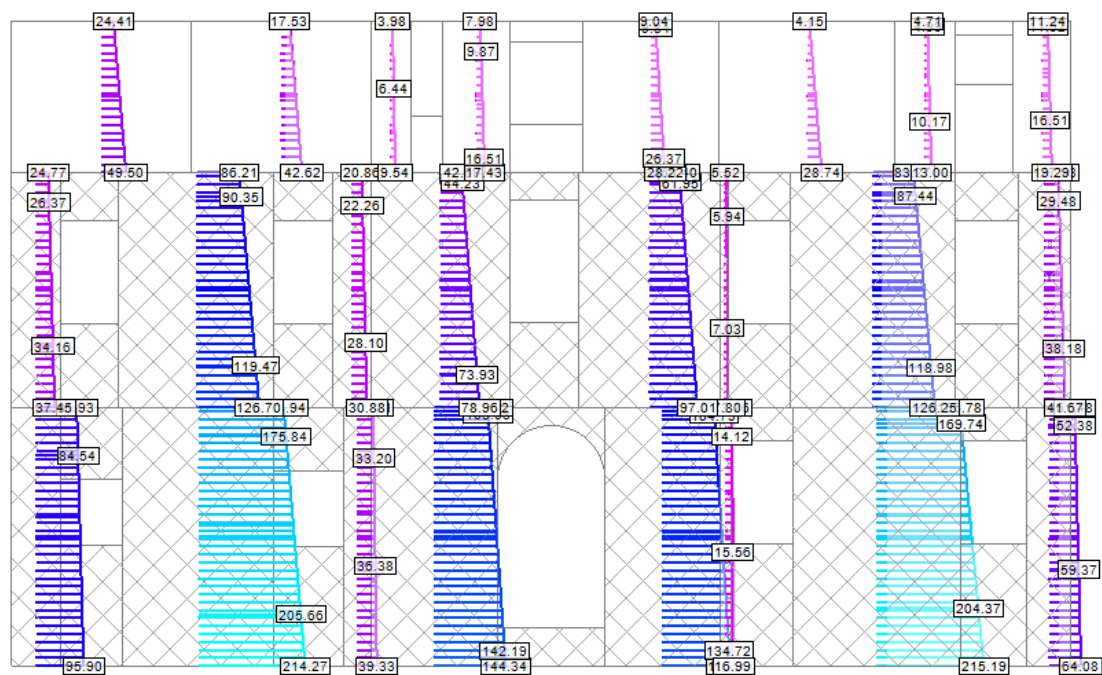


Verifica a pressoflessione nel piano

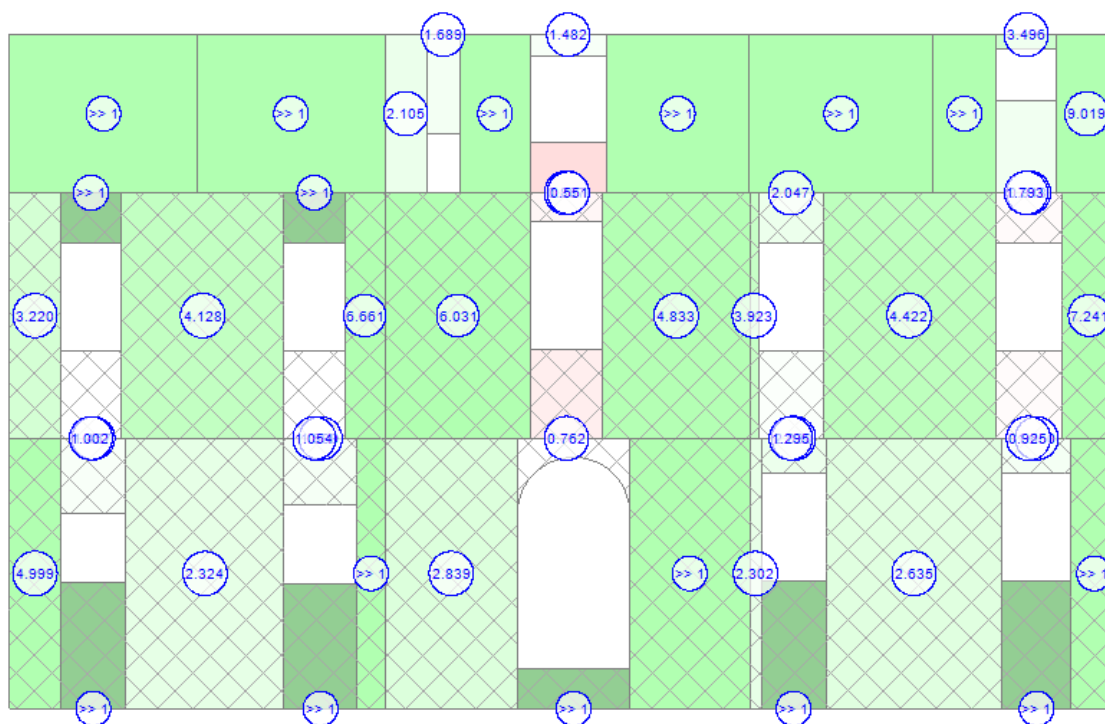


Verifica a pressoflessione fuori piano – metodo semplificato

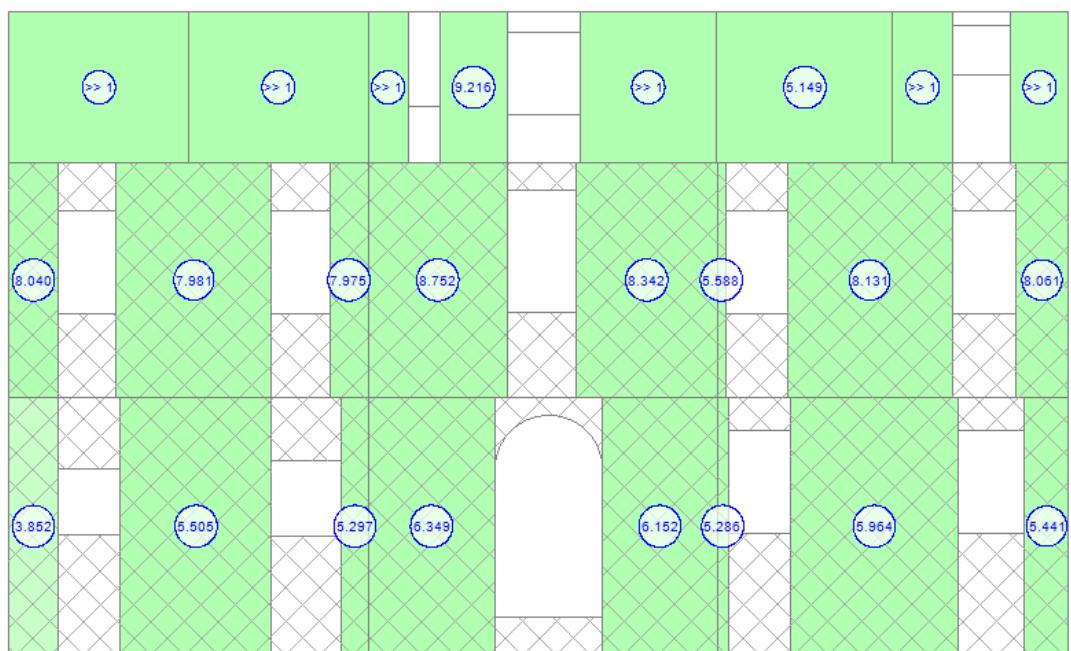
PARETE X03



Sforzo normale (kN)

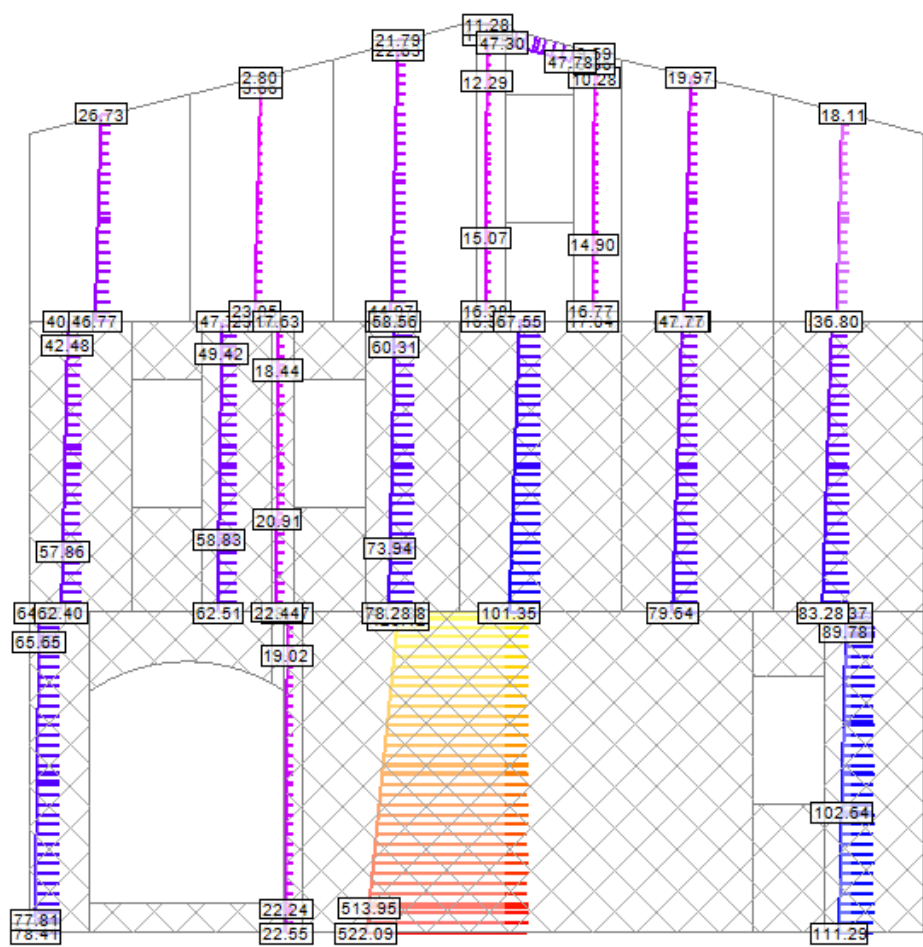


Verifica a pressoflessione nel piano

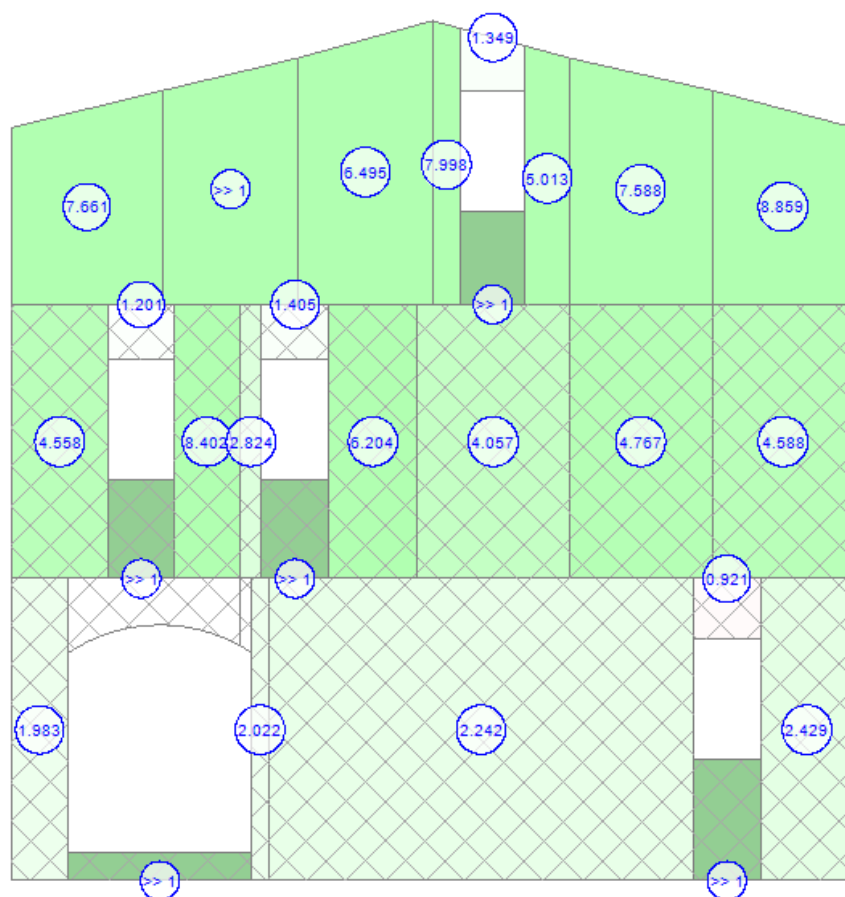


Verifica a pressoflessione fuori piano – metodo semplificato

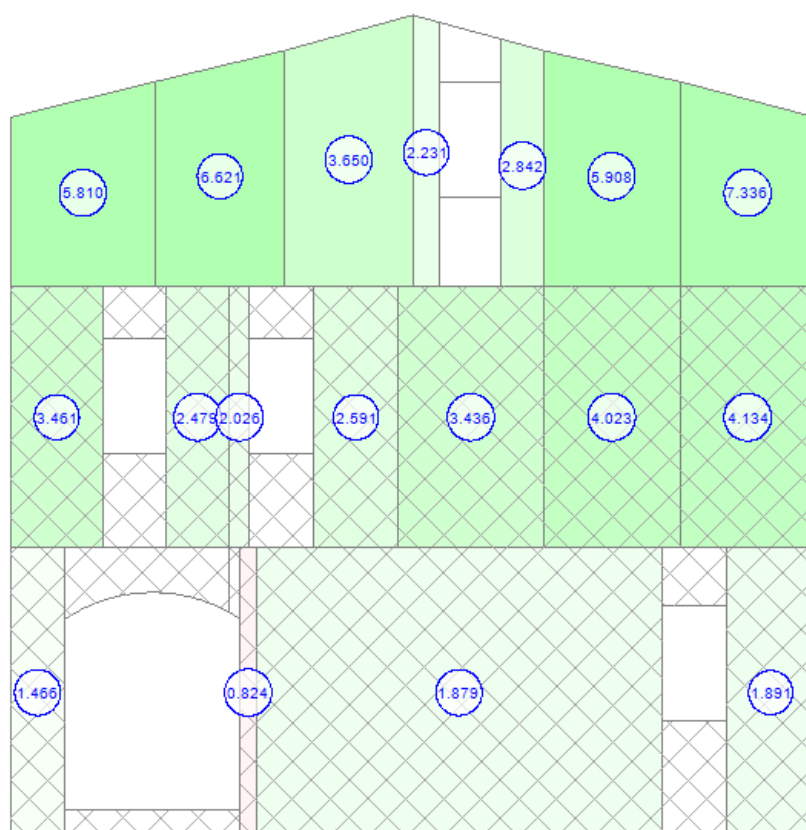
PARETE Y01



Sforzo normale (kN)

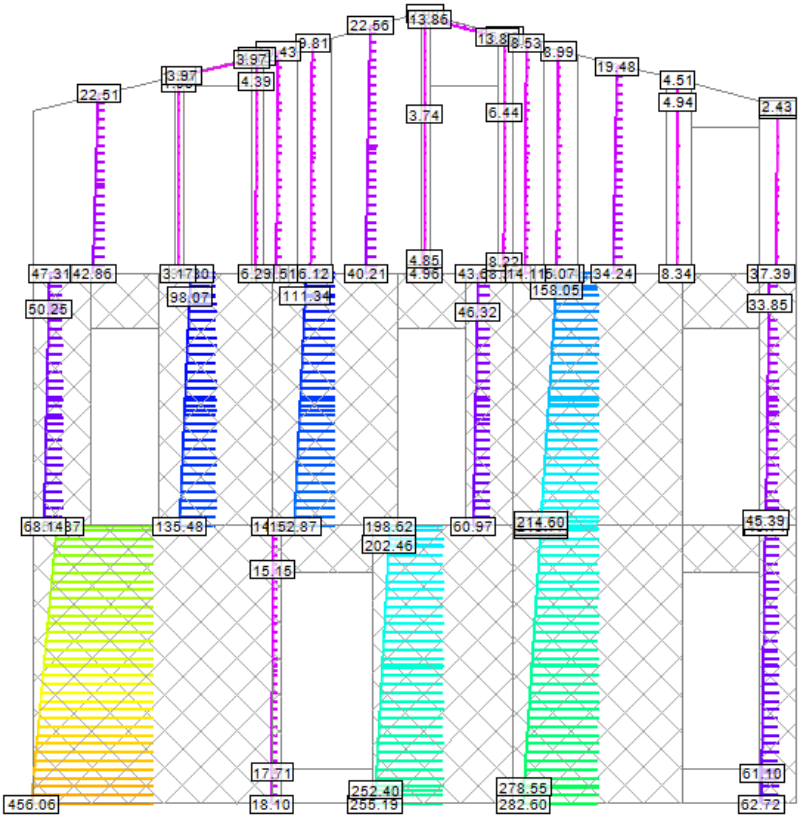


Verifica a pressoflessione nel piano

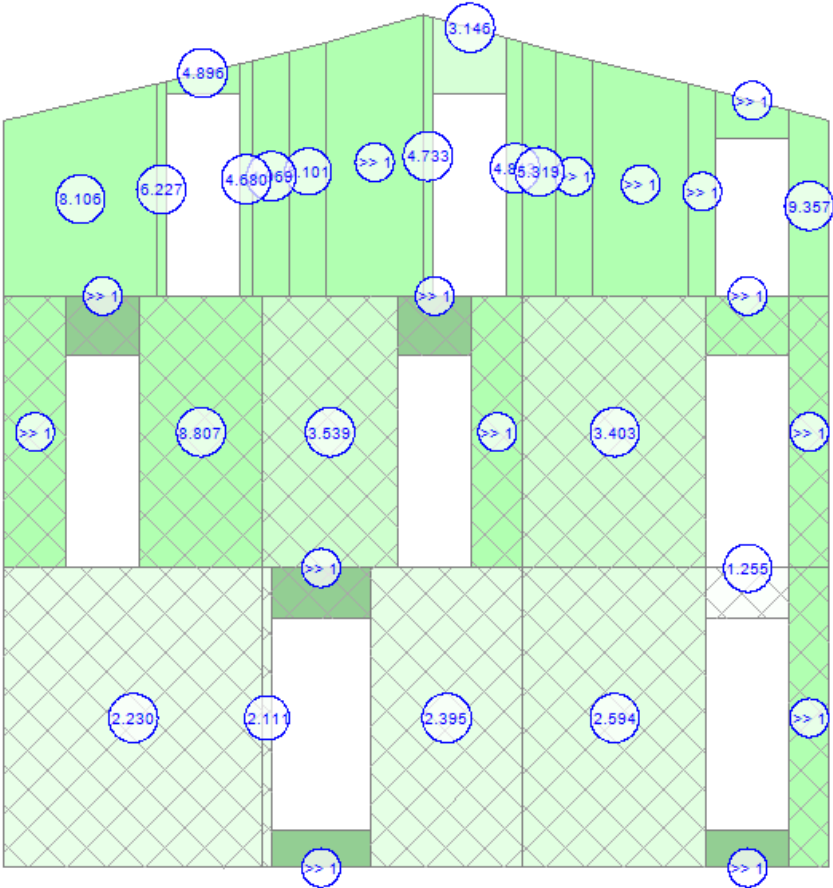


Verifica a pressoflessione fuori piano – metodo semplificato

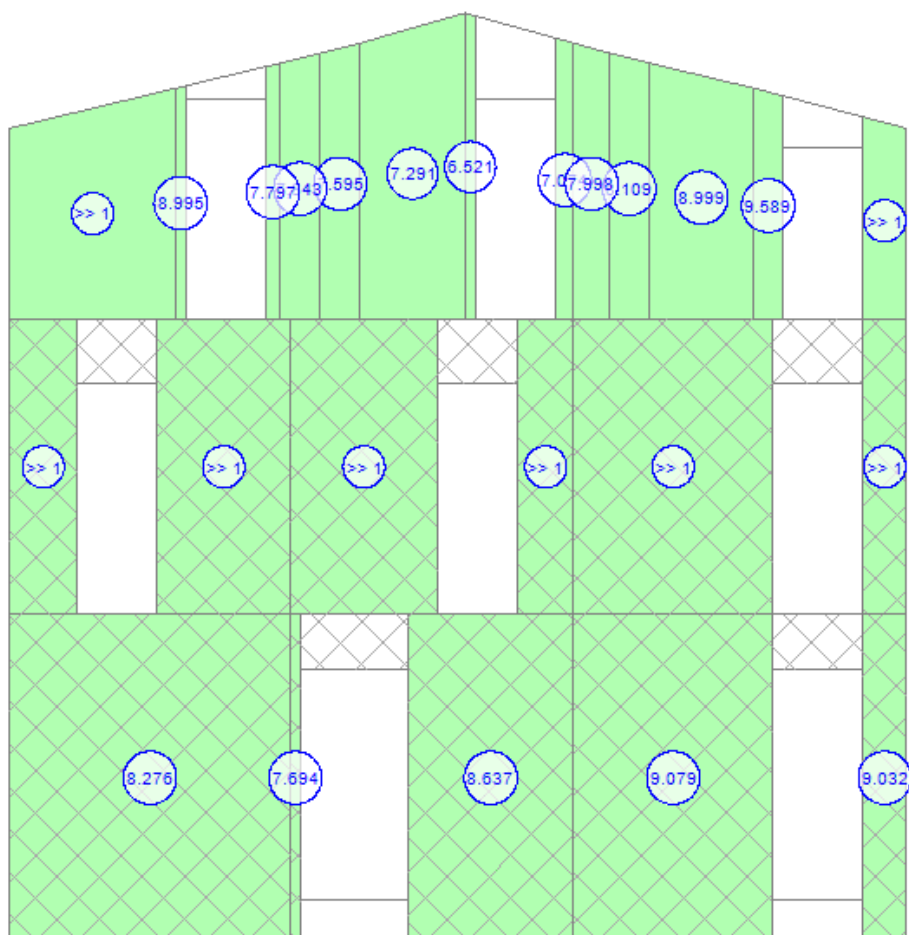
PARETE Y02



Sforzo normale (kN)

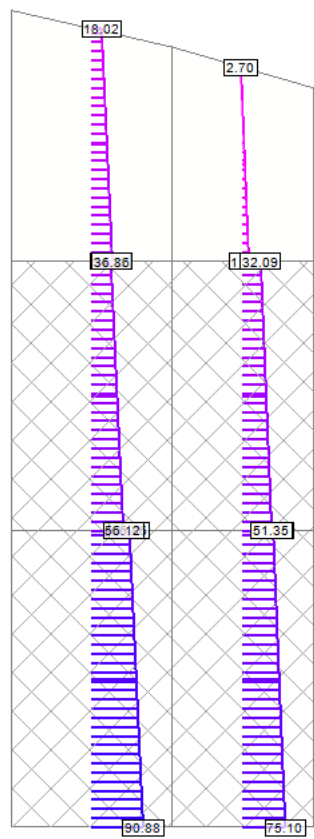


Verifica a pressoflessione nel piano

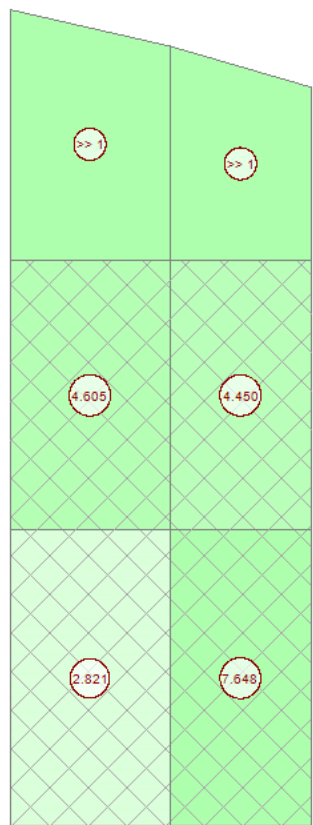


Verifica a pressoflessione fuori piano – metodo semplificato

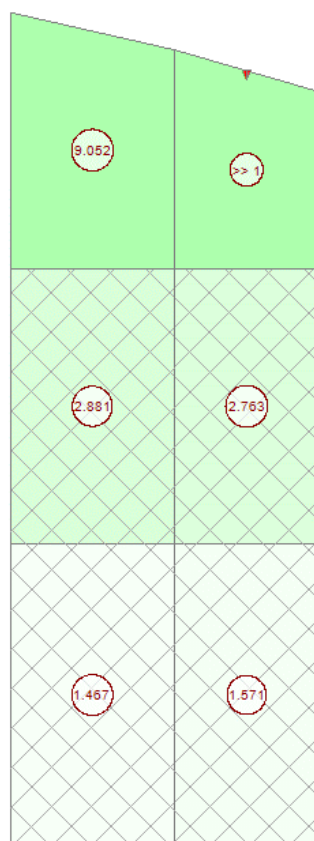
PARETI DIR. Y – ZONA SCALA



Sforzo normale (kN)

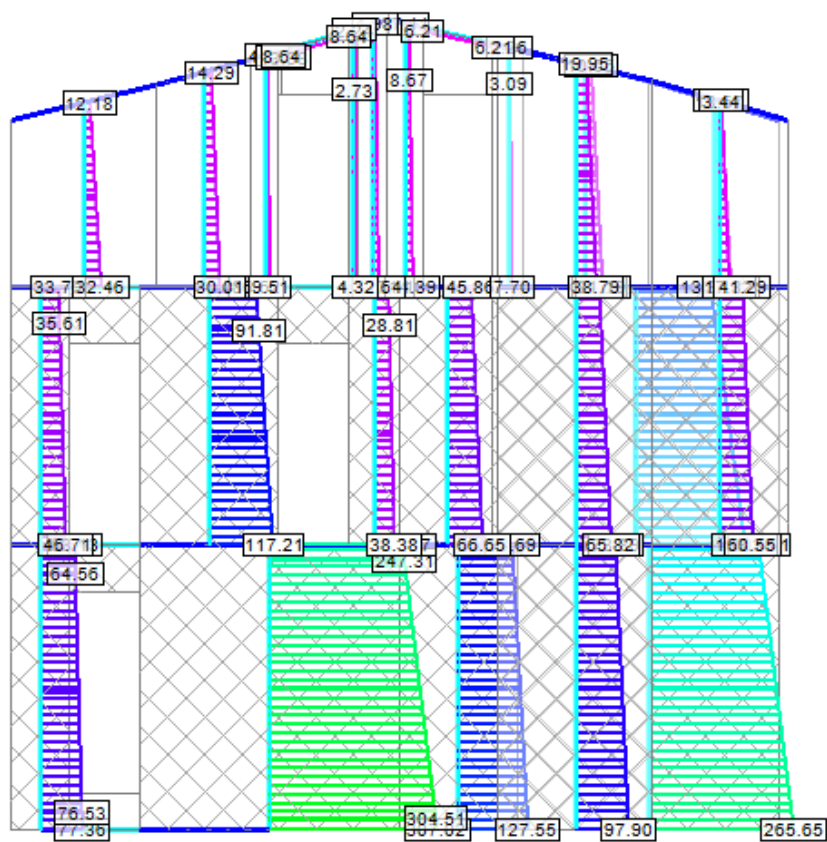


Verifica a pressoflessione nel piano



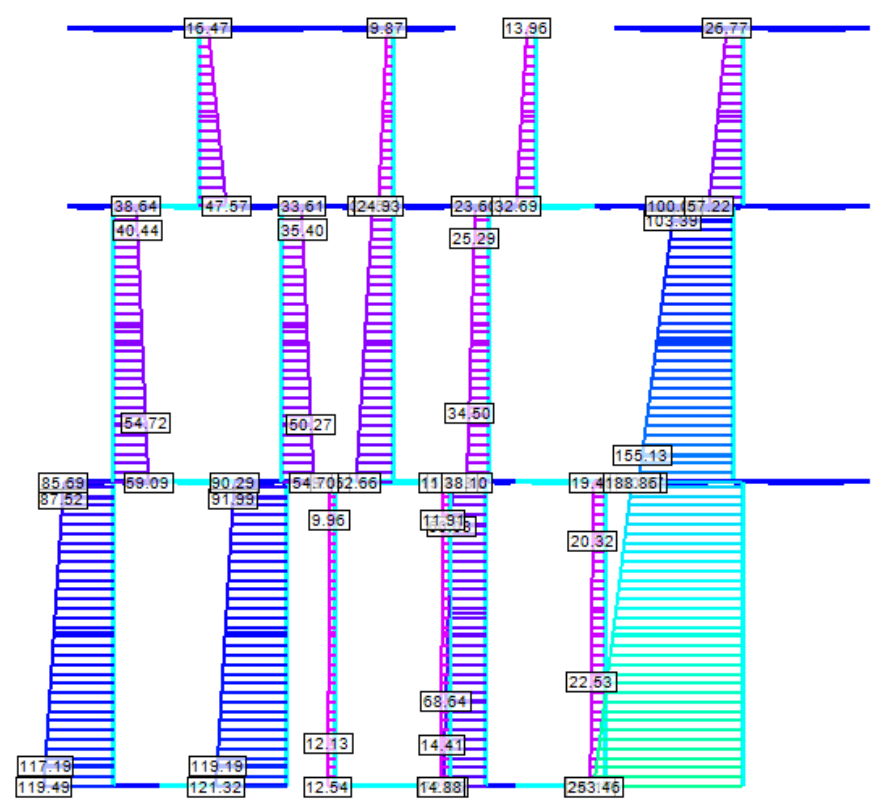
Verifica a pressoflessione fuori piano – metodo semplificato

PARETE Y04

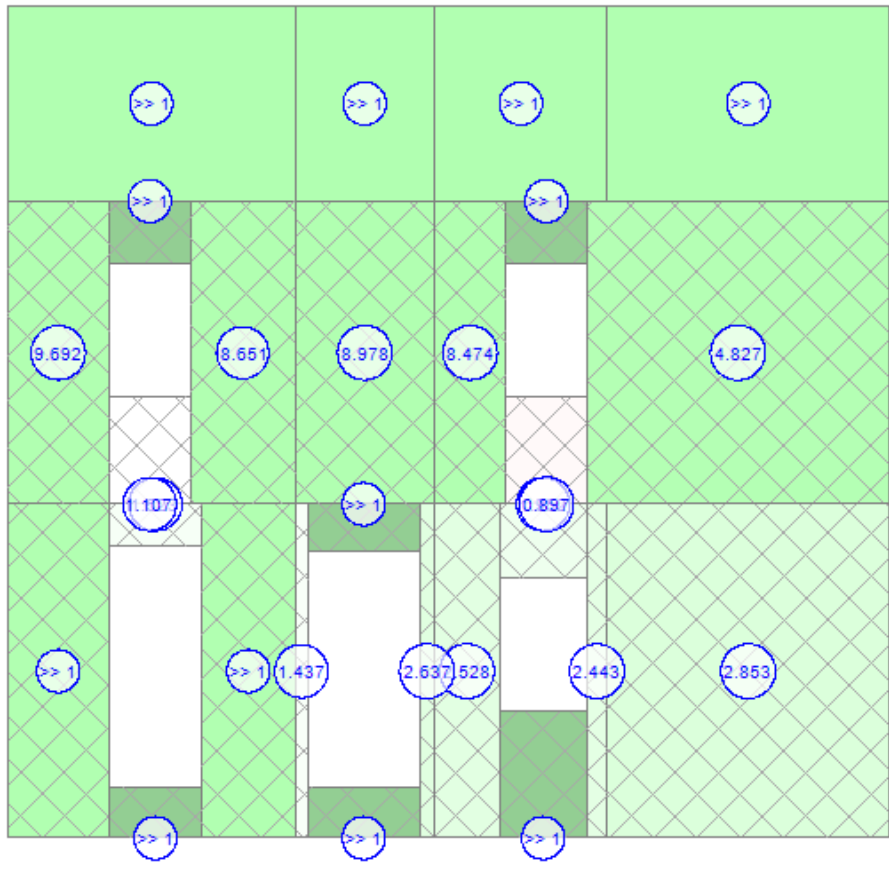


Sforzo normale (kN)

PARETE Y05



Sforzo normale (kN)



Verifica a pressoflessione nel piano

<div> <div>>> 1</div> </div>		<div> <div>>> 1</div> </div>	<div> <div>>> 1</div> </div>	<div> <div>9.410</div> </div>	
<div> <div>3.587</div> </div>	<div> <div>3.991</div> </div>	<div> <div>5.027</div> </div>	<div> <div>3.804</div> </div>	<div> <div>4.104</div> </div>	
<div> <div>3.487</div> </div>	<div> <div>3.106</div> <div>1.085</div> </div>	<div> <div>1.278</div> <div>921</div> </div>	<div> <div>1.593</div> </div>	<div> <div>2.608</div> </div>	

Verifica a pressoflessione fuori piano – metodo semplificato

ANALISI CINEMATICA LINEARE

Coefficiente di sicurezza sul materiale per analisi cinematica: 2,00

Si propongono di seguito i meccanismi analizzati nella situazione allo SDF in cui però si ritengono ora soddisfatti alcuni livelli di vincolo ottenuti grazie a:

murature di caratteristiche meccaniche e geometriche (spessore) incrementate;

connessioni (cuciture) tra solai e murature;

cuciture tra pareti ortogonali;

cordolatura in c.a. in sommità alle murature;

Ribaltamento del timpano centrale al sottotetto della parete su allineamento Y01 – Tale meccanismo non è più ipotizzabile in quanto la presenza del cordolo in sommità e la connessione delle travi evita tale possibilità.

Si verifica pertanto il meccanismo nell'ipotesi di travi efficacemente ancorate, la presenza del cordolo in sommità che sposta la rottura a metà parete e modifica il meccanismo in flessione verticale della pannellatura del sottotetto.

Flessione verticale Y01

01. Y01 – Flessione verticale timpano

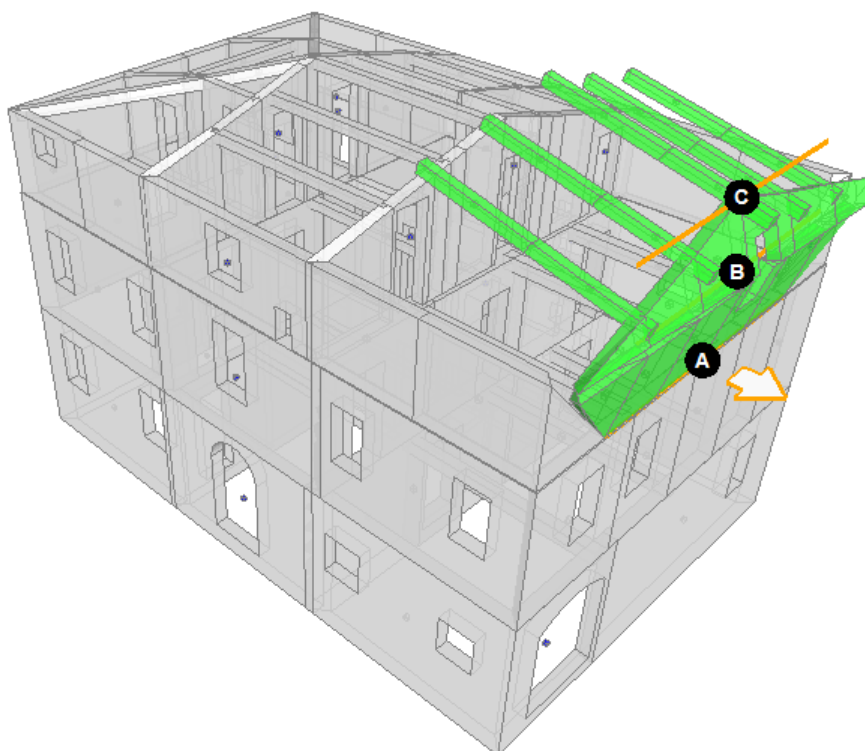
Flessione di parete vincolata ai bordi

$$\alpha_0 = 0.714$$

■ SLV

$$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.352 / 0.225 = 1.565$$

$$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 2475 / 475 = 5.211$$



I meccanismi successivi più ampi della parete Y01 precedentemente ipotizzati per assenza di collegamenti efficaci tra pareti ortogonali e con solaio vengono ora valutati solo su singoli interpiani o ipotizzando la presenza di catene ortogonali diffuse.

Flessione verticale parete Y01 tra piano primo e sottotetto

02. Y01 - Flessione intermedia

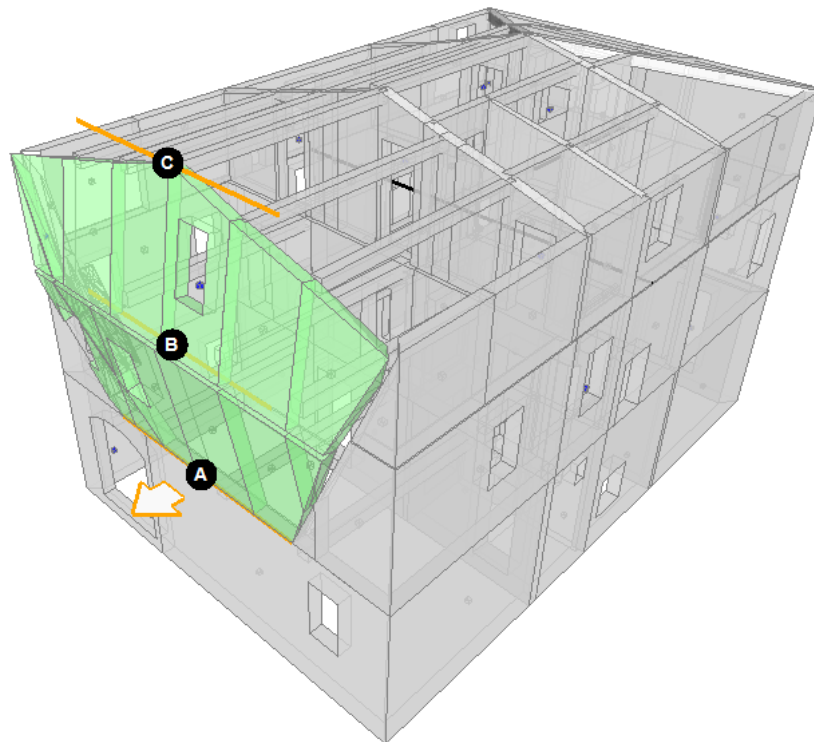
Flessione di parete vincolata ai bordi

$\alpha_0 = 0.150$

■ SLV

$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.219 / 0.225 = 0.974$

$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 448 / 475 = 0.943$



Ribaltamento della porzione superiore della parete 3X al sottotetto per assenza di collegamenti legno muratura e per scarso spessore della parete. Tale meccanismo si può modificare in meccanismo di flessione verticale.

03. X03 - Flessione verticale alta

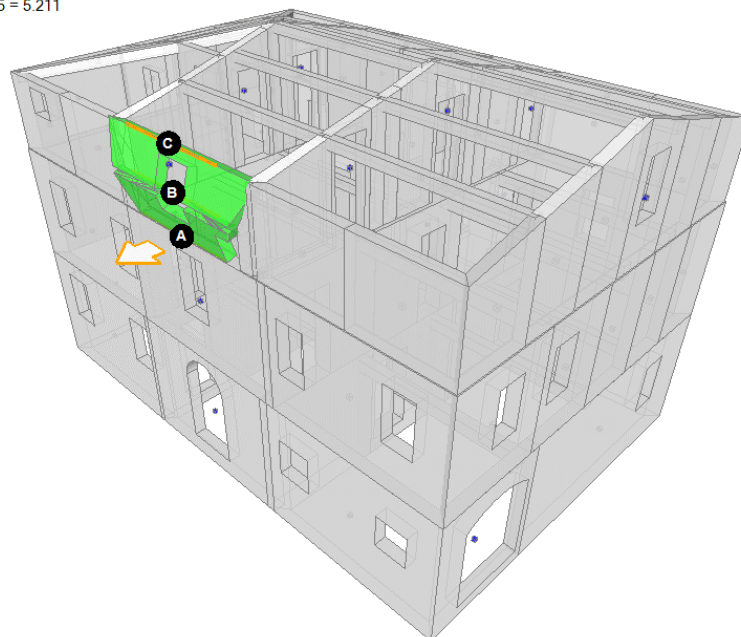
Flessione di parete vincolata ai bordi

$\alpha_0 = 0.701$

■ SLV

$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.352 / 0.225 = 1.565$

$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 2475 / 475 = 5.211$



Ribaltamento della media parete alta 3X da piano primo al sottotetto per assenza di collegamenti legno muratura e per effetto della debolezza a taglio della parete. Anche questo meccanismo si modifica in possibile flessione verticale con l'azione offerta dai connettori orizzontali presenti alternativamente a quota del piano primo e del sottotetto.

Nel tratto di muro considerato, l'azione del vincolo a piano sottotetto viene schematizzata con una singola catena diam. 20 mm avente trazione pari a 10 kN

04. X03 - Flessione intermedia

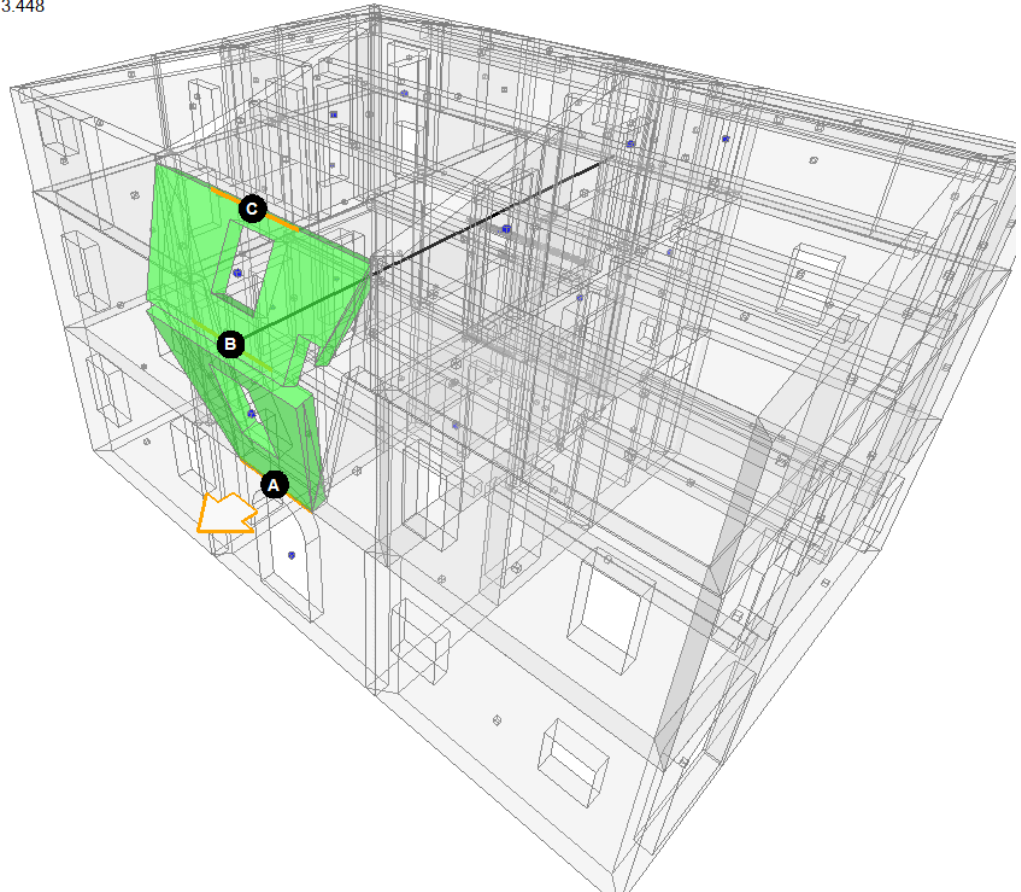
Flessione di parete vincolata ai bordi

$\alpha_0 = 0.385$

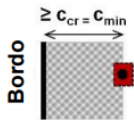
■ SLV

$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.321 / 0.225 = 1.427$


$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 1638 / 475 = 3.448$



Si adotteranno connettori orizzontali a muro diam. 12 passo 40 cm ancorati con resina Hilti HY170 in grado di fornire una resistenza di progetto



Resistenze di progetto a trazione e taglio – Cedimento per estrazione dell'ancorante, cedimento per rottura del mattone e cedimento locale del mattone alla distanza dal bordo caratteristica ($c \geq c_{cr} = c_{min}$) per applicazioni con ancorante singolo

Tipo di carico	Dimensione ancorante	h_{ef} [mm]	f_b [N/mm²]	w/w e w/d		d/d		
				Ta	Tb	Ta	Tb	
				Carichi [kN]				
	SC - Mattone pieno in argilla Mz, 2DF							
$N_{Rd,p} = N_{Rd,b}$ ($c_{cr} = c_{min} = 115\text{mm}$)	HIT-V	M8, M10, M12	80	12	1,2	1,0	1,2	1,0
	HIT-IC	M8			1,2	1,0	1,2	1,0
	HIT-IC	M10, M12			1,6	1,4	1,6	1,4
	HIT-V + HIT-SC	M8, M10, M12			1,6	1,4	1,6	1,4
	HIT-IC + HIT-SC	M8, M10, M12			1,6	1,4	1,6	1,4
$V_{Rd,b}$ ($c_{cr} = c_{min} = 115\text{mm}$)	HIT-V	M8, M10, M12	80	12	1,4	1,4	1,4	1,4
	HIT-V + HIT-SC	M8, M10, M12						
	HIT-IC	M8, M10, M12						
	HIT-IC + HIT-SC	M8, M10, M12						

Carico di estrazione massimo pari a circa 1,00 kN/barra

Servono circa 10 barre nella zona di muratura considerata (4,00 m x 2,5 barre al metro = 10 barre nel tratto di muro considerato).

Ribaltamento della parete alta Y5 al sottotetto si modifica in flessione verticale con ritegni alla base ed in sommità.

05. Y05_Flessione verticale

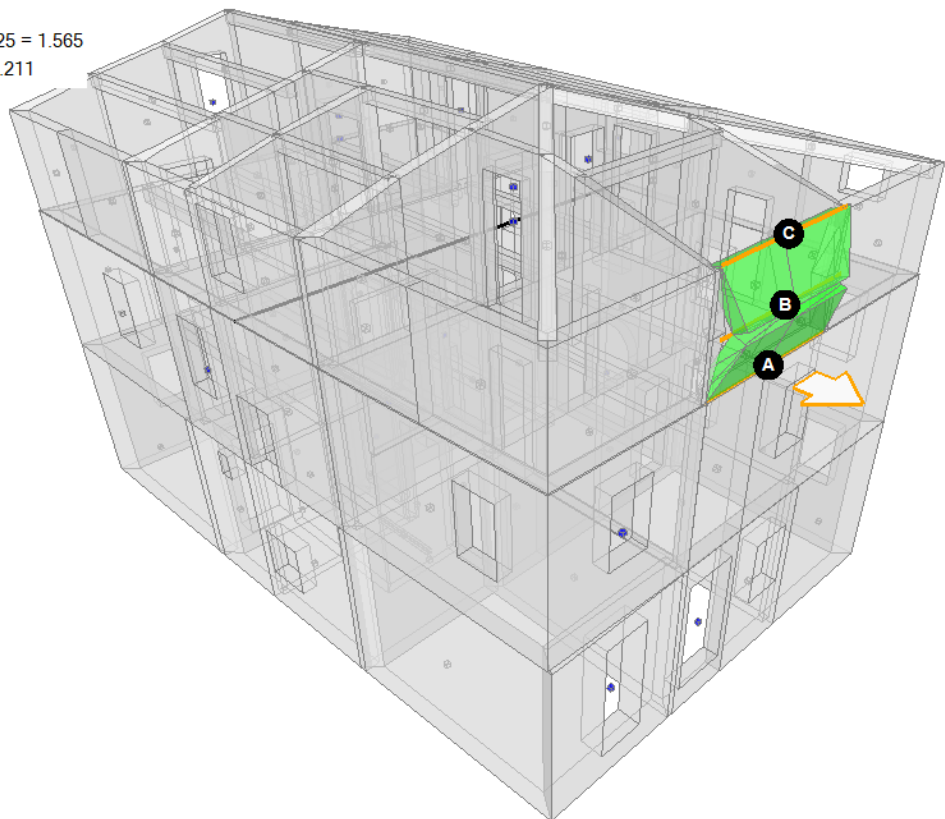
Flessione di parete vincolata ai bordi

$\alpha_0 = 0.685$

■ SLV

$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.352 / 0.225 = 1.565$

$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 2475 / 475 = 5.211$



Lo stesso meccanismo esteso ai due piani superiori richiede ritegni puntuali schematizzati nel modello mediante unica catena.

06. Y05_Flessione intermedia

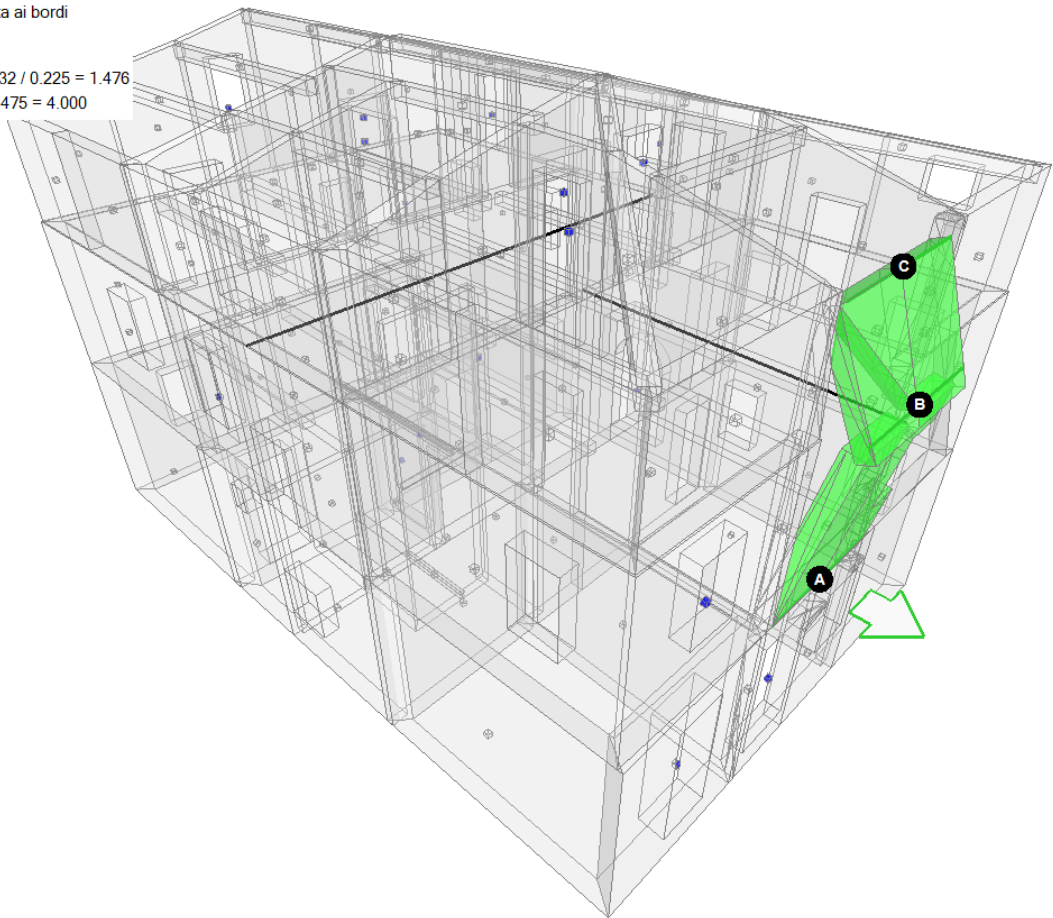
Flessione di parete vincolata ai bordi

$\alpha_0 = 0.208$

■ SLV

$PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.332 / 0.225 = 1.476$

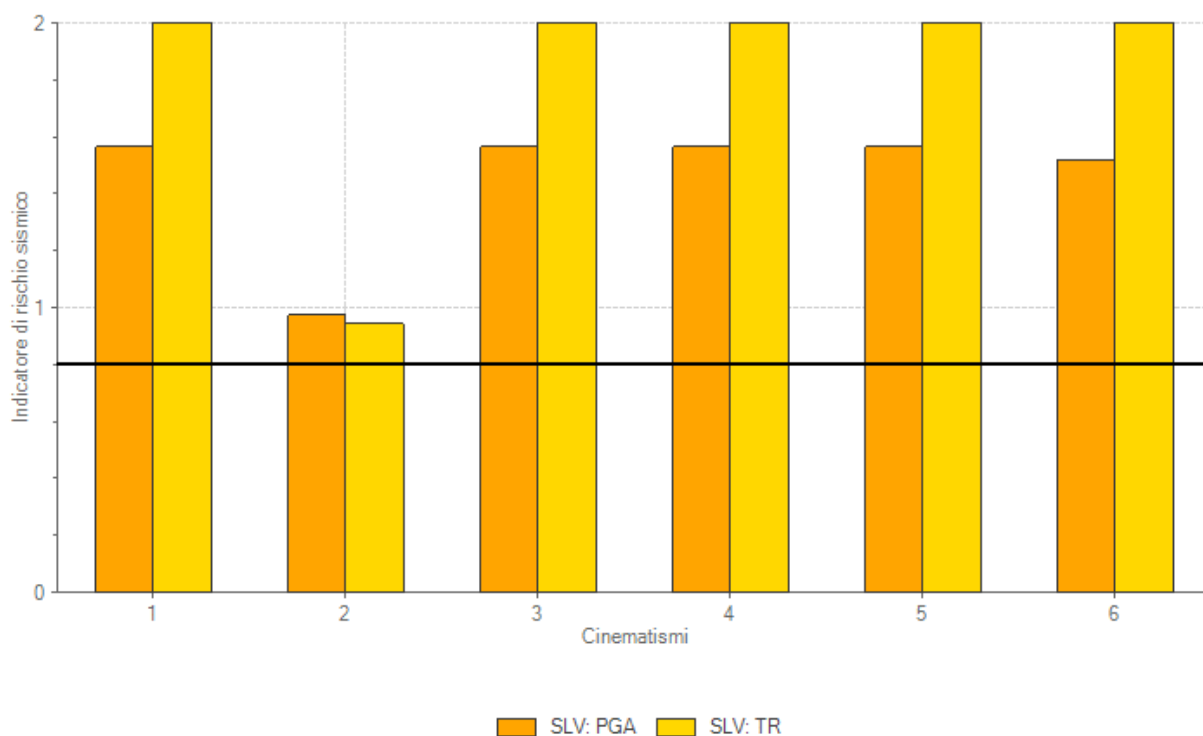
$TR_{CLV} / TR_{DLV} = 1900 / 475 = 4.000$



Come nel caso precedente occorrono barre diam. 12 passo 40 cm su tutto il perimetro per garantire l'ancoraggio della parete al solaio piano sottotetto.

Si adotta medesimo ancoraggio anche per piano primo.

SINTESI DEI RISULTATI ANALISI GLOBALE (pushover) STRUTTURA IN PROGETTO



Sintesi risultati Analisi Cinematica Lineare

Risultati dei cinematismi analizzati:

n.	α_0	PGA,CLD /PGA,DLD	TR,CLD /TR,DLD	PGA,CLV /PGA,DLV	TR,CLV /TR,DLV
1	0.718	3.476	26.620	1.565	5.211
2	0.150	1.200	1.520	0.974	0.943
3	0.717	3.453	26.220	1.565	5.211
4	0.506	2.434	8.520	1.565	5.211
5	0.685	3.363	23.140	1.565	5.211
6	0.215	1.981	4.840	1.520	4.545

n. = numero consecutivo del cinematismo

α_0 = moltiplicatore di collasso

PGA,CLD / PGA,DLD = ζ, E, SLD, PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLD

TR,CLD / TR,DLD = ζ, E, SLD, TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per SLD

PGA,CLV / PGA,DLV = ζ, E, SLV, PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLV

TR,CLV / TR,DLV = ζ, E, SLV, TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per SLV

Secondo All.A al D.M.14.1.2008, si considerano valori di TR compresi nell'intervallo [30,2475] anni. Se $TR > 2475$ si pone $TR = 2475$.

Se $TR < 30$, con riferimento al Programma di ricerca DPC-ReLUIIS (Unità di Ricerca CNR-ITC)

si adotta un'estrapolazione mediante una regressione sui tre valori di hazard $ag(30)$, $ag(50)$ e $ag(75)$, effettuata con la funzione di potenza: $ag(TR) = k \cdot TR^\alpha$.

Per il sito in esame risulta: $K = 0.011851460$, $\alpha = 0.430388690$

Per l'Indicatore di Rischio Sismico in termini di TR si ha quindi un limite massimo pari a:

SLD: $(2475/TR, DLD) = 49.500$

SLV: $(2475/TR, DLV) = 5.211$

SINTESI DEI RISULTATI ANALISI GLOBALE (pushover) STRUTTURA RINFORZATA

ANALISI SISMICA STATICA NON LINEARE

Coefficiente di sicurezza sul materiale per analisi sismica non lineare: 1,00 (a cui va applicato $FC=1,35$)

Combinazione principale delle forze: lineare – proporzionale alle forze statiche

Combinazione secondaria delle forze: uniforme – proporzionale alle masse

Eccentricità accidentale: considerata per presenza di piani rigidi

INDICI DI SICUREZZA MINIMI

Indice di sicurezza sismica minimo per azioni nel piano: 1,0987

Indice di sicurezza sismica minimo per azioni fuori piano: 0,974

Indice di sicurezza per azioni statiche > 1,00 – edificio staticamente adeguato - murature

Indice di sicurezza per azioni statiche > 1,00 – edificio staticamente adeguato – strutture orizzontali

Indice di sicurezza per azioni statiche > 1,00 – edificio staticamente adeguato – strutture di fondazione

L'edificio rinforzato – con la nuova destinazione prevista in progetto (attività collettive sociali per giovani) – risulta **SISMICAMENTE MIGLIORATO** in quanto risulta superiore al 10% l'incremento ottenuto (rispetto alla condizione attuale) del fattore di accelerazione mediante gli interventi:

ξ_E = azione sismica sopportata dalla struttura/azione sismica prevista per edificio nuovo nel sito in esame

$$\xi_E \text{ (stato attuale)} = 0,204$$

$$\xi_E \text{ (progetto)} = 0,974 = \text{Indice di sicurezza sismica}$$

L'edificio, con gli interventi previsti risulta inoltre **STATICAMENTE ADEGUATO** sia per quanto riguarda la sicurezza delle pareti murarie, delle strutture orizzontali e delle opere di fondazione.

Modena, 11 aprile 2023

IL TECNICO PROGETTISTA DELLE STRUTTURE

Ing. Pietro Pincelli