

PERMESSO DI COSTRUIRE

AMPLIAMENTO DEL COMPARTO AUTODROMO DI MODENA

LOCALITA' MARZAGLIA – COMUNE DI MODENA

Provvedimento Autorizzatorio Unico (PAUR) e Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), L.R. n. 4/2018, D.Lgs. 152/06
Progetto di modifica e ampliamento del comparto "Autodromo di Modena", in località Marzaglia, Comune di Modena (MO)



COMPARTO: AUTODROMO DI MODENA

PROPONENTE: AERAUTODROMO MODENA SPA

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

- ARCHILINEA Srl
- BLUEWORKS – Ing. Yos Zorzi
- GEOGROUP Srl
- PRAXIS AMBIENTE Srl
- STUDIO TECNICO CAPELLARI
- STIEM – Ing. Paolo Scuderi e Ing. Luca Buzzoni
- ATEAM PROGETTI
- STUDIO GECO
- STUDIO TECNICO TADDIA
- Dott. Agr. Giovanni Mondani

STR-02.R01 – RELAZIONE VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

P.d.C.2

RISTRUTTURAZIONE DI 2 EDIFICI
ESISTENTI E NUOVA COSTRUZIONE DI
EDIFICIO – DEMOLIZIONE DI VOLUMI

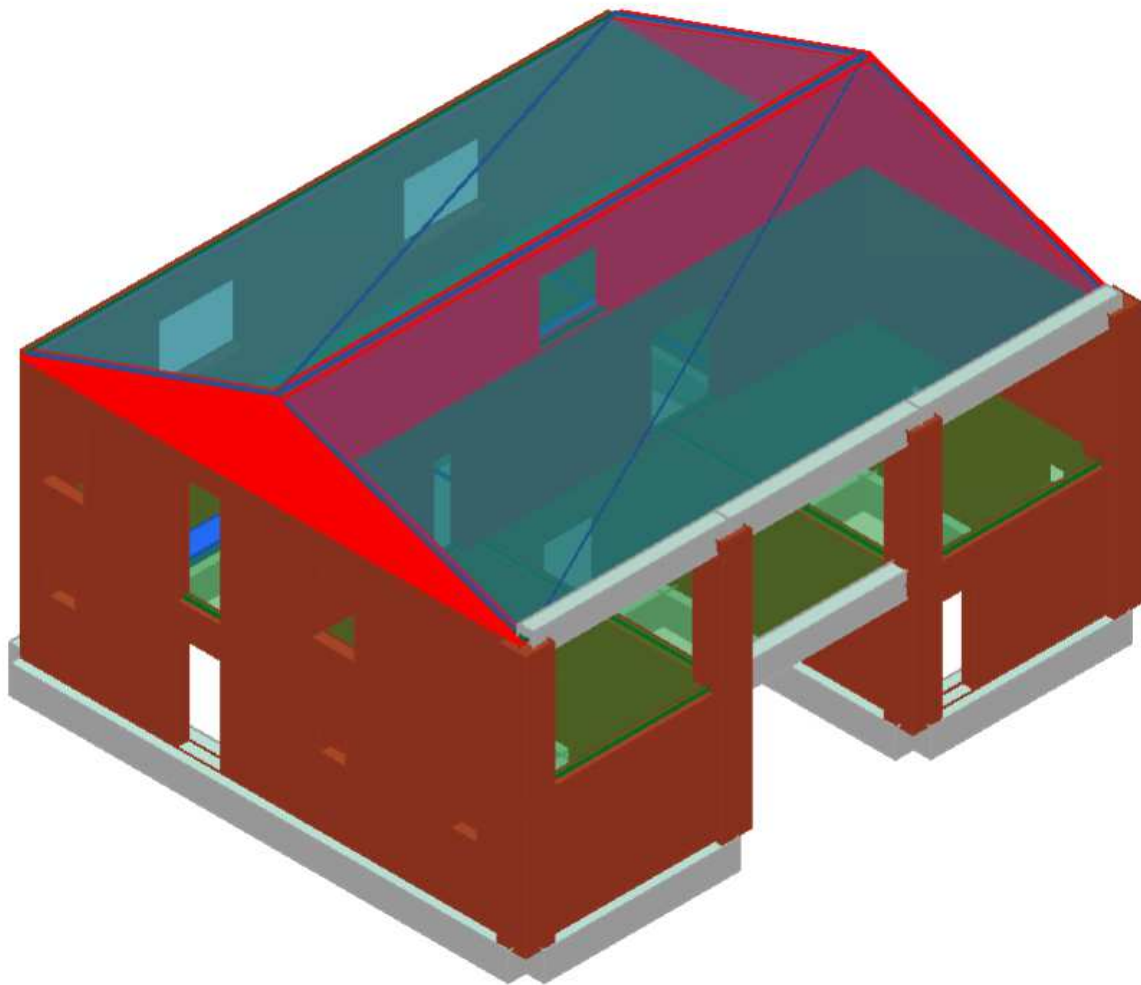


Indice degli Elaborati

1. RELAZIONE VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA.....	4
<i>SCHEDA DI SINTESI DELLA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA</i>	4
Fattore di accelerazione	4
INTRODUZIONE	5
1) <i>Descrizione del contesto edilizio</i>	5
2) <i>Descrizione generale della struttura in elevazione e in fondazione</i>	5
ANALISI PUSHOVER.....	7
<i>Tipo di analisi svolta</i>	7
<i>Metodo di analisi</i>	7
<i>Combinazioni di carico adottate</i>	7
<i>Origine e caratteristiche dei codici di calcolo</i>	8
<i>Presentazione dei risultati</i>	9
<i>Inquadramento normativo</i>	13
<i>Parametri di progetto</i>	14
<i>Descrizione dei materiali e del loro comportamento</i>	14
<i>Combinazione delle azioni</i>	17
<i>Verifiche per gli stati limite considerati</i>	19
Dettaglio verifiche	20
<i>Conclusioni</i>	28
<i>Telaio equivalente</i>	32
ANALISI DEI MECCANISMI LOCALI.....	44
<i>Tipo di analisi svolta</i>	44
<i>Metodo di analisi</i>	44
<i>Origine e caratteristiche dei codici di calcolo</i>	44
<i>Inquadramento normativo</i>	45
<i>Parametri di progetto</i>	45
<i>Metodo di verifica</i>	45
Stato limite di Vita (SLV)	45
Stato limite di Danno (SLD).....	46
<i>Descrizione cinematici</i>	47
Cinematismo: 1	47
Cinematismo: 2	48
Cinematismo: 3	49

1. RELAZIONE VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

SCHEDA DI SINTESI DELLA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

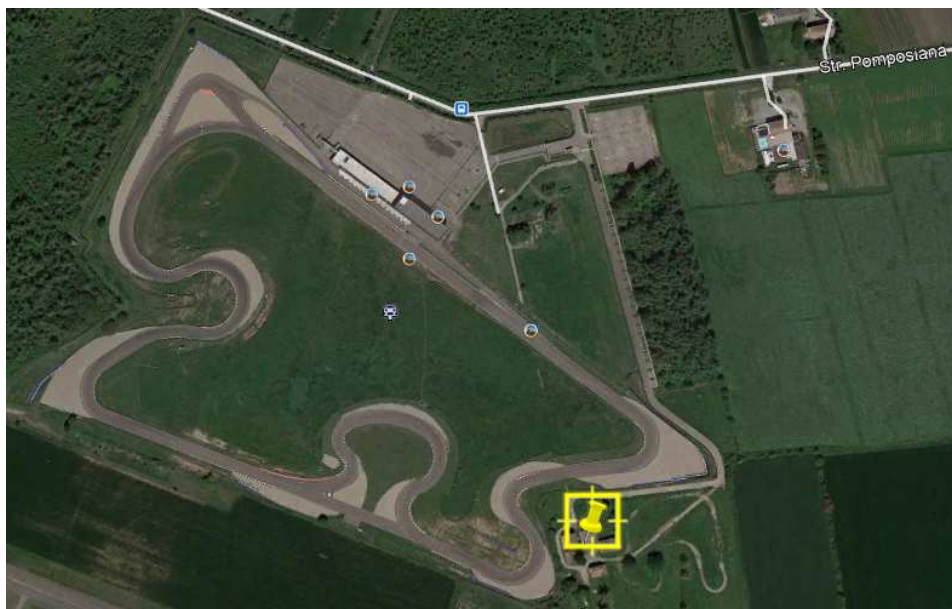


Tipologia del fabbricato	Edificio con struttura in muratura in mattoni pieni e malta di calce	
Tipologia di intervento	Intervento locale	
Fattore di struttura	Non necessario: analisi push over	
Fabbricati esistenti	Livello di conoscenza	Fattore di confidenza
	LC 1	1.35
Tipologia di analisi	ANALISI GLOBALE ANALISI DEI MECCANISMI LOCALI	
<u>Fattore di accelerazione</u>	Fa = 0.28 Analisi globale e analisi dei meccanismi locali NON soddisfatte.	

INTRODUZIONE

1) Descrizione del contesto edilizio

Il fabbricato risulta essere:
Isolato: COMPARTO AUTODROMO MODENA



CONTESTO EDILIZIO

2) Descrizione generale della struttura in elevazione e in fondazione

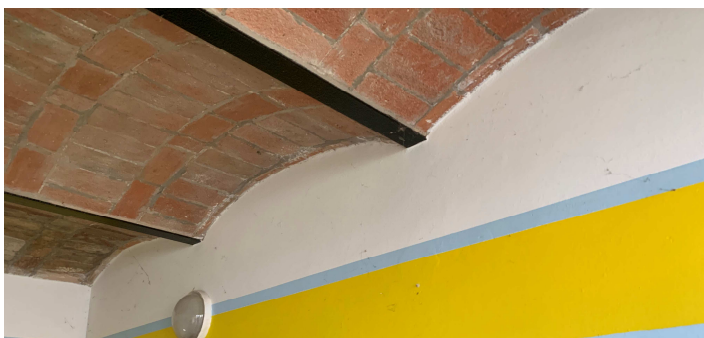
Oggetto della presente relazione è la verifica nella configurazione dello stato di fatto di un edificio sito a Modena, loc. Marzaglia, facente parte del comparto “Autodromo di Modena” – fabbricato 2.

L'edificio oggetto della presente relazione si sviluppa su due livelli (più un livello sottotetto) il cui sviluppo planimetrico è inscritto in un rettangolo di dimensioni 11.55 m x 13.50 m.





Indagini eseguite in situ hanno permesso di rilevare la presenza di solai a putrelle e tavelloni e di un solaio voltato in corrispondenza del primo impalcato mentre al secondo impalcato si rileva la presenza di solai in laterocemento. La copertura è a doppia falda con solaio a travetti in ca e tavelloni.



Le murature sono in mattoni pieni e malta di calce, così come i pilastri.



In accordo al capitolo 8 delle NTC18, più precisamente al paragrafo 8.4 e 8.4.2 gli interventi di miglioramento sismico consistono in:

- 1) Ripristino porzioni di muratura danneggiate attraverso il metodo cuci-scuci inserendo mattoni pieni compatibili con la tessitura muraria esistente e malta M10;
- 2) Realizzazione di cerchiature in corrispondenza delle nuove aperture previste (vedasi elaborati grafici strutturali);
- 3) Consolidamento e rinforzo del fabbricato tramite realizzazione di fasce di piano mediante placcaggio con fasce di tessuto in fibra di acciaio galvanizzato per rafforzamento delle connessioni tra solai e muratura esistente in modo tale da eliminare i meccanismi locali di ribaltamento fuori dal piano delle murature;

Si segnala inoltre l'installazione di un nuovo montacarichi interno per cui si prevede una fondazione a platea in ca di spessore 35 cm e la realizzazione di un telaio di travi in ca di sezione 30xH25 cm o 25xH25 cm in corrispondenza del primo impalcato (vedasi relazione ST 02 – “Illustrazione sintetica degli elementi essenziali del progetto strutturale e relazione di calcolo).

Analisi pushover

Tipo di analisi svolta

Al fine di eseguire le dovute verifiche nei riguardi dell'edificio in questione, si è deciso di procedere con l'esecuzione di una analisi statica non lineare.

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.

Metodo di analisi

La modellazione dell'edificio viene realizzata mediante l'inserimento di pareti che vengono discretizzate in macroelementi, rappresentativi di maschi murari e fasce di piano deformabili; i nodi rigidi sono indicati nelle porzioni di muratura che tipicamente sono meno soggette al danneggiamento sismico. Solitamente i maschi e le fasce sono contigui alle aperture, i nodi rigidi rappresentano elementi di collegamento tra maschi e fasce. La concezione matematica che si nasconde nell'impiego di tale elemento, permette di riconoscere il meccanismo di danno, a taglio nella sua parte centrale o a pressoflessione sui bordi dell'elemento in modo da percepire la dinamica del danneggiamento così come si presenta effettivamente nella realtà.

I nodi del modello, sono nodi tridimensionali a 5 gradi di libertà (le tre componenti di spostamento nel sistema di riferimento globale e le rotazioni intorno agli assi X e Y) o nodi bidimensionali a 3 gradi di libertà (due traslazioni e la rotazione nel piano della parete). Quelli tridimensionali vengono usati per permettere il trasferimento delle azioni, da un primo muro a un secondo disposto trasversalmente rispetto al primo. I nodi di tipo bidimensionale hanno gradi di libertà nel solo piano della parete permettendo il trasferimento degli stati di sollecitazione tra i vari punti della parete.

Gli orizzontamenti, sono modellati con elementi solaio a tre nodi connessi ai nodi tridimensionali, sono caricabili perpendicolarmente al loro piano dai carichi accidentali e permanenti; le azioni sismiche caricano il solaio lungo la direzione del piano medio. Per questo l'elemento finito solaio viene definito con una rigidezza assiale, ma nessuna rigidezza flessionale, in quanto il comportamento meccanico principale che si intende sondare è quello sotto carico orizzontale dovuto al sisma.

Combinazioni di carico adottate

Secondo le prescrizioni da normativa, le condizioni di carico da esaminare devono considerare almeno due distribuzioni di forze d'inerzia, ricadenti l'una nelle distribuzioni principali (Gruppo 1) e l'altra nelle distribuzioni secondarie (Gruppo 2) appresso illustrate.

- distribuzione proporzionale alle Forze statiche (Gruppo 1)
- distribuzione uniforme di forze, da intendersi come derivata da una distribuzione uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione (Gruppo 2);

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 si verifica il decadimento del taglio al 80% dal suo valore di picco. Si calcola così il valore dello spostamento massimo alla base dell'edificio generato da quella distribuzione di forze. Questo valore di spostamento costituisce il valore ultimo dell'edificio.

Lo spostamento preso in esame per il tracciamento della curva di capacità è quello di un punto dell'edificio detto nodo di controllo.

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.

La normativa definisce una eccentricità accidentale del centro delle masse pari al 5% della massima dimensione dell'edificio in direzione perpendicolare al sisma.

In base alla tipologia dell'edificio e alle scelte progettuali che si ritengono più idonee, si può decidere la condizione di carico sismico da prendere in esame.

- Carico sismico: Individua quale delle due tipologie di distribuzioni (proporzionale alle masse o al primo modo) prendere in esame.
- Direzione: Individua la direzione lungo cui viene caricata la struttura (X o Y del sistema globale) dal carico sismico.

Al fine di individuare la condizione di carico sismico più gravosa, si è deciso di eseguire le analisi distinte per tipologia di carico, direzione del sisma e di eventuali eccentricità accidentali.

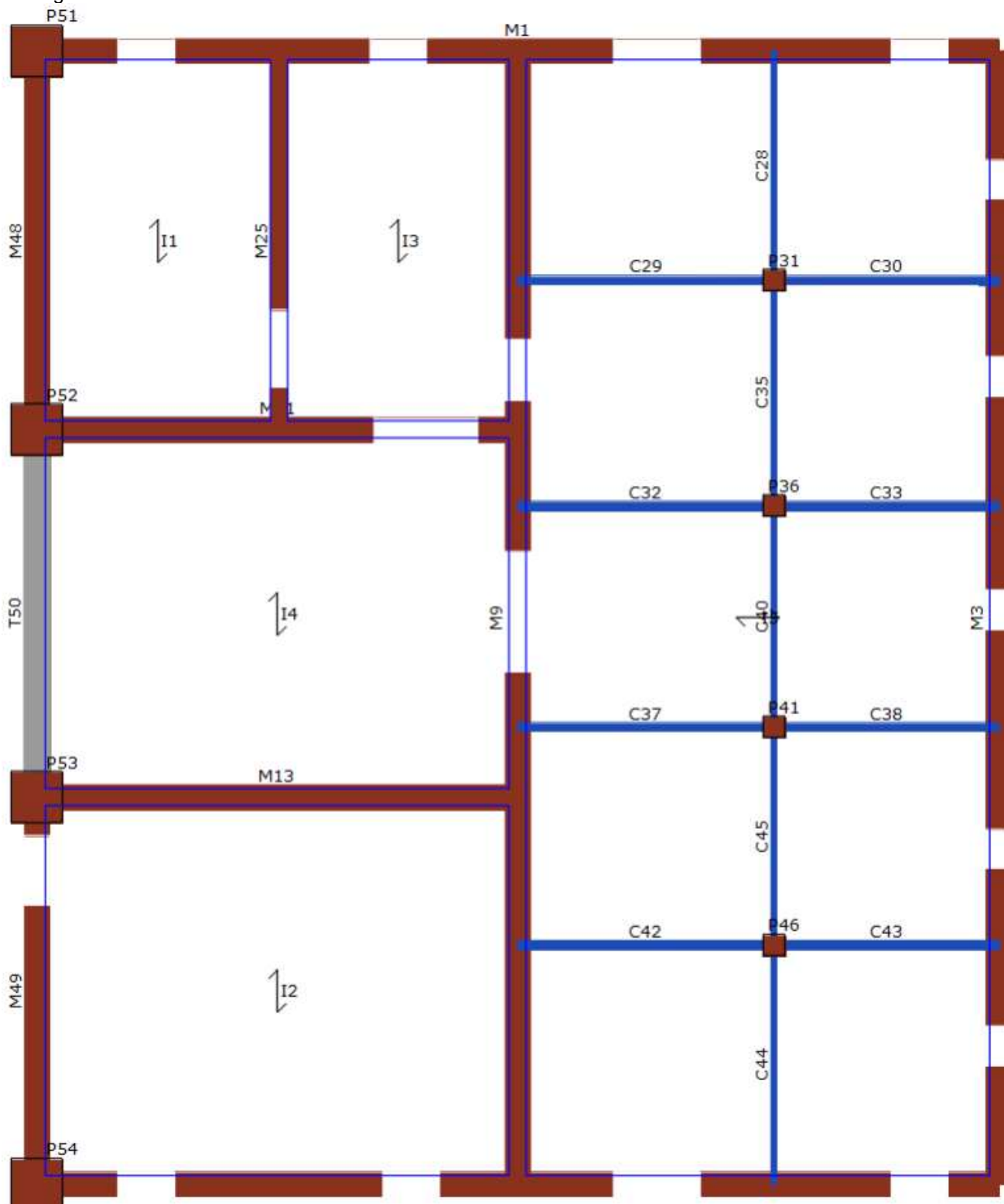
Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Di seguito si indicano l'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati riportando titolo, produttore e distributore, versione, estremi della licenza d'uso:

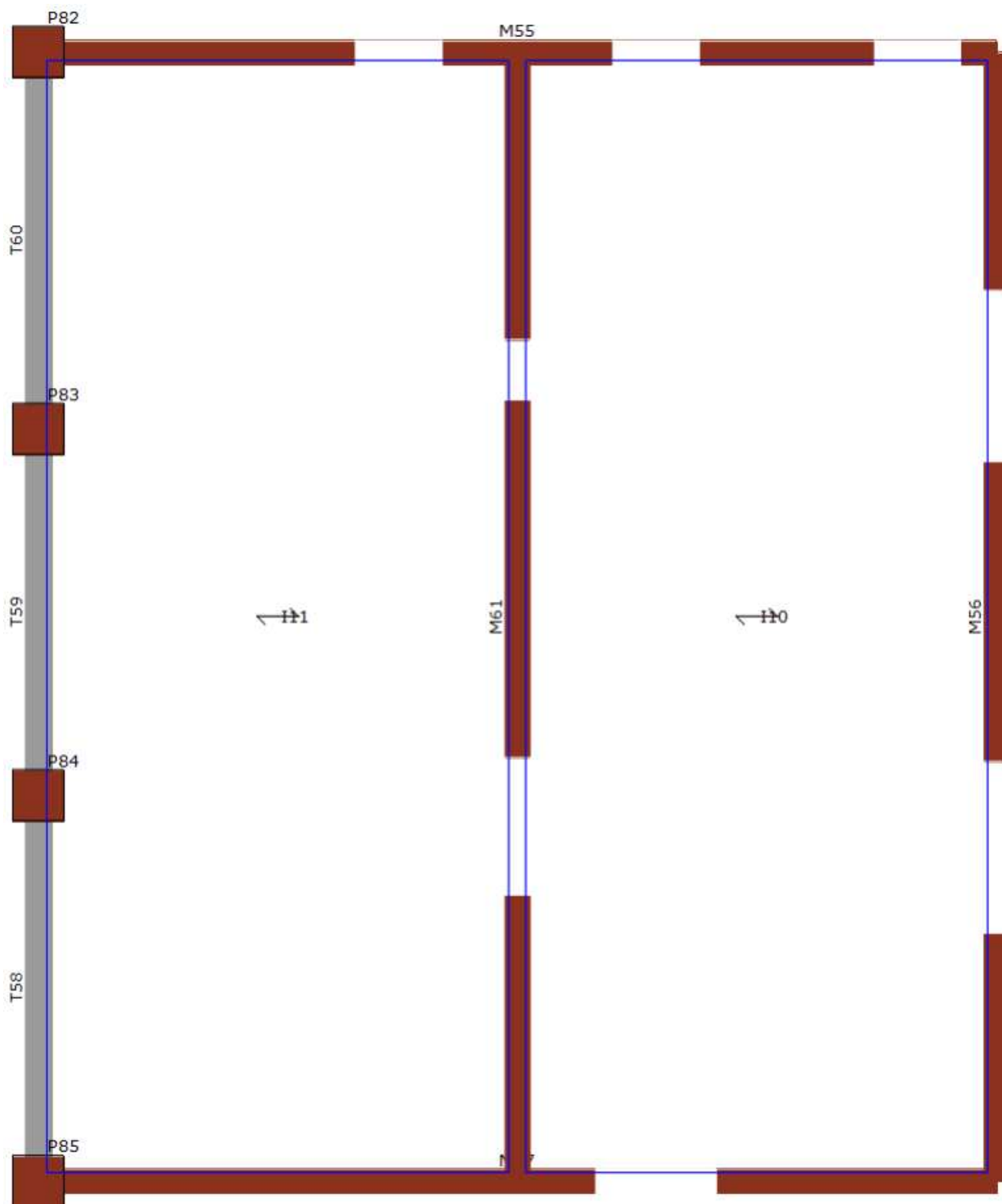
Sigla:	3MURI
Produzione e distribuzione:	S.T.A. DATA srl Corso Raffaello, 12 - 10126 TORINO (TO) tel. 0116699345 fax 0116699375 internet: http://www.stadata.com e.mail: info@stadata.com
Autori:	Prodotto: S.T.A. DATA srl Motore di calcolo: Responsabile Prof. Ing. Sergio LAGOMARSINO Prof. Ing. Serena CATTARI Prof. Ing. Andrea PENNA Ing. Alessandro GALASCO
Versione:	12.5.0.2
Numero Licenza:	(041262) Studio Tecnico Capellari ing. Luca & ing. Alberto

Presentazione dei risultati

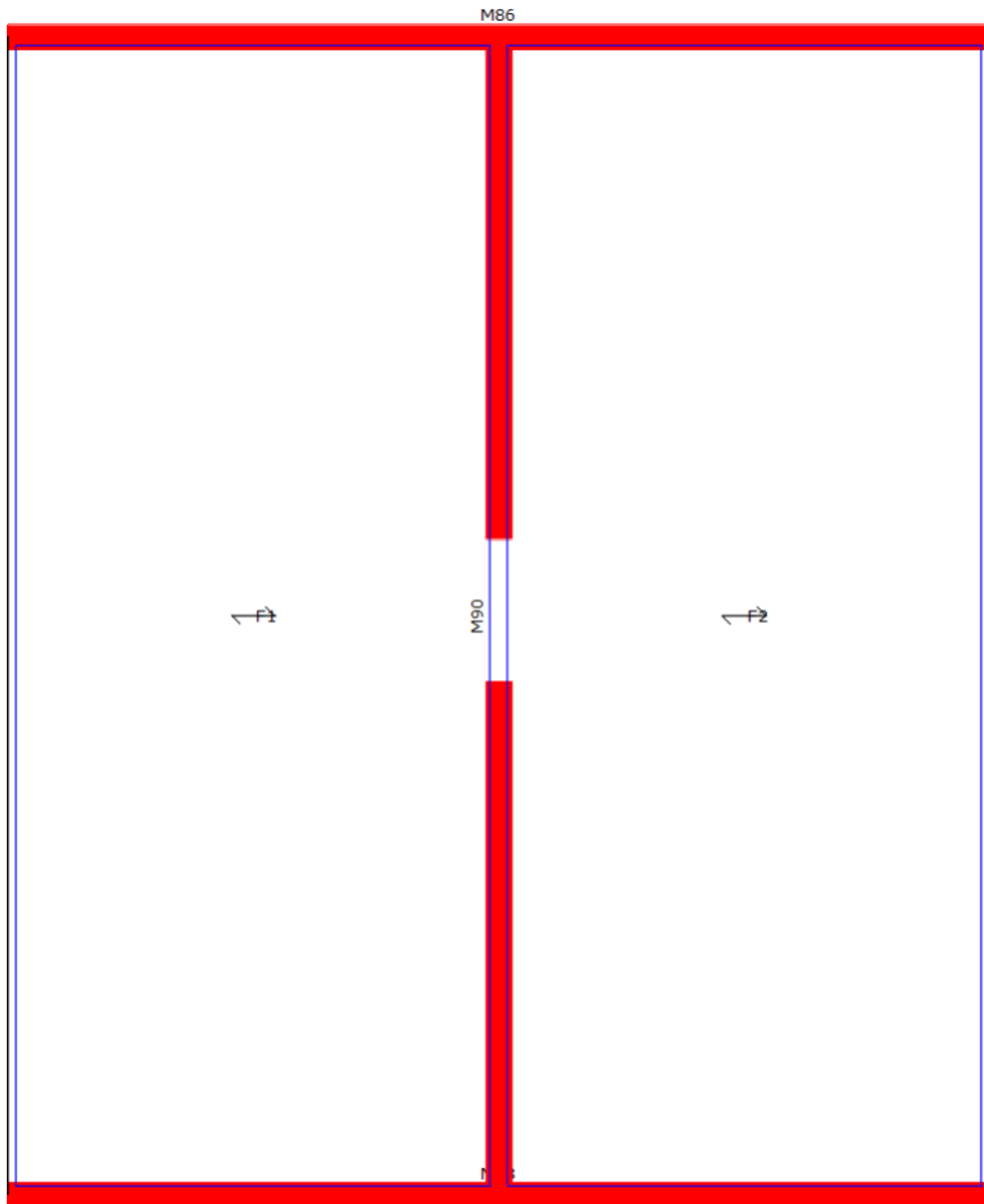
Immagini del modello



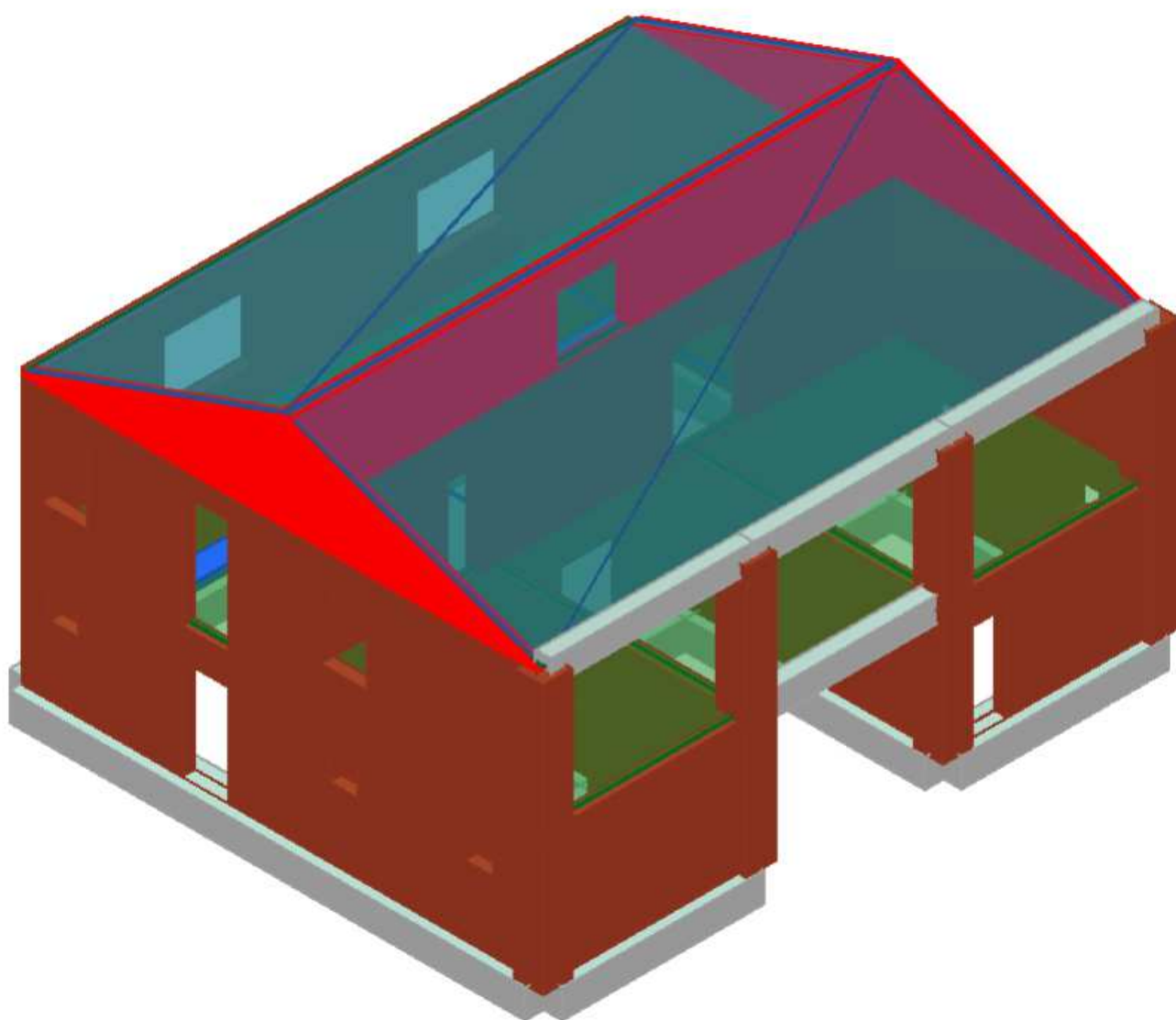
Vista pianta livello 1



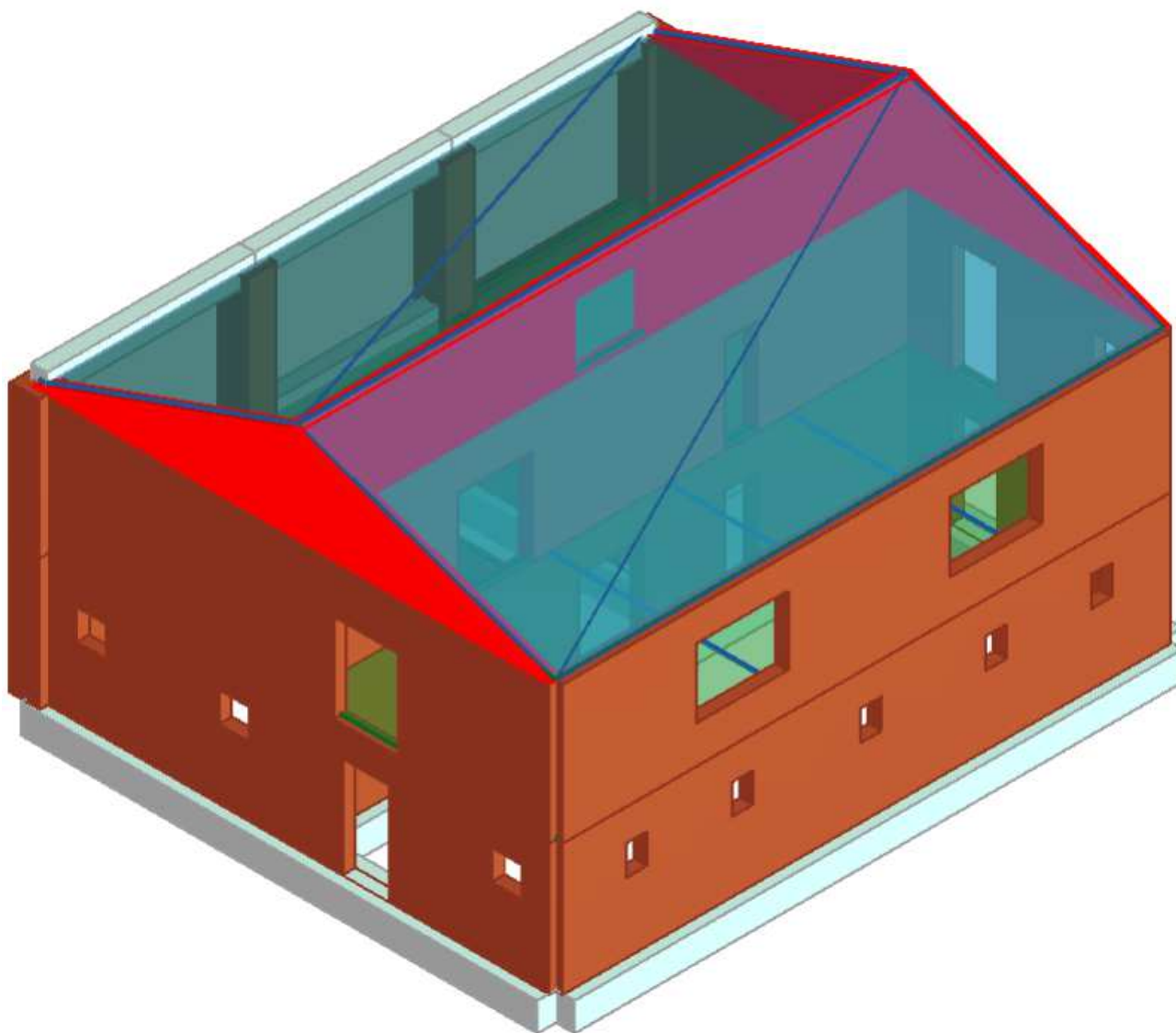
Vista pianta livello 2



Vista pianta livello 2 tetto



Vista 3D (1)



Vista 3D (2)

Inquadramento normativo

Sono stati recepiti, per le analisi di cui in seguito, i principi e le regole riportate nelle normative seguenti:

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 - "Norme tecniche per le Costruzioni"
- Circolare applicativa n°7 del 21 gennaio 2019

Parametri di progetto

Per la definizione dell'azione sismica si fa riferimento a:

- Categoria di sottosuolo: C
- Categoria topografica: T1
- Longitudine: 10.8169
- Latitudine: 44.6314
- Vita nominale: Opere ordinarie VN \geq 50 anni
- Classe d'uso II - Edifici ordinari, industrie non pericolose, ponti secondari

Gli spettri di risposta, sono definiti in funzione del reticolo di riferimento definito nella "Tabella 1" (parametri spettrali) in allegato alle Norme Tecniche.

Tale tabella fornisce, in funzione delle coordinate geografiche (latitudine, longitudine), i parametri necessari a tracciare lo spettro. I parametri forniti dal reticolo di riferimento sono:

a_g : accelerazione orizzontale massima del terreno;

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

La trilogia di valori qui descritta, è definita per un periodo di ritorno assegnato (TR), definito in base alla probabilità di superamento di ciascuno degli stati limite.

Tali valori, saranno pertanto definiti per ciascuno degli stati limite esaminati (vedere tabella).

Lo spettro sismico dipende anche dalla "Classe del suolo" e dalla "categoria topografica" (vedere tabella).

	a_g [m/s ²]	F_0	T_c^* [s]	T_r	S_s	T_b [s]	T_c [s]	T_d [s]
SLV	1.59	2.38	0.29	475.00	1.47	0.15	0.46	2.25
SLD	0.60	2.50	0.27	50.00	1.50	0.15	0.44	1.85

Descrizione dei materiali e del loro comportamento

Comportamento meccanico della muratura

Le proprietà meccaniche del materiale muratura sono definite in modo da individuarne al meglio il comportamento in campo non lineare.

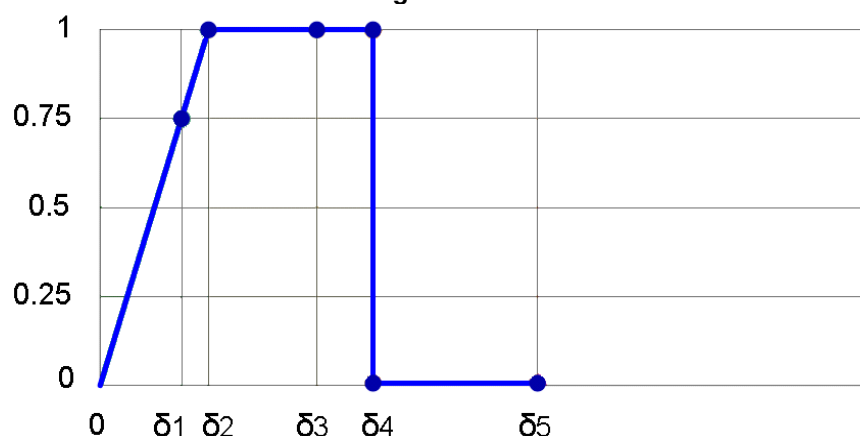
Le caratteristiche principali sono:

- Rigidezza iniziale secondo le caratteristiche elastiche (fessurate) del materiale;
- Redistribuzione delle sollecitazioni interne all'elemento tali da garantire l'equilibrio;
- Settaggio dello stato di danno secondo i parametri globali e locali;
- Degradazione della rigidezza nel ramo plastico;
- Controllo di duttilità mediante la definizione di drift massimo (δ_u) differenziato secondo quanto previsto nelle normative vigenti a seconda del meccanismo di danneggiamento agente sul pannello
- Eliminazione dell'elemento, al raggiungimento delle condizioni limite senza interruzione dell'analisi.

Il comportamento non lineare si attiva quando un valore di forza raggiunge il suo massimo valore definito come il minimo fra i criteri di resistenza pressoflessione e taglio.

Il comportamento dei maschi murari associati ai meccanismi di taglio e pressoflessione può essere descritto attraverso diversi tratti che rappresentano i progressivi livelli di danno.

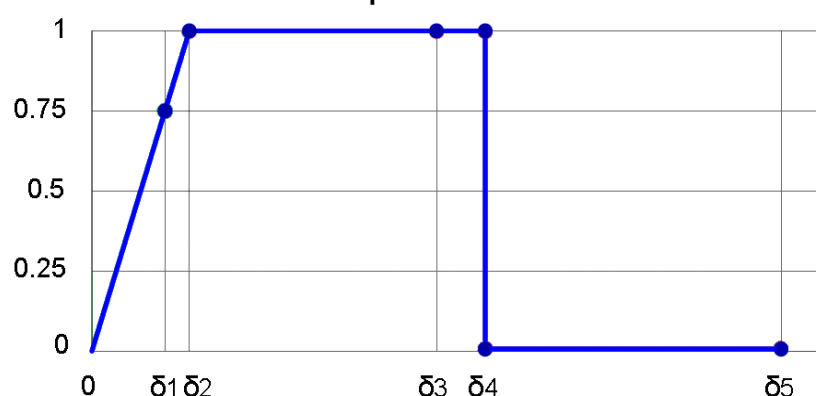
Maschio con meccanismo a taglio



Il comportamento del maschio murario a taglio si può descrivere attraverso i seguenti tratti, rappresentativi dei progressivi livelli di danno relativi al diagramma precedente:

0 - δ_1	elasticità
δ_1 - δ_2	incipiente di plasticità
δ_2 - δ_3	plastico per taglio
δ_3 - δ_4	incipiente rottura per taglio
δ_4 - δ_5	rottura per taglio
δ_5 - ∞	crisi grave

Maschio con meccanismo a pressoflessione



Il comportamento del maschio murario a pressoflessione, invece, si può descrivere attraverso i seguenti tratti:

0 - δ_1	elasticità
δ_1 - δ_2	incipiente di plasticità
δ_2 - δ_3	plastico per pressoflessione
δ_3 - δ_4	incipiente rottura per pressoflessione
δ_4 - δ_5	rottura per pressoflessione
δ_5 - ∞	crisi grave

Alcuni tra questi livelli di rottura sono necessari per descrivere con maggiore cura il progredire della crisi permettendo una più accurata previsione degli interventi e del livello di degrado della muratura:

- Incipiente plasticità: Quando un elemento si trova ancora in campo elastico ma è prossimo alla plasticità
- Incipiente rottura: Quando un elemento è in campo plastico ma è prossimo alla rottura
- Crisi grave: Quando in seguito alla rottura dell'elemento le deformazioni diventano talmente significative da poter generare un crollo locale.

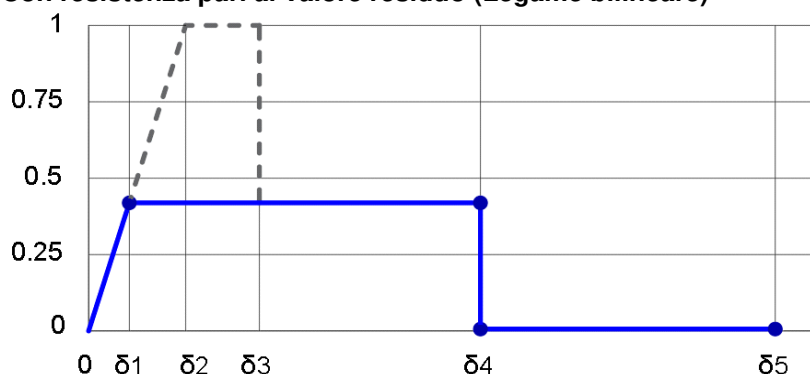
Il software mette a disposizione tre categorie di legame:

- Con degrado di resistenza a un valore residuo (Legame multilineare)
- Con resistenza pari al valore residuo (Legame bilineare)
- Priva di resistenza residua

Tra queste le categorie di legame utilizzate all'interno del progetto in esame sono:

- Con resistenza pari al valore residuo (Legame bilineare)

Con resistenza pari al valore residuo (Legame bilineare)



Questo tipo di legame è definito nella circolare al §C8.7.1.3.1 assumendo:

δ_4 : 0.015

δ_5 : $2 \cdot \delta_4$ Questa deformazione rappresenta lo stato di “crisi grave” non direttamente richiesta nella normativa ma utile come avviso per il progettista.

Questo tipo di legame è prodotto limitando il legame multilineare alla resistenza residua.

Nome	Tipo	Colore	Descrizione
Muratura	Muratura		
C20/25	Calcestruzzo		
ESISTENTE S 235	Acciaio strutturale		UNI EN10025-2 (laminati)
ESISTENTE_C25/30	Calcestruzzo		
ESISTENTE_B450	Acciaio armatura		NTC08
Muratura sottotetto	Muratura		

Muratura

Nome	Condizione del materiale	Tipo legame	E [N/mm ²]	Eh [N/mm ²]	G [N/mm ²]	Peso specifico [kN/m ³]	f _m [N/cm ²]
Muratura	Esistente	Muratura irregolare (Turnsek/Cacovic)	1,500.00	1,500.00	500.00	18	260.00
Muratura sottotetto	Esistente	Muratura irregolare (Turnsek/Cacovic)	4,550.00	4,550.00	1,137.50	15	500.00

Condizione del materiale: Esistente

Tipo legame: Muratura irregolare (Turnsek/Cacovic)

Nome	f _k [N/cm ²]	τ [N/cm ²]	FC	γ _m
Muratura	134.81	5.00	1.35	3.00
Muratura sottotetto	259.26	8.00	1.35	3.00

Calcestruzzo

Nome	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	Peso specifico [kN/m ³]	f _{cm} [N/mm ²]	f _{ck} [N/mm ²]	γ _c	α _{cc}
ESISTENTE_C25/30	31,476.00	13,115.00	25	24.4	25.0	1.50	0.85

Acciaio armatura

Nome	E [N/mm2]	G [N/mm2]	Peso specifico [kN/m3]	fym [N/mm2]	fyk [N/mm2]	γ s
ESISTENTE_B450	206,000.00	79,231.00	79	333.3	450.0	1.15

Acciaio strutturale

Nome	E [N/mm2]	G [N/mm2]	Peso specifico [kN/m3]	fym [N/mm2]	fyk [N/mm2]	γ s
ESISTENTE S 235	210,000.00	80,769.00	79	159.3	215.0	1.05

Combinazione delle azioni

Carico Sismico:

Le verifiche allo stato limite ultimo (SLV) e allo stato limite di esercizio (SLD; SLO); devono essere effettuate per la seguente combinazione [Norme Tecniche 2018 §2.5.3].

$$E + G_{k1} + G_{k2} + \sum_i \Psi_{2i} Q_{Ki}$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_{k1} + G_{k2} + \sum_i \Psi_{2i} Q_{Ki}$$

Carico Statico:

La verifica allo stato limite ultimo per carichi statici viene condotta con la seguente combinazione dei carichi.

$$\gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_Q \Psi_0 Q_k$$

dove:

E azione sismica per lo stato limite in esame;
 G_{k1} peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
 G_{k2} peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
 Q_{Ki} valore caratteristico della azione variabile;

Ψ_2 coefficiente di combinazione;

Ψ_0 coefficiente di combinazione per i carichi variabili

γ_{G1} ; γ_{G2} ; γ_Q : coefficienti parziali di sicurezza

I valori dei vari coefficienti sono scelti in base alla destinazione d'uso dei vari solai secondo quanto indicato nella norma. [Norme Tecniche 2018 Tabella 2.5.1].

Note

CDM : Considera solo contributo dinamico della massa

N. Solaio	Gk1 [daN/m2]	Gk2 [daN/m2]	Qk [daN/m2]	Carico dominant e	ψ0	ψ2
1	470	120	200	No	0.70	0.30
2	470	120	200	No	0.70	0.30
3	500	0	200	No	0.70	0.30
4	500	120	200	No	0.70	0.30
5	350	120	400	No	0.70	0.60
10	350	0	50	No	0.50	0.30
11	350	0	50	No	0.50	0.30

N. Falda	Gk1 [daN/m2]	Gk2 [daN/m2]	Qk [daN/m2]	Carico dominant e	ψ0	ψ2
1	140	0	120	No	0.50	0.00
2	140	0	120	No	0.50	0.00

Essendo:

ANALISI DEI CARICHI

SOLAIO IN LATEROCEMENTO

solaio laterocemento =	350	daN/mq
massetto =	88	daN/mq
pavimento =	30	daN/mq
TOTALE G1k =	468	daN/mq
TOTALE G2k =	120	daN/mq
TOTALE Qk =	200	daN/mq

SOLAIO A VOLTE

voltini =	72	daN/mq
soletta sp medio 7 cm =	168	daN/mq
isolcap =	60	daN/mq
massetto =	88	daN/mq
pavimento =	30	daN/mq
TOTALE G1k =	346	daN/mq
TOTALE G2k =	120	daN/mq
TOTALE Qk =	200	daN/mq

SOLAIO IN LATEROCEMENTO - SOTTOTETTO

solaio laterocemento =	350	daN/mq
TOTALE G1k =	350	daN/mq
TOTALE Qk =	50	daN/mq

SOLAIO COPERTURA

travetti varese =	35	daN/mq
tavelloni =	50	daN/mq
guaina =	5	daN/mq
coppi =	50	daN/mq
TOTALE G1k =	140	daN/mq
TOTALE Qk =	120	daN/mq

Verifiche per gli stati limite considerati

Secondo le indicazioni da normativa si devono eseguire le seguenti verifiche:

Stato limite Collasso (SLC):

D_u^{SLC}

: Spostamento massimo offerto dalla struttura corrispondente al minore tra:

- 1) il valore del taglio di base residuo pari all'80% di quello massimo
- 2) il valore corrispondente al raggiungimento della soglia limite della deformazione angolare a SLC in tutti i maschi murari verticali di qualunque livello in una qualunque parete ritenuta significativa ai fini della sicurezza.

Stato limite Vita (SLV):

$$D_{max}^{SLV} \leq D_u^{SLV}$$

D_{max}^{SLV}

: Spostamento massimo richiesto dalla normativa individuato dallo spettro elastico.

D_u^{SLV}

: Spostamento massimo offerto dalla struttura individuato in corrispondenza di $0.75 \cdot D_u^{SLC}$.
 $q^* < 3.0$

q^* : rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente

Stato limite di Danno (SLD):

$$D_{max}^{SLD} \leq D_u^{SLD}$$

D_{max}^{SLD}

: Spostamento massimo richiesto dalla normativa, calcolato in base allo spettro sismico definito per lo stato limite di danno.

D_u^{SLD}

: Spostamento minore tra:

- 1) quello corrispondente al limite elastico della bilineare equivalente definita a partire dallo spostamento ultimo a SLC
- 2) quello corrispondente al raggiungimento della resistenza massima a taglio in tutti i maschi murari verticali in un qualunque livello di una qualunque parte ritenuta significativa ai fini dell'uso della costruzione (e comunque non prima dello spostamento per il quale si raggiunge un taglio di base pari a 0.7500 del taglio di base massimo)

Vulnerabilità sismica

Per ciascuno stato limite eseguito viene calcolato l'indice di rischio α (α_{SLC} , α_{SLV} , α_{SLD} , α_{SLO}). Questi parametri vengono calcolati come indicato nel seguito:

$$\alpha_{SLV} = \frac{PGA_{CLV}}{PGA_{DLV}} ;$$

$$\alpha_{SLD} = \frac{PGA_{CLD}}{PGA_{DLD}} ;$$

Accelerazioni di capacità: l'entità massima delle azioni, considerate nelle combinazioni di progetto previste, che la struttura è capace di sostenere.

- PGA_{CLV} : accelerazione di capacità corrispondente a SLV

- PGA_{CLD} : accelerazione di capacità corrispondente a SLD

Accelerazioni di domanda : Valori di riferimento delle accelerazioni dell'azione sismica

Tali valori vengono definiti a partire dal carico sismico definito nella forma dello spettro.
#BSLC#

- PGA_{DLC} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLC #ESLC#
- PGA_{DLV} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLV
- PGA_{DLD} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLD

Dettaglio verifiche

N.	Dir. sisma	Carico sismico	Ecc. [cm]	Dmax SLV [cm]	Du SLV [cm]	q* SLV	SLV ver.
1	+X	Uniforme	0.0	0.86	0.41	1.87	No
2	+X	Forze statiche	0.0	1.04	0.81	2.19	No
3	-X	Uniforme	0.0	0.88	0.41	1.94	No
4	-X	Forze statiche	0.0	1.03	0.63	2.11	No
5	+Y	Uniforme	0.0	0.94	0.81	1.88	No
6	+Y	Forze statiche	0.0	1.12	1.49	2.04	Sì
7	-Y	Uniforme	0.0	0.97	0.86	1.95	No
8	-Y	Forze statiche	0.0	1.16	0.95	2.11	No
9	+X	Uniforme	66.3	0.91	0.73	2.08	No
10	+X	Uniforme	-66.3	0.85	0.35	1.86	No
11	+X	Forze statiche	66.3	1.06	0.88	2.20	No
12	+X	Forze statiche	-66.3	1.03	0.84	2.17	No
13	-X	Uniforme	66.3	0.90	0.48	1.98	No
14	-X	Uniforme	-66.3	0.86	0.34	1.91	No
15	-X	Forze statiche	66.3	1.08	0.89	2.26	No
16	-X	Forze statiche	-66.3	1.01	0.62	2.07	No
17	+Y	Uniforme	56.3	0.92	0.80	1.87	No
18	+Y	Uniforme	-56.3	0.95	0.81	1.87	No
19	+Y	Forze statiche	56.3	1.10	1.53	2.03	Sì
20	+Y	Forze statiche	-56.3	1.14	1.49	2.06	Sì
21	-Y	Uniforme	56.3	0.96	0.81	1.95	No
22	-Y	Uniforme	-56.3	0.99	0.86	1.95	No
23	-Y	Forze statiche	56.3	1.14	0.94	2.11	No
24	-Y	Forze	-56.3	1.19	1.00	2.12	No

		statiche					
--	--	----------	--	--	--	--	--

N.	Dir. sisma	Carico sismico	Ecc. [cm]	Dmax SLD [cm]	Dd SLD [cm]	SLD ver.
1	+X	Uniforme	0.0	0.19	0.25	Sì
2	+X	Forze statiche	0.0	0.23	0.26	Sì
3	-X	Uniforme	0.0	0.19	0.24	Sì
4	-X	Forze statiche	0.0	0.23	0.27	Sì
5	+Y	Uniforme	0.0	0.21	0.28	Sì
6	+Y	Forze statiche	0.0	0.26	0.32	Sì
7	-Y	Uniforme	0.0	0.22	0.28	Sì
8	-Y	Forze statiche	0.0	0.27	0.32	Sì
9	+X	Uniforme	66.3	0.19	0.23	Sì
10	+X	Uniforme	-66.3	0.19	0.25	Sì
11	+X	Forze statiche	66.3	0.24	0.26	Sì
12	+X	Forze statiche	-66.3	0.22	0.25	Sì
13	-X	Uniforme	66.3	0.20	0.24	Sì
14	-X	Uniforme	-66.3	0.19	0.24	Sì
15	-X	Forze statiche	66.3	0.24	0.26	Sì
16	-X	Forze statiche	-66.3	0.23	0.27	Sì
17	+Y	Uniforme	56.3	0.21	0.27	Sì
18	+Y	Uniforme	-56.3	0.22	0.28	Sì
19	+Y	Forze statiche	56.3	0.26	0.31	Sì
20	+Y	Forze statiche	-56.3	0.27	0.32	Sì
21	-Y	Uniforme	56.3	0.21	0.27	Sì
22	-Y	Uniforme	-56.3	0.23	0.28	Sì
23	-Y	Forze statiche	56.3	0.26	0.31	Sì
24	-Y	Forze statiche	-56.3	0.28	0.33	Sì

N.	Dir. sisma	Carico sismico	Ecc. [cm]	α SLV	α SLD
1	+X	Uniforme	0.0	0.657	1.314
2	+X	Forze statiche	0.0	0.837	1.123
3	-X	Uniforme	0.0	0.640	1.263
4	-X	Forze statiche	0.0	0.721	1.163
5	+Y	Uniforme	0.0	0.909	1.308
6	+Y	Forze statiche	0.0	1.237	1.205

7	-Y	Uniforme	0.0	0.917	1.262
8	-Y	Forze statiche	0.0	0.867	1.162
9	+X	Uniforme	66.3	0.863	1.182
10	+X	Uniforme	-66.3	0.612	1.320
11	+X	Forze statiche	66.3	0.872	1.117
12	+X	Forze statiche	-66.3	0.866	1.129
13	-X	Uniforme	66.3	0.682	1.240
14	-X	Uniforme	-66.3	0.603	1.288
15	-X	Forze statiche	66.3	0.867	1.084
16	-X	Forze statiche	-66.3	0.727	1.189
17	+Y	Uniforme	56.3	0.917	1.309
18	+Y	Uniforme	-56.3	0.904	1.313
19	+Y	Forze statiche	56.3	1.278	1.211
20	+Y	Forze statiche	-56.3	1.220	1.193
21	-Y	Uniforme	56.3	0.895	1.258
22	-Y	Uniforme	-56.3	0.910	1.258
23	-Y	Forze statiche	56.3	0.877	1.161
24	-Y	Forze statiche	-56.3	0.883	1.158














Dalla tabella riassuntiva dei risultati sopra riportata si desume che le verifiche risultano non soddisfatte, le analisi più significative sono la n°. 14 e la n°. 8 , rispettivamente per le direzioni X ed Y .














La scelta di tali analisi come analisi “significative” è fatta in base alla ricerca del minore valore del parametro di vulnerabilità sismica.

Riportiamo qui di seguito i dettagli delle analisi sopra citate.

Sintesi dei risultati

Legenda risultati

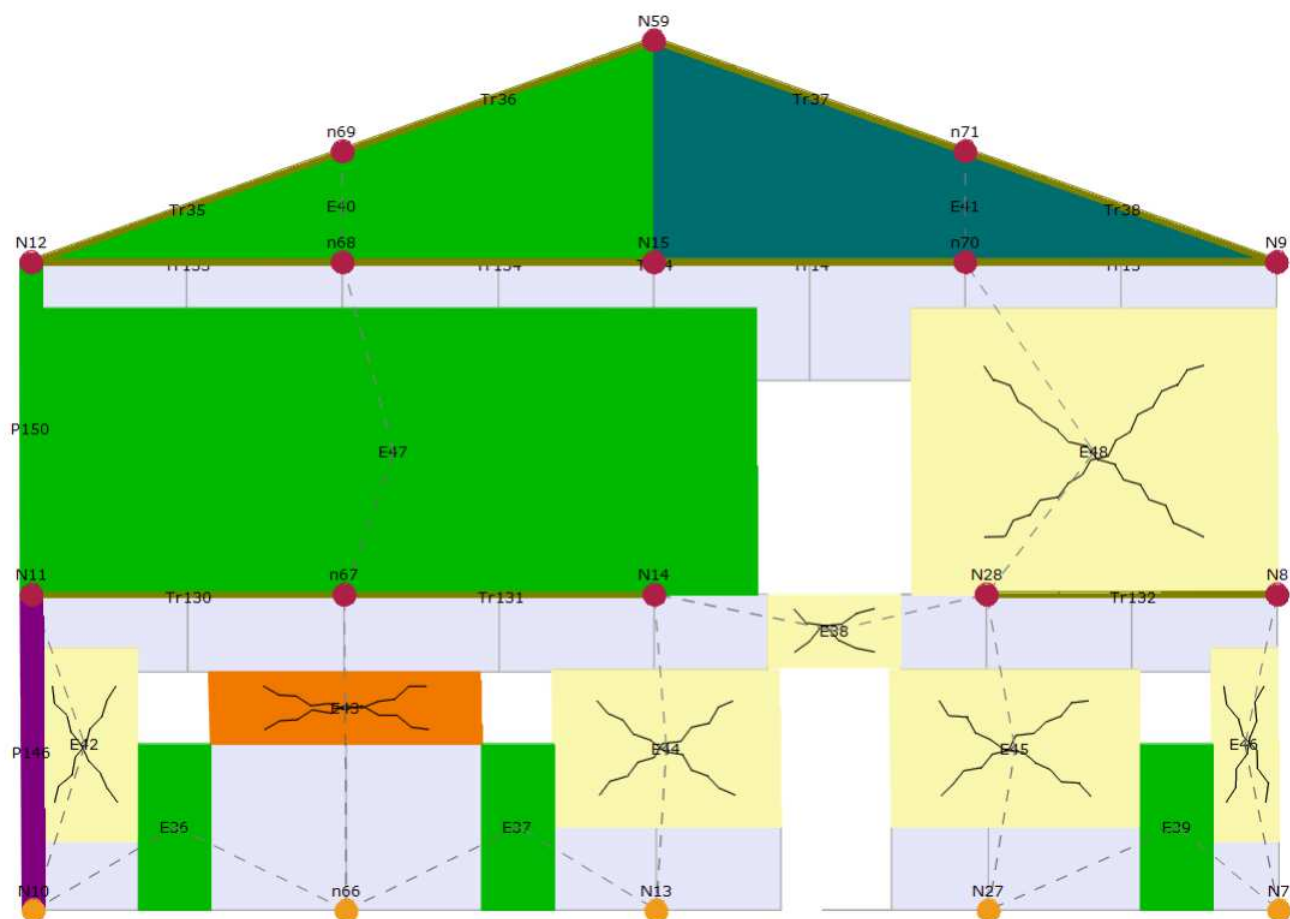
C.A.	
	Integro
	Rottura per taglio
	Plastico presso flessione
	Rottura presso flessione
	Rottura per compressione
	Rottura per trazione
	Rottura per taglio
Legno	
	Integro
	Rottura presso flessione
	Rottura per compressione
	Rottura per trazione
Acciaio	
	Integro
	Plastico presso flessione

Muratura	
	Integro
	Incipiente plasticità
	Plastico per taglio
	Incipiente rottura per taglio
	Rottura per taglio
	Plastico presso flessione
	Incipiente rottura presso flessione
	Rottura presso flessione
	Crisi grave
	Rottura per compressione
	Rottura per trazione
	Rottura in fase elastica
	Elemento non efficace

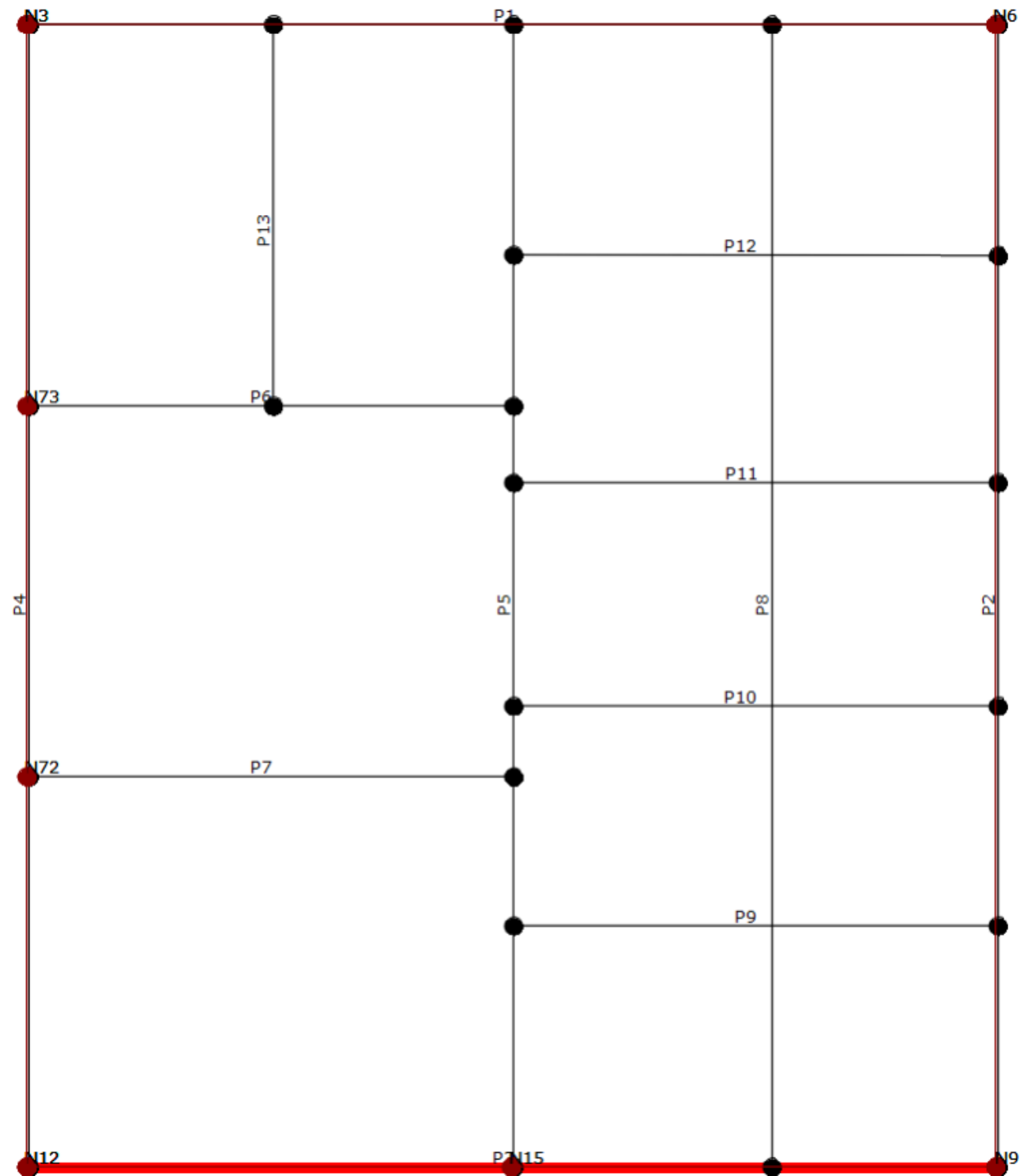
	Plastico per compressione
	Plastico per trazione
	Elemento non efficace
	Ritorno in fase elastica

Analisi sismica n. 14 Direzione X

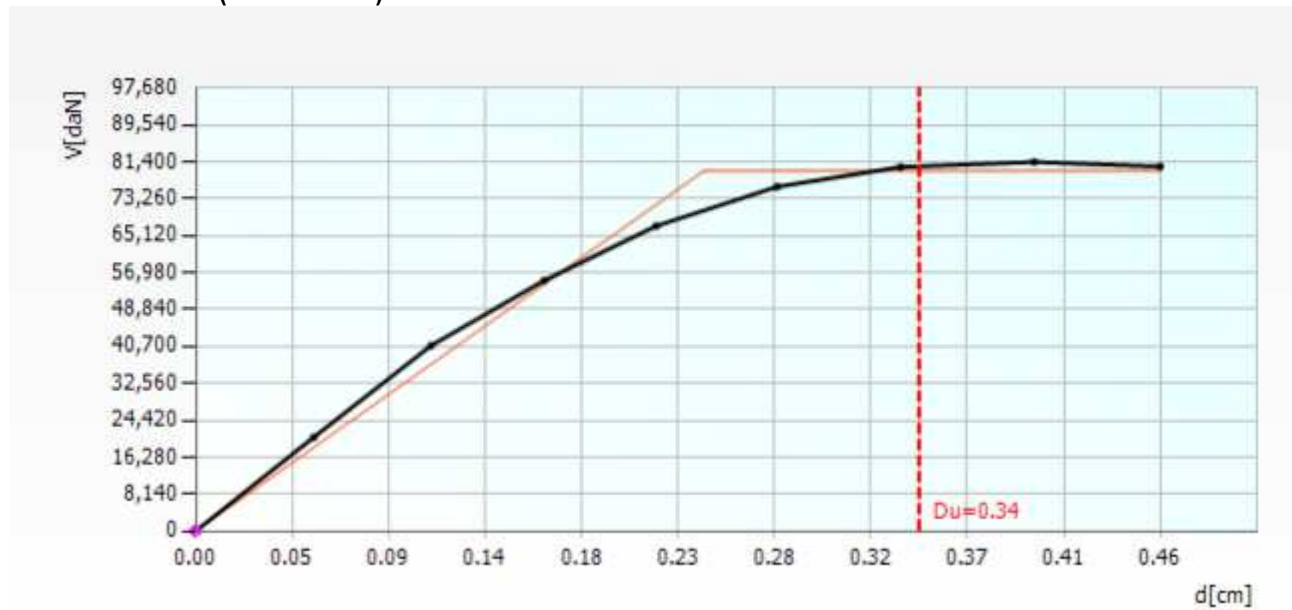
Analisi sismica n. 14 Parete 3 Sottopasso 9



Deformata Pianta



Curva Pushover (analisi n. 14)



Vulnerabilità Sismica

	TRc							TR=cost		
	TR C	TR D	α TR	PGA [m/s ²]	D PGA (TR) [m/s ²]	C F0 (TR)	T* C (TR)	α (TR)	PGA [m/s ²]	C α PGA
SLD	91	50	1.8200	0.6043	0.7868	2.47	0.28	1.3019	0.7782	1.2878
SLO	0	30	0.0000	0.4866	0.0000	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000

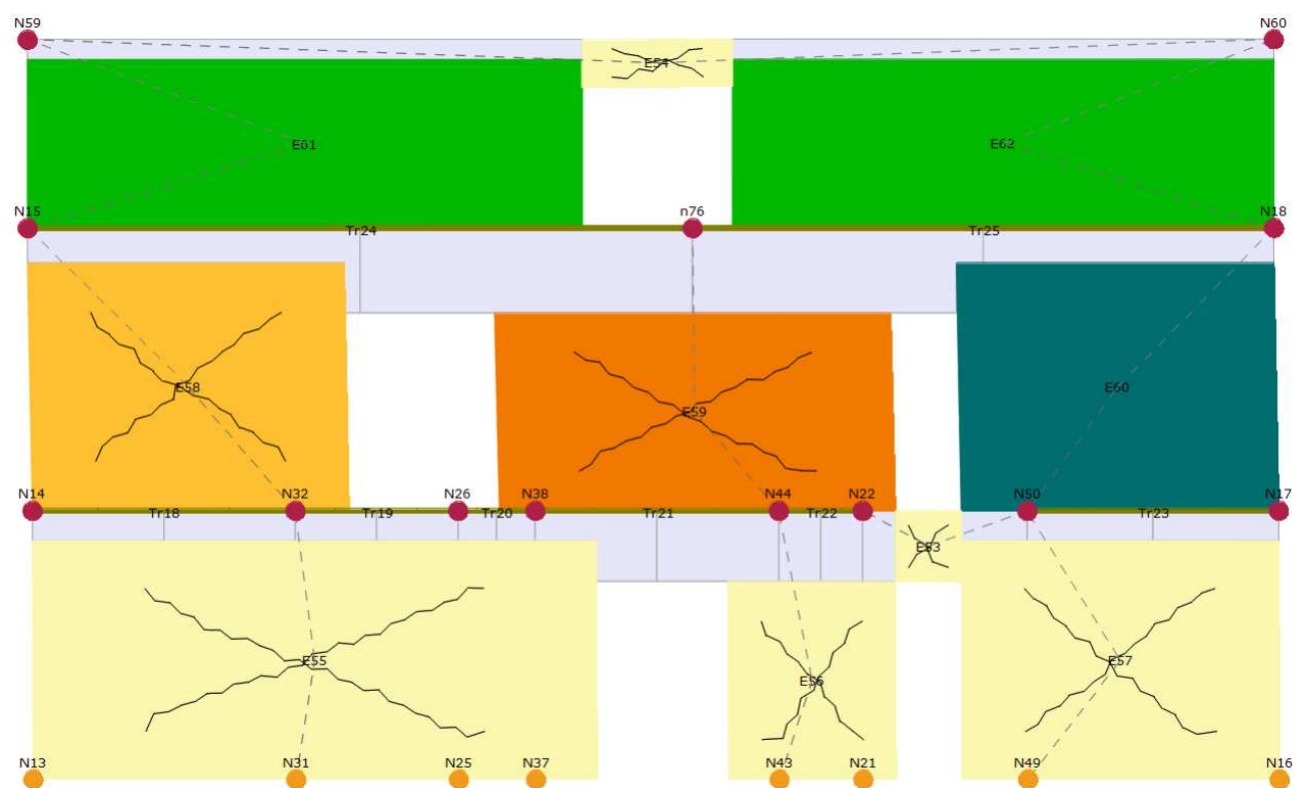
I valori delle PGA riportati sono da ritenersi calcolati su suolo rigido.

Il medesimo valore su suolo di riferimento è ottenibile moltiplicando gli stessi per $(SS \cdot St)$; i corrispondenti valori nella tabella seguente.

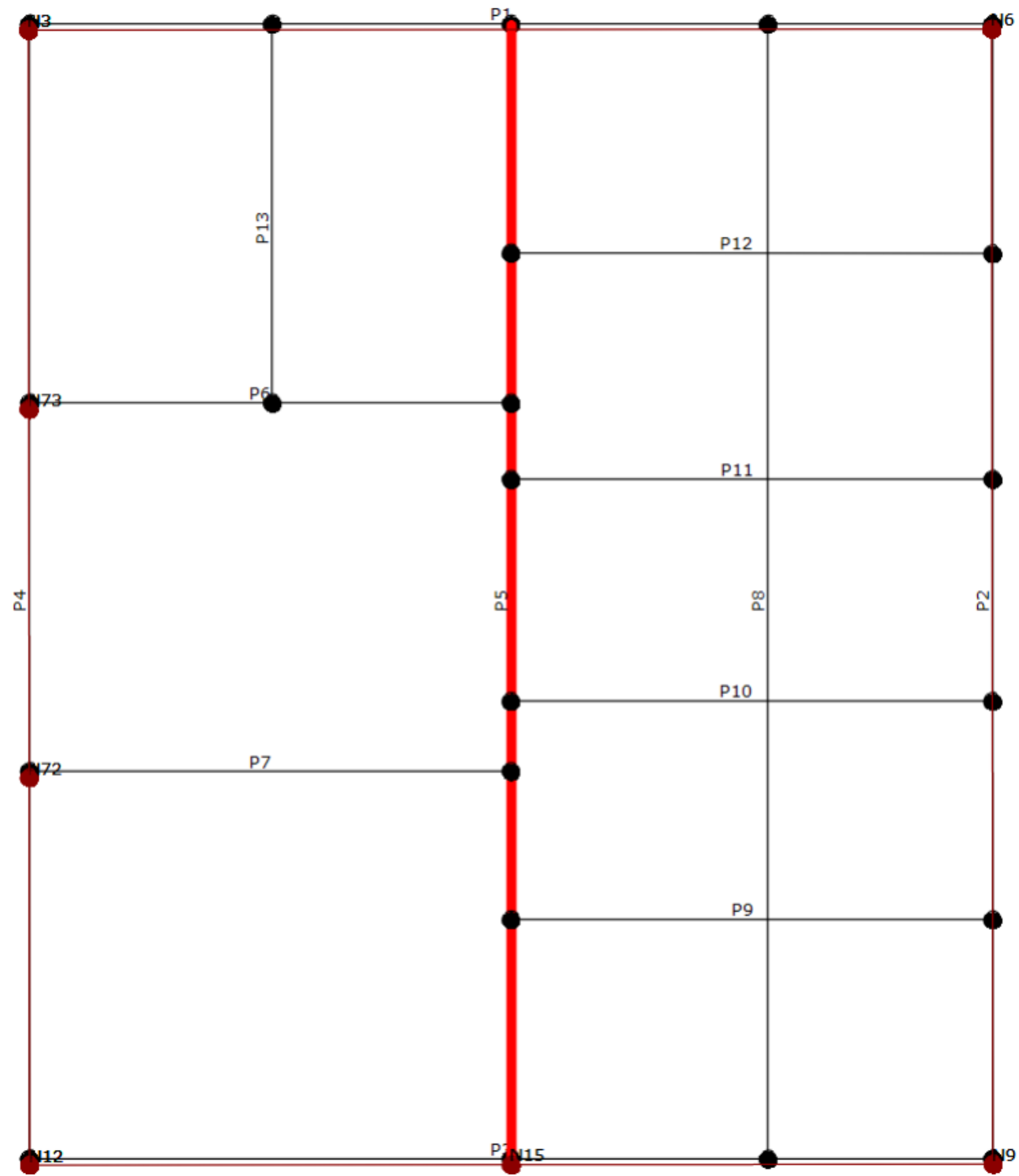
	TRc							TR=cost		
	TR C	TR D	α TR	PGA [m/s ²]	D PGA (TR) [m/s ²]	C F0 (TR)	T* C (TR)	α (TR)	PGA [m/s ²]	C α PGA
SLD	91	50	1.8200	0.9064	1.1801	2.47	0.28	1.3019	1.1673	1.2878
SLO	0	30	0.0000	0.7299	0.0000	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000

Analisi sismica n. 8 Direzione Y

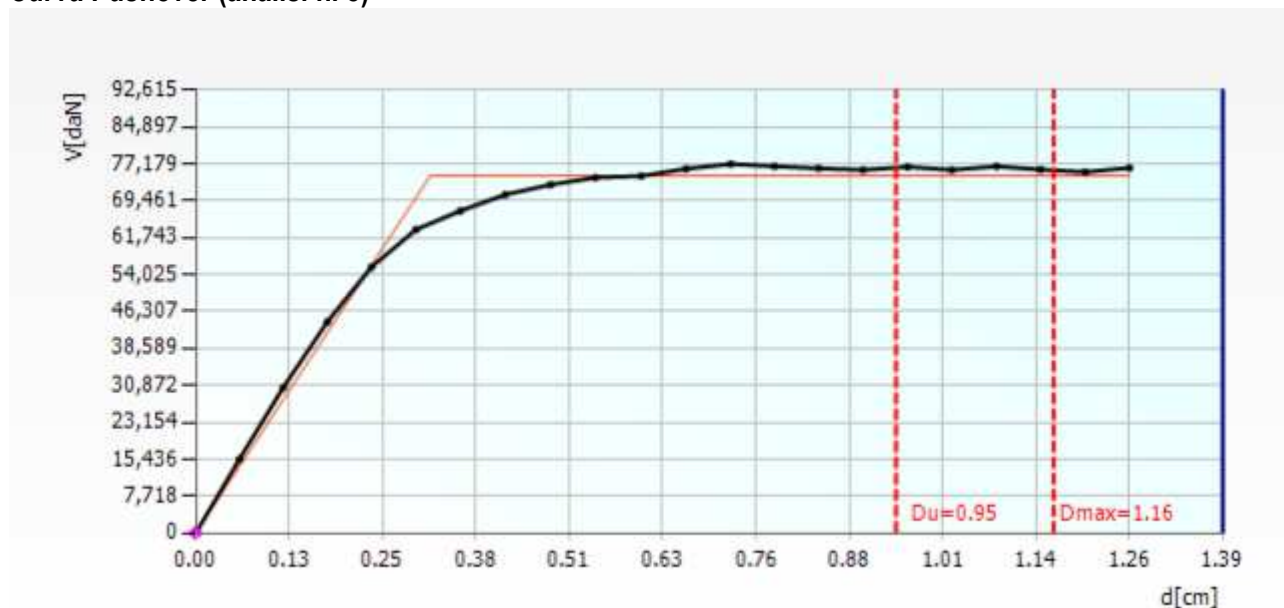
Analisi sismica n. 8 Parete 5 Sottopasso 22



Deformata Pianta



Curva Pushover (analisi n. 8)



Vulnerabilità Sismica

	TRc					TR=cost				
	TR C	TR D	α TR	PGA [m/s ²]	D PGA (TR) [m/s ²]	C F0 (TR)	T* C (TR)	α (TR)	PGA [m/s ²]	C α PGA
SLD	71	50	1.4200	0.6043	0.7073	2.47	0.27	1.1705	0.7020	1.1617
SLO	0	30	0.0000	0.4866	0.0000	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000

I valori delle PGA riportati sono da ritenersi calcolati su suolo rigido.

Il medesimo valore su suolo di riferimento è ottenibile moltiplicando gli stessi per (SS*St); i corrispondenti valori nella tabella seguente.

	TRc					TR=cost				
	TR C	TR D	α TR	PGA [m/s ²]	D PGA (TR) [m/s ²]	C F0 (TR)	T* C (TR)	α (TR)	PGA [m/s ²]	C α PGA
SLD	71	50	1.4200	0.9064	1.0610	2.47	0.27	1.1705	1.0530	1.1617
SLO	0	30	0.0000	0.7299	0.0000	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000

Conclusioni

Analisi sismica n. 14 Direzione X

Analisi sismica n. 8 Direzione Y

Stato limite	α PGA (TR)	α TR	α PGA (TR)	α TR
SLV	0.5773	0.2695	0.8460	0.6547

(*) Tutti i valori di α_{TR} sono da ritenersi calcolati come $\alpha_{TR}=TR_C/TR_D$ (privi di qualsiasi esponente correttivo).

In base alla tipologia di edificio si assume $\zeta_{E_lim}= 1.000$

La verifica non risulta superata, la condizione più gravosa si ha in corrispondenza della direzione [X] del sisma.

Allegati

Elementi di struttura

Livello 1

Pannello murario

N.	Parete	Materiale	Rinforzo	Quota [cm]	Altezza [cm]	Spessore [cm]
1	1	Muratura	-	285	285	28.0
3	2	Muratura	-	285	285	28.0
5	3	Muratura	-	285	285	28.0
48	4	Muratura	-	285	285	28.0
49	4	Muratura	-	285	285	28.0
9	5	Muratura	-	285	285	28.0
11	6	Muratura	-	285	285	28.0
13	7	Muratura	-	285	285	28.0
25	13	Muratura	-	285	285	20.0

Trave C.A. (1)

N.	Parete	Materiale calcestruzzo	Materiale acciaio	Quota I [cm]	Quota J [cm]	Base sezione [cm]	Altezza sezione [cm]	J [cm4]
50	4	ESISTENTE_C25/30	ESISTENTE_B450	285	285	30.0	50.0	312,500.00

Trave C.A. (2)

N.	Parete	Af intradosso [cm2]	Af estradosso [cm2]	N. barre intradosso	N. barre estradosso	Copriferro [cm]	Passo staffe [cm]	Area staffe [cm2]
50	4	6.03	6.03	3	3	2.5	20	1.01

Trave Acciaio / Legno

N.	Parete	Materiale	Quota I [cm]	Quota J [cm]	Area [cm2]	J [cm4]	W plastico [cm3]
28	8	ESISTENTE S 235	285	285	39.12	3,892.00	324.33
35	8	ESISTENTE S 235	285	285	39.12	3,892.00	324.33
40	8	ESISTENTE S 235	285	285	39.12	3,892.00	324.33
44	8	ESISTENTE S 235	285	285	39.12	3,892.00	324.33
45	8	ESISTENTE S 235	285	285	39.12	3,892.00	324.33

Catena

N.	Parete	Materiale	Quota [cm]	Diametro [mm]	Tiro [daN]
42	9	ESISTENTE S 235	285	20	400
43	9	ESISTENTE S 235	285	20	400
37	10	ESISTENTE S 235	285	20	400
38	10	ESISTENTE S 235	285	20	400
32	11	ESISTENTE S 235	285	20	400
33	11	ESISTENTE S 235	285	20	400
29	12	ESISTENTE S 235	285	20	400
30	12	ESISTENTE S 235	285	20	400

Pilastro Muratura

N.	Materiale	Quota [cm]	Base sezione [cm]	Altezza sezione [cm]	Area [cm ²]	Angolo [°]	Altezza [cm]
31	Muratura	285	25.0	25.0	625.00	0	285
36	Muratura	285	25.0	25.0	625.00	0	285
41	Muratura	285	25.0	25.0	625.00	0	285
46	Muratura	285	25.0	25.0	625.00	0	285
51	Muratura	285	60.0	60.0	3,600.00	0	285
52	Muratura	285	60.0	60.0	3,600.00	0	285
53	Muratura	285	60.0	60.0	3,600.00	0	285
54	Muratura	285	60.0	60.0	3,600.00	0	285

Solaio

N.	Quota [cm]	Spessore [cm]	G [N/mm ²]	Ex [N/mm ²]	Ey [N/mm ²]	Scarico masse	Tipo
1	285	5.0	12,500.00	51,600.00	30,000.00	Monodirezionale	Latero cemento
2	285	5.0	12,500.00	51,600.00	30,000.00	Monodirezionale	Latero cemento
3	285	5.0	12,500.00	51,600.00	30,000.00	Monodirezionale	Latero cemento
4	285	4.0	13,420.83	17,106.25	0.00	Monodirezionale	Putrelle e voltini
5	285	5.0	12,500.00	51,600.00	30,000.00	Monodirezionale	Putrelle e voltini

Livello 2

Pannello murario

N.	Parete	Materiale	Rinforzo	Quota [cm]	Altezza [cm]	Spessore [cm]
55	1	Muratura	-	585	300	28.0
56	2	Muratura	-	585	300	28.0
57	3	Muratura	-	585	300	28.0
61	5	Muratura	-	585	300	28.0

Trave C.A. (1)

N.	Parete	Materiale calcestruzzo	Materiale acciaio	Quota I [cm]	Quota J [cm]	Base sezione [cm]	Altezza sezione [cm]	J [cm ⁴]
58	4	ESISTENTE_C25/30	ESISTENTE_B45	585	585	30.0	50.0	312,500.00
59	4	ESISTENTE_C25/30	ESISTENTE_B45	585	585	30.0	50.0	312,500.00
60	4	ESISTENTE_C25/30	ESISTENTE_B45	585	585	30.0	50.0	312,500.00

Trave C.A. (2)

N.	Parete	Af intradosso [cm ²]	Af estradosso [cm ²]	N. barre intradosso	N. barre estradosso	Copriferro [cm]	Passo staffe [cm]	Area staffe [cm ²]
58	4	6.03	6.03	3	3	2.5	20	1.01
59	4	6.03	6.03	3	3	2.5	20	1.01
60	4	6.03	6.03	3	3	2.5	20	1.01

Pilastro Muratura

N.	Materiale	Quota [cm]	Base sezione [cm]	Altezza sezione [cm]	Area [cm ²]	Angolo [°]	Altezza [cm]
82	Muratura	585	60.0	60.0	3,600.00	0	300
83	Muratura	585	60.0	60.0	3,600.00	0	300
84	Muratura	585	60.0	60.0	3,600.00	0	300
85	Muratura	585	60.0	60.0	3,600.00	0	300

Solaio

N.	Quota [cm]	Spessore [cm]	G [N/mm ²]	Ex [N/mm ²]	Ey [N/mm ²]	Scarico masse	Tipo
10	585	5.0	12,500.00	51,600.00	30,000.00	Monodirezionale	Latero cemento
11	585	5.0	12,500.00	51,600.00	30,000.00	Monodirezionale	Latero cemento

Elementi di copertura

Livello 2

Pannello murario

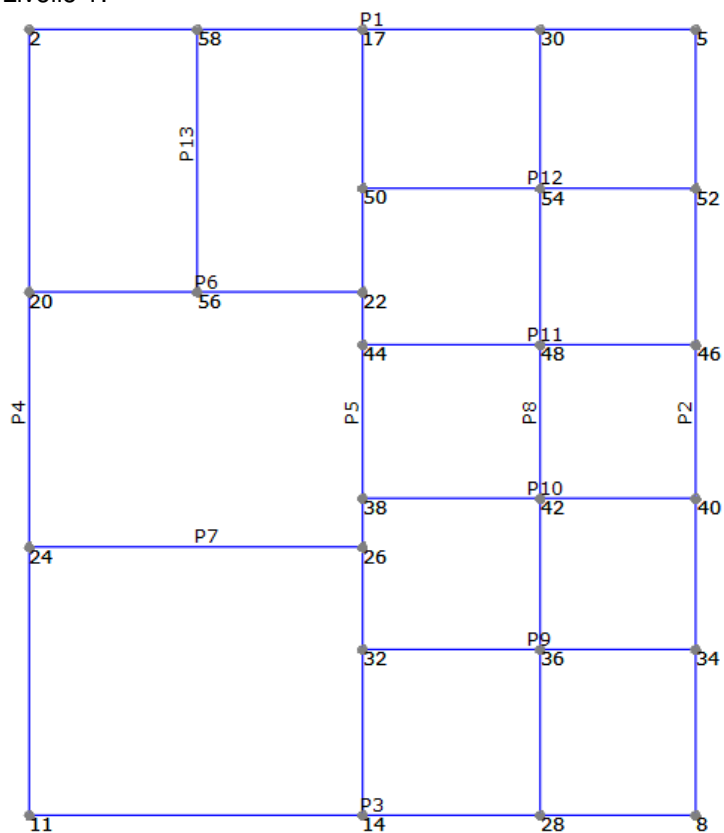
N.	Parete	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]
55	1	Muratura	-	28.0
86	1	Muratura sottotetto	-	28.0
56	2	Muratura	-	28.0
57	3	Muratura	-	28.0
88	3	Muratura sottotetto	-	28.0
61	5	Muratura	-	28.0
90	5	Muratura sottotetto	-	28.0

Falda

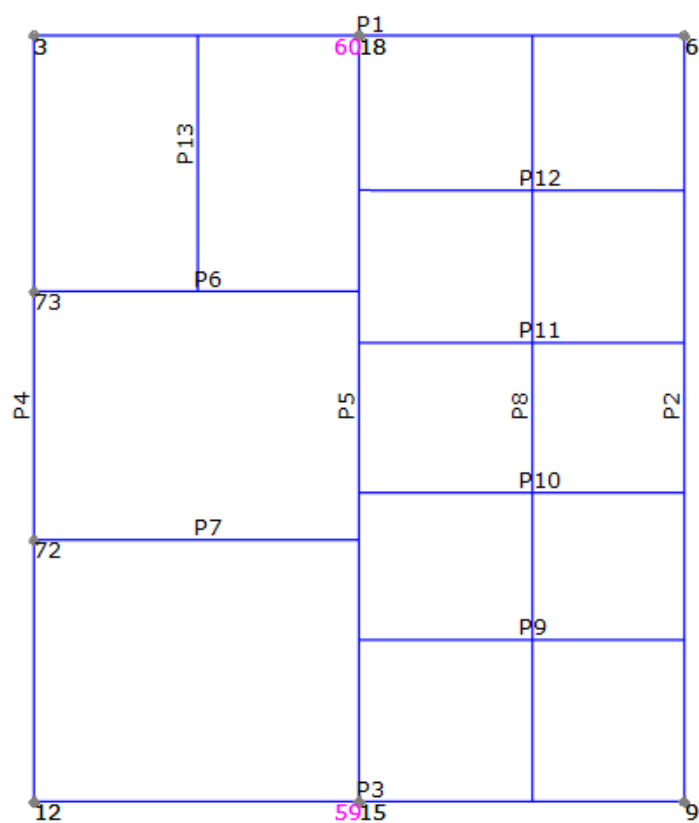
N.	Quota min [cm]	Quota max [cm]	Spessore [cm]	G [N/mm ²]	Ex [N/mm ²]	Ey [N/mm ²]	Scarico masse	Tipo
1	585	785	4.0	10.00	8,333.33	0.00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato semplice
2	585	785	4.0	10.00	8,333.33	0.00	Monodirezionale	Legno con travetti affiancati e tavolato semplice

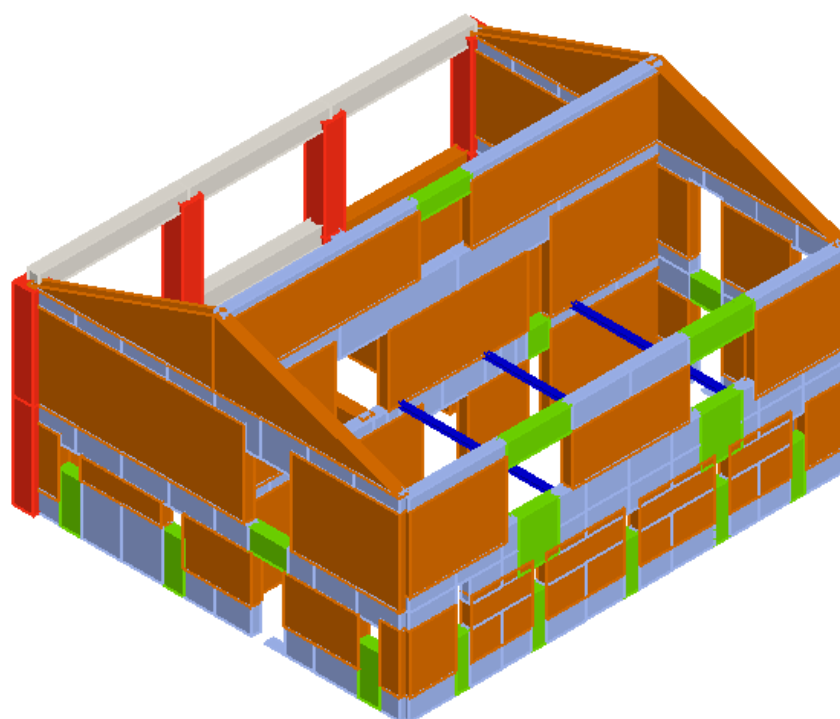
Telaio equivalente

Livello 1:

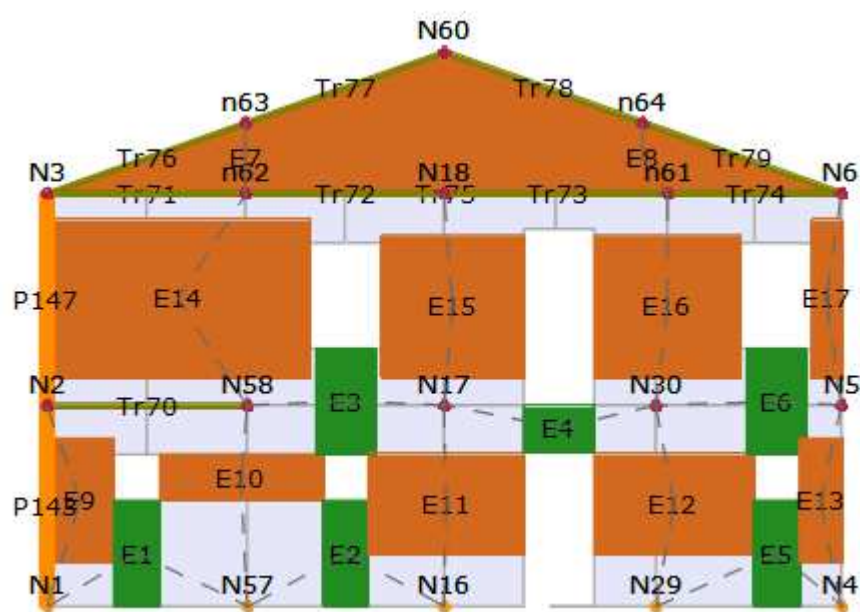


Livello 2:





Parete : 1



Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
1	-124	1,255	0	0
57	160	1,255	0	0
16	439	1,255	0	0
29	739	1,255	0	0
4	1,001	1,255	0	0
2	-124	1,255	285	1
58	160	1,255	285	1
17	439	1,255	285	1

30	739	1,255	285	1
5	1,001	1,255	285	1
3	-124	1,255	585	2
18	439	1,255	585	2
6	1,001	1,255	585	2
60	439	1,255	785	2(*)

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
62	281	585	2
61	879	585	2
63	281	685	2(*)
64	844	685	2(*)

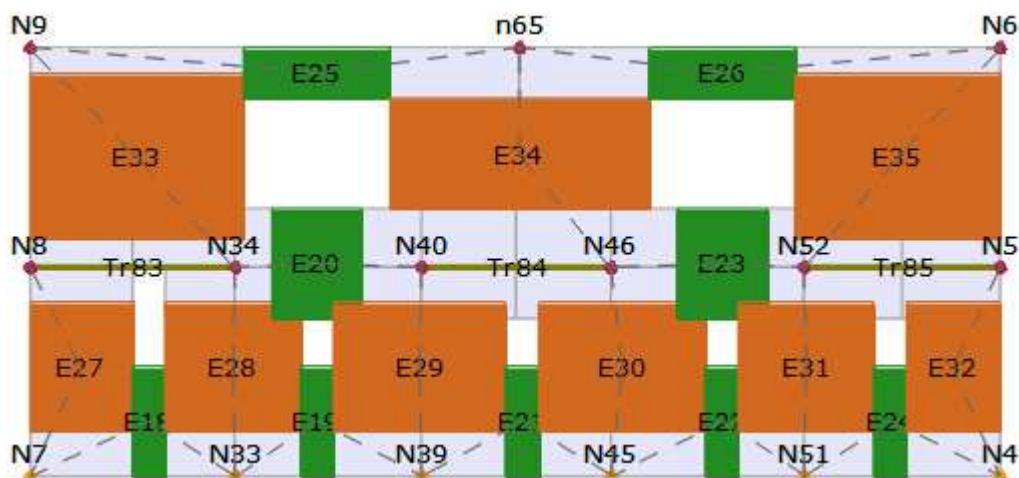
Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
11	Muratura	-	28.0	219.9	142.5	565	146	16	17
12	Muratura	-	28.0	225.0	142.5	888	146	29	30
9	Muratura	-	28.0	95.0	175.0	48	150	1	2
13	Muratura	-	28.0	60.0	175.0	1,095	150	4	5
10	Muratura	-	28.0	230.1	65.0	275	183	57	58
15	Muratura	-	28.0	202.4	200.0	574	425	17	18
16	Muratura	-	28.0	207.5	200.0	879	425	30	61
14	Muratura	-	28.0	372.6	225.0	186	437	58	62
17	Muratura	-	28.0	42.5	225.0	1,104	437	5	6
7(*)	Muratura sottotetto	-	28.0	562.5	100.0	281	635	62	63
8(*)	Muratura sottotetto	-	28.0	562.5	100.0	844	635	61	64

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
1	Muratura	-	28.0	65.0	150.0	128	75	1	57
2	Muratura	-	28.0	65.0	150.0	423	75	57	16
5	Muratura	-	28.0	65.0	150.0	1,033	75	29	4
4	Muratura	-	28.0	100.0	65.0	725	253	17	30
3	Muratura	-	28.0	82.5	150.0	423	290	58	17
6	Muratura	-	28.0	82.5	150.0	1,033	290	30	5

Parete : 2



Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
7	1,001	-70	0	0
33	1,001	210	0	0
39	1,001	465	0	0
45	1,001	724	0	0
51	1,001	987	0	0
4	1,001	1,255	0	0
8	1,001	-70	285	1
34	1,001	210	285	1
40	1,001	465	285	1
46	1,001	724	285	1
52	1,001	987	285	1
5	1,001	1,255	285	1
9	1,001	-70	585	2
6	1,001	1,255	585	2

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
65	669	585	2

Macroelementi Maschi

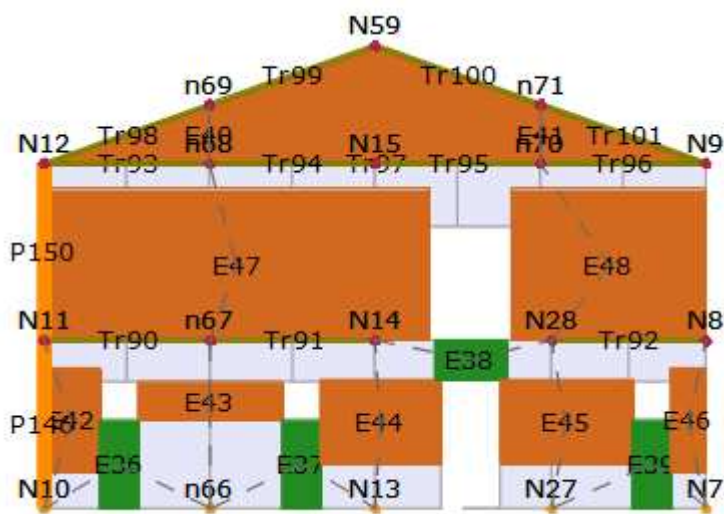
N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
27	Muratura	-	28.0	139.5	175.0	70	150	7	8
32	Muratura	-	28.0	127.5	175.0	1,261	150	4	5
28	Muratura	-	28.0	185.0	175.0	277	150	33	34
29	Muratura	-	28.0	235.0	175.0	532	150	39	40
30	Muratura	-	28.0	228.0	175.0	809	150	45	46
31	Muratura	-	28.0	185.0	175.0	1,060	150	51	52
33	Muratura	-	28.0	292.0	225.0	146	437	34	9
35	Muratura	-	28.0	280.0	225.0	1,185	437	52	6
34	Muratura	-	28.0	353.0	150.0	669	440	46	65

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore	Base	Altezza	Baricentro	Baricentro	Nodo	Nodo
----	-----------	----------	----------	------	---------	------------	------------	------	------

			[cm]	[cm]	[cm]	X [cm]	Z [cm]	sinistro	destro
18	Muratura	-	28.0	45.0	150.0	162	75	7	33
19	Muratura	-	28.0	45.0	150.0	392	75	33	39
21	Muratura	-	28.0	45.0	150.0	672	75	39	45
22	Muratura	-	28.0	45.0	150.0	945	75	45	51
24	Muratura	-	28.0	45.0	150.0	1,175	75	51	4
20	Muratura	-	28.0	122.5	150.0	392	290	34	40
23	Muratura	-	28.0	122.5	150.0	945	290	46	52
25	Muratura	-	28.0	200.0	70.0	392	550	9	65
26	Muratura	-	28.0	200.0	70.0	945	550	65	6

Parete : 3



Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
10	-124	-70	0	0
13	439	-70	0	0
27	739	-70	0	0
7	1,001	-70	0	0
11	-124	-70	285	1
14	439	-70	285	1
28	739	-70	285	1
8	1,001	-70	285	1
12	-124	-70	585	2
15	439	-70	585	2
9	1,001	-70	585	2
59	439	-70	785	2(*)

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
66	282	0	0
67	282	285	1
68	281	585	2
70	844	585	2
69	281	685	2(*)
71	844	685	2(*)

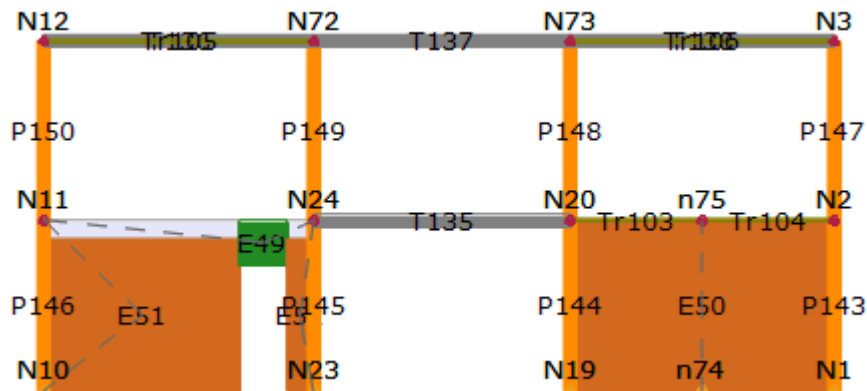
Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
44	Muratura	-	28.0	205.0	142.5	573	146	13	14
45	Muratura	-	28.0	225.0	142.5	888	146	27	28
42	Muratura	-	28.0	95.0	175.0	48	150	10	11
46	Muratura	-	28.0	60.0	175.0	1,095	150	7	8
43	Muratura	-	28.0	245.0	65.0	283	183	66	67
47	Muratura	-	28.0	655.0	258.1	328	414	67	68
48	Muratura	-	28.0	330.0	258.1	960	414	28	70
40(*)	Muratura sottotetto	-	28.0	562.5	100.0	281	635	68	69
41(*)	Muratura sottotetto	-	28.0	562.5	100.0	844	635	70	71

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
36	Muratura	-	28.0	65.0	150.0	128	75	10	66
37	Muratura	-	28.0	65.0	150.0	438	75	66	13
39	Muratura	-	28.0	65.0	150.0	1,033	75	27	7
38	Muratura	-	28.0	120.0	65.0	725	253	14	28

Parete : 4



Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
10	-124	-70	0	0
23	-124	383	0	0
19	-124	813	0	0
1	-124	1,255	0	0
11	-124	-70	285	1
24	-124	383	285	1
20	-124	813	285	1
2	-124	1,255	285	1
12	-124	-70	585	2
72	-124	383	585	2
73	-124	813	585	2
3	-124	1,255	585	2

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
74	1,104	0	0
75	1,104	285	1

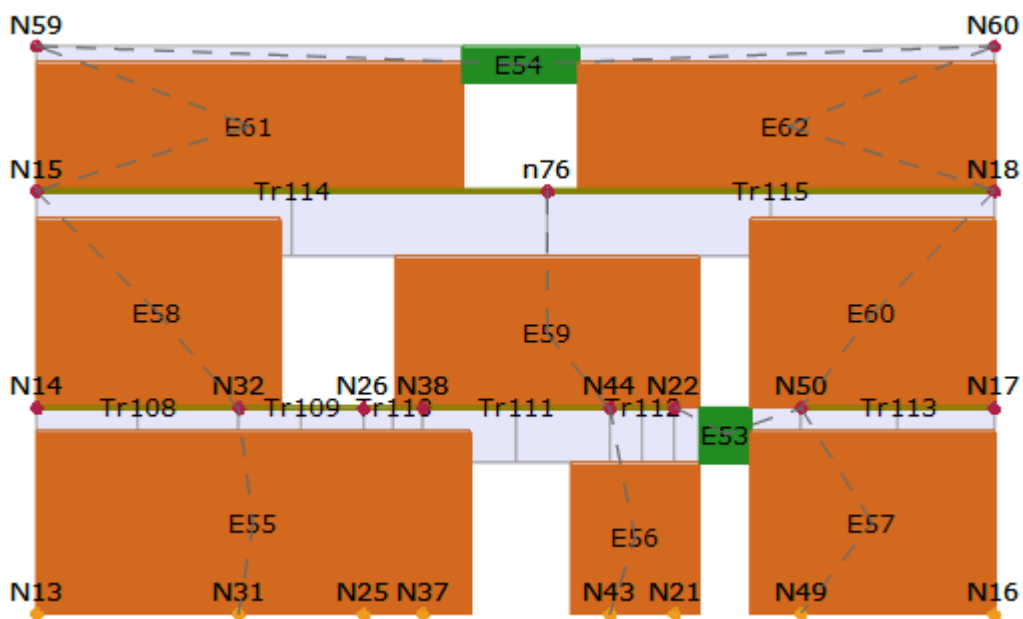
Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
51	Muratura	-	28.0	327.5	253.2	164	127	10	11
52	Muratura	-	28.0	45.0	253.2	430	127	23	24
50	Muratura	-	28.0	442.5	285.0	1,104	143	74	75

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
49	Muratura	-	28.0	80.0	75.0	368	248	11	24

Parete : 5



Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
13	439	-70	0	0
31	439	210	0	0
25	439	383	0	0
37	439	465	0	0
43	439	724	0	0
21	439	813	0	0
49	439	988	0	0
16	439	1,255	0	0
14	439	-70	285	1
32	439	210	285	1
26	439	383	285	1
38	439	465	285	1

44	439	724	285	1
22	439	813	285	1
50	439	988	285	1
17	439	1,255	285	1
15	439	-70	585	2
18	439	1,255	585	2
59	439	-70	785	2(*)
60	439	1,255	785	2(*)

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
76	707	585	2

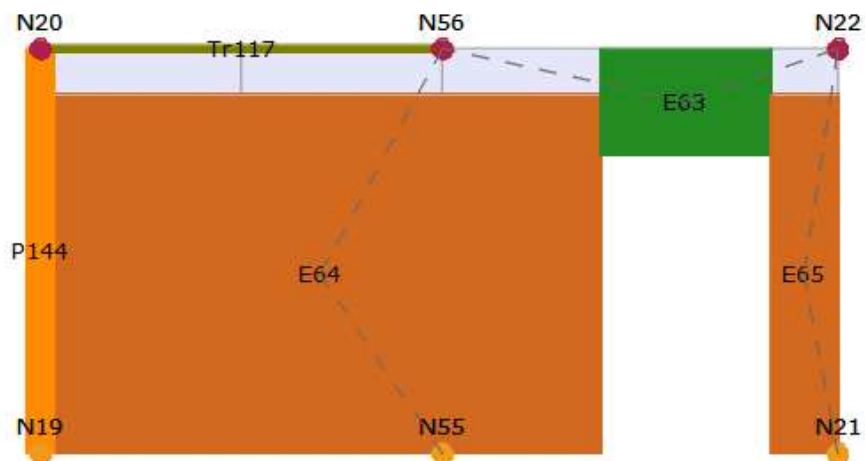
Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
56	Muratura	-	28.0	178.0	210.0	829	105	43	44
55	Muratura	-	28.0	599.5	253.2	300	127	31	32
57	Muratura	-	28.0	337.5	253.2	1,156	127	49	50
59	Muratura	-	28.0	420.9	210.0	707	390	44	76
58	Muratura	-	28.0	336.6	262.9	168	416	32	15
60	Muratura	-	28.0	337.5	262.9	1,156	416	50	18
61(*)	Muratura sottotetto	-	28.0	589.5	178.6	295	674	15	59
62(*)	Muratura sottotetto	-	28.0	575.5	178.6	1,037	674	18	60

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
53	Muratura	-	28.0	70.0	75.0	953	248	22	50
54(*)	Muratura sottotetto	-	28.0	160.0	50.0	670	760	59	60

Parete : 6



Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
19	-124	813	0	0
55	160	813	0	0
21	439	813	0	0
20	-124	813	285	1
56	160	813	285	1
22	439	813	285	1

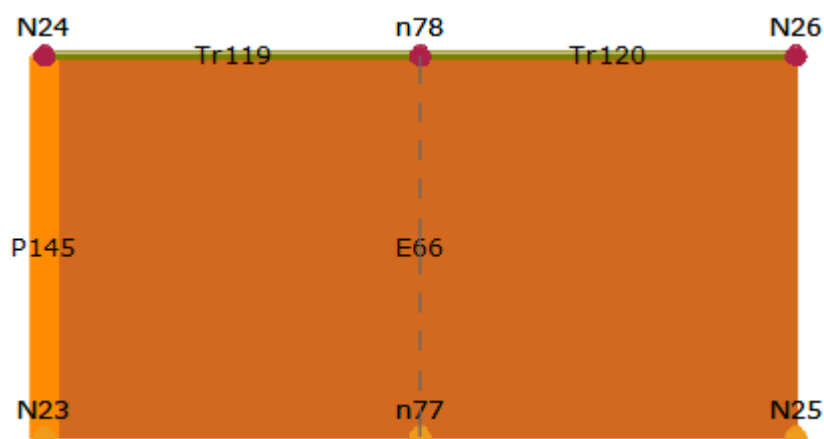
Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
64	Muratura	-	28.0	394.8	253.2	197	127	55	56
65	Muratura	-	28.0	47.7	253.2	539	127	21	22

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
63	Muratura	-	28.0	120.0	75.0	455	248	56	22

Parete : 7



Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
23	-124	383	0	0
25	439	383	0	0
24	-124	383	285	1
26	439	383	285	1

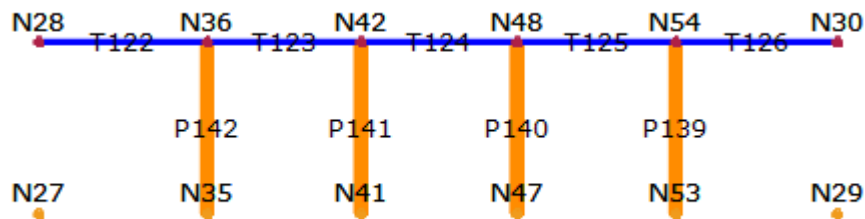
Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
77	281	0	0
78	281	285	1

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
66	Muratura	-	28.0	562.5	285.0	281	143	77	78

Parete : 8



Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
27	739	-70	0	0
35	739	210	0	0
41	739	465	0	0
47	739	724	0	0
53	739	988	0	0
29	739	1,255	0	0
28	739	-70	285	1
36	739	210	285	1
42	739	465	285	1
48	739	724	285	1
54	739	988	285	1
30	739	1,255	285	1

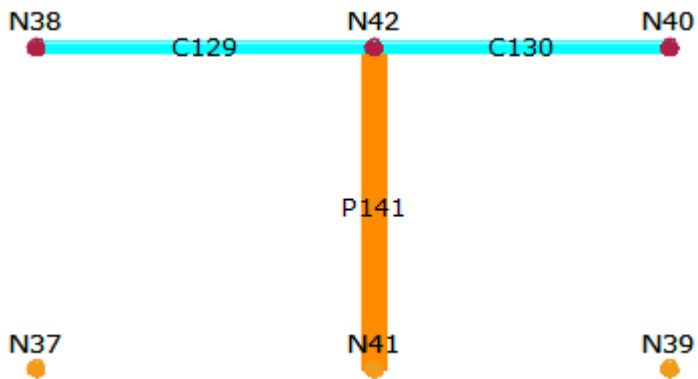
Parete : 9



Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
31	439	210	0	0
35	739	210	0	0
33	1,001	210	0	0
32	439	210	285	1
36	739	210	285	1
34	1,001	210	285	1

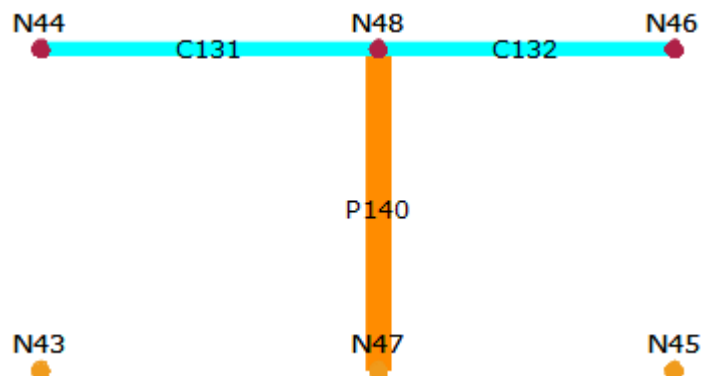
Parete : 10



Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
37	439	465	0	0
41	739	465	0	0
39	1,001	465	0	0
38	439	465	285	1
42	739	465	285	1
40	1,001	465	285	1

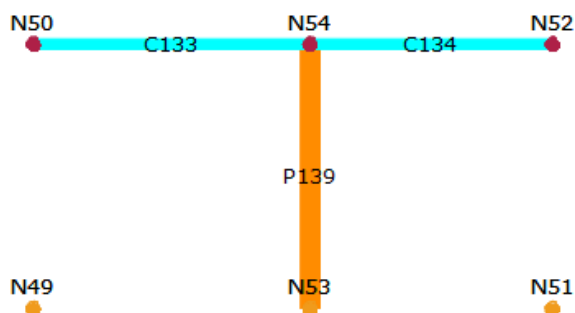
Parete : 11



Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
43	439	724	0	0
47	739	724	0	0
45	1,001	724	0	0
44	439	724	285	1
48	739	724	285	1
46	1,001	724	285	1

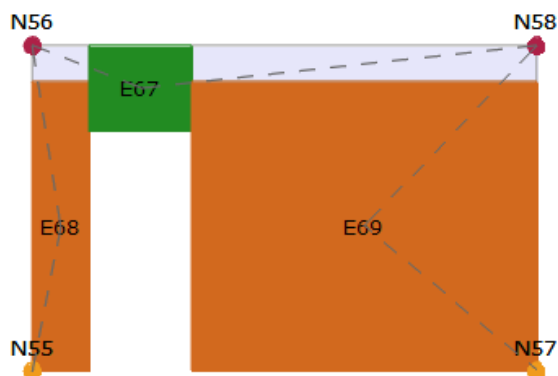
Parete : 12



Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
49	439	988	0	0
53	739	988	0	0
51	1,001	987	0	0
50	439	988	285	1
54	739	988	285	1
52	1,001	987	285	1

Parete : 13



Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
55	160	813	0	0
57	160	1,255	0	0
56	160	813	285	1
58	160	1,255	285	1

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
68	Muratura	-	20.0	50.0	253.2	25	127	55	56
69	Muratura	-	20.0	302.5	253.2	291	127	57	58

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
67	Muratura	-	20.0	90.0	75.0	95	248	56	58

(*) Elementi di copertura

Analisi dei meccanismi locali

Tipo di analisi svolta

Al fine di eseguire le dovute verifiche nei riguardi dell'edificio in questione, si è deciso di procedere con l'analisi di possibili meccanismi locali.

Quest'ultimi risultano importanti nel caso in cui la scatolarità dell'edificio non sia garantita a causa di collegamenti non adeguati o tra le pareti ortogonali o tra solaio e parete.

Metodo di analisi

Negli edifici esistenti in muratura spesso avvengono collassi parziali per cause sismiche, in genere per perdita dell'equilibrio di porzioni murarie; la verifica nei riguardi di questi meccanismi, secondo le modalità descritte nel seguito, assume significato se è garantita una certa monoliticità della parete muraria, tale da impedire collassi puntuali per disgregazione della muratura.

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 cinematismo.

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 (Circolare 617-C8.7.1.2.1.1).
- Individuare l'accelerazione sismica spettrale di attivazione a_z a partire dal moltiplicatore orizzontale dei carichi α_0 .

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Di seguito si indicano l'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati riportando titolo, produttore e distributore, versione, estremi della licenza d'uso:

Sigla:	3MURI
Produzione e distribuzione:	S.T.A. DATA srl Corso Raffaello, 12 - 10126 TORINO (TO) tel. 0116699345 fax 0116699375 internet: http://www.stadata.com e.mail: info@stadata.com
Autori:	Prodotto: S.T.A. DATA srl Motore di calcolo: Responsabile Prof. Ing. Sergio LAGOMARSINO Prof. Ing. Serena CATTARI Prof. Ing. Andrea PENNA Ing. Alessandro GALASCO
Versione:	13.0.0.0
Numero Licenza:	(13900) Studio Tecnico Capellari ing. Luca & ing. Alberto

Inquadramento normativo

Sono stati recepiti, per le analisi di cui in seguito, i principi e le regole riportate nelle normative seguenti:

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 - "Norme tecniche per le Costruzioni"
- Circolare applicativa n°7 del 21 gennaio 2019

Parametri di progetto

Per la definizione dell'azione sismica si fa riferimento a:

- Categoria di sottosuolo: C
- Categoria topografica: T1
- Longitudine: 10.8169
- Latitudine: 44.6314
- Vita nominale: Opere ordinarie VN ≥ 50 anni
- Classe d'uso II - Edifici ordinari, industrie non pericolose, ponti secondari

Gli spettri di risposta, sono definiti in funzione del reticolo di riferimento definito nella "Tabella 1" (parametri spettrali) in allegato alle Norme Tecniche.

Tale tabella fornisce, in funzione delle coordinate geografiche (latitudine, longitudine), i parametri necessari a tracciare lo spettro. I parametri forniti dal reticolo di riferimento sono:

a_g : accelerazione orizzontale massima del terreno;

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

La trilogia di valori qui descritta, è definita per un periodo di ritorno assegnato (T_R), definito in base alla probabilità di superamento di ciascuno degli stati limite.

Tali valori, saranno pertanto definiti per ciascuno degli stati limite esaminati (vedere tabella).

Lo spettro sismico dipende anche dalla "Classe del suolo" e dalla "categoria topografica" (vedere tabella).

	A_g [m/s ²]	F_0	T_c^* [s]	T_r	S_s	T_b [s]	T_c [s]	T_d [s]
SLV	1,59	2,38	0,29	475,00	1,47	0,15	0,46	2,25
SLD	0,60	2,50	0,27	50,00	1,50	0,15	0,44	1,85

Metodo di verifica

Stato limite di Vita (SLV)

Nel caso in cui la verifica riguardi un elemento isolato o una porzione della costruzione comunque sostanzialmente appoggiata a terra la condizione di superamento della verifica è fornita dalla seguente disequazione:

$$a_{z,SLV} \geq a_z(z=0) = S_{e,SLV}(T=0) = a_{g,SLV} \cdot S$$

$$a_{z,SLV} = \frac{\alpha_0 \cdot g}{e^* \cdot FC} \cdot q$$

Nel caso in cui il meccanismo locale interessa una porzione della costruzione posta ad una certa quota, si deve tener conto del fatto che l'accelerazione assoluta alla quota della porzione di edificio interessata dal cinematisismo è in genere amplificata rispetto a quella al suolo; per questo il superamento della verifica è fornita dalla seguente disequazione:

$$a_{z,SLV} \geq \max(a_z(z=0); a_z(z))$$

$$a_z(z) = \sqrt{\sum a_{z,k}^2(z)}$$

$$a_{z,k}(z) = S_{e,SLV}(T_k, \xi_k) \cdot |\gamma_k \cdot \Psi_k(z)| \cdot \sqrt{1 + 0.0004 \cdot \xi_k^2}$$

In base al capitolo §C7.2.3 è consentito riferirsi al solo primo modo di vibrare significativo per la direzione significativa, si assume quindi $k=1$.

$$a_z(z) = S_{e,SLV}(T_1, \xi_1) \cdot |\gamma_1 \cdot \Psi_1(z)| \cdot \sqrt{1 + 0.0004 \cdot \xi_1^2}$$

- $S_e(T, \xi)$: spettro di risposta elastico al suolo, valutato per il periodo equivalente T e lo smorzamento viscoso equivalente ξ (5%) dell'elemento non strutturale, dell'impianto o del meccanismo locale considerato;
- γ_k : k -esimo coefficiente di partecipazione modale della costruzione;
- $\Psi_k(z)$: valore della k -esima forma modale alla quota z nella posizione in pianta dove è collocato il meccanismo locale da verificare;
- $a_{z,k}$: contributo del k -esimo modo alla accelerazione massima di piano.

Stato limite di Danno (SLD)

Nel caso di edifici esistenti in muratura, anche in considerazione delle giustificate esigenze di conservazione, pur essendo auspicabile il soddisfacimento di questo stato limite, la sua verifica non è obbligatoria.

Nel caso in cui la verifica riguardi un elemento isolato o una porzione della costruzione comunque sostanzialmente appoggiata a terra la condizione di superamento della verifica è fornita dalla seguente disequazione:

$$a_{z,SLD} \geq a_z(z=0) = S_{e,SLD}(T=0) = a_{g,SLD} \cdot S$$

$$a_{z,SLD} = \frac{\alpha_0 \cdot g}{e^* \cdot FC}$$

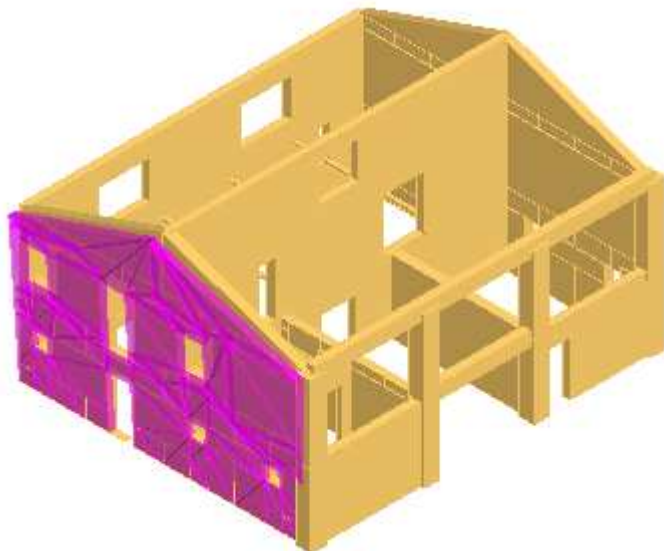
Nel caso in cui il meccanismo locale interessa una porzione della costruzione posta ad una certa quota, si deve tener conto del fatto che l'accelerazione assoluta alla quota della porzione di edificio interessata dal cinematismo è in genere amplificata rispetto a quella al suolo; per questo il superamento della verifica è fornita dalla seguente disequazione:

$$a_{z,SLD} \geq \max(a_z(z=0); a_z(z))$$

$$a_z(z) = S_{e,SLD}(T_1, \xi_1) \cdot |\gamma_1 \cdot \Psi_1(z)| \cdot \sqrt{1 + 0.0004 \cdot \xi_1^2}$$

Descrizione cinatismi

Cinematismo: 1

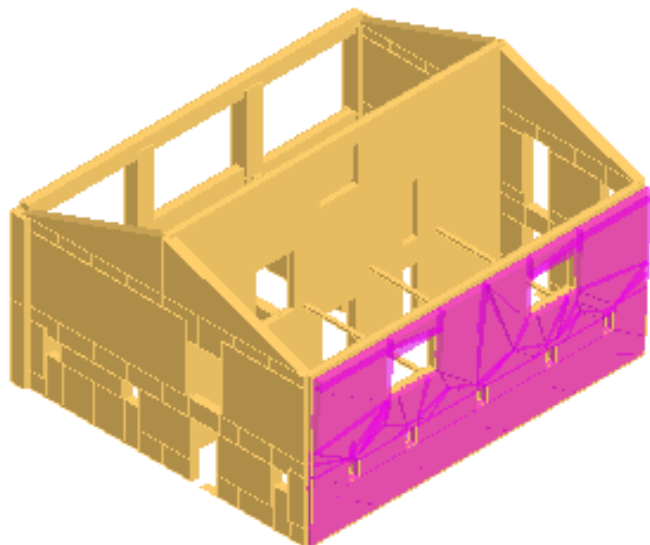


Blocco	Xg [cm]	Yg [cm]	Zg [cm]	Peso[daN]	Parete
1	544	0	340	-33.231	1

Tipo vincolo	Quota [cm]	Parete	Angolo [°]
Cerniera esterna	0	1	0

Moltiplicatore attivazione (a0)	0,035
az,SLV [m/s2]	0,6914
az(0) (SLV) [m/s2]	2,3377
Coefficiente sicurezza PGAc/PGAd (SLV)	0,30
az,SLD [m/s2]	0,3457
az(0) (SLD) [m/s2]	0,9064
Coefficiente sicurezza PGAc/PGAd (SLD)	0,38

Cinematismo: 2

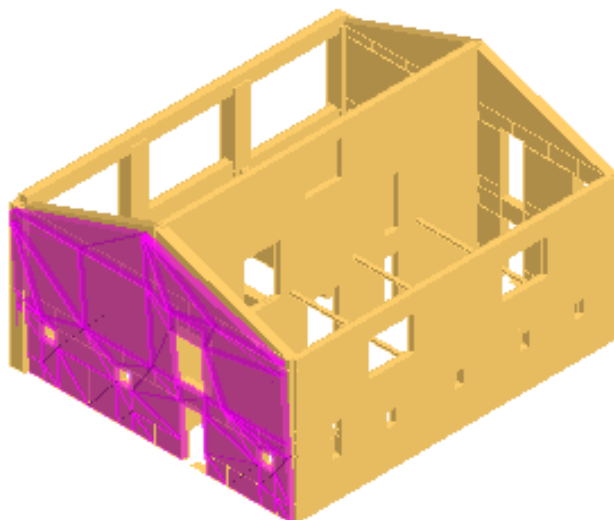


Blocco	Xg [cm]	Yg [cm]	Zg [cm]	Peso[daN]	Parete
2	662	0	282	-35.305	2

Tipo vincolo	Quota [cm]	Parete	Angolo [°]
Cerniera esterna	0	2	0

Moltiplicatore attivazione (a0)	0,035
az,SLV [m/s2]	0,6495
az(0) (SLV) [m/s2]	2,3377
Coefficiente sicurezza PGAc/PGAd (SLV)	0,28
az,SLD [m/s2]	0,3248
az(0) (SLD) [m/s2]	0,9064
Coefficiente sicurezza PGAc/PGAd (SLD)	0,36

Cinematismo: 3



Blocco	Xg [cm]	Yg [cm]	Zg [cm]	Peso[daN]	Parete
3	552	0	345	-34.833	3

Tipo vincolo	Quota [cm]	Parete	Angolo [°]
Cerniera esterna	0	3	0

Moltiplicatore attivazione (a0)	0,036
az,SLV [m/s2]	0,6834
az(0) (SLV) [m/s2]	2,3377
Coefficiente sicurezza PGAc/PGAd (SLV)	0,29
az,SLD [m/s2]	0,3417
az(0) (SLD) [m/s2]	0,9064
Coefficiente sicurezza PGAc/PGAd (SLD)	0,38