



Ente

**Comune di Triggiano**

Settore

**Settore Assetto del Territorio**

Committente

**Comune di Triggiano**

Oggetto della progettazione

**Progetto di Rigenerazione di Piazza Marinullo e delle aree circostanti**

Livello progettazione

**Progetto Definitivo**

Responsabile unico del procedimento

**Ing. Carlo Ronzino**

Progettista incaricato

**Arch. Alessandro Cariello**

Consulente strutture

**Ing. Luigi Saponari**

Consulente impianti elettrici

**Per. Ind. Giuseppe Masiello**

Consulente impianti meccanici e a fluido

**Per. Ind. Gabriele Martielli**

Categoria

**Elaborati descrittivi**

Gruppo

**Relazioni**

N. elaborato	Titolo elaborato	Scala
<b>02</b>	<b>Relazione di calcolo strutturale</b>	-

Nome elaborato

02\_214\_PD\_A\_1\_02\_Elaborati descrittivi\_Relazioni\_Relazione di calcolo strutturale

Nome file origine

214\_PD\_A\_1\_02\_Elaborati descrittivi\_Relazione di calcolo strutturale

Versione

Redattore

Note

1

L.S.

Data

Codice elaborato

Data	N. elaborato	Codice Commessa	Livello progettazione	Categoria	Gruppo	N.
	<b>21.01.2023</b>	<b>02</b>	<b>214</b>	<b>PD</b>	<b>A</b>	<b>1</b>

## Indice

<b>Il progetto delle strutture nell'edificio .....</b>	<b>4</b>
1. Premessa .....	5
2. Normativa di riferimento.....	6
3. Classificazione degli interventi di progetto.....	7
4. Metodi di calcolo .....	8
4.1. Analisi statica lineare .....	8
4.2. Sistema di riferimento locale.....	8
4.3. Calcolo delle sollecitazioni.....	8
5. Pericolosità sismica di base e parametri sismici.....	10
5.1. Localizzazione.....	10
5.2. Parametri sismici .....	10
5.3. Classificazione sismica .....	11
5.4. Carichi e sovraccarichi .....	11
6. La struttura nello stato di fatto (ex-ante) .....	12
6.1. Carichi per elementi trave.....	12
6.2. Carichi per elementi bidimensionali.....	12
6.3. Lista materiali utilizzati .....	13
6.4. Sezioni utilizzate nel modello strutturale .....	13
6.5. Gruppi della struttura .....	13
6.6. Combinazioni di carico .....	14
7. Il modello strutturale dello stato di fatto (ex-ante) .....	18
8. Le verifiche nello stato di fatto (ex-ante).....	21
8.1. Verifiche di resistenza degli elementi in acciaio .....	21
9. Valutazione dei risultati.....	23
10. La struttura nello stato di progetto (ex-post).....	24
10.1. Carichi per elementi trave.....	24
10.2. Carichi per elementi bidimensionali.....	25
10.3. Lista materiali utilizzati .....	26
10.4. Sezioni utilizzate nel modello strutturale .....	26
10.5. Gruppi della struttura .....	26
10.6. Combinazioni di carico .....	28
11. Il modello strutturale del progetto (ex-post) .....	31
12. Le verifiche nel progetto (ex-post).....	38
12.1. Verifiche di resistenza degli elementi in acciaio .....	38
12.2. Verifiche di resistenza del nuovo maschio murario .....	38
13. Giudizio motivato sull'accettabilità dei risultati .....	40
14. Validazione ed affidabilità dei codici .....	41
15. Conclusioni .....	42

<b>Il progetto delle strutture nella piazza .....</b>	<b>43</b>
16. Premessa .....	44
17. Normativa tecnica considerata.....	45
18. Localizzazione dell'opera.....	46
19. Classificazione degli interventi .....	47
20. Metodi di calcolo .....	48
20.1. Analisi statica lineare .....	48
20.2. Sistema di riferimento locale.....	48
20.3. Calcolo delle sollecitazioni .....	48
21. Pericolosità sismica di base e parametri sismici - classificazione sismica .....	50
22. Carichi e combinazioni di carico.....	52
23. Computo materiali e sezioni.....	57
24. Risultati grafici sintetici dell'analisi di calcolo.....	59
25. Verifiche di resistenza degli elementi in acciaio .....	61
26. Giudizio motivato sull'accettabilità dei risultati .....	62
27. Validazione ed affidabilità dei codici .....	63

## **Il progetto delle strutture nell'edificio**

## 1. Premessa

Gli interventi riguardano una unità immobiliare facente parte di un agglomerato costruttivo situato nel centro storico del Comune di Triggiano (BA), in Largo Mercato.

L'immobile si sviluppa su quattro livelli: piano seminterrato, piano rialzato, piano primo e lastrico solare praticabile.

Dalle indagini è emerso che la struttura è realizzata con elementi perimetrali in muratura di pietra tufacea a doppio paramento con spessori variabili. Il solaio di copertura del piano rialzato è realizzato con putrelle in ferro e voltine realizzati con elementi di calcare leggero. Il solaio di copertura del piano primo è realizzato con putrelle di ferro e voltine miste: l'attacco della putrella è realizzato con pezzi sagomati di tufo e la restante parte in blocchetti di laterizio forato. Le tessiture dei due solai sono opposte: a piano rialzato le putrelle sono tessute da N-E a S-O mentre a piano primo da N-O a S-E.

Le solette dei balconi sul prospetto S-O sono realizzate a piano rialzato in pietra, mentre a piano primo e sul prospetto N-O sono realizzate in calcestruzzo armato.

Allo stato attuale la struttura si presenta in stato di degrado con superfici interessate da distacco di intonaco e formazione di muschi e licheni.

Le murature presentano quadri lesionativi di modesta entità; in prossimità degli infissi esterni diventano più importanti con lesioni passanti che interessano anche gli architravi e le solette dei balconi.

Le putrelle dei solai, per la sola parte visibile (intradosso) si presentano ossidate. Le voltine di entrambi i solai in questione appaiono in buono stato di conservazione dal punto di vista strutturale: esse sono interessate solo da fenomeni di distacco di intonaco e formazione di muschi e licheni in zone limitate.

Le solette dei balconi in calcestruzzo sono interessate da rottura del copriferro e corrosione delle armature oltre che da distacco di intonaco.

## 2. Normativa di riferimento

Ai fini della valutazione sismica dell'edificio le normative di riferimento sono:

- D.M. 17/01/2018 Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018);
- Circolare 21/01/2019 n.7 C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17/01/2018 (Circolare 7/2019)
- DPCM 09.02.2011 - Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale (Linee Guida BB.CC.)

### 3. Classificazione degli interventi di progetto

La classificazione degli interventi adottata è quella del § 8.4.1 delle NTC 2018 relativa a “RIPARAZIONE E INTERVENTI LOCALI”. In tale categoria rientrano gli interventi che saranno realizzati sulla struttura e di seguito descritti:

- Cuci-scuci degli elementi danneggiati,
- Sostituzione degli architravi lesionati,
- Consolidamento delle solette dei balconi,
- Demolizione e ricostruzioni delle scale esistenti di collegamento tra piano rialzato e piano primo e quella tra piano primo e lastrico solare,
- Demolizione e ricostruzione di un paramento murario interno a piano rialzato sul quale graverà la nuova scala di collegamento
- Intervento di consolidamento dei solai esistenti mediante la realizzazione di una soletta fibrorinforzata collaborante all'estradosso ed interventi di rinforzo sulle putrelle in ferro.

## 4. Metodi di calcolo

### 4.1. Analisi statica lineare

L'analisi statica lineare è la più comune e tradizionale delle analisi strutturali possibili. L'aggettivo statica sottintende che i carichi applicati non dipendono dal tempo o più esattamente variano molto lentamente tra l'istante iniziale di applicazione  $t_0$  e l'istante finale di osservazione  $t_f$  (carichi quasi-statici).

Ipotizzando inoltre che la forza di reazione interna dipenda linearmente dagli spostamenti, attraverso una matrice di rigidità costante  $K$  e che le forze esterne siano costituite da carichi indipendenti dallo spostamento, si ottiene l'equazione di equilibrio classica per i problemi quasi statici lineari

$$KU = F$$

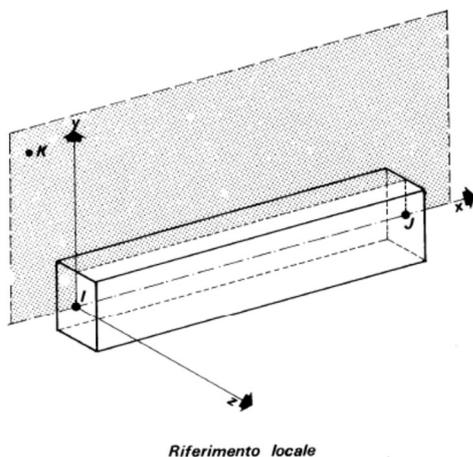
dove  $K$  è la matrice di rigidità,  $U$  è il vettore delle deformazioni nodali,  $F$  è il vettore dei carichi.

E' bene ricordare che la linearità della risposta strutturale deriva da almeno due grandi semplificazioni: l'ipotesi di elasticità lineare del materiale (linearità materiale) e l'ipotesi di piccolezza degli spostamenti e delle deformazioni (linearità geometrica).

Nell'analisi sismica con il metodo statico equivalente, le corrispondenti forze inerziali vengono automaticamente aggiunte agli altri carichi eventualmente presenti sulla struttura.

Note le deformazioni vengono calcolate le sollecitazioni.

### 4.2. Sistema di riferimento locale



### 4.3. Calcolo delle sollecitazioni

Il programma calcola ai due nodi estremi di ogni elemento e per ogni combinazione di carico sei sollecitazioni, riferite agli assi locali (come indicato nella figura a lato):

$F_x$  = forza assiale nella direzione locale  $x$ ;

$F_y$  = taglio nella direzione locale  $y$ ;

$F_z$  = taglio nella direzione locale  $z$ ;

$M_x$  = momento torcente attorno all'asse locale  $x$ ;

$M_y$  = momento flettente attorno all'asse locale  $y$ ;

$M_z$  = momento flettente attorno all'asse locale  $z$ ,

con le seguenti convenzioni sui segni:

forze positive se concordi con gli assi locali (F);

momenti positivi se antiorari rispetto gli assi locali, per un osservatore disteso lungo il corrispondente semiasse positivo (F\*L).

Tali convenzioni sono caratteristiche dei codici di calcolo numerico e sono mantenute soltanto nelle stampe globali. Nelle rappresentazioni grafiche e nelle stampe delle verifiche di sicurezza vengono invece adottate le convenzioni tipiche della Scienza delle Costruzioni.

## 5. Pericolosità sismica di base e parametri sismici

### 5.1. Localizzazione



**Parametri**

Latitudine (WGS84):

Longitudine (WGS84):

Latitudine (ED50):

Longitudine (ED50):

**Banca dei comuni**

**Amministrazione comunale più vicina**

Triggiano  
(Powered by Bing)

### 5.2. Parametri sismici

#### Intestazione e dati caratteristici della struttura

Nome dell'archivio di lavoro	<b>EX POST</b>
Intestazione del lavoro	<b>Triggiano</b>
Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Statica sismica equivalente
Tipo di soluzione	Lineare
Unita' di misura delle forze	kg
Unita' di misura delle lunghezze	cm
Normativa	NTC-2018
Zona bassa sismicita'	

**Normativa**

Coeff.moltiplicativo sisma	1
Sd (T1)	0.100
Eccentricita' accidentale	5%
Lambda	0.85
Accelerazione	0.1

**5.3. Classificazione sismica**

L'azione sismica è stata calcolata mediante l'ANALISI STATICA SISMICA EQUIVALENTE in conformità alle disposizioni del § 7.0 delle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17/01/2018, in quanto nei confronti dello SLV:

$$a_g / g^* (S_s \cdot S_t) = 0,068 \leq 0,0750$$

**5.4. Carichi e sovraccarichi****Carichi da neve**

**Normativa** : D.M. 17/01/2018 (NTC 2018, Circolare 21/01/2019, n.7)

Il carico provocato dalla presenza della neve agisce in direzione verticale ed è riferito alla proiezione orizzontale della superficie della copertura. Esso è valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

**Provincia** : Bari  
**Zona** : II  
**Altitudine** : 62 m s.l.m.

**Valore caratteristico neve al suolo** :  $q_{sk} = 102.04 \text{ kg/m}^2$

**Coefficiente di esposizione**  $C_E$  : 1 (Normale)

**Coefficiente termico**  $C_t$  : 1



**Tipo di copertura**: ad una falda ( $\alpha = 0^\circ$ )

Dimensione minima in pianta della copertura: 5 m.  
 Dimensione massima in pianta della copertura: 7.6 m.  
 Dimensione in pianta equivalente  $L_e$ : 6.71 m.

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare.  
 Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo  $\alpha$ .

Coefficiente  $C_{e,F} = 1$

**Carico da neve** :

$$q_s(\mu_i(\alpha)) = 81.63 \text{ kg/m}^2 [\mu_i(\alpha) = 0.8]$$

$$q_s(\mu_i=0.8) = 81.63 \text{ kg/m}^2$$



## 6. La struttura nello stato di fatto (ex-ante)

### 6.1. Carichi per elementi trave

#### Carico distribuito con riferimento globale Z

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Neve Zona II	5	Condizione 3	Variabile: Neve	-0.008200	0.000	-0.008200	0.000	0.0000	0.0000

#### Carico distribuito con riferimento globale Z, agente sulla lunghezza reale

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist.iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Peso proprio volta in pietra	1	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.036000	0.000	-0.036000	0.000	1.0000	1.0000
Permanente volta in pietra	2	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.048200	0.000	-0.048200	0.000	1.0000	1.0000
Permanente solai con putrelle	3	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.063800	0.000	-0.063800	0.000	1.0000	1.0000
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	4	Condizione 2	Variabile: Domestici e residenziali	-0.020400	0.000	-0.020400	0.000	0.3000	0.3000
Permanente scala in pietra p.rialzato	6	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.025600	0.000	-0.025600	0.000	1.0000	1.0000

### 6.2. Carichi per elementi bidimensionali

#### Carico uniformemente distribuito sul lato nella direzione globale Z

Descrizione	Codice	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Valore	Aliq.inerziale	Aliq.inerz.SLD
Permanente scala in pietra p.rialzato	7	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.025600	1.0000	1.0000
Permanente scala in pietra p.prime	8	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.059200	1.0000	1.0000

Descrizione	Codice	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Valore	Aliq.inerziale	Aliq.inerz.SLD
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	9	Condizione 2	Variabile: Domestici e residenziali	-0.020400	0.3000	0.3000

### 6.3. Lista materiali utilizzati

Cod.	Descrizione	Tipo materiale	Mod. elast.	Coef. Poisson	Peso unit.	Dil. term.	Aliq. inerz.	Rigid. taglio	Rigid. fless.
1	Muratura	Muratura	+1.50e+04	0.250	0.00180	+0.00e+00	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00
2	Acciaio	Acciaio	+2.10e+06	0.300	0.00785	+1.20e-05	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00
3	Legno	Legno	+1.00e+05	0.430	0.00050	+3.00e-06	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00
4	senza Muratura	p.p. Altro	+1.50e+03	0.250	0.00000	+0.00e+00	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00
5	Calcestruzzo C25/30 (Rck 300)	Calcestruzzo	+3.21e+05	0.120	0.00250	+1.00e-05	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00

### 6.4. Sezioni utilizzate nel modello strutturale

#### Sezione rettangolare

Codice	Base	H
3	15.000	8.000

#### Sezione rettangolare cava

Codice	B	H	s	t
2	12.000	8.000	0.400	0.400

#### Sezione profilo semplice

Codice	Codice sezione	Asse Y capovolto
1	IPE 160	No

### 6.5. Gruppi della struttura

## ELEMENTO FINITO: TRAVE

Numero gruppo	Descrizione gruppo		
1	TRAVI P.RIALZATO		
2	TRAVI P.1		
3	TRAVE SCALA		
4	TRAVI LEGNO		
5	CORDOLO SEMINTERRATO		

## ELEMENTO FINITO: PIASTRA

Numero gruppo	Descrizione gruppo		
1	MURI P.SEMINTERRATO		
2	MURI PIANO RIALZATO		
3	MURI PIANO PRIMO		

## ELEMENTO FINITO: VINCOLO

Numero gruppo	Descrizione gruppo		
1	BASE	Cerniere sferiche	
2	BASE PIANO RIALZATO	Cerniere sferiche	
3	BASE PIANO PRIMO	Cerniere sferiche	

## 6.6. Combinazioni di carico

**Normativa: norme tecniche per le costruzioni 2018 - (statico e sismico) zona 4**

**Combinazioni per le verifiche allo stato limite ultimo**

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Statica	Azione sismica: Sisma assente  Torsione: Assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	1.500
			Variabile: Neve	Condizione 3	1.500
2	Sisma +X	Azione sismica: SISMA +X  Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
3	Sisma -X	Azione sismica: SISMA -X  Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
4	Sisma +Y	Azione sismica: SISMA +Y  Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
5	Sisma -Y	Azione sismica: SISMA -Y  Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
6	Sisma +X	Azione sismica: SISMA +X  Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
7	Sisma -X	Azione sismica: SISMA -X	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
		Torsione: Oraria	Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
8	Sisma +Y	Azione sismica: SISMA +Y Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
9	Sisma -Y	Azione sismica: SISMA -Y Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000

**Combinazioni per le verifiche allo stato limite d'esercizio**

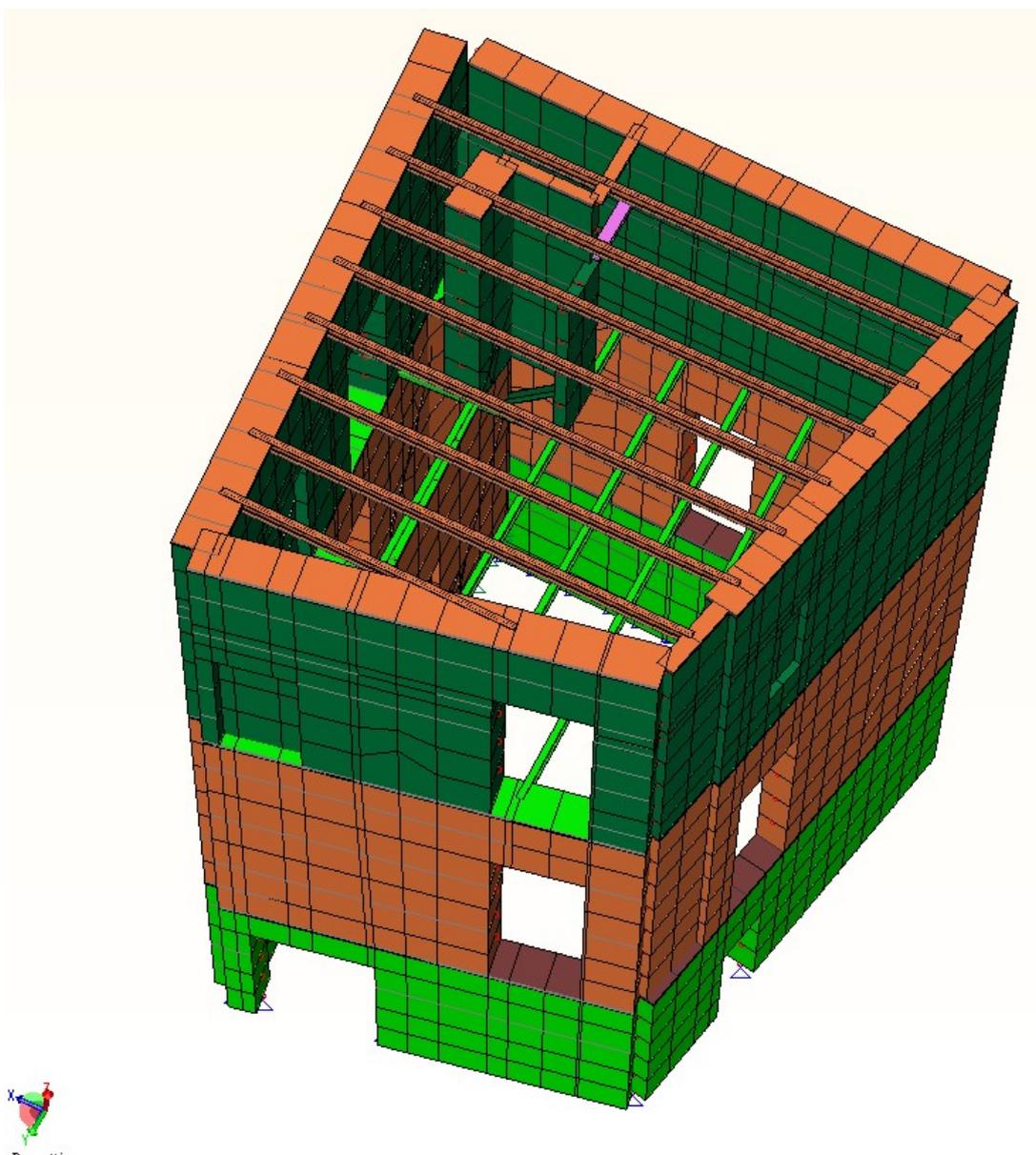
Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
10	Rara	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 3	1.000
11	Frequente	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.500
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.200
12	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000

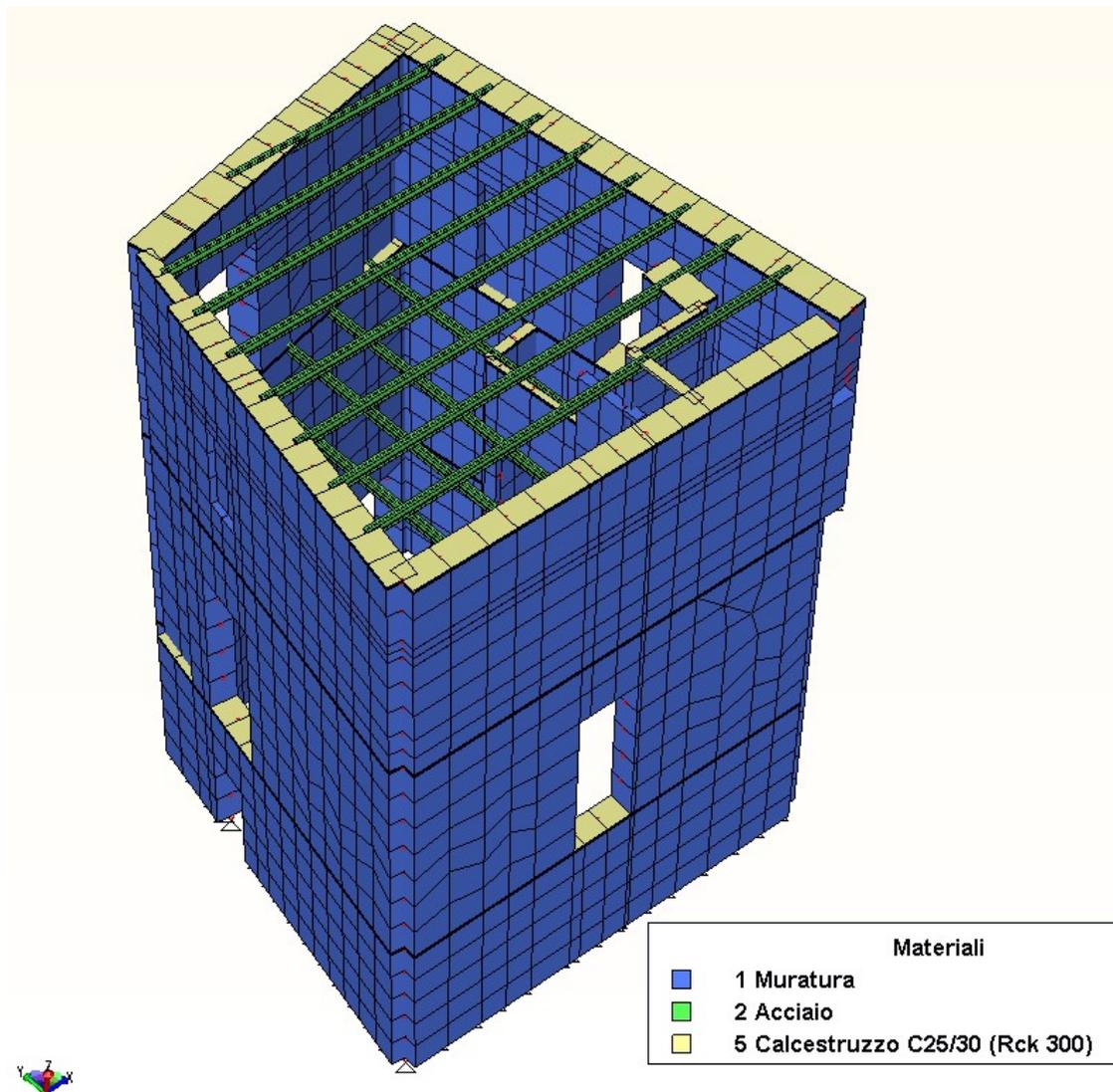
## 7. Il modello strutturale dello stato di fatto (ex-ante)

*Immagini modello fem*

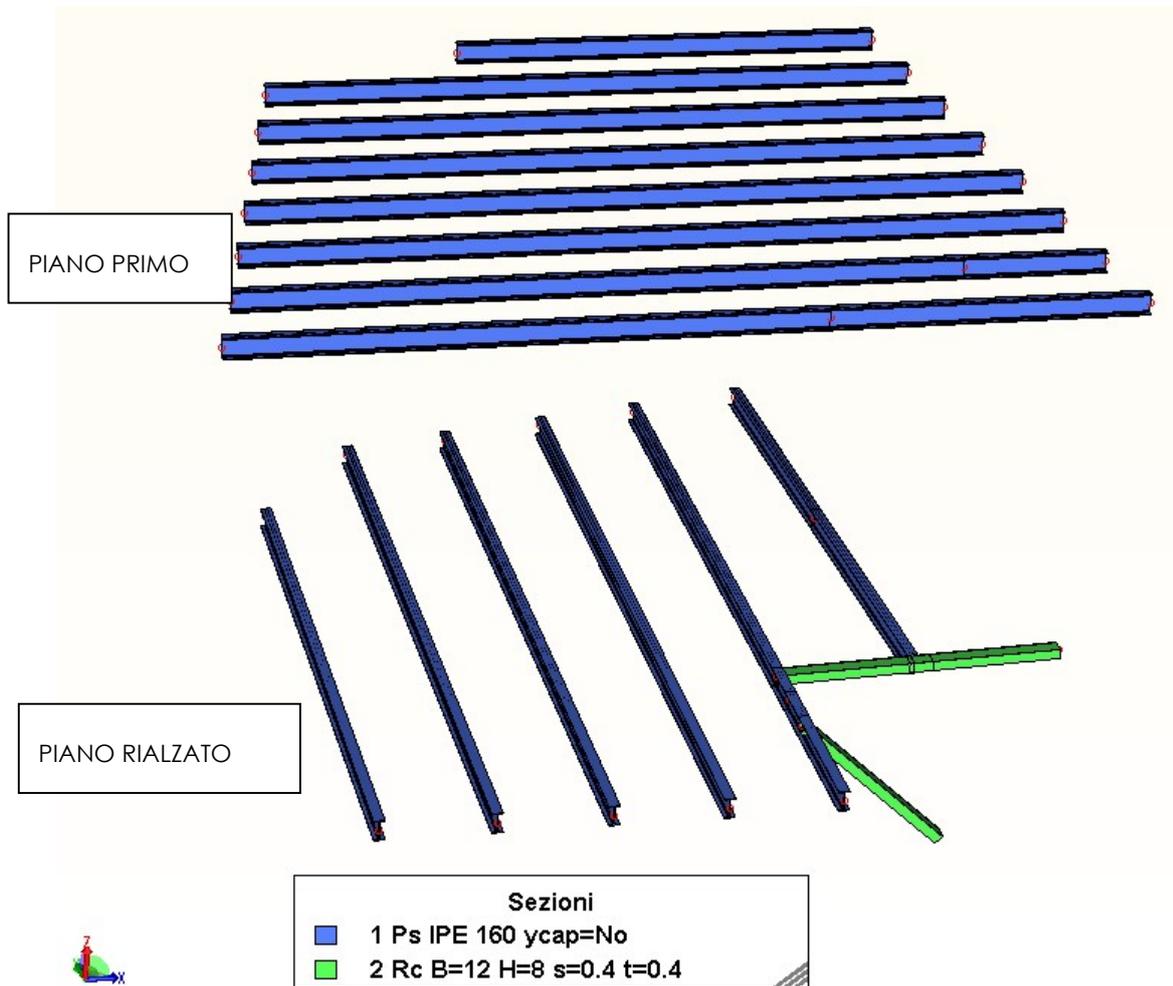
*Vista prospettica*



**Materiali**



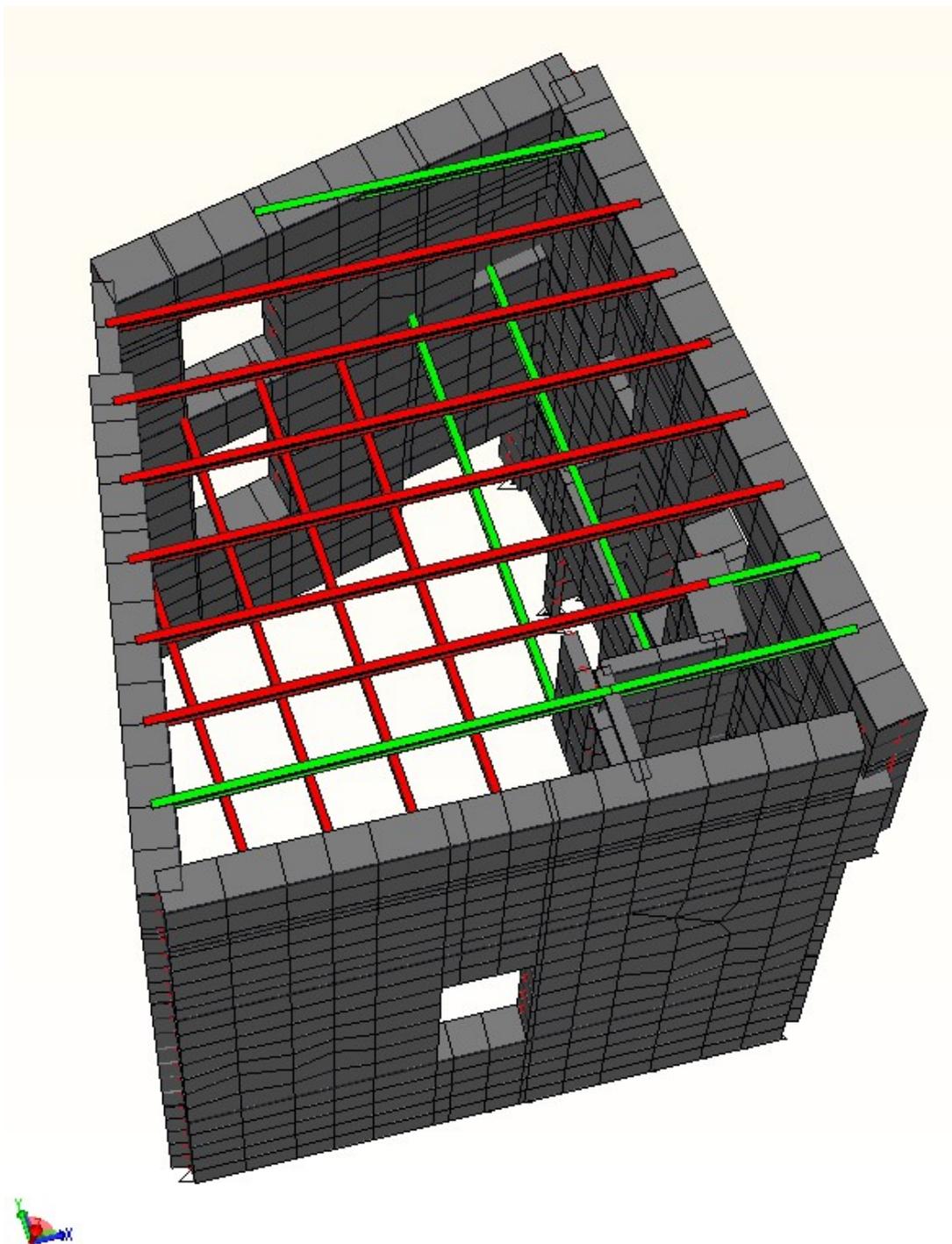
Sezioni elementi lineari

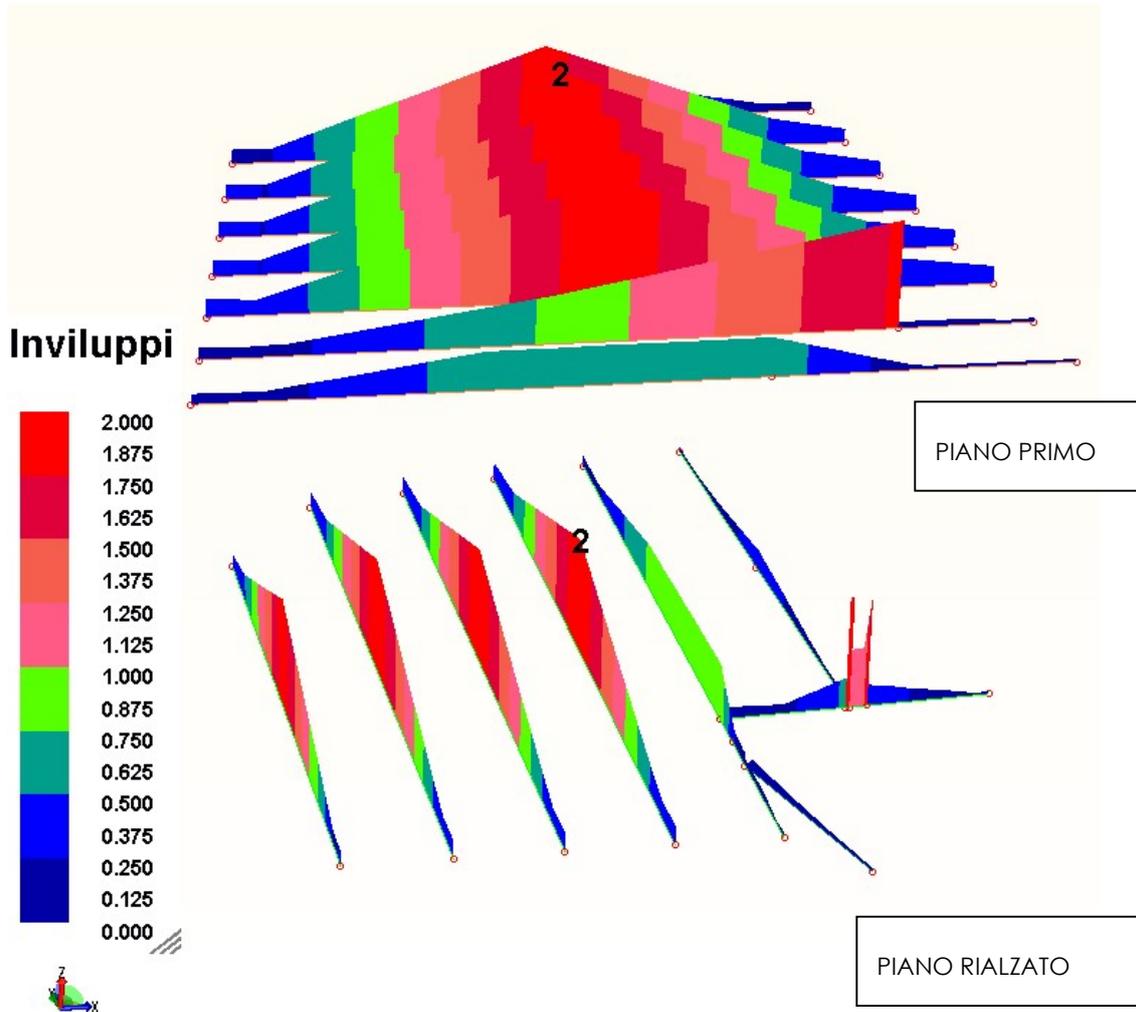


## 8. Le verifiche nello stato di fatto (ex-ante)

### 8.1. Verifiche di resistenza degli elementi in acciaio

Verifiche grafiche degli elementi in acciaio utilizzando gli involuপি che comprendono: l'indice di resistenza, la stabilità e la snellezza. La verifica si intende soddisfatta per valori  $< 1,000$  (colori freddi)





## 9. Valutazione dei risultati

Il calcolo della struttura nello stato di fatto (ex-ante) ha prodotto verifiche negative di gran parte degli elementi di acciaio che costituiscono i solai, sul quale sono previsti interventi di consolidamento.

Al fine di conservare l'identità e le caratteristiche degli elementi costitutivi dell'edificio si è scelto di consolidare i solai esistenti, evitandone la demolizione. Il risultato delle verifiche di cui sopra sottolinea la necessità di un intervento diffuso su tali solai. L'intervento consiste nella realizzazione di soletta fibrorinforzata ancorata alle putrelle di acciaio esistenti ed alle murature perimetrali.

Si procede pertanto al calcolo e alla verifica di tali elementi considerando il rinforzo della nuova soletta, ed alla verifica dei nuovi elementi che saranno inseriti all'interno della struttura esistente.

**10. La struttura nello stato di progetto (ex-post)****10.1. Carichi per elementi trave****Carico distribuito con riferimento globale Z**

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Neve Zona II	5	Condizione 3	Variabile: Neve	-0.008200	0.000	-0.008200	0.000	0.0000	0.0000

**Momento distribuito torcente mx**

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I
Permanente gradini legno	12	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	0.007000	0.000	0.007000	0.000
Categoria A - scala	13	Condizione 2	Variabile: Domestici residenziali	0.020000	0.000	0.020000	0.000

**Carico distribuito con riferimento globale Z, agente sulla lunghezza reale**

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist.iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Peso proprio volta in pietra	1	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.036000	0.000	-0.036000	0.000	1.0000	1.0000
Permanente volta in pietra	2	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.048200	0.000	-0.048200	0.000	1.0000	1.0000
Permanente solai con putrelle	3	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.063800	0.000	-0.063800	0.000	1.0000	1.0000
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	4	Condizione 2	Variabile: Domestici residenziali	-0.020400	0.000	-0.020400	0.000	0.3000	0.3000

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist.iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Permanente scala in pietra rialzato	6	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.025600	0.000	-0.025600	0.000	1.0000	1.0000
Permanente gradini legno	11	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.007000	0.000	-0.007000	0.000	1.0000	1.0000
Permanente copertura in legno	14	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.004000	0.000	-0.004000	0.000	1.0000	1.0000
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	15	Condizione 2	Variabile: Domestici residenziali	-0.005100	0.000	-0.005100	0.000	0.0000	0.0000

## 10.2. Carichi per elementi bidimensionali

### Carico di superficie nella direzione globale Z, agente sulla superficie reale

Descrizione	Codice	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Valore	Aliq.inerziale	Aliq.inerz.SLD
Permanente gradini scala in legno	10	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.012000	1.0000	1.0000

### Carico uniformemente distribuito sul lato nella direzione globale Z

Descrizione	Codice	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Valore	Aliq.inerziale	Aliq.inerz.SLD
Permanente scala in pietra rialzato	7	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.025600	1.0000	1.0000
Permanente scala in pietra p.primo	8	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.059200	1.0000	1.0000
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	9	Condizione 2	Variabile: Domestici residenziali	-0.020400	0.3000	0.3000

## 10.3. Lista materiali utilizzati

Codice	Descrizione	Tipo materiale	Mod. elast.	Coef. Poisson	Peso unit.	Dil. term.	Aliq. inerz.	Rigid. taglio	Rigid. fless.
1	Muratura	Muratura	+1.50e+04	0.250	0.00180	+0.00e+00	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00
2	Acciaio	Acciaio	+2.10e+06	0.300	0.00785	+1.20e-05	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00
5	Calcestruzzo C25/30 (Rck 300)	Calcestruzzo	+3.21e+05	0.120	0.00250	+1.00e-05	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00
6	Calcestruzzo C30/37 (Rck 370)	Calcestruzzo	+3.37e+05	0.120	0.00250	+1.00e-05	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00

## 10.4. Sezioni utilizzate nel modello strutturale

*Sezioni rettangolari*

Codice	Base	H
12	40.000	5.000
15	30.000	15.000

*Sezioni a profilo semplice*

Codice	Codice sezione	Asse Y capovolto
10	UNP 180	No
13	UNP 100	No
14	IPE 160	No
16	IPE 120	No

## 10.5. Gruppi della struttura

ELEMENTO FINITO: TRAVE

Numero gruppo	Descrizione gruppo		
1	TRAVI P.RIALZATO		

Numero gruppo	Descrizione gruppo		
2	TRAVI P.1		
3	CORDOLO SEMINTERRATO		
4	TRAVE A GINOCCHIO		
5	PILASTRI TORRINO		
6	TRAVI TORRINO		
7	FAZZOLETTO SCALA		

**Elemento finito: piastra**

Numero gruppo	Descrizione gruppo		
1	MURI P.SEMINTERRATO		
2	MURI PIANO RIALZATO		
3	MURI PIANO PRIMO		
4	MURO NUOVO P.R.		
5	SOLETTA PIANO PRIMO		
6	SOLETTA PIANO RIALZATO		

**Elemento finito: vincolo**

Numero gruppo	Descrizione gruppo		
1	BASE		
2	BASE PIANO RIALZATO		

Numero gruppo	Descrizione gruppo		
3	BASE PIANO PRIMO		

## 10.6. Combinazioni di carico

**Normativa: norme tecniche per le costruzioni 2018 - (statico e sismico) zona 4**

**Combinazioni per le verifiche allo stato limite ultimo**

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Statica	Azione sismica: Sisma assente  Torsione: Assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	1.500
			Variabile: Neve	Condizione 3	1.500
2	Sisma +X	Azione sismica: SISMA +X  Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
3	Sisma -X	Azione sismica: SISMA -X  Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
4	Sisma +Y	Azione sismica: SISMA +Y  Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
5	Sisma -Y	Azione sismica: SISMA -Y	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
		Torsione: Antioraria	Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
6	Sisma +X	Azione sismica: SISMA +X	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
		Torsione: Oraria	Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
7	Sisma -X	Azione sismica: SISMA -X	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
		Torsione: Oraria	Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
8	Sisma +Y	Azione sismica: SISMA +Y	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
		Torsione: Oraria	Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
9	Sisma -Y	Azione sismica: SISMA -Y	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
		Torsione: Oraria	Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000

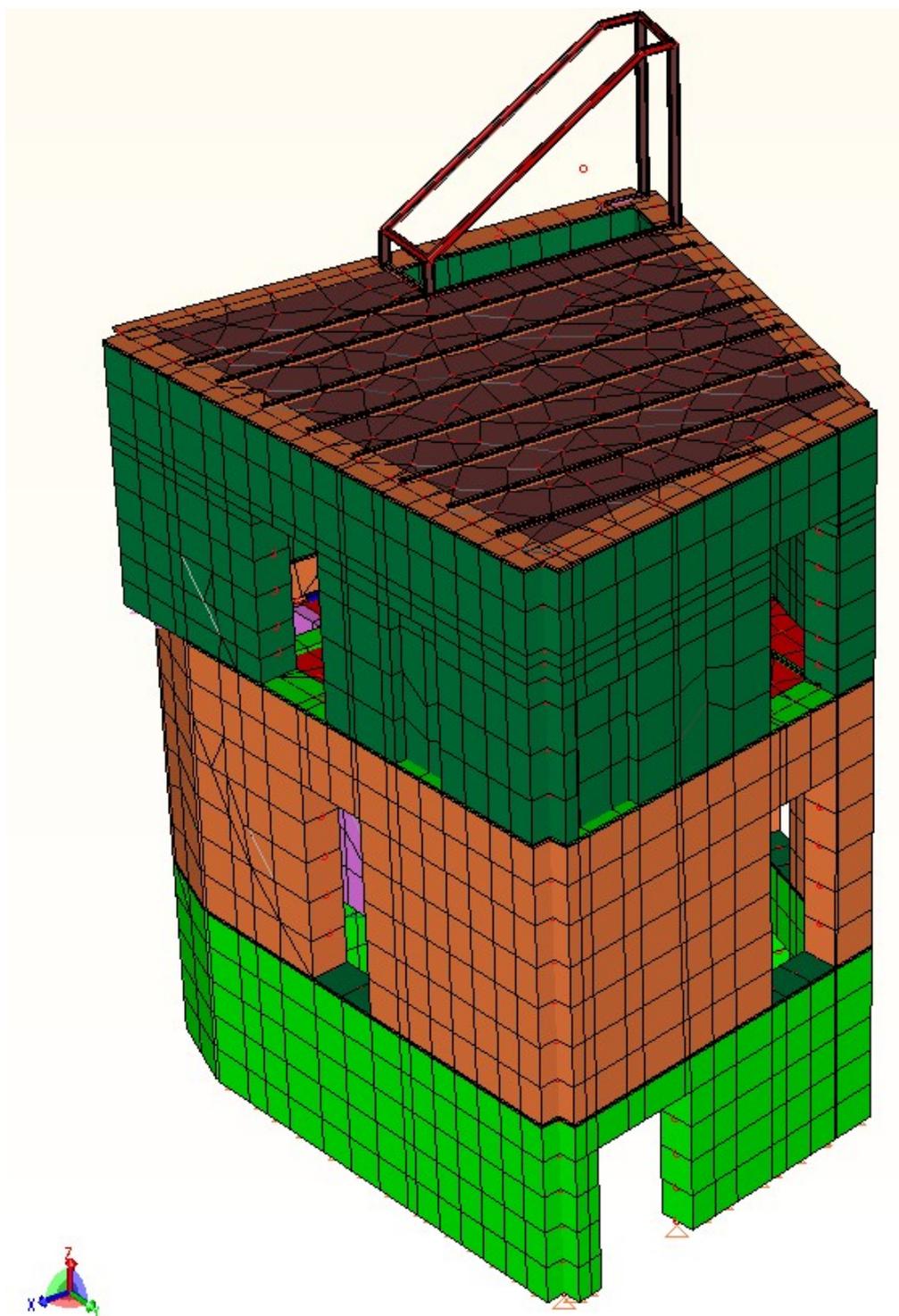
**Combinazioni per le verifiche allo stato limite d'esercizio**

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
10	Rara	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000

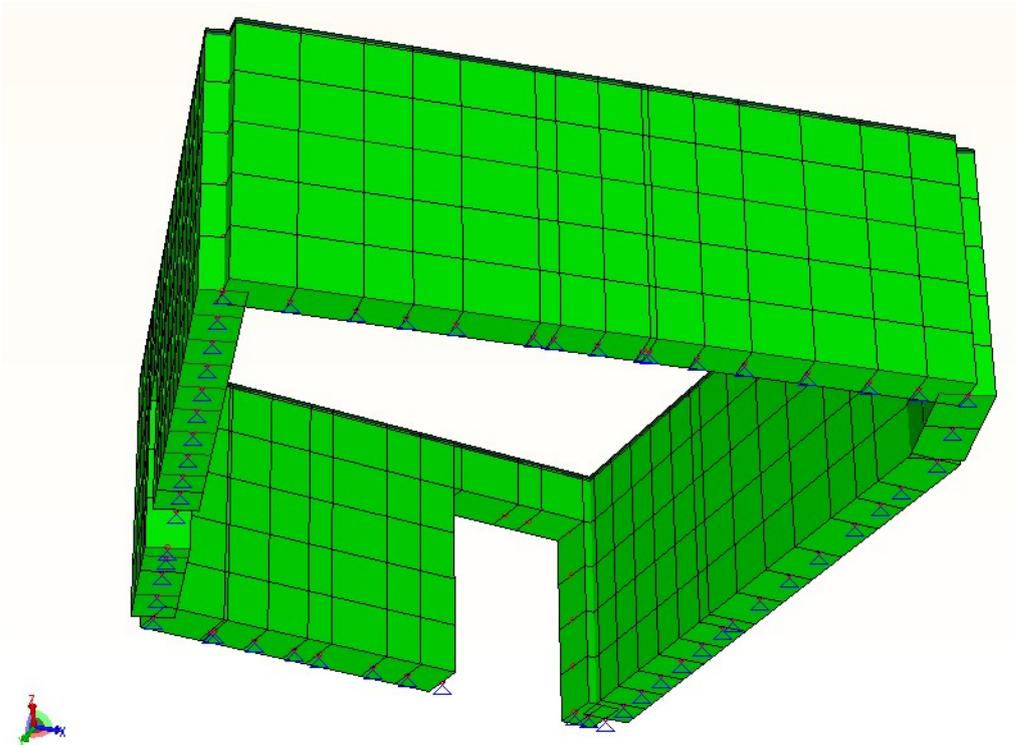
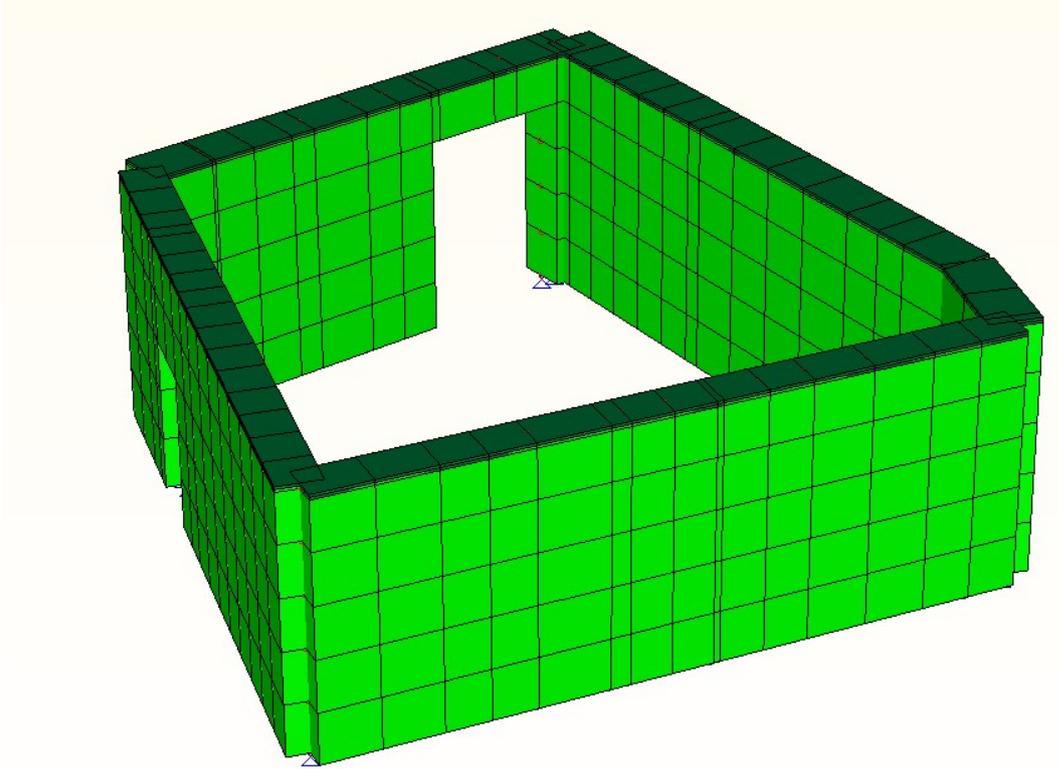
Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 3	1.000
11	Frequente	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.500
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.200
12	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000

## 11. Il modello strutturale del progetto (ex-post)

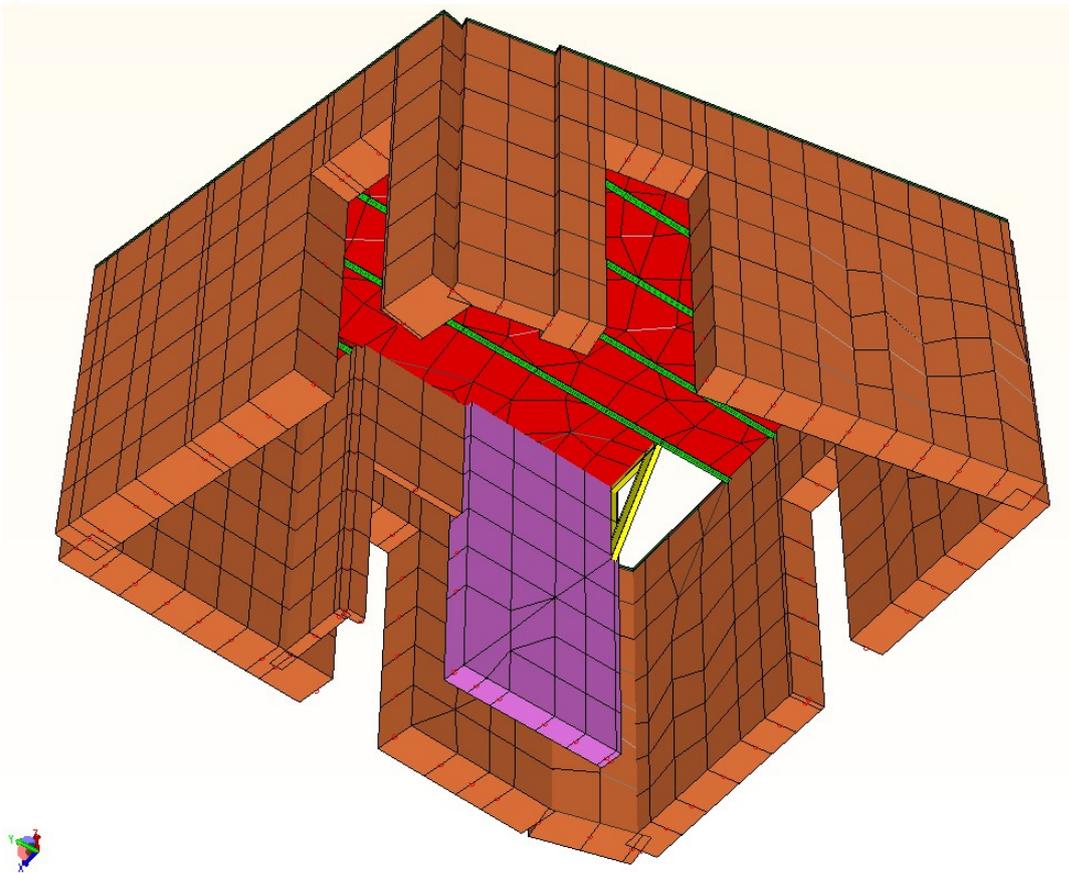
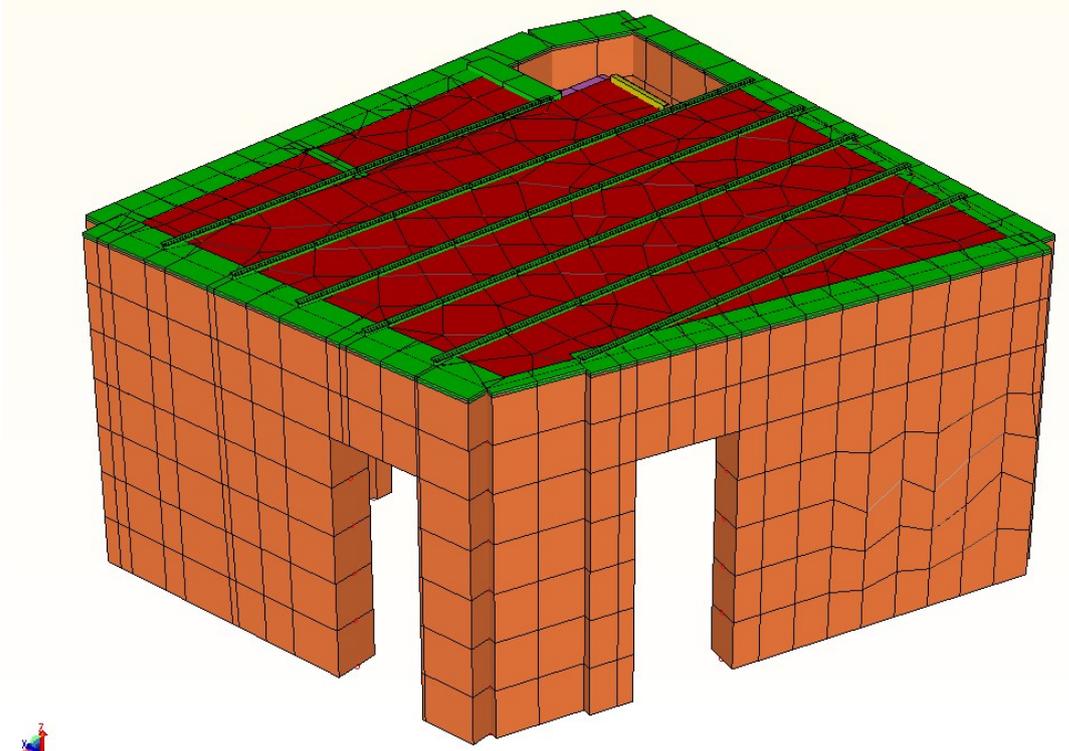
*Immagine modello fem*



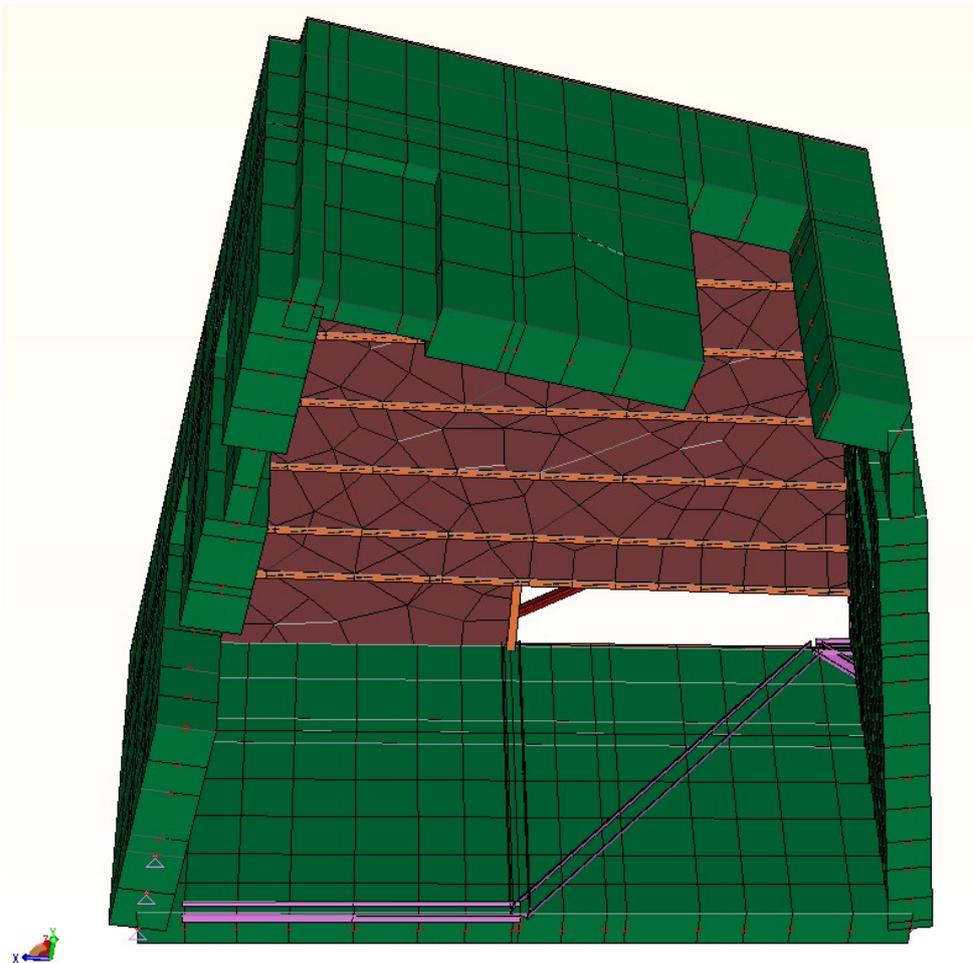
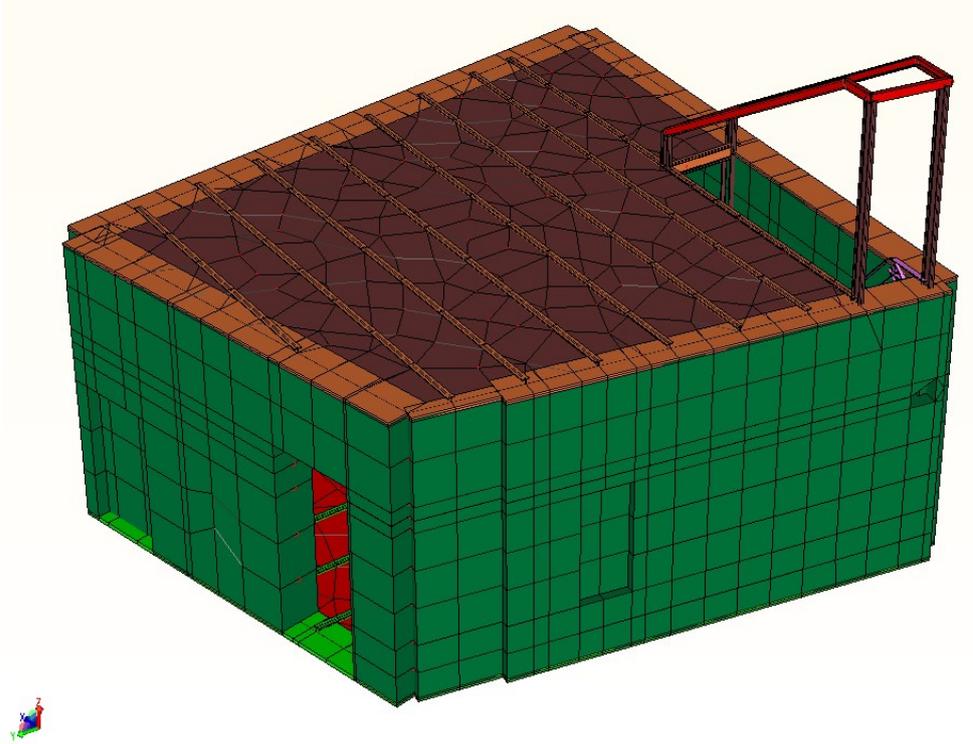
*Piano seminterrato*



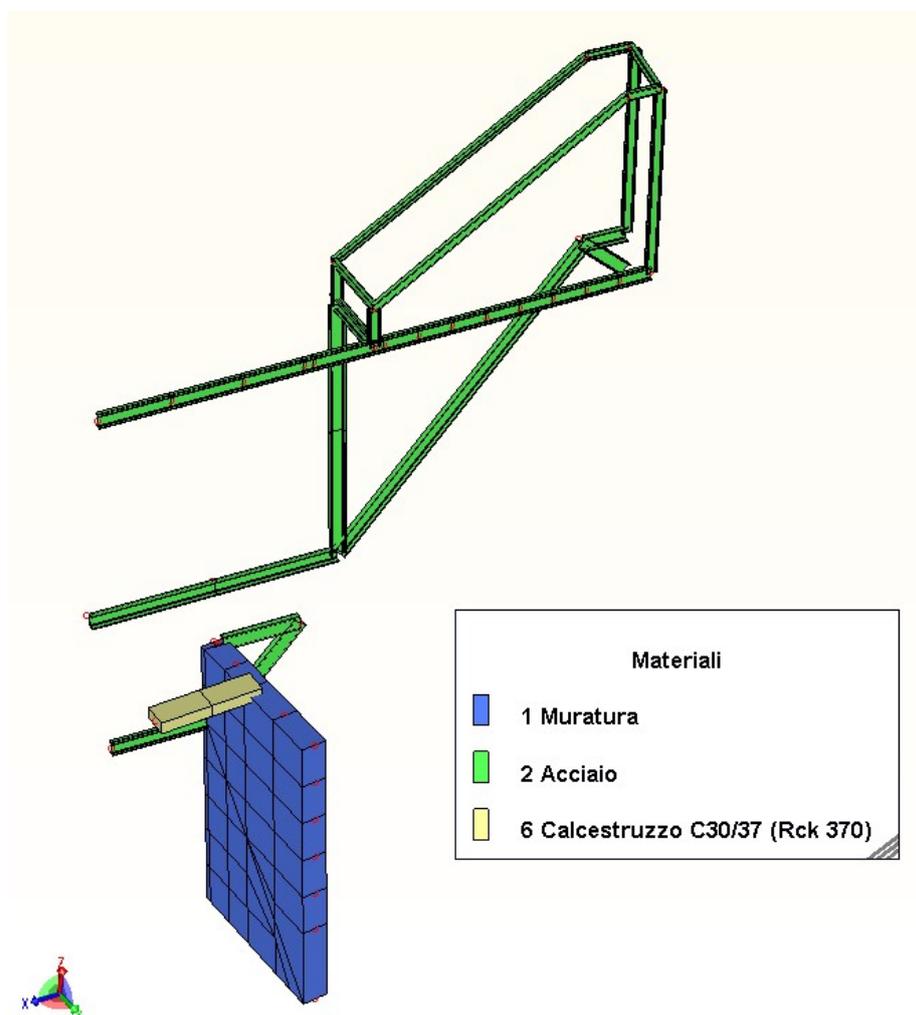
*Piano rialzato*

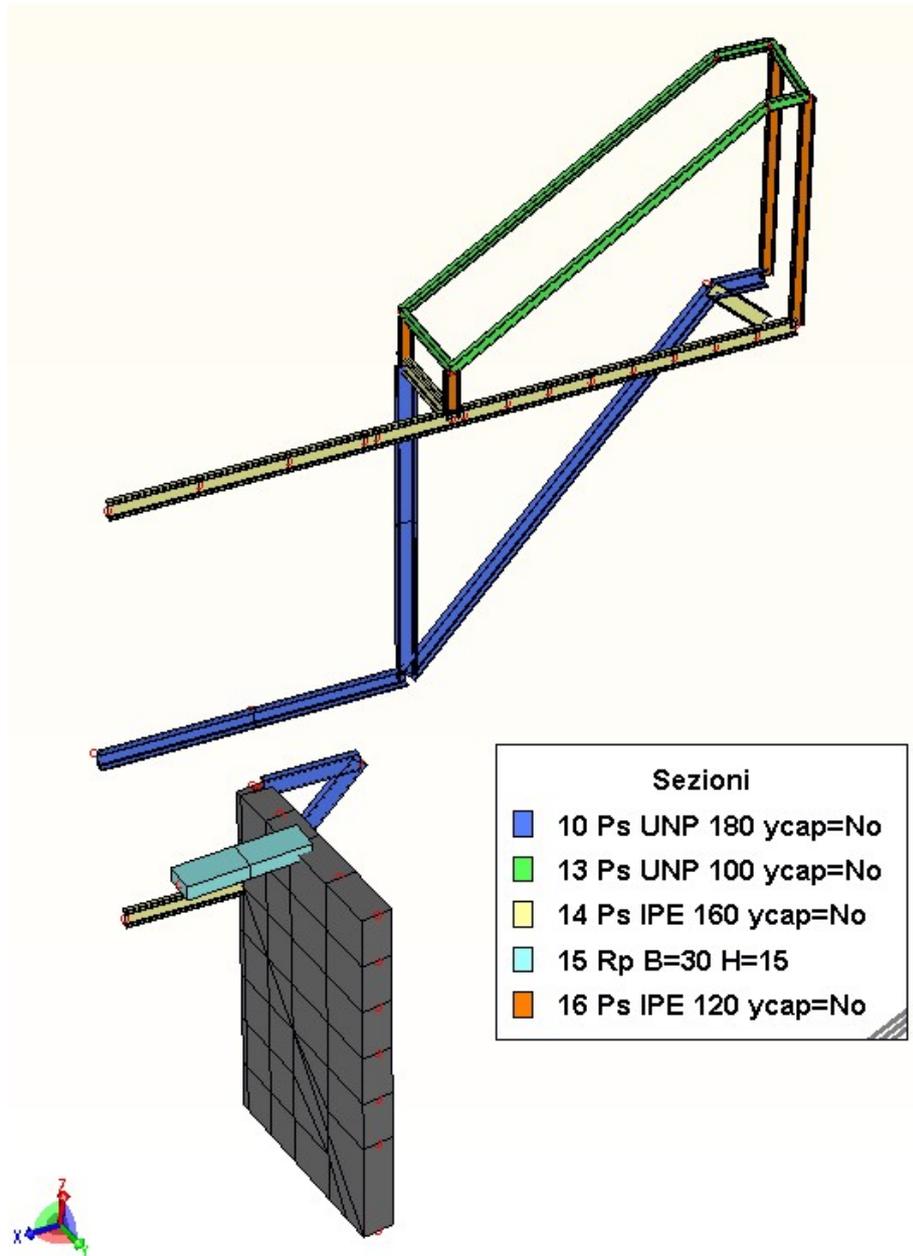


*Piano primo*

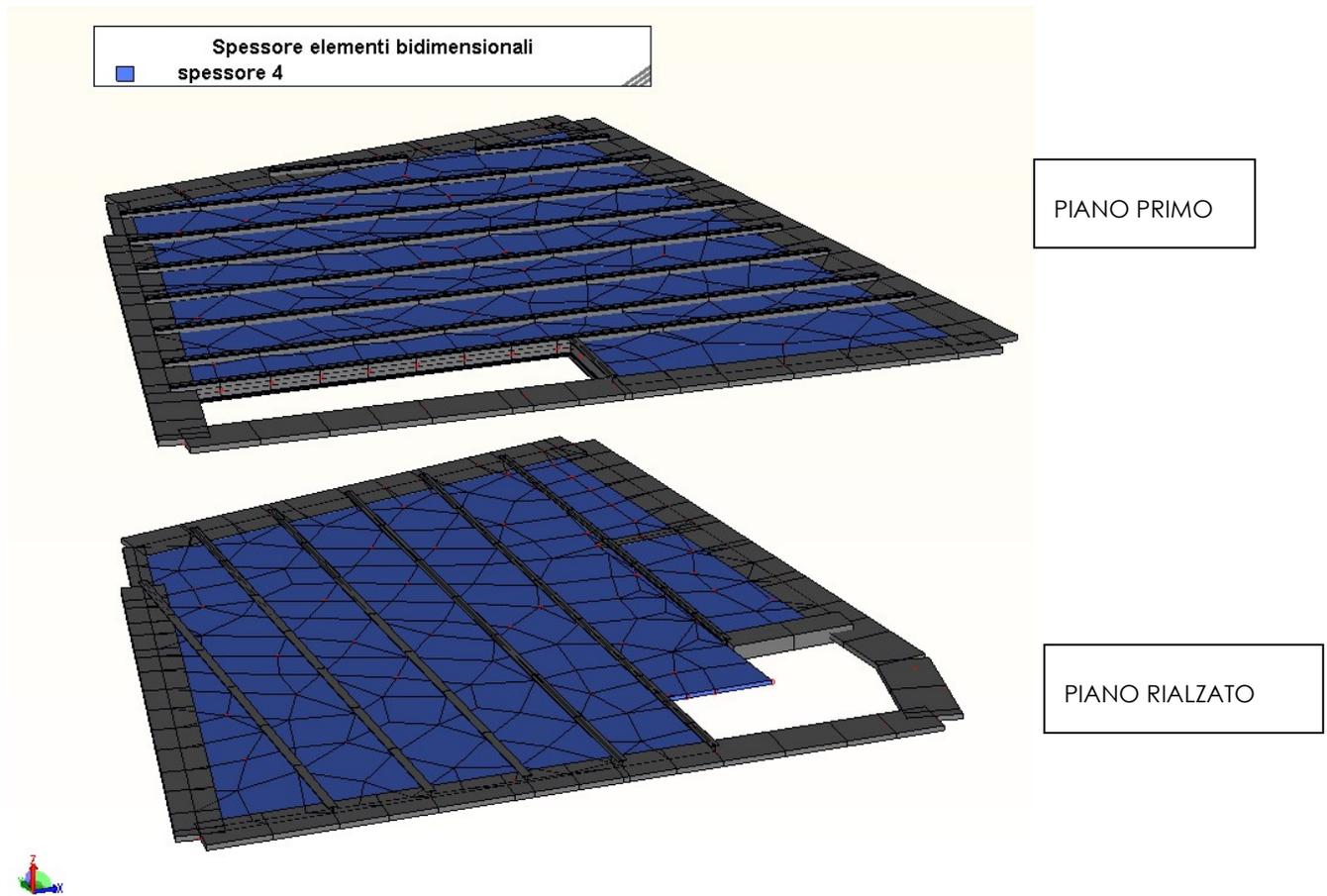


*Immagini dei nuovi elemnti strutturali*





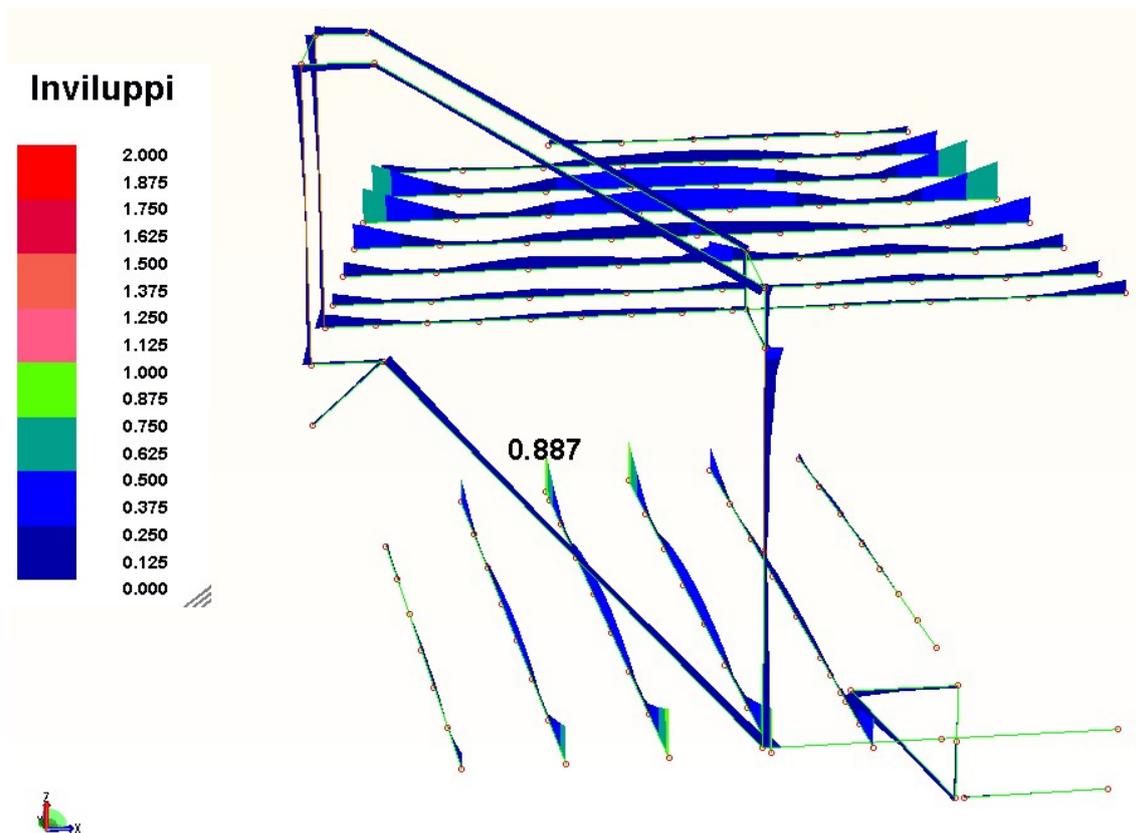
***Nuova soletta collaborante fibrerinfozata***



## 12. Le verifiche nel progetto (ex-post)

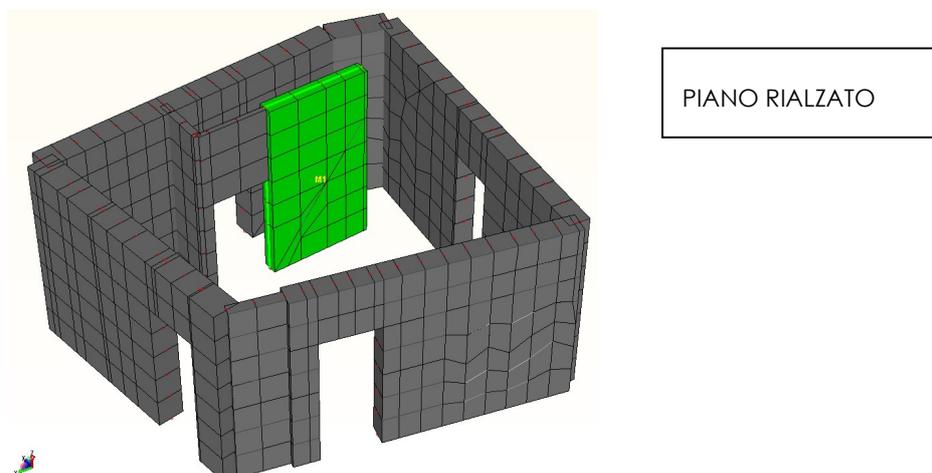
### 12.1. Verifiche di resistenza degli elementi in acciaio

Verifiche grafiche degli elementi in acciaio, utilizzando gli involuপি che comprendono: l'indice di resistenza, la stabilità e la snellezza. La verifica si intende soddisfatta per valori  $< 1,000$  (colori freddi)

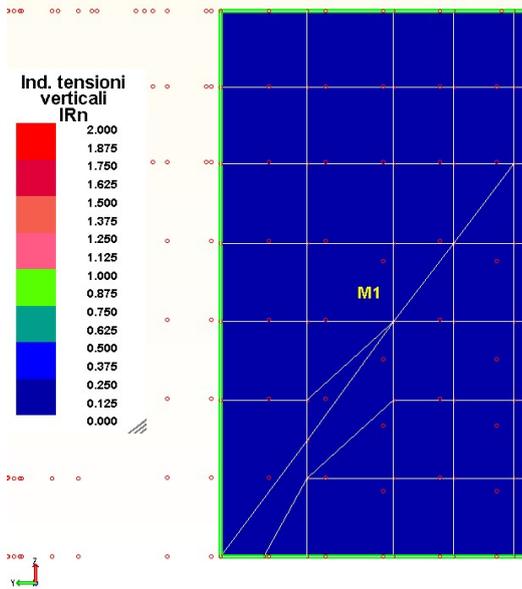


### 12.2. Verifiche di resistenza del nuovo maschio murario

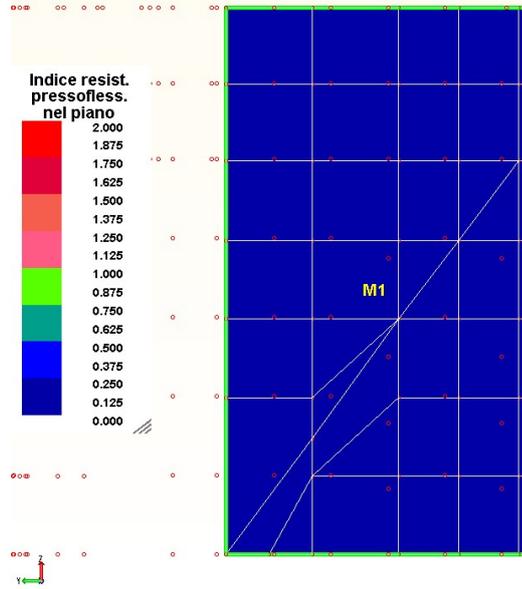
Verifiche grafiche del maschio murario individuato nell'immagine successiva. La verifica si intende soddisfatta per valori degli indici di resistenza  $< 1,000$  (colori freddi)



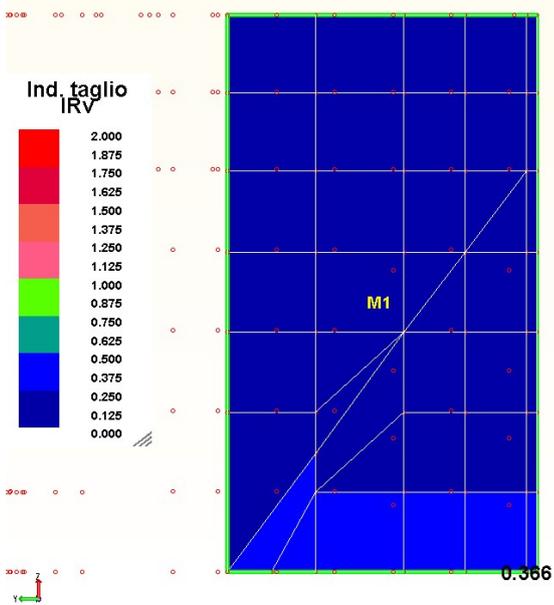
INDICE RESISTENZA ALLE TENSIONI VERTICALI



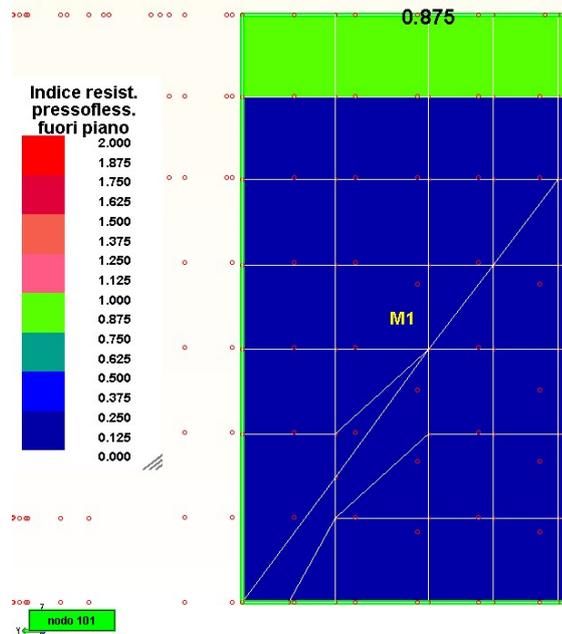
INDICE RESISTENZA A PRESSOFLESSIONE NEL PIANO



INDICE RESISTENZA A TAGLIO



INDICE RESISTENZA A PRESSOFLESSIONE FUORI PIANO



### 13. Giudizio motivato sull'accettabilità dei risultati

I programmi di calcolo utilizzati sono idonei a riprodurre nel modello matematico il comportamento della struttura e gli elementi finiti disponibili e utilizzati sono rappresentativi della realtà costruttiva. Le funzioni di controllo disponibili, innanzitutto quelle grafiche, consentono di verificare la riproduzione della realtà costruttiva ed accertare la corrispondenza del modello con la geometria strutturale e con le condizioni di carico ipotizzate. Si evidenzia che il modello viene generato direttamente dal disegno architettonico riproducendone così fedelmente le proporzioni geometriche. In ogni caso sono stati effettuati alcuni controlli dimensionali con gli strumenti software a disposizione dell'utente. Tutte le proprietà di rilevanza strutturale (materiali, sezioni, carichi, sconnessioni, etc.) sono state controllate attraverso le funzioni di indagine specificatamente previste. Sono state sfruttate le funzioni di autodiagnostica presenti nei software che hanno accertato che non sussistono difetti formali di impostazione. E' stato accertato che le risultanti delle azioni verticali sono in equilibrio con i carichi applicati. Sono state controllate le azioni taglianti di piano ed accertata la loro congruenza con quella ricavabile da semplici ed agevoli elaborazioni. Le sollecitazioni prodotte da alcune combinazioni di carico di prova hanno prodotto valori prossimi a quelli ricavabili adottando consolidate formulazioni ricavate dalla Scienza delle Costruzioni. Anche le deformazioni risultano prossime ai valori attesi. Il dimensionamento e le verifiche di sicurezza hanno determinato risultati che sono in linea con casi di comprovata validità, confortati anche dalla propria esperienza.

## 14. Validazione ed affidabilità dei codici

Il software viene fornito assieme ad un manuale di validazione, che può essere allegato a richiesta. Gli esempi ivi riportati sono esempi classici comunemente utilizzati a questo fine, tratti dalla letteratura scientifica o da Enti impegnati in questo settore. Di ogni esempio è riportato il riferimento bibliografico; sono esposti in forma di scheda per renderne più semplice e chiara la descrizione del modello e dei risultati; i confronti sono stati eseguiti rispetto al risultato teorico; inoltre per alcuni casi è stato eseguito un confronto con un solutore ad elementi finiti di grande diffusione.

Software utilizzato:

TITOLO	MASTERSAP
AUTORE - PRODUTTORE - DISTRIBUTORE	AMV s.r.l., via San Lorenzo 106, 34077 Ronchi dei Legionari (Go)
VERSIONE	2022
ESTREMI DELLA LICENZA O DEL TITOLO D'USO	N° Licenza 36443

AMV S.r.l.  
Via San Lorenzo, 106  
34077 Ronchi dei Legionari  
(Gorizia) Italy

Ph. +39 0481.779.903 r.a.  
Fax +39 0481.777.125  
E-mail: info@amv.it  
www.amv.it

Cap. Soc. € 10.920,00 i.v.  
P.Iva: IT00382470318  
C.F. e Iscriz. nel Reg. delle Imp. di GO  
00382470318 - R.E.A. GO n° 048216



**Attestato dell'affidabilità del codice di calcolo e delle procedure implementate nei prodotti software AMV  
In base al paragrafo 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008 e successivi aggiornamenti).**

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore AMV s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento MasterSap. Si fa presente che sul proprio sito ([www.amv.it](http://www.amv.it)) è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti (formati da centinaia di pagine) di pubblico dominio, si ritiene sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

Il motore di calcolo adottato da MasterSap, denominato LIFE-Pack, è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e non lineare, con estensioni per il calcolo degli effetti del secondo ordine.

Il solutore lineare usato in analisi statica ed in analisi modale è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multifrontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supermodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore. Il solutore modale è basato sulla formulazione inversa dell'algoritmo di Lanczos noto come Thick Restarted Lanczos ed è particolarmente adatto alla soluzione di problemi di grande e grandissima dimensione ovvero con molti gradi di libertà. L'algoritmo di Lanczos oltre ad essere supportato da una rigorosa teoria matematica, è estremamente efficiente e competitivo e non ha limiti superiori nella dimensione dei problemi, se non quelli delle risorse hardware della macchina utilizzata per il calcolo.

Per la soluzione modale di piccoli progetti, caratterizzati da un numero di gradi di libertà inferiore a 500, l'algoritmo di Lanczos non è ottimale e pertanto viene utilizzato il classico solutore modale per matrici dense simmetriche contenuto nella ben nota libreria LAPACK.

L'analisi con i contributi del secondo ordine viene realizzata aggiornando la matrice di rigidità elastica del sistema con i contributi della matrice di rigidità geometrica.

Un'estensione non lineare, che introduce elementi a comportamento multilineare, si avvale di un solutore incrementale che utilizza nella fase iterativa della soluzione il metodo del gradiente coniugato preconditionato.

Grande attenzione è stata riservata agli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati tratti dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti, sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità. Il manuale di validazione è disponibile sul sito [www.amv.it](http://www.amv.it).

È importante segnalare, forse ancora con maggior rilievo, che l'affidabilità del programma trova riscontro anche nei risultati delle prove di collaudo eseguite su sistemi progettati con MasterSap. I verbali di collaudo (per alcuni progetti di particolare importanza i risultati sono disponibili anche nella letteratura tecnica) documentano che i risultati delle prove, sia in campo statico che dinamico, sono corrispondenti con quelli dedotti dalle analisi numeriche, anche per merito della possibilità di dar luogo, con MasterSap, a raffinate modellazioni delle strutture. In MasterSap sono presenti moltissime procedure di controllo e filtri di autodia-gnostica. In fase di input, su ogni dato, viene eseguito un controllo di compatibilità. Un ulteriore procedura di controllo può essere lanciata dall'utente in modo da individuare tutti gli errori gravi o gli eventuali difetti della modellazione. Analoghi controlli vengono eseguiti da MasterSap in fase di calcolo prima della preparazione dei dati per il solutore. I dati trasferiti al solutore sono facilmente consultabili attraverso la lettura del file di input in formato XML, leggibili in modo immediato dall'utente.

Apposite procedure di controllo sono predisposte per i programmi di dimensionamento per l'acciaio, legno, alluminio, muratura etc. Tali controlli riguardano l'esito della verifica, vengono segnalati, per via numerica e grafica (vedi esempio a fianco), i casi in contrasto con le comuni tecniche costruttive e gli errori di dimensionamento (che bloccano lo sviluppo delle fasi successive della progettazione, ad esempio il disegno esecutivo).

Nei casi previsti dalla norma, ad esempio qualora contemplato dalle disposizioni sismiche in applicazione, vengono eseguiti i controlli sulla geometria strutturale, che vengono segnalati con la stessa modalità dei difetti di progettazione.

Ulteriori funzioni, a disposizione dell'utente, agevolano il controllo dei dati e dei risultati. È possibile eseguire una funzione di ricerca su tutte le proprietà (geometriche, fisiche, di carico etc) del modello individuando gli elementi interessati.

Si possono rappresentare e interrogare graficamente, in ogni sezione desiderata, tutti i risultati dell'analisi e del dimensionamento strutturale. Nel caso sismico viene evidenziata la posizione del centro di massa e di rigidità del sistema.

Per gli edifici è possibile, per ogni piano, a partire dalle fondazioni, conoscere la risultante delle azioni verticali orizzontali. Analoghi risultati sono disponibili per i vincoli esterni.

Le altre procedure di calcolo, oltre a MasterSap, seguono la medesima impostazione teorica e lo stesso procedimento di validazione.

Nei relativi manuali viene fornita una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, dei metodi e criteri usati per il dimensionamento strutturale e delle sezioni; vengono forniti esempi significativi che possono essere facilmente replicati, segnalando che si tratta spesso di procedure di calcolo e di verifica, che per loro natura, non denotano particolari complessità teoriche e concettuali.

Il rilascio di ogni nuova versione dei programmi è sottoposta a rigorosi check automatici che mettono a confronto i risultati della release in esame con quelli già validati e realizzati da versioni precedenti. Inoltre, sessioni specifiche di lavoro sono condotte da personale esperto per controllare il corretto funzionamento delle varie procedure software, con particolare riferimento a quelle che sono state oggetto di interventi manutentivi o di aggiornamento.

AMV s.r.l.  
Amministratore Unico  
Ing. Luciano Migliorini

## 15. Conclusioni

La scelta degli interventi è stata mirata ad ottenere un incremento delle prestazioni della struttura principalmente per le azioni sismiche essendo la struttura in oggetto non concepita per resistere adeguatamente a tali azioni.

In riferimento alle NTC 2018 al § 8.4.1. gli interventi previsti dal progetto sull'immobile in esame sono volti a conseguire le finalità descritte di seguito e richieste al suddetto capitolo:

- impedire meccanismi di collasso locale e ripristinare le caratteristiche iniziali delle parti danneggiate mediante l'intervento di cucì-scucì (conci lesionati, architravi, soletta dei balconi)
- migliorare le caratteristiche di resistenza di parti anche non danneggiate come le putrelle in acciaio dei solai; il consolidamento delle stesse putrelle e la realizzazione della soletta fibrorinforzata opportunamente vincolata tramite ancoraggi alle strutture sottostanti e perimetrali garantisce il raggiungimento di tale obiettivo come dimostrato nelle verifiche
- modificare un elemento o una porzione limitata della struttura. Il progetto prevede la sola modifica delle scale; le rampe di collegamento tra piano rialzato e piano primo l'ingombro resta invariato, mentre la scala di collegamento al lastrico solare sarà spostata per rendere agevoli le salite di entrambe le rampe.

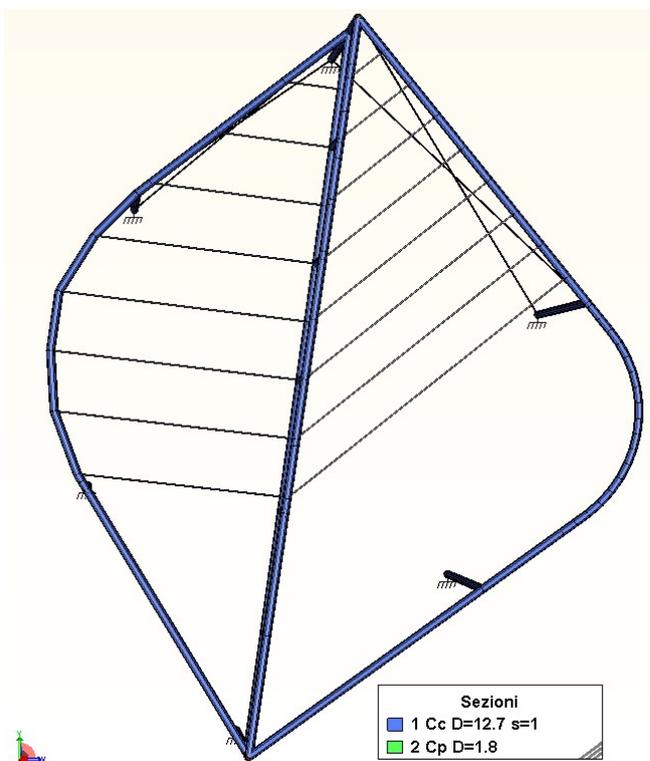
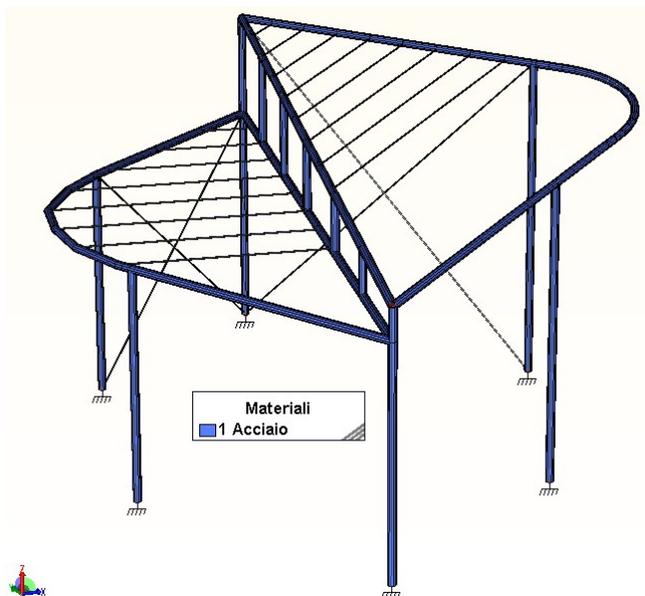
## **Il progetto delle strutture nella piazza**

## 16. Premessa

Il progetto riguarda la realizzazione di un baldacchino/ pergolato da realizzarsi a completamento del vuoto d'angolo di Piazza Marinullo, presso il comune di Triggiano.

La struttura in progetto sarà realizzata interamente in acciaio Classe S 235 a sezione circolare cava.

Di seguito si riporta l'immagine del modello in vista prospettica con indicazione del materiale ed in vista planimetrica con l'indicazione delle sezioni utilizzate.



## 17. Normativa tecnica considerata

Nella determinazione dei carichi di progetto e nelle verifiche statiche e sismiche effettuate si sono considerate le seguenti leggi o Disposizioni:

- Legge 05 Novembre 1971 n.1086;
- D.P.R 06 Giugno 2001 n.380 – Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;
- D.M. 17 Gennaio 2018 – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le Costruzioni”;
- Circolare C.S.LL.PP. n.7 del 21 Gennaio 2019 “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

### 18. Localizzazione dell'opera

La piazza è situata all'interno del centro storico del comune di Triggiano. Di seguito si riporta uno stralcio planimetrico con l'indicazione delle coordinate:



## **19. Classificazione degli interventi**

Gli interventi previsti dal progetto in esame si prefigurano come segue nuova costruzione ai sensi del cap. 7.0 del D.M. 17 Gennaio 2018 – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le Costruzioni”.

## 20. Metodi di calcolo

### 20.1. Analisi statica lineare

L'analisi statica lineare è la più comune e tradizionale delle analisi strutturali possibili. L'aggettivo statica sottintende che i carichi applicati non dipendono dal tempo o più esattamente variano molto lentamente tra l'istante iniziale di applicazione  $t_0$  e l'istante finale di osservazione  $t_f$  (carichi quasi-statici).

Ipotizzando inoltre che la forza di reazione interna dipenda linearmente dagli spostamenti, attraverso una matrice di rigidità costante  $K$  e che le forze esterne siano costituite da carichi indipendenti dallo spostamento, si ottiene l'equazione di equilibrio classica per i problemi quasi statici lineari

$$KU = F$$

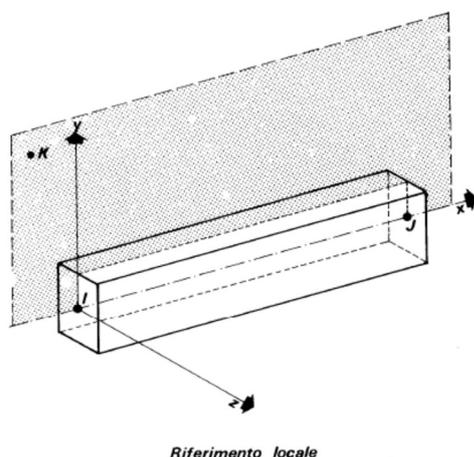
dove  $K$  è la matrice di rigidità,  $U$  è il vettore delle deformazioni nodali,  $F$  è il vettore dei carichi.

E' bene ricordare che la linearità della risposta strutturale deriva da almeno due grandi semplificazioni: l'ipotesi di elasticità lineare del materiale (linearità materiale) e l'ipotesi di piccolezza degli spostamenti e delle deformazioni (linearità geometrica).

Nell'analisi sismica con il metodo statico equivalente, le corrispondenti forze inerziali vengono automaticamente aggiunte agli altri carichi eventualmente presenti sulla struttura.

Note le deformazioni vengono calcolate le sollecitazioni.

### 20.2. Sistema di riferimento locale



### 20.3. Calcolo delle sollecitazioni

Il programma calcola ai due nodi estremi di ogni elemento e per ogni combinazione di carico sei sollecitazioni, riferite agli assi locali (come indicato nella figura a lato):

$F_x$  = forza assiale nella direzione locale  $x$ ;

$F_y$  = taglio nella direzione locale  $y$ ;

$F_z$  = taglio nella direzione locale  $z$ ;

$M_x$  = momento torcente attorno all'asse locale  $x$ ;

$M_y$  = momento flettente attorno all'asse locale  $y$ ;

$M_z$  = momento flettente attorno all'asse locale  $z$ ,

con le seguenti convenzioni sui segni:

forze positive se concordi con gli assi locali (F);

momenti positivi se antiorari rispetto gli assi locali, per un osservatore disteso lungo il corrispondente semiasse positivo (F\*L).

Tali convenzioni sono caratteristiche dei codici di calcolo numerico e sono mantenute soltanto nelle stampe globali. Nelle rappresentazioni grafiche e nelle stampe delle verifiche di sicurezza vengono invece adottate le convenzioni tipiche della Scienza delle Costruzioni.

## 21. Pericolosità sismica di base e parametri sismici - classificazione sismica

L'azione sismica è stata calcolata mediante l'ANALISI STATICA SISMICA EQUIVALENTE in conformità alle disposizioni del § 7.0 delle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17/01/2018, in quanto nei confronti dello SLV:

$$ag / g^* (Ss^*St) \leq 0,075$$

### Dati di progetto

#### Intestazione e dati caratteristici della struttura

Nome dell'archivio di lavoro	PIAZZA MARINULLO
Intestazione del lavoro	PIAZZA MARINULLO - TRIGGIANO
Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Statica sismica equivalente
Tipo di soluzione	Lineare
Unita' di misura delle forze	kg
Unita' di misura delle lunghezze	cm
Normativa	NTC-2018

#### Normativa

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	II
Vita di riferimento	50 anni
Localita'	Triggiano - Piazza Marinullo 4
Longitudine (WGS84)	16.9217
Latitudine (WGS84)	41.0632
Categoria del suolo	A
Coefficiente topografico	1

Eccentricita' accidentale	0%
Periodo proprio T1 in direzione X	0.361
Periodo proprio T1 in direzione Y	0.170
$\lambda$	1
Comportamento strutturale	NON Dissipativo

#### Parametri sismici

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag*S) (m/s^2)
SLO	30	0.0249	2.3840	0.22	1.00	1.00	0.244
SLD	50	0.0312	2.4120	0.28	1.00	1.00	0.306
SLV	475	0.0683	2.5800	0.53	1.00	1.00	0.670
SLE	475	0.0683	2.5800	0.53	1.00	1.00	0.670
SLC	975	0.2736	2.4860	0.35	1.00	1.00	2.684

#### Dati spettro

#### Stato limite ultimo

Fattore di comportamento q	qor=1.5
----------------------------	---------

Sd (T1) in direzione X	0.117 g
Sd (T1) in direzione Y	0.116 g
Coeff.globale accelerazione sismica direz.X	0.117
Coeff.globale accelerazione sismica direz.Y	0.116

## 22. Carichi e combinazioni di carico

La struttura oggetto dell'analisi e verifica si compone di soli elementi monodimensionali, per tale motivo non sono stati considerati carichi accidentali come neve e vento. Si è tenuto conto di un carico permanente dovuto alla presenza di piante rampicanti ed in particolare del carico termico. La struttura infatti, esposta agli agenti atmosferici e realizzata interamente in acciaio risente in particolar modo dell'escursione termica.

Di seguito si riporta l'elenco dei carichi assegnati.

### Carico termico tx

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Temperatura
Temperatura estate	1	Condizione 1	Variabile: Temperatura	25.000000
Temperatura inverno	2	Condizione 2	Variabile: Temperatura	-25.000000

### Carico distribuito con riferimento globale Z, agente sulla lunghezza reale

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist.iniz nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Permanente Piante	3	Condizione 3	Permanente: Permanente portato	-0.002000	0.000	-0.002000	0.000	1.0000	1.0000

I carichi assegnati sono stati successivamente elaborati nelle seguenti combinazioni di carico

### Combinazioni per le verifiche allo stato limite ultimo

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Statica (inv.+permanente)	Azione sismica: Sisma assente Torsione: Assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 3	1.300
			Variabile: Temperatura	Condizione 2	1.500
2	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 3	1.000
3	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 3	1.000
4	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 3	1.000
5	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 3	1.000
6	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 3	1.000

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
7	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato	Condizione peso proprio Condizione 3	1.000 1.000
8	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: - 03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato	Condizione peso proprio Condizione 3	1.000 1.000
9	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: - 03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato	Condizione peso proprio Condizione 3	1.000 1.000
10	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato	Condizione peso proprio Condizione 3	1.000 1.000
11	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato	Condizione peso proprio Condizione 3	1.000 1.000
12	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: - EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato	Condizione peso proprio Condizione 3	1.000 1.000
13	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: - EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato	Condizione peso proprio Condizione 3	1.000 1.000
14	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato	Condizione peso proprio Condizione 3	1.000 1.000
15	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato	Condizione peso proprio Condizione 3	1.000 1.000
16	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: - 03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato	Condizione peso proprio Condizione 3	1.000 1.000
17	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: - 03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato	Condizione peso proprio Condizione 3	1.000 1.000
37	Statica estate	Azione sismica: Sisma assente Torsione: Assente	Permanente: Peso Proprio Variabile: Temperatura	Condizione peso proprio Condizione 1	1.300 1.500
38	Statica inverno	Azione sismica: Sisma assente Torsione: Assente	Permanente: Peso Proprio Variabile: Temperatura	Condizione peso proprio Condizione 2	1.300 1.500

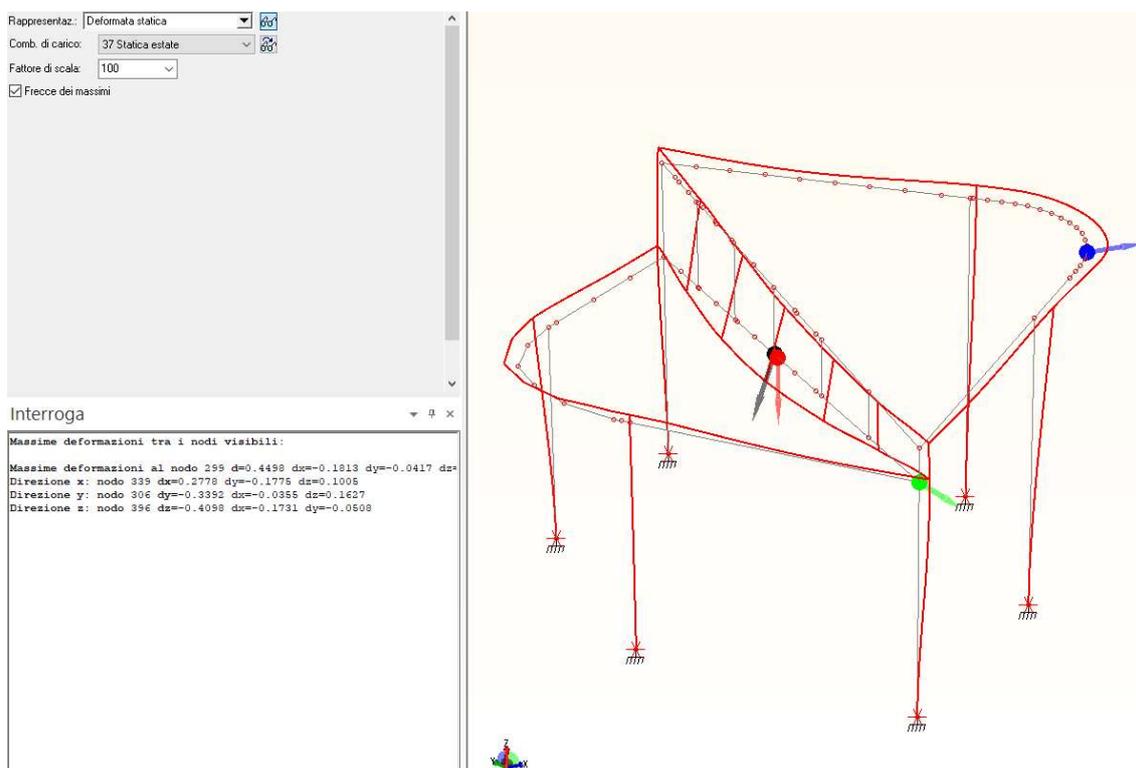
**Combinazioni per le verifiche allo stato limite d'esercizio**

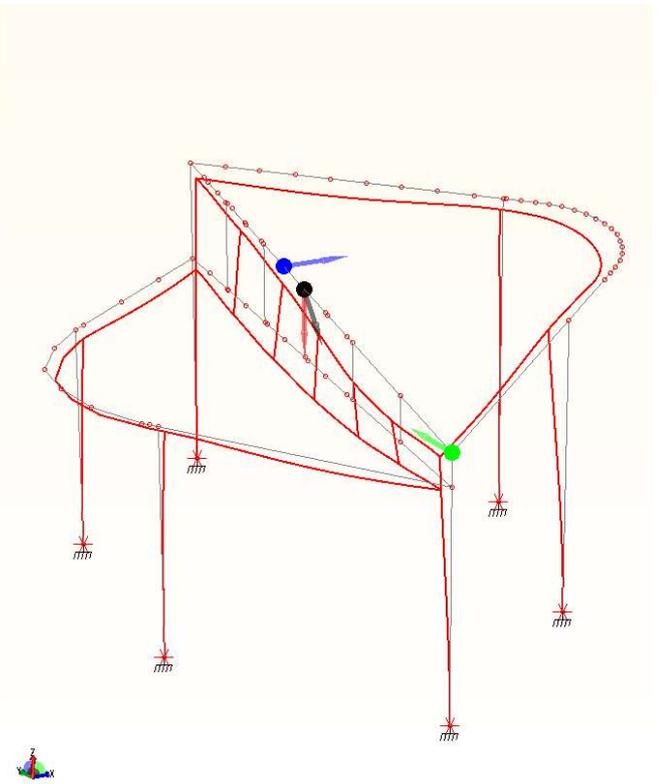
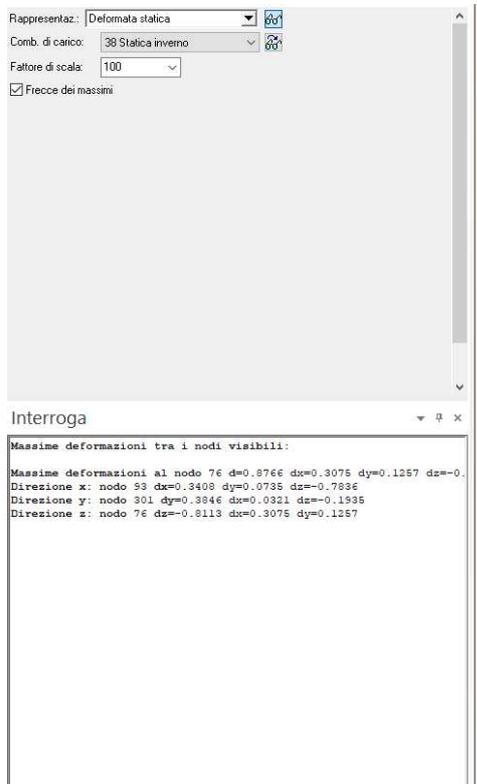
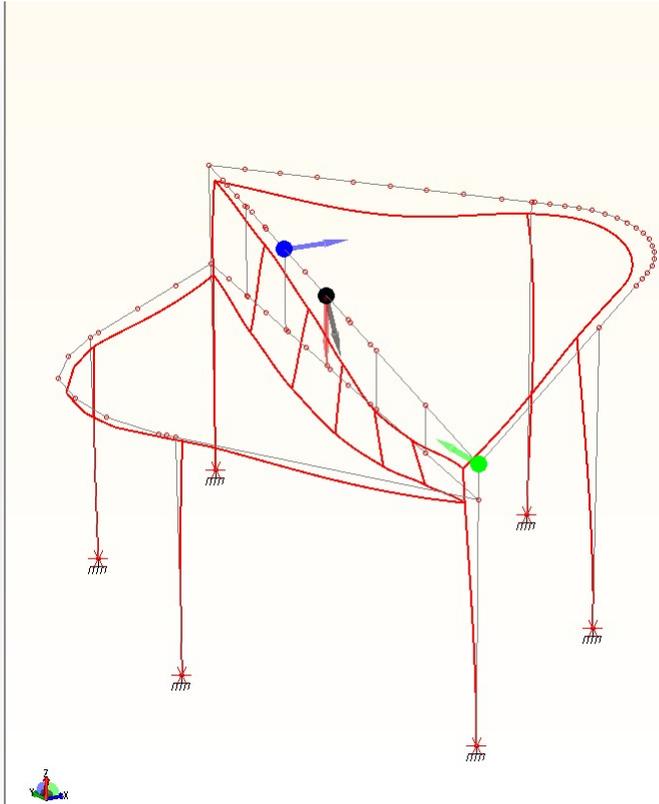
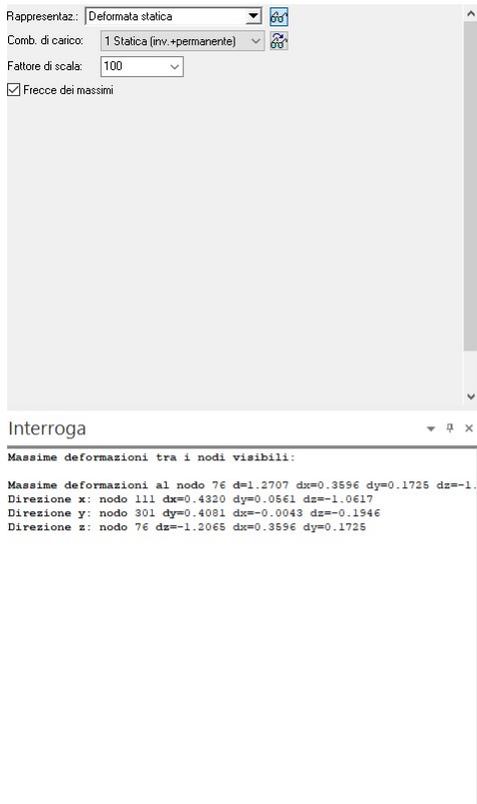
Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
18	Rara estate	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Temperatura	Condizione peso proprio Condizione 3 Condizione 1	1.000 1.000 1.000

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
19	Frequente	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 3	1.000
			Variabile: Temperatura	Condizione 2	0.200
20	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 3	1.000
			Variabile: Temperatura	Condizione 1	0.000
			Variabile: Temperatura	Condizione 2	0.000
39	Rara inverno	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 3	1.000
			Variabile: Temperatura	Condizione 2	1.000

Sono state dunque studiate le deformazioni dovute dagli effetti termici in assenza di azioni sismiche sia allo stato limite ultimo che allo stato limite di esercizio, nelle condizioni estive ed in quelle invernali come si evince nelle combinazioni: 1, 37, 38, 18 e 39.

Le deformate riportate di seguito riguardano le sole sezioni principali; tuttavia tali deformate considerano l'importante azione di ritegno dei controventi disposti ad X, la cui assenza provocherebbe spostamenti dei nodi ben più gravosi.





Rappresentaz.: Deformata statica 

Comb. di carico: 18 Rara estate 

Fattore di scala: 100

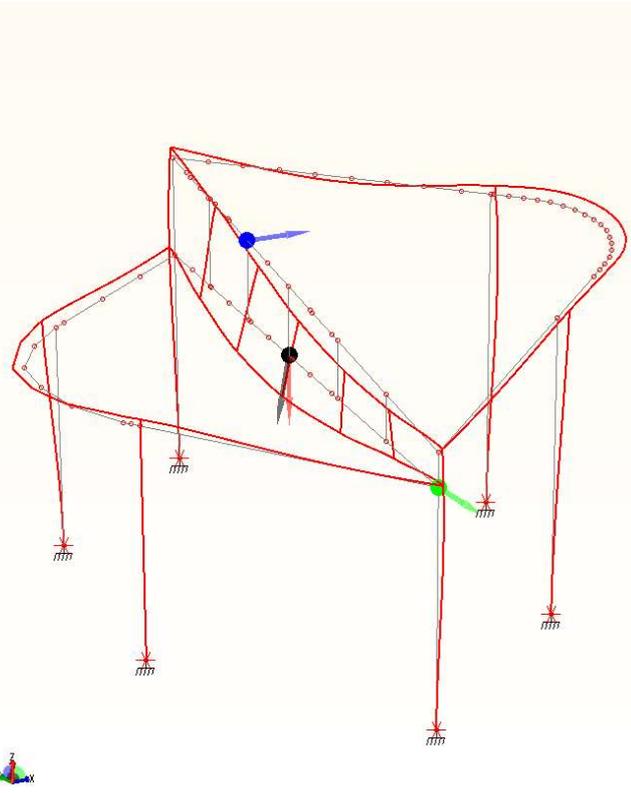
Freccie dei massimi

---

Interroga   

Massime deformazioni tra i nodi visibili:

Massime deformazioni al nodo 299  $d=0.6508$   $dx=-0.1323$   $dy=-0.0160$   $dz=$   
 Direzione x: nodo 111  $dx=0.2210$   $dy=0.0670$   $dz=-0.4766$   
 Direzione y: nodo 306  $dy=-0.2172$   $dx=-0.0492$   $dz=0.1073$   
 Direzione z: nodo 299  $dz=-0.6370$   $dx=-0.1323$   $dy=-0.0160$



Rappresentaz.: Deformata statica 

Comb. di carico: 39 Rara inverno 

Fattore di scala: 100

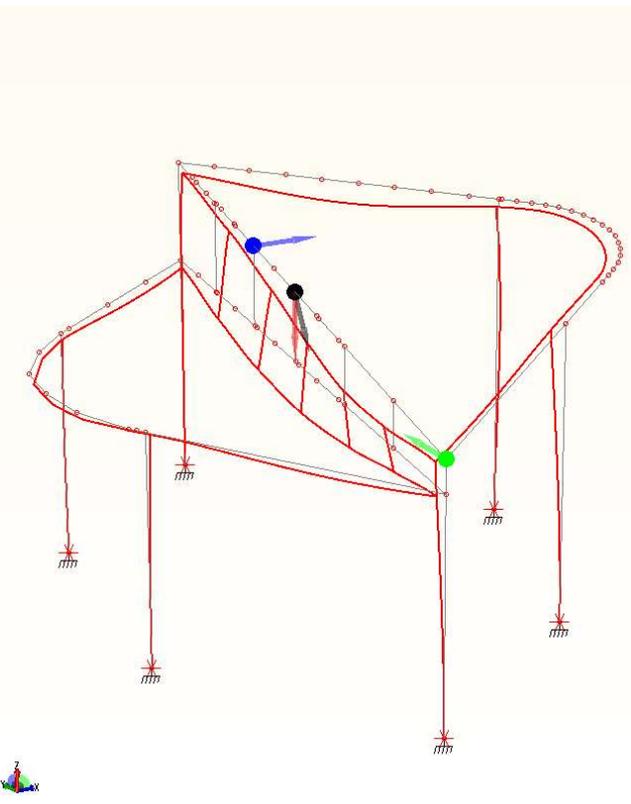
Freccie dei massimi

---

Interroga   

Massime deformazioni tra i nodi visibili:

Massime deformazioni al nodo 76  $d=0.9526$   $dx=0.2702$   $dy=0.1254$   $dz=-0.$   
 Direzione x: nodo 111  $dx=0.3244$   $dy=0.0449$   $dz=-0.7924$   
 Direzione y: nodo 301  $dy=0.2784$   $dx=-0.0068$   $dz=-0.1303$   
 Direzione z: nodo 76  $dz=-0.9049$   $dx=0.2702$   $dy=0.1254$

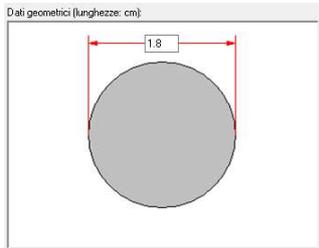


### 23. Computo materiali e sezioni

#### Sezione circolare piena

Codice	Diametro
2	1.800

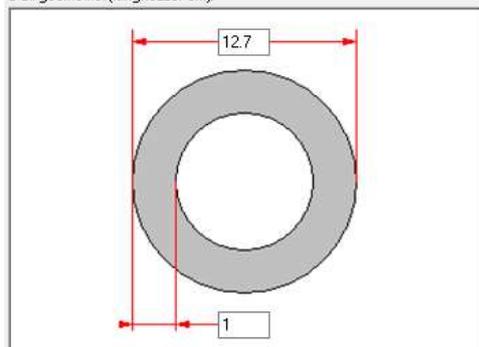
Dati geometrici (lunghezze: cm):



#### Sezione circolare cava

Codice	Diametro esterno	Spessore
1	12.700	1.000

Dati geometrici (lunghezze: cm):



#### Gruppo numero: 1 - travi

Materiale	Cod. Mater.	Sezione	Cod. Sez.	Lunghezza (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Peso (kg)
Acciaio	1	Cc	1	+5.333e+03	+1.960e+05	+1.539e+03

#### Gruppo numero: 2 - pilastri

Materiale	Cod. Mater.	Sezione	Cod. Sez.	Lunghezza (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Peso (kg)
Acciaio	1	Cc	1	+3.282e+03	+1.206e+05	+9.469e+02

#### Gruppo numero: 3 - tiranti

Materiale	Cod. Mater.	Sezione	Cod. Sez.	Lunghezza (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Peso (kg)
-----------	-------------	---------	-----------	----------------	---------------------------	-----------

Materiale	Cod. Mater.	Sezione	Cod. Sez.	Lunghezza (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Peso (kg)
Acciaio	1	Cp	2	+7.519e+03	+1.913e+04	+1.502e+02

**Computo totale per materiale**

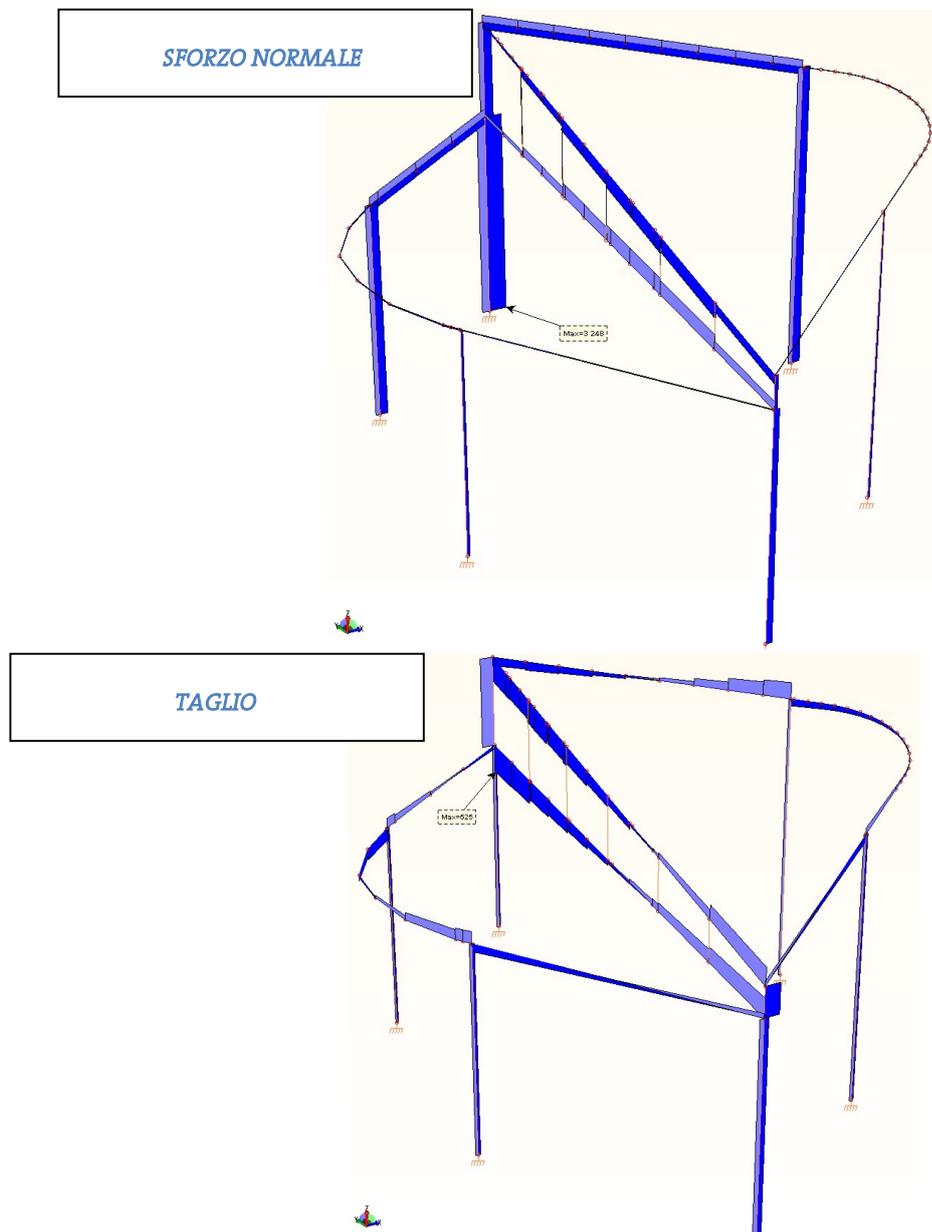
Materiale	Cod. mater.	Volume (cm <sup>3</sup> )	Peso (kg)
Acciaio	1	+3.358e+05	+2.636e+03

**Computo totale per sezione**

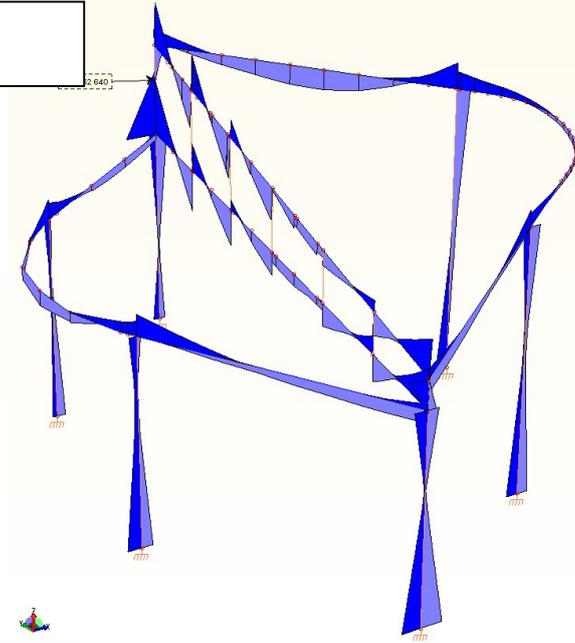
Materiale	Cod. mater.	Sezione	Cod. sez.	Lunghezza (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Peso (kg)
Acciaio	1	Cc	1	+8.615e+03 (86.15 m)	+3.167e+05	+2.486e+03 (2486 kg)
Acciaio	1	Cp	2	+7.519e+03	+1.913e+04	+1.502e+02

## 24. Risultati grafici sintetici dell'analisi di calcolo

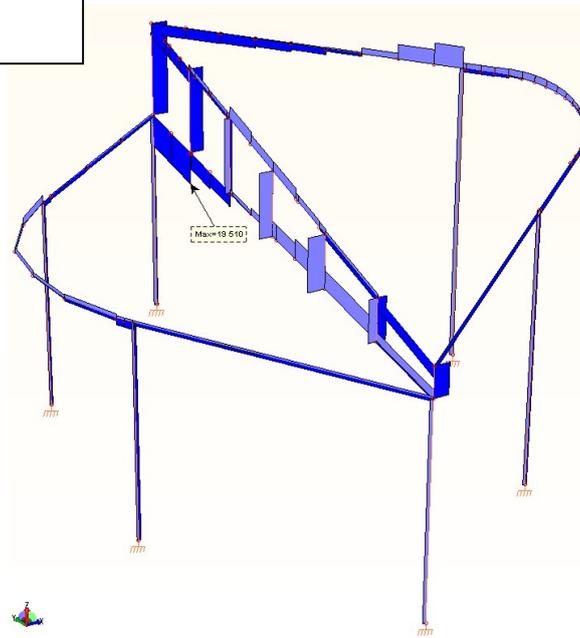
Di seguito si riportano i diagrammi delle seguenti sollecitazioni: sforzo normale, taglio, momento flettente e momento torcente degli elementi "asta".



*MOMENTO FLETTENTE*



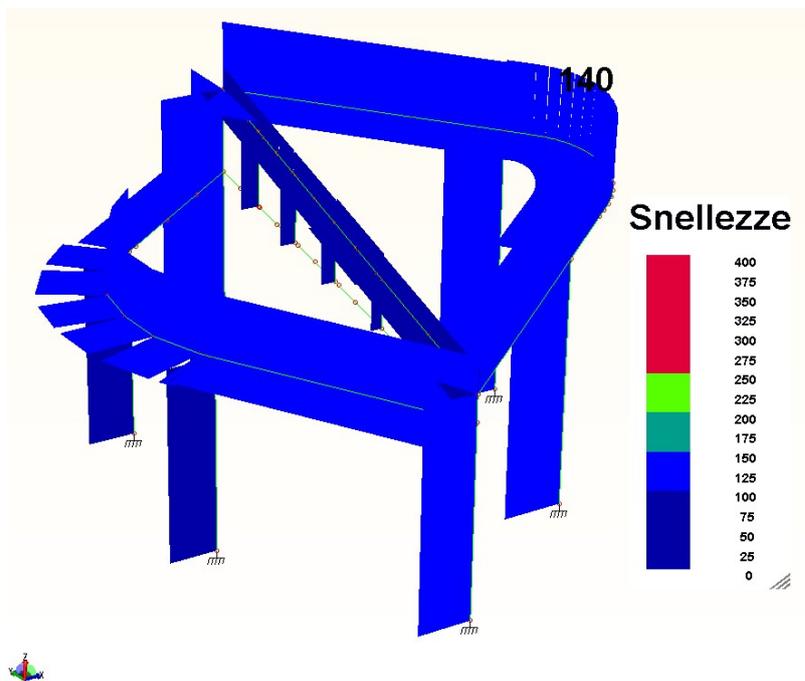
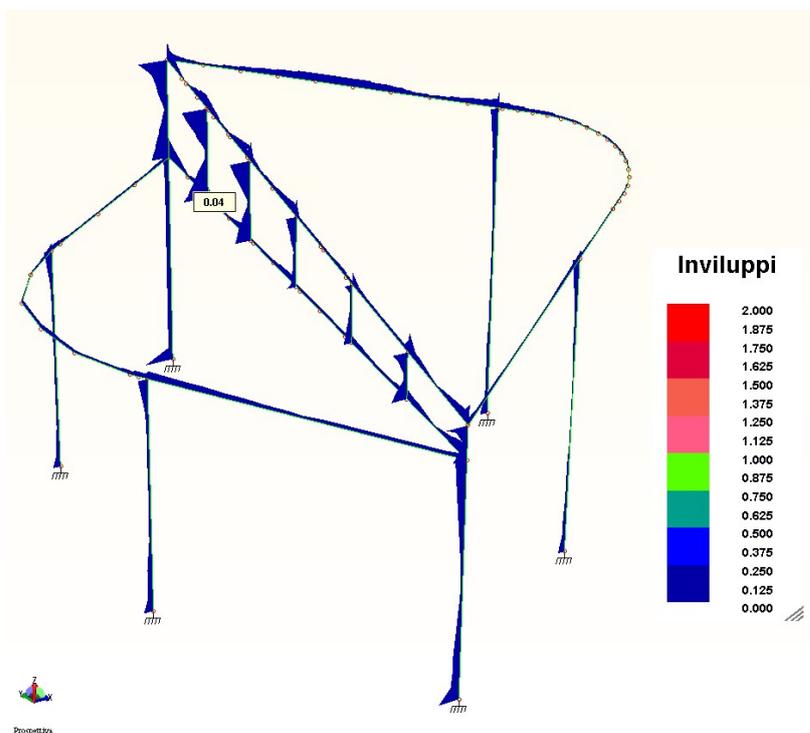
*MOMENTO TORCENTE*



## 25. Verifiche di resistenza degli elementi in acciaio

Nelle immagini di seguito si riportano le verifiche grafiche degli elementi in acciaio rappresentate dagli involuppi degli indici di resistenza e di stabilità, ed i valori della snellezza che risulta essere sempre minore di 150.

La verifica si intende soddisfatta per valori < 1,000 (colori freddi)



## 26. Giudizio motivato sull'accettabilità dei risultati

I programmi di calcolo utilizzati sono idonei a riprodurre nel modello matematico il comportamento della struttura e gli elementi finiti disponibili e utilizzati sono rappresentativi della realtà costruttiva. Le funzioni di controllo disponibili, innanzitutto quelle grafiche, consentono di verificare la riproduzione della realtà costruttiva ed accertare la corrispondenza del modello con la geometria strutturale e con le condizioni di carico ipotizzate. Si evidenzia che il modello viene generato direttamente dal disegno architettonico riproducendone così fedelmente le proporzioni geometriche. In ogni caso sono stati effettuati alcuni controlli dimensionali con gli strumenti software a disposizione dell'utente. Tutte le proprietà di rilevanza strutturale (materiali, sezioni, carichi, sconnessioni, etc.) sono state controllate attraverso le funzioni di indagine specificatamente previste. Sono state sfruttate le funzioni di autodiagnostica presenti nei software che hanno accertato che non sussistono difetti formali di impostazione. E' stato accertato che le risultanti delle azioni verticali sono in equilibrio con i carichi applicati. Sono state controllate le azioni taglianti di piano ed accertata la loro congruenza con quella ricavabile da semplici ed agevoli elaborazioni. Le sollecitazioni prodotte da alcune combinazioni di carico di prova hanno prodotto valori prossimi a quelli ricavabili adottando consolidate formulazioni ricavate dalla Scienza delle Costruzioni. Anche le deformazioni risultano prossime ai valori attesi. Il dimensionamento e le verifiche di sicurezza hanno determinato risultati che sono in linea con casi di comprovata validità, confortati anche dalla propria esperienza.

## 27. Validazione ed affidabilità dei codici

Il software viene fornito assieme ad un manuale di validazione, che può essere allegato a richiesta. Gli esempi ivi riportati sono esempi classici comunemente utilizzati a questo fine, tratti dalla letteratura scientifica o da Enti impegnati in questo settore. Di ogni esempio è riportato il riferimento bibliografico; sono esposti in forma di scheda per renderne più semplice e chiara la descrizione del modello e dei risultati; i confronti sono stati eseguiti rispetto al risultato teorico; inoltre per alcuni casi è stato eseguito un confronto con un solutore ad elementi finiti di grande diffusione.

Software utilizzato:

TITOLO	MASTERSAP
AUTORE - PRODUTTORE - DISTRIBUTORE	AMV s.r.l., via San Lorenzo 106, 34077 Ronchi dei Legionari (Go)
VERSIONE	2022
ESTREMI DELLA LICENZA O DEL TITOLO D'USO	N° Licenza 36443

AMV s.r.l.  
Via San Lorenzo, 106  
34077 Ronchi dei Legionari  
(Gorizia) Italy

Ph. +39 0481.779.903 r.a.  
Fax +39 0481.777.125  
E-mail: info@amv.it  
www.amv.it

Cap. Soc. € 10.920,00 i.v.  
P.Iva: IT00382470318  
C.F. e Iscriz. nel Reg. delle Imp. di GO  
00382470318 - R.E.A. GO n° 048216



### Attestato dell'affidabilità del codice di calcolo e delle procedure implementate nei prodotti software AMV In base al paragrafo 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008 e successivi aggiornamenti).

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore AMV s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento MasterSap. Si fa presente che sul proprio sito ([www.amv.it](http://www.amv.it)) è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti (formati da centinaia di pagine) di pubblico dominio, si ritiene sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

Il motore di calcolo adottato da MasterSap, denominato LIFE-Pack, è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e non lineare, con estensioni per il calcolo degli effetti del secondo ordine.

Il solutore lineare usato in analisi statica ed in analisi modale è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multifrontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supermodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore. Il solutore modale è basato sulla formulazione inversa dell'algoritmo di Lanczos noto come *Thick Restarted Lanczos* ed è particolarmente adatto alla soluzione di problemi di grande e grandissima dimensione ovvero con molti gradi di libertà. L'algoritmo di Lanczos oltre ad essere supportato da una rigorosa teoria matematica, è estremamente efficiente e competitivo e non ha limiti superiori nella dimensione dei problemi, se non quelli delle risorse hardware della macchina utilizzata per il calcolo.

Per la soluzione modale di piccoli progetti, caratterizzati da un numero di gradi di libertà inferiore a 500, l'algoritmo di Lanczos non è ottimale e pertanto viene utilizzato il classico solutore modale per matrici dense simmetriche contenuto nella ben nota libreria LAPACK.

L'analisi con i contributi del secondo ordine viene realizzata aggiornando la matrice di rigidezza elastica del sistema con i contributi della matrice di rigidezza geometrica.

Un'estensione non lineare, che introduce elementi a comportamento multilineare, si avvale di un solutore incrementale che utilizza nella fase iterativa della soluzione il metodo del gradiente coniugato preconditionato.

Grande attenzione è stata riservata agli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati tratti dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti, sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità. Il manuale di validazione è disponibile sul sito [www.amv.it](http://www.amv.it).

È importante segnalare, forse ancora con maggior rilievo, che l'affidabilità del programma trova riscontro anche nei risultati delle prove di collaudo eseguite su sistemi progettati con MasterSap. I verbali di collaudo (per alcuni progetti di particolare importanza i risultati sono disponibili anche nella letteratura tecnica) documentano che i risultati delle prove, sia in campo statico che dinamico, sono corrispondenti con quelli dedotti dalle analisi numeriche, anche per merito della possibilità di dar luogo, con MasterSap, a raffinate modellazioni delle strutture. In MasterSap sono presenti moltissime procedure di controllo e filtri di autodiagnostica. In fase di input, su ogni dato, viene eseguito un controllo di compatibilità. Un'ulteriore procedura di controllo può essere lanciata dall'utente in modo da individuare tutti gli errori gravi o gli eventuali difetti della modellazione. Analoghi controlli vengono eseguiti da MasterSap in fase di calcolo prima della preparazione dei dati per il solutore. I dati trasferiti al solutore sono facilmente consultabili attraverso la lettura del file di input in formato XML, leggibili in modo immediato dall'utente. Apposite procedure di controllo sono predisposte per i programmi di dimensionamento per l'acciaio, legno, alluminio, muratura etc. Tali controlli riguardano l'esito della verifica: vengono segnalati, per via numerica e grafica (vedi esempio a fianco), i casi in contrasto con le comuni tecniche costruttive e gli errori di dimensionamento (che bloccano lo sviluppo delle fasi successive della progettazione, ad esempio il disegno esecutivo).

Nei casi previsti dalla norma, ad esempio qualora contemplato dalle disposizioni sismiche in applicazione, vengono eseguiti i controlli sulla geometria strutturale, che vengono segnalati con la stessa modalità dei difetti di progettazione.

Ulteriori funzioni, a disposizione dell'utente, agevolano il controllo dei dati e dei risultati. È possibile eseguire una funzione di ricerca su tutte le proprietà (geometriche, fisiche, di carico etc) del modello individuando gli elementi interessati.

Si possono rappresentare e interrogare graficamente, in ogni sezione desiderata, tutti i risultati dell'analisi e del dimensionamento strutturale. Nel caso sismico viene evidenziata la posizione del centro di massa e di rigidezza del sistema.

Per gli edifici è possibile, per ogni piano, a partire dalle fondazioni, conoscere la risultante delle azioni verticali orizzontali. Analoghi risultati sono disponibili per i vincoli esterni.

Le altre procedure di calcolo, oltre a MasterSap, seguono la medesima impostazione teorica e lo stesso procedimento di validazione.

Nei relativi manuali viene fornita una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, dei metodi e criteri usati per il dimensionamento strutturale e delle sezioni; vengono forniti esempi significativi che possono essere facilmente replicati, segnalando che si tratta spesso di procedure di calcolo e di verifica, che per loro natura, non denotano particolari complessità teoriche e concettuali.

Il rilascio di ogni nuova versione dei programmi è sottoposta a rigorosi check automatici che mettono a confronto i risultati della release in esame con quelli già validati e realizzati da versioni precedenti. Inoltre, sessioni specifiche di lavoro sono condotte da personale esperto per controllare il corretto funzionamento delle varie procedure software, con particolare riferimento a quelle che sono state oggetto di interventi manutentivi o di aggiornamento.

AMV s.r.l.  
Amministratore Unico  
Ing. Luciano Migliorini