

comune di  
**PRATO**

Codice Fiscale: 84006890481

Progetto: **Nuova scuola materna di n°6 sezioni in via Cantagallo  
Loc. Pacciana**

Elab: **ST RE 1.0 - Relazione tecnica generale**

Fase: **PROGETTO ESECUTIVO ARCHITETTONICO**

Assessore ai Lavori Pubblici	<b>Valerio Barberis</b>
Servizio PP	<b>Edilizia Pubblica</b>
Dirigente del Servizio	<b>Arch. Luca Piantini</b>
Responsabile Unico del Procedimento	<b>Arch. Luca Piantini</b>

## Progettisti

Progettista Opere Architettoniche  
**Arch. Andrea Stipa**

Progettista Opere Strutturali  
**Arch. Andrea Stipa e Ing. Leonardo Arezzini**

Progettista Impianti  
**Ing. Antonella Chiauzzi**

Coordinatore sicurezza in fase di progettazione  
**Arch. Luca Piantini**

Ufficio del Responsabile del Procedimento  
**Arch. Diletta Moscardi**  
**Geom. Dario Eleni**

Elaborato: ST RE1.0

Scala:

Spazio riservato agli uffici:



# COMUNE DI PRATO

SETTORE EDILIZIA PUBBLICA

Piazza Mercatale, 31 - 59100 Prato

## Nuova scuola materna di n. 6 sezioni in Via Cantagallo località Pacciana

### PROGETTO ESECUTIVO

#### ST.RE.1.0 – RELAZIONE TECNICA GENERALE

ASSESSORE AI LAVORI PUBBLICI	Valerio Barberis
SERVIZIO PP	Edilizia Pubblica
DIRIGENTE DEL SERVIZIO	Arch. Luca Piantini
RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO	Arch. Luca Piantini
UFF. DEL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	Arch. Diletta Moscardi e Geom. Dario Eleni

#### PROGETTISTI:

PROGETTO OPERE ARCHITETTONICHE	Arch. Andrea Stipa Via Achille Papa, 7 – 00195 Roma
PROGETTO OPERE STRUTTURALI	Arch. Andrea Stipa e Ing. Leonardo Arezzini
PROGETTO DEGLI IMPIANTI	Ing. Antonella Chiauzzi
COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE	Arch. Luca Piantini

**DATA** **22 maggio 2017**

Il progettista incaricato: Arch. Andrea Stipa

Il responsabile del procedimento: Arch. Luca Piantini



## - DESCRIZIONE GENERALE OPERA

L'edificio in oggetto è di tipo scolastico destinato a scuola materna di n°6 sezioni in via Cantagallo Loc. Pacciana.

L'edificio ha una forma compressivamente irregolare ed è costituita da n.8 corpi strutturali indipendenti.

In particolare i corpi n. 2,3,4,5,6 e 7 sono totalmente in conglomerato cementizio armato con tipologia strutturale a telaio e sono strutturalmente indipendenti tra di loro e anche rispetto al corpo n.1. e n.8.

Le fondazioni sono costituite da una unica platea di fondazione di spessore 40 cm, pilastri e setti in c.a. e solaio superiore costituito da travi e solai in laterocemento.

Per questi corpi in c.a. è stato adottato il seguente fattore di struttura considerato che le strutture non sono torsionalmente deformabili ( $r/l_s > 0.8$ ):

Il fattore di struttura  $q$  è pari a 2,52 derivato da:

per strutture a telaio  $q_0 = 3,0 \alpha_u/\alpha_1 = 3,0 \times 1,05 = 3,15$

per strutture a telaio a un piano  $\alpha_u/\alpha_1 = 1,1$

per strutture non regolari in pianta si media fra 1,1 e 1 pertanto  $\alpha_u/\alpha_1 = 1,05$

per strutture regolari in altezza  $K_R = 1$

$q = q_0 K_R = 3,15$ .

Queste sei strutture sono state calcolate separatamente tenendo conto dei carichi trasmessi dalle strutture in legno.

Le verifiche svolte tengono conto della gerarchia delle resistenze.

Il corpo strutturale n.1 è costituito da pilastri in c.a. e travi di copertura in legno e acciaio.

Questa struttura è indipendente dai sopra descritti corpi in c.a. (n.2 a 7) in quanto la copertura risulta più alta di 91 cm e sono stati previsti giunti scorrevoli (carrelli) per trasferire solamente quote parte dei carichi verticali e non carichi sismici (appoggi) dalla struttura in oggetto ai corpi adiacenti (2-7).

Da un punto di vista strutturale, considerato che parte dei solai del corpo n.1 gravano sui corpi in c.a. (n.1 a 6), sono stati previsti dei giunti scorrevoli (carrelli) senza prevedere fissaggi (viti, bulloni, piastre...) per garantire lo scorrimento. Così come previsto per norma, le parti strutturali (solai o travi) che scrono sulle coperture dei corpi in c.a. (da 1 a 6) sono sempre vincolati da un estremo alla struttura che ne fa parte.

Per questo corpo strutturale, visto che la tipologia strutturale dissipativa è difficilmente definibile

secondo il cap. 7.4.3.2 del DM 2008, è stato adottato a vantaggio di sicurezza un fattore di struttura  $q=1,5$ .

Nel calcolo i vincoli di appoggio scorrevole sono stati schematizzati nella maniera corretta.

Proprio per questo diverso fattore di struttura adottato per le strutture, la stessa modellazione strutturale nel programma di calcolo è stata svolta con  $q=1,5$  inserendo anche il corpo n.8.

Si allegano per completezza di calcolo le relazioni di calcolo, geotecniche e sulle fondazioni per  $q=3,15$  e  $q=1,5$ .

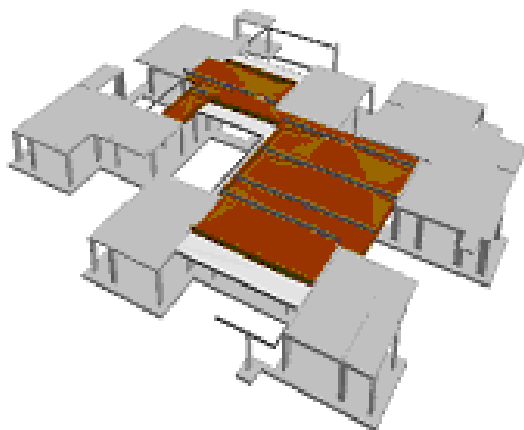
Si precisa che ogni corpo strutturale dal n.2 al n.7 ha un impalcato rigido mentre i corpi n.1 e n.8 sono stati calcolati senza impalcato rigido

Gli spettri sono stati ricavati da una Risposta Sismica Locale.

L'analisi svolta è la dinamica modale.

Si precisa che per la struttura in progetto è stata utilizzata una classe d'uso = III

Le tamponature sono state considerate a cassetta e al fine di eliminare l'espulsione di esse e dei tramezzi sono stati utilizzati ferri di armatura orizzontali ancorati alla struttura in c.a.



# RELAZIONE GENERALE STRUTTURALE SECONDO IL CAPITOLO 10.2 DEL D.M. 2008

Seguendo in dettaglio la Circolare al punto C 10.2 si forniscono le seguenti indicazioni:

**a) Tipo di analisi svolta**

- a1) a2) L'analisi strutturale condotta è di tipo dinamico modale.
- a3) Le analisi e le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite (SLU ed SLE) utilizzando i coefficienti parziali della normativa di cui al DM 14.01.2008 come in dettaglio specificato negli allegati tabulati di calcolo
- a4) le combinazioni di carico sono indicate nella relazione di calcolo

**b) Informazioni sull'origine, le caratteristiche e la validazione dei codici di calcolo**

- b1) Titolo: FATAE – Autore, Produttore e Distributore: STACEC s.r.l. Software Tecnico Scientifico S.r.l. CORSO UMBERTO I, 358 – BOVALINO (RC) – Versione: 30.3.12 – Licenza: D/1248 intestata a Arezzini Leonardo.
- b2) Documentazione fornita dal produttore e dal distributore a corredo del programma:
  - caso di prova interamente risolti e commentati che consentano la riproduzione dell'elaborazione;

**c) Affidabilità e validazione dei codici di calcolo**

- c1) e c2) Il sottoscritto progettista strutturale ha esaminato preliminarmente la documentazione a corredo del software e ne dichiara l'affidabilità e soprattutto l'idoneità a questo caso specifico.

**d) Validazione indipendente del calcolo**

Dato che, secondo il committente, l'opera non risulta essere di particolare importanza non si procede ad un controllo incrociato fatto da altro progettista strutturale con diverso programma di calcolo.

**e) Modalità di presentazione dei risultati**

Nella relazione di calcolo presentata è presente graficamente la convenzione dei segni e le unità di misura. Si riportano i grafici delle deformate e sollecitazioni

**f) Giudizio motivato di accettabilità dei risultati**

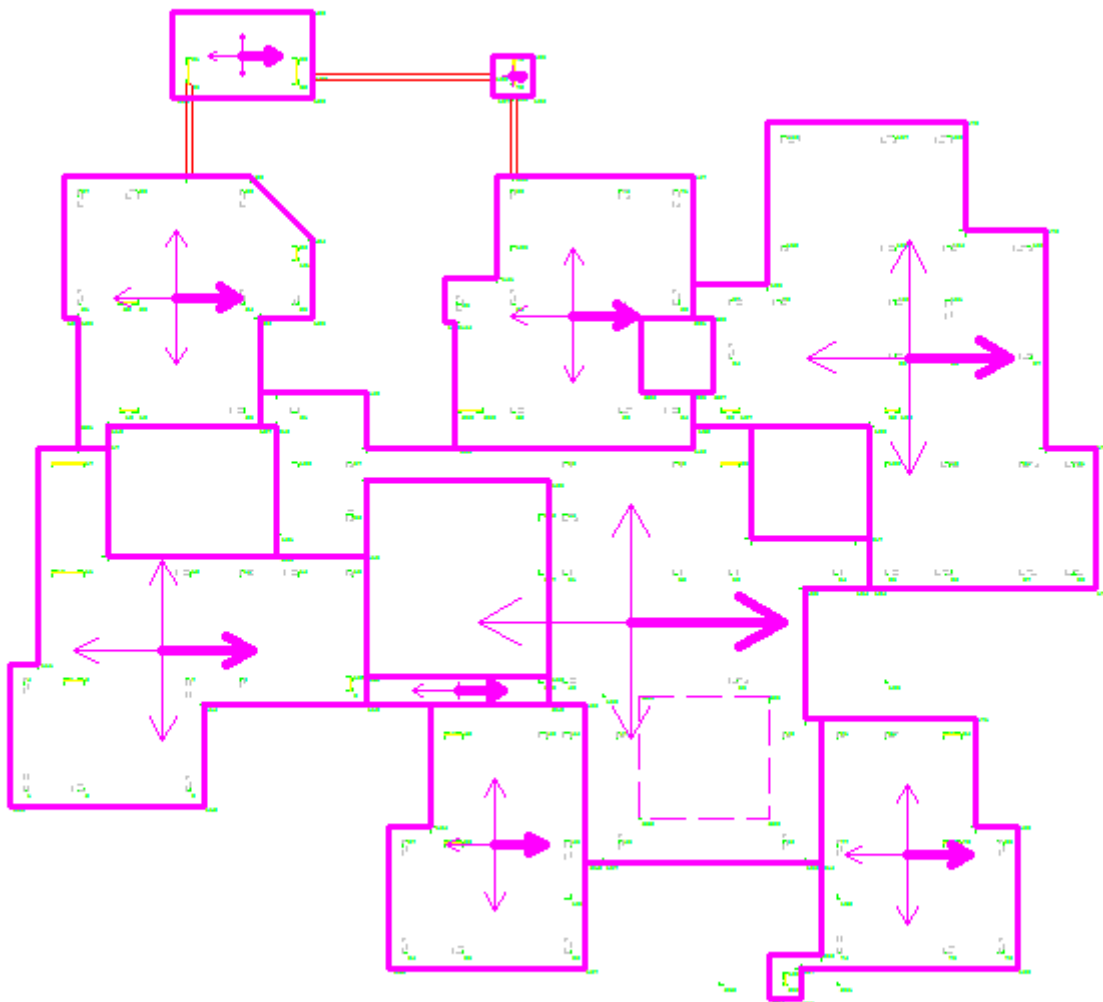
Il sottoscritto ha verificato a mano due elementi strutturali e si riportano le verifiche.

## Descrizione geometrica.

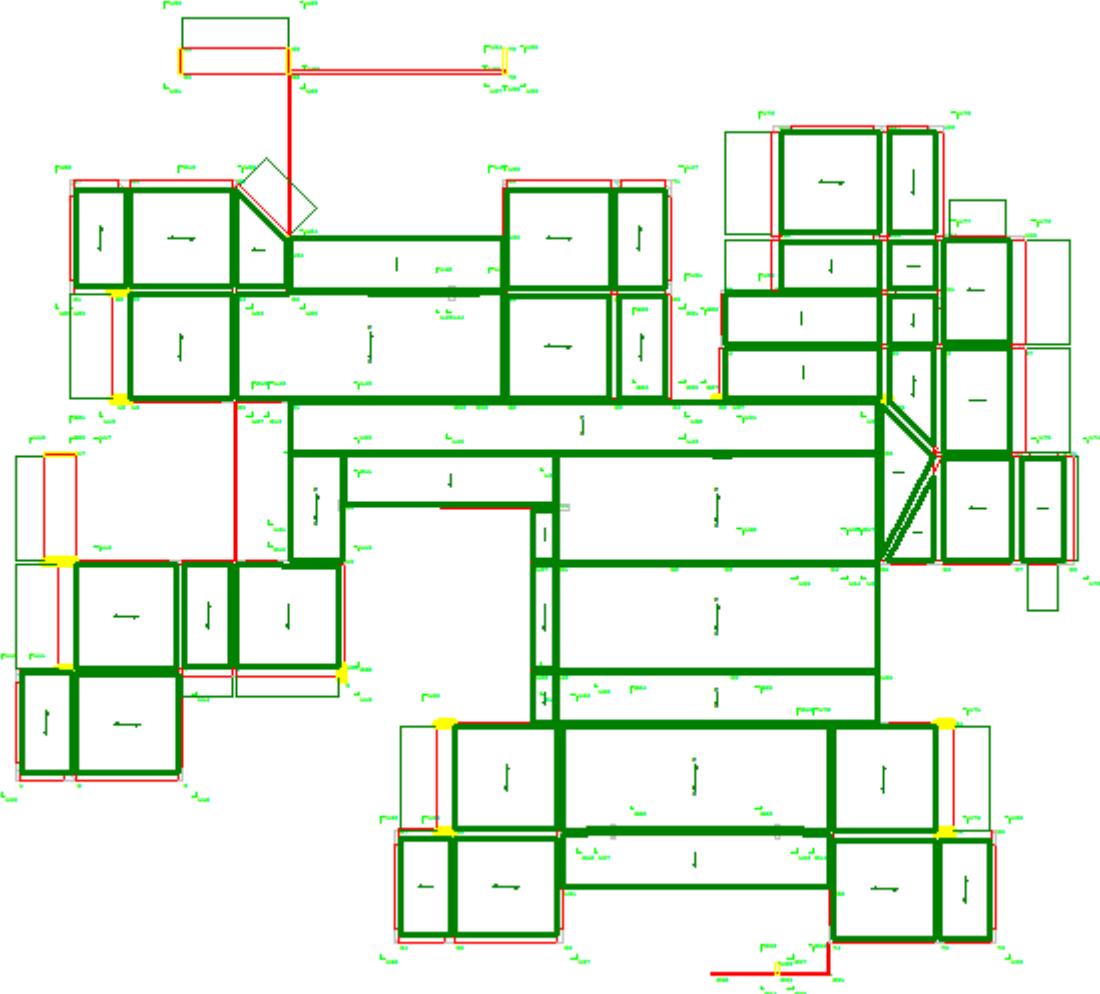
Larghezza costruzione : 60.21 m  
Lunghezza costruzione : 54.67 m  
Altezza costruzione : 4.25 m

- Livelli -

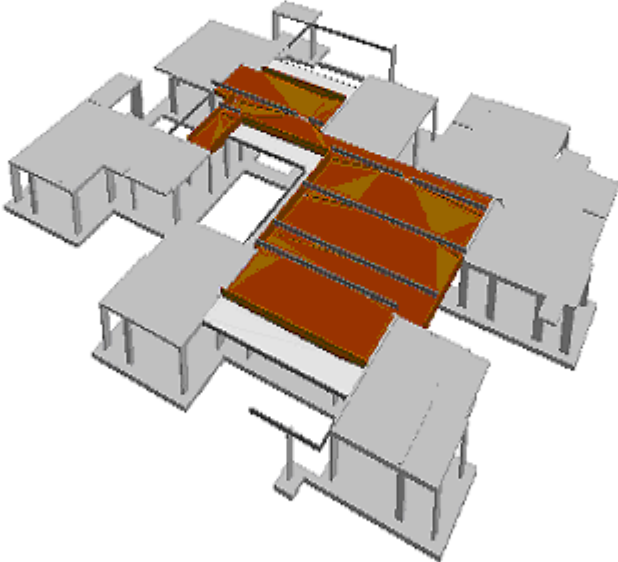
Fond\_



Piano 1

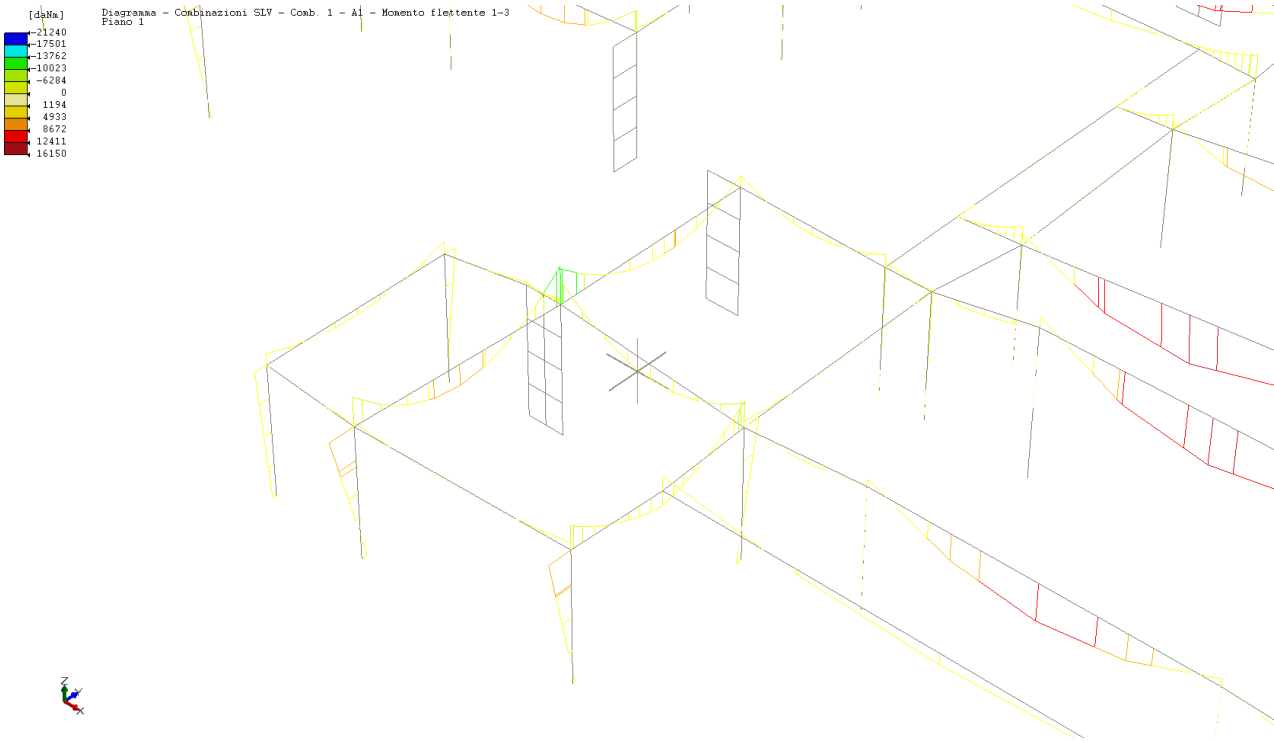
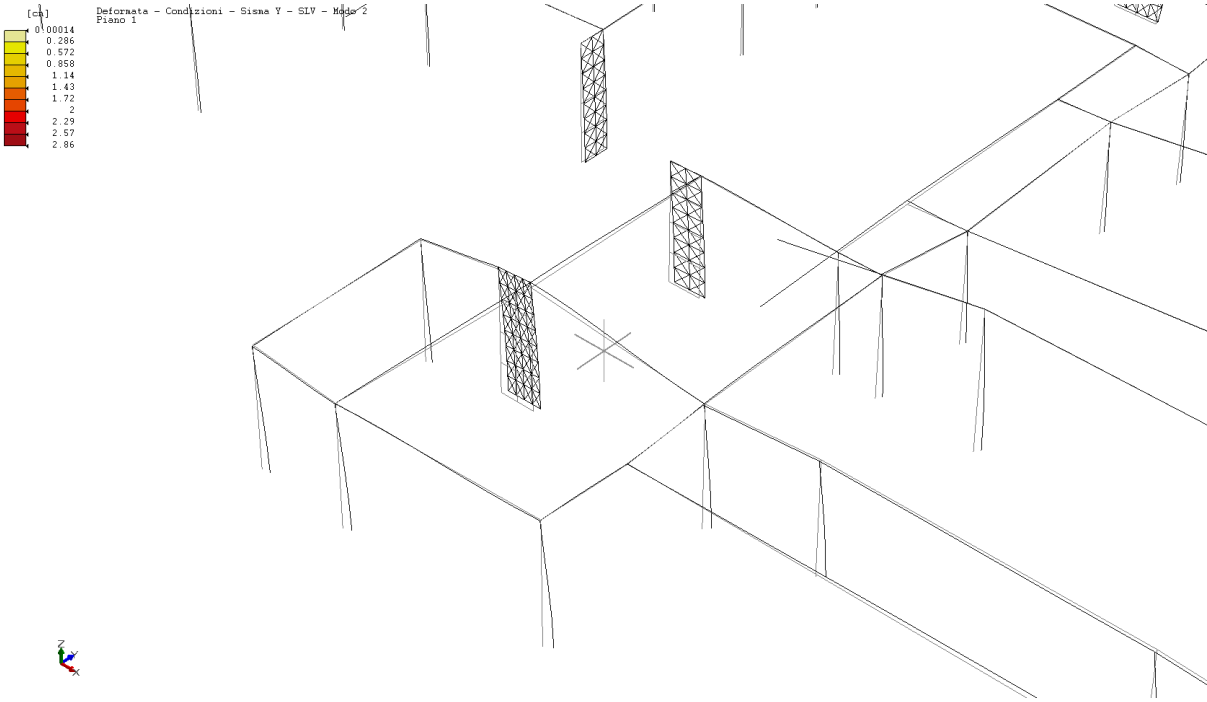


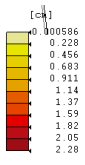
Assonometria 1





# SOLLECITAZIONI E DEFORMAZIONI DI ALCUNE PARTI STRUTTURALI





Deformata - Condizioni - Sisma X - SLV - Modo 1  
Piano 1

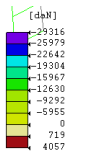
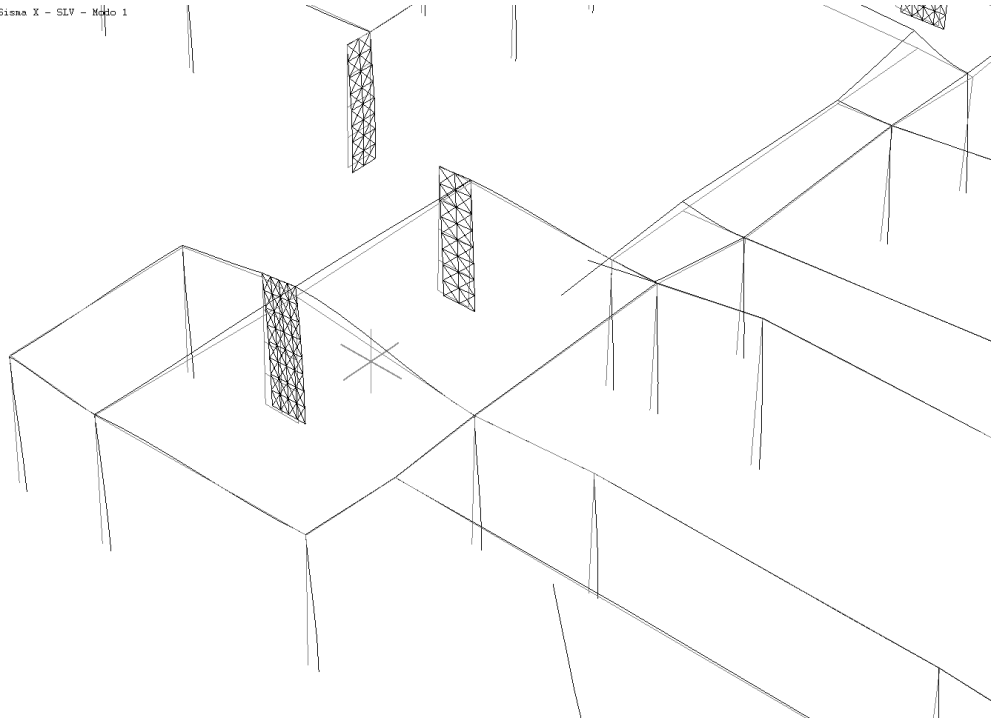
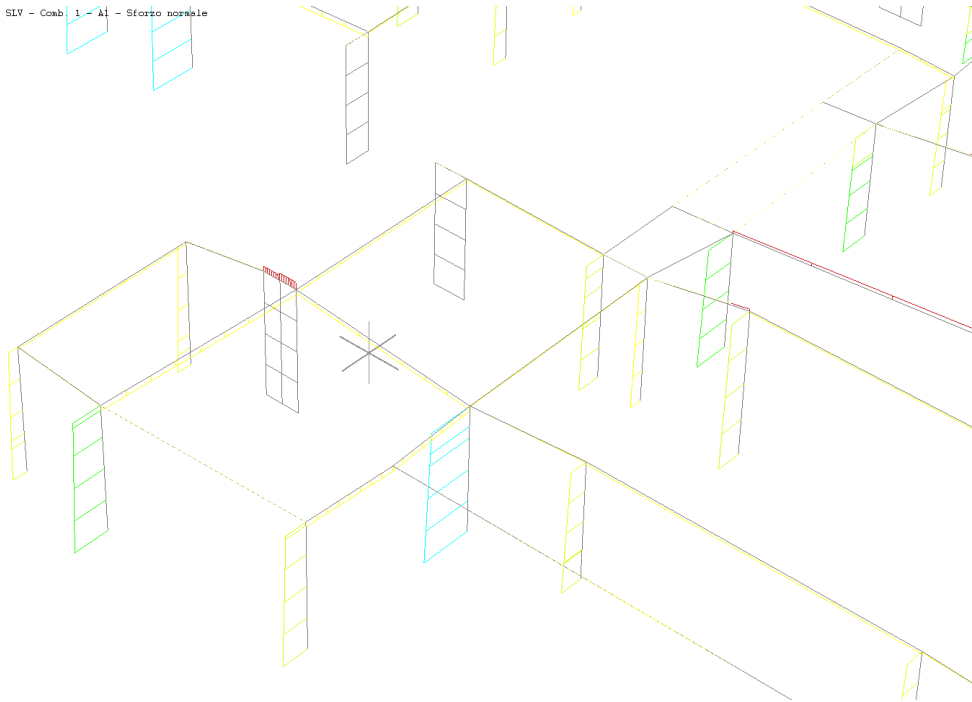
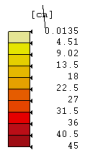


Diagramma - Combinazioni SLV - Comb. 1 - A1 - Sforzo normale  
Piano 1





Deformata - Condizioni - C. pern. (Gk1)  
Piano 1

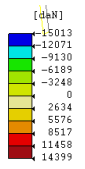
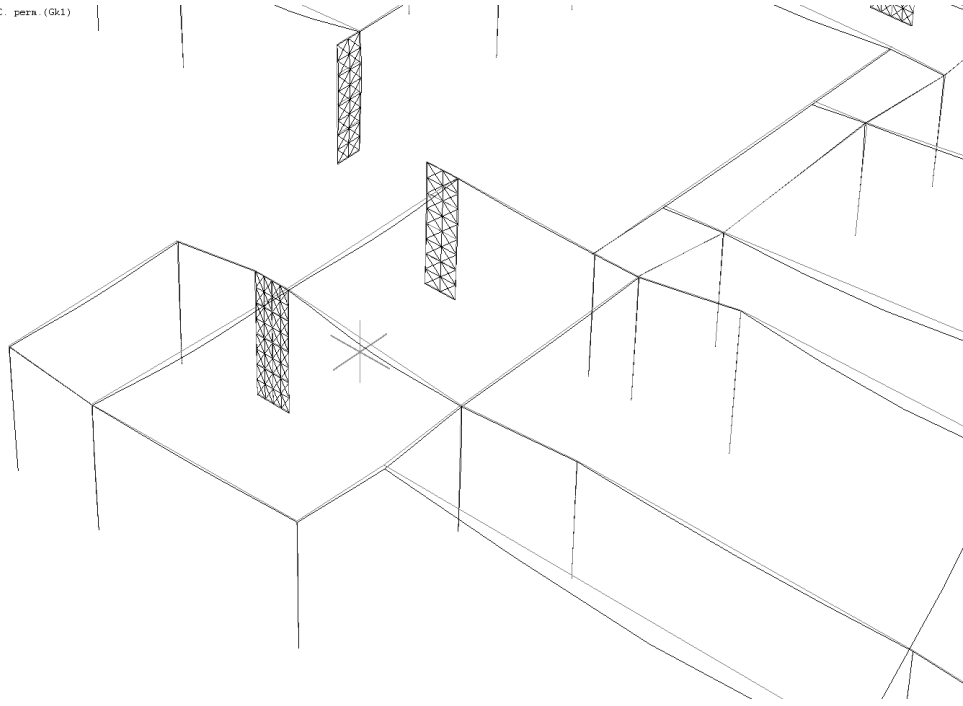
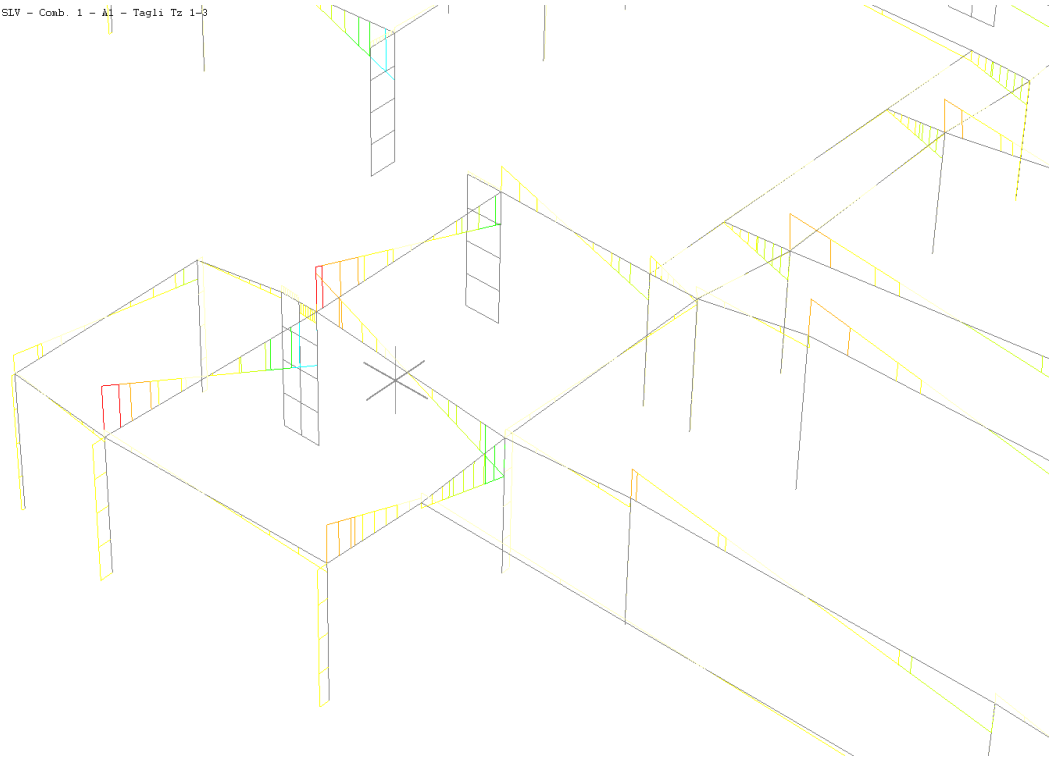
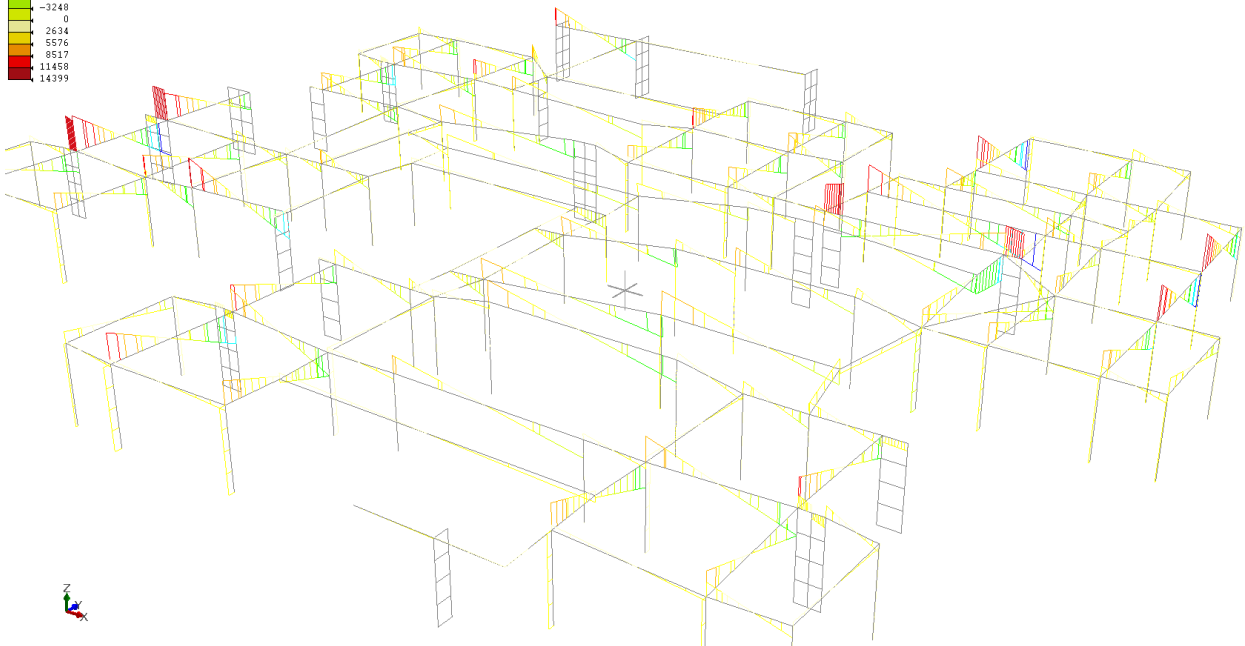
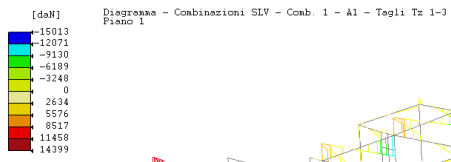
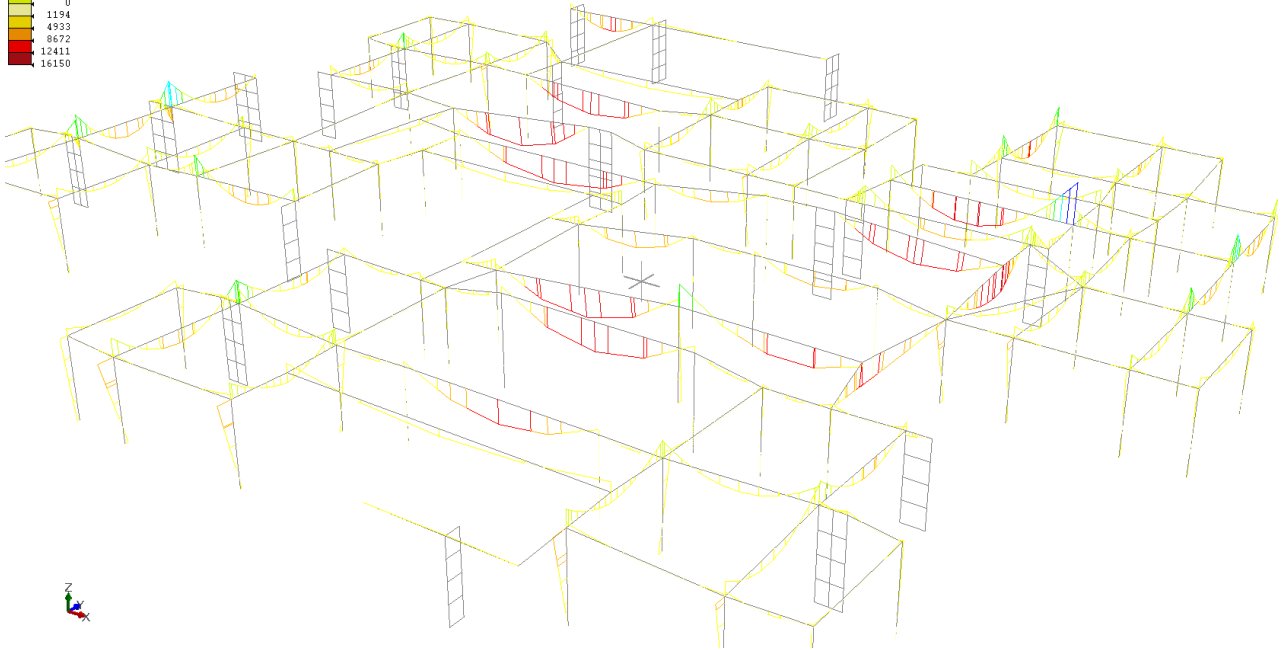
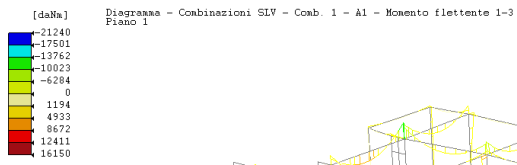


Diagramma - Combinazioni SLV - Comb. 1 - Al - Tagli Tz 1-3  
Piano 1





## Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.

Nell'ambito degli obblighi derivanti dall'applicazione della nuova normativa tecnica per le costruzioni, rientra anche l'onere di esprimere un giudizio motivato di accettabilità dei risultati conseguiti con l'impiego di specifico programma di calcolo dedicato. È superfluo ricordare che qualsiasi Programma di Calcolo strutturale è e resterà solo un grande mezzo di ausilio nel calcolo e che il dimensionamento di una struttura, sotto il profilo qualitativo e quantitativo, resta, come del resto è sempre stato, un onere del progettista strutturale. Pertanto la scelta a priori degli elementi resistenti della struttura è stata condotta dietro l'ausilio di esperienza e sensibilità specifiche, verificando, al completamento del calcolo automatico, la congruità delle scelte effettuate inizialmente, mediante il confronto fra le sollecitazioni previste in fase preventiva e quelle ottenute dall'elaborazioni con programma dedicato.

Con analoga metodologia si è proceduto al dimensionamento preventivo delle travi, considerando l'effettivo carico agente su una di esse, scelta fra le più caricate, e determinando il carico sempre con il metodo dell'Area di Influenza. A tal proposito si è scelto di studiare preventivamente una trave incastrata agli estremi del livello "Piano 1" posta ai fili 102 e 106 della struttura e risolvendola con i metodi tradizionali codificati ormai da decenni su qualsiasi manuale tecnico. Le sollecitazioni così ottenute sono messe a confronto con quelle che il programma di calcolo, nella sua elaborazione generale, determina in relazione alla stessa natura dei carichi.

Analogamente è stato effettuato il dimensionamento del pilastro considerando i carichi relativi ai vari piani, associati alla forza sismica calcolata considerando le masse degli elementi soprastanti, e riferiti al periodo di vibrazione calcolato come descritto al punto 7.3.3.2 del D.M. 14/01/2008. A tal proposito si è scelto di studiare preventivamente il pilastro incastrato alla base posto al livello "Piano 1" al filo fisso 102 della struttura.

Come per la trave, le sollecitazioni così ottenute sono messe a confronto con quelle che il programma di calcolo, nella sua elaborazione generale, determina in relazione alla stessa natura dei carichi.

### CALCOLO SOLLECITAZIONI DI UNA TRAVE INCASTRATA AGLI ESTREMI

Nella fase di predimensionamento si è presa in considerazione la trave a doppio incastro del piano "Piano 1" individuata dai Fili Fissi 102 e 106, come riportato nella carpenteria del solaio del piano "Piano 1", per la quale è stata condotta l'analisi dei carichi con il tradizionale metodo dell'area di influenza. Di seguito si riportano gli schemi statici e di carico della trave e i relativi diagrammi delle sollecitazioni di taglio e momento flettente.

#### Analisi dei carichi trave (piano "Piano 1" Fili fissi 102-106)

- Peso trave : 375.00daN/m
- Pannello balcone sinistro:
  - Peso proprio : 737.50daN/m
  - Carico Permanente : 250.00daN/m
  - Carico d'esercizio : 325.00daN/m
  - Incidenza tramezzi : 0.00daN/m
  - Peso balaustra : 0.00daN/m
- Pannello solaio destro:
  - Peso proprio : 796.50daN/m
  - Carico Permanente : 270.00daN/m
  - Carico d'esercizio : 351.00daN/m
  - Incidenza tramezzi : 0.00daN/m

#### Carichi ripartiti

Carichi permanenti strutturali G1 :	1909.00daN/m
Carichi permanenti non strutturali G2 :	580.00daN/m
Carichi d'esercizio Q :	754.00daN/m

#### Coefficienti di combinazione

Coefficiente $\gamma_{G1}$ :	1.30
Coefficiente $\gamma_{G2}$ :	1.50
Coefficiente $\gamma_Q$ :	1.50

#### Calcolo sollecitazioni

Lunghezza trave :	5.75 m
- Momento incastro :	$ql^2/12$

$$M_A = \gamma_{G1} \cdot M_{A(G1)} + \gamma_{G2} \cdot M_{A(G2)} + \gamma_Q \cdot M_{A(Q)} = 1.30 \cdot 5259.69 + 1.50 \cdot 1598.02 + 1.50 \cdot 2077.43 = 12350.77$$

daNm

- Taglio incastro :  $ql/2$

$$T_A = \gamma_{G1} \cdot T_{A(G1)} + \gamma_{G2} \cdot T_{A(G2)} + \gamma_Q \cdot T_{A(Q)} = 1.30 \cdot 5488.37 + 1.50 \cdot 1667.50 + 1.50 \cdot 2167.75 = 12887.76 \text{ daN}$$

#### **Sollecitazioni ricavate dal software**

- Momento incastro

$$M_A = \gamma_{G1} \cdot M_{A(G1)} + \gamma_{G2} \cdot M_{A(G2)} + \gamma_Q \cdot M_{A(Q)} = 1.30 \cdot -5224.93 + 1.50 \cdot -1576.68 + 1.50 \cdot -2050.11 = -12232.60 \text{ daNm}$$

- Taglio incastro

$$T_A = \gamma_{G1} \cdot T_{A(G1)} + \gamma_{G2} \cdot T_{A(G2)} + \gamma_Q \cdot T_{A(Q)} = 1.30 \cdot 5851.44 + 1.50 \cdot 1774.39 + 1.50 \cdot 2306.93 = 13728.85 \text{ daN}$$

#### **Differenze percentuali**

Momento : 0.97 %

Taglio : 6.53 %

### **CALCOLO SOLLECITAZIONI DI UN PILASTRO INCASTRATO ALLA BASE E CON DOPPIO PENDOLO IN TESTA**

Nella fase di predimensionamento si è preso in considerazione un pilastro del piano "Piano 1" incastrato alla base e con un doppio pendolo in testa, posto al filo fisso 65, come riportato nella carpenteria del solaio del piano "Piano 1", per la quale è stata condotta l'analisi dei carichi con il tradizionale metodo dell'area di influenza. La forza sismica orizzontale è stata computata sulla base del periodo di vibrazione come descritto al punto 7.3.3.2 del D.M. 14/01/2008, e riferita alla massa sismica della zona di influenza del pilastro. Di seguito si riportano gli schemi statici e di carico del pilastro e i relativi diagrammi delle sollecitazioni di sforzo normale e momento flettente.

#### **Analisi dei carichi (Filo fisso 65)**

- Travi convergenti ai vari piani

Piano "Piano 1" : - 37 (Fili25-65) - 96 (Fili65-66)

- Pesi agenti ai vari piani

- Carichi area influenza piano: "Piano 1":

- Carico totale da Peso proprio :	914.00daN
- Carico totale da Carico Permanente :	1270.67daN
- Carico totale da Carico d'esercizio :	2967.52daN
- Carico totale da Incidenza tramezzi :	0.00daN
- Carico totale da Peso balaustra :	0.00daN

- Pesi dei pilastri ai vari piani

Colonna Piano "Piano 1" : 1725.00 daN

- Pesi car. perm. G1 ai vari piani

Piano "Piano 1" : 914.00 daN

- Pesi car. perm. G2 ai vari piani

Piano "Piano 1" : 1270.67 daN

- Pesi car. ese. Q ai vari piani

Piano "Piano 1" : 2967.52 daN

#### **Altezza massima dell'edificio**

Hedif : 4.25 m

#### **Coefficiente C1**

C1 : 0.050

#### **Periodo di vibrazione fondamentale**

T1 : 0.148 s

#### **Spettro di calcolo SLD**

qx : 2.52  
qy : 2.52  
Sd : 3.30 m/s<sup>2</sup>

#### Coefficienti destinazione $\psi_2$ uso ai vari piani

Piano "Piano 1" : 0.00

#### Forze orizzontali Fs ai vari piani

Piano "Piano 1" : 734.32 daN

#### Coefficienti di combinazione

Coefficiente  $\gamma_{G1}$  : 1.30

Coefficiente  $\gamma_{G2}$  : 1.50

Coefficiente  $\gamma_Q$  : 1.50

#### Calcolo sollecitazioni

- Altezza colonna : 3.45 m  
- Area sezione colonna : 0.20 m<sup>2</sup>

- Forza orizzontale applicata in testa al pilastro Ft: 734.32 daN  
- Momento incastro al piede:  $M_p = ql/2 = 1266.70$  daNm  
- Sforzo normale al piede:  $N_p = \gamma_{G1} \cdot \Sigma G1 + \gamma_{G2} \cdot \Sigma G2 + \gamma_Q \cdot \Sigma Q = 9787.98$  daN

#### Sollecitazioni ricavate dal software

- Momenti incastro al piede  
Mx : 477.20 daNm  
My : -1225.33 daNm  
Momento di confronto : -1225.33 daNm

- Sforzo normale al piede

$$N_p = \gamma_{G1} \cdot N_{p(G1)} + \gamma_{G2} \cdot N_{p(G2)} + \gamma_Q \cdot N_{p(Q)} = 1.30 \cdot 2693.99 + 1.50 \cdot 1277.78 + 1.50 \cdot 3109.43 = 10083.01 \text{ daN}$$

#### Differenze percentuali

Momento : 3.38 %  
Sforzo normale : 3.01 %

### GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

La differenza fra i valori determinati con il calcolo di predimensionamento e quelli determinati nel calcolo generale, sotto il profilo ingegneristico, è sempre accettabile in considerazione che il predimensionamento è stato condotto su singoli elementi monodimensionali, mentre, in realtà, il programma di elaborazione impiegato, considera la struttura in modo tridimensionale e modelli di calcolo più sofisticati, soprattutto in presenza di elementi bidimensionali quali parete o piastre. Inoltre tale situazione da un giudizio positivo di congruità fra le scelte preventive operate e i risultati di calcolo generale.

Pertanto, alla luce di quanto esposto e dal confronto fra le sollecitazioni determinate dal calcolo preventivo di prima approssimazione e quelle calcolate dal programma di calcolo impiegato, lo scrivente progettista strutturale Arch. Stipa, con la presente

### D I C H I A R A

accettabili i risultati di calcolo della struttura in oggetto eseguiti con il Programma di Calcolo Strutturale FATA-E, Versione 30.3.11, Licenza n. D/1248, e ne assume la piena responsabilità prevista dalla vigente normativa.

## TEST AFFIDABILITA' DEL PROGRAMMA

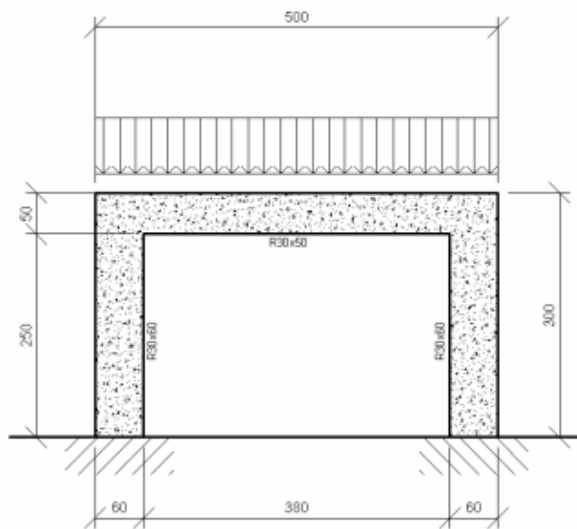
### *Allegato 2: Test di affidabilità*

#### **Test 01**

#### **Portale incastrato con carico distribuito sulla trave**

##### **Dati del confronto**

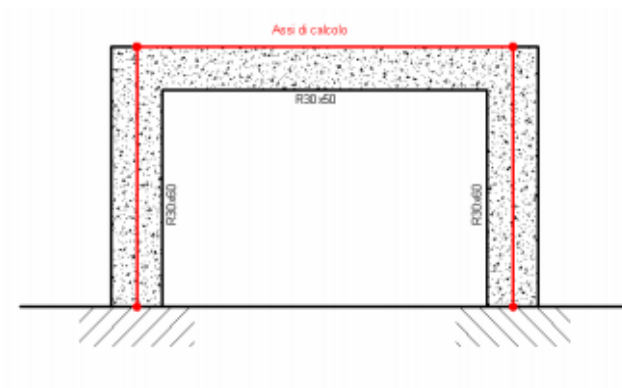
Altezza del portale:	300 cm
Dimensione longitudinale:	500 cm
Dimensione trasversale:	30 cm
Sezione pilastri:	30x60 cm
Sezione trave:	30x50 cm
Carico distribuito (q):	2000 daN/m



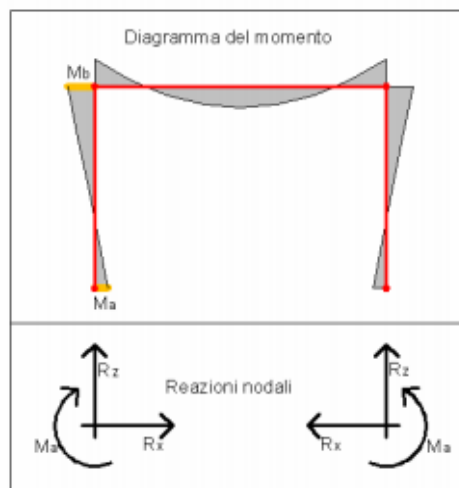
##### **Modello di riferimento per il calcolo**

Luce pilastro (h):	300 cm
Luce trave (l):	440 cm
Vincolo piede:	incastro





Soluzione dello schema strutturale



$$M_a = \frac{q \cdot l^2}{12 \cdot (k + 2)}$$

$$M_b = -2 \cdot M_a$$

$$R_x = \frac{q \cdot l^2}{4 \cdot h \cdot (k + 2)}$$

$$R_z = \frac{q \cdot l}{2}$$

$$k = \frac{I_T \cdot h}{I_P \cdot l}$$

Dove  $I_T$  e  $I_P$  sono rispettivamente il momento di inerzia della trave e del pilastro attorno all'asse uscente al piano del telaio e riferiti al baricentro della sezione.

### Confronto risultati numerici

Si riportano le reazioni vincolari relativi al punto A della condizione di carico "Car\_Rip" del file allegato "Test01\_PortaleQdis.f\_w":

Nodo Vinc.	Reazioni					
	Rx [daN]	Ry [daN]	Rz [daN]	Rfx [daNm]	Ma [daNm]	Rfz [daNm]
1	1347.49	0.00	4400.00	0.00	1347.49	0.00
2	-1347.49	0.00	4400.00	0.00	-1347.49	0.00

Dal confronto, riportato nella tabella sottostante, risulta la correttezza delle sollecitazioni calcolate con FaTAe:

	Valore teorico	Risultato FaTAe
<b>Rz</b>	4400 daN	4400 daN
<b>Rx</b>	1347.49 daN	1347.49 daN
<b>Ma</b>	1347.493 daNm	1347.49 daNm
<b>Mb</b>	2694.99 daNm	2694.99 daNm

Evidenziamo che le ipotesi semplificative adottate per la risoluzione "a mano" del telaio trascurano la presenza delle deformabilità tangenziale, torsionale e assiale delle aste, che nel presente esempio non influiscono sulla determinazione dei parametri di confronto.

È da puntualizzare che nel modello adottato in FaTAe i contributi precedentemente menzionati sono considerati a meno della deformabilità assiale della trave, in quanto l'elaborazione è stata effettuata in presenza dell'ipotesi di impalcato rigido.