

REGIONE MARCHE
PROVINCIA DI FERMO
COMUNE DI FERMO

**IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI
RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA PRODUZIONE DI BIOMETANO**

CIG: 9880245C18 – CUP: F62F18000070004

PROGETTO ESECUTIVO

NOME ELABORATO

**EDIFICIO UFFICI E SPOGLIATOI
RELAZIONE DI CALCOLO**

CODIFICA
ELABORATO

23008-OW-C-101-RS-047-MA1-2

CLASSE **10.6**

STRUTTURE
EDIFICIO UFFICI E
SPOGLIATOI

N. TAVOLA

10.6.1.a





FORMATO

A4

SCALA

/

REV	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
02	30/12/2024	TERZA EMISSIONE	A.LABBATE	C. BUTTICE'	R. MARTELLO
01	11/10/2024	SECONDA EMISSIONE	B.BARONE	C. BUTTICE'	R. MARTELLO
00	28/06/2024	PRIMA EMISSIONE	B.BARONE	C. BUTTICE'	R. MARTELLO

Committente	Progettista indicato	Mandataria
 CITTA' DI FERMO Settore IV e V Lavori Pubblici, Protezione Civile, Ambiente, Urbanistica, Patrimonio, Contratti e Appalti Via Mazzini 4 63900 – Fermo (FM) DOTT. Mauro Fortuna RUP	 ENGINEERING COMPANY Via Resuttana 360 90142 -PALERMO OWAC Engineering Company S.R.L. ING. Rocco Martello Direttore Tecnico UNI EN ISO 9001:2015 N. 30233/14/S UNI EN ISO 45001:2018 N. OHS-4849 UNI EN ISO 14001:2015 N. EMS-9477/S UNI/PDR 74 :2019 N. SGBIM-01/23 UNI/PdR 74:2019 N. 21042BIM	 Via del Cardoncello 22 70022 – Altamura (BA) EDILALTA S.R.L. DOTT. Angelantonio Disabato Socio Mandante  Fueling a Sustainable World™ Via Bassa di Casalmoro 3 46041 – Asola (MN) ANAERGIA S.R.L. DOTT. Andrea Parisi Institore



02	A.LABBATE	30/12/2024	C.BUTTICE'	30/12/2024	R.MARTELLO	30/12/2024
01	B.BARONE	10/10/2024	C.BUTTICE'	11/10/2024	R.MARTELLO	11/10/2024
00	B.BARONE	28/06/2024	C.BUTTICE'	28/06/2024	R.MARTELLO	28/06/2024
RE V	ESEGUITO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA



RELAZIONE DI CALCOLO AI SENSI 10.1 E 10.2 DM 17/01/18



INDICE

1.	RELAZIONE TECNICA (10.1 DM 17/01/18)	6
1.1	PREMESSA	6
1.2	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO	6
1.3	DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA	6
2.	MODELLAZIONE	8
2.1	ELEMENTI FINITI – SEZIONI E SPESSORI	8
3.	CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI	10
3.1	ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI	10
4.	ANALISI DEI CARICHI DEI SOLAI	13
5.	AZIONE SISMICA	17
5.1	CALCOLO FATTORE DI COMPORTAMENTO	19
6.	SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO	25
7.	DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI	26
7.1	TIPO DI ANALISI EFFETTUATE	27
7.2	COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO	29
8.	VERIFICHE GENERALI CAPITOLO 7	40
8.1	GERARCHIA DELLE RESISTENZE	40
8.1.1	ELEMENTI IN C.A.	40
8.1.2	FONDAZIONI	41
8.2	DETTAGLI STRUTTURALI	41
8.2.1	TRAVI IN C.A.	41
8.2.2	PILASTRI IN C.A.	43
8.2.3	DETTAGLI COSTRUTTIVI PER LA DUTTILITÀ	44
8.2.4	NODI IN C.A.	45
8.3	VERIFICA DI RIGIDEZZA (7.3.6.1)	46
8.4	VERIFICA TAMPONAMENTO ALLO SLV (7.2.3)	49
9.	PRINCIPALI RISULTATI	51
10.	SINTESI DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA	61
11.	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI	82
12.	RELAZIONE SU ORIGINE E CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO	87



Città di Fermo

Settore IV e V

Lavori Pubblici, Protezione
Civile, Ambiente, Urbanistica,
Patrimonio, Contratti e Appalti

PROGETTAZIONE ESECUTIVA "IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO
DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA
PRODUZIONE DI BIOMETANO"

CIG: 9880245C18 CUP: F62F18000070004

MANDATARIA

EdilAlta

MANDANTE

 **Anaergia**
Fueling a Sustainable World

PROGETTISTA INDICATO

OWAC
ENGINEERING COMPANY

**EDIFICIO UFFICI E SPOGLIATOI
RELAZIONE DI CALCOLO**

REV. 02

Pag. 5 di 89



1. RELAZIONE TECNICA (10.1 DM 17/01/18)

1.1 PREMESSA

Nella presente introduzione sono riportati i principali elementi di inquadramento del progetto esecutivo strutturale, che tiene conto anche degli strumenti urbanistici, del progetto architettonico, del progetto delle componenti tecnologiche in generale e delle prestazioni attese dalla struttura.

1.2 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO

Le Norme e i documenti assunti a riferimento per la progettazione strutturale vengono indicati di seguito.

Progetto-verifica degli elementi	
Progetto cemento armato	D.M. 17-01-2018; Circolare 21 Gennaio 2019 n.7 del 21/01/2019
Progetto acciaio	D.M. 17-01-2018; Circolare 21 Gennaio 2019 n.7 del 21/01/2019
Progetto legno	D.M. 17-01-2018; Circolare 21 Gennaio 2019 n.7 del 21/01/2019
Progetto muratura	D.M. 17-01-2018; Circolare 21 Gennaio 2019 n.7 del 21/01/2019
Azione sismica	
Norma applicata per l'azione sismica	D.M. 17-01-2018; Circolare 21 Gennaio 2019 n.7 del 21/01/2019

1.3 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

Il presente elaborato è redatto per la struttura denominata uffici e spogliatoi. L'edificio ricade dentro l'area industriale oggetto di intervento.

La presente relazione di calcolo dimostra che gli elementi strutturali scelti sono idonei a sopportare i carichi fissi e quelli accidentali stabiliti dalla NTC 2018.

La fabbrica ha dimensioni in pianta (al finito architettonico) di circa m 10,31 x 15,28 ed un'altezza di circa m 5,74 fuori terra; è di forma rettangolare, regolare in altezza e in pianta. Invece le dimensioni in pianta della struttura sono di circa m 10,18 x 15,16 con una altezza di circa m 6,67, compresa la fondazione e con un volume strutturale (sempre comprensivo delle fondazioni) di circa mc 763,93. La copertura dell'edificio è a doppia falda, con linee di gronda e di colmo parallele al lato più lungo dell'edificio.

I pilastri sono di sezione rettangolare di dimensioni cm 35x50. Le travi di elevazione sono di dimensione cm 30x40.

La fondazione è del tipo diretta ed è costituita da travi con sezione a "T" rovescia di dimensioni:

base inferiore cm 90;

altezza totale cm 90;

base superiore cm 40;

altezza delle ali cm 35.

La qualità del calcestruzzo per l'intera struttura è C25/30. Le fondazioni hanno una classe di esposizione XC2 ed un copriferro di cm 5, la struttura in elevazione ha una classe di esposizione XC1 ed un copriferro di cm 3.

Il lavoro svolto, conforme alla normativa vigente NTC 2018, con l'analisi dei carichi e la loro combinazione, con l'impostazione del calcolo ed il criterio di verifica adottato, fornisce inoltre precise indicazioni sul codice di calcolo utilizzato per l'analisi strutturale, definendone l'origine, le caratteristiche e l'affidabilità.

La presente relazione, spiega e riassume tutte le parti significative del tabulato e commenta, inoltre, i risultati della analisi in riferimento alla NTC 2018.

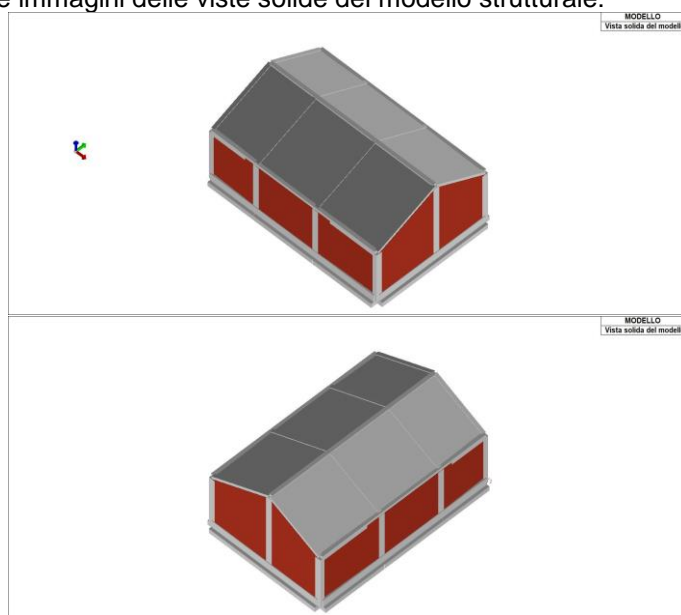
I risultati delle analisi numeriche e delle verifiche delle membrature della struttura sono riportati estesamente nei "Tabulati di calcolo".

Da questi elaborati si evince che le membrature presentano delle caratteristiche geometriche e di resistenza idonee a sopportare i carichi agenti e che le sollecitazioni risultano compatibili con il tipo di terreno presente.



Descrizione generale dell'opera			
Opera di nuova realizzazione		SI	
Fabbricato ad uso		Classe d'uso III	
Ubicazione		Comune di FERMO (FM) (Regione MARCHE)	
		Località FERMO (FM)	
		Longitudine 13.677, Latitudine 43.123 (Riferimento WGS84)	
Numero di piani		Fuori terra: 1	
		Interrati: 0	
		Le dimensioni dell'opera in pianta sono racchiuse in un rettangolo di m 15,16x10,18 con una altezza pari m 6,67	
Numero vani scale		0	
Numero vani ascensore		0	
Tipo di fondazione		Diretta, trave rovescia sezione "T" base inferiore cm 90, altezza cm 90.	
Materiali impiegati			
Cemento Armato		SI	
Acciaio		NO	
Legno		NO	
Muratura		SI	
Principali caratteristiche della struttura			
Struttura regolare in pianta		SI	
Struttura regolare in altezza		SI	
Classe di duttilità		ND struttura non dissipativa	
Travi ricalate o in spessore		Ricalate 30 x 40	
Pilastr		35 x 50	
Elementi in falso		Nessuno	
Condizioni per cui è necessario considerare la componente verticale del sisma		Nessuna	
Analisi per carichi non sismici		SI	
Analisi sismica		Dinamica lineare	
Verifica SLD di resistenza		SI	
Parametri della struttura			
Classe d'uso	Vita Vn [anni]	Coeff. Uso	Periodo Vr [anni]
III	50.0	1.5	75.0

Di seguito si riportano le immagini delle viste solide del modello strutturale:





2. MODELLAZIONE

L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi statici. L'analisi strutturale è condotta con il metodo dell'analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo sopraindicato si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. Le incognite del problema (nell'ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi:

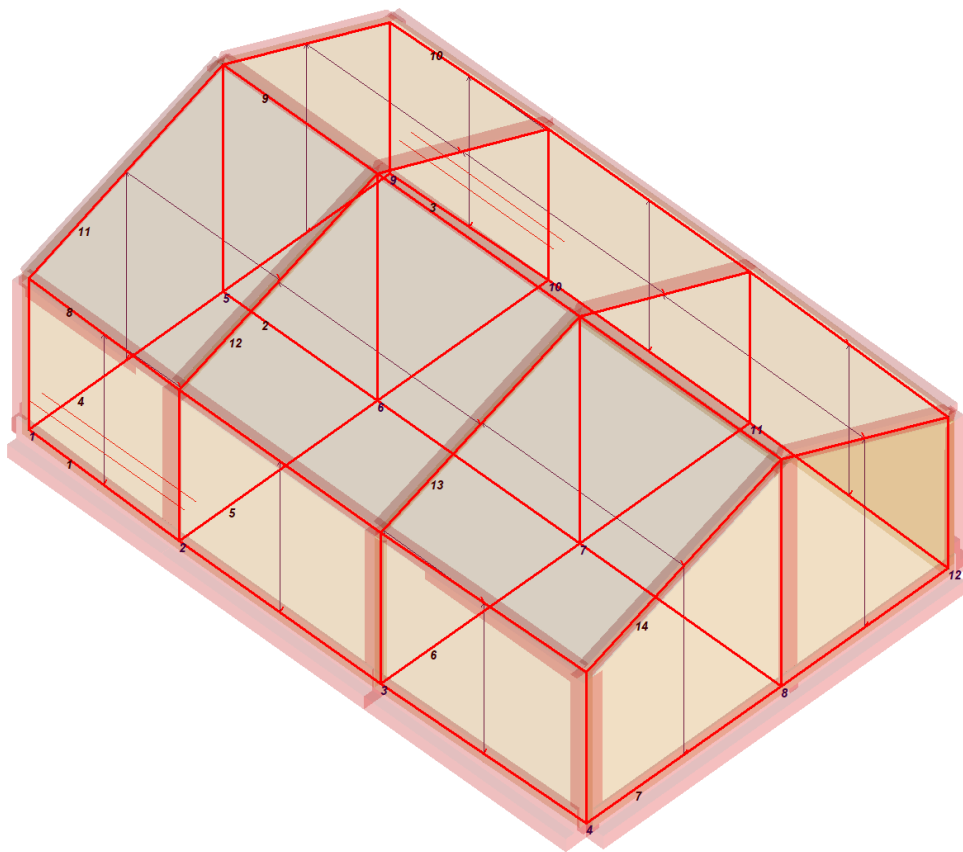
$$\mathbf{K} * \mathbf{u} = \mathbf{F} \quad \text{dove} \quad \begin{array}{l} \mathbf{K} = \text{matrice di rigidezza} \\ \mathbf{u} = \text{vettore spostamenti nodali} \\ \mathbf{F} = \text{vettore forze nodali} \end{array}$$

Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente a una terna locale all'elemento stesso.

Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l'asse Z verticale ed orientato verso l'alto.

2.1 ELEMENTI FINITI – SEZIONI E SPESSORI

A seguire si riportano le immagini relative alla numerazione dei pilastri, travi in elevazione e di fondazione:





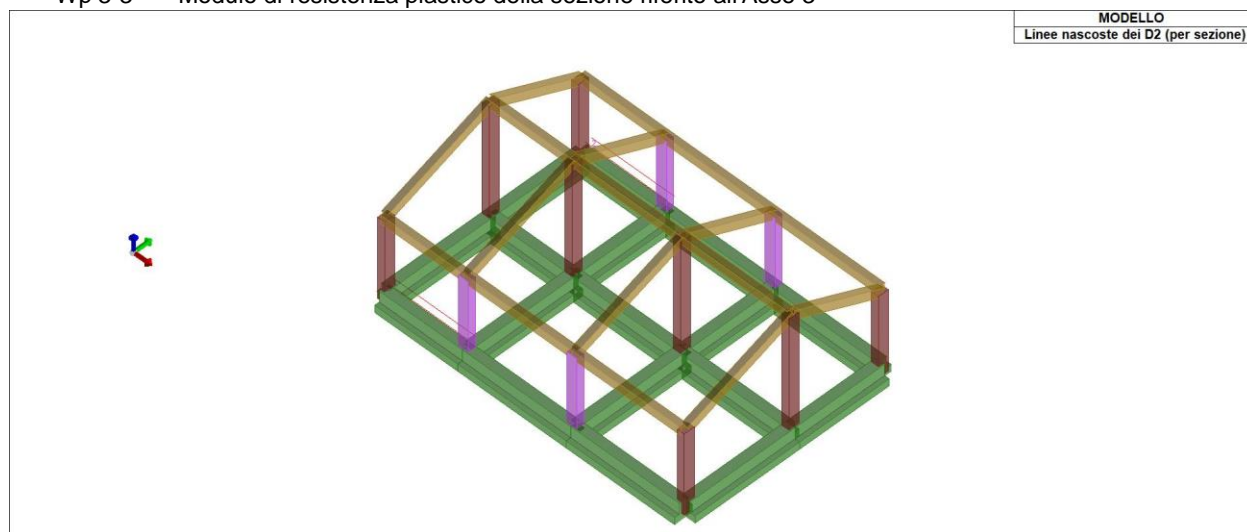
Si riportano di seguito le caratteristiche di sezioni e spessori degli elementi strutturali, in formato tabellare e immagini:

TABELLA_SEZIONI

Id	Tipo SEZ	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
-	-	cm2	cm2	cm2	cm4	cm4	cm4	cm3	cm3	cm3	cm3
1	Rettangolare: b=30.00 h=30.00	900.00	750.00	750.00	1.139e+05	6.750e+04	6.750e+04	4500.00	4500.00	6750.00	6750.00
15	PIL 35X50 - Rettangolare: b=35 h=50	1750.00	1458.33	1458.33	4.059e+05	1.786e+05	3.646e+05	1.021e+04	1.458e+04	1.531e+04	2.188e+04
16	PIL 50X35 - Rettangolare: b=50 h=35	1750.00	1458.33	1458.33	4.059e+05	3.646e+05	1.786e+05	1.458e+04	1.021e+04	2.188e+04	1.531e+04
17	TRV 30X40 - Rettangolare: b=30 h=40	1200.00	1000.00	1000.00	1.946e+05	9.000e+04	1.600e+05	6000.00	8000.00	9000.00	1.200e+04
19	FOND 90X90 - T rovescia: bi=90 ht=90 bs=45 hi=35	5625.00	0.0	0.0	2.844e+06	2.544e+06	3.752e+06	5.653e+04	7.120e+04	9.872e+04	1.219e+05
20	Travett. solaio - T ribassata: bi=12 ht=24 bs=50 hs=4	440.00	0.0	0.0	1.048e+04	4.455e+04	2.398e+04	1781.87	1551.37	3220.00	2766.67

Legenda

Tipo SEZ	Indica il nome identificativo e la tipologia di sezione
Area	Area della sezione
A V2	Area della sezione/Fattore di taglio (direzione 2)
A V3	Area della sezione/Fattore di taglio (direzione 3)
Jt	Momento di inerzia torsionale della sezione
J 2-2	Momento di inerzia della sezione riferito all'Asse 2
J 3-3	Momento di inerzia della sezione riferito all'Asse 3
W 2-2	Modulo di resistenza della sezione riferito all'Asse 2
W 3-3	Modulo di resistenza della sezione riferito all'Asse 3
Wp 2-2	Modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'Asse 2
Wp 3-3	Modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'Asse 3





3. CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI

Nell'esecuzione delle opere oggetto della presente relazione è previsto l'utilizzo dei seguenti materiali con le relative caratteristiche:

3.1 ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI

[1]- MATERIALE PER FONDAZIONE -

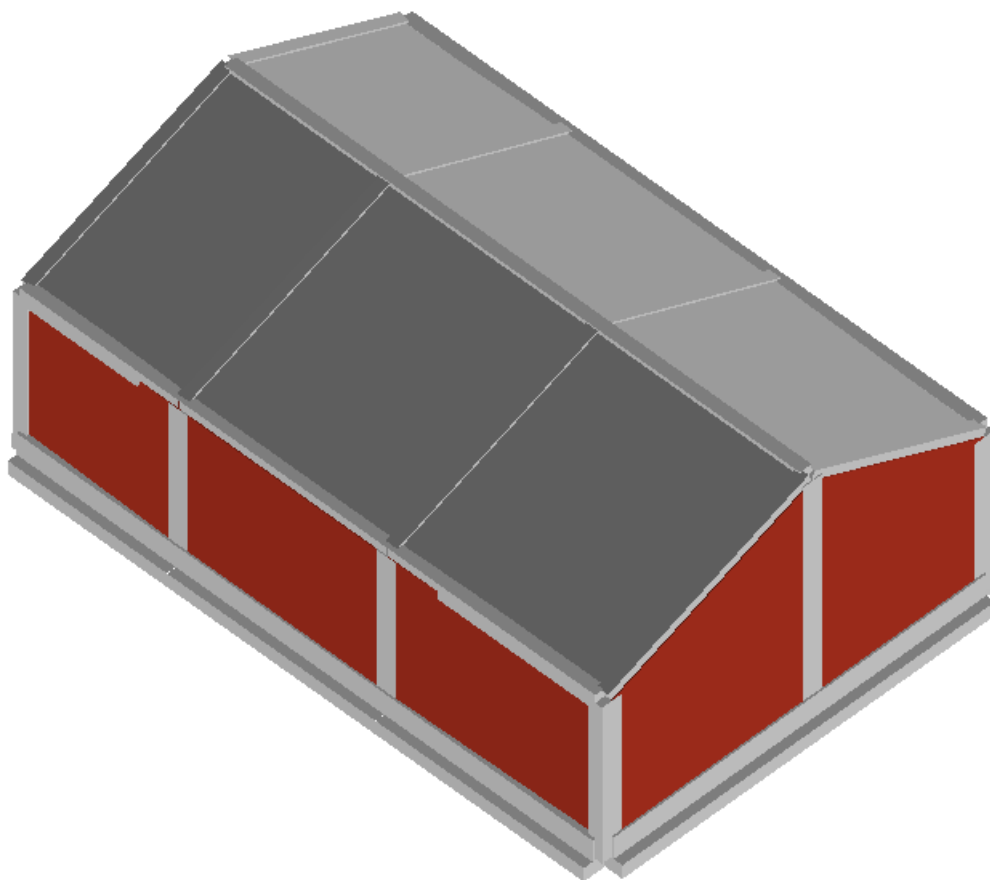
Calcestruzzo Classe C25/30			
Id	-	-	u.m.
1			
		Resistenza caratteristica cubica Rck	300.0 daN/cm2
		Resistenza caratteristica cilindrica fck	249.0 daN/cm2
		Resistenza fctm	25.6 daN/cm2
		Tensione caratteristica di snervamento acciaio	4500.0 daN/cm2
		Tipo acciaio	tipo C
		Coefficiente gamma c	1.50
		Coefficiente gamma s	1.15
		Rapporto Rfessurata (assiale)	1.00
		Rapporto Rfessurata (flessione)	1.00
		Rapporto Rfessurata (taglio)	1.00

[1]- MATERIALE PER ELEVAZIONE -

Calcestruzzo Classe C25/30			
Id	-	-	u.m.
1			
		Resistenza caratteristica cubica Rck	300.0 daN/cm2
		Resistenza caratteristica cilindrica fck	249.0 daN/cm2
		Resistenza fctm	25.6 daN/cm2
		Tensione caratteristica di snervamento acciaio	4500.0 daN/cm2
		Tipo acciaio	tipo C
		Coefficiente gamma c	1.50
		Coefficiente gamma s	1.15
		Rapporto Rfessurata (assiale)	1.00
		Rapporto Rfessurata (flessione)	1.00
		Rapporto Rfessurata (taglio)	1.00

[35]- MATERIALE PER ELEVAZIONE -

Fauci - ISOPOR P800 ARM 35x25x25 (malta M10)-muratura E = 6.360e+04			
Id	-	-	u.m.
35			
		Resistenza f (v. caratt.)	63.6 daN/cm2
		Resistenza fh (v. caratt.)	31.8 daN/cm2
		Resistenza fv0 (v. caratt.)	3.0 daN/cm2
		Resistenza fv0h (v. caratt.)	3.0 daN/cm2
		Resistenza tau0 (v. caratt.)	1.5 daN/cm2
		Resistenza fvlm (v. caratt.)	9.0 daN/cm2
		Resistenza fb (normalizzata)	80.0 daN/cm2
		Resistenza fb (v. caratt.)	138.0 daN/cm2
		Resistenza fbh (v. caratt.)	64.0 daN/cm2
		Resistenza fbt (v. caratt.)	10.0 daN/cm2
		Coefficiente mu tilda	0.50
		Coefficiente fi	0.50
		Coefficiente gammaM (CMB non sismiche)	3.00
		Coefficiente gammaM (CMB sismiche)	2.40
		Rapporto Rfessurata (assiale)	1.00
		Rapporto Rfessurata (flessione)	1.00
		Rapporto Rfessurata (taglio)	1.00



CARATTERISTICHE DEI MATERIALI		
	FONDAZIONE	ELEVAZIONE
CLASSE DEL CALCESTRUZZO	C25/30	C25/30
ACCIAIO BARRE	B 450 C	B 450 C
CLASSE DI ESPOSIZIONE	XC2	XC1
MASSIMO RAPPORTO A/C	0,60	0,60
DIAMETRO MASSIMO INERTE	32 mm	32 mm
COPRIFERRO MINIMO	3.5cm	2,5 cm
COPRIFERRO ADOTTATO	5 cm	3 cm
CLASSE DI CONSISTENZA	S4	S4
CONTENUTO MINIMO DI CEMENTO	300 kg/m ³	300 kg/m ³
UNITA' DI MISURA CARPENTERIA IN "m" FERRI D'ARMATURA IN "cm"		



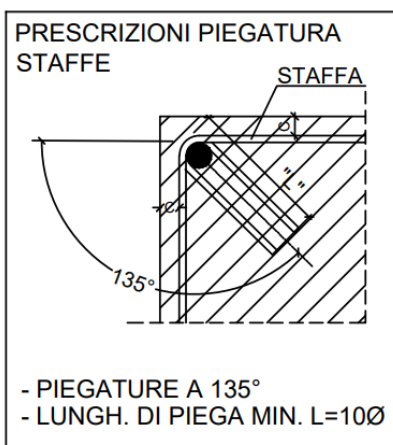
ACCIAIO IN BARRE PER CALCESTRUZZO ARMATO:

- B450C saldabile (par.11.3.2.1 NTC2018)
- Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di rottura : $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
- Allungamento $A_s \geq 12\%$

ACCIAIO IN RETI ELETTROSALDATE PER CALCESTRUZZO ARMATO:

come da prescrizioni della normativa vigente.

CARATTERISTICHE		Requisiti	Frattile %
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}		$\geq f_{y \text{ nom}}$	5.0
Tensione caratteristica a carico massimo f_{tk}		$\geq f_{t \text{ nom}}$	5.0
$(f_t/f_y)k$		$\geq 1,15$	10.0
		$< 1,35$	
$(f_y/f_{y \text{ nom}})k$		$\leq 1,25$	10.0
Allungamento	$(A_g)k$	$\geq 7,5\%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:	$\phi < 12 \text{ mm}$	4 ϕ	
	$12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5 ϕ	
	$16 \leq \phi \leq 25 \text{ mm}$	8 ϕ	
	$25 \leq \phi \leq 40 \text{ mm}$	10 ϕ	





4. ANALISI DEI CARICHI DEI SOLAI

Solaio a struttura mista in laterocemento realizzato con travetti di calcestruzzo armato gettati entro fondelli di laterizio con traliccio metallico.

Carichi permanenti strutturali [daN/mq]

- solaio c.a. s=20+4 i=50 cm	294.0
Totale carichi G1	294.0

Carichi permanenti portati [daN/mq]

- copertura in coppi	75.0
- intonaco (s=2.5 cm)	50.0
- controsoffitto pesante	25.0
- impermeabilizzazione + coibentazione	15.0
Totale carichi G2	165.0

Carichi variabili [daN/mq]

Sovraccarico variabile Q	50.0
Sovraccarico neve Q neve	80.0

Per il solaio si adottano i seguenti carichi in daN/mq:

Permanente G1	Permanente G2	Variabile Q	Neve
294.0	165.0	100.0	100.0

Coefficienti di combinazione carichi variabili: $\Psi_0 = 0.70$, $\Psi_1 = 0.50$, $\Psi_2 = 0.30$

Coefficienti di combinazione carichi neve: $\Psi_0 = 0.50$, $\Psi_1 = 0.20$, $\Psi_2 = 0.00$

Azione del vento

Le azioni del vento sono state convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti, definite al § 3.3. del DM 2018. Pertanto, le azioni del vento sono costituite da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, e da forze tangenti applicate nel piano delle superfici.

L'azione normale del vento è determinata con:

$$p = q_r \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d$$

in cui si è indicato con q_r la pressione cinetica di riferimento, C_e il coefficiente di esposizione, C_p il coefficiente di forma e C_d il coefficiente dinamico.

La pressione cinetica di riferimento q_r (N/mq) è data dall'espressione:

$$q_r = 1/2 \rho v_r^2$$

in cui v_r è la velocità di riferimento del vento (m/s) mentre ρ è la densità dell'aria assunta, convenzionalmente costante e pari a 1,25 kg/mc.

La velocità del vento è calcolata in relazione ai seguenti parametri:

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale (NTC - Tab. 3.3.I);

$V_{b,0}$: velocità base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

a_0 : altitudine base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

k_s : parametro in funzione della zona in cui sorge la costruzione (NTC - Tab. 3.3.I);

a_s : altitudine del sito;

T_R : periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

V_b : velocità di riferimento calcolata come segue:

$$V_b = V_{b,0} \text{ per } a_s \leq a_0$$

$$V_b = V_{b,0} (1 + k_s ((a_s / a_0) - 1)) \text{ per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

per $a_s > 1500 \text{ m}$ vanno ricavati da opportuna documentazione o da indagini comprovate



Tali valori non dovranno essere minori di quelli previsti per $a_s = 1500$ m
 C_r : coefficiente di ritorno in funzione del periodo di ritorno T_R
 V_r : velocità di riferimento riferita al periodo di ritorno T_R

Zona	$V_{b,0}$	a_0	k_s	a_s	T_R	V_b	C_r	V_r
3	27 m/s	500 m	0,37	200 m	50 anni	27,00 m/s	1,000	27,00 m/s

Pressione cinetica di riferimento, $q_r = \rho V_r^2 / 2 = 46$ daN/mq
 dove: ρ è la densità dell'aria (assunta convenzionalmente costante = 1,25 kg/mc)

Esposizione: Cat. II - Entroterra fino a 30 km dal mare
 Da cui i parametri della tabella 3.3.II delle NTC

K_r	z_0	z_{min}
0,19	0,05 m	4 m

Classe di rugosità del terreno: D (NTC - Tab. 3.3.III)
 Aree prive di ostacoli o con al di più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, zone paludose o sabbiose, superfici innestate o ghiacciate, mare, laghi,...)
 L'azione del vento sulle costruzioni è determinata dai seguenti parametri:
 C_p : coefficiente di pressione;
 C_d : coefficiente dinamico;
 C_t : coefficiente di topografia;
 C_e : coefficiente di esposizione (funzione di z , z_0 e C_t);
 z : altezza sul suolo.

C_p	C_d	C_t	C_e	z
1,00	1,00	1,00	2,04	6,00 m

Pressione del vento
 $p = q_r C_e C_p C_d = 93$ daN/mq

Pressione sulle pareti
 Vento in direzione Y (perpendicolare alla parete // all'asse X; perpendicolare al colmo)
 Parete parallela all'asse X (lunghezza 15,40 m)

Parete sopravvento

$$\begin{aligned} C_{pe} &= 0,74 \\ C_{pi} &= 0,2 \\ C_p &= 0,94 \\ \text{plungX} &= 87,42 \text{ daN/mq} \end{aligned}$$

Parete sottovento

$$\begin{aligned} C_{pe} &= -0,38 \\ C_{pi} &= -0,3 \\ C_p &= -0,68 \\ \text{plungX} &= -63,24 \text{ daN/mq} \end{aligned}$$

Parete laterale

$$\begin{aligned} C_{pe} &= -0,81 \\ \text{plungY} &= -75,33 \text{ daN/mq} \end{aligned}$$

Falda sopravvento

$$\alpha = 22$$



$C_{pe} = 0,29$
 $psoprav = 26,97 \text{ daN/mq}$

Falda sottovento

$\alpha = 22$
 $c_{pe} = -0,53$
 $psottov = 49,29 \text{ daN/mq}$

Vento in direzione X (perpendicolare alla parete // all'asse Y; parallelo al colmo)
Parete parallela all'asse Y (lunghezza 10,28 m)

Parete sopravvento

$C_{pe} = 0,80$
 $C_{pi} = 0,2$
 $C_p = 1,00$
 $plungY = 93 \text{ daN/mq}$

Parete sottovento

$C_{pe} = -0,58$
 $C_{pi} = -0,3$
 $C_p = -0,88$
 $plungX = -81,84 \text{ daN/mq}$

Parete laterale

$C_{pe} = -0,90$
 $plungY = -83,70 \text{ daN/mq}$

Falda sopravvento tratto 5m

$\alpha = 22$
 $C_{pe} = 0,95$
 $psoprav = 88,35 \text{ daN/mq}$

Falda sottovento dopo 5m

$\alpha = 22$
 $C_{pe} = -0,5$
 $psottov = 46,50 \text{ daN/mq}$

Azione della Neve

Tra le azioni variabili bisogna considerare anche il carico provocato dalla neve al §3.4 del DM 2018 in cui si indica che il carico della neve q_s sulle coperture è pari a:

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

dove si è fissato con μ_i il coefficiente di forma della copertura, con q_{sk} il valore di riferimento del carico neve al suolo, C_E il coefficiente di esposizione e con C_t il coefficiente termico.

Il carico neve al suolo q_{sk} dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona.

Per località in esame, non essendo state condotte indagini statistiche e specifici studi locali che tengono conto sia dell'altezza del manto nevoso sia della sua densità, secondo quanto indicato al § 3.4.2 del DM 2018, i parametri utilizzati per il calcolo sono i seguenti:

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale;

$E_{sp.}$: zona topografica di esposizione al vento;

C_e : coefficiente di esposizione al vento;



T_R : periodo di ritorno di progetto espresso in anni;
 a_s : altitudine del sito;
 q_{sk} : valore caratteristico del carico della neve al suolo (per $T_r = 50$ anni);

Zona	Esposizione	C_e	T_R	a_s	q_{sk}
II	Zona normale	1,00	50 anni	200 m	100,00

Copertura a due falde:

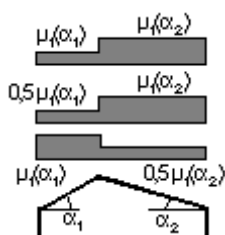
Angolo di inclinazione della falda $\alpha_1 = 22,0^\circ$

$\mu_1(\alpha_1) = 0,80 \Rightarrow Q_1 = 80 \text{ daN/mq}$

Angolo di inclinazione della falda $\alpha_2 = 22,0^\circ$

$\mu_2(\alpha_2) = 0,80 \Rightarrow Q_2 = 80 \text{ daN/mq}$

Schema di carico:



Azione termiche

Secondo quanto indicato nel § 3.5 del DM 2018, sugli elementi portanti si ha un carico dipendente dall'area geografica, poiché l'Italia è stata divisa in quattro zone. Il valore della variazione termica da considerare ha i seguenti valori

$$T_{\min} = -8 - 7 a_s / 1000 \quad (\text{NTC 3.5.5})$$

$$T_{\max} = 42 - 0,3 a_s / 1000 \quad (\text{NTC 3.5.6})$$

dove a_s è l'altitudine di riferimento

Zona	a_s	T min	T max
III	200 m	-9,40 °C	41,94 °C

Nel nostro caso l'azione della temperatura non costituisce una azione fondamentale quindi si applica quanto riportato al § 3.5.5., comunque si è applicato un valore di temperatura esterna -9 ed interna +20.



5. AZIONE SISMICA

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale del moto sismico, S_e , è definito dalle seguenti espressioni:

Dove per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_S e C_C valgono 1; mentre per le categorie di sottosuolo **B, C, D, E** i coefficienti S_S e C_C vengono calcolati mediante le espressioni riportate nella seguente Tabella

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Per tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella seguente Tabella

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale del moto sismico, S_{ve} , è definito dalle espressioni:



$$0 \leq T < T_B \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

$$0 \leq T < T_B \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

I valori di S_g , T_B , T_C e T_D , sono riportati nella seguente Tabella

Categoria di sottosuolo	S_g	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Categoria di sottosuolo	S_g	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

La struttura è localizzata in:

Localizzazione
Località FERMO (FM)
Comune di FERMO (FM)
Regione MARCHE
Longitudine 13.677, Latitudine 43.123 (Riferimento WGS84)

L'azione sismica viene definita in relazione a un periodo di riferimento V_r che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso (vedi tabella Parametri della struttura). Fissato il periodo di riferimento V_r e la probabilità di superamento P_{ver} associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno T_r e i relativi parametri di pericolosità sismica (vedi tabella successiva):

a_g : accelerazione orizzontale massima del terreno;

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

T^*_c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Parametri della struttura						
Classe d'uso	Vita V_n	Coeff. Uso	Periodo V_r	Tipo di suolo	Categoria topografica	Quota relativa
	[anni]		[anni]			[%]
III	50.0	1.5	75.0	C	T2	100.0



Per la risposta sismica locale (RSL) vedasi studio allegato "1.3-23008-OW-C-21-RT-012-BA4-0-
 RELAZIONE SISMICA.pdf", di seguito sono riportati le RSL per i vari stati limiti:

Spettro	RSL - SLV
TR	712
ag0	0,280
F0	2,314
T*C	0,463
Vn	2
Classe d'uso	III
St	1,2
Ss	1,311

Spettro	RSL - SLD
TR	75
ag0	0,126
F0	2,658
T*C	0,435
Vn	2
Classe d'uso	III
St	1,2
Ss	1,499

Spettro	RSL - SLO
TR	45
ag0	0,097
F0	2,502
T*C	0,472
Vn	2
Classe d'uso	III
St	1,2
Ss	1,554

5.1 CALCOLO FATTORE DI COMPORTAMENTO

Principali caratteristiche della struttura	
Opera di nuova realizzazione	SI
Struttura regolare in pianta	SI
Struttura regolare in altezza	SI
Classe di duttilità	ND struttura non dissipativa
Analisi per carichi non sismici	SI
Analisi sismica	Dinamica lineare
Verifica SLD di resistenza	SI

Fattori di comportamento utilizzati SLU			
	Dissipativi	Verifiche fragili	Non Dissipativi
q SLU x	1.50	1.00	1.50
q SLU y	1.50	1.00	1.50
q SLU z	1.50	-	-

Fattori di comportamento utilizzati SLD	
q SLD x	1.50
q SLD y	1.50
q SLD z	1.50
Eta SLO	1.00

Calcolo dei fattori di comportamento secondo il D.M. 17/01/2018

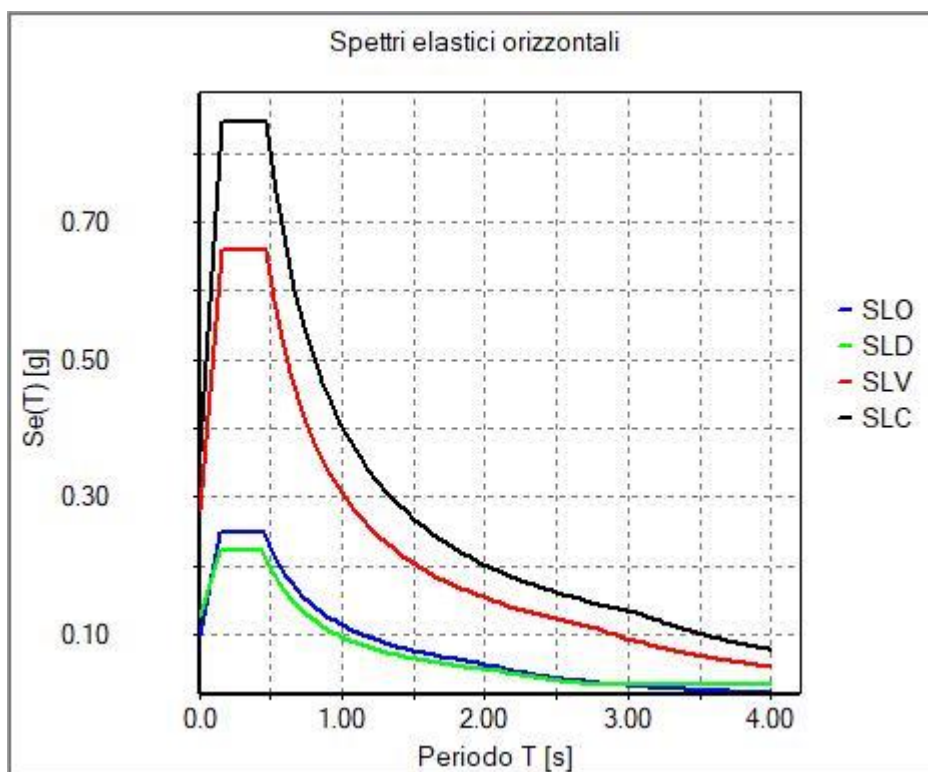
Caratteristiche costruzione	
Tipologia	Nuova
Regolarità pianta	SI
Regolarità altezza	SI
Classe di duttilità	NON DISSIPATIVA
Sistema costruttivo	Calcestruzzo
Tipologia strutturale	Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste
Definizione rapporto α_u/α_1	Media tra 1 e il valore da normativa
Riferimento normativo α_u/α_1	Strutture a telaio di un piano

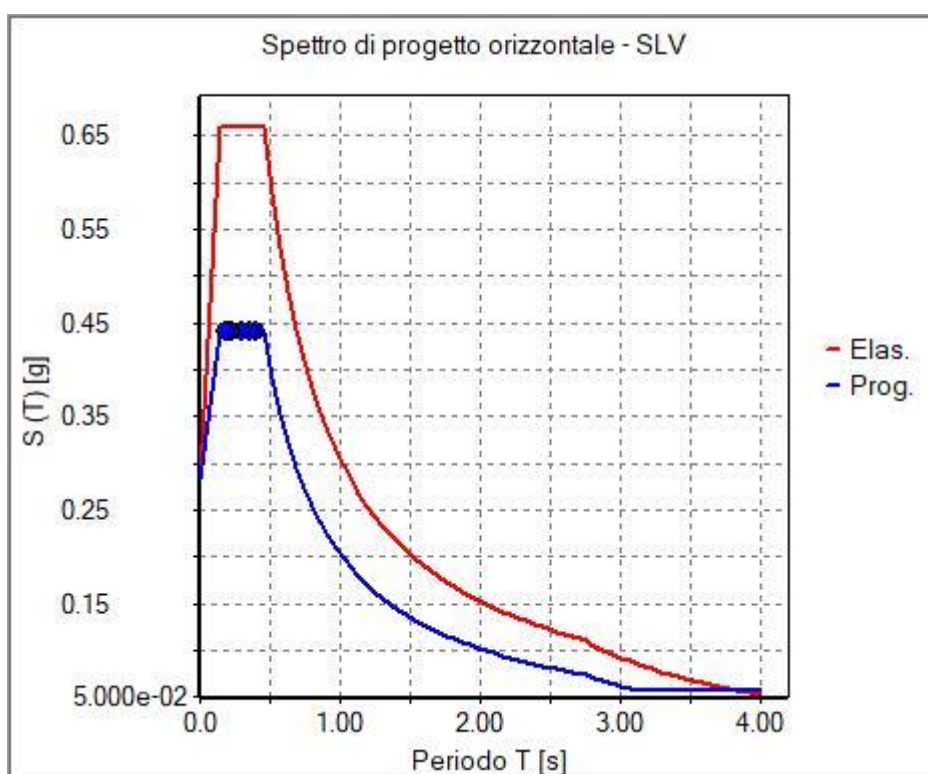
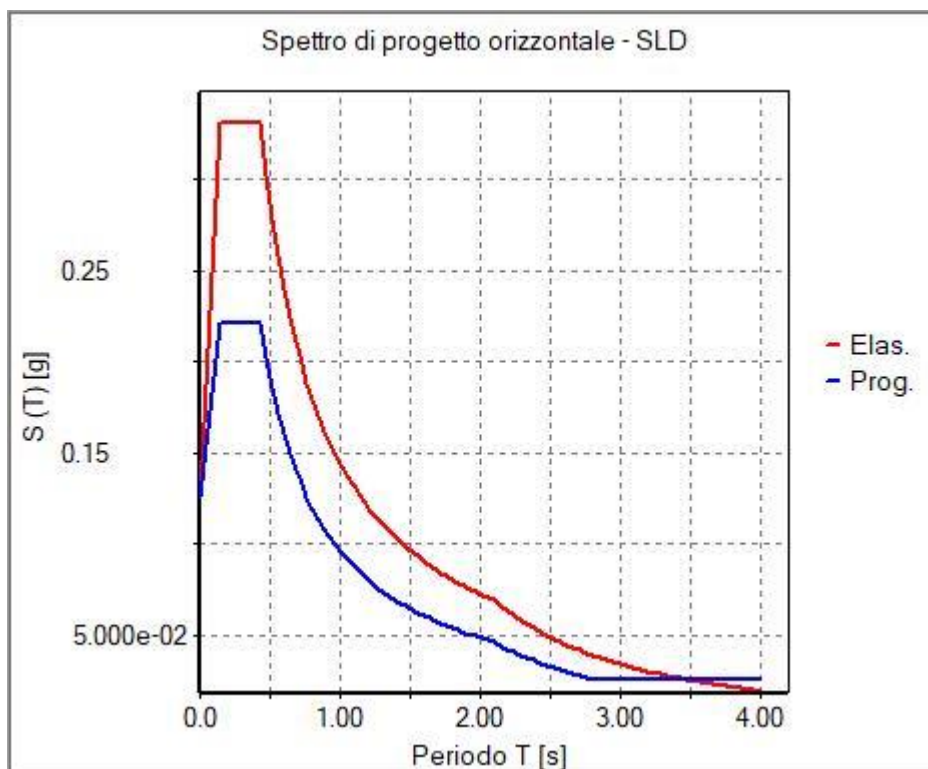


Parametri	
α_u/α_1	1.050
$q_0 = 3.000 \alpha_u/\alpha_1$	3.150
k_w	1.000
K_R	0.8
$q_D = q_0 \cdot k_w \cdot K_R$	2.520
$q_{ND} = 2/3 \cdot q_D$	1.500 (≤ 1.5)

Fattori di comportamento		
	Dissipativi	Non dissipativi
q SLU x	2.520	1.500
q SLU y	2.520	1.500
q SLU z	1.500	1.500

Si riportano di seguito, per completezza, le videate delle opzioni così come impostate nel programma:
Si riportano di seguito gli SPETTRI di input sismico e le caratteristiche dinamiche proprie della struttura,
pertanto in assenza di eccentricità aggiuntive:







Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN		daN		daN			
1	2.773	0.361	0.439	9.715e+04	69.3	0.97	6.89e-04	0.02	1.30e-05	0.0	0.0
2	3.360	0.298	0.439	0.29	2.05e-04	1.219e+05	87.0	0.14	1.02e-04	0.0	0.0
3	4.071	0.246	0.439	1.85	1.32e-03	1484.40	1.1	3.46e-03	2.47e-06	0.0	0.0
4	4.776	0.209	0.439	3035.67	2.2	1.021e+04	7.3	0.03	1.88e-05	0.0	0.0
5	4.903	0.204	0.439	1.384e+04	9.9	4357.43	3.1	0.03	1.94e-05	0.0	0.0
6	5.744	0.174	0.439	1.573e+04	11.2	1432.35	1.0	1.33e-03	0.0	0.0	0.0

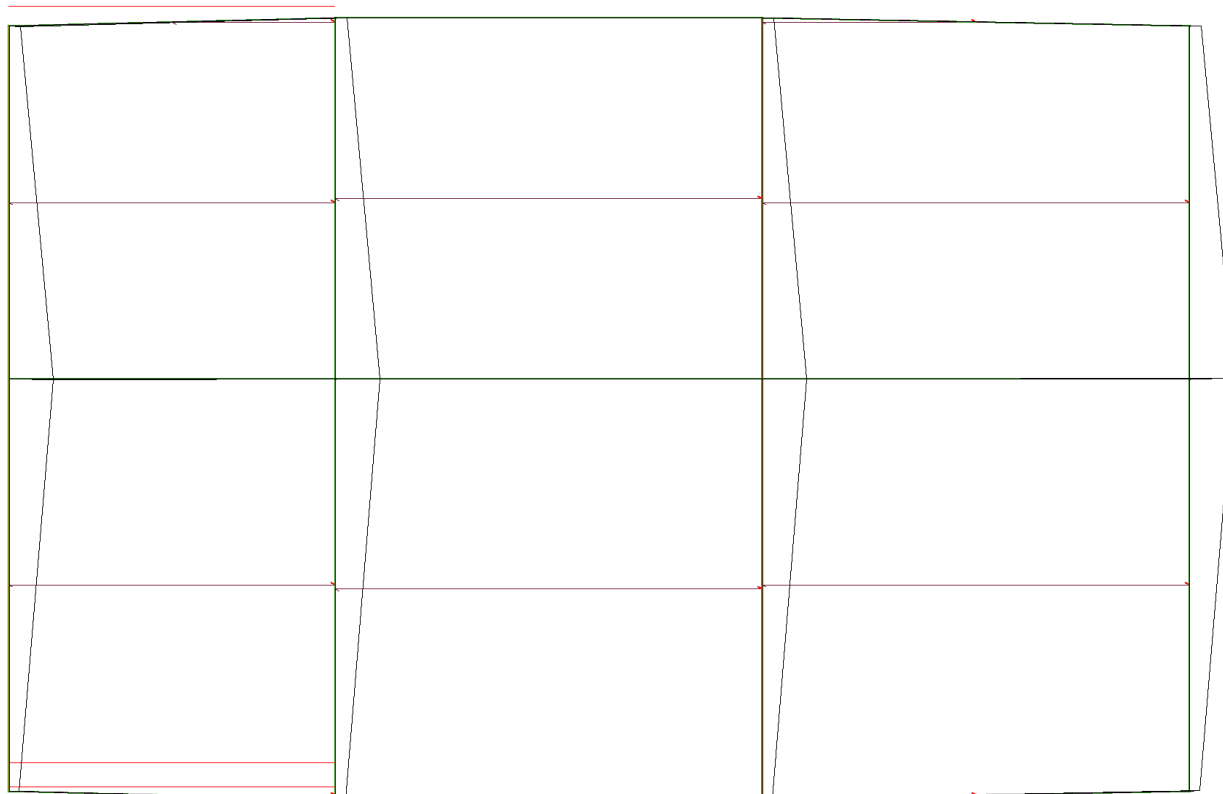


Figura 1 - 1° periodo proprio (Prevalentemente traslazione lungo l'asse x)

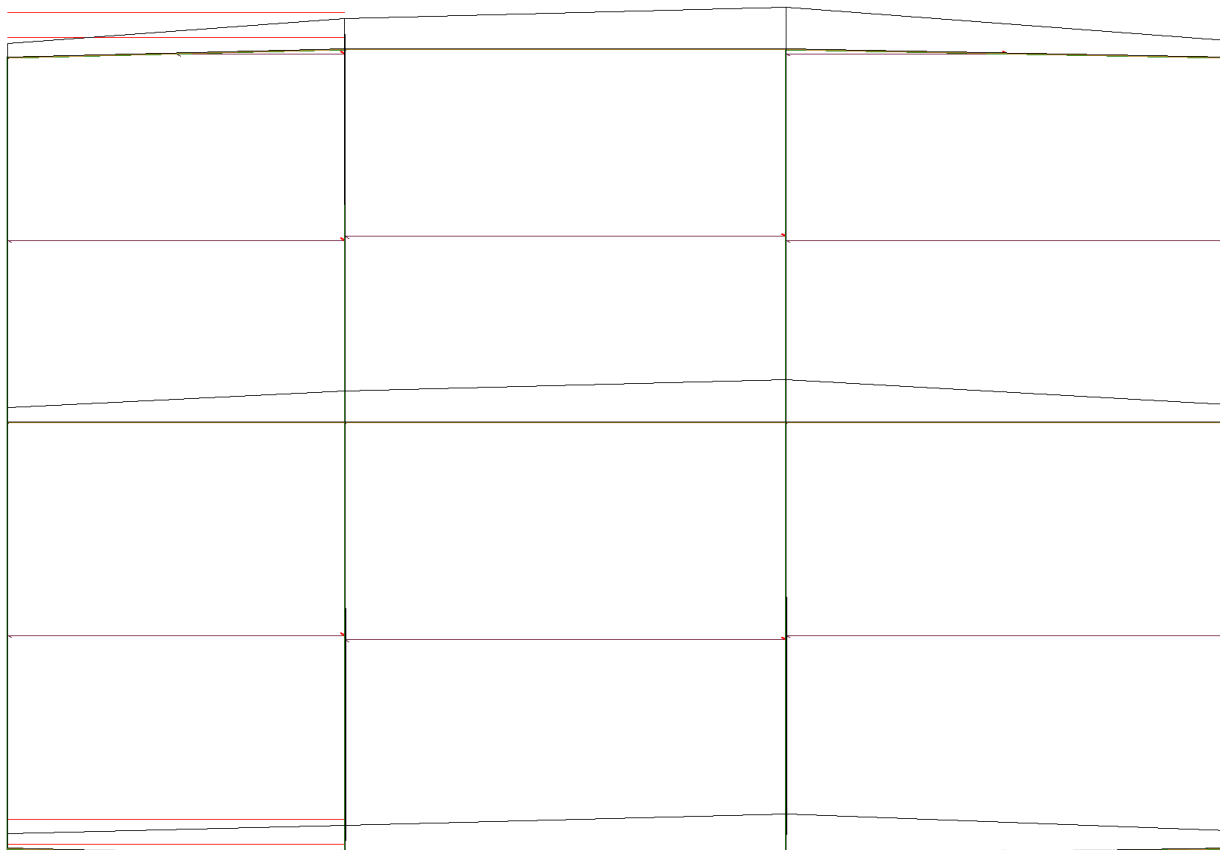


Figura 2 - II° periodo proprio (Prevalentemente traslazione lungo l'asse y)

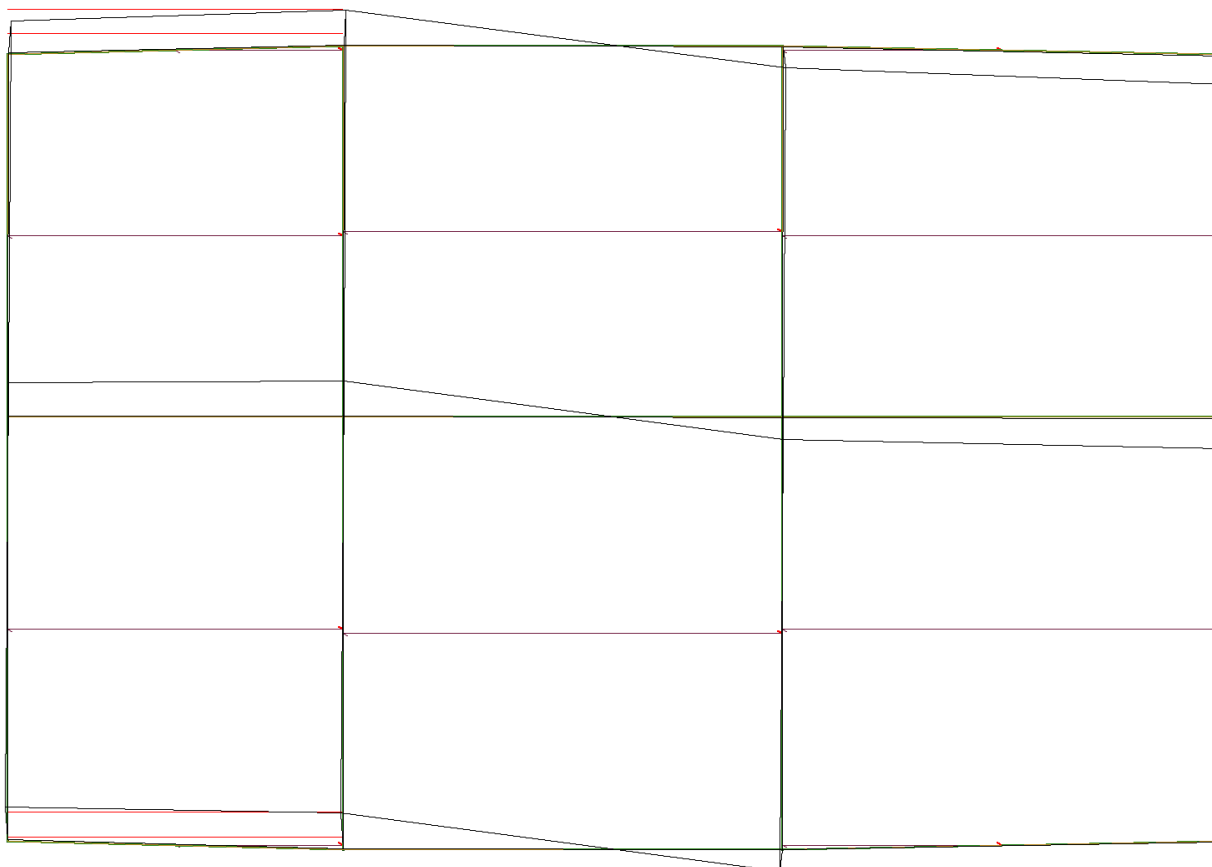


Figura 3 - III° periodo proprio (Prevalentemente torsione)



6. SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO

E' possibile definire i casi di carico scegliendo fra le dodici tipologie elencate nella tabella seguente:

	Tipo CDC	Descrizione
1	Ggk	caso di carico comprensivo del peso proprio struttura
2	Gk	caso di carico con azioni permanenti
3	Qk	caso di carico con azioni variabili
4	Gsk	caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
5	Qsk	caso di carico comprensivo dei carichi variabili sui solai
6	Qnk	caso di carico comprensivo dei carichi di neve sulle coperture
7	Qtk	caso di carico comprensivo di una variazione termica agente sulla struttura
8	Qvk	caso di carico comprensivo di azioni da vento sulla struttura
9	Esk	caso di carico sismico con analisi statica equivalente
10	Edk	caso di carico sismico con analisi dinamica
11	Etk	caso di carico comprensivo di azioni derivanti dall' incremento di spinta delle terre in condizione sismica
12	Pk	caso di carico comprensivo di azioni derivanti da coazioni, cedimenti e precompressioni

I casi di carico utilizzati nella modellazione oggetto della presente relazione sono i seguenti:

TABELLA_CASI_DI_CARICO

CDC	Tipo CDC	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gsk	CDC=G1sk (permanente solai-coperture)	
3	Gsk	CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)	
4	Gsk	CDC=G2pk (permanente pannelli n.c.d.)	
5	Qsk	CDC=Qsk (variabile solai)	
6	Qnk	CDC=Qnk (carico da neve)	
7	Qk	CDC=Qk (variabile generico) TERMICO FARFALLA	
8	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) DIR X+	
9	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) DIR Y+	
10	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) DIR X-	
11	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) DIR Y-	
12	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	
13	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	
14	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	
15	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	
16	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	
17	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	
18	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	
19	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	
20	Edk	CDC=Ed (dinamico SLO) alfa=0.0 (ecc. +)	
21	Edk	CDC=Ed (dinamico SLO) alfa=0.0 (ecc. -)	
22	Edk	CDC=Ed (dinamico SLO) alfa=90.00 (ecc. +)	
23	Edk	CDC=Ed (dinamico SLO) alfa=90.00 (ecc. -)	

Legenda

Tipo CDC Indica il tipo di caso di carico



7. DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI

Le combinazioni previste per i diversi casi di carico (CDC) seguono le regole previste dalla Normativa vigente e sono destinate al controllo di sicurezza della struttura e alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma G_1 G_1 + \gamma G_2 G_2 + \gamma P P + \gamma Q_1 Q_{k1} + \gamma Q_2 \Psi_{02} Q_{k2} + \gamma Q_3 \Psi_{03} Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} Q_{k2} + \Psi_{03} Q_{k3} + \dots$$

Combinazione frequente SLE

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} Q_{k1} + \Psi_{22} Q_{k2} + \Psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

Combinazione quasi permanente SLE

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} Q_{k1} + \Psi_{22} Q_{k2} + \Psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E
 $E + G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} Q_{k1} + \Psi_{22} Q_{k2} + \Psi_{23} Q_{k3} + \dots$

Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite connessi alle azioni eccezionali

$$A_d + G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} Q_{k1} + \Psi_{22} Q_{k2} + \Psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.I

Destinazione d'uso/azione	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Categoria A residenziali	0,70	0,50	0,30
Categoria B uffici	0,70	0,50	0,30
Categoria C ambienti suscettibili di affollamento	0,70	0,70	0,60
Categoria D ambienti ad uso commerciale	0,70	0,70	0,60
Categoria E biblioteche, archivi, magazzini,...	1,00	0,90	0,80
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli ≤ 30 kN)	0,70	0,70	0,60
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli > 30 kN)	0,70	0,50	0,30
Categoria H Coperture	0,00	0,00	0,00
Vento	0,60	0,20	0,00
Neve a quota ≤ 1000 m	0,50	0,20	0,00
Neve a quota > 1000 m	0,70	0,50	0,20
Variazioni Termiche	0,60	0,50	0,00

Nelle verifiche possono essere adottati in alternativa due diversi approcci progettuali:

- per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza globale (combinazione 1 con coefficienti A1 e combinazione 2 con coefficienti A2),
- per l'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale (con coefficienti A1).



NTC 2018 Tabella 2.6.I

		Coefficiente γ_F	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

7.1 TIPO DI ANALISI EFFETTUATE

È stata eseguita una analisi statica lineare secondo il METODO DELLE DEFORMAZIONI in presenza di carichi per cui la variazione nel tempo può essere trascurata come i carichi gravitazionali associati al peso proprio e la carico permanente, ai carichi accidentali, a quelli dovuti al vento (nella sua componente media) e alla neve.

Le sollecitazioni e le deformazioni dovute, invece, agli effetti dell'azione sismica sulla struttura in esame sono state determinate utilizzando il metodo dell'analisi dinamica lineare per sovrapposizione modale, altresì nota come ANALISI MODALE.

Il codice di calcolo utilizzato presenta dei tipi di elementi finiti:

1. Elemento monodimensionale D2 (beam e truss) per trave di elevazione e pilastro che unisce due nodi aventi ciascuno 6 gradi di libertà. Per maggiore precisione di calcolo, è stata tenuta in considerazione anche la deformabilità a taglio e quella assiale di questi elementi. Queste aste, inoltre, sono considerate flessibili da nodo a nodo e non hanno sulla parte iniziale e finale due tratti infinitamente rigidi formati dalla parte di trave inglobata nello spessore del pilastro; questi tratti rigidi fornirebbero al nodo una dimensione reale.
2. Elemento pannello, unisce tutti i nodi di un piano, infatti essi devono essere complanari, dotato di orientazione, alternanza carichi accidentali, trasmette i carichi o le sollecitazioni alle travi. Utilizzando in verticale permette anche di poter applicare il carico vento simulando la pressione del vento sui muri perimetrali, detti tompagni.
3. L'elemento bidimensionale D3 (membrana e shell) viene utilizzato per schematizzare setti, piastre, gusci e definito utilizzando tre o quattro nodi nello spazio. Per quanto riguarda la membrana, ogni nodo dell'elemento è dotato di tre gradi di libertà traslazionali, rispettivamente in X, Y e Z. Le rigidezze degli elementi prima citati appartengono al piano della membrana e di conseguenza sono ammissibili solo gli stati piani di sollecitazione (membranali). Per gli elementi shell il nodo è dotato di cinque gradi di libertà, tre traslazioni e due rotazioni nel piano dell'elemento. Le rigidezze degli elementi sono di due tipi: rigidezze nel piano (membranali) e fuori dal piano (flessionali). Quest'ultimo viene utilizzato anche per simulare piastre su suolo elastico, comportamenti alla Winkler.

Assemblate tutte le matrici di rigidezza dei singoli elementi in quella della struttura spaziale, la risoluzione del sistema avviene per via numerica.



Ai fini della risoluzione della struttura, si calcolano gli spostamenti X, Y, Z e le rotazioni attorno agli assi di tutti i nodi che giacciono su di un impalcato non dichiarato rigido per cui ogni elemento reagisce in funzione della propria rigidità.

L'analisi sismica è stata svolta con il metodo dell'analisi modale; la ricerca dei modi e delle relative frequenze è stata perseguita con il metodo delle "iterazioni nel sottospazio".

Per ciascuna direzione di ingresso del sisma si sono valutate le forze modali che vengono applicate su ciascun nodo spaziale (tre forze, in direzione X, Y, Z e tre momenti).

Per la verifica della struttura si è fatto riferimento all'analisi modale, pertanto sono state calcolate prima le sollecitazioni e gli spostamenti modali e poi il loro valore efficace. Si osserva che i dati riportati nei tabulati di calcolo allegati alla presente relazione, sono proprio i suddetti valori efficaci, pertanto, l'equilibrio ai nodi perde di significato.

Infine, le componenti dell'azione sismica, sono state combinate secondo quanto indicato al § 7.3.5 del DM 2018 che, nel caso di analisi lineare, prevede che la risposta della struttura è determinata considerando l'azione sismica ciascuna delle due direzioni X ed Y.

Inoltre, i valori massimi della risposta ottenuti da ciascuna delle due azioni orizzontali applicate, separatamente sono state combinate sommando ai massimi ottenuti per l'azione applicata in una direzione, il 30% dei massimi ottenuti per l'azione applicata nell'altra direzione.

Gli angoli delle direzioni di ingresso dei sismi sono valutati rispetto all'asse X del sistema di riferimento globale.

Le verifiche, svolte secondo il metodo degli stati limiti ultimi e di esercizio, si ottengono involupando tutte le combinazioni di carico prese in considerazione.

Gli elementi vengono verificati nei confronti della resistenza, della instabilità dell'equilibrio elastico e della deformabilità.

Le travate possono incrociarsi con angoli qualsiasi e avere dei disassamenti rispetto ai pilastri su cui appoggiano. La ripartizione dei carichi, data la natura matriciale del calcolo, tiene automaticamente conto della rigidità relativa delle varie travate convergenti su ogni nodo.

Tipo di analisi strutturale	
Analisi per carichi non sismici	SI
Sismica statica lineare	NO
Sismica dinamica lineare	SI
Sismica statica non lineare (triangolare; G1 – a §7.3.3.2)	NO
Sismica statica non lineare (prop. modo; G1 – b §7.3.4.2)	NO
Sismica statica non lineare (prop. tagli di piano; G1 – c §7.3.4.2)	NO
Sismica statica non lineare (prop. masse; G2 – a §7.3.4.2)	NO
Sismica statica non lineare (multimod; G2 – c §7.3.4.2)	NO
Non linearità geometriche (fattore P delta)	SI



7.2 COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO

Combinazioni dei casi di carico	
APPROCCIO PROGETTUALE	Approccio 2
SLU	SI
SLV (SLU con sisma)	SI
SLC	NO
SLD	SI
SLO	SI
SLU GEO A2 (per approccio 1)	NO
SLU EQU	NO
Combinazione caratteristica (rara)	SI
Combinazione frequente	SI
Combinazione quasi permanente (SLE)	SI
SLA (accidentale quale incendio)	NO

Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
1	SLU	Comb. SLU A1 1	
2	SLU	Comb. SLU A1 2	
3	SLU	Comb. SLU A1 3	
4	SLU	Comb. SLU A1 4	
5	SLU	Comb. SLU A1 5	
6	SLU	Comb. SLU A1 6	
7	SLU	Comb. SLU A1 7	
8	SLU	Comb. SLU A1 8	
9	SLU	Comb. SLU A1 9	
10	SLU	Comb. SLU A1 10	
11	SLU	Comb. SLU A1 11	
12	SLU	Comb. SLU A1 12	
13	SLU	Comb. SLU A1 13	SI
14	SLU	Comb. SLU A1 14	SI
15	SLU	Comb. SLU A1 15	SI
16	SLU	Comb. SLU A1 16	SI
17	SLU	Comb. SLU A1 17	SI
18	SLU	Comb. SLU A1 18	SI
19	SLU	Comb. SLU A1 19	SI
20	SLU	Comb. SLU A1 20	SI
21	SLU	Comb. SLU A1 21	SI
22	SLU	Comb. SLU A1 22	SI
23	SLU	Comb. SLU A1 23	SI
24	SLU	Comb. SLU A1 24	SI
25	SLU	Comb. SLU A1 25	SI
26	SLU	Comb. SLU A1 26	SI
27	SLU	Comb. SLU A1 27	SI
28	SLU	Comb. SLU A1 28	SI
29	SLU	Comb. SLU A1 29	SI
30	SLU	Comb. SLU A1 30	SI
31	SLU	Comb. SLU A1 31	SI
32	SLU	Comb. SLU A1 32	SI
33	SLU	Comb. SLU A1 33	SI
34	SLU	Comb. SLU A1 34	SI
35	SLU	Comb. SLU A1 35	SI
36	SLU	Comb. SLU A1 36	SI
37	SLU	Comb. SLU A1 37	SI
38	SLU	Comb. SLU A1 38	SI
39	SLU	Comb. SLU A1 39	SI
40	SLU	Comb. SLU A1 40	SI
41	SLU	Comb. SLU A1 41	SI
42	SLU	Comb. SLU A1 42	SI
43	SLU	Comb. SLU A1 43	SI
44	SLU	Comb. SLU A1 44	SI
45	SLU	Comb. SLU A1 45	SI
46	SLU	Comb. SLU A1 46	SI
47	SLU	Comb. SLU A1 47	SI
48	SLU	Comb. SLU A1 48	SI
49	SLU	Comb. SLU A1 49	SI
50	SLU	Comb. SLU A1 50	SI



Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
51	SLU	Comb. SLU A1 51	SI
52	SLU	Comb. SLU A1 52	SI
53	SLU	Comb. SLU A1 53	SI
54	SLU	Comb. SLU A1 54	SI
55	SLU	Comb. SLU A1 55	SI
56	SLU	Comb. SLU A1 56	SI
57	SLU	Comb. SLU A1 57	SI
58	SLU	Comb. SLU A1 58	SI
59	SLU	Comb. SLU A1 59	SI
60	SLU	Comb. SLU A1 60	SI
61	SLU	Comb. SLU A1 61	SI
62	SLU	Comb. SLU A1 62	SI
63	SLU	Comb. SLU A1 63	SI
64	SLU	Comb. SLU A1 64	SI
65	SLU	Comb. SLU A1 65	SI
66	SLU	Comb. SLU A1 66	SI
67	SLU	Comb. SLU A1 67	SI
68	SLU	Comb. SLU A1 68	SI
69	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 69	
70	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 70	
71	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 71	
72	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 72	
73	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 73	
74	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 74	
75	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 75	SI
76	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 76	SI
77	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 77	SI
78	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 78	SI
79	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 79	SI
80	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 80	SI
81	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 81	SI
82	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 82	SI
83	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 83	SI
84	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 84	SI
85	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 85	SI
86	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 86	SI
87	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 87	SI
88	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 88	SI
89	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 89	SI
90	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 90	SI
91	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 91	SI
92	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 92	SI
93	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 93	SI
94	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 94	SI
95	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 95	SI
96	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 96	SI
97	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 97	SI
98	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 98	SI
99	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 99	SI
100	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 100	SI
101	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 101	SI
102	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 102	SI
103	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 103	
104	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 104	
105	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 105	
106	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 106	SI
107	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 107	SI
108	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 108	SI
109	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 109	SI
110	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 110	
111	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 111	SI
112	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 112	SI
113	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 113	SI
114	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 114	SI
115	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 115	SI
116	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 116	SI
117	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 117	SI
118	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 118	SI
119	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 119	SI
120	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 120	SI
121	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 121	SI
122	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 122	SI



Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
123	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 123	SI
124	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 124	SI
125	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 125	SI
126	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 126	SI
127	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 127	SI
128	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 128	SI
129	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 129	SI
130	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 130	SI
131	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 131	SI
132	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 132	SI
133	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 133	SI
134	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 134	SI
135	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 135	SI
136	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 136	SI
137	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 137	SI
138	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 138	SI
139	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 139	SI
140	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 140	SI
141	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 141	SI
142	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 142	SI
143	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 143	SI
144	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 144	SI
145	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 145	SI
146	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 146	SI
147	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 147	SI
148	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 148	SI
149	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 149	SI
150	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 150	SI
151	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 151	SI
152	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 152	SI
153	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 153	SI
154	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 154	SI
155	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 155	SI
156	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 156	SI
157	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 157	SI
158	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 158	SI
159	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 159	SI
160	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 160	SI
161	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 161	SI
162	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 162	SI
163	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 163	SI
164	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 164	SI
165	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 165	SI
166	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 166	SI
167	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 167	SI
168	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 168	SI
169	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 169	SI
170	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 170	SI
171	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 171	SI
172	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 172	SI
173	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 173	SI
174	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 174	SI
175	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 175	SI
176	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 176	SI
177	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 177	SI
178	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 178	SI
179	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 179	SI
180	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 180	SI
181	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 181	SI
182	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 182	SI
183	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 183	SI
184	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 184	SI
185	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 185	SI
186	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 186	SI
187	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 187	SI
188	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 188	SI
189	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 189	SI
190	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 190	SI
191	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 191	SI
192	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 192	SI
193	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 193	SI
194	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 194	SI



Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
195	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 195	SI
196	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 196	SI
197	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 197	SI
198	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 198	SI
199	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 199	SI
200	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 200	SI
201	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 201	SI
202	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 202	SI
203	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 203	SI
204	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 204	SI
205	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 205	SI
206	SLE(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 206	SI

Legenda

Tipo CMB Indica la categoria di combinazione

Si riportano di seguito, gli schemi grafici contenenti, per le parti più sollecitate della struttura, le configurazioni deformate, la rappresentazione grafica delle principali caratteristiche di sollecitazione o delle componenti degli sforzi, i diagrammi di involucro associati alle combinazioni dei carichi considerate, gli schemi grafici con la rappresentazione dei carichi applicati e delle corrispondenti reazioni vincolari.

AZIONI SULLE FONDAZIONI (REAZIONI VINCOLARI)

Valori negativi indicano tensioni di compressione che nella legenda sono espresse in daN/cm²

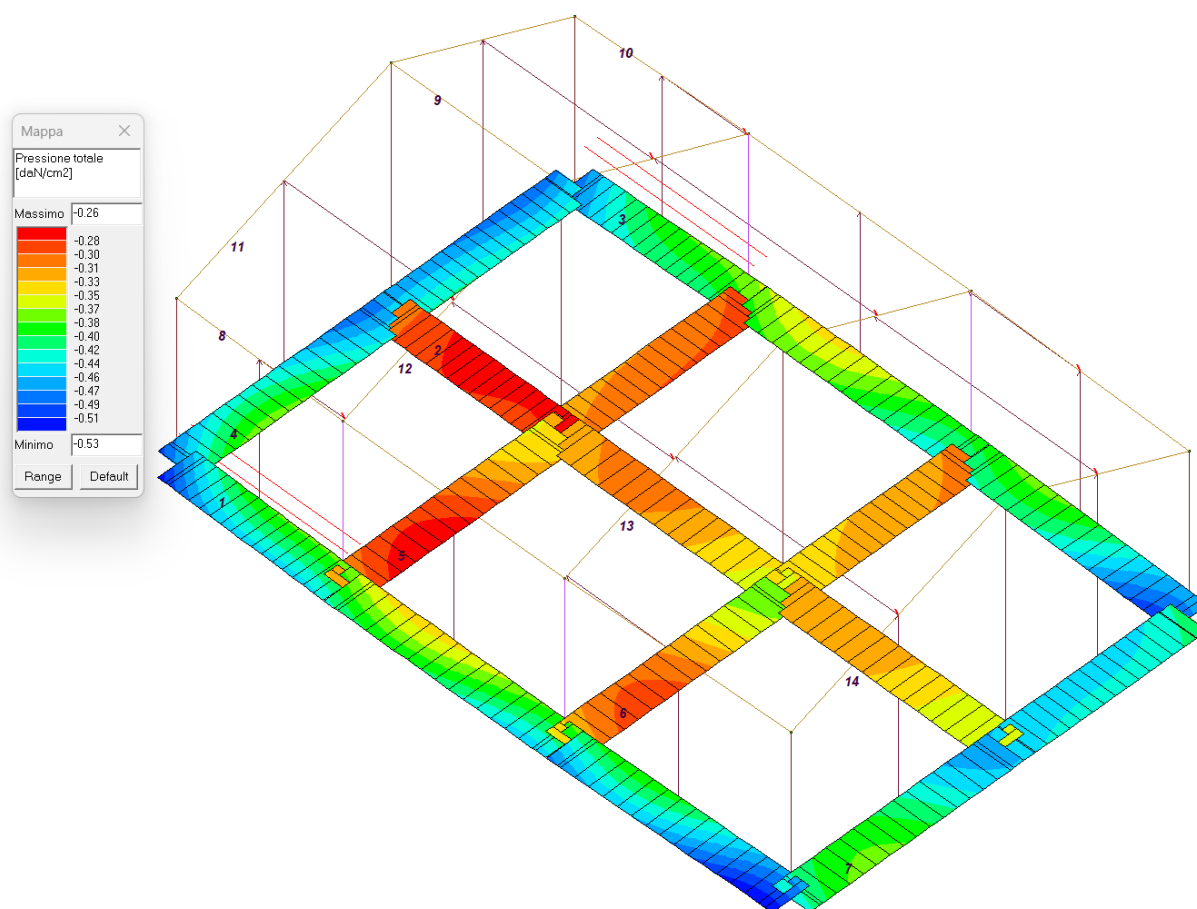


Figura 4 - MAX Pressione totale per la combinazione 44) SLU A1

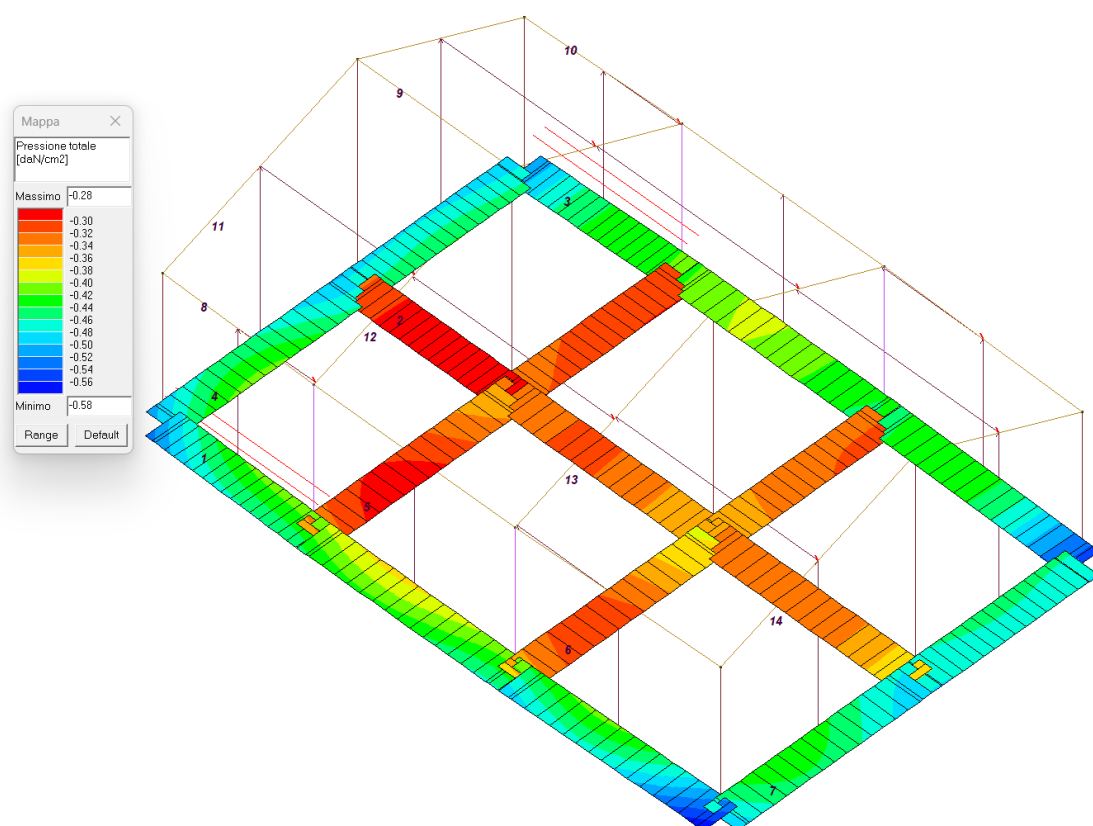


Figura 5 - MAX Pressione totale per la combinazione 91) SLE(rara)

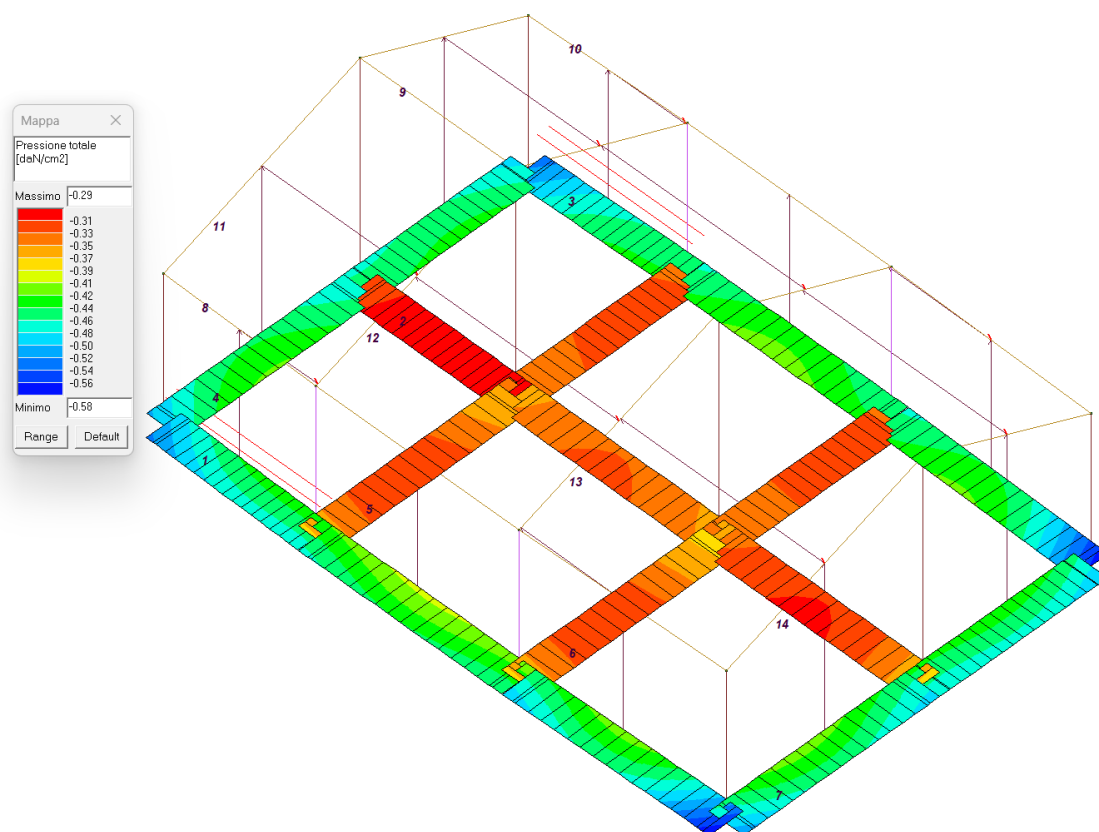


Figura 6 - MAX Pressione totale per la combinazione 108) SLE(freq.)

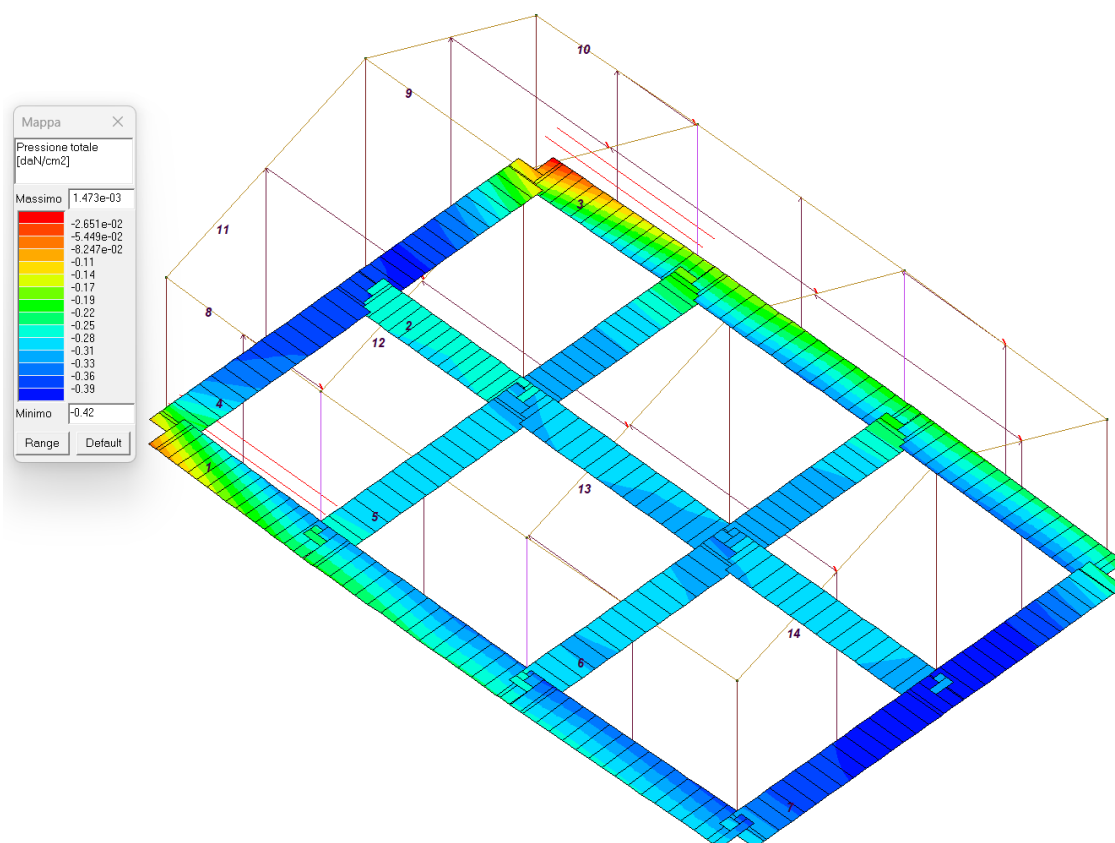


Figura 7 - MAX Pressione totale per la combinazione 142) SLU A1 (SLV sism.)

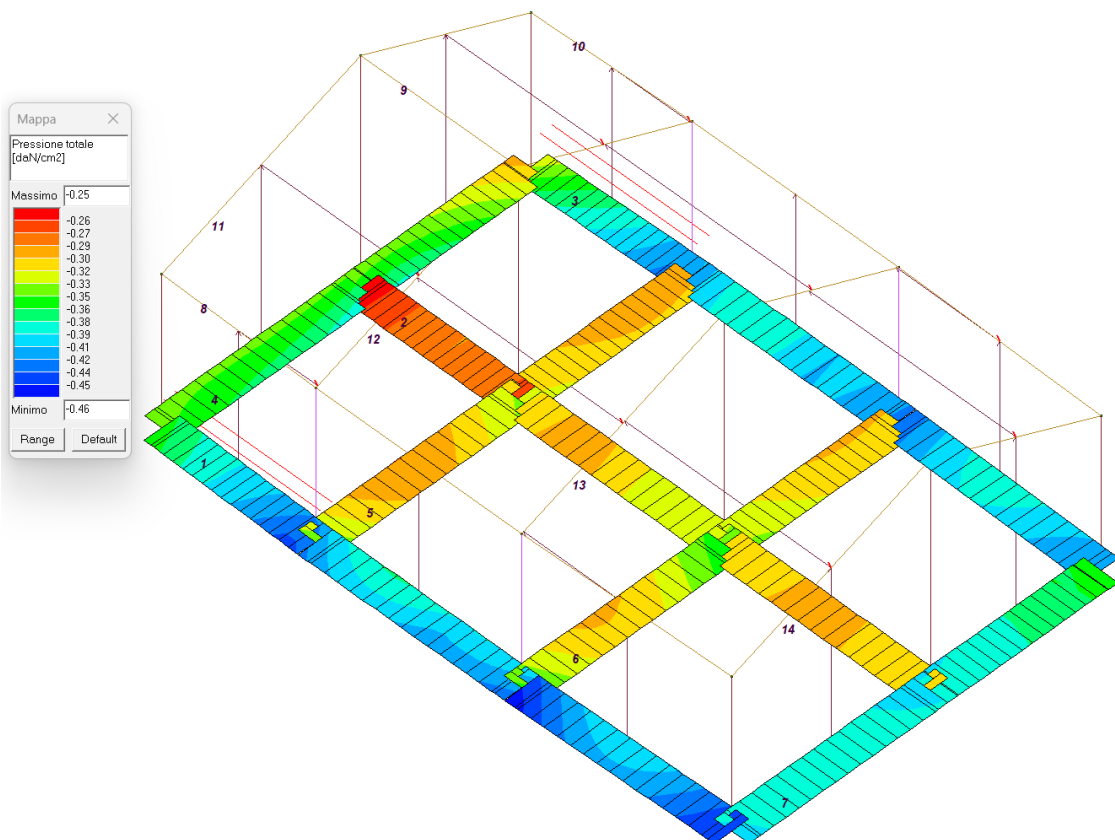


Figura 8 - MAX Pressione totale per la combinazione 158) SLE (SLD Danno sism.)

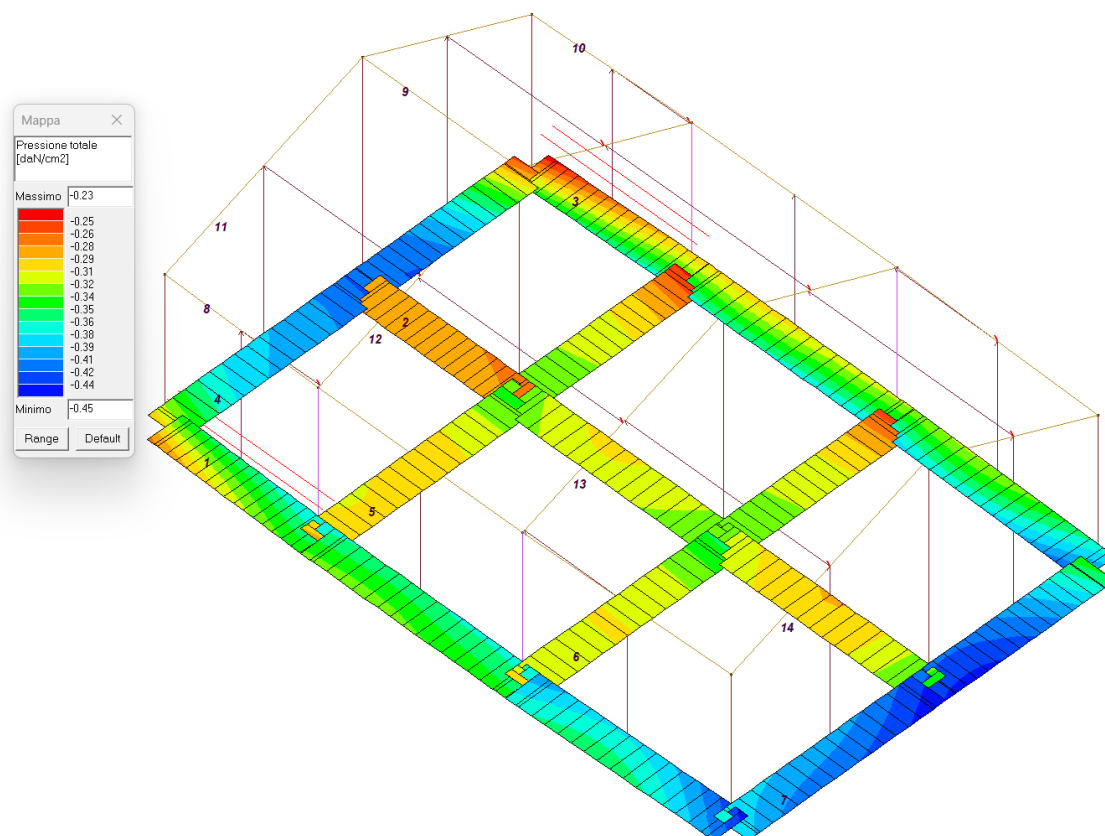


Figura 9 - MAX Pressione totale per la combinazione 206) SLE (SLO Operativo sism.)



DEFORMATE

È riportato anche il reticolo della configurazione indeformata attraverso cui è possibile distinguere il verso degli spostamenti, che nella legenda sono espressi in cm. Le deformate sono riportate in opportuna scala affinché si possano distinguere dalla configurazione indeformata. Come si potrà osservare nelle figure che seguono, il valore massimo dello spostamento si attinge nella parte alta dell'edificio nella combinazione sismica: 119) SLU A1 (SLV sism.)

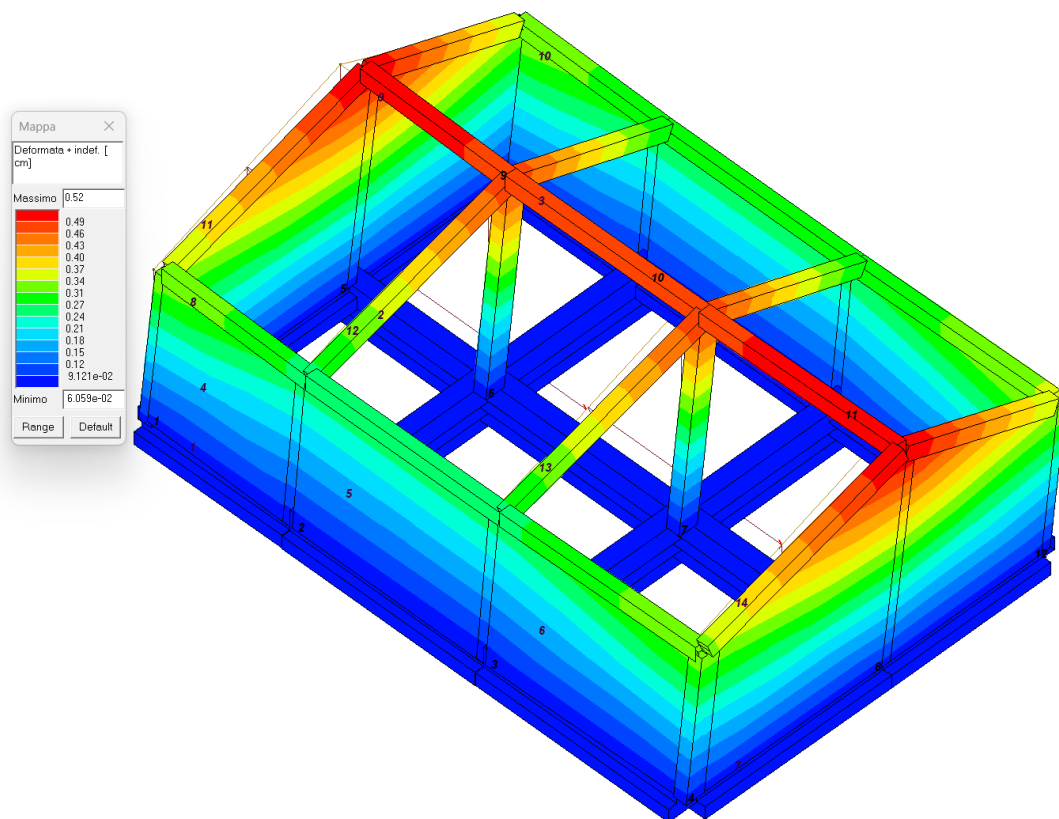


Figura 10 - MAX Deformata per la combinazione 23) SLU A1

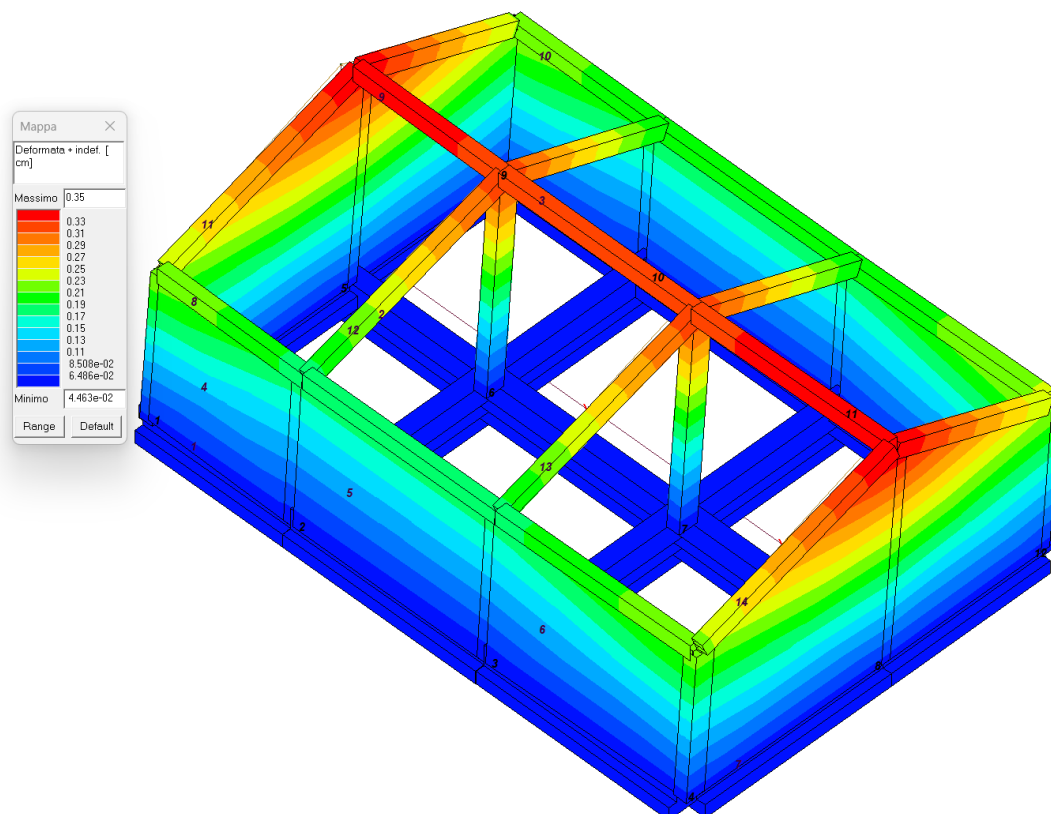


Figura 11 - MAX Deformata per la combinazione 80) SLE (rara)

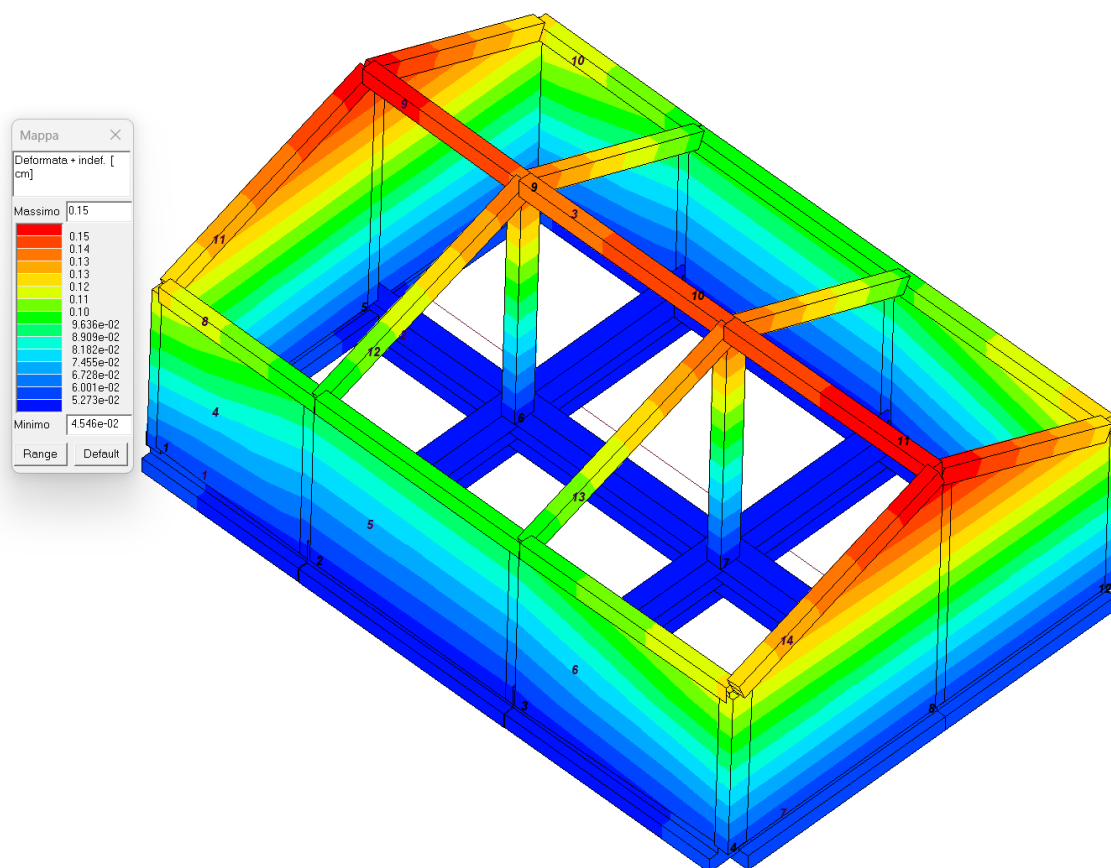


Figura 12 - MAX Deformata per la combinazione 80) SLE (rara)

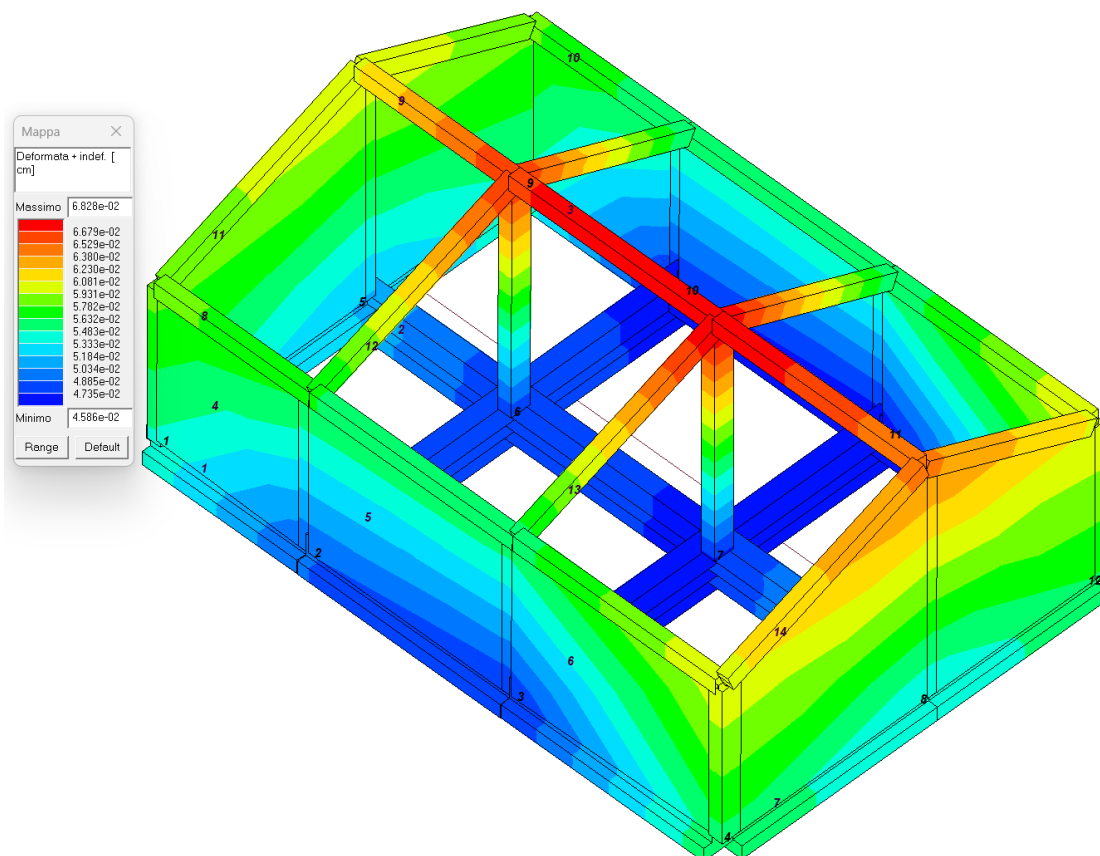


Figura 13 - MAX Deformata per la combinazione 110) SLE (perm.)

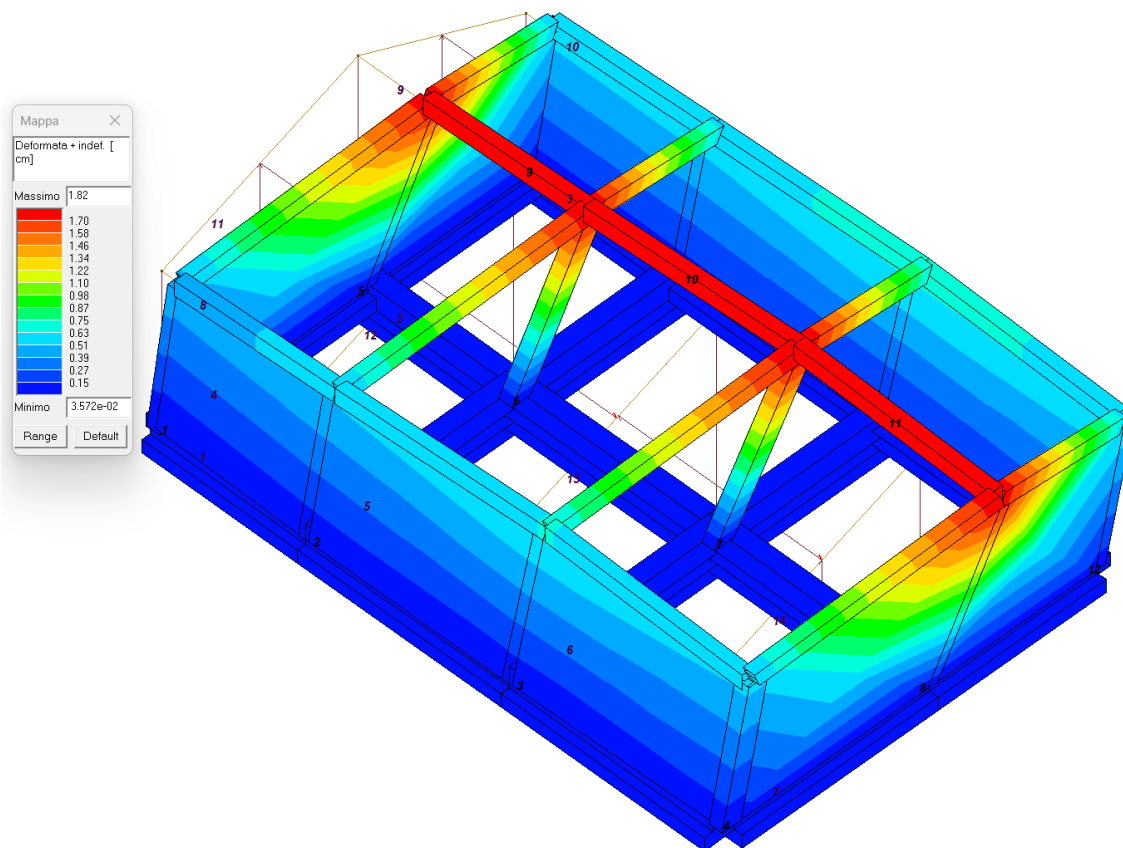


Figura 14 - MAX Deformata per la combinazione 119) SLU A1 (SLV sism.)

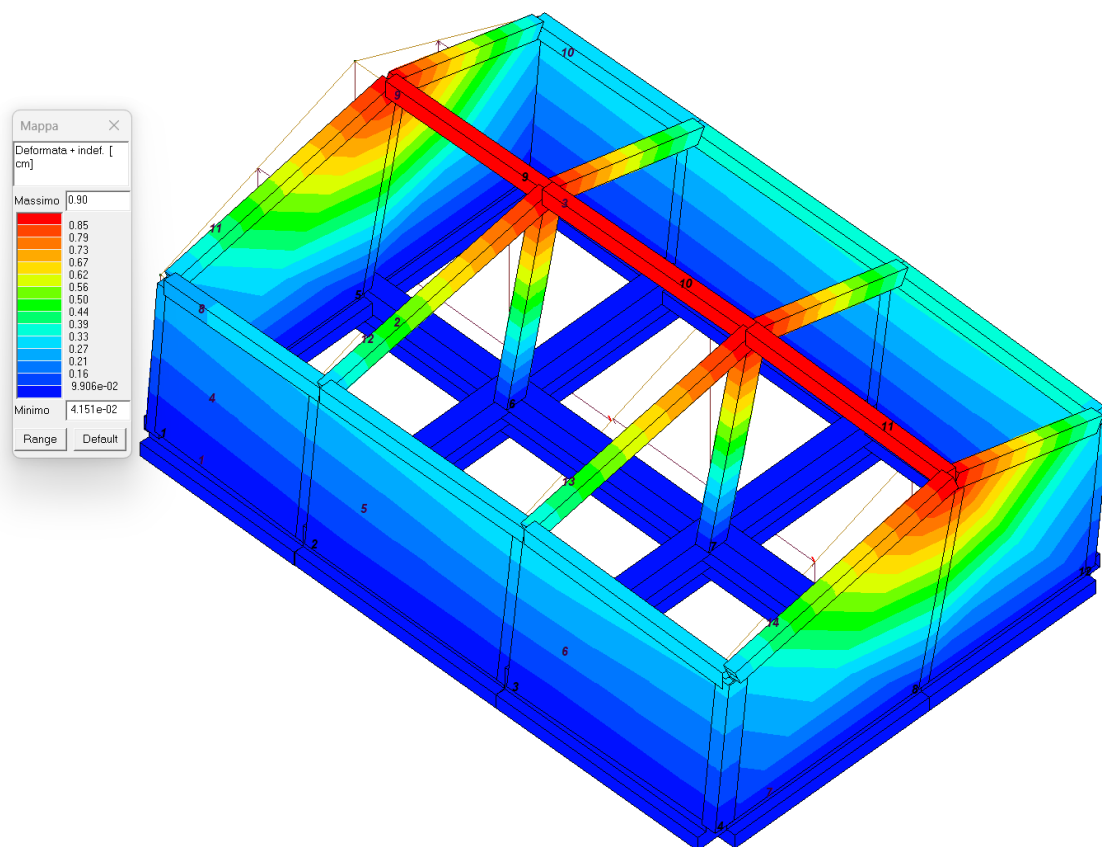


Figura 15 - MAX Deformata per la combinazione 15) SLE (SLD danno sism.)



8. VERIFICHE GENERALI CAPITOLO 7

Si riportano in questo capitolo la sintesi delle verifiche sismiche generali previste al capitolo 7.

8.1 GERARCHIA DELLE RESISTENZE

8.1.1 ELEMENTI IN C.A.

Relativamente agli elementi in c.a., sono state applicate le disposizioni contenute al §7.4.4 del D.M. 2018. Più in particolare:

- per le travi, al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le sollecitazioni di calcolo si ottengono sommando il contributo dovuto ai carichi gravitazionali agenti sulla trave, considerata incernierata agli estremi, alle sollecitazioni di taglio corrispondenti alla formazione delle cerniere plastiche nella trave e prodotte dai momenti resistenti delle due sezioni di estremità, amplificati del fattore di sovrarresistenza γ_{Rd} assunto pari, rispettivamente, ad 1,20 per strutture in CD“A”, ad 1,10 per strutture in CD“B”. La verifica di resistenza è eseguita secondo le indicazioni del par. 7.4.4.1.1 D.M. 2018.
- per i pilastri, al fine di scongiurare l'attivazione di meccanismi fragili globali, come il meccanismo di “piano debole” che comporta la plasticizzazione, anticipata rispetto alle travi, di gran parte dei pilastri di un piano, il progetto a flessione delle zone dissipative dei pilastri è effettuato considerando le sollecitazioni corrispondenti alla resistenza delle zone dissipative delle travi amplificata mediante il coefficiente γ_{Rd} che vale 1,3 in CD“A” e 1,3 per CD“B”. In tali casi, generalmente, il meccanismo dissipativo prevede la localizzazione delle cerniere alle estremità delle travi e le sollecitazioni di progetto dei pilastri possono essere ottenute a partire dalle resistenze d'estremità delle travi che su di essi convergono, facendo in modo che, per ogni nodo trave-pilastro ed ogni direzione e verso dell'azione sismica, la resistenza complessiva dei pilastri sia maggiore della resistenza complessiva delle travi amplificata del coefficiente γ_{Rd} , in accordo con la formula (7.4.4) del D.M. 2018. Le verifiche di resistenza sono eseguite secondo le indicazioni del par. 7.4.4.2.1 D.M. 2018. Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le sollecitazioni di calcolo da utilizzare per le verifiche ed il dimensionamento delle armature si ottengono dalla condizione di equilibrio del pilastro soggetto all'azione dei momenti resistenti nelle sezioni di estremità superiore ed inferiore secondo l'espressione (7.4.5). Le verifiche di resistenza sono eseguite secondo le indicazioni del par. 7.4.4.2.1.
- per i nodi trave-pilastro, si deve verificare che la resistenza del nodo sia tale da assicurare che non pervenga a rottura prima delle zone della trave e del pilastro ad esso adiacente. L'azione di taglio, agente in direzione orizzontale per le varie direzioni del sisma, nel nucleo di calcestruzzo del nodo è calcolata secondo l'espressione (7.4.6) per i nodi interni e (7.4.7) per quelli esterni. Le verifiche di resistenza sono eseguite invece secondo le indicazioni del §7.4.4.3.1 D.M. 2018.



- per i setti sismo resistenti, le sollecitazioni di calcolo sono determinate secondo quanto indicato nel par. 7.4.4.5 D.M. 2018 Le verifiche di resistenza sono eseguite invece secondo le indicazioni del par. 7.4.4.5.1 D.M. 2018.

8.1.2 FONDAZIONI

Per quanto riguarda la struttura di fondazione sono applicate le disposizioni contenute al §7.2.5 del D.M. 2018. Più in particolare:

- le azioni trasmesse in fondazione derivano dall'analisi del comportamento dell'intera struttura, condotta esaminando la sola struttura in elevazione alla quale sono applicate le azioni statiche e sismiche;
- il dimensionamento della struttura di fondazione e la verifica di sicurezza del complesso fondazione-terreno sono eseguite, nell'ipotesi di comportamento strutturale dissipativo, assumendo come azioni in fondazione quelle trasferite dagli elementi soprastanti amplificate di un coefficiente γ_{Rd} pari a 1,1 in CD"B" e 1,3 in CD"A".

I risultati delle suddette verifiche sono riportate nei "Tabulati di calcolo".

8.2 DETTAGLI STRUTTURALI

Il progetto delle strutture è stato condotto rispettando i dettagli strutturali previsti dal D.M. 2018, nel seguito illustrati. Il rispetto dei dettagli può essere evinto, oltreché dagli elaborati grafici, anche dalle verifiche riportate nei tabulati allegati alla presente relazione.

8.2.1 TRAVI IN C.A.

Le armature degli elementi trave sono state dimensionati seguendo i dettagli strutturali previsti al punto 4.1.6.1.1 del D.M. 2018:

$$A_s \geq A_{s,\min} = \max \left\{ 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d; 0,0013 b_t d \right\}$$

$$\max \{A_s; A'_s\} \leq A_{s,\max} = 0,04 A_c$$

$$A_{st} \geq A_{st,\min} = 1,5 b \text{ mm}^2 / m$$

$$p_{st} \geq p_{st,\min} = \min \{33,3 \text{ cm}; 0,8 d\}$$

$$A_{st} \geq 0,5 A_{sw}$$

$$p_{st} \geq 15 \Phi$$

dove:

A_s e A'_s sono le aree di armature tese e compresse;

f_{ctm} è la resistenza a trazione media del cls;

f_{yk} è la resistenza caratteristica allo snervamento;

b_t è la larghezza media della zona tesa della trave (pari alla larghezza della trave o dell'anima nel caso di sezioni a T);

d è l'altezza utile della trave;

b è lo spessore minimo dell'anima in mm;

p_{st} è il passo delle staffe;

A_c è l'area della sezione di cls;

A_{st} è l'area delle staffe;

A_{sw} è l'area totale delle armature a taglio (area delle staffe più area dei ferri piegati);



Φ è il diametro delle armature longitudinali compresse.

Ai fini di un buon comportamento sismico, sono rispettate le seguenti limitazioni geometriche, ai sensi del § 7.4.6.1.1 del D.M. 2018:

$$\begin{aligned} b_t &\geq b_{t,min} = 20 \text{ cm} \\ b_t &\leq b_{t,max} = \min\{b_c + h_t; b_c\} \\ b_t/h_t &\geq (b_t/h_t)_{min} = 0,25 \\ L_{zc} &= 1,5 h_t \text{ (CD-A)}; L_{zc} = 1,0 h_t \text{ (CD-B)} \end{aligned}$$

dove:

b_t e h_t sono la base e l'altezza delle travi, rispettivamente;

b_c è la larghezza della colonna;

L_{zc} è la larghezza della zona dissipativa.

Inoltre, per il dimensionamento delle armature, vengono rispettate le prescrizioni del § 7.4.6.2.1 del D.M. 2018, illustrate nel seguito.

Armature longitudinali

$$\begin{aligned} n_{\phi l} &> n_{\phi l,min} = 2 \\ \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_{yk}} < \rho = \frac{A_s}{bh} < \rho_{max} = \rho_{cmp} + \frac{3,5}{f_{yk}} \\ \rho_{cmp} &\geq \rho_{cmp,min} \end{aligned}$$

dove:

$n_{\phi l}$ è il numero di barre al lembo inferiore o superiore, di diametro almeno pari a 14 mm;

$n_{\phi l,min}$ è il minimo numero possibile di barre al lembo inferiore o superiore, di diametro almeno pari a 14 mm;

ρ è il rapporto geometrico relativo all'armatura tesa (rapporto tra le aree delle armature, A_s , e l'area della sezione rettangolare, $b \times h$);

ρ_{cmp} è il rapporto geometrico relativo all'armatura compressa;

$\rho_{cmp,min} = 0,25 \rho$ per zone non dissipative, oppure $\frac{1}{2} \rho$ per zone dissipative.

f_{yk} è la resistenza di snervamento caratteristica dell'acciaio in Mpa

Armature trasversali

$$\begin{aligned} p_{st} \leq p_{st,max} &= \min \left\{ \left[\frac{d}{4}; 175 \text{ mm}; 6\Phi_l; 24\Phi_{st} \right] \text{ (CD-A)} \right. \\ &\quad \left. \left[\frac{d}{4}; 225 \text{ mm}; 8\Phi_l; 24\Phi_{st} \right] \text{ (CD-B)} \right\} \\ \Phi_{st} &\geq \Phi_{st,min} = 6 \text{ mm} \end{aligned}$$

dove:

d è l'altezza utile della sezione;

Φ_l è il diametro più piccolo delle barre longitudinali utilizzate;

Φ_{st} è il diametro più piccolo delle armature trasversali utilizzate;

$\Phi_{st,min}$ è il minimo diametro delle staffe da normativa.



8.2.2 PILASTRI IN C.A.

Le armature degli elementi pilastri sono state dimensionati seguendo i dettagli strutturali previsti al punto 4.1.6.1.2 del D.M. 2018, nel seguito indicati:

$$\begin{aligned} \Phi_l &\geq \Phi_{l,\min} = 12 \text{ mm} \\ i &\leq i_{\max} = 300 \text{ mm} \\ A_{sl} &\geq A_{sl,\min} = \max \left\{ 0,10 \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}; 0,003 A_c \right\} \\ p_{st} &\leq p_{st,\max} = \min \{ 12 \Phi_l, 250 \text{ mm} \} \\ \Phi_{st} &\geq \Phi_{st,\min} = \max \left\{ 6 \text{ mm}; \frac{\Phi_{l,\max}}{4} \right\} \\ A_{sl} &\leq A_{sl,\max} = 0,04 A_c \end{aligned}$$

dove:

Φ_l e $\Phi_{l,\min}$ sono, rispettivamente, il diametro più piccolo utilizzato ed il diametro minimo da norma delle barre longitudinali;

i e i_{\max} sono, rispettivamente, l'interasse massimo utilizzato e l'interasse massimo consentito da norma delle barre longitudinali;

A_{sl} è l'area totale delle armature longitudinali;

N_{Ed} è la forza di compressione di progetto;

f_{yd} è la tensione di calcolo dell'acciaio;

A_c è l'area di cls;

p_{st} e $p_{st,\max}$ sono, rispettivamente, il passo massimo utilizzato ed il passo massimo consentito da norma per le staffe;

Φ_{st} e $\Phi_{st,\min}$ sono, rispettivamente, il diametro minimo utilizzato ed il diametro minimo consentito da norma delle staffe;

$\Phi_{l,\max}$ è il diametro massimo delle armature longitudinali utilizzate;

$A_{sl,\max}$ è l'area massima da norma dei ferri longitudinali;

A_c è l'area di cls.

Ai fini di un buon comportamento sismico, sono rispettate le seguenti limitazioni geometriche, ai sensi del § 7.4.6.1.2 del D.M. 2018:

$$\begin{aligned} b_c &\geq b_{c,\min} = 25 \text{ cm} \\ L_{zc} &\geq L_{zc,\min} = \max \{ h_c, 1/6 L_l, 45 \text{ cm} \} \text{ se } L_l \geq 3 h_c \\ L_{zc} &\geq L_{zc,\min} = \max \{ h_c, L_l, 45 \text{ cm} \} \text{ se } L_l < 3 h_c \end{aligned}$$

dove:

b_c è la dimensione minima della sezione trasversale del pilastro;

$b_{c,\min}$ è la dimensione minima consentita della sezione trasversale del pilastro;

L_{zc} è la lunghezza della zona critica;

$L_{zc,\min}$ è la lunghezza minima consentita della zona critica;

h_c è l'altezza del pilastro;

L_l è la luce libera del pilastro.

Inoltre, per il dimensionamento delle armature, vengono rispettate le prescrizioni del § 7.4.6.2.2 del D.M. 2018:

Armature longitudinali

$$\begin{aligned} i &\leq i_{\max} = 25 \text{ cm} \\ \rho_{\min} &= 1\% \leq \rho \leq \rho_{\max} = 4\% \end{aligned}$$

dove:

i e i_{\max} sono, rispettivamente, l'interasse massimo utilizzato e l'interasse massimo consentito da norma delle barre longitudinali;

ρ è il rapporto tra l'area totale di armatura longitudinale e l'area della sezione retta.



Armature trasversali

$$\Phi_{st} > \Phi_{st,min} = \begin{cases} \max \left[6mm; \left(0,4\Phi_{l,max} \sqrt{\frac{f_{yd,l}}{f_{yd,st}}} \right) \right] & \text{CD-A} \\ 6mm & \text{CD-B} \end{cases}$$

$$p_{st} \leq p_{st,max} = \min \left\{ \begin{matrix} 1/3 b_{c,min}; 12,5cm; 6d_{bl,min} \\ 1/2 b_{c,min}; 17,5cm; 8d_{bl,min} \end{matrix} \right\} \begin{matrix} \text{CD-A} \\ \text{CD-B} \end{matrix}$$

dove:

Φ_{st} è il più piccolo diametro delle staffe utilizzato;

$\Phi_{st,min}$ è il minimo diametro delle staffe utilizzabile;

$\Phi_{l,max}$ è il diametro massimo delle barre longitudinali utilizzate;

$f_{yd,l}$ e $f_{yd,st}$ sono le tensioni di snervamento di progetto delle barre longitudinali e delle staffe.

p_{st} e $p_{st,max}$ sono, rispettivamente, il passo massimo utilizzato ed il passo massimo consentito da norma per le staffe;

$b_{c,min}$ è la dimensione minore del pilastro;

$d_{bl,min}$ è il diametro minimo delle armature longitudinali.

Inoltre, è stato effettuato il seguente controllo sulla duttilità minima dei pilastri:

$$\omega_{wd} = \frac{V_{st}}{V_{nc}} \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \geq \omega_{wd,min} = 0,08$$

dove:

$V_{st} = A_{st} L_{st}$ è il volume delle staffe di contenimento;

V_{nc} è il volume del nucleo confinato (= $b_0 h_0 s$ per sezioni rettangolari; = $\pi(D_0/2)^2$ nel caso di sezioni circolari); A_{st} è l'area delle staffe;

L_{st} è il perimetro delle staffe;

b_0 e h_0 sono le dimensioni del nucleo confinato, misurate con riferimento agli assi delle staffe;

D_0 è il diametro del nucleo confinato misurato rispetto all'asse delle staffe;

s è il passo delle staffe;

f_{yd} è la tensione di snervamento di progetto delle staffe;

f_{cd} è la tensione di progetto a compressione del cls.

8.2.3 DETTAGLI COSTRUTTIVI PER LA DUTTILITÀ

Per le sole zone dissipative allo spiccato della fondazione (o della struttura scatolare rigida), e per le zone terminali di tutti i PILASTRI SECONDARI, sono obbligatorie le verifiche di duttilità previste al § 7.4.4.2.2 del D.M. 2018.

In alternativa, tali verifiche possono ritenersi soddisfatte se, per ciascuna zona dissipativa, si rispetta la limitazione seguente, cfr. [7.4.29] del D.M. 2018:

$$\omega_{wd} = \frac{V_{st}}{V_{nc}} \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \geq \omega_{wd,min} = \begin{cases} \max \left\{ \frac{1}{\alpha} \left(30 \mu_{\phi} V_d \varepsilon_{sy,d} \frac{b_c}{b_0} - 0,035 \right); 0,08 \right\} & \text{CD-B} \\ \max \left\{ \frac{1}{\alpha} \left(30 \mu_{\phi} V_d \varepsilon_{sy,d} \frac{b_c}{b_0} - 0,035 \right); 0,12 \right\} & \text{CD-A} \end{cases}$$

dove:

$V_{st} = A_{st} L_{st}$ è il volume delle staffe di contenimento;

V_{nc} è il volume del nucleo confinato (= $b_0 h_0 s$ per sezioni rettangolari; = $\pi(D_0/2)^2$ nel caso di sezioni circolari); A_{st} è l'area delle staffe;

L_{st} è il perimetro delle staffe;

b_0 e h_0 sono le dimensioni del nucleo confinato, misurate con riferimento agli assi delle staffe;

D_0 è il diametro del nucleo confinato misurato rispetto all'asse delle staffe;

s è il passo delle staffe;

$\alpha = \alpha_n \alpha_s$ è il coefficiente di efficacia del confinamento;



per sezioni rettangolari:

$$\alpha_n = 1 - \sum_n \frac{b^2}{6b_0h_0};$$

$$\alpha_s = \left[1 - \frac{s}{2b_0} \right] \left[1 - \frac{s}{2h_0} \right];$$

n è il numero totale delle barre longitudinali;

b_i è la distanza tra barre consecutive contenute;

s è il passo delle staffe/legature;

per sezioni circolari:

$$\alpha_n = 1;$$

$$\alpha_s = \left[1 - \frac{s}{2D_0} \right]^\beta;$$

$\beta = 2$ per staffe circolari singole e $\beta = 1$ per staffa a spirale;

b_c e h_c sono la larghezza minima e la profondità della sezione trasversale lorda;

$$\mu_\phi = \begin{cases} 1,2(2q_0 - 1) & per T_1 \geq T_c \\ 1,2 \left[1 + 2(q_0 - 1) \frac{T_c}{T_1} \right] & per T_1 < T_c \end{cases} \text{ (allo SLC)}$$

q_0 è il valore di base del fattore di comportamento (cfr. Tab. 7.3.II D.M. 2018)

T_c è il periodo di inizio dello spettro a velocità costante (Eq. [3.2.5] D.M. 2018)

T_1 è il periodo proprio di vibrazione della struttura;

$$\nu_d = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} \text{ (forza assiale adimensionalizzata allo SLV);}$$

N_{Ed} è lo sforzo normale massimo allo SLV;

A_c è l'area di calcestruzzo;

$\epsilon_{sy,d}$ è la deformazione di snervamento dell'acciaio.

8.2.4 NODI IN C.A.

Il dimensionamento degli elementi trave e pilastro confluenti nel nodo è stato effettuato assicurando che le eccentricità delle travi rispetto ai pilastri siano inferiori ad 1/4 della larghezza del pilastro, per la direzione considerata (§ 7.4.6.1.3 D.M. 2018). Le staffe progettate nel nodo sono almeno pari alle staffe presenti nelle zone adiacenti al nodo del pilastro inferiore e superiore. Nel caso di nodi interamente confinati il passo minimo delle staffe nel nodo è pari al doppio di quello nelle zone adiacenti al nodo del pilastro inferiore e superiore, fino ad un massimo di 15 cm.



8.3 VERIFICA DI RIGIDEZZA (7.3.6.1)

Gli spostamenti di interpiano d_r delle tamponature sono progettate secondo la formula 7.3.11a del punto 7.3.6.1:

$$q_{d,r} \leq 0.0050 h$$

Essendo la struttura in classe d'uso III gli spostamenti di interpiano allo SLO saranno pari a $q_{d,r} < 2/3 d_r$

Le tamponature hanno un'altezza massima di 537 cm e una altezza minima cm 321; le verifiche si eseguono con riferimento all'altezza minima e all'altezza media che è pari a 429cm.

SLD

$$d_r(321) = 1,60 \text{ cm};$$

$$d_r(429) = 2,14 \text{ cm};$$

SLO

$$d_r(321) = 1,07 \text{ cm};$$

$$d_r(429) = 1,43 \text{ cm};$$

Spostamento di interpiano allo SLD

$$d_d(321) = 2,32 H/1000 = 0,74$$

$$d_d(429) = 1,68 H/1000 = 0,72$$

Spostamento di interpiano allo SLO

$$d_d(321) = 1,85 H/1000 = 0,59$$

$$d_d(429) = 1,33 H/1000 = 0,57$$

Quindi dal confronto la rigidezza della tamponatura è verificata



La verifica è stata eseguita considerando gli spostamenti forniti dal software mediante il comando "sismica 1000/H" che fornisce un valore che è quello dello spostamento di interpiano moltiplicato per 1000 e normalizzato per l'altezza di interpiano. I valori riportati sono verificati se inferiori a 5 (D.M.18 paragrafo 7.3.6.1).

È opportuno specificare che tale verifica è stata eseguita per gli spostamenti massimi ottenuti, cioè nella condizione più sfavorevole; gli spostamenti relativi alle altre membrature e altre CdC risultano di conseguenza verificati.

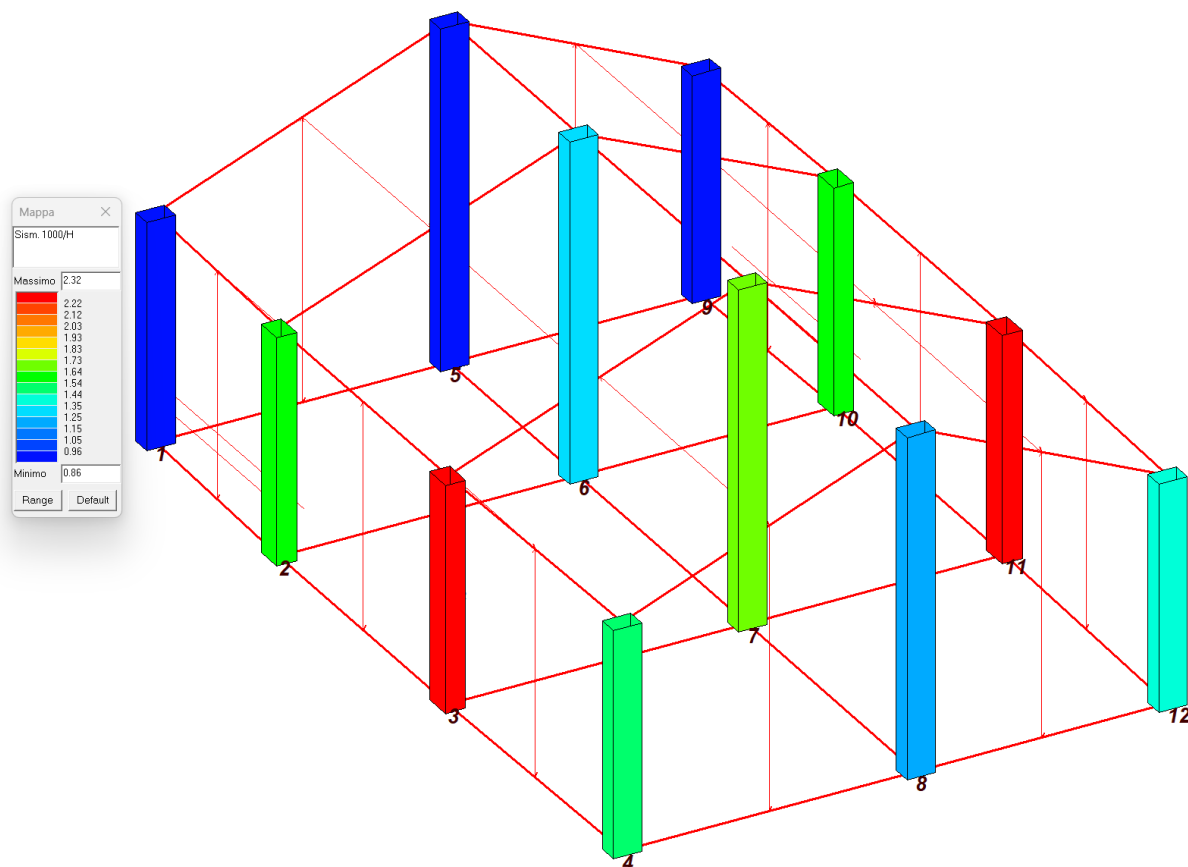


Figura 16 - Comb.159) SLE (SLD Danno sism.)

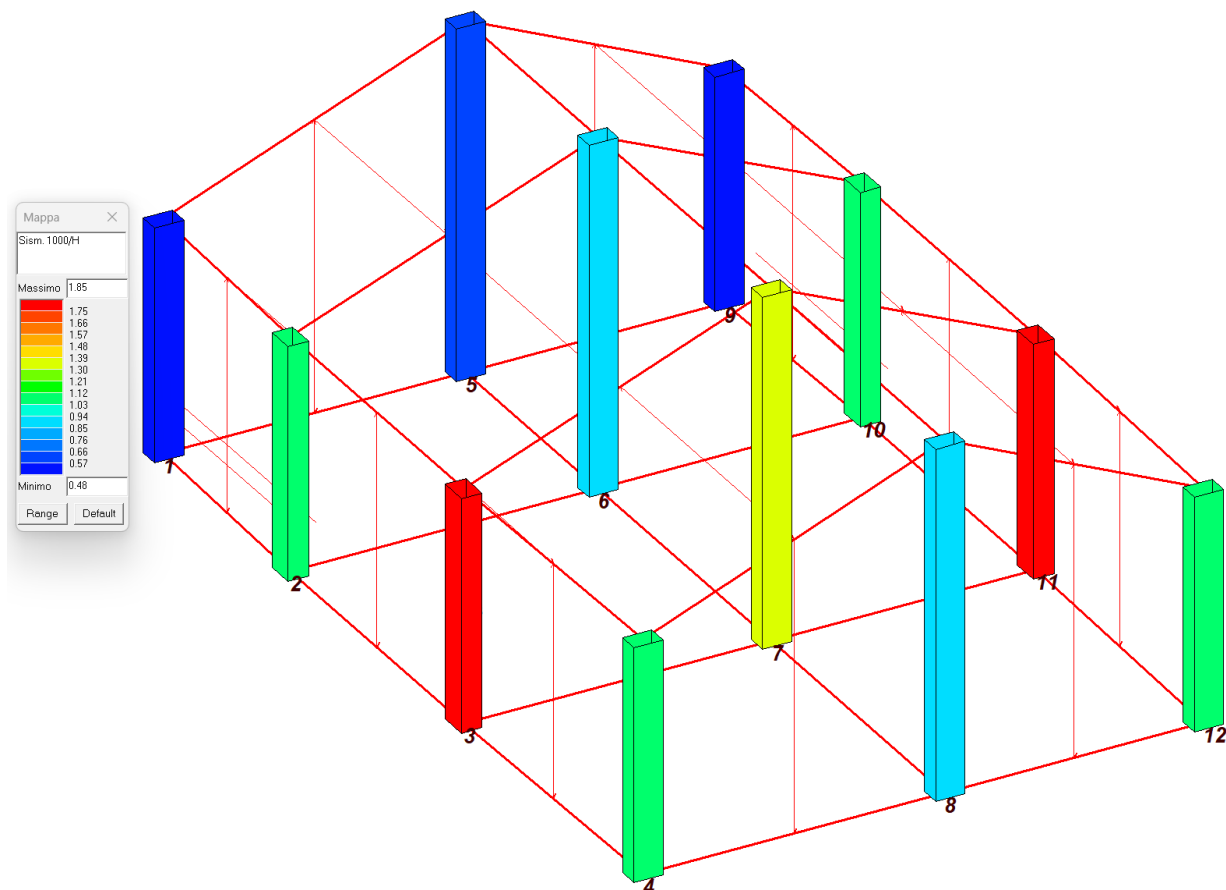


Figura 17 - Comb. 191) SLE (SLO Operativo sism.)



8.4 VERIFICA TAMPONAMENTO ALLO SLV (7.2.3)

La normativa nel paragrafo 7.2.3 prescrive una verifica di pressoflessione fuori piano da eseguire per gli elementi non strutturali come le tamponature. A tal fine si definisce una forza di inerzia agente direttamente nel centro di massa della tamponatura come:

$$F_a = \frac{S_a W_a}{q_a}$$

Dove:

F_a è la forza sismica orizzontale distribuita o agente nel centro di massa dell'elemento non strutturale, nella direzione più sfavorevole, risultante delle forze distribuite proporzionali alla massa;

S_a è l'accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a quella di gravità, che l'elemento non strutturale subisce durante il sisma e corrisponde allo stato limite in esame;

W_a è il peso dell'elemento;

q_a è il fattore di comportamento dell'elemento in muratura

$$\text{Con: } S_a = \alpha * S * [1.5 * (1 + \frac{z}{H}) - 0.5] > \alpha * S$$

Considerato un pannello murario di lunghezza $D = 4,88$ m, spessore $s = 0,35$ m ed altezza $h = 4,29$ m:

$H = 6,67$ m altezza dell'edificio

$z = 4,525$ m altezza dal suolo del baricentro della parete più sollecitate

$S = S_s \times S_T = 1,7 \times 1,2 = 2,04$ coefficiente categoria sottosuolo + condizioni topografiche (categoria suolo C; categoria topografica T2) •

$$\alpha = a_g / g = 0,282$$

$$W_a = 8,1004 \frac{kN}{m^3} * 4,88 \text{ m} * 0,35 \text{ m} * 4,29 \text{ m} = 59,354 \text{ kN} * \frac{1000}{9,8} = 6056,53 \text{ kg (peso della parete)}$$

$q_a = 2$ fattore di struttura per elementi non strutturali.

$$S_a = 0,282 * 2,04 * [1.5 * (1 + \frac{4,525}{6,67}) - 0.5] = 0,95$$

$$\alpha * S \rightarrow 0,282 * 2,04 = 0,58$$

$$S_a > \alpha * S \rightarrow 0,95 > 0,58 \rightarrow \text{verifica soddisfatta}$$

$$S_a = 0,282 * 9,8 = 2,76 \frac{m}{s^2}$$

La forza sismica orizzontale agente sul tamponamento in esame sarà:

$$F_a = \frac{S_a W_a}{q_a} \rightarrow \frac{2,76 \frac{m}{s^2} * 6056,53 \text{ kg}}{2} = 8358,0114 \text{ N}$$

Il momento di calcolo massimo in mezzeria del tamponamento è stato studiato con uno schema appoggio-appoggio:

$$M_{max} = \frac{P_a * h^2}{8}$$



Dove P_a è la forza distribuita su tutta l'altezza del tamponamento poiché il sisma è proporzionale sia alla massa che alla rigidezza considerata.

Quindi :

$$P_a = \frac{F_a}{h}$$

Da cui:

$$M_{max} = \frac{F_a \cdot h^2}{8} \rightarrow M_{max} = \frac{8358,0114 \text{ N} \cdot 4.29 \text{ m}}{8} = 4481,99 \text{ N m}$$

La verifica di sicurezza è soddisfatta se è verificata la seguente disuguaglianza:

$$M_r > M_{max}$$

Dove M_r è il momento resistente dato dalla seguente formula:

$$M_r = \frac{1}{2} \cdot p \cdot D \cdot s^2 \cdot \left(1 - \frac{p}{0,85 f_d} \right)$$

Dove:

D = lunghezza della parete in pianta;

s = spessore parete;

p = forza verticale agente sulla parete;

$p = \frac{P}{D \cdot s}$ tensione verticale media sulla parete;

f_k = resistenza a compressione caratteristica;

f_d = resistenza a compressione di progetto. ($f_d = f_k / \gamma_m$, con $\gamma_m=2$)

Scegliamo dei mattoni ISOPOR P800 con : $f_{bk} = 13,53 \frac{N}{mm^2}$ per la nostra parete ed una malta M10,

allora si ha che $f_k = 6,23 \frac{N}{mm^2}$, pertanto $f_d = 3,115 \frac{N}{mm^2} = 6237128,57 \frac{N}{m^2}$.

P sarà uguale alla metà della forza peso agente sulla parete e quindi:

$$W_a \cdot \frac{9,81}{2} = 6056,53 \cdot \frac{9,81}{2} = 29707,3 \text{ N}$$

Dividendola per l'area su cui è applicata otteniamo la tensione verticale media sulla parete:

$$p = \frac{29707,3 \text{ N}}{4,88 \text{ m} \cdot 0,35 \text{ m}} = 17393,03 \frac{N}{m^2}$$

Quindi:

$$M_r = \frac{1}{2} \cdot 17393,03 \cdot 4,88 \cdot 0,35^2 \cdot \left(1 - \frac{17393,03}{0,85 \cdot 6237128,57} \right) = 5181,721 \text{ Nm}$$

$$5181,721 \text{ Nm} > 4481,99 \text{ Nm} \rightarrow M_r > M_{max}$$

La verifica a pressoflessione fuori piano è verificata perchè il Momento resistente è maggiore del Momento sollecitante massimo.



9. PRINCIPALI RISULTATI

A seguire vengono riportati i diagrammi delle sollecitazioni involuppate sugli elementi strutturali che costituiscono il modello. I diversi colori riportati nella medesima sezione indicano il range di sollecitazioni nelle diverse combinazioni di carico. Per lo sforzo normale valori negativi indicano uno sforzo di compressione.

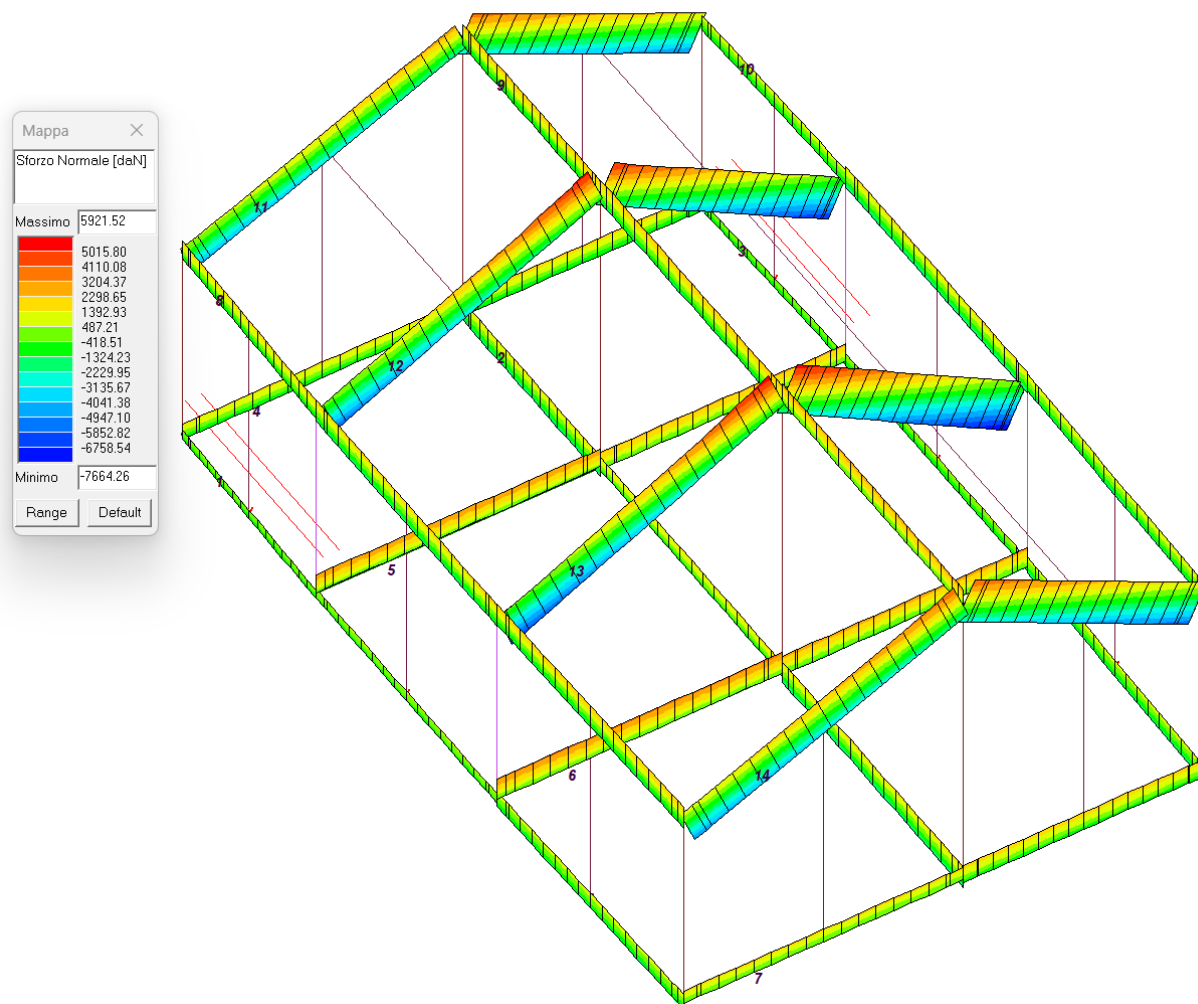


Figura 18 - SFORZO NORMALE N SULLE TRAVI

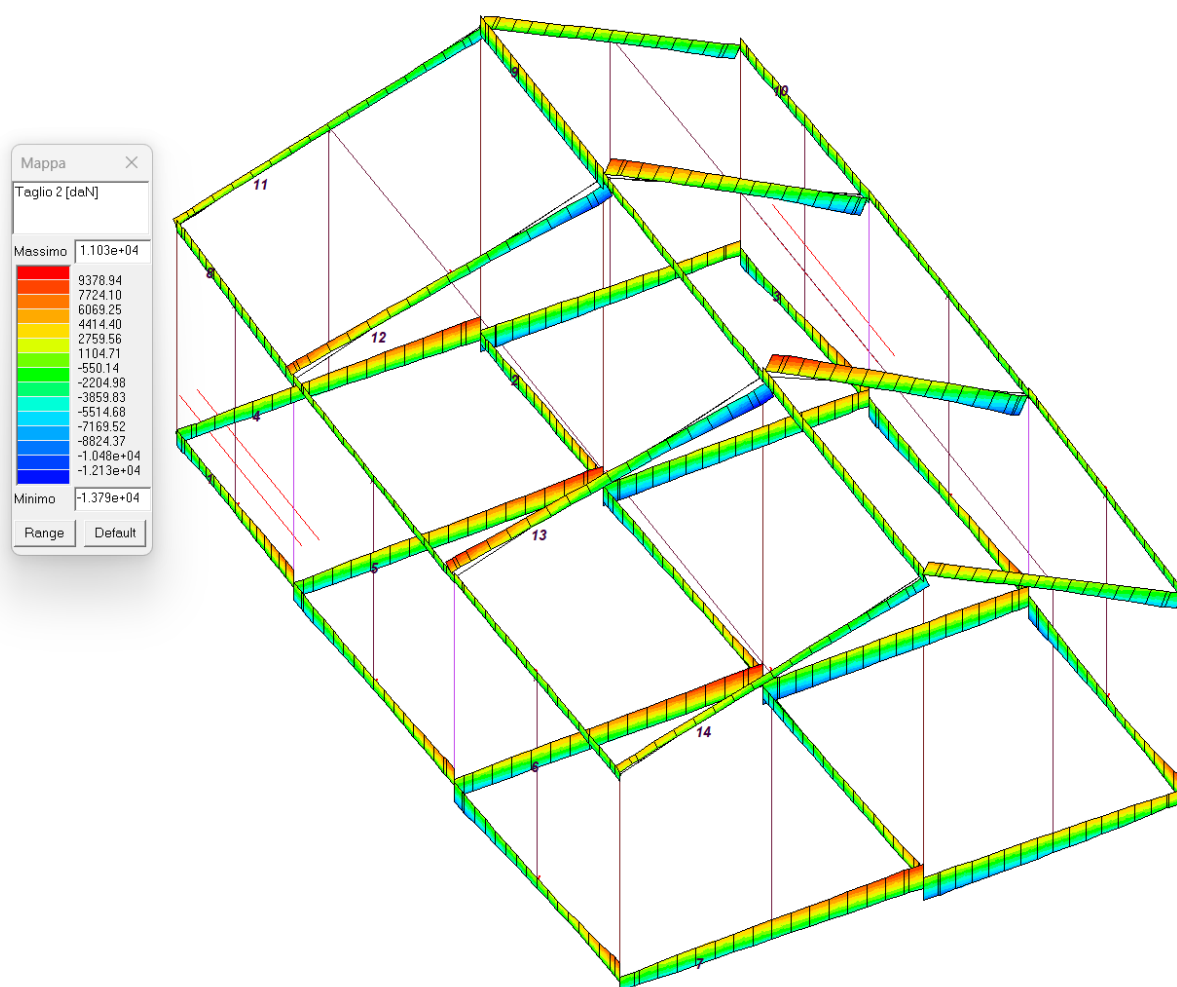


Figura 19 - SFORZO DI TAGLIO T2 SULLE TRAVI

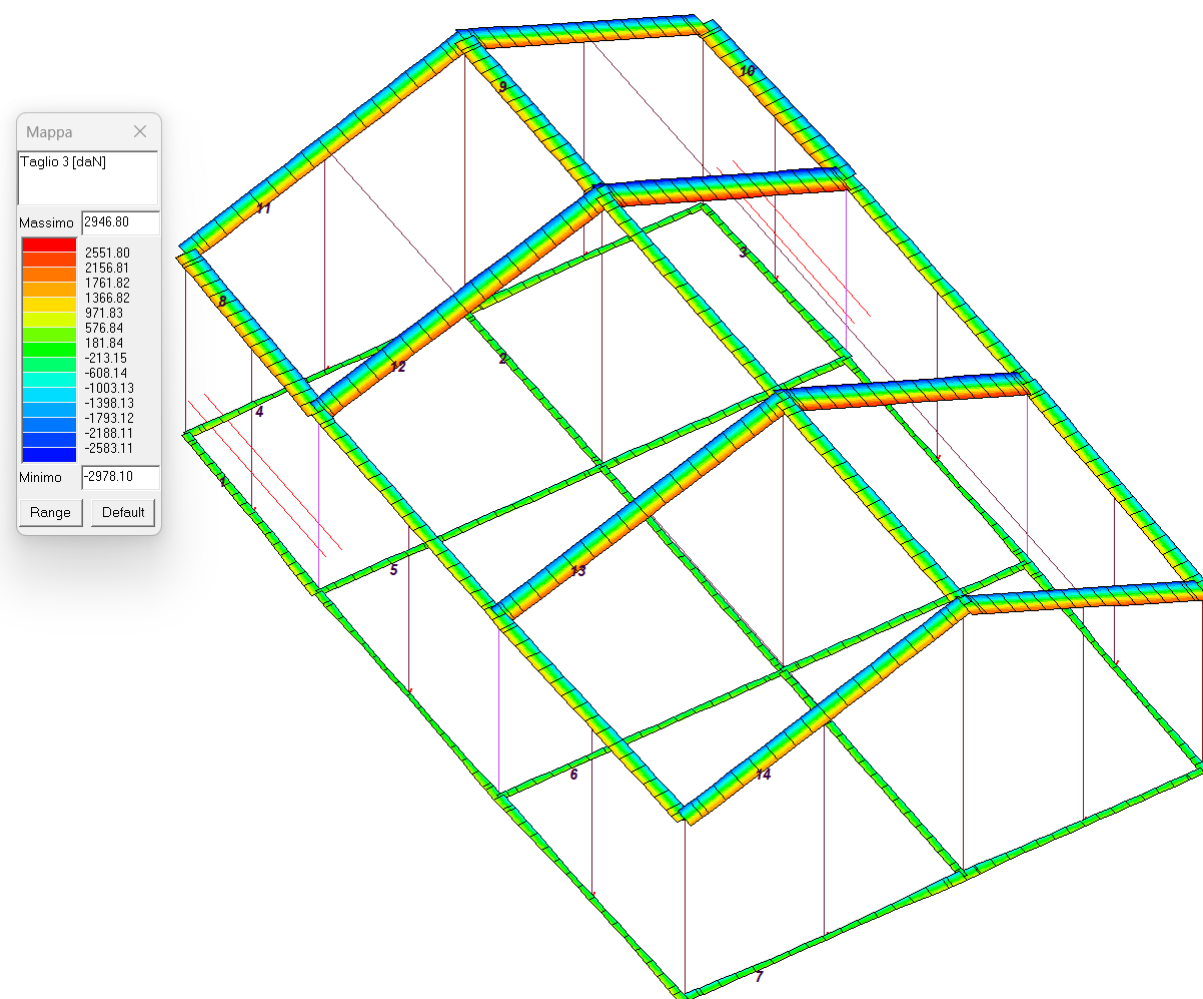


Figura 20 - SFORZO DI TAGLIO T3 SULLE TRAVI

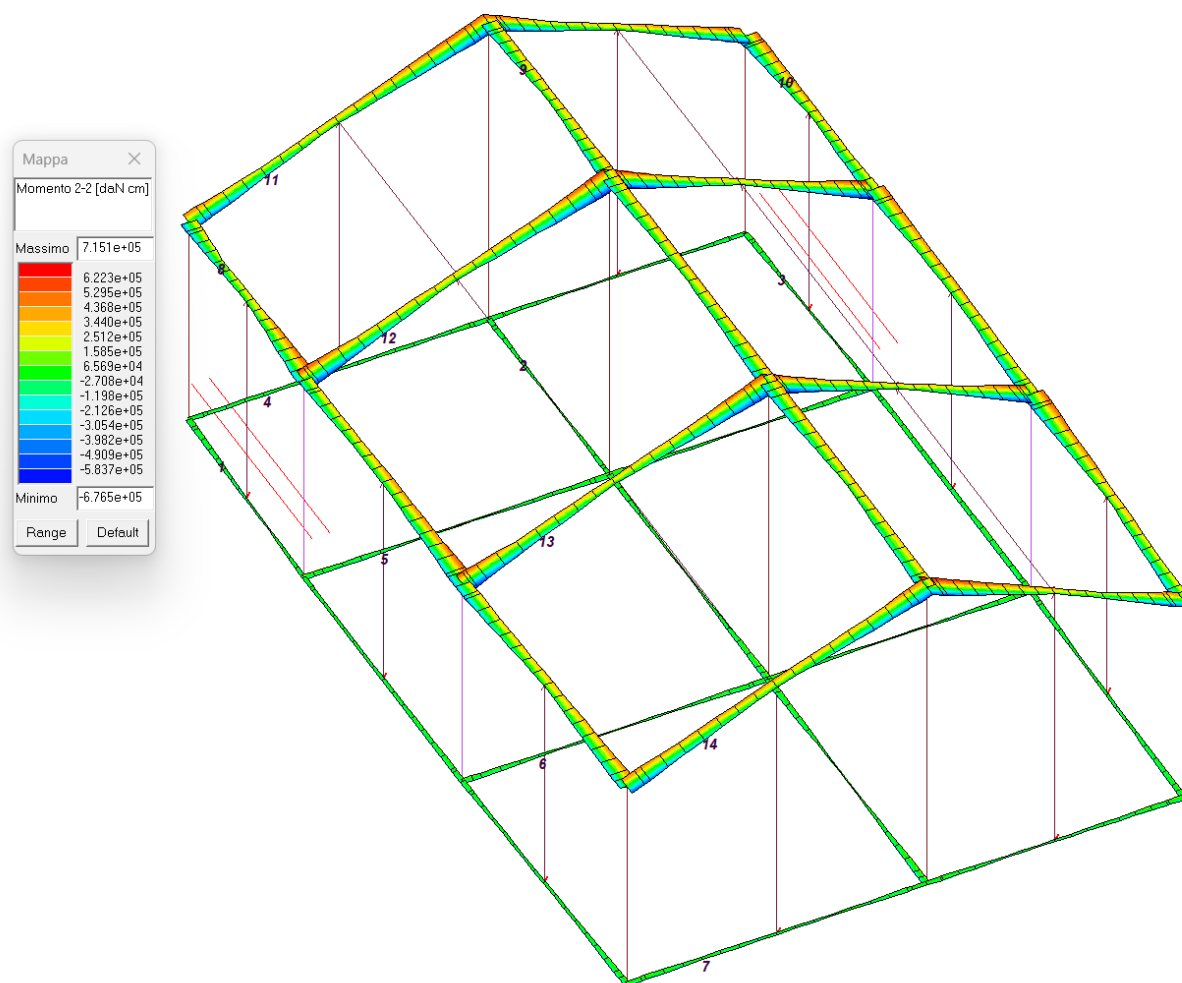


Figura 21 - MOMENTO M 2-2 SULLE TRAVI

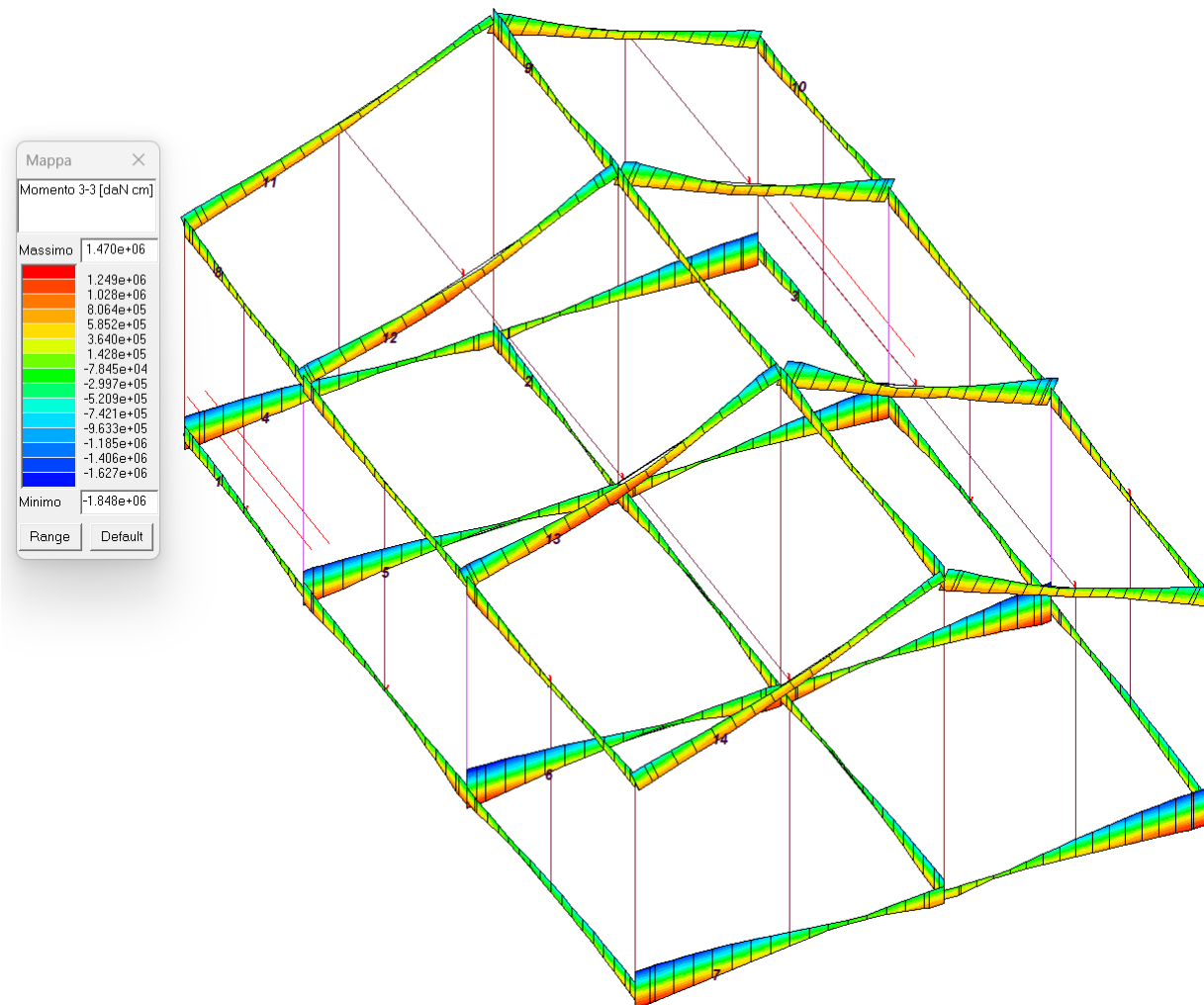


Figura 22 - MOMENTO M3-3 SULLE TRAVI

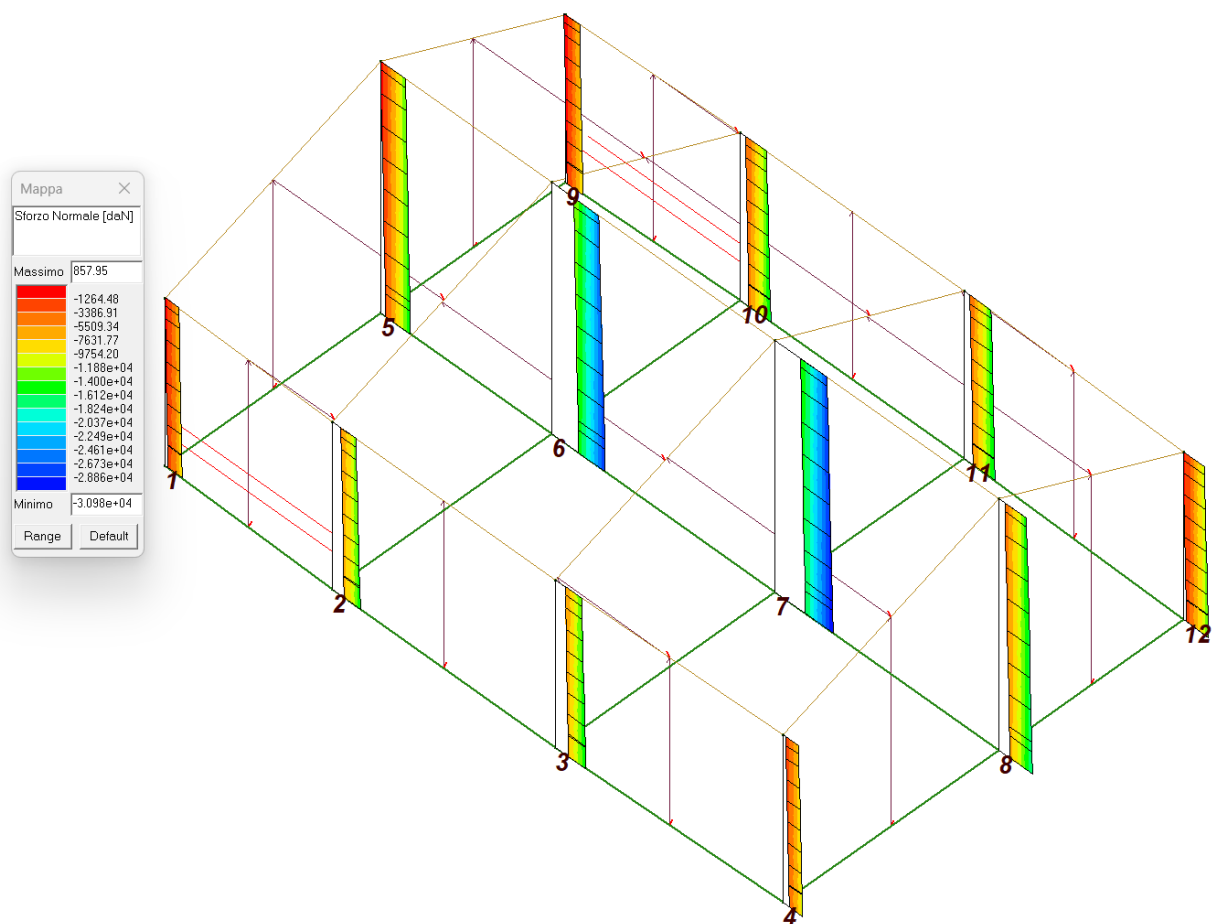


Figura 23 - SFORZO NORMALE N SUI PILASTRI (Tutti sollecitati a compressione)

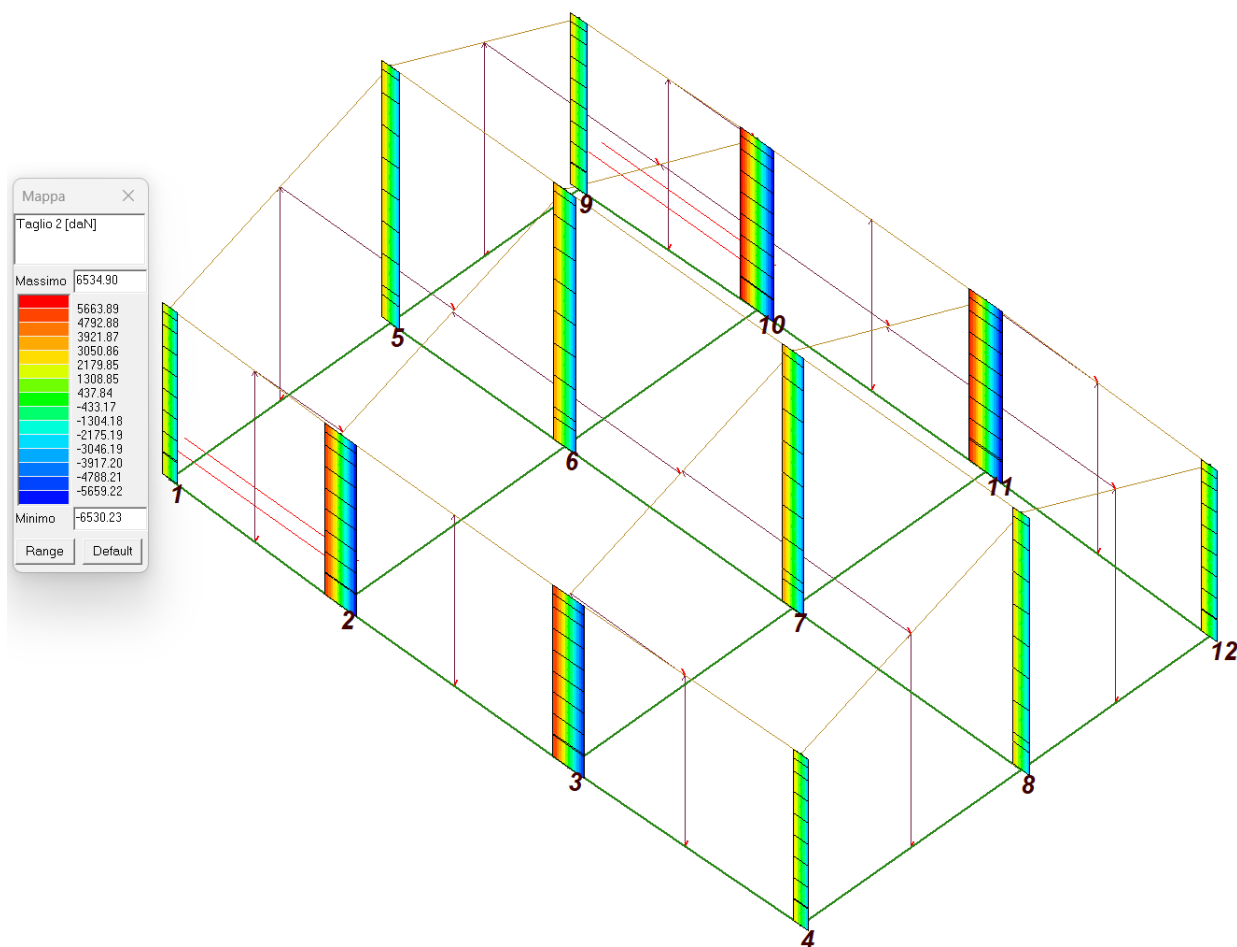


Figura 24 - SFORZO DI TAGLIO T2 SUI PILASTRI

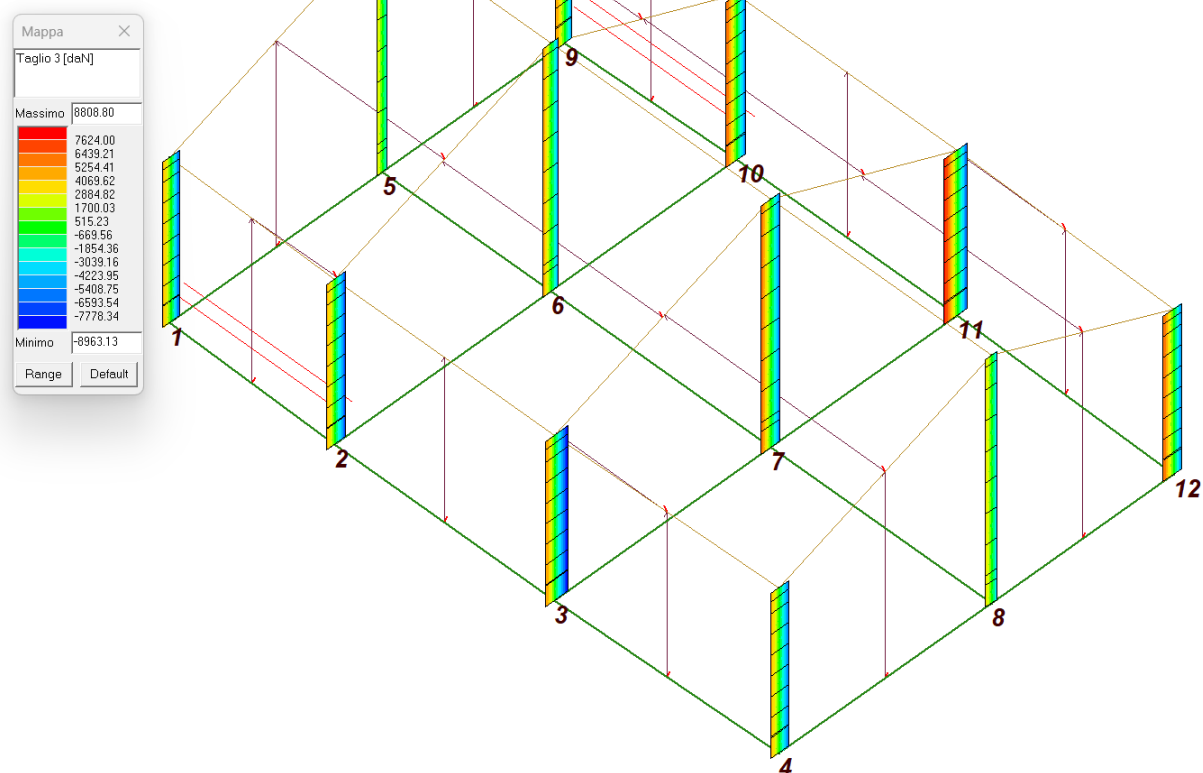


Figura 25 - SFORZO DI TAGLIO T3 SUI PILASTRI

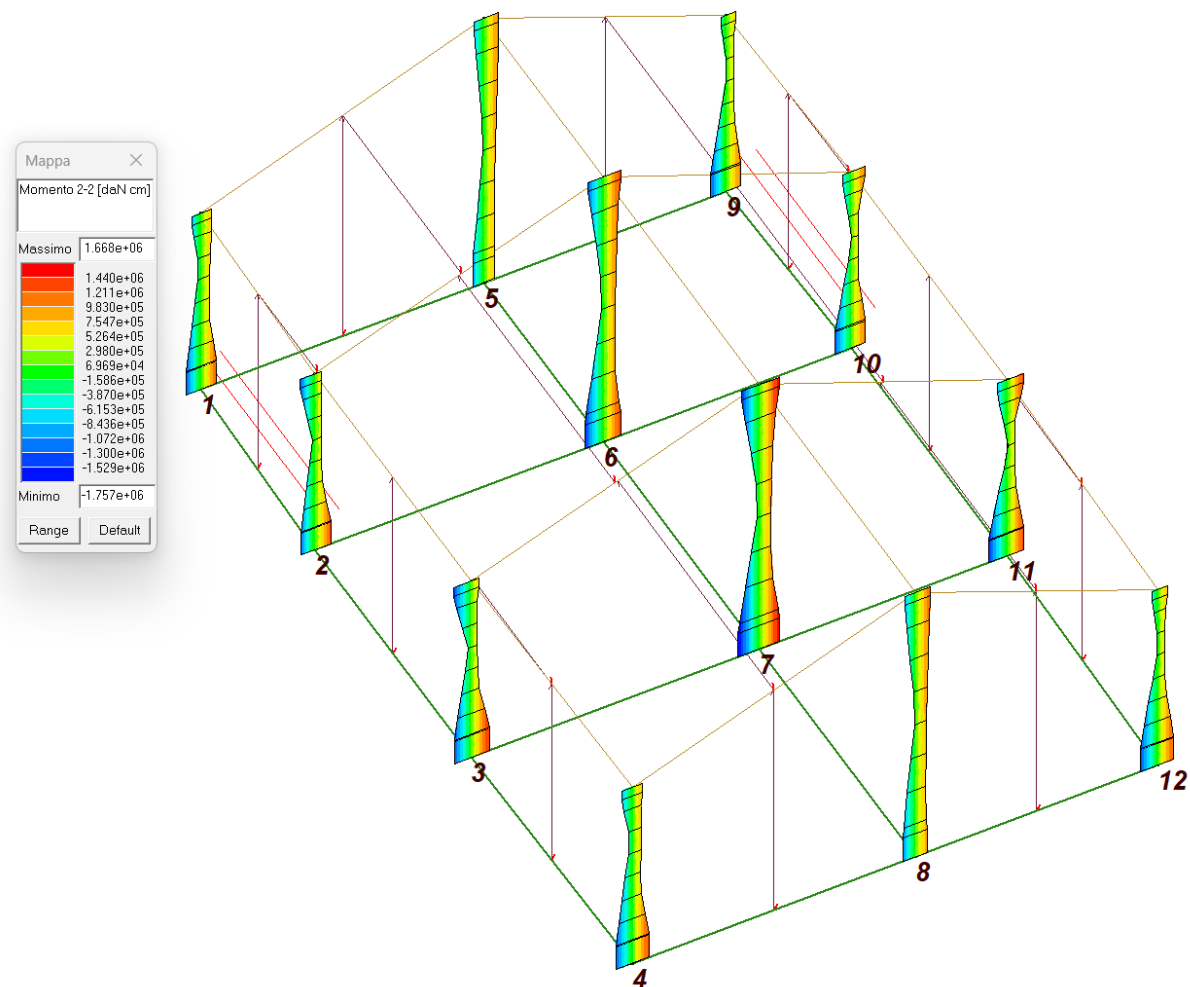


Figura 26 - MOMENTO M 2-2 SUI PILASTRI

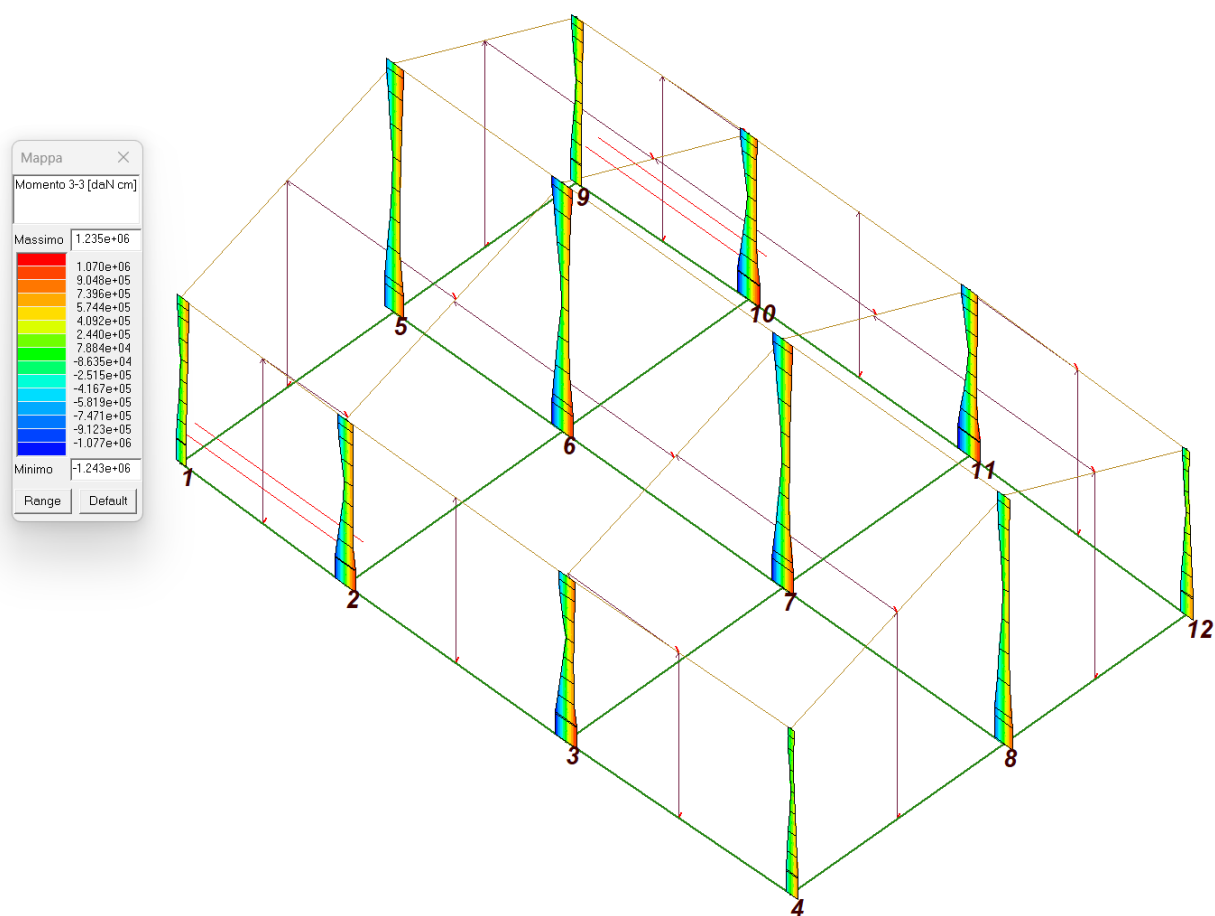


Figura 27 - MOMENTO M 3-3 SUI PILASTRI



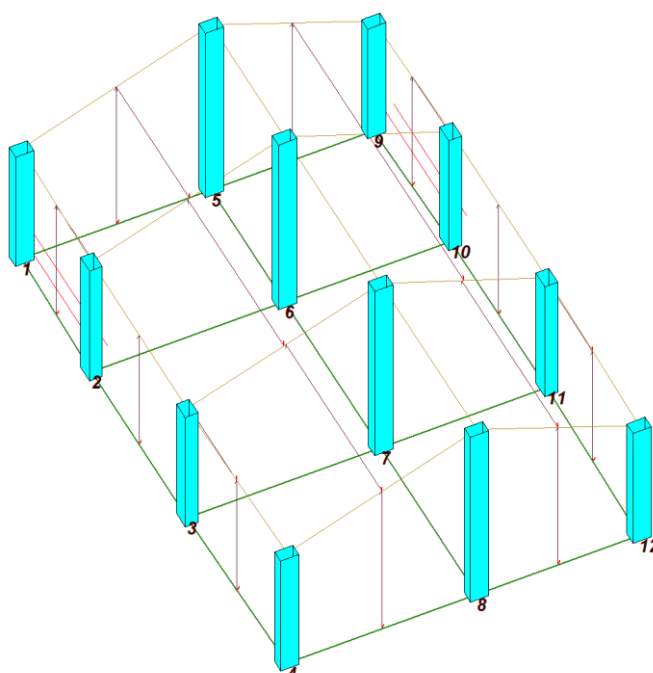
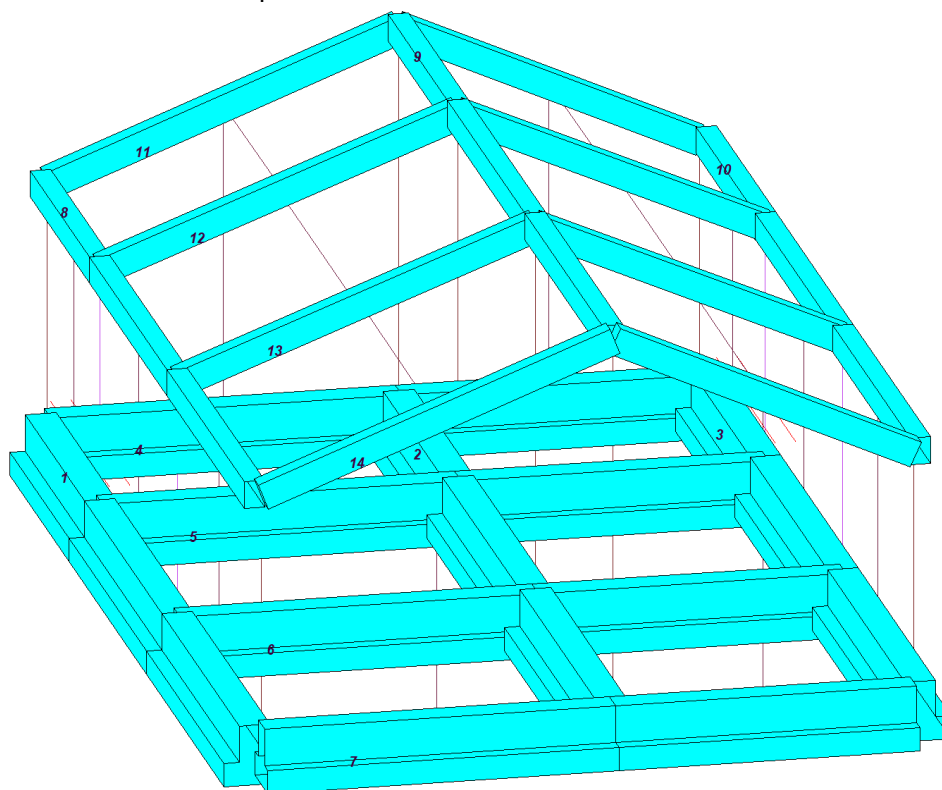
10. SINTESI DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA

Si riportano a seguire i risultati della progettazione e delle verifiche effettuate.

Gli stati di progetto *ciano* o *verde* indicano che le verifiche svolte sono interamente soddisfatte, gli stati di progetto *rossi*, al contrario, indicano che le verifiche non sono soddisfatte.

Laddove possibile le verifiche sono state normalizzate. Significa che se i valori indicati in mappa sono inferiori all'unità, la verifica può ritenersi soddisfatta.

Per tutte le altre verifiche i valori riportati vanno confrontati con i valori limite indicati da Normativa.





ARMATURA TRAVI

Travata: 1, 3

Armature longitudinali:

Pos.	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
1	4	20	925,0	91,25
2	4	20	910,0	89,77
3	4	20	865,0	85,33
4	4	20	885,0	87,30
5	6	16	1200,0	113,64
6	6	16	414,0	39,21

Staffe:

Camp./ Trat.	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
1 / 1	33	8	246,0	32,03
1 / 1	33	8	226,0	29,43
2 / 1	43	8	246,0	41,74
2 / 1	43	8	226,0	38,35
3 / 1	43	8	246,0	41,74
3 / 1	43	8	226,0	38,35

Travata: 2

Armature longitudinali:

Pos.	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
1	4	20	935,0	92,23
2	4	20	900,0	88,78
3	4	20	865,0	85,33
4	4	20	885,0	87,30
5	6	16	1200,0	113,64
6	6	16	414,0	39,21

Staffe:

Camp./ Trat.	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
1 / 1	33	8	246,0	32,03
1 / 1	33	8	226,0	29,43
2 / 1	43	8	246,0	41,74
2 / 1	43	8	226,0	38,35
3 / 1	43	8	246,0	41,74
3 / 1	43	8	226,0	38,35

Travata: 4, 7

Armature longitudinali:

Pos.	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
1	4	20	1170,0	115,42
2	4	20	1105,0	109,00
3	6	16	1056,0	100,00

Staffe:

Camp./ Trat.	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
1 / 1	42	8	246,0	40,77
1 / 1	42	8	226,0	37,45
2 / 1	36	8	246,0	34,94
2 / 1	36	8	226,0	32,10



Travata: 5, 6

Armature longitudinali:

Pos.	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
1	4	20	1170,0	115,42
2	4	20	1105,0	109,00
3	6	16	1056,0	100,00

Staffe:

Camp./ Trat.	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
1 / 1	43	8	246,0	41,74
1 / 1	43	8	226,0	38,35
2 / 1	37	8	246,0	35,92
2 / 1	37	8	226,0	33,00

Travata: 8, 10

Armature longitudinali:

Pos.	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
1	3	16	840,0	39,77
2	3	16	860,0	40,72
3	4	16	1200,0	75,76
4	4	16	490,0	30,94
5	1	16	210,0	3,31
6	1	16	350,0	5,52
7	2	14	1004,0	24,26
8	2	14	599,0	14,48

Staffe:

Camp./ Trat.	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
1 / 1-2-3	22	8	132,0	11,46
2 / 1-2-3	26	8	132,0	13,54
3 / 1-2-3	26	8	132,0	13,54

Travata: 11

Armature longitudinali:

Pos.	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
1	2	16	1161,0	36,65
2	1	16	335,0	5,29
3	1	16	420,0	6,63
4	1	16	280,0	4,42
5	4	16	669,0	42,24
6	4	16	605,0	38,20
7	2	14	624,0	15,08
8	2	14	560,0	13,53

Staffe:

Camp./ Trat.	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
1 / 1-2-3	27	8	132,0	14,06
2 / 1-2-3	23	8	132,0	11,98



Travata: 12

Armature longitudinali:

Pos.	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
1	2	16	1160,0	36,62
2	3	16	330,0	15,63
3	4	16	525,0	33,15
4	3	16	305,0	14,44
5	6	16	675,0	63,92
6	4	16	605,0	38,20

Staffe:

Camp./ Trat.	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
1 / 1-2-3	29	8	132,0	15,10
2 / 1-2-3	24	8	132,0	12,50

Travata: 13

Armature longitudinali:

Pos.	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
1	2	16	1160,0	36,62
2	4	16	365,0	23,04
3	4	16	560,0	35,35
4	4	16	305,0	19,26
5	6	16	675,0	63,92
6	4	16	605,0	38,20

Staffe:

Camp./ Trat.	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
1 / 1-2-3	29	8	132,0	15,10
2 / 1-2-3	24	8	132,0	12,50

Travata: 14

Armature longitudinali:

Pos.	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
1	2	16	1161,0	36,65
2	2	16	335,0	10,57
3	2	16	485,0	15,31
4	2	16	280,0	8,84
5	5	16	669,0	52,80
6	4	16	605,0	38,20
7	2	14	624,0	15,08
8	2	14	560,0	13,53

Staffe:

Camp./ Trat.	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
1 / 1-2-3	32	8	132,0	16,67
2 / 1-2-3	25	8	132,0	13,02



Travata: 9

Armature longitudinali:

Pos.	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
1	2	16	840,0	26,52
2	2	16	860,0	27,15
3	3	16	320,0	15,15
4	2	16	485,0	15,31
5	2	16	530,0	16,73
6	3	16	350,0	16,57
7	3	16	1195,0	56,58
8	3	16	495,0	23,44
9	2	16	285,0	9,00
10	1	16	395,0	6,23
11	1	16	410,0	6,47
12	1	16	240,0	3,79

Staffe:

Camp./ Trat.	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
1 / 1-2-3	20	8	132,0	10,42
2 / 1-2-3	28	8	132,0	14,58
3 / 1-2-3	28	8	132,0	14,58



ARMATURA PILASTRI

Pilastrate: 1, 4, 9, 12

Sez.Ret. 50x 35

Armature longitudinali:

Pos.	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
1	4	16	175,0	11,05
4	4	16	424,0	26,77
2	4	16	175,0	11,05
5	4	16	424,0	26,77
3	4	16	175,0	11,05
6	4	16	424,0	26,77

Staffe:

Piano./Tratto	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
PT / 1	25	8	162,0	15,98
PT / 2	3	8	162,0	1,92

Legature:

Piano./Tratto	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
PT / 1	25	8	45,0	4,44
PT / 2	3	8	45,0	0,53

Pilastrate: 2, 3, 10, 11

Sez.Ret. 35x 50

Armature longitudinali:

Pos.	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
1	4	16	175,0	11,05
4	4	16	424,0	26,77
2	10	16	175,0	27,62
5	10	16	424,0	66,92
3	10	16	175,0	27,62
6	10	16	424,0	66,92

Staffe:

Piano./Tratto	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
PT / 1	25	8	162,0	15,98
PT / 2	3	8	162,0	1,92

Legature:

Piano./Tratto	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
PT / 1	25	8	45,0	4,44
PT / 2	3	8	45,0	0,53



Pilastrate: 5, 6, 7, 8

Sez.Ret. 50x 35

Armature longitudinali:

Pos.	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
1	4	16	175,0	11,05
4	4	16	624,0	39,40
2	8	16	175,0	22,10
5	8	16	624,0	78,79
3	8	16	175,0	22,10
6	8	16	624,0	78,79

Staffe:

Piano./Tratto	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
PT / 1	38	8	162,0	24,29
PT / 2	3	8	162,0	1,92

Legature:

Piano./Tratto	Num.	Diam.(mm)	L. (cm)	Peso (kg)
PT / 1	38	8	45,0	6,75
PT / 2	3	8	45,0	0,53



VERIFICHE ALLO SLU

PILASTRI

Pilas.	Note	Stato	Quota cm	%Af	M_P= 1 r. snell.	X=728.0 Armat. long.	Y=515.0 V N/M	V N sis	Staffe L=cm	V V/T cls	V V/T acc	Rif. cmb
1	s=16,m=1	ok,ok	-70.0	1.38	0.30	4d16 4+4 d16	0.89	0.06	2+2d8/15 L=45	0.50	0.42	137,138,16,136
			130.0	0.92	0.30	4d16 2+2 d16	0.86	0.05	2+2d8/15 L=310	0.50	0.42	44,138,16,136
	[b=1.0;1.0]		330.0	1.38	0.30	4d16 4+4 d16	0.80	0.04	2+2d8/15 L=45	0.50	0.42	16,138,16,136
					M_P= 2	X=1136.0	Y=505.0					
Pilas.	Note	Stato	Quota	%Af	r. snell.	Armat. long.	V N/M	V N sis	Staffe	V V/T cls	V V/T acc	Rif. cmb
2	s=15,m=1	ok,ok	-70.0	2.30	0.39	4d16 8+8 d16	0.85	0.09	2+2d8/15 L=45	0.50	0.56	136,136,128,136
			130.0	0.92	0.39	4d16 2+2 d16	0.77	0.08	2+2d8/15 L=310	0.50	0.56	44,136,128,136
	[b=1.0;1.0]		330.0	1.84	0.39	4d16 6+6 d16	0.93	0.08	2+2d8/15 L=45	0.50	0.56	136,136,128,136
					M_P= 3	X=1670.0	Y=505.0					
Pilas.	Note	Stato	Quota	%Af	r. snell.	Armat. long.	V N/M	V N sis	Staffe	V V/T cls	V V/T acc	Rif. cmb
3	s=15,m=1	ok,ok	-70.0	2.76	0.41	4d16 10+10 d16	0.87	0.10	2+2d8/15 L=45	0.47	0.58	130,130,138,138
			130.0	0.92	0.41	4d16 2+2 d16	0.78	0.09	2+2d8/15 L=310	0.47	0.58	16,130,138,138
	[b=1.0;1.0]		330.0	2.30	0.41	4d16 8+8 d16	0.92	0.09	2+2d8/15 L=45	0.47	0.58	130,130,138,138
					M_P= 4	X=2204.0	Y=515.0					
Pilas.	Note	Stato	Quota	%Af	r. snell.	Armat. long.	V N/M	V N sis	Staffe	V V/T cls	V V/T acc	Rif. cmb
4	s=16,m=1	ok,ok	-70.0	1.38	0.33	4d16 4+4 d16	0.97	0.06	2+2d8/15 L=45	0.47	0.44	130,128,134,134
			130.0	0.92	0.33	4d16 2+2 d16	0.66	0.06	2+2d8/15 L=310	0.48	0.44	16,128,134,134
	[b=1.0;1.0]		330.0	0.92	0.33	4d16 2+2 d16	0.81	0.05	2+2d8/15 L=45	0.48	0.44	130,128,134,134
					M_P= 5	X=728.0	Y=1030.0					
Pilas.	Note	Stato	Quota	%Af	r. snell.	Armat. long.	V N/M	V N sis	Staffe	V V/T cls	V V/T acc	Rif. cmb
5	s=16,m=1	ok,ok	-70.0	2.30	0.60	4d16 8+8 d16	0.74	0.10	2+2d8/15 L=45	0.22	0.26	116,126,135,118
			230.0	1.38	0.60	4d16 4+4 d16	0.73	0.09	2+2d8/15 L=510	0.22	0.26	44,126,135,118
	[b=1.0;1.0]		530.0	1.84	0.60	4d16 6+6 d16	0.79	0.08	2+2d8/15 L=45	0.22	0.26	15,126,135,118
					M_P= 6	X=1136.0	Y=1030.0					
Pilas.	Note	Stato	Quota	%Af	r. snell.	Armat. long.	V N/M	V N sis	Staffe	V V/T cls	V V/T acc	Rif. cmb
6	s=16,m=1	ok,ok	-70.0	2.30	0.81	4d16 8+8 d16	0.82	0.13	2+2d8/15 L=45	0.27	0.30	125,124,127,114
			230.0	0.92	0.81	4d16 2+2 d16	0.87	0.12	2+2d8/15 L=510	0.28	0.30	44,124,127,114
	[b=1.0;1.0]		530.0	2.30	0.81	4d16 8+8 d16	0.80	0.12	2+2d8/15 L=45	0.28	0.30	125,124,127,114
					M_P= 7	X=1670.0	Y=1030.0					
Pilas.	Note	Stato	Quota	%Af	r. snell.	Armat. long.	V N/M	V N sis	Staffe	V V/T cls	V V/T acc	Rif. cmb
7	s=16,m=1	ok,ok	-70.0	2.30	0.84	4d16 8+8 d16	0.82	0.13	2+2d8/15 L=45	0.26	0.27	111,134,137,117
			230.0	0.92	0.84	4d16 2+2 d16	0.87	0.13	2+2d8/15 L=510	0.26	0.27	58,134,137,117
	[b=1.0;1.0]		530.0	2.30	0.84	4d16 8+8 d16	0.78	0.12	2+2d8/15 L=45	0.27	0.27	111,134,137,117
					M_P= 8	X=2204.0	Y=1030.0					
Pilas.	Note	Stato	Quota	%Af	r. snell.	Armat. long.	V N/M	V N sis	Staffe	V V/T cls	V V/T acc	Rif. cmb
8	s=16,m=1	ok,ok	-70.0	1.84	0.64	4d16 6+6 d16	0.84	0.09	2+2d8/15 L=45	0.21	0.24	114,120,129,116
			230.0	0.92	0.64	4d16 2+2 d16	0.83	0.09	2+2d8/15 L=510	0.21	0.24	58,120,129,116
	[b=1.0;1.0]		530.0	1.38	0.64	4d16 4+4 d16	0.79	0.08	2+2d8/15 L=45	0.21	0.24	111,120,129,116
					M_P= 9	X=728.0	Y=1471.0					
Pilas.	Note	Stato	Quota	%Af	r. snell.	Armat. long.	V N/M	V N sis	Staffe	V V/T cls	V V/T acc	Rif. cmb
9	s=16,m=1	ok,ok	-70.0	1.38	0.31	4d16 4+4 d16	0.89	0.06	2+2d8/15 L=45	0.50	0.42	135,141,115,135
			130.0	0.92	0.31	4d16 2+2 d16	0.78	0.05	2+2d8/15 L=310	0.50	0.42	44,141,115,135
	[b=1.0;1.0]		330.0	0.92	0.31	4d16 2+2 d16	0.91	0.05	2+2d8/15 L=45	0.50	0.42	15,141,115,135
					M_P= 10	X=1136.0	Y=1481.0					
Pilas.	Note	Stato	Quota	%Af	r. snell.	Armat. long.	V N/M	V N sis	Staffe	V V/T cls	V V/T acc	Rif. cmb
10	s=15,m=1	ok,ok	-70.0	2.30	0.41	4d16 8+8 d16	0.86	0.09	2+2d8/15 L=45	0.50	0.57	135,139,127,135
			130.0	0.92	0.41	4d16 2+2 d16	0.75	0.08	2+2d8/15 L=310	0.50	0.57	51,139,127,135
	[b=1.0;1.0]		330.0	1.84	0.41	4d16 6+6 d16	0.90	0.08	2+2d8/15 L=45	0.50	0.57	135,139,127,135
					M_P= 11	X=1670.0	Y=1481.0					
Pilas.	Note	Stato	Quota	%Af	r. snell.	Armat. long.	V N/M	V N sis	Staffe	V V/T cls	V V/T acc	Rif. cmb
11	s=15,m=1	ok,ok	-70.0	2.76	0.41	4d16 10+10 d16	0.88	0.10	2+2d8/15 L=45	0.49	0.57	133,129,125,137
			130.0	0.92	0.41	4d16 2+2 d16	0.77	0.09	2+2d8/15 L=310	0.49	0.57	51,129,125,137
	[b=1.0;1.0]		330.0	2.30	0.41	4d16 8+8 d16	0.89	0.09	2+2d8/15 L=45	0.50	0.57	133,129,125,137
					M_P= 12	X=2204.0	Y=1471.0					
Pilas.	Note	Stato	Quota	%Af	r. snell.	Armat. long.	V N/M	V N sis	Staffe	V V/T cls	V V/T acc	Rif. cmb
12	s=16,m=1	ok,ok	-70.0	1.38	0.37	4d16 4+4 d16	0.98	0.06	2+2d8/15 L=45	0.50	0.45	129,131,113,129
			130.0	0.92	0.37	4d16 2+2 d16	0.63	0.06	2+2d8/15 L=310	0.50	0.45	51,131,113,129
	[b=1.0;1.0]		330.0	0.92	0.37	4d16 2+2 d16	0.80	0.05	2+2d8/15 L=45	0.50	0.45	129,131,113,129
Pilas.				%Af	r. snell.		V N/M	V N sis		V V/T cls	V V/T acc	
				2.76	0.84		0.98	0.13		0.50	0.58	



Simbologia adottata nelle tabelle di verifica

Per le verifiche agli S.L. dei pilastri è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

M_P X Y	Numero della pilastrata (P) e posizione in pianta (X,Y)
Pilas.	numero identificativo dell'elemento D2
Note	Codici identificativi delle sezione (s) e materiale (m) pilastro
Stato	Codici relativi all'esito delle verifiche effettuate appresso descritte
Quota	Quota sezione di verifica
%Af	Percentuale di area di armatura rispetto a quella di calcestruzzo
r. snell.	Rapporto di snellezza λ su λ^* : valore superiore a 1 per elementi snelli nel caso in cui viene effettuata la verifica con il metodo diretto dello stato di equilibrio
Armat. long.	Numero e diametro (d) dei ferri di armatura longitudinale distinti in ferri di vertice + ferri di lato nelle posizioni nL1 e nL2, come da schemi in figura precedente
V N/M	Verifica a pressoflessione con rapporto E_d/R_d : valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
V N sis	Verifica a compressione solo calcestruzzo con rapporto N_{sd}/N_{rd} ed N_{rd} calcolato come al punto 7.4.4.2.1: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
Staffe	Dati tratto di staffatura oggetto di verifica, nello specifico: numero delle braccia, diametro, passo, lunghezza L tratto
V V/T cls	Verifica a taglio/torsione con rapporto V_{ed}/V_{rd} : valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
Rif. cmb.	Riferimento combinazioni da cui si generano le verifiche più gravose per il pilastro



TRAVI

Trave	Note	Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	Af long.	M T= 1	Z=-70.0	P=1	P=4	Staffe	Rif. cmb
		cm					x/d	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	L=cm	
1(iniz)	ok,ok	0.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.07	0.18	0.13	0.11	2d8/12 L=364	114,138,138
	s=19,m=1	204.1	0.22	12.6	12.6	12.1	0.07	0.14	0.08	0.07	2d8/12 L=364	138,115,111
		408.1	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.17	0.13	0.14	2d8/12 L=364	111,115,115
1(med)	ok,ok	0.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.28	0.11	0.13	2d8/12 L=484	115,118,118
	s=19,m=1	267.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.07	0.08	0.06	0.06	2d8/12 L=484	138,111,111
		534.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.29	0.14	0.13	2d8/12 L=484	111,127,127
1(fin)	ok,ok	0.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.22	0.14	0.16	2d8/12 L=491	111,130,130
	s=19,m=1	267.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.07	0.20	0.06	0.06	2d8/12 L=491	130,114,114
		534.1	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.20	0.15	0.15	2d8/12 L=491	114,127,127
							M T= 5	Z=-70.0	P=2	P=10		
Trave	Note	Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	Af long.	x/d	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Staffe	Rif. cmb
5 (iniz)	ok,ok	0.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.07	0.44	0.10	0.11	2d8/12 L=482	138,138,138
	s=19,m=1	262.5	0.22	12.6	12.6	12.1	0.07	0.19	0.09	0.10	2d8/12 L=482	142,135,135
		525.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.34	0.14	0.18	2d8/12 L=482	135,139,135
5(fin)	ok,ok	0.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.31	0.14	0.17	2d8/12 L=408	135,138,138
	s=19,m=1	225.5	0.22	12.6	12.6	12.1	0.07	0.16	0.09	0.11	2d8/12 L=408	138,138,138
		451.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.43	0.09	0.10	2d8/12 L=408	138,135,135
							M T= 6	Z=-70.0	P=3	P=11		
Trave	Note	Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	Af long.	x/d	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Staffe	Rif. cmb
6(iniz)	ok,ok	0.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.07	0.50	0.10	0.12	2d8/12 L=482	130,130,130
	s=19,m=1	262.5	0.22	12.6	12.6	12.1	0.07	0.20	0.09	0.11	2d8/12 L=482	130,129,127
		525.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.37	0.14	0.19	2d8/12 L=482	127,129,127
6(fin)	ok,ok	0.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.34	0.14	0.18	2d8/12 L=408	127,130,130
	s=19,m=1	225.5	0.22	12.6	12.6	12.1	0.07	0.17	0.10	0.13	2d8/12 L=408	130,130,130
		451.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.49	0.09	0.11	2d8/12 L=408	130,127,127
							M T= 4	Z=-70.0	P=1	P=9		
Trave	Note	Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	Af long.	x/d	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Staffe	Rif. cmb
4(iniz)	ok,ok	0.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.07	0.41	0.12	0.10	2d8/12 L=465	138,118,118
	s=19,m=1	257.5	0.22	12.6	12.6	12.1	0.07	0.23	0.10	0.09	2d8/12 L=465	138,135,135
		515.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.24	0.16	0.16	2d8/12 L=465	139,123,135
4(fin)	ok,ok	0.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.20	0.14	0.15	2d8/12 L=391	123,118,138
	s=19,m=1	220.5	0.22	12.6	12.6	12.1	0.07	0.22	0.10	0.10	2d8/12 L=391	142,138,138
		441.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.39	0.10	0.09	2d8/12 L=391	138,123,65
							M T= 7	Z=-70.0	P=4	P=12		
Trave	Note	Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	Af long.	x/d	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Staffe	Rif. cmb
7(iniz)	ok,ok	0.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.07	0.47	0.10	0.10	2d8/12 L=465	130,130,130
	s=19,m=1	257.5	0.22	12.6	12.6	12.1	0.07	0.24	0.11	0.10	2d8/12 L=465	130,127,127
		515.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.25	0.16	0.17	2d8/12 L=465	131,131,127
7(fin)	ok,ok	0.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.20	0.17	0.16	2d8/12 L=391	127,130,130
	s=19,m=1	220.5	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.24	0.13	0.11	2d8/12 L=391	134,130,130
		441.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.45	0.11	0.09	2d8/12 L=391	130,131,131
							M T= 2	Z=-70.0	P=5	P=8		
Trave	Note	Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	Af long.	x/d	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Staffe	Rif. cmb
2(iniz)	ok,ok	0.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.07	0.28	0.07	0.08	2d8/12 L=373	122,118,126
	s=19,m=1	204.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.07	0.13	0.07	0.08	2d8/12 L=373	126,115,123
		408.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.16	0.09	0.12	2d8/12 L=373	123,115,123
2(med)	ok,ok	0.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.30	0.11	0.14	2d8/12 L=499	123,118,126
	s=19,m=1	267.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.07	0.08	0.05	0.06	2d8/12 L=499	49,112,119
		534.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.29	0.10	0.13	2d8/12 L=499	119,111,119
2(fin)	ok,ok	0.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.23	0.10	0.13	2d8/12 L=499	119,126,122
	s=19,m=1	267.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.07	0.15	0.06	0.07	2d8/12 L=499	122,126,122
		534.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.28	0.09	0.12	2d8/12 L=499	122,51,51
							M T= 3	Z=-70.0	P=9	P=12		
Trave	Note	Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	Af long.	x/d	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Staffe	Rif. cmb
3(iniz)	ok,ok	0.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.07	0.19	0.14	0.12	2d8/12 L=364	126,138,138
	s=19,m=1	204.1	0.22	12.6	12.6	12.1	0.07	0.15	0.08	0.07	2d8/12 L=364	142,123,119
		408.1	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.16	0.13	0.14	2d8/12 L=364	123,135,139
3(med)	ok,ok	0.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.30	0.12	0.15	2d8/12 L=484	123,142,126
	s=19,m=1	267.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.07	0.11	0.06	0.06	2d8/12 L=484	138,111,119
		534.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.31	0.16	0.15	2d8/12 L=484	119,131,131
3(fin)	ok,ok	0.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.23	0.16	0.17	2d8/12 L=491	119,134,134
	s=19,m=1	267.0	0.22	12.6	12.6	12.1	0.07	0.22	0.07	0.06	2d8/12 L=491	134,122,122
		534.1	0.22	12.6	12.6	12.1	0.09	0.21	0.17	0.16	2d8/12 L=491	122,127,127
							M T= 8	Z=330.0	P=1	P=4		



Trave	Note	Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	Af long.	x/d	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Staffe	Rif. cmb	
8 (iniz)	ok,ok	0.0	0.67	8.0	6.0	3.1	0.17	0.90	0.34	0.67	2d8/15 L=129	16,121,111	
	s=17,m=1	204.1	0.50	6.0	4.0	3.1	0.16	0.72	0.36	0.98	2d8/20 L=105	37,123,111	
		408.1	0.67	8.0	6.0	3.1	0.17	0.76	0.39	0.80	2d8/15 L=130	112,123,111	
8 (med)	ok,ok	0.0	0.67	8.0	6.0	3.1	0.17	0.94	0.31	0.53	2d8/15 L=50	24,134,129	
	s=17,m=1	267.0	0.67	8.0	4.0	3.1	0.19	0.62	0.28	0.63	2d8/20 L=384	37,134,131	
		534.0	0.84	10.1	6.0	3.1	0.20	0.73	0.29	0.56	2d8/15 L=50	116,128,131	
8 (fin)	ok,ok	0.0	0.84	10.1	6.0	3.1	0.20	0.86	0.35	0.72	2d8/15 L=50	24,117,137	
	s=17,m=1	267.0	0.84	10.1	4.0	3.1	0.23	0.43	0.32	0.84	2d8/20 L=391	37,117,137	
		534.1	0.50	6.0	6.0	3.1	0.15	0.76	0.29	0.70	2d8/15 L=50	111,123,139	
M_T= 10 Z=330.0 P=9 P=12													
Trave	Note	Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	Af long.	x/d	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Staffe	Rif. cmb	
10 (iniz)	ok,ok	0.0	0.67	8.0	6.0	3.1	0.17	0.97	0.40	0.63	2d8/15 L=129	16,114,130	
	s=17,m=1	204.1	0.50	6.0	4.0	3.1	0.16	0.72	0.38	0.74	2d8/20 L=105	37,114,130	
		408.1	0.67	8.0	6.0	3.1	0.17	0.85	0.37	0.56	2d8/15 L=130	119,124,132	
10 (med)	ok,ok	0.0	0.67	8.0	6.0	3.1	0.17	0.91	0.31	0.50	2d8/15 L=50	24,133,130	
	s=17,m=1	267.0	0.67	8.0	4.0	3.1	0.19	0.60	0.30	0.55	2d8/20 L=384	37,132,130	
		534.0	0.84	10.1	6.0	3.1	0.20	0.81	0.33	0.40	2d8/15 L=50	123,132,130	
10 (fin)	ok,ok	0.0	0.84	10.1	6.0	3.1	0.20	0.82	0.31	0.64	2d8/15 L=50	24,126,142	
	s=17,m=1	267.0	0.84	10.1	4.0	3.1	0.23	0.43	0.28	0.74	2d8/20 L=391	37,126,136	
		534.1	0.50	6.0	6.0	3.1	0.15	0.84	0.30	0.65	2d8/15 L=50	120,116,136	
M_T= 12 Z=430.0 P=2 P=10													
Trave	Note	Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	Af long.	x/d	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Staffe	Rif. cmb	
12 (iniz)	ok,ok	0.0	1.01	12.1	10.1	0.0	0.19	0.90	0.50	0.43	2d8/15 L=51	138,124,35	
	s=17,m=1	280.9	1.01	12.1	4.0	0.0	0.27	0.80	0.29	0.22	2d8/20 L=416	37,123,137	
		561.8	1.01	12.1	12.1	0.0	0.18	0.82	0.55	0.59	2d8/20 L=400	137,123,35	
12 (fin)	ok,ok	0.0	1.01	8.0	12.1	0.0	0.21	0.81	0.53	0.44	2d8/15 L=52	138,124,138	
	s=17,m=1	246.7	0.67	8.0	4.0	0.0	0.19	0.86	0.31	0.26	2d8/20 L=347	23,124,138	
		493.4	0.84	8.0	10.1	0.0	0.19	0.87	0.48	0.47	2d8/20 L=324	135,125,23	
M_T= 13 Z=430.0 P=3 P=11													
Trave	Note	Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	Af long.	x/d	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Staffe	Rif. cmb	
13 (iniz)	ok,ok	0.0	1.01	12.1	12.1	0.0	0.18	0.87	0.55	0.49	2d8/15 L=51	130,122,49	
	s=17,m=1	280.9	1.01	12.1	4.0	0.0	0.27	0.85	0.31	0.25	2d8/20 L=416	37,119,127	
		561.8	1.01	12.1	12.1	0.0	0.18	0.94	0.61	0.66	2d8/20 L=400	127,35,35	
13 (fin)	ok,ok	0.0	1.01	8.0	12.1	0.0	0.21	0.93	0.58	0.50	2d8/15 L=52	128,122,130	
	s=17,m=1	246.7	0.67	8.0	4.0	0.0	0.19	0.90	0.33	0.30	2d8/20 L=347	51,122,130	
		493.4	0.84	8.0	10.1	0.0	0.19	0.99	0.52	0.52	2d8/20 L=324	127,119,51	
M_T= 11 Z=430.0 P=1 P=9													
Trave	Note	Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	Af long.	x/d	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Staffe	Rif. cmb	
11 (iniz)	ok,ok	0.0	0.67	8.0	6.0	3.1	0.17	0.96	0.32	0.82	2d8/15 L=87	136,126,116	
	s=17,m=1	276.2	0.67	8.0	4.0	3.1	0.19	0.84	0.26	0.72	2d8/20 L=329	37,125,117	
		552.5	0.67	8.0	6.0	3.1	0.17	0.92	0.36	0.87	2d8/20 L=306	137,23,117	
11 (fin)	ok,ok	0.0	0.67	8.0	6.0	3.1	0.17	0.95	0.35	0.84	2d8/15 L=72	30,116,116	
	s=17,m=1	242.1	0.67	8.0	4.0	3.1	0.19	0.62	0.28	0.75	2d8/20 L=289	23,116,116	
		484.2	0.67	8.0	6.0	3.1	0.15	0.96	0.35	0.78	2d8/20 L=267	137,23,117	
M_T= 14 Z=430.0 P=4 P=12													
Trave	Note	Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	Af long.	x/d	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Staffe	Rif. cmb	
14 (iniz)	ok,ok	0.0	0.84	10.1	8.0	3.1	0.19	0.81	0.36	0.95	2d8/15 L=152	130,120,122	
	s=17,m=1	276.2	0.84	10.1	4.0	3.1	0.23	0.75	0.27	0.80	2d8/20 L=199	51,119,119	
		552.5	0.84	10.1	8.0	3.1	0.16	0.78	0.41	1.00	2d8/20 L=176	127,53,119	
14 (fin)	ok,ok	0.0	0.67	8.0	8.0	3.1	0.16	0.95	0.38	0.95	2d8/15 L=132	30,114,120	
	s=17,m=1	242.1	0.67	8.0	4.0	3.1	0.19	0.67	0.29	0.81	2d8/20 L=169	51,114,120	
		484.2	0.67	8.0	8.0	3.1	0.16	0.80	0.41	0.89	2d8/20 L=147	127,51,121	
M_T= 9 Z=530.0 P=5 P=8													
Trave	Note	Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	Af long.	x/d	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Staffe	Rif. cmb	
9 (iniz)	ok,ok	0.0	0.84	10.1	10.1	0.0	0.17	0.88	0.30	0.27	2d8/15 L=50	120,114,121	
	s=17,m=1	204.0	0.84	6.0	10.1	0.0	0.14	0.73	0.29	0.33	2d8/20 L=273	29,124,120	



		408.0	0.67	8.0	8.0	0.0	0.16	0.95	0.31	0.28	2d8/15 L=50	120,124,120	
9 (med)	ok,ok	0.0	0.67	8.0	8.0	0.0	0.16	0.79	0.20	0.16	2d8/15 L=50	24,134,122	
	s=17,m=1	267.0	0.50	6.0	4.0	0.0	0.16	0.84	0.17	0.17	2d8/20 L=399	37,128,119	
		534.0	0.67	8.0	8.0	0.0	0.16	0.75	0.20	0.16	2d8/15 L=50	119,128,119	
9 (fin)	ok,ok	0.0	0.67	8.0	8.0	0.0	0.16	0.90	0.25	0.21	2d8/15 L=50	24,118,122	
	s=17,m=1	267.0	0.50	6.0	4.0	0.0	0.16	0.71	0.22	0.23	2d8/20 L=399	37,118,122	
		534.0	0.84	8.0	10.1	0.0	0.19	0.97	0.24	0.20	2d8/15 L=50	122,140,119	
Trave			%Af	Af inf.	Af. sup	Af long.	x/d	V N/M	V V/T cls	V V/T acc			
			1.01	12.57	12.57	12.06	0.27	1.07	0.61	1.00			

Simbologia adottata nelle tabelle di verifica:

M_T Z P P	Numero della travata (T), quota media (Z), n° pilastrata iniziale (P) e finale (P) (nodo in assenza di pilastrata)
Trave	numero identificativo dell'elemento D2
Note	Codici identificativi sezione (s) e materiale (m) trave; sono inoltre presenti le sigle relative all'esito delle verifiche effettuate appresso descritte
%Af	Percentuale di area di armatura rispetto a quella di calcestruzzo
Af inf.	Area di armatura longitudinale posta all'intradosso
Af sup	Area di armatura longitudinale posta all'estradosso
Af long.	Area complessiva armatura longitudinale
x/d	rapporto tra posizione dell'asse neutro e altezza utile
V N/M	Verifica a pressoflessione rapporto Ed/Rd: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
Staffe	Dati tratto di staffatura oggetto di verifica, nello specifico: numero delle braccia, diametro, passo, lunghezza L tratto
V V/T cls	Verifica a taglio/torsione con rapporto Ved/Vrd: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
Rif. cmb.	Riferimento combinazioni da cui si generano le verifiche più gravose per la trave

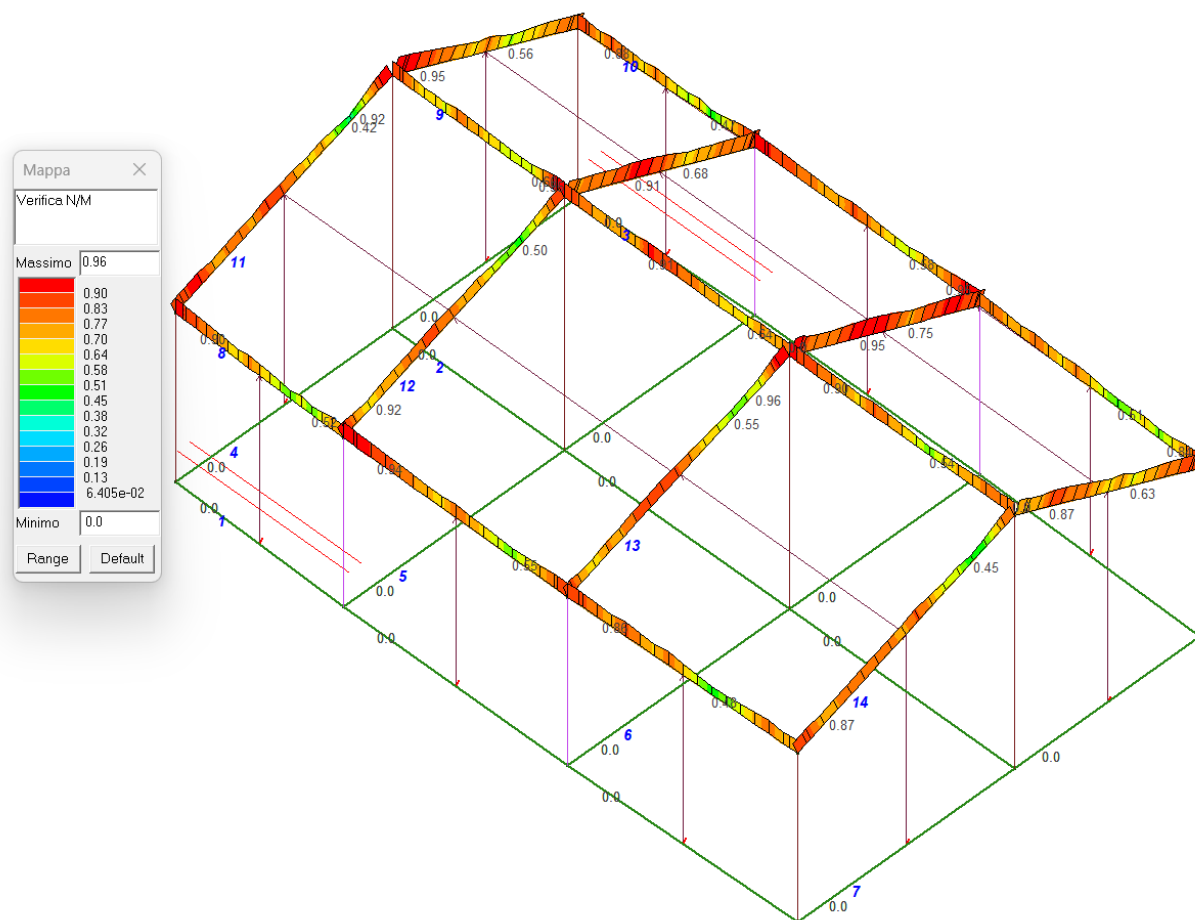


Figura 28 – SLU - Verifica a pressoflessione rapporto E_d/R_d : valore minore o uguale a 1 per verifica positiva

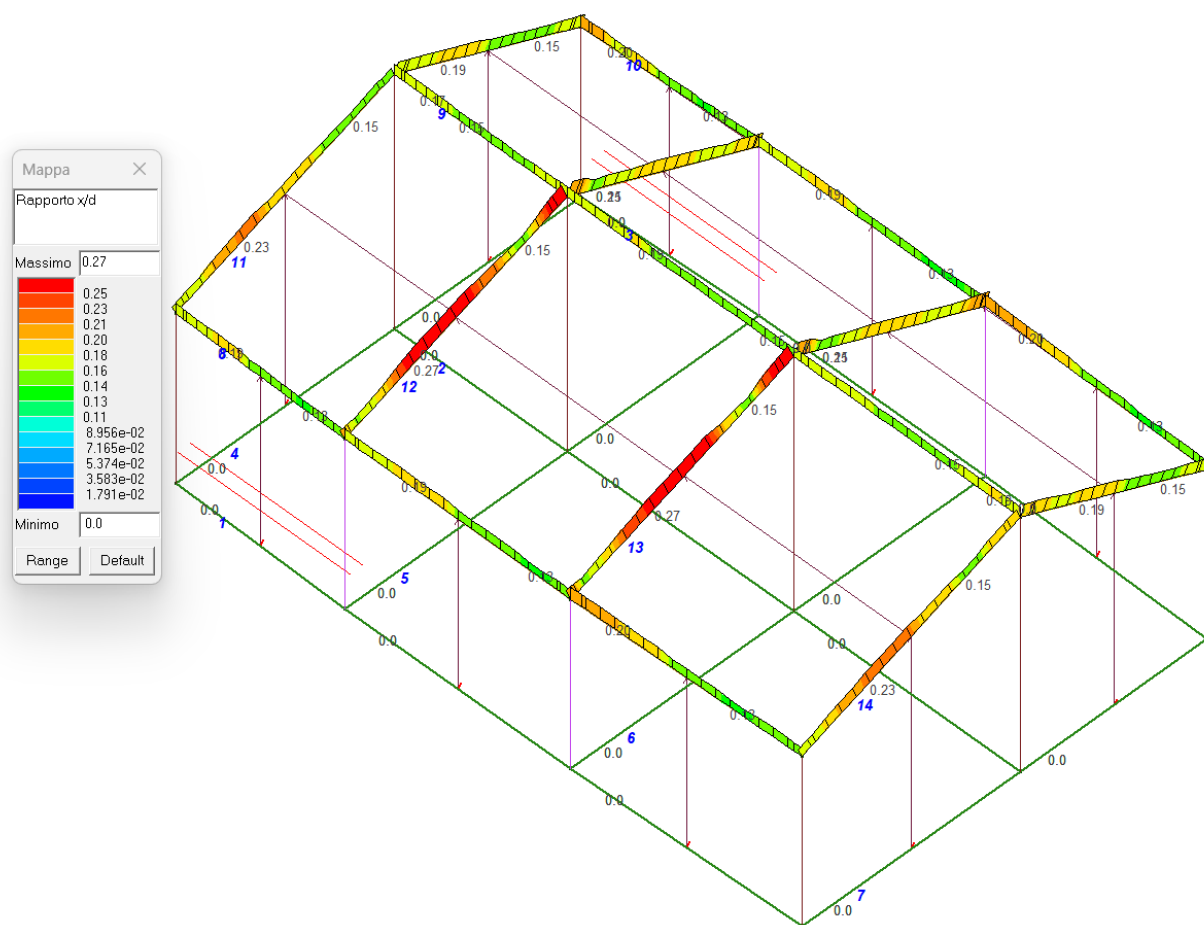


Figura 29 – SLU - Verifica del rapporto $x/d < 0.45$ (NTC 2018 par. 4.1.1.1)

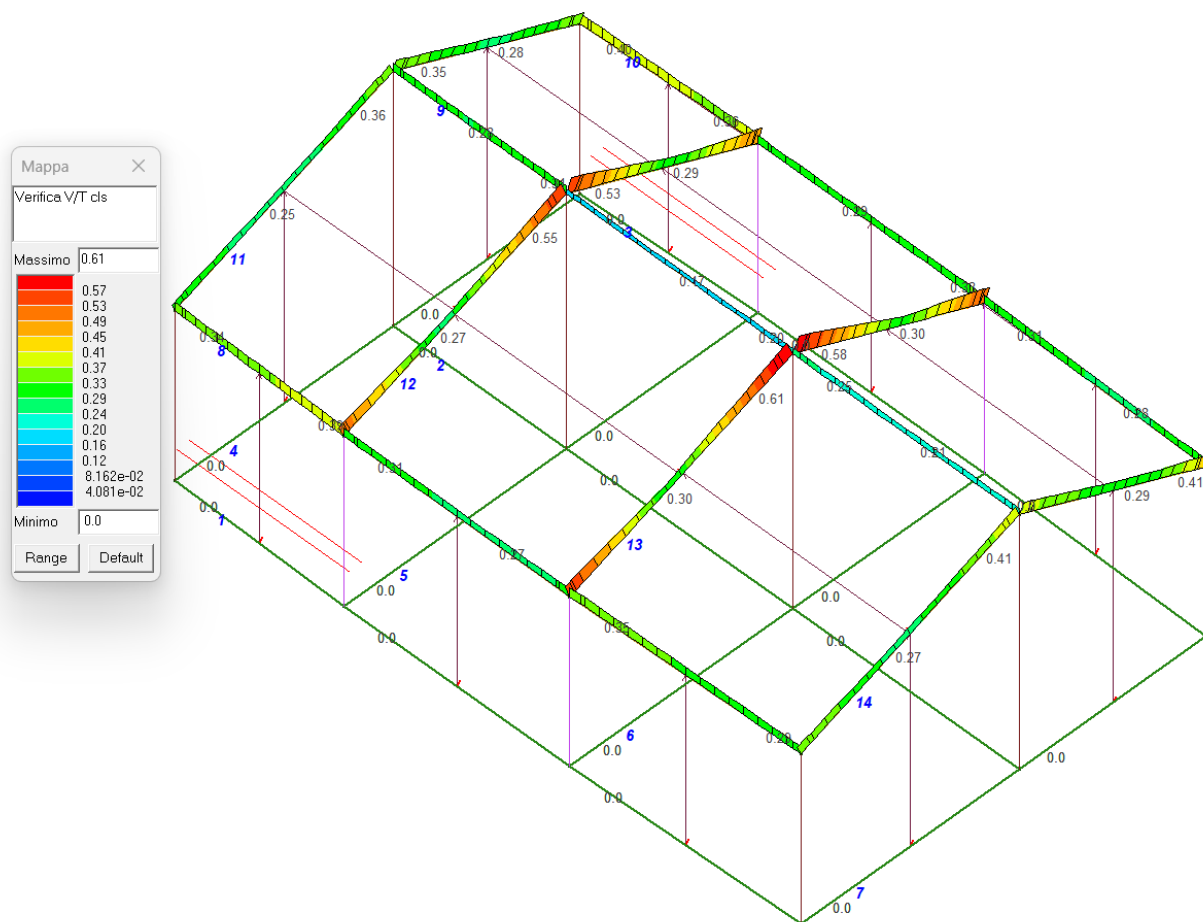


Figura 30 – SLU - Verifica a taglio/torsione CLS con rapporto V_{ed}/V_{rd} : valore minore o uguale a 1 per verifica positiva V/T

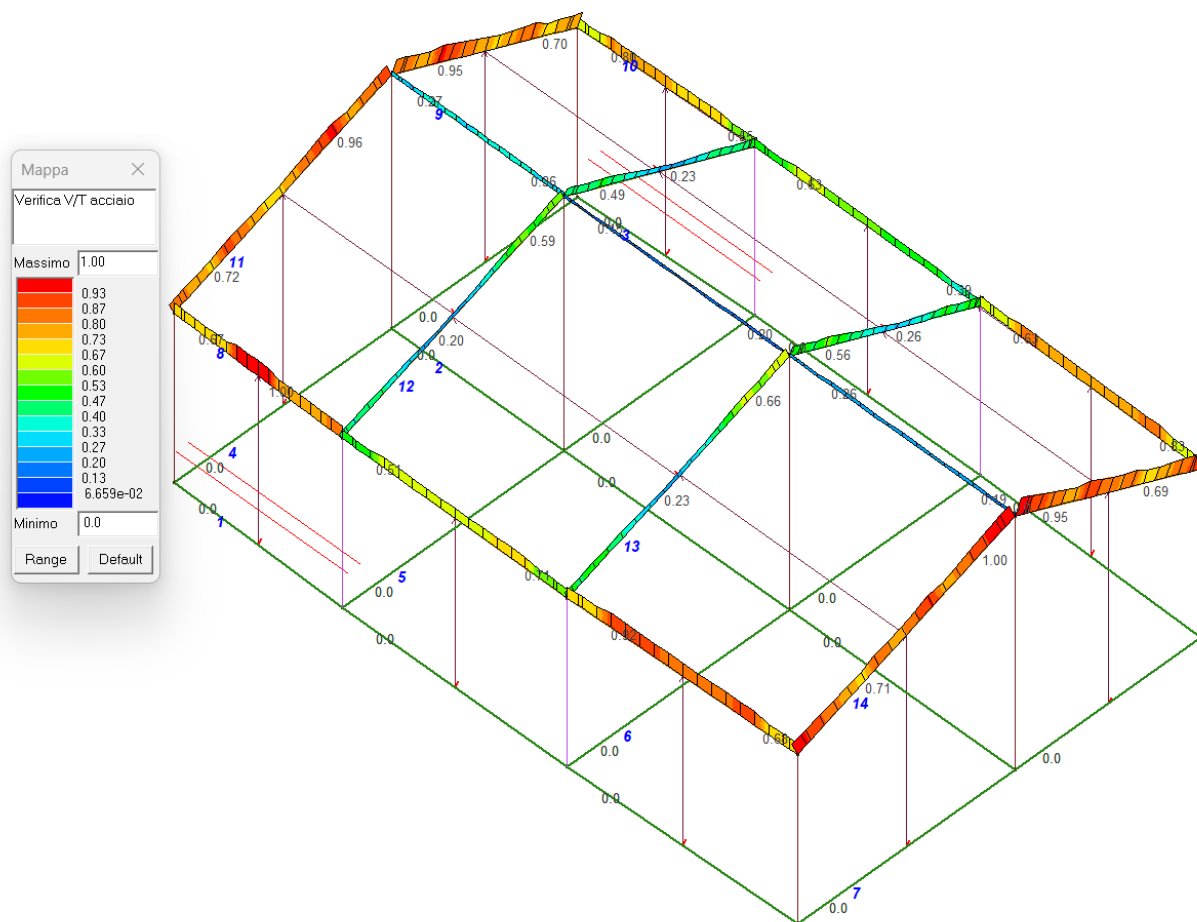


Figura 31 – SLU - Verifica a taglio/torsione Acciaio con rapporto V_{ed}/V_{rd} : valore minore o uguale a 1 per verifica positiva V/T



STATO LIMITE D' ESERCIZIO: SLD DANNO SISMICO (Verifiche Res)

PILASTRI

Pilas.	Stato	Pos. cm	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Rif. cmb	Pos. cm	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Rif. cmb
2	ok	0.0	0.45	0.26	0.31	168,160,172	200.0	0.33	0.26	0.31	167,160,172
		400.0	0.59	0.26	0.31	168,160,172					
3	ok	0.0	0.44	0.26	0.32	162,150,174	200.0	0.36	0.26	0.32	159,150,174
		400.0	0.56	0.26	0.32	162,150,174					
1	ok	0.0	0.47	0.22	0.22	168,148,172	200.0	0.29	0.22	0.22	167,148,172
		400.0	0.36	0.23	0.22	148,148,172					
4	ok	0.0	0.52	0.23	0.23	162,146,166	200.0	0.32	0.23	0.23	161,146,166
		400.0	0.52	0.23	0.23	162,146,166					
9	ok	0.0	0.48	0.24	0.22	171,147,167	200.0	0.25	0.24	0.22	172,147,167
		400.0	0.45	0.24	0.22	171,147,167					
12	ok	0.0	0.54	0.25	0.22	165,145,161	200.0	0.28	0.25	0.22	166,145,161
		400.0	0.49	0.25	0.22	165,145,161					
10	ok	0.0	0.46	0.26	0.30	171,151,167	200.0	0.27	0.26	0.30	172,151,167
		400.0	0.54	0.26	0.30	171,151,167					
11	ok	0.0	0.45	0.27	0.31	165,157,169	200.0	0.30	0.27	0.31	164,157,169
		400.0	0.51	0.27	0.31	165,157,169					
5	ok	0.0	0.35	0.11	0.12	155,167,146	300.0	0.10	0.11	0.12	156,167,146
		600.0	0.35	0.11	0.12	149,167,146					
6	ok	0.0	0.40	0.14	0.14	157,159,146	300.0	0.08	0.14	0.14	172,159,146
		600.0	0.40	0.14	0.14	157,159,146					
7	ok	0.0	0.40	0.13	0.13	151,169,149	300.0	0.09	0.13	0.13	164,169,149
		600.0	0.39	0.13	0.13	153,169,149					
8	ok	0.0	0.41	0.10	0.11	153,161,148	300.0	0.15	0.10	0.11	154,161,148
		600.0	0.42	0.10	0.11	143,161,148					
Pilas.			V N/M	V V/T cls	V V/T acc			V N/M	V V/T cls	V V/T acc	
			0.59	0.27	0.32						

Per le verifiche agli SLD di pilastri, travi setti e gusci in c.a. è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

Pilas./Trave/ Setto/Guscio	numero identificativo dell'elemento D2 o D3
Stato	Codici relativi all'esito delle verifiche effettuate appresso descritte
Pos.	Posizione nell'elemento della sezione per la quale si riporta la verifica
V N/M	Verifica a pressoflessione con rapporto E_d/R_d : valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
V V/T cls	Verifica a taglio/torsione con rapporto V_{ed}/V_{rd} lato cls: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
V V/T acc	Verifica a taglio/torsione con rapporto V_{ed}/V_{rd} lato acciaio: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
Rif. cmb.	Riferimento combinazioni da cui si generano le verifiche più gravose per il pilastro

TRAVI



Trave	Stato	Pos. cm	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Rif. cmb	Pos. cm	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Rif. cmb
1(mez)	ok	0.0	0.18	0.07	0.10	147,150,150	267.0	0.06	0.03	0.04	170,143,143
		534.0	0.19	0.08	0.11	143,159,159					
1(iniz)	ok	0.0	0.11	0.08	0.11	146,170,170	204.1	0.10	0.04	0.05	170,147,147
		408.1	0.11	0.08	0.11	143,147,147					
1(fin)	ok	0.0	0.15	0.09	0.12	143,162,162	267.0	0.15	0.03	0.05	162,146,146
		534.1	0.12	0.11	0.14	146,159,159					
5(iniz)	ok	0.0	0.25	0.06	0.08	170,170,170	262.5	0.15	0.05	0.07	174,167,167
		525.0	0.23	0.10	0.14	171,167,167					
6(iniz)	ok	0.0	0.27	0.06	0.09	162,162,162	262.5	0.15	0.05	0.07	162,161,161
		525.0	0.24	0.10	0.14	163,159,159					
4(iniz)	ok	0.0	0.23	0.07	0.09	170,150,150	257.5	0.16	0.05	0.07	170,171,171
		515.0	0.16	0.09	0.13	171,171,171					
7 (iniz)	ok	0.0	0.28	0.06	0.08	166,162,162	257.5	0.17	0.07	0.08	162,163,163
		515.0	0.18	0.10	0.14	163,163,163					
2(iniz)	ok	0.0	0.15	0.04	0.06	158,158,158	204.0	0.08	0.04	0.05	158,155,155
		408.0	0.11	0.06	0.09	155,155,155					
2 (med)	ok	0.0	0.18	0.07	0.10	155,158,158	267.0	0.06	0.02	0.03	158,151,151
		534.0	0.19	0.07	0.10	151,151,151					
2(fin)	ok	0.0	0.16	0.08	0.10	151,158,158	267.0	0.11	0.03	0.04	154,158,158
		534.0	0.15	0.05	0.07	154,155,151					
4(fin)	ok	0.0	0.14	0.09	0.12	147,170,170	220.5	0.14	0.05	0.07	174,170,170
		441.0	0.22	0.07	0.08	170,171,155					
7(fin)	ok	0.0	0.14	0.11	0.14	159,162,162	220.5	0.16	0.08	0.10	166,162,162
		441.0	0.27	0.06	0.08	162,163,163					
5(fin)	ok	0.0	0.22	0.10	0.13	167,174,174	225.5	0.11	0.06	0.08	170,174,174
		451.0	0.24	0.05	0.07	170,171,171					
6(fin)	ok	0.0	0.23	0.09	0.13	159,166,166	225.5	0.11	0.06	0.08	166,166,166
		451.0	0.26	0.05	0.07	162,163,163					
3(iniz)	ok	0.0	0.11	0.09	0.11	158,174,174	204.1	0.11	0.04	0.05	174,155,155
		408.1	0.11	0.09	0.12	151,171,171					
3(fin)	ok	0.0	0.15	0.10	0.14	155,166,166	267.0	0.16	0.04	0.05	166,166,154
		534.1	0.12	0.12	0.15	154,163,163					
3(med)	ok	0.0	0.18	0.08	0.11	155,174,158	267.0	0.08	0.03	0.04	174,151,151
		534.0	0.20	0.10	0.13	151,163,163					
8(med)	ok	0.0	0.41	0.14	0.11	146,161,145	267.0	0.04	0.11	0.11	160,159,159
		534.0	0.45	0.14	0.12	148,159,159					
8 (iniz)	ok	0.0	0.44	0.23	0.18	145,161,145	204.1	0.05	0.21	0.23	170,143,143
		408.1	0.44	0.23	0.20	144,143,143					
8(fin)	ok	0.0	0.44	0.24	0.18	146,169,169	267.0	0.05	0.20	0.20	168,169,169
		534.1	0.43	0.23	0.18	143,167,167					
10 (iniz)	ok	0.0	0.47	0.19	0.17	154,146,146	204.1	0.05	0.17	0.20	173,152,152
		408.1	0.48	0.20	0.18	151,152,152					
10 (fin)	ok	0.0	0.47	0.20	0.16	153,174,174	267.0	0.05	0.17	0.16	171,174,174
		534.1	0.46	0.20	0.15	152,168,172					
10 (med)	ok	0.0	0.44	0.13	0.11	153,166,154	267.0	0.05	0.10	0.10	171,164,164
		534.0	0.47	0.13	0.11	155,164,164					
12 (iniz)	ok	0.0	0.55	0.33	0.36	172,172,172	280.9	0.33	0.11	0.15	167,173,173
		561.8	0.60	0.37	0.40	171,173,173					
13 (iniz)	ok	0.0	0.61	0.36	0.40	162,154,166	280.9	0.37	0.12	0.16	159,163,163
		561.8	0.67	0.41	0.45	159,163,163					
11(iniz)	ok	0.0	0.57	0.24	0.22	174,156,156	276.2	0.24	0.14	0.14	169,157,157
		552.5	0.63	0.26	0.24	169,157,157					
14 (iniz)	ok	0.0	0.65	0.28	0.26	164,154,154	276.2	0.29	0.16	0.16	159,151,151
		552.5	0.73	0.30	0.28	163,151,151					
11 (fin)	ok	0.0	0.60	0.24	0.22	174,158,158	242.1	0.20	0.15	0.15	174,158,158
		484.2	0.54	0.23	0.20	169,155,155					
14 (fin)	ok	0.0	0.69	0.28	0.26	164,146,146	242.1	0.23	0.16	0.16	164,146,146
		484.2	0.61	0.26	0.24	159,153,153					
12 (fin)	ok	0.0	0.56	0.34	0.37	172,170,170	246.7	0.36	0.12	0.17	172,170,170
		493.4	0.49	0.29	0.33	167,167,167					



Trave	Stato	Pos.	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Rif. cmb	Pos.	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Rif. cmb
13(fin)	ok	0.0	0.63	0.38	0.42	160,166,166	246.7	0.40	0.13	0.18	162,166,166
		493.4	0.55	0.32	0.36	159,161,163					
9 (iniz)	ok	0.0	0.44	0.16	0.16	153,150,150	204.0	0.11	0.14	0.19	156,156,156
		408.0	0.49	0.16	0.17	152,156,156					
9 (med)	ok	0.0	0.36	0.10	0.10	158,146,146	267.0	0.05	0.07	0.09	152,152,152
		534.0	0.41	0.10	0.11	156,152,152					
9(fin)	ok	0.0	0.47	0.14	0.14	154,158,158	267.0	0.12	0.10	0.14	154,158,158
		534.0	0.47	0.13	0.13	154,148,148					
Trave			V N/M	V V/T cls	V V/T acc			V N/M	V V/T cls	V V/T acc	
			0.73	0.41	0.45						

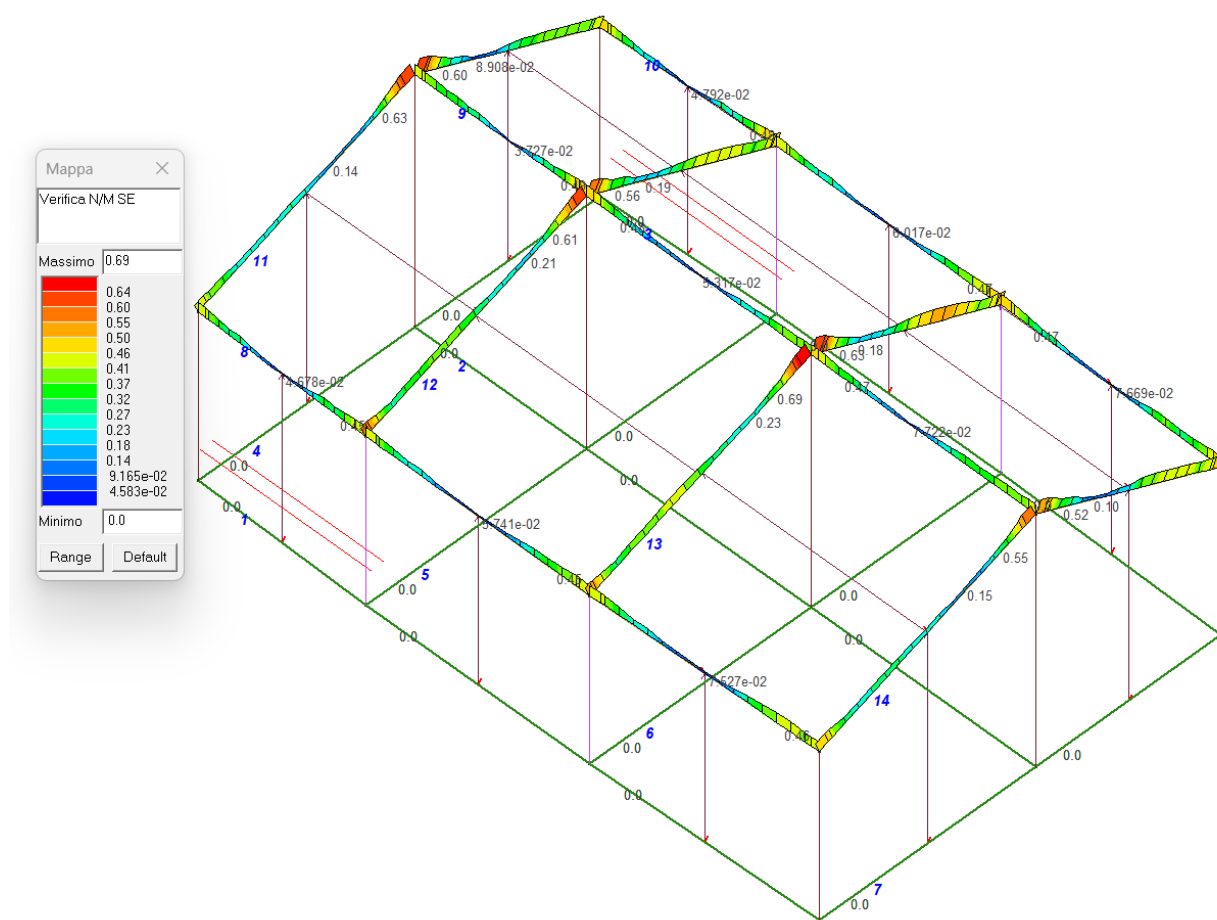


Figura 32 – SLE - Verifica a pressoflessione rapporto E_d/R_d : valore minore o uguale a 1 per verifica positiva

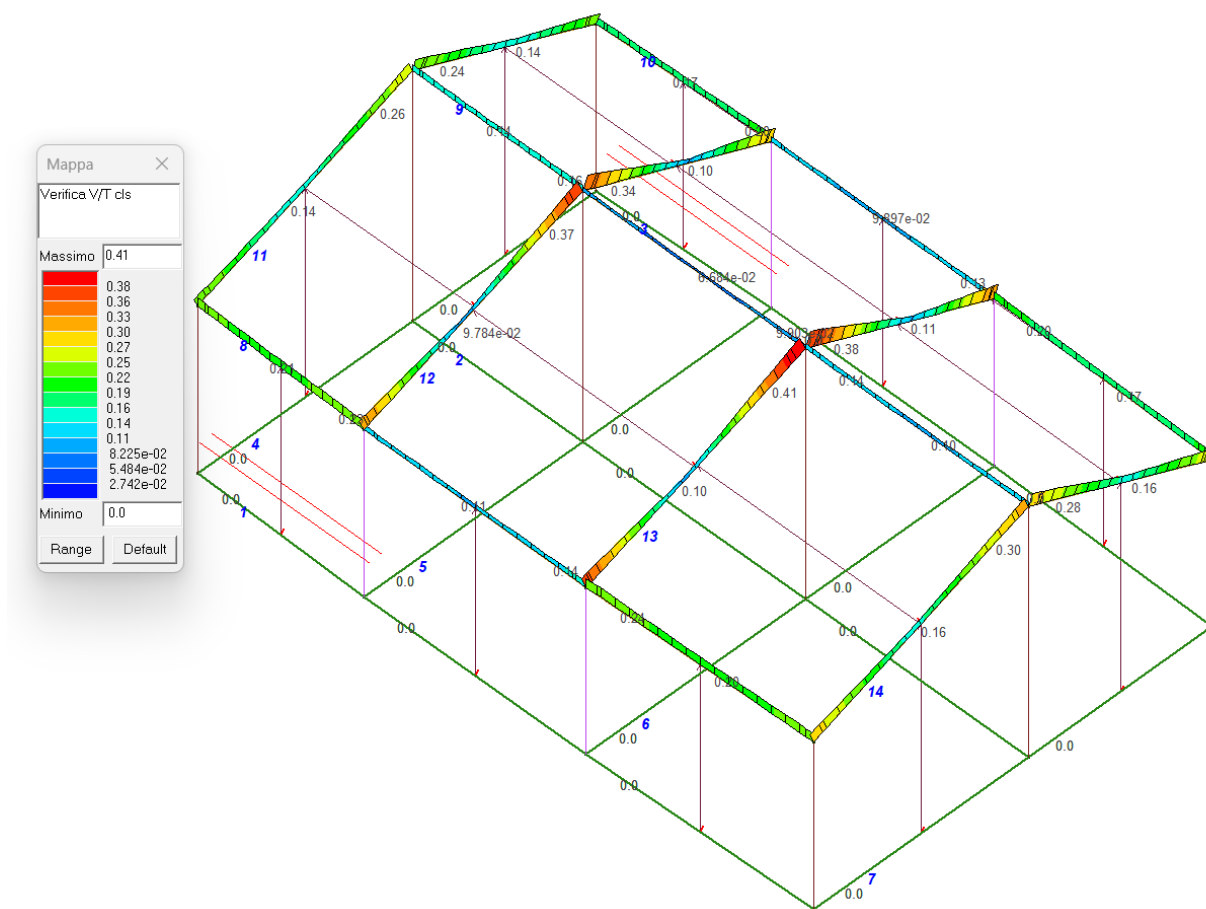


Figura 33 - - SLE - Verifica a taglio/torsione CLS con rapporto V_{ed}/V_{rd} : valore minore o uguale a 1 per verifica positiva V/T

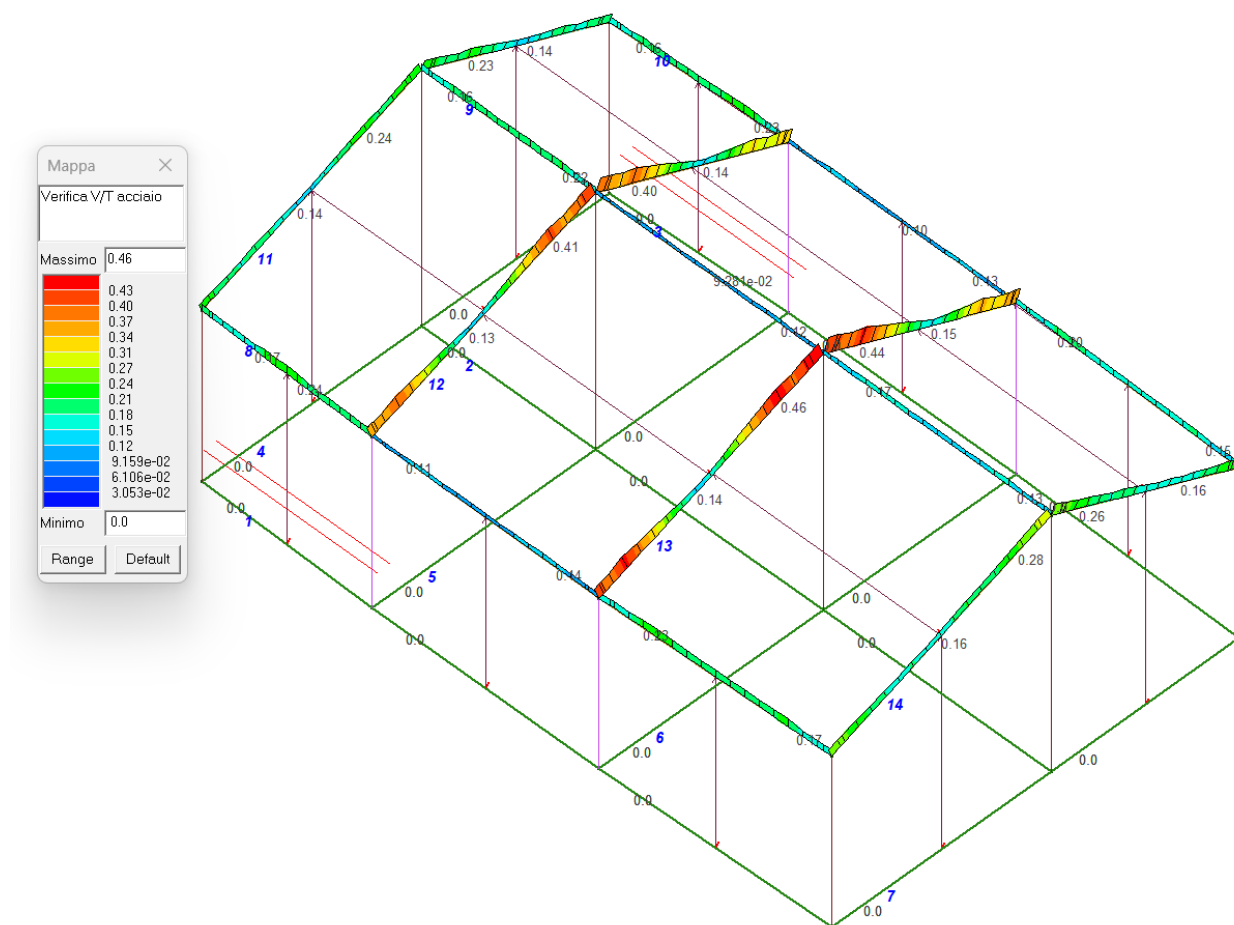


Figura 34 - SLU - Verifica a taglio/torsione Acciaio con rapporto V_{ed}/V_{rd} : valore minore o uguale a 1 per verifica positiva V/T



11. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi. Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa. I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni. Si allega al termine della presente relazione elenco sintetico dei controlli svolti (verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, etc.) .

Test di verifica n° 7 telai piani con incastri alla base

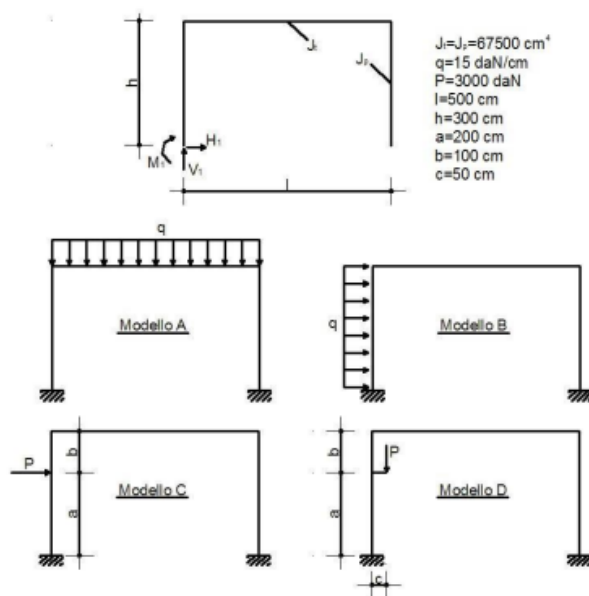
Revisione: 01
Data: 22/02/2010
Programma: PRO_SAP
Versione: 2005-12-137; 2010-05-151
Files: Mod00_T007_telai_ALGOR.PSP; Mod00_T007_telai.PSP

- **Scopo:**

Validazione dell'analisi di strutture a telaio piano (A).

- **Descrizione test:**

La struttura è costituita da un portale incastrato alla base sottoposto a differenti condizioni di carico.



Modello	Tipo di carico
A	Carico distribuito q sulla travata
B	Carico distribuito q su un pilastro
C	Forza orizzontale P applicata ad un pilastro
D	Forza verticale P eccentrica applicata ad un pilastro

- **Tipo di confronto:**

P. Pozzati, *Teoria e tecnica delle costruzioni*, volume secondo, ed. UTET, pag. 433; sviluppo analitico delle formule riportate.



• **Tabella risultati:**

Modello	Parametro	Soluzione teorica	Soluzione ALGOR	Differenza	Soluzione e_SAP	Differenza
A	H₁ [daN]	1201.92	1201.88	0.00%	1201.88	0.00%
	V₁ [daN]	3750.00	3750.00	0.00%	3750.00	0.00%
	M₁ [daN-cm]	120192.00	120200.00	0.01%	120200.00	0.01%
B	H₁ [daN]	-3591.34	-3591.38	0.00%	-3591.38	0.00%
	V₁ [daN]	-352.17	-352.17	0.00%	-352.17	0.00%
	M₁ [daN-cm]	-327341.00	-327300.00	0.01%	-327300.00	0.01%
C	H₁ [daN]	-2145.30	-2145.33	0.00%	-2145.33	0.00%
	V₁ [daN]	-313.04	-313.04	0.00%	-313.04	0.00%
	M₁ [daN-cm]	-280713.00	-280700.00	0.00%	-280700.00	0.00%
D	H₁ [daN]	333.33	333.32	0.00%	333.32	0.00%
	V₁ [daN]	2843.48	2843.47	0.00%	2843.47	0.00%
	M₁ [daN-cm]	10869.57	10870.00	0.00%	10870.00	0.00%

• **Commenti:**

I risultati numerici sono in perfetto accordo con quelli teorici. La soluzione calcolata con ALGOR e con e_SAP è ottenuta trascurando le deformazioni assiali (%R A=10000).

• **Allegati:**

Calcoli manuali.

$$\begin{aligned}
 R_t &= J_t / l = 135 \text{ cm}^3 & R_p &= J_p / l = 225 \text{ cm}^3 \\
 K &= R_t / R_p = 0,6 & K_1 &= \frac{3a^2 K}{l^2} = 0,8 & K_2 &= \frac{K_1}{a} \left(b + \frac{R+b}{K} \right) = 3,06 \\
 K_3 &= 6K \left(1 - \frac{b}{l} \right) = 2,4 & K_4 &= \left(2 - \frac{3a}{l} \right) \frac{a}{R} = 0 \\
 K_5 &= 1 - \frac{2a}{l} + \left(1 + \frac{1}{K} \right) \left(K_4 + 4 \frac{a}{l} - 2 \right) = 1,4
 \end{aligned}$$



MODELLO A

$$H_1 = \frac{qR^2}{R} \frac{1}{4(2+K)} = 1201,92 \text{ daN}$$

$$V_1 = q \frac{R^2}{2} = 3750 \text{ daN}$$

$$M_1 = qR^2 \frac{1}{12(2+K)} = 120192 \text{ daN}\cdot\text{cm}$$

MODELLO B

$$H_1 = -qR \frac{13+6K}{8(2+K)} = -3591,34 \text{ daN}$$

$$V_1 = -qR^2 \frac{K}{2(1+6K)} = -352,17 \text{ daN}$$

$$M_1 = -qR^2 \left[\frac{15+7K}{24(2+K)} - \frac{K}{2(1+6K)} \right] = -327341 \text{ daN}\cdot\text{cm}$$

MODELLO C

$$H_1 = -P \left\{ 1 - \frac{b}{R} \left[\frac{K_1 - K_2}{6(2+K)} + \frac{a}{2b} \right] \right\} = -2145,30 \text{ daN}$$

$$V_1 = -\frac{Pa}{R} \frac{K_3}{2(1+6K)} = -313,04 \text{ daN}$$

$$M_1 = -P \left[\frac{bK_2}{6(2+K)} + \frac{a}{2} - \frac{aK_3}{4(1+6K)} \right] = -280713 \text{ daN}\cdot\text{cm}$$

MODELLO D

$$H_1 = \frac{Pc}{R} \left[\frac{1}{2} + \frac{K}{2(2+K)} (K_4 + K_5) \right] = 333,3 \text{ daN}$$

$$V_1 = P \left[1 - \frac{6acK}{R(1+6K)} \right] = 2843,48 \text{ daN}$$

$$M_1 = PCK \left[\frac{K_5}{2(2+K)} - \frac{1}{2K} + \frac{3a}{R(1+6K)} \right] = 10869,57 \text{ daN}\cdot\text{cm}$$



Test di verifica n° 3 analisi modale di un telaio piano

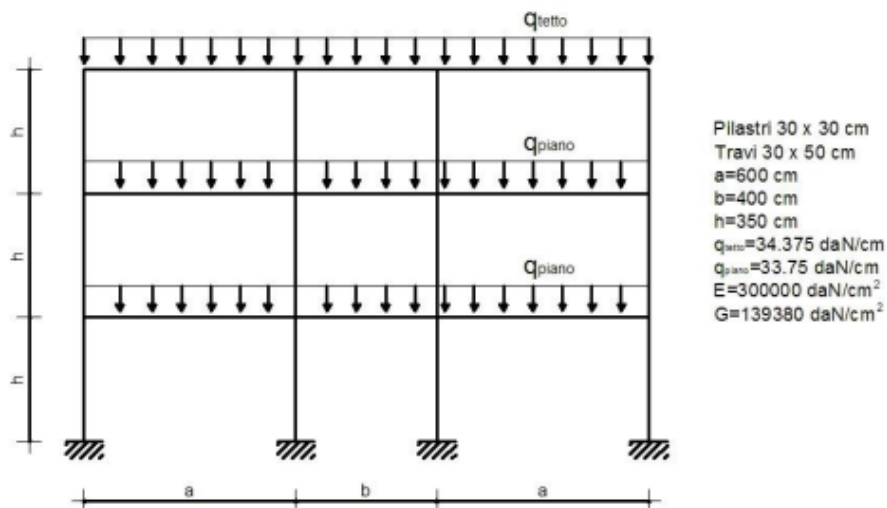
Revisione: 01
Data: 02/03/2010
Programma: PRO_SAP
Versione: 2006-09-138; 2010-05-151
Files: Mod03_T003_modale_ALGOR.PSP; Mod03_T003_modale.PSP

- **Scopo:**

Validazione dell'analisi modale (A).

- **Descrizione test:**

Si determinano le frequenze proprie di un telaio piano caricato con delle forze distribuite sulle travate.



- **Tipo di confronto:**

L. Petrini, R. Pinho, G.M. Calvi, *Criteri di Progettazione Antisismica degli Edifici*, Ed. IUSS Press, pag. 143.

- **Tabella risultati:**

Parametro	Soluzione teorica	Soluzione ALGOR	Differenza	Soluzione e_SAP	Differenza
1° Periodo di vibrazione [s]	0.81	$1 / 1.2336 = 0.81$	0.00%	$1 / 1.2336 = 0.81$	0.00%
2° Periodo di vibrazione [s]	0.27	$1 / 3.6449 = 0.27$	0.00%	$1 / 3.6449 = 0.27$	0.00%
3° Periodo di vibrazione [s]	0.18	$1 / 5.6423 = 0.18$	0.00%	$1 / 5.6423 = 0.18$	0.00%



- **Commenti:**

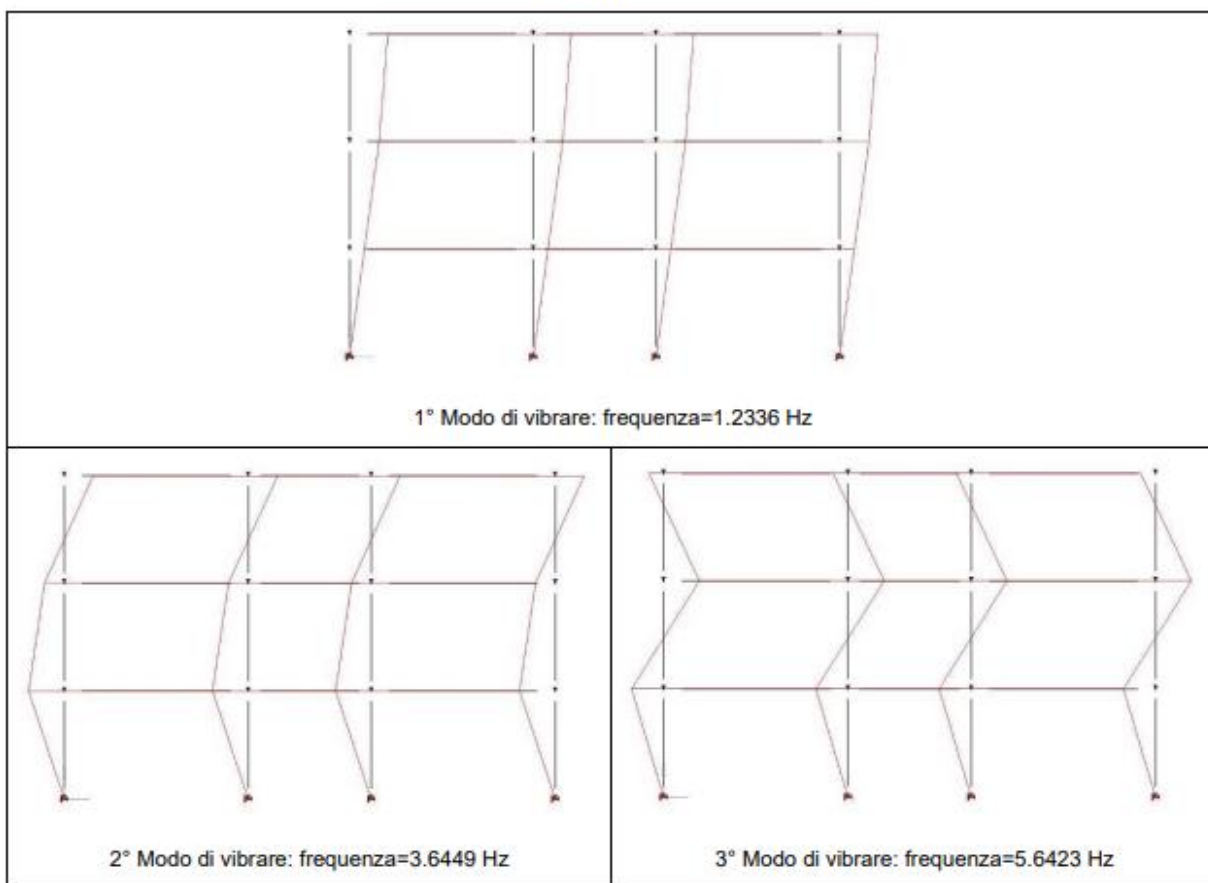
I risultati numerici sono in perfetto accordo con quelli teorici. La soluzione calcolata con ALGOR e con e_SAP è ottenuta trascurando le deformazioni assiali (%R A=10000).

- **Allegati:**

Frequenze e deformate modali (soluzione ALGOR).



Frequenze





12. RELAZIONE SU ORIGINE E CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO

Allegato Certificati affidabilità e test

Dichiarazione del produttore-distributore di PRO_SAP PROfessional SAP riguardante l'affidabilità del codice (D.M. 17/01/2018 - Paragrafo 10.2)

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

TITOLO: PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program

AUTORE-PRODUTTORE: 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara

Affidabilità dei codici

- Inquadramento teorico della metodologia - PRO_SAP

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensiodeformativo indotto da carichi statici.

L'analisi strutturale è condotta con il metodo dell'analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tensiodeformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

- Elemento tipo TRUSS (asta)*
 - Elemento tipo BEAM (trave)*
 - Elemento tipo MEMBRANE (membrana)*
 - Elemento tipo PLATE (piastra-guscio)*
 - Elemento tipo BRICK (solido)*
 - Elemento tipo BOUNDARY (molla)
 - Elemento tipo STIFFNESS (matrice di rigidezza)
- * anche non lineare

- Inquadramento teorico della metodologia - PRO_SAM

Il motore di calcolo del software, denominato SAM II, è stato sviluppato presso l'Università degli Studi di Pavia e la Fondazione EUCENTRE da G. Magenes, C.F. Manzini, P. Morandi, M. Remino e D. Bolognini. SAM II è un codice di calcolo per l'analisi statica non lineare di edifici in muratura ordinaria, muratura armata, cemento armato o misti, soggetti ad azione sismica, basato su ipotesi formulate in un metodo proposto da G. Magenes e G.M. Calvi nel 1996, di cui si è mantenuto l'acronimo S.A.M. (Seismic Analysis of Masonry walls).

PRO_SAM prevede una modellazione tridimensionale a macroelementi, nella quale la struttura portante, costituita da elementi ad asse verticale (pannelli in muratura ordinaria e/o armata, pilastri e/o pareti in cemento armato, elementi strutturali a sezione personalizzata, in acciaio, legno o altro materiale) ed elementi ad asse orizzontale (travi di accoppiamento in muratura ordinaria e/o armata, cordoli e/o travi in cemento armato, elementi strutturali a sezione personalizzata in acciaio, legno o altro materiale), viene schematizzata mediante un "telaio equivalente". Gli elementi sono posizionati spazialmente in corrispondenza dell'asse baricentrico dei corrispondenti elementi strutturali. Gli orizzontamenti possono essere gestiti come diaframmi infinitamente rigidi nel proprio piano, oppure come elementi membrana con rigidezza finita oppure non rigidi.

Inquadramento teorico della metodologia - PRO_MST e PRO_STAB

L'analisi del comportamento dell'opera di sostegno e del terreno viene eseguita attraverso la definizione di un modello che comprende l'opera, il volume di terreno coinvolto e gli eventuali sovraccarichi agenti: il volume di terreno viene schematizzato utilizzando i coefficienti di spinta definiti dalle teorie di Rankine, Coulomb, Mononobe-Okabe o Wood. Vengono prese in considerazione le azioni statiche e, qualora necessario, le azioni sismiche: queste ultime sono rappresentate da forze statiche equivalenti pari al prodotto delle forze di gravità per opportuni coefficienti sismici (analisi pseudo-statica).

L'analisi viene eseguita secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale (eseguita tramite il solutore PCSTABL5M - Purdue University)
- Calcolo delle sollecitazioni del muro (elevazione e fondazione), progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.



Form: DicAff01 rev. n° 7 del 14/10/20228





- Casi prova che consentano un riscontro dell'affidabilità – PRO_SAP, PRO_MST e PRO_STAB

2S.I. ha verificato, in collaborazione con il DISTART dell'Università di Bologna e con il Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Ferrara, l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.
E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link:
<https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita>

Nella produzione del solutore fem 2S.I. implementa componenti sviluppati da Computing Objects SARL spin-off dell'École Centrale Paris, France. E' disponibile la documentazione di affidabilità di tali componenti all'indirizzo web:
https://www.2si.it/benchmarks_e_sap.zip

- Casi prova che consentano un riscontro dell'affidabilità – PRO_SAM

Il solutore SAM II è stato sottoposto ad una procedura di validazione/confronto strumenti software per l'applicazione dei metodi di verifica da norma del Progetto ReLUIS (Task 10.3 -accordo quadro con il Dipartimento della Protezione Civile 2019-2021).
[Il documento è scaricabile qui.](#)

- Filtri di autodiagnostica

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione.
Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi.

2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria S.r.l.
Ing. Paolo Nagliati
2 S. I.
software e servizi
per l'Ingegneria s.r.l.

Garanzia di qualità

Dal 1 dicembre 1999 2S.I. ha prodotto un manuale di qualità in funzione dei requisiti della norma di riferimento UNI EN ISO 9001.
Tutte le attività dell'azienda sono regolate dalla documentazione e dalle procedure in esso contenute.

In relazione alla attività di validazione dei prodotti software si dichiara inoltre quanto segue:

- la fase di progetto degli algoritmi è preceduta dalla ricerca di risultati di confronto reperibili in bibliografia o riproducibili con calcoli manuali;
- la fase di implementazione degli algoritmi è continuamente validata con strumenti automatici (tools di sviluppo) e attraverso confronti;
- il software che implementa gli algoritmi è testato, confrontato e controllato anche da tecnici qualificati che non sono intervenuti nelle precedenti fasi.





Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo

Codice di calcolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	PROFESSIONAL (build 2024-07-200)
Produttore- Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l. Via Garibaldi, 90 44121 Ferrara FE (Italy) Tel. +39 0532 200091 www.2si.it
Dati utente finale:	Owac Engineering Company
Codice Utente:	Owac Engineering Company
Codice Licenza:	Licenza dsi5924

In merito al punto 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (*Affidabilità dei codici utilizzati*), si fa riferimento al **Documento di Affidabilità** "Test di validazione del software di calcolo PRO_SAP e dei moduli aggiuntivi PRO_SAP Modulo Geotecnico, PRO_CAD nodi acciaio e PRO_MST" disponibile per il download sul sito: <https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/>