



REGIONE BASILICATA



PROVINCIA DI POTENZA



COMUNE DI VAGLIO BASILICATA

**PARCO AGRO - FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA
DI 19.960,28 kW IN LOCALITA' CESCARELLE
IN AGRO DI VAGLIO BASILICATA/CANCELLARA (PZ)**

AUTORIZZAZIONE UNICA ai sensi del D.Lgs 29 Dicembre 2003, n. 387

PROGETTO DEFINITIVO

Proponente	EMMEDUE SOLAR S.r.l.s Via Cervellino 5 - 85015 Oppido Lucano (PZ) C.F./P.IVA 02136310766 e_mail pec: emmeduesolarsrls@pec.it	
Progettazione	Ing. VIGGIANO Antonio Cso Vittorio Emanuele 161 85058 Vietri di Potenza Cel. 3891909634	
Formato	Elaborato	Relazione di calcolo preliminare sulle strutture
	A7	

Data Approvazione: Febbraio 2023

Rev. n° 1

Sommario

1.	PREMESSA.....	3
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI UTILIZZATI.....	5
4.	SCHEMA GEOMETRICO E MODELLO CON ELEMENTI FINITI.....	7
5.	COMBINAZIONE DEI CARICHI E CRITERI DI VERIFICA	12
6.	ANALISI DEI CARICHI.....	14
7.	ANALISI SISMICA.....	30
8.	CARATTERISTICHE DEI PROFILI E CLASSIFICAZIONE DELLE SEZIONI.....	51

1. PREMESSA

Il presente fascicolo di calcolo riguarda il calcolo e la verifica degli elementi che costituiscono la struttura di un inseguitore meccanico monoasse denominato "tracker".

La struttura meccanica è costituita da elementi verticali costituiti da profili $\Omega 101 \times 108 \times 40 \times 4$ mm infissi mediante battitura direttamente nel terreno. Detti elementi rappresentano al contempo sia i montanti verticali fuori terra che le fondazioni profonde.

Gli elementi orizzontali principali sono costituiti da tubolari $120 \times 120 \times 3$ mm che sono ancorati ai montanti $\Omega 101 \times 108 \times 40 \times 4$ mm mediante degli elementi pressopiegati speciali. Il tubolare $120 \times 120 \times 3$ mm rappresenta l'asse di rotazione della struttura.

Sull'orditura principale sono ancorati i profili $\Omega 34 \times 33 \times 24 \times 2$ mm che sorreggono i pannelli fotovoltaici mediante ancoranti meccanici.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- EUROCODICE 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – azioni del vento (UNI EN 1991-1-4:2005);
- EUROCODICE 3 – Progettazione delle Strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici (UNI EN 1993-1-1:2005);
- EUROCODICE 3 – Progettazione delle Strutture in acciaio – Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti (UNI EN 1993-1-8:2005);
- D.M. 14 gennaio 2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare Esplicativa n°617 del 02 febbraio 2009 – Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- Legge 2/2/74 n. 64 e DDMM 3/3/1975 – Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche.
- Costruzioni in acciaio: Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione. (C.N.R. 10011/85);
- Istruzioni per la valutazione delle Azioni sulle Costruzioni. (C.N.R. 10012/85);

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI UTILIZZATI

= Acciaio S275 JR:

gli elementi che sono progettati con l'acciaio S275 JR sono i seguenti

- Tubolare principale 120x120x3mm;
- profili per fissaggio pannelli Ω 34x33x24x2mm;
- profili per fissaggio pannelli Z30x24x3mm;
- piastrame;
- Palo verticale Ω 101x108x40x4mm;

Caratteristiche meccaniche:

- $f_y \geq 275 \text{ N/mm}^2$ limite di snervamento;
- $f_t \geq 430 \text{ N/mm}^2$ limite di rottura;
- $A\% \geq 25 \%$ Allungamento minimo;
- $R \leq 27J$ Resilienza a 20°C;
- $E=210000 \text{ N/mm}^2$ Modulo Elastico;
- $G=E/[2(1+\nu)]=80769 \text{ N/mm}^2$ Modulo Tangenziale;
- $\alpha=12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$ coefficiente di espansione termica lineare;

= Bulloni.

I bulloni - conformi per le caratteristiche dimensionali alle norme UNI EN ISO 4016:2002 e UNI

5592:1968 devono appartenere alle sotto indicate classi della norma UNI EN ISO 898-1:2001

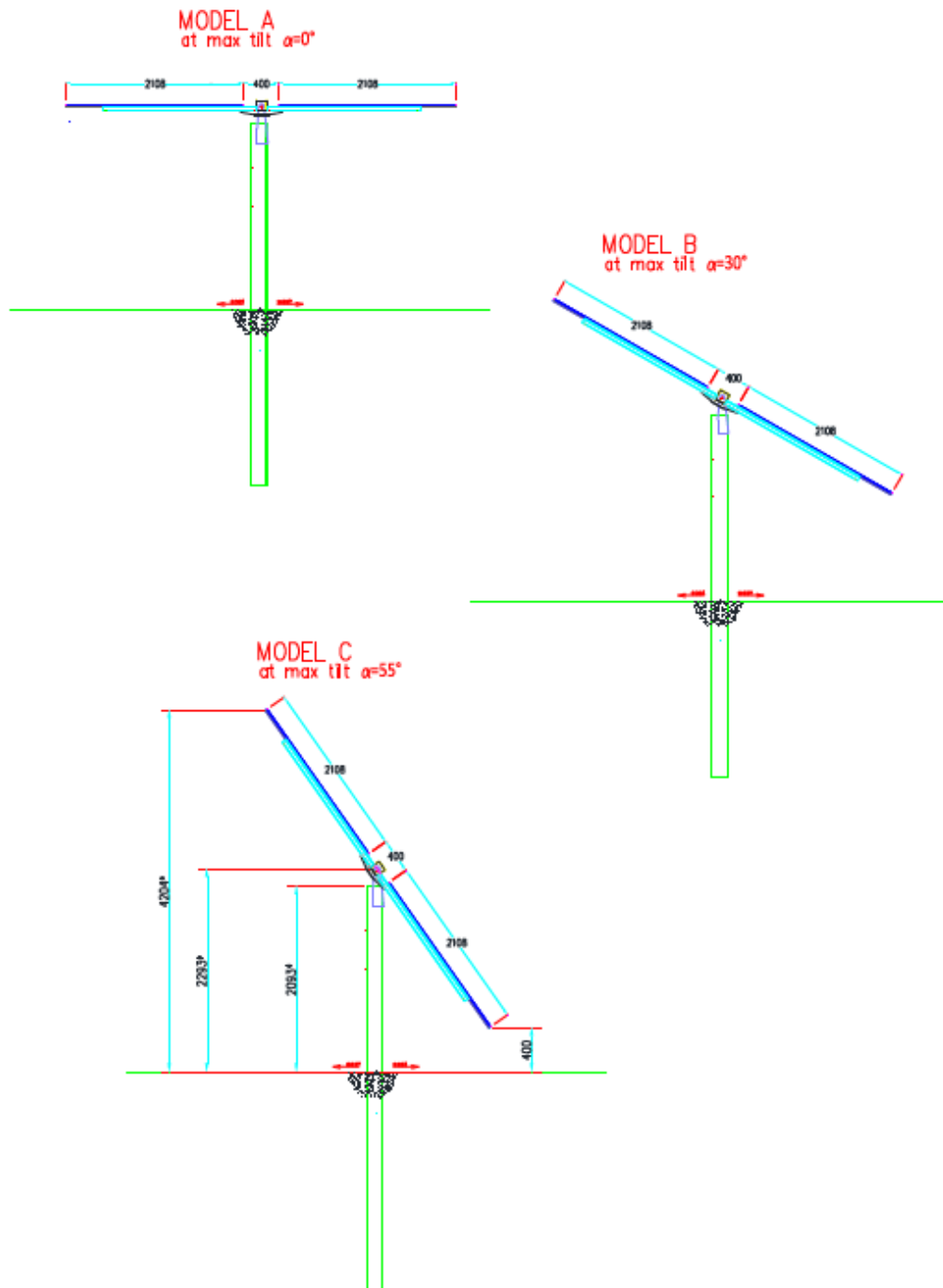
Vite 8.8 - Dado 8	$f_{yb}=649 \text{ N/mm}^2$	$f_{tb}=800 \text{ N/mm}^2$
-------------------	-----------------------------	-----------------------------

=: **Saldature.**

Eventuali saldature dell'acciaio dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

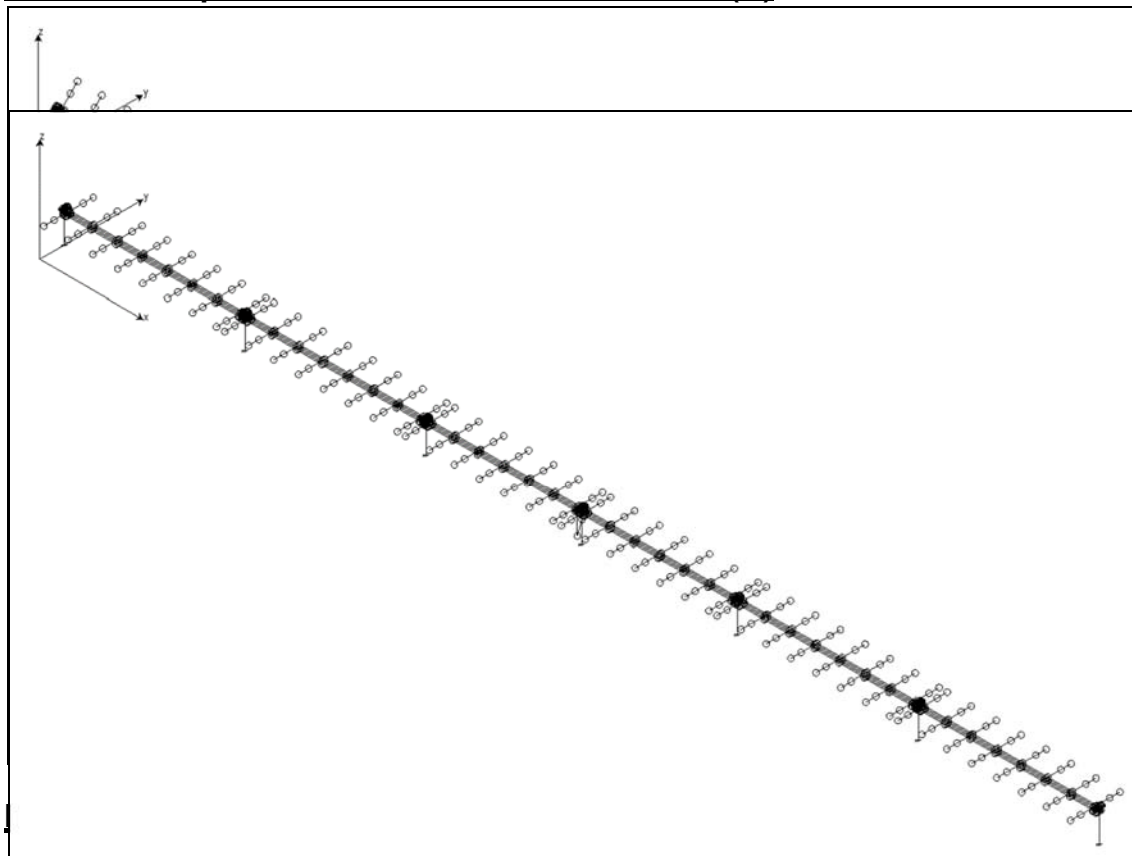
4. SCHEMA GEOMETRICO E MODELLO CON ELEMENTI FINITI

Di seguito viene riportato uno schema delle dimensioni geometriche per le n°2 configurazioni $\alpha=45^\circ$ e $\alpha=0^\circ$.

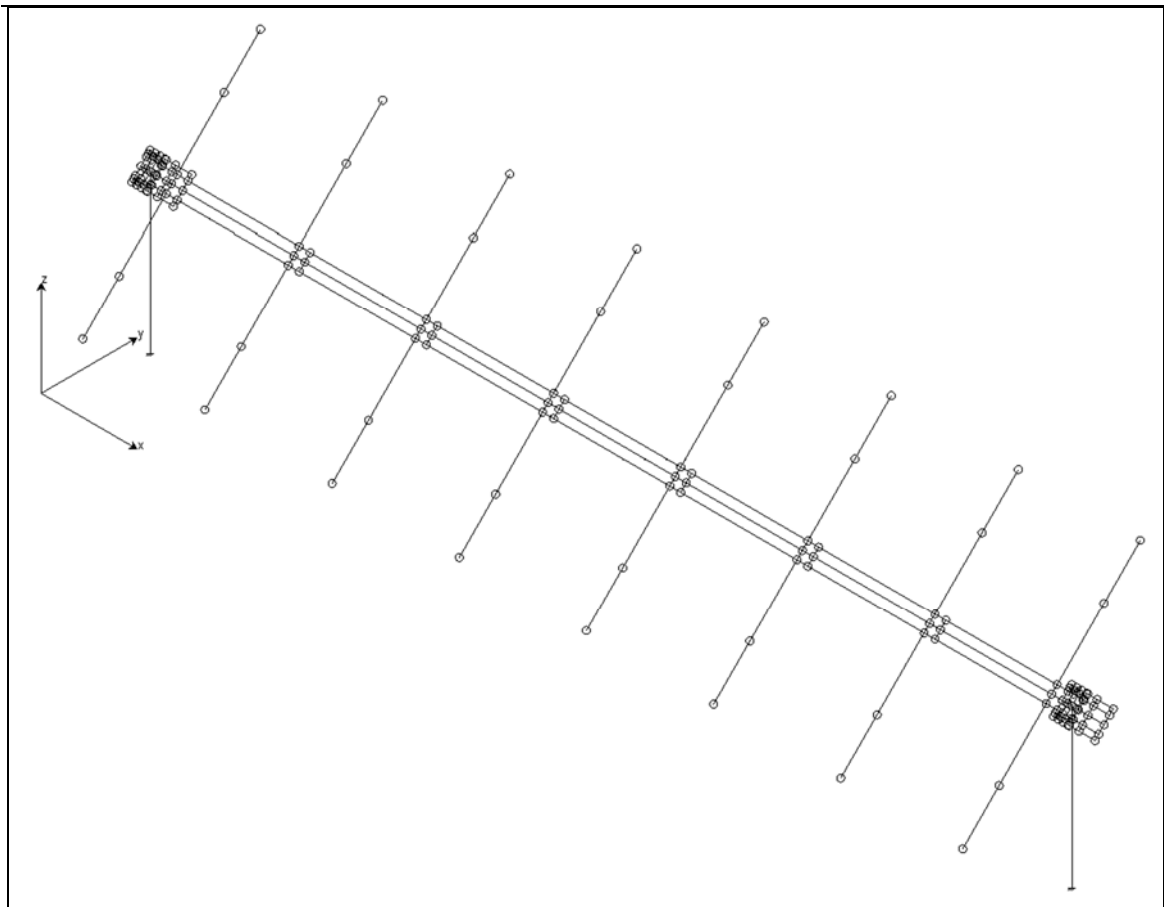


Lo schema del modello di calcolo agli elementi finiti è stato sviluppato mediante l'utilizzo del programma della software house EnExSys denominato Winstrand (version 2010 – 029).

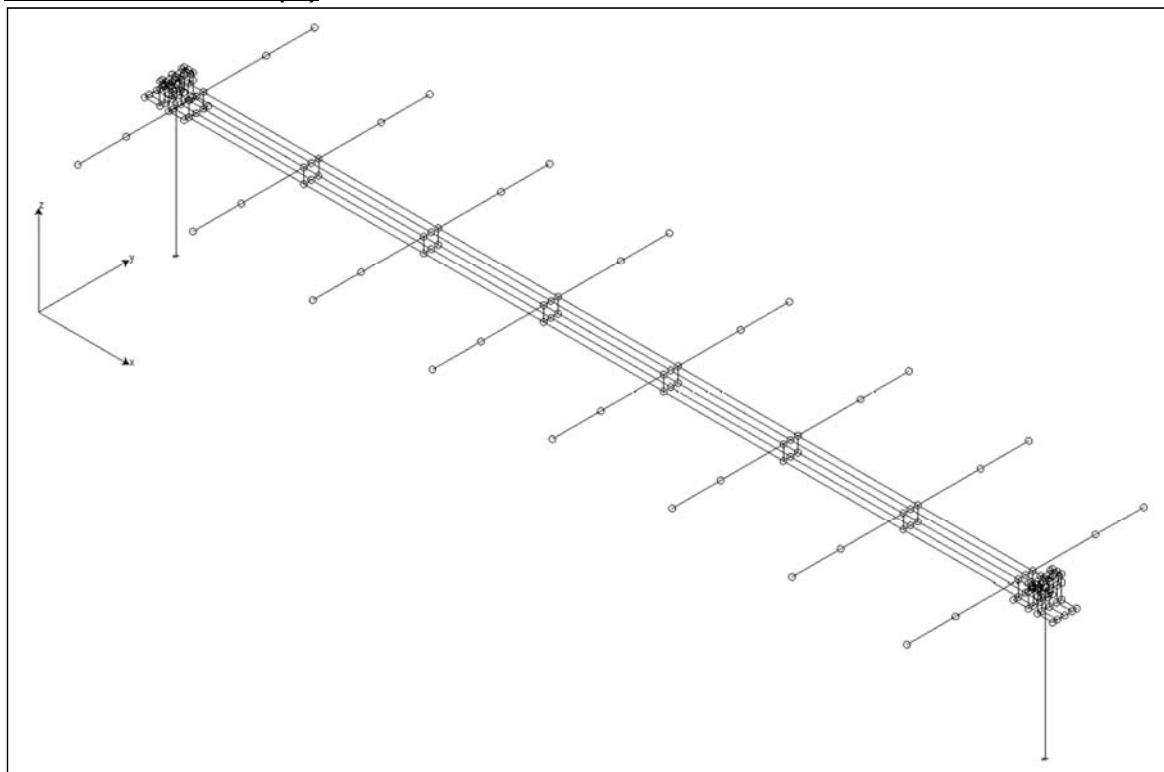
Modello complessivo con n°6 moduli – Modello (A)



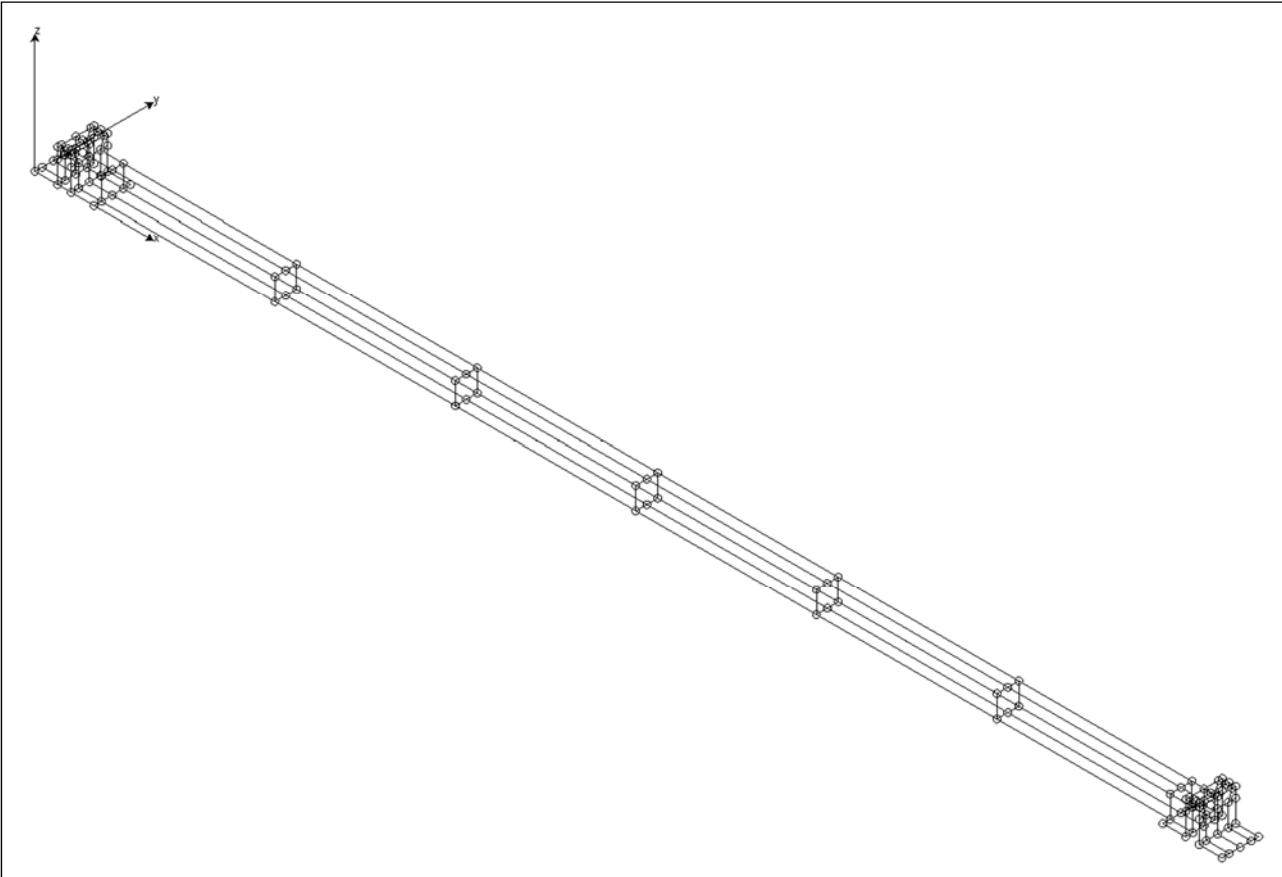
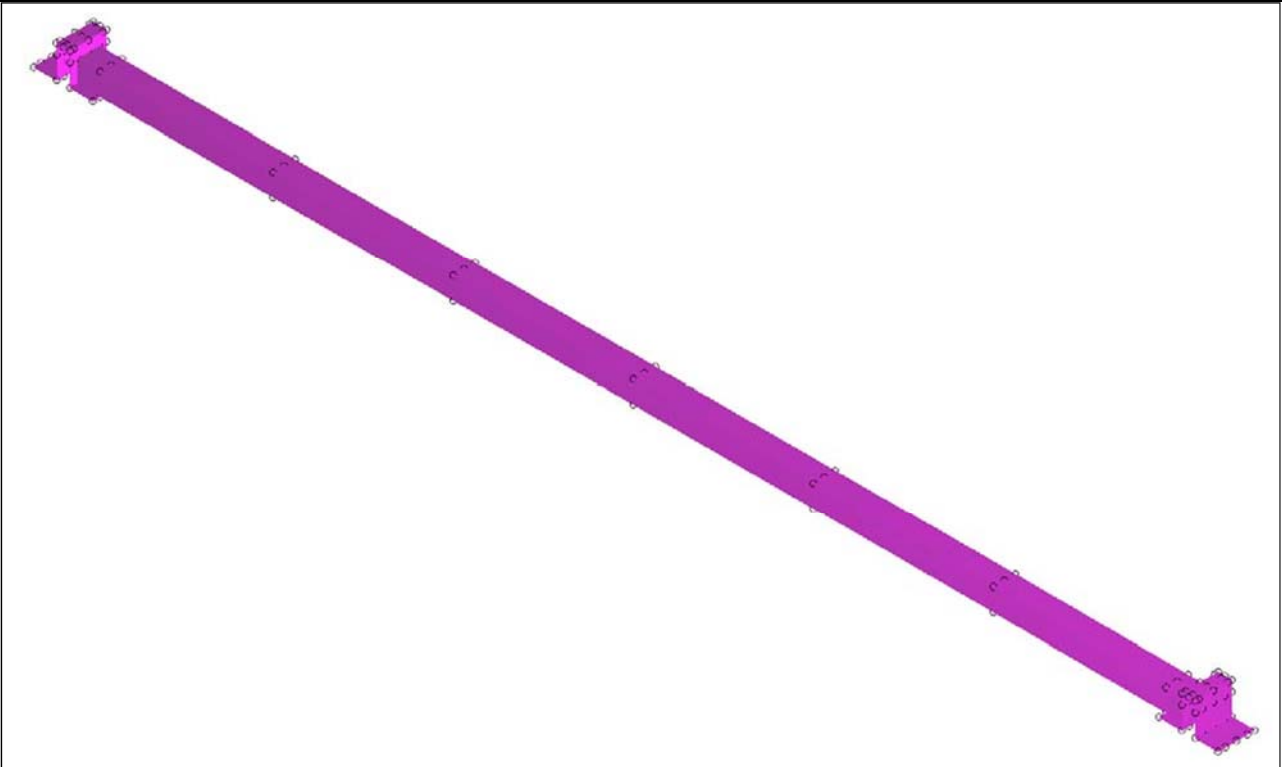
Modulo- Modello (A)



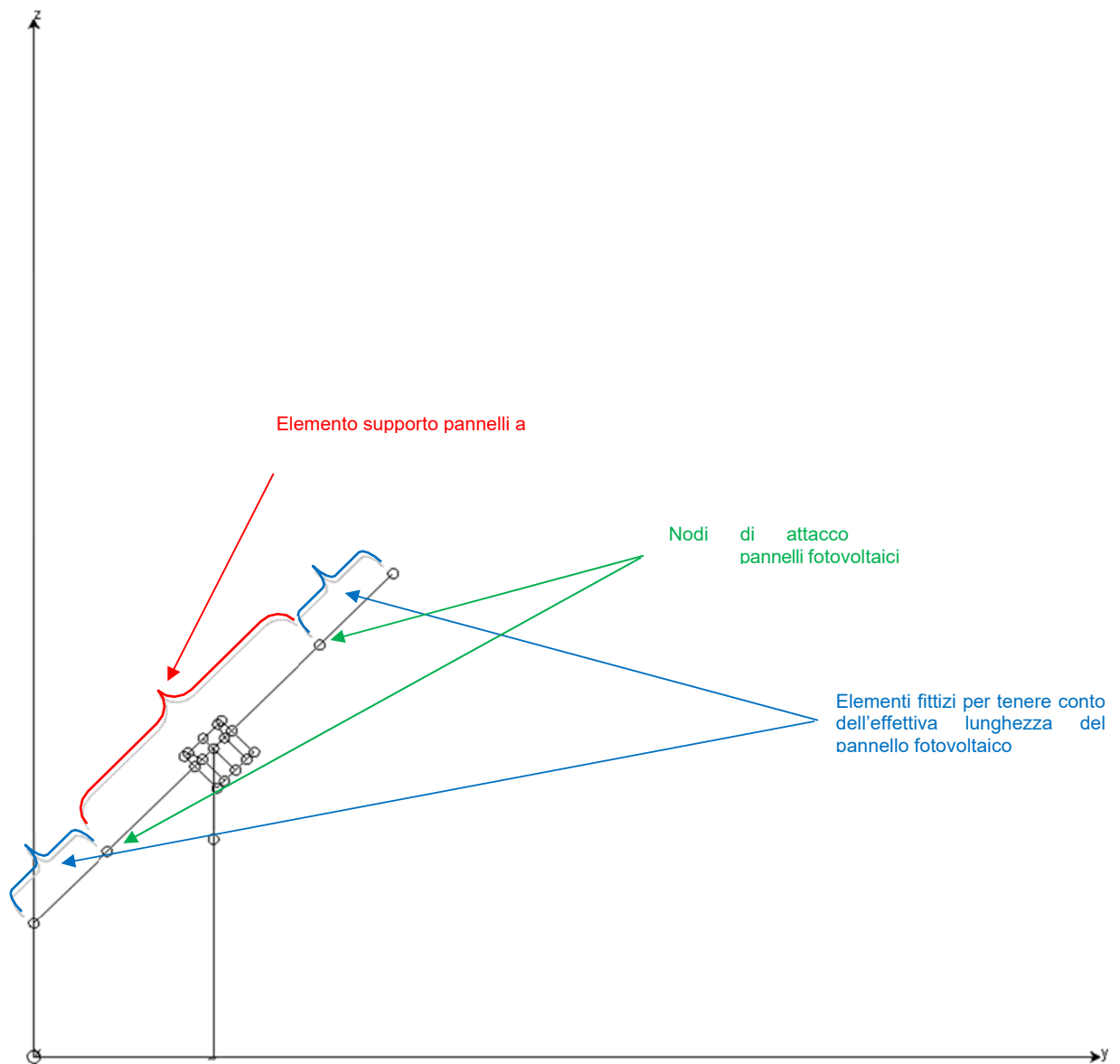
Modulo- Modello (B)



Schema – Tubolare centrale + selle



Schema Sezione Strutturale



Non si prende in considerazione il calcolo per la configurazione del tracker con inclinazione dell'asse longitudinale pari a $\pm 2^\circ$, in quanto tale inclinazione rappresenta un valore compatibile con quello di errore di montaggio.

5. COMBINAZIONE DEI CARICHI E CRITERI DI VERIFICA

La combinazione dei carichi agenti sulla struttura e la conseguente verifica strutturale viene fatta in accordo con quanto prescritto dal DM 14/01/08. La relazione fondamentale per la verifica è data dalla seguente espressione

$$E_d \leq R_d = \frac{R_k}{\gamma_{NO}}$$

In accordo con l'Eurocodice 3 per le verifiche è stato considerato:

R_k → Valore caratteristico di Resistenza;

$\gamma_{m0}=1,05$ → Coefficiente parziale di resistenza di Resistenza per acciaio;

Il criterio utilizzato per la progettazione è l'Approccio 1 in accordo al cap. 02 del DM 14/01/08 che considera per le verifiche strutturali i valori dei coefficienti parziali riportati in Tabella 2.6.I colonna A1 STR, come pure per le verifiche geotecniche sono considerati i coefficienti parziali riportati in Tabella A1.2(C).

Combinazione per le verifiche allo STATO LIMITE ULTIMO di resistenza:

$$E_d = \sum_{j \in I} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_Q \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \in I} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Combinazione per le verifiche per azioni dovute al SISMA:

$$E_d = \sum_{j \in I} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + E + \sum_{i \in I} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

In cui i parametri sono:

$G_{k,j}$ → Valore caratteristico dei Carichi Permanenti;

$\gamma_G = \gamma_{G,j} = \{1,30; 1,00\}$ → Coefficiente parziale per i Carichi Permanenti;

$Q_{k,1}$ → Valore caratteristico del Carico Accidentale principale;

$Q_{k,i}$ → Valore caratteristico dei Carichi Accidentali secondarie;

E → Valore caratteristico dell'azione Sismica;

$\gamma_Q = \gamma_{Q,i} = \{1,50; 0\}$ → Coefficiente parziale per i Carichi Accidentali;

$\psi_{0,1} = 0,6$ → Coefficiente parziale per il vento;

$\psi_{1,1} = 0,2$ → Coefficiente parziale per il vento;

$\psi_{2,1} = 0$ → Coefficiente parziale per il vento;

$\psi_{0,2} = 0,7$ → Coefficiente parziale per la neve;

$\psi_{1,2} = 0,5$ → Coefficiente parziale per la neve;

$\psi_{2,2}=0,2 \rightarrow$ Coefficiente parziale per la neve;

6. ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti portanti definiti – G1:

I carichi permanenti del peso proprio è inserito nella Condizione (1) ed è generato in automatico dal programma di carichi

- Palo $\Omega 101 \times 108 \times 40 \times 4 \text{mm}$ 114 N/m
- Traverso Tubolare $120 \times 120 \times 3 \text{mm}$ 108 N/m
- Elementi di supporto pannelli centrali – $\Omega 34 \times 33 \times 24 \times 2 \text{mm}$ 21 N/m
- Elementi di supporto pannelli laterali – $Z 30 \times 24 \times 3 \text{mm}$ 16 N/m

Nel modello di calcolo i carichi sono generati in automatico tramite le caratteristiche geometriche degli elementi e la definizione del materiale acciaio.

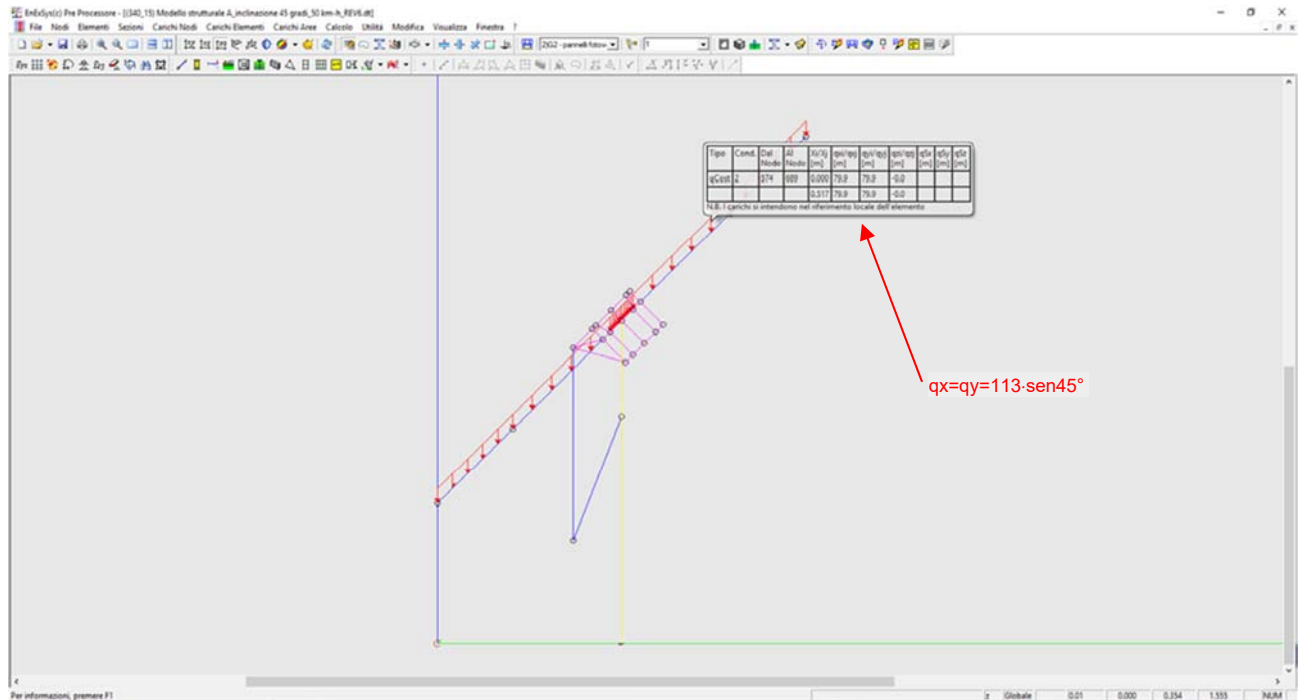
Carichi permanenti portati pienamente definiti – G2:

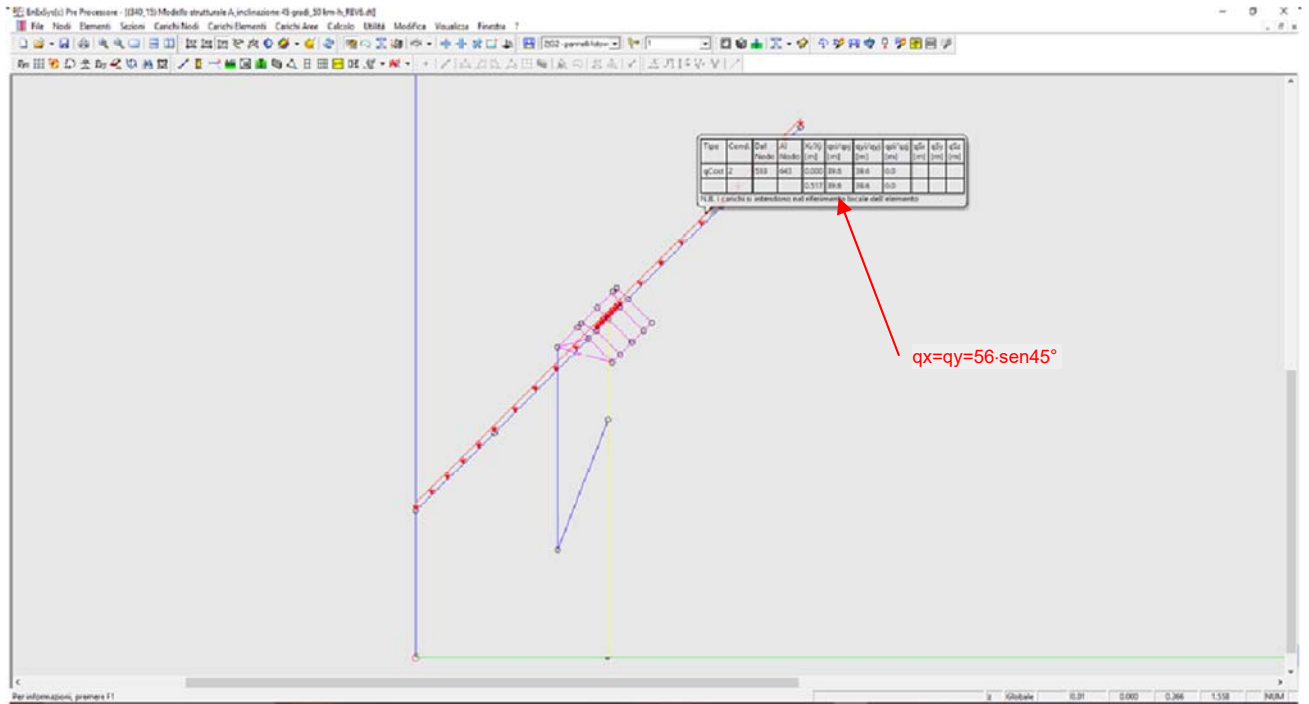
- Pannelli fotovoltaici (dim. $1954 \times 982 \text{mm}$; $p=220 \text{N}$) 115 N/m^2

Nel modello di calcolo i carichi sono stati applicati con carichi distribuiti linearmente coerentemente con il modello reale:

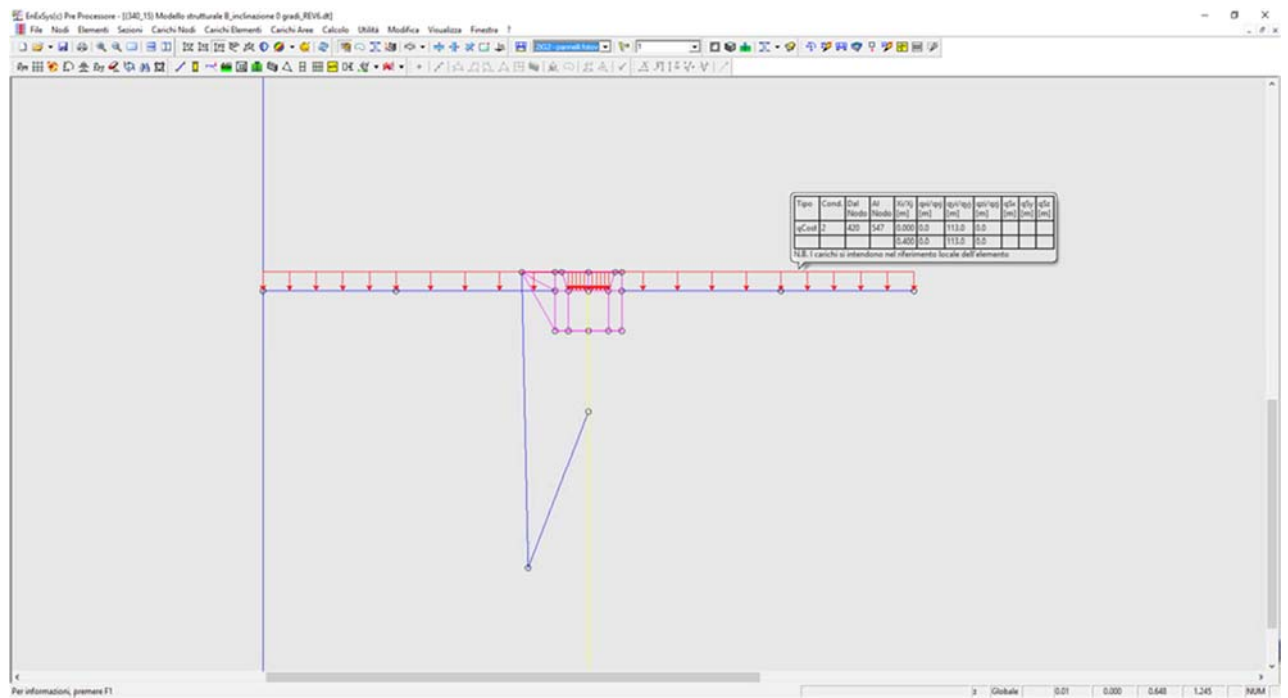
- cond.2 \rightarrow G2 - pannelli fotovoltaici – elemento $\Omega \square P_z = 220 / 1,954 = 113 \text{ N/m}$
- cond.2 \rightarrow G2 - pannelli fotovoltaici – elemento Z $P_z = 220 / 1,954 \cdot 0,50 = 56 \text{ N/m}$

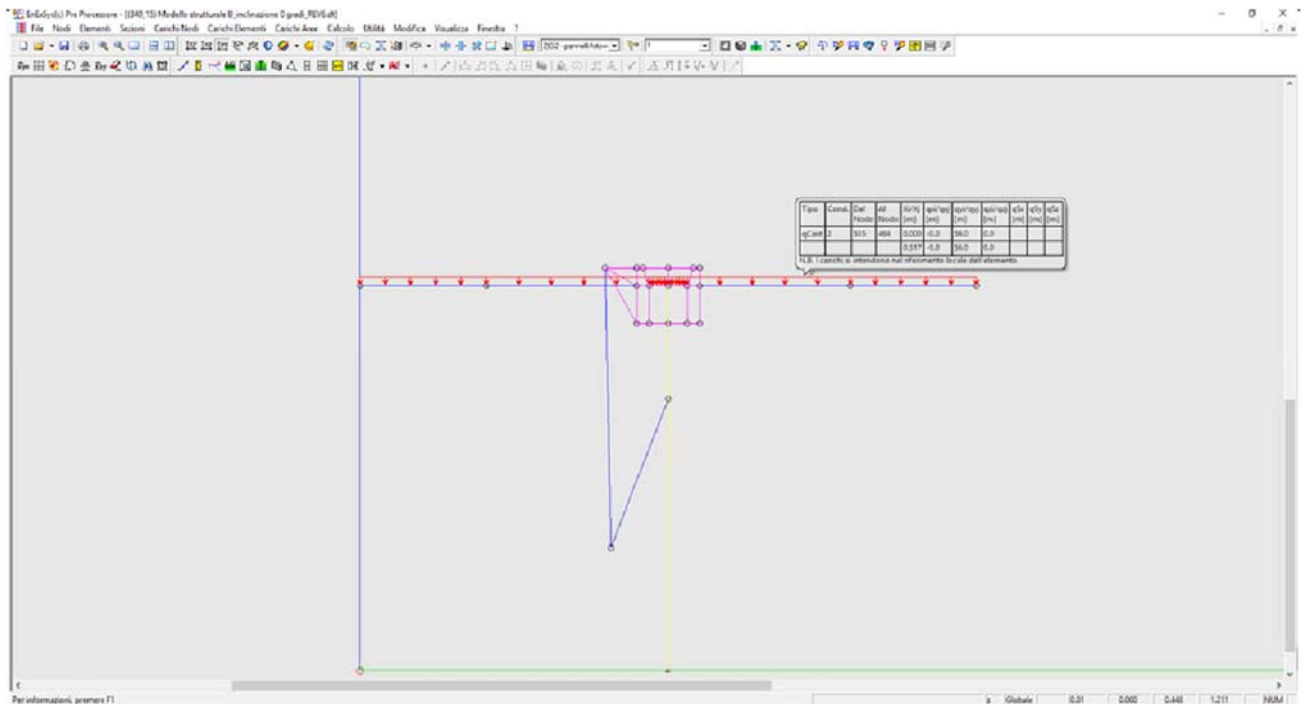
Modello A – $\alpha=45^\circ$





Modello B - $\alpha=0^\circ$





Carichi accidentali - vento – $Q_{kd,vento}$

La determinazione del carico accidentale vento è ricavata in base alla Normativa italiana DM 14/01/2008 e in base alle indicazioni contenuto della Circolare esplicativa n°617 del 02/02/2009.

Il carico statico equivalente dato dal vento viene determinato in base a

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

Dove

- q_b è la pressione cinetica di riferimento come indicata di seguito;
- c_e è il coefficiente di esposizione come indicato di seguito;
- c_p è il coefficiente di forma come indicato di seguito;
- c_d è il coefficiente dinamico che per la struttura in esame può essere assunto pari a 1;

Pressione cinetica - q_b

La pressione cinetica è calcolata con la seguente formula

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$$

dove

v_b è la velocità di riferimento del vento (in m/s);

ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 kg/m³.

Per il calcolo di v_b si tiene conto del periodo di ritorno $T_r=20$ anni, come richiamato al punto C3.3.2 della Circolare esplicativa n°617 del 02/02/2009, mediante la seguente espressione:

$$v_b(T_R) = \alpha_R v_b$$

Dove:

- α_R è un coefficiente che ha la seguente espressione:

$$\alpha_R = 0,75 \sqrt[1 - 0,20 \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]} = 0,75 \sqrt[1 - 0,20 \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{20} \right) \right]} = 0,947$$

- v_b è la velocità di riferimento del vento associata a un periodo di ritorno di 50 anni; La determinazione della velocità di riferimento dipende dall'ubicazione geografica e dall'altezza del sito sul livello del mare in base alla seguente tabella:

Tabella 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_a

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,010
2	Emilia Romagna	25	750	0,015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,020
7	Liguria	28	1000	0,015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,020

Con

$$v_b = v_{b,0} \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

Il sito ricade in zona 3 essendo nel Comune di xxxxxxxxxxxxxxxx ad una quota di circa $a_s=40$ m a.l.m., pertanto $v_{b,0} = 27$ m/sec

quindi

$$v_b = v_{b,0} \cdot \alpha_R = 27 \cdot 0,947 = 25,6 \text{ m/sec}$$

Pertanto la Pressione cinetica del vento è pari a

$$q_b = \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25,6^2 = 409 \text{ N/m}^2$$

In realtà la struttura è dotata di un anemometro che posiziona i pannelli con inclinazione di $\alpha=0^\circ$, una volta rilevata una velocità pari a $v_b'=50$ Km/h= $13,89$ m/sec., quindi il calcolo con la massima velocità di progetto pari a $v_b=25,6$ sarà effettuato soltanto per la configurazione che vede i pannelli perfettamente orizzontali.

Coefficiente di esposizione - c_e

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di $z = 200$ m, esso è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

Il sito è ubicato a meno di 10Km dalla costa, la classe di rugosità complessiva dell'intervento può essere considerata la A, in quanto i trackers sono molto fitti formando una schermatura tra loro molto elevata maggiore di una zona urbanizzata.

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa		500m		750m	
	2 km	10 km	30 km			
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**

* Categoria II in zona 1,2,3,4
 Categoria III in zona 5
 ** Categoria III in zona 2,3,4,5
 Categoria IV in zona 1

Tabella 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

I parametri per il calcolo del c_e , per sito con categoria di esposizione IV e avendo un coefficiente topografico pari a $c_t=1$, sono dati dalla seguente tabella:

Tabella 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	k_r	z_0 [m]	z_{\min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Pertanto il calcolo del coefficiente di esposizione è pari a

$$c_e = k_r^2 c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) [7 + c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)] = 0,22^2 \ln\left(\frac{8}{0,30}\right) [7 + \ln\left(\frac{8}{0,30}\right)] = 1,634$$

Coefficiente di forma - c_p

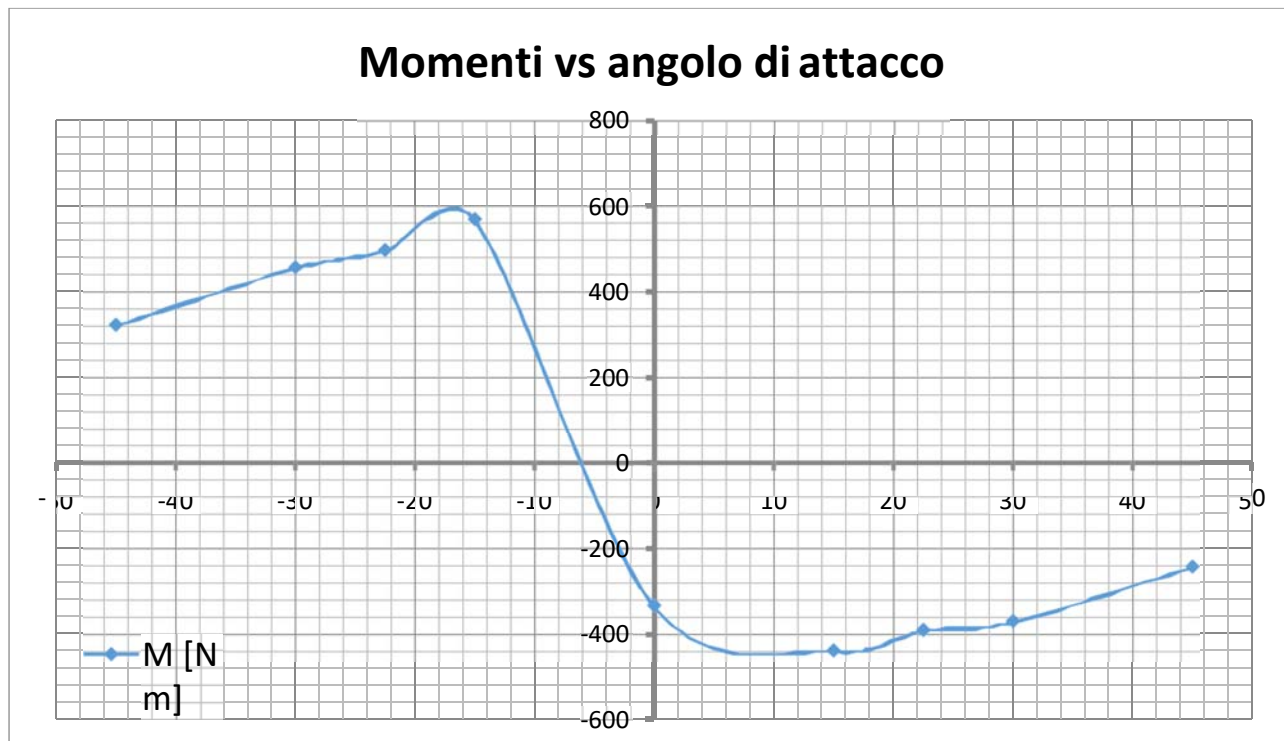
Il coefficiente di esposizione c_p è stato determinato in via analitica con il software Fluent dell'ANSYS, come proposto al punto C.3.3.10 della Circolare esplicativa n°617 del 02/02/2009.

È stata scelta questa strada in quanto la tipologia costruttiva in esame è molto particolare e si allontana dalle costruzioni civili per le quali la norma propone i vari c_p .

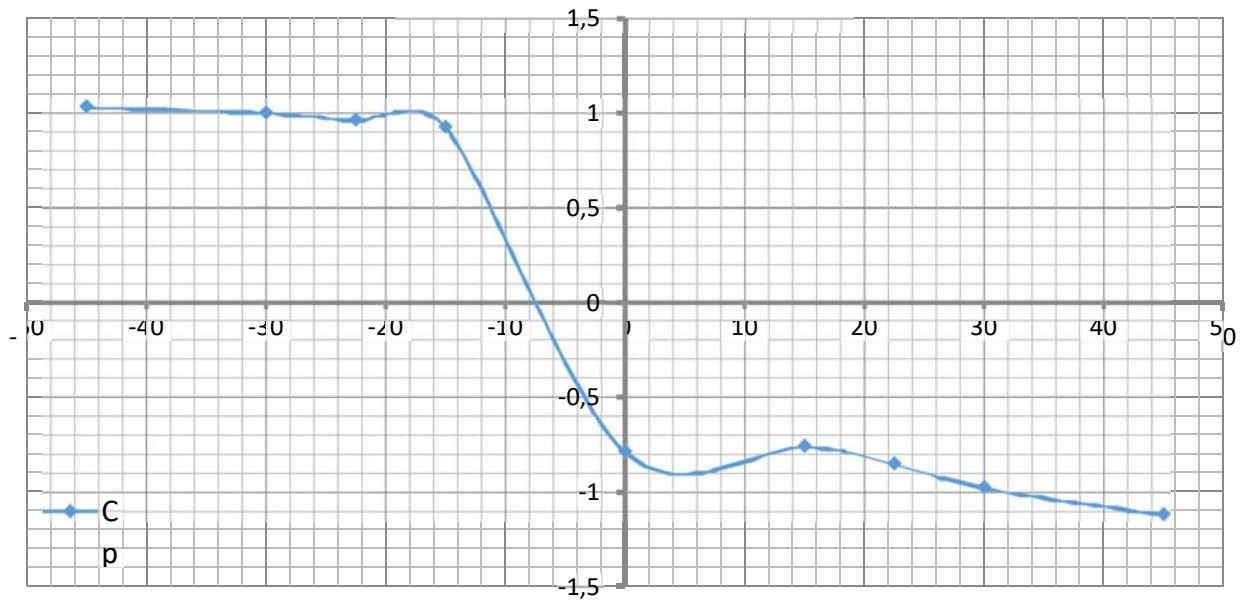
Si riporta uno stralcio delle elaborazioni:

Raw data

Output			
α (°)	M [N m]	Ecc [m]	C_p
-45	322,7	0,185	1,034
-30	456,4	0,270	1,001
-22,5	496,7	0,306	0,963
-15	568,8	0,364	0,926
0	-332,8	0,251	-0,785
15	-437,6	0,342	-0,758
22,5	-389,6	0,272	-0,849
30	-369,1	0,225	-0,974
45	-242,3	0,129	-1,115



Cp vs angolo di attacco

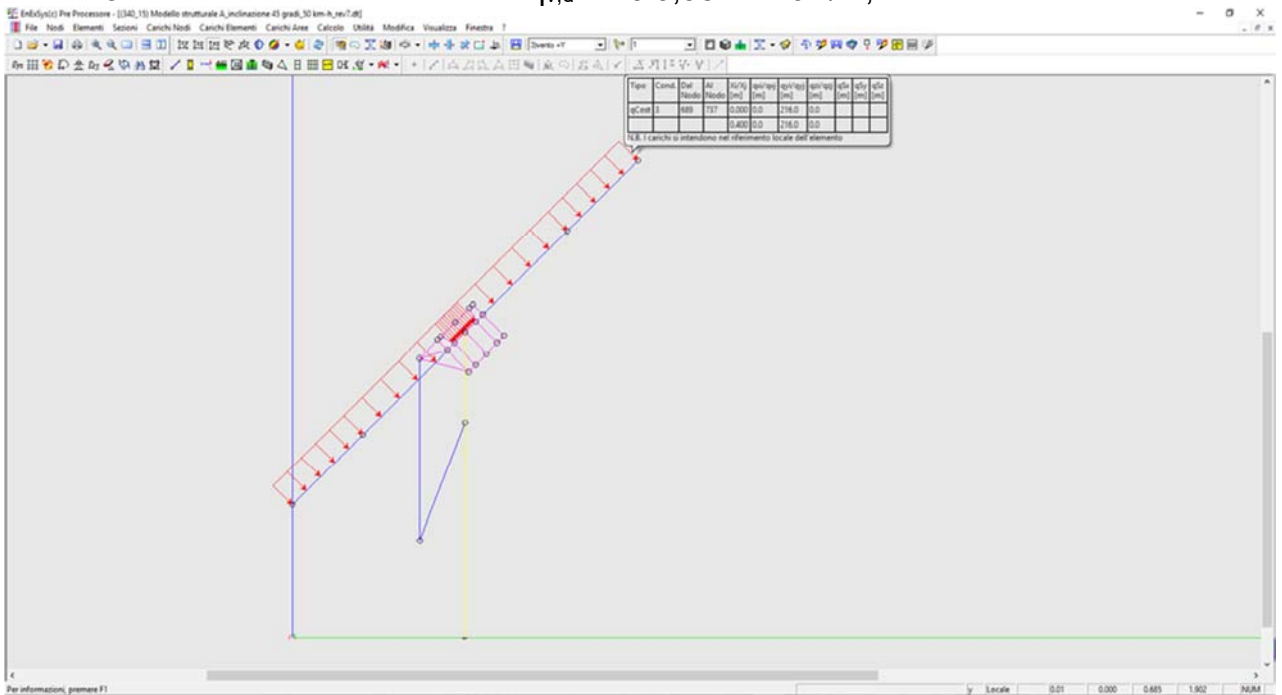


Carichi da vento agenti sulla struttura

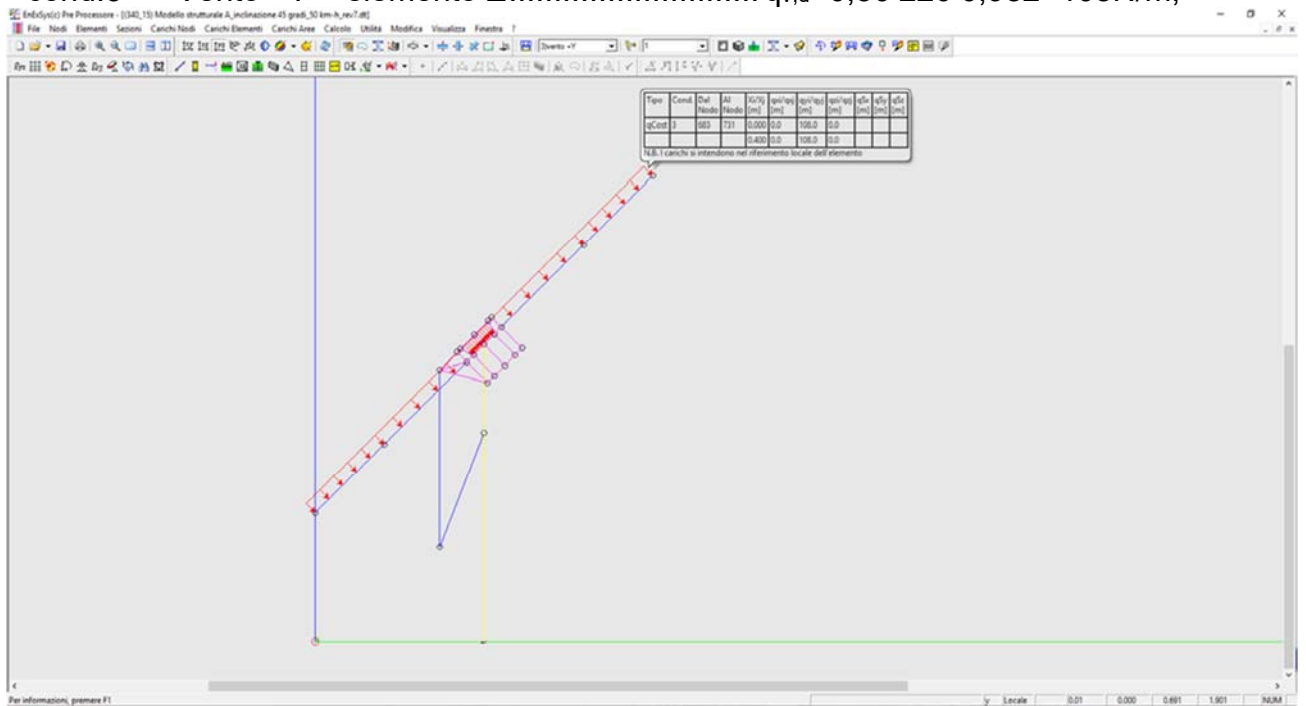
- Modello A ($\alpha=45^\circ$), $v_b=13,89\text{m/sec}$

$$P_{\text{vento,A}} = q_p \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d = 1/2 \rho v_b^2 \cdot 1,634 \cdot 1,115 \cdot 1 = 1/2 \cdot 1,25 \cdot 13,89^2 \cdot 1,634 \cdot 1,115 \cdot 1 = 220 \text{ N/mq}$$

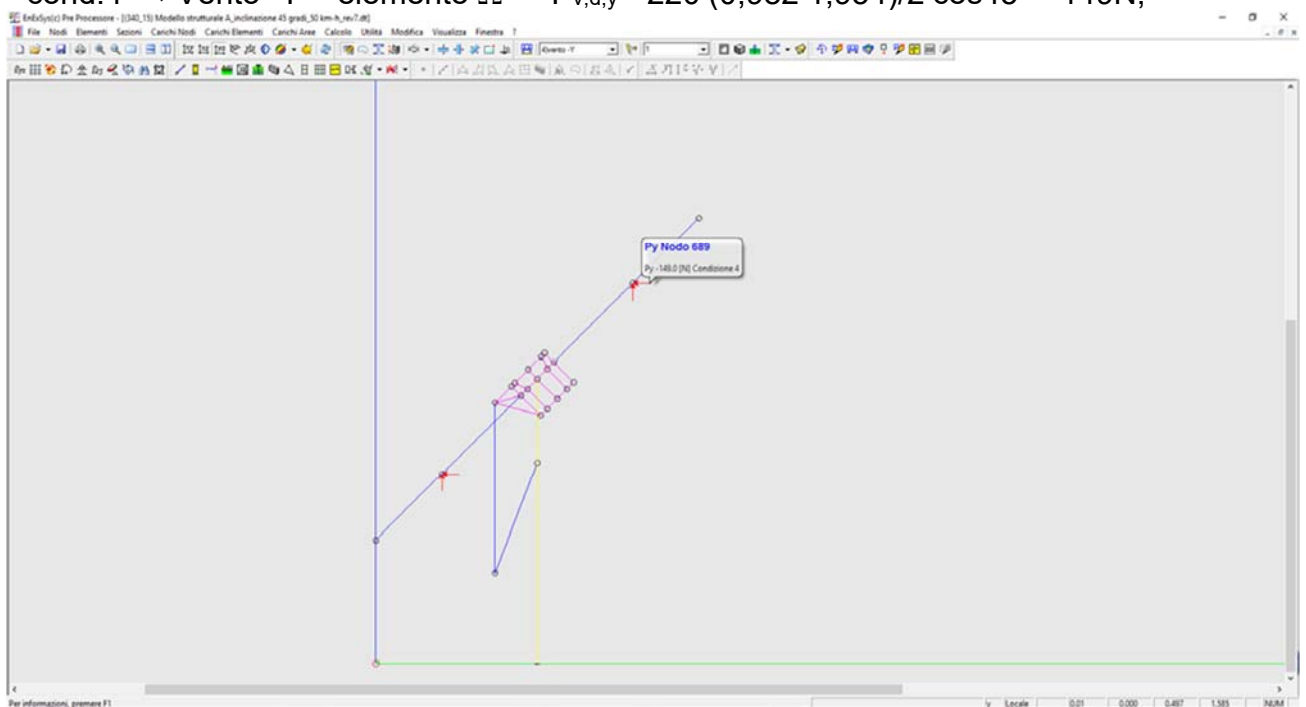
- cond.3 \rightarrow Vento +Y – elemento $\Omega \rightarrow q_{v,d}=220 \cdot 0,982=216\text{N/m}$;



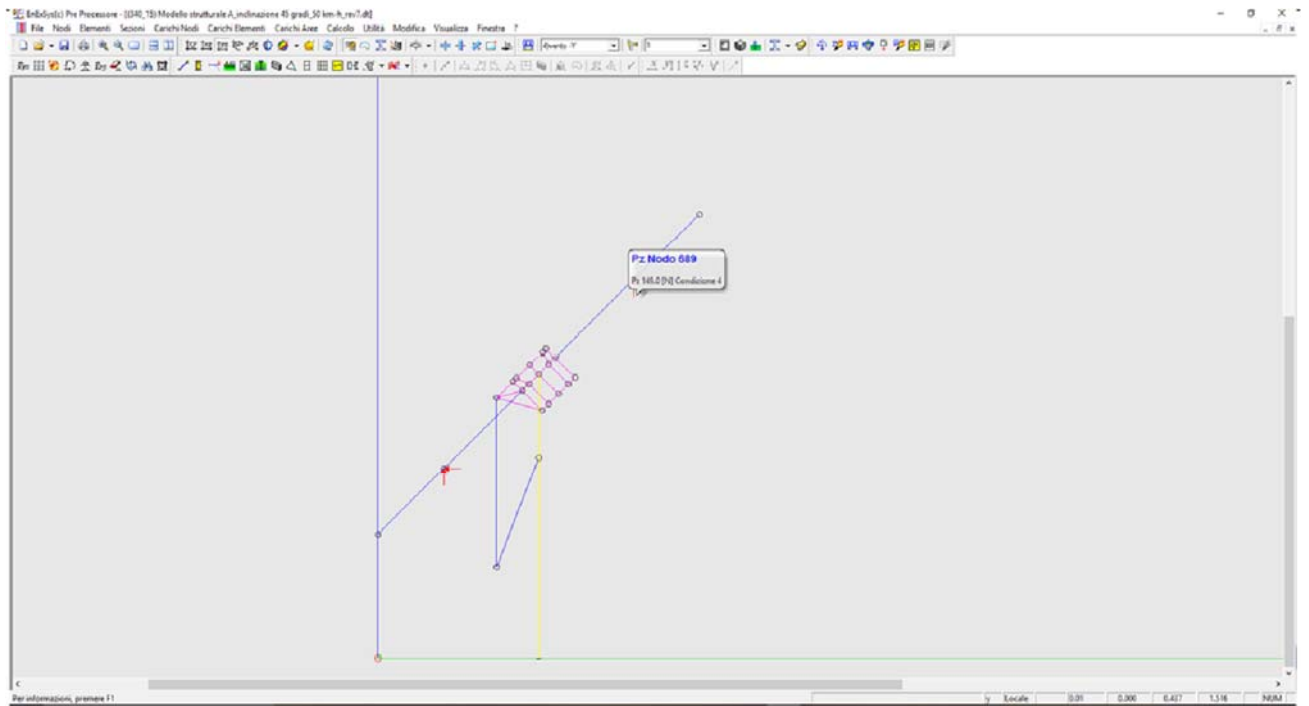
- cond.3 → Vento +Y – elemento Z..... $q_{v,d}=0,50 \cdot 220 \cdot 0,982=108\text{N/m}$;



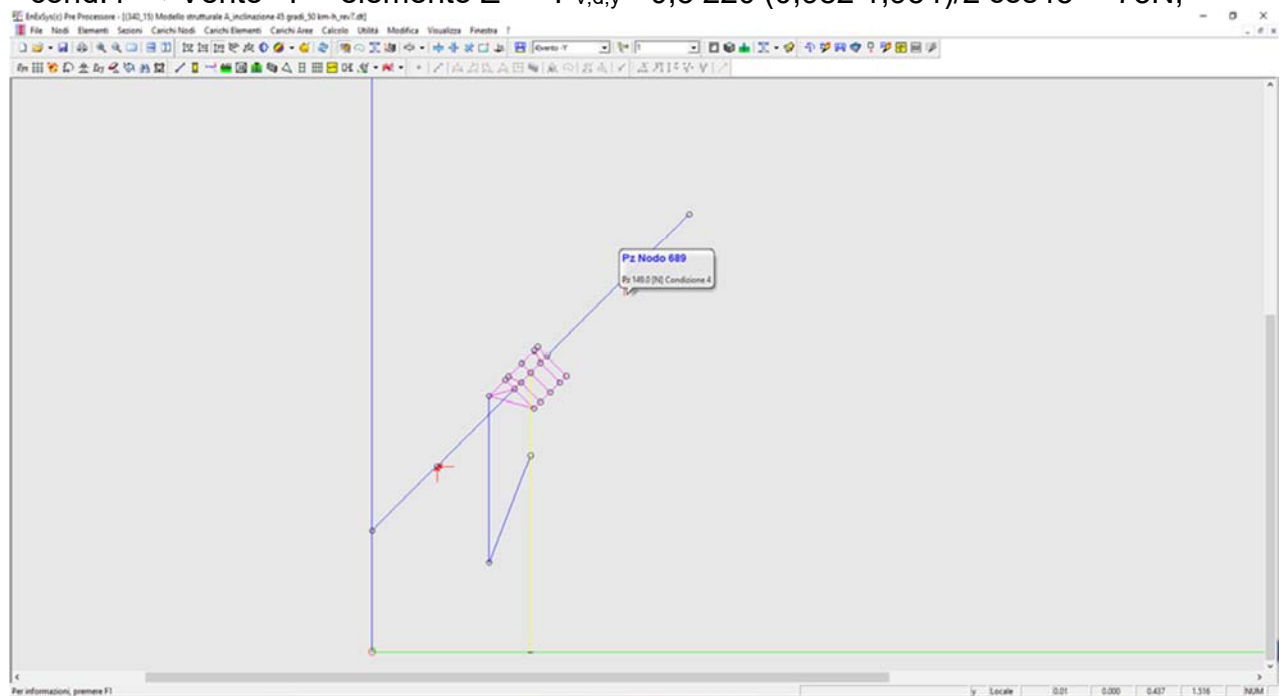
- cond.4 → Vento -Y – elemento Ω $P_{v,d,y}=-220 \cdot (0,982 \cdot 1,954) / 2 \cdot \cos 45^\circ = -149\text{N}$;



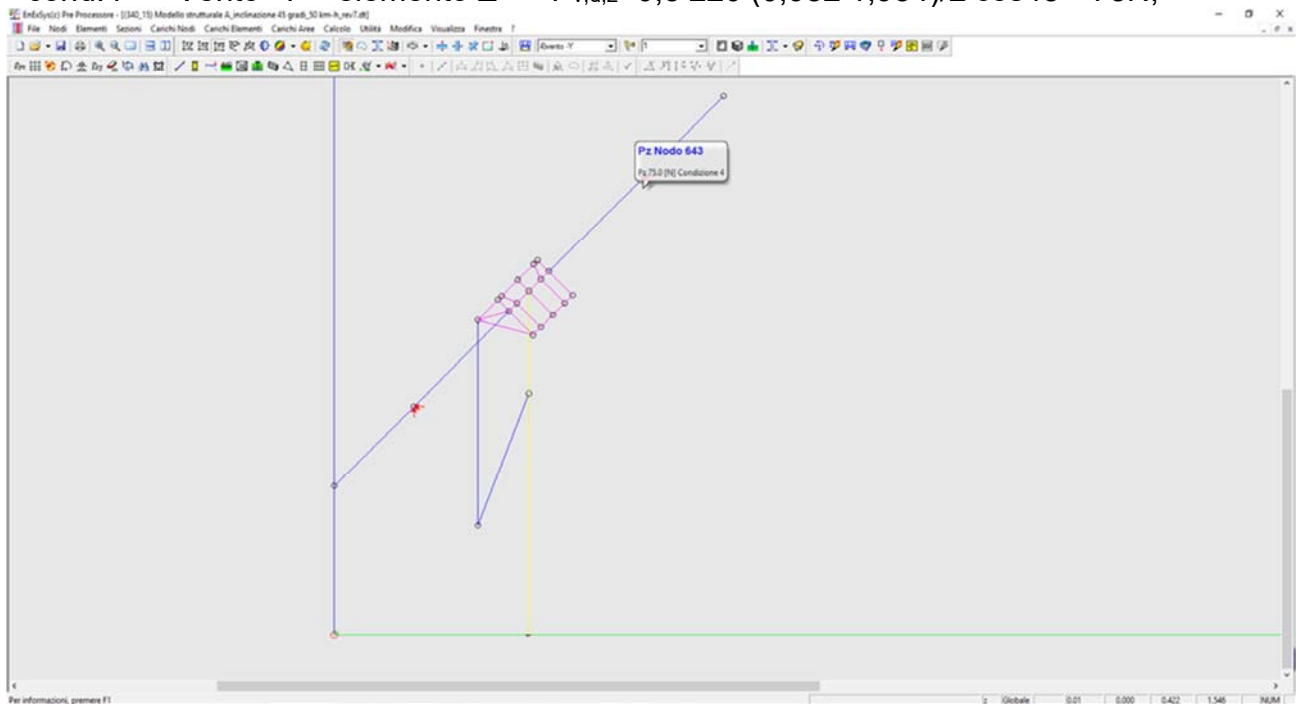
- cond.4 → Vento -Y – elemento Ω $P_{v,d,z}=220 \cdot (0,982 \cdot 1,954) / 2 \cdot \cos 45^\circ = 149\text{N}$;



- cond.4 → Vento -Y – elemento Z $P_{v,d,y} = -0,5 \cdot 220 \cdot (0,982 \cdot 1,954) / 2 \cdot \cos 45^\circ = -75N;$



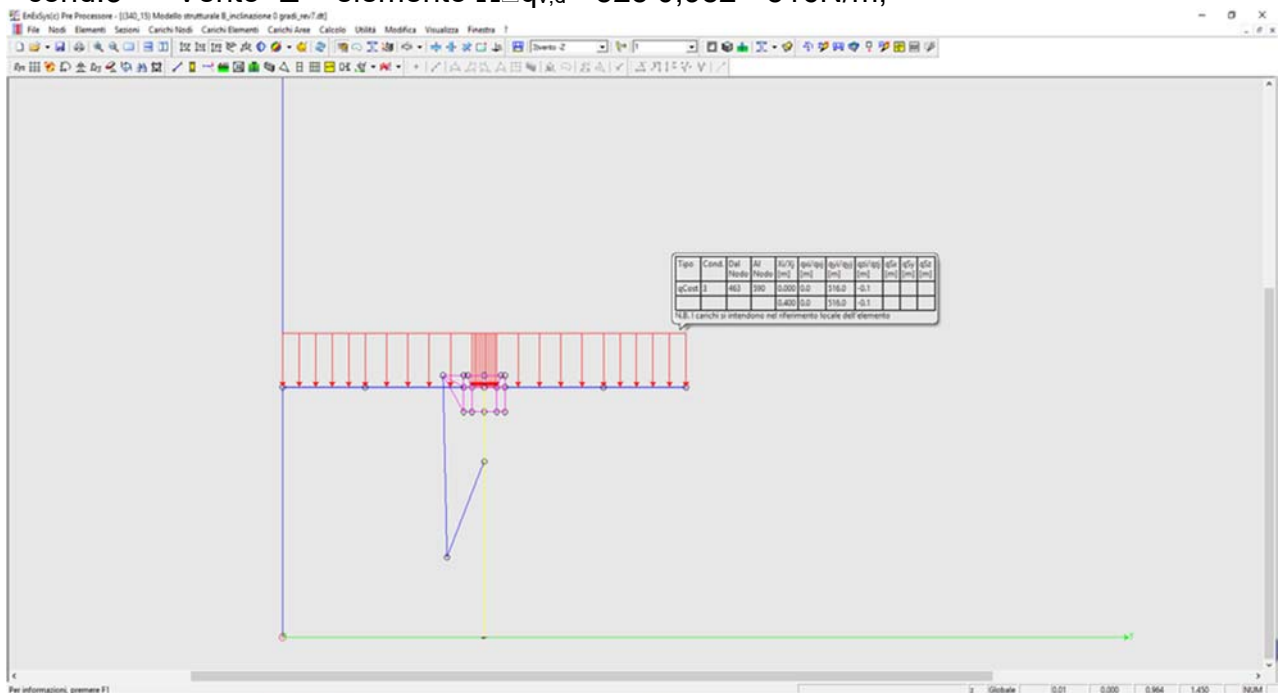
- cond.4 → Vento -Y – elemento Z $P_{v,d,z}=0,5 \cdot 220 \cdot (0,982 \cdot 1,954) / 2 \cdot \cos 45^\circ = 75 \text{N}$;



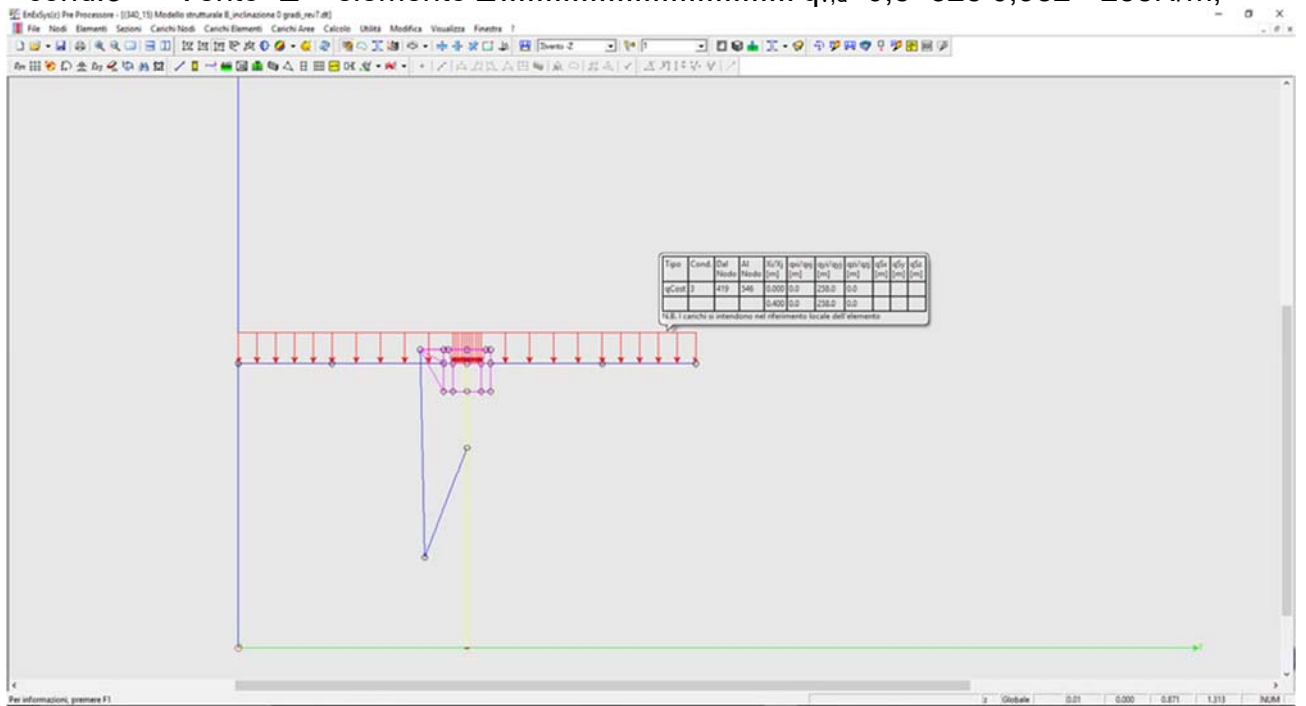
- Modello B ($\alpha=0^\circ$), $v_b=25,60 \text{m/sec}$

$$P_{\text{vento,A}} = q_p \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d = 1/2 \rho v_b^2 \cdot 1,634 \cdot 0,785 \cdot 1 = 1/2 \cdot 1,25 \cdot 25,60^2 \cdot 1,634 \cdot 0,785 \cdot 1 = 525 \text{ N/mq}$$

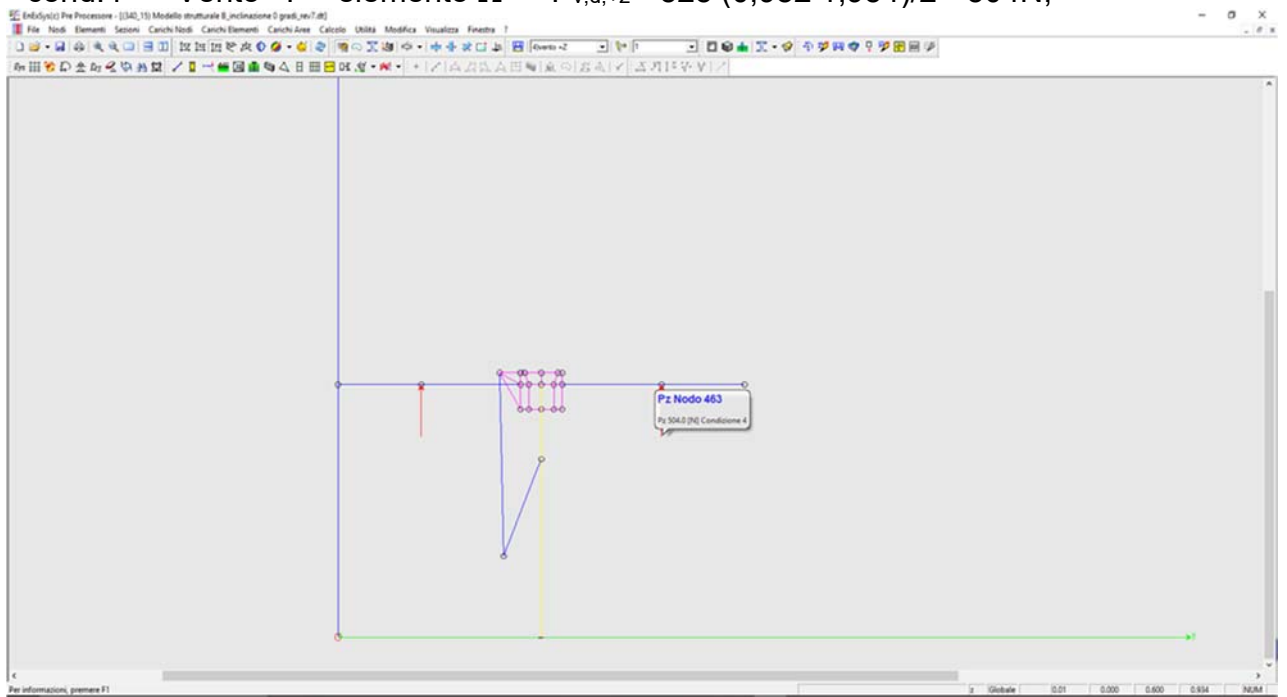
- cond.3 → Vento -Z – elemento Ω $q_{v,d} = -525 \cdot 0,982 = -516 \text{N/m}$;



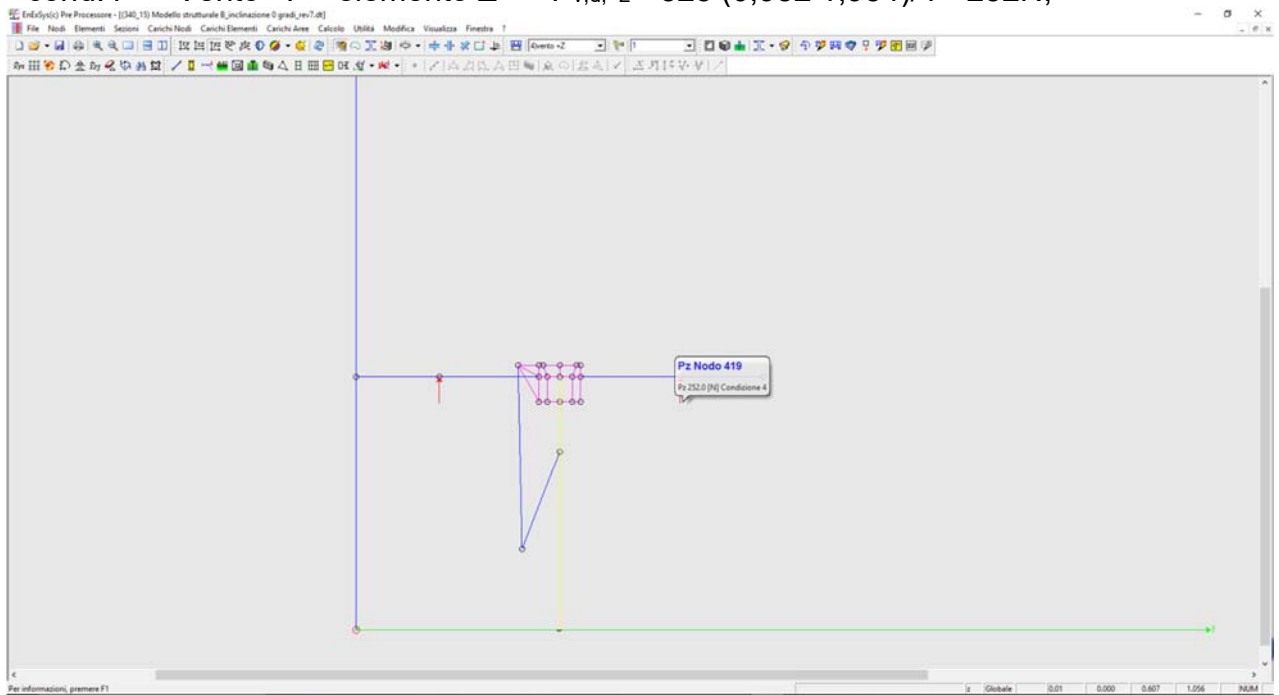
- cond.3 → Vento -Z – elemento Z..... $q_{v,d}=0,5 \cdot -525 \cdot 0,982 = -258 \text{ N/m}$;



- cond.4 → Vento -Y – elemento Ω $P_{v,d,+z} = -525 \cdot (0,982 \cdot 1,954) / 2 = -504 \text{ N}$;



- cond.4 → Vento -Y – elemento Z $P_{v,d,+z} = -525 \cdot (0,982 \cdot 1,954) / 4 = -252N;$



Carichi accidentali - neve - $Q_{kd,neve}$

La determinazione del carico accidentale neve è ricavata in base alla Normativa italiana DM 14/01/2008 e in base alle indicazioni contenuto della Circolare esplicativa n°617 del 02/02/2009.

Il carico statico viene determinato in base alla seguente espressione:

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

dove:

- μ_i è il coefficiente di forma sulla copertura;
- q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m²], per un periodo di ritorno T_r di 50 anni;
- C_E è il coefficiente di esposizione;
- C_t è il coefficiente termico;

Coefficiente di forma - μ_i

Il coefficiente di forma viene calcolato in base alla seguente tabella:

Tabella 3.4.II – Valori del coefficiente di forma

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_i	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Nel caso specifico si ha:

- per la configurazione di $\alpha=45^\circ$ $\mu_i = 0,80 \cdot (60 - \alpha) / 30 = 0,80 \cdot (60 - 45) / 30 = 0,40$;
- per la configurazione di $\alpha=0^\circ$ $\mu_i = 0,80$;

Valore caratteristico del carico neve - q_{sk}

Il valore caratteristico del carico neve è dato dalla normativa DM 14/01/08 nel cap.3.4.2 e dipende dalla zona climatica. Nel caso specifico il sito ricade nella Zona III e per un'altezza sul livello del mare pari ad $a_s=40$ m a.l.m, pertanto si ha

$$q_{sk} = 600 \text{ N/m}^2$$

In realtà tale valore dovrebbe essere ridotto come per il vento di un coefficiente che tiene conto del reale periodo di ritorno della struttura $T_r=20$ anni. Non si procede in tal senso soltanto perché la norma italiana non specifica, a differenza del carico vento, il fattore di riduzione con una formula specifica.

Coefficiente di esposizione - C_E

Il coefficiente di esposizione C_E è utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera.

La tabella da considerare è la 3.4.I da cui risulta $C_E=1$.

Tabella 3.4.I – Valori di C_E per diverse classi di topografia

Topografia	Descrizione	C_E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Coefficiente di esposizione - C_t

Il coefficiente termico C_t può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato $C_t = 1$.

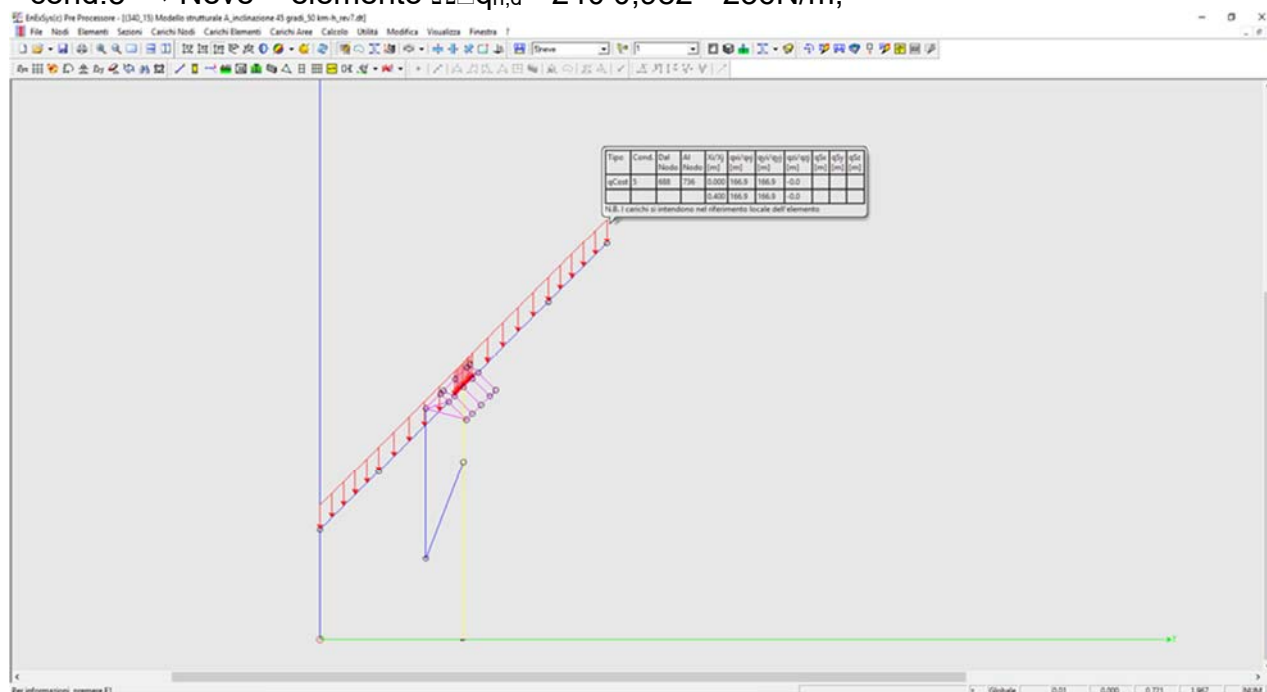
Carichi da neve agenti sulla struttura

Per i modelli si considerano i seguenti carichi neve:

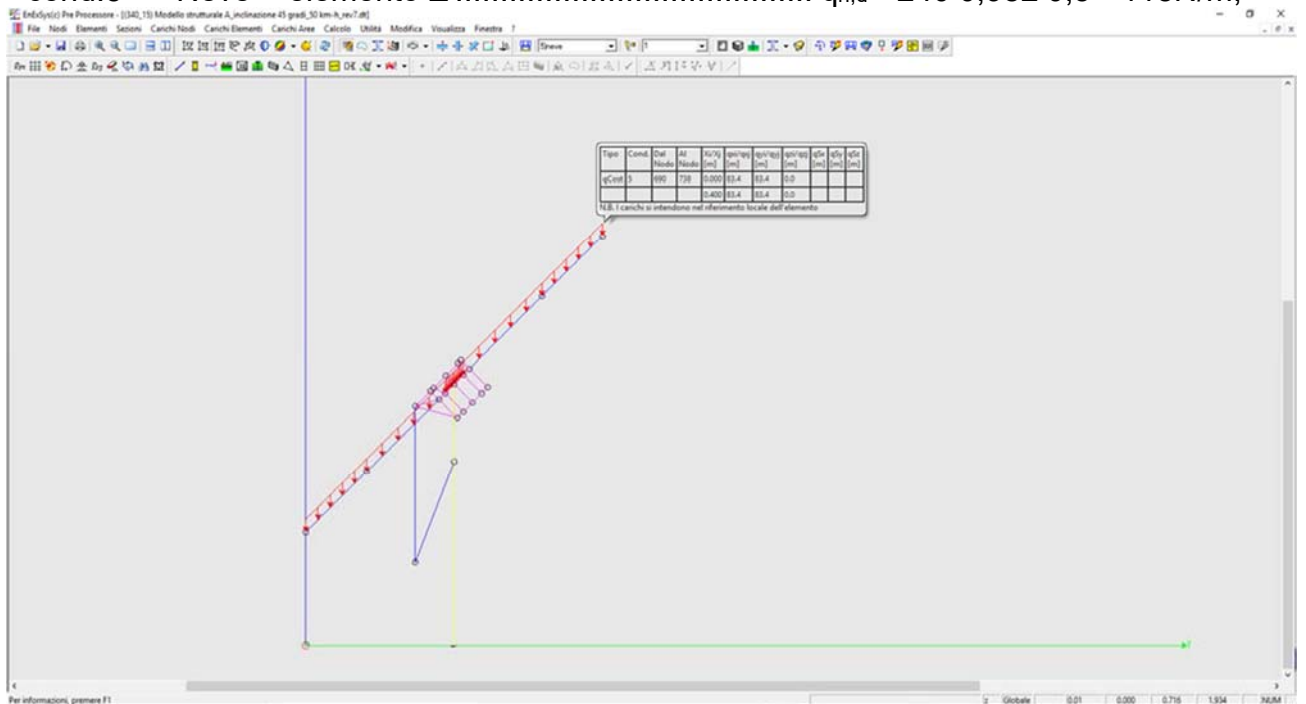
- Modello A ($\alpha=45^\circ$), $\mu_i=0,40$;

$$P_{neve,A} = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t = 0,40 \cdot 600 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 240 \text{ N/mq}$$

- cond.5 \rightarrow Neve – elemento $\Omega \square q_{n,d} = -240 \cdot 0,982 = -236 \text{ N/m}$;



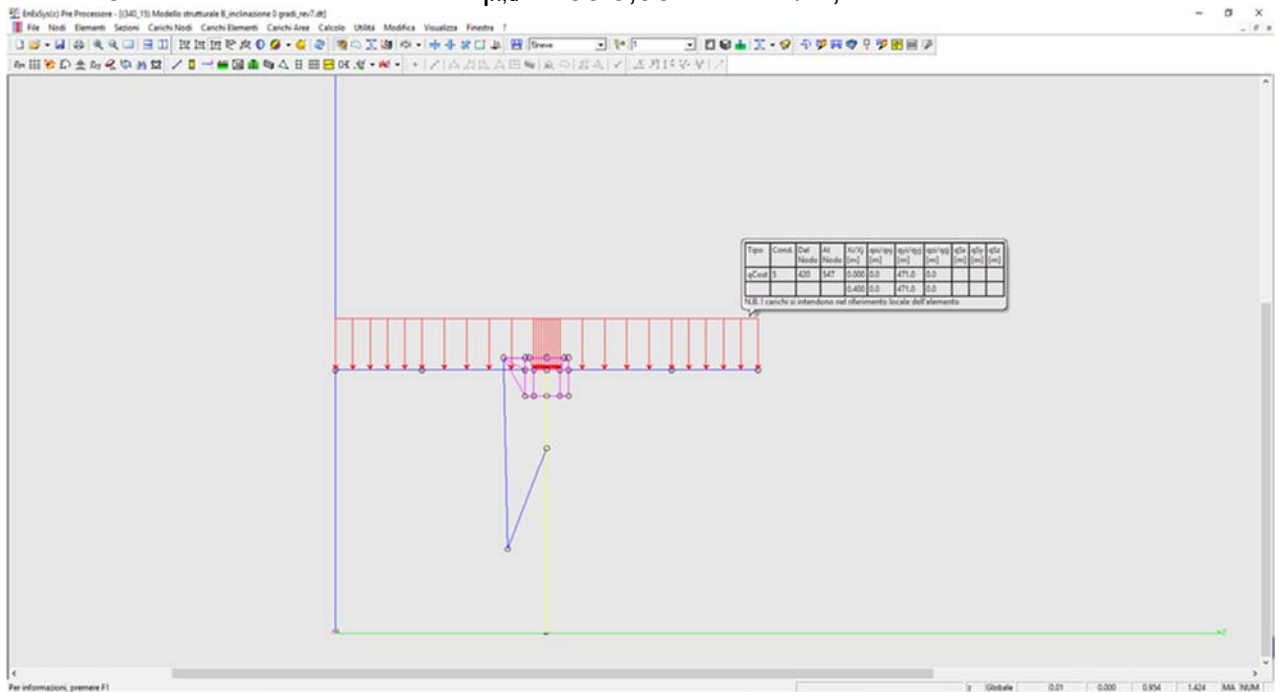
- cond.5 → Neve – elemento Z $q_{n,d} = -240 \cdot 0,982 \cdot 0,5 = -118 \text{ N/m}$;



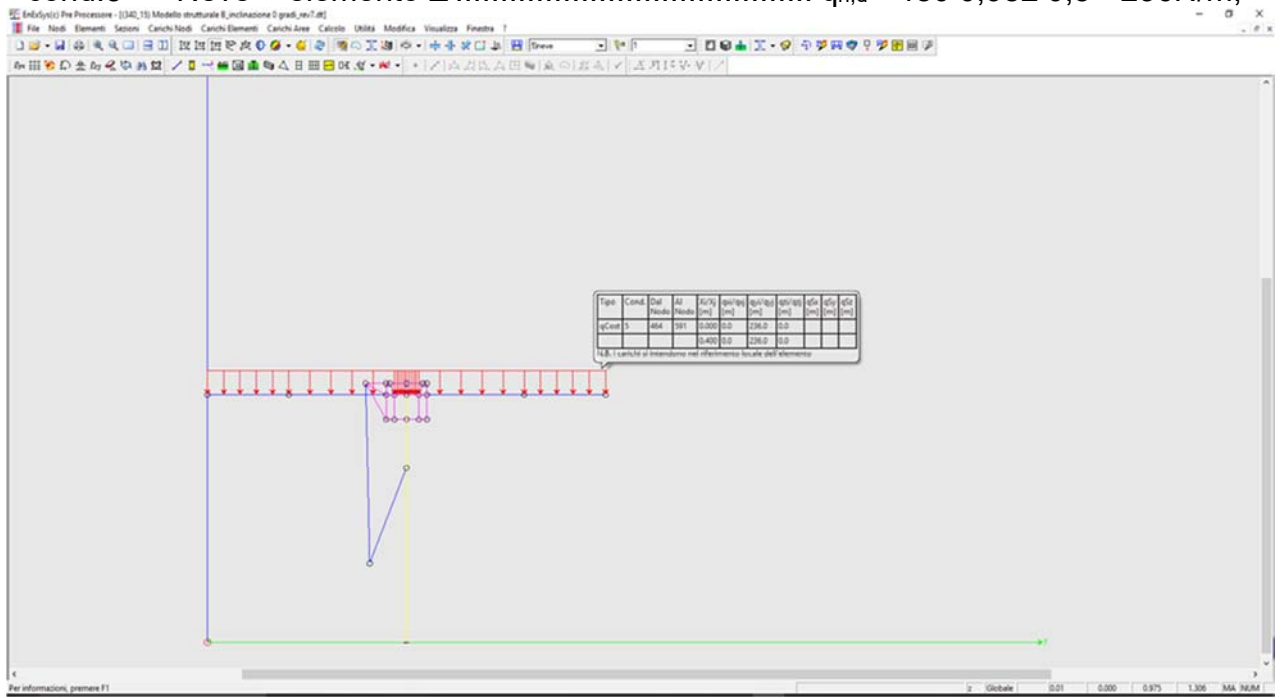
- Modello B ($\alpha=0^\circ$), $\mu_i=0,80$;

$$P_{neve,A} = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t = 0,80 \cdot 600 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 480 \text{ N/mq}$$

- cond.5 → Neve – elemento Ω $q_{n,d} = -480 \cdot 0,982 = -471 \text{ N/m}$;



- cond.5 → Neve – elemento Z $q_{n,d} = -480 \cdot 0,982 \cdot 0,5 = -236 \text{ N/m}$;



7. ANALISI SISMICA

Si riporta il documento di sintesi dei dati utilizzati nel modello di calcolo.

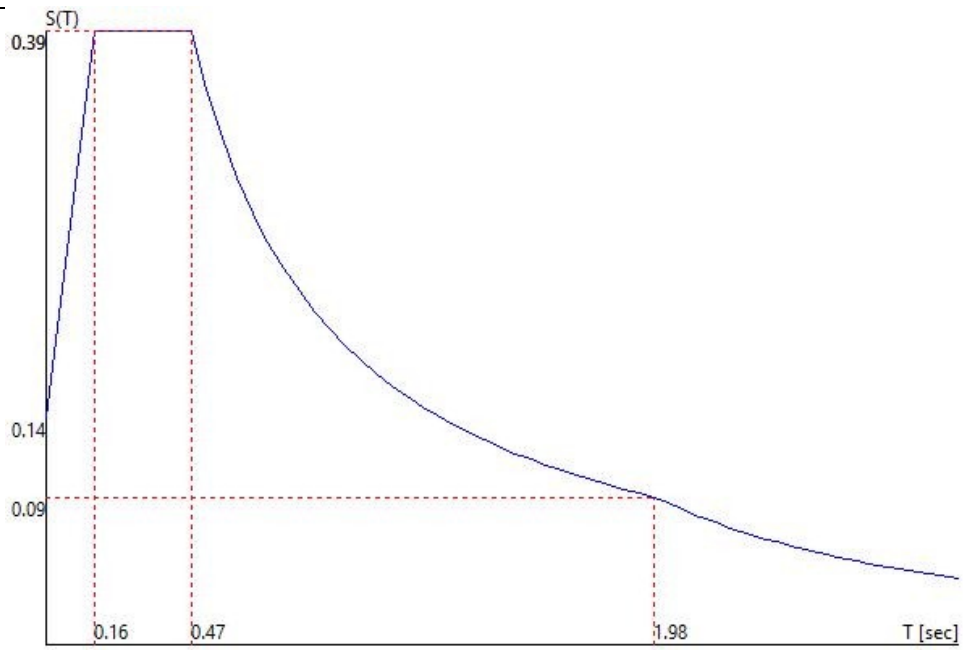
- Parametri di calcolo Analisi Dinamica

- Spettro in accordo con TU 2008

- Montalto di Castro VT Longitudine 11.6056 Latitudine 42.3858
- **I valori di a_g/g sono ottenuti con una interpolazione Bilineare sul reticolo di riferimento.**
- Tipo di Terreno C
- Coefficiente di amplificazione topografica (S_T) 1.0000
- Vita nominale della costruzione (V_N) 50.0 anni
- Classe d'uso IV coefficiente C_U 2.0
- Classe di duttilità impostata Bassa
- Fattore di struttura massimo q_o per sisma orizzontale 1.00
- Fattore di duttilità K_R per sisma orizzontale 1.00
- Fattore riduttivo regolarità in altezza K_R 1.00
- Fattore riduttivo per la presenza di setti K_W 1.00
- Fattore di struttura q per sisma orizzontale 1.00
- Fattore di struttura q per sisma verticale 1.00
- Smorzamento Viscoso (0.05 = 5%) 0.05

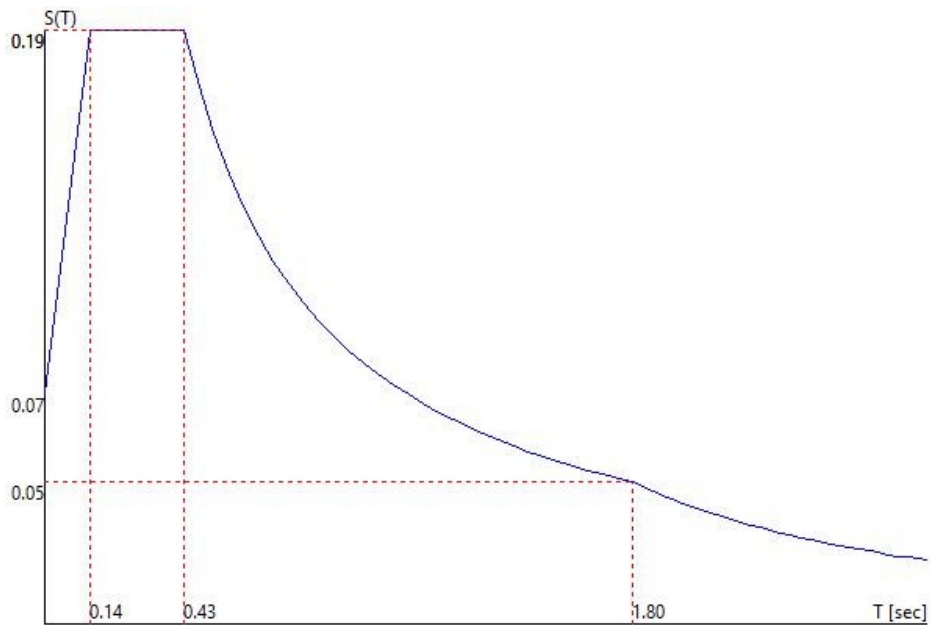
TU 2008 SLV H

- Probabilità di superamento (P_{VR}) 10.0 e periodo di ritorno (T_R) 949 (anni)
- S_s 1.500
- T_B 0.16 [s]
- T_C 0.47 [s]
- T_D 1.98 [s]
- a_g/g 0.0945
- F_o 2.7280
- T_C^* 0.3047



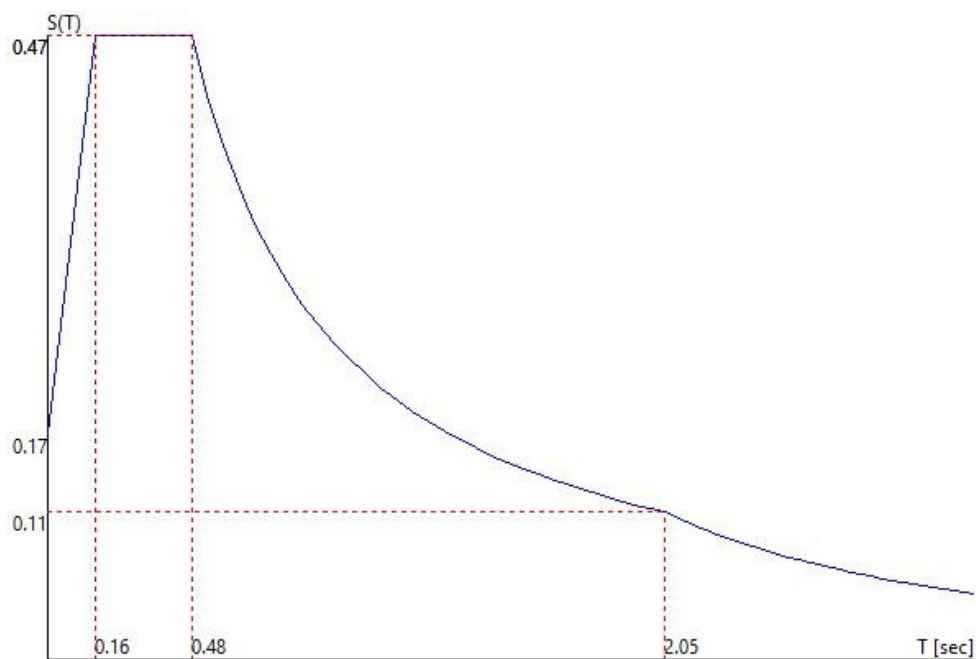
TU 2008 SLD H

- Probabilità di superamento (P_{VR}) 63.0 e periodo di ritorno (T_R) 101 (anni)
- S_s 1.500
- T_B 0.14 [s]
- T_C 0.43 [s]
- T_D 1.80 [s]
- a_g/g 0.0495
- F_o 2.6024
- T_C^2 0.2616



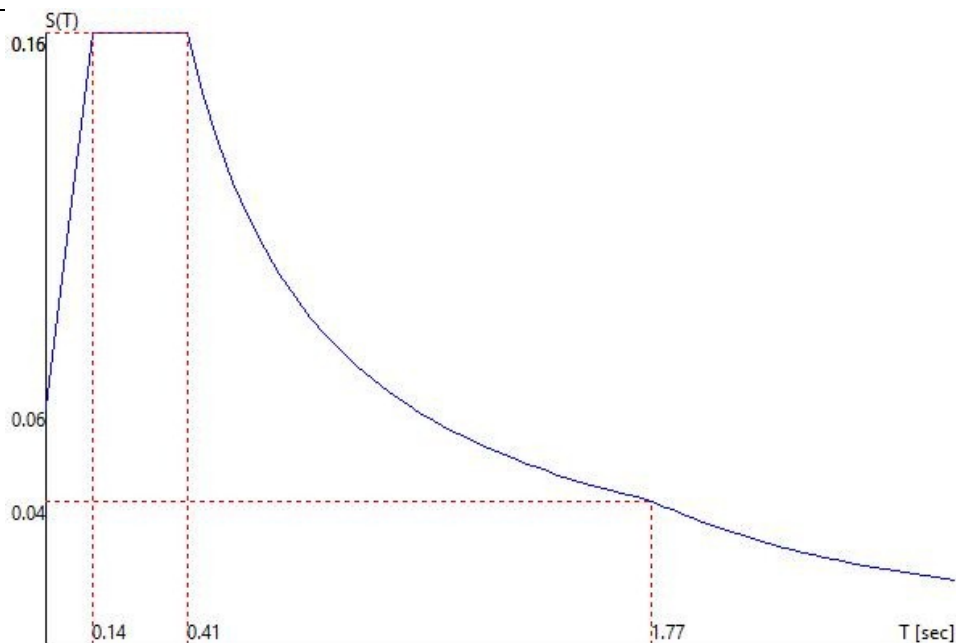
TU 2008 SLC H

- Probabilità di superamento (P_{VR}) 5.0 e periodo di ritorno (T_R) 1950 (anni)
- S_s 1.500
- T_B 0.16 [s]
- T_C 0.48 [s]
- T_D 2.05 [s]
- a_g/g 0.1131
- F_o 2.7783
- T_c' 0.3125



TU 2008 SLO H

- Probabilità di superamento (P_{VR}) 81.0 e periodo di ritorno (T_R) 60 (anni)
- S_s 1.500
- T_B 0.14 [s]
- T_C 0.41 [s]
- T_D 1.77 [s]
- a_g/g 0.0413
- F_o 2.5952
- T_c' 0.2480



1.1.1.1 Fattori di partecipazione per il calcolo delle masse:

Condizione	Commento	Fattore di Partecipazione
1	G1 - peso proprio	1.000000
2	G2 - pannelli fotovoltaici	1.000000
3	vento +Y	0.000000
4	vento -Y	0.000000
5	neve	0.000000

1.1.1.2 Direzioni d'ingresso del Sisma

- SLV Direzione 1 Angolo in pianta 0.000 [rad]
- SLV Direzione 2 Angolo in pianta 1.571 [rad]
- SLV Direzione 3 Angolo in pianta 3.142 [rad]
- SLV Direzione 4 Angolo in pianta 4.712 [rad]
- SLC Direzione 5 Angolo in pianta 0.000 [rad]
- SLC Direzione 6 Angolo in pianta 1.571 [rad]
- SLC Direzione 7 Angolo in pianta 3.142 [rad]
- SLC Direzione 8 Angolo in pianta 4.712 [rad]
- SLD Direzione 9 Angolo in pianta 0.000 [rad]
- SLD Direzione 10 Angolo in pianta 1.571 [rad]
- SLD Direzione 11 Angolo in pianta 3.142 [rad]
- SLD Direzione 12 Angolo in pianta 4.712 [rad]
- SLO Direzione 13 Angolo in pianta 0.000 [rad]
- SLO Direzione 14 Angolo in pianta 1.571 [rad]
- SLO Direzione 15 Angolo in pianta 3.142 [rad]
- SLO Direzione 16 Angolo in pianta 4.712 [rad]

1.1.1.3 Direzioni d'ingresso del Sisma

-
- SLV Direzione 1 Angolo in pianta 0.000 [rad]
 - SLV Direzione 2 Angolo in pianta 1.571 [rad]
 - SLV Direzione 3 Angolo in pianta 3.142 [rad]
 - SLV Direzione 4 Angolo in pianta 4.712 [rad]
 - SLC Direzione 5 Angolo in pianta 0.000 [rad]
 - SLC Direzione 6 Angolo in pianta 1.571 [rad]
 - SLC Direzione 7 Angolo in pianta 3.142 [rad]
 - SLC Direzione 8 Angolo in pianta 4.712 [rad]
 - SLD Direzione 9 Angolo in pianta 0.000 [rad]
 - SLD Direzione 10 Angolo in pianta 1.571 [rad]
 - SLD Direzione 11 Angolo in pianta 3.142 [rad]
 - SLD Direzione 12 Angolo in pianta 4.712 [rad]
 - SLO Direzione 13 Angolo in pianta 0.000 [rad]
 - SLO Direzione 14 Angolo in pianta 1.571 [rad]
 - SLO Direzione 15 Angolo in pianta 3.142 [rad]
 - SLO Direzione 16 Angolo in pianta 4.712 [rad]

RISULTATI DELL'ANALISI DINAMICA – Modello (A)

I_s	raggio d'inerzia polare di piano $I_s = \sqrt{J_p / m}$
X_{gr}, Y_{gr}, Z_g	coordinate centro di massa Modale
Dx, Dy	eccentricità centro di massa-centro delle rigidità
$K_{rzz}, K_{tmin}, K_{tmax}$	rigidezze traslanti e torcenti
r_1, r_2	raggi giratori d'inerzia ($r_1 = (K_{rzz}/K_{tmin})^{1/2}, r_2 = (K_{rzz}/K_{tmax})^{1/2}$)
$\Delta K_x, \Delta K_y, \Delta K_{\theta z}$	incrementi percentuali di rigidità ($\Delta K = (K_i - K_{i-1})/K_{i-1}$)
$K_{xii}, K_{yji}, K_{\theta zi}$	rigidezze traslanti e torsionali del piano i-esimo rispetto agli assi globali
R	ordinata dello spettro
Coeff.di Part.	coefficienti di partecipazione (in letteratura g_{ij})
$ L_i / L_1 $	rapporto percentuale fra i fattori di partecipazione del modo i-esimo e del primo modo
Mmi/Mmtot	percentuale massa modale efficace dell'i-esimo modo
Sum Mmi/Mmtot	percentuale cumulativa delle masse modali efficaci
$\Phi_{i, Ux}, \Phi_{i, Uy}, \Phi_{i, \theta z}$	spostamenti modali del nodo master

Sintesi dei risultati per direzione d'ingresso del sisma.

SLV

Direzione d'ingresso	Modo Principale	Periodo [s]	% Massa Modale Modo Principale	% Massa Modale Totale
0.000 [rad]	5	0.08	81	98
1.571 [rad]	9	0.21	38	97
3.142 [rad]	17	0.08	81	98
4.712 [rad]	21	0.21	38	97

SLC

Direzione d'ingresso	Modo Principale	Periodo [s]	% Massa Modale Modo Principale	% Massa Modale Totale
0.000 [rad]	29	0.08	81	98
1.571 [rad]	33	0.21	38	97
3.142 [rad]	41	0.08	81	98
4.712 [rad]	45	0.21	38	97

SLD

Direzione d'ingresso	Modo Principale	Periodo [s]	% Massa Modale Modo Principale	% Massa Modale Totale
0.000 [rad]	53	0.08	81	98
1.571 [rad]	57	0.21	38	97
3.142 [rad]	65	0.08	81	98
4.712 [rad]	69	0.21	38	97

SLO

Direzione d'ingresso	Modo Principale	Periodo [s]	% Massa Modale Modo Principale	% Massa Modale Totale
0.000 [rad]	77	0.08	81	98
1.571 [rad]	81	0.21	38	97
3.142 [rad]	89	0.08	81	98
4.712 [rad]	93	0.21	38	97

Autovalori e Periodi

Analisi Modale via Vettori di Ritz

Direzione d'ingresso 1 angolo 0.000 [rad] SLV

Modo	Autovalore [rad/s]^2	Pulsazione [rad/s]	Periodo [s]	R
1	207.1105	14.391	0.44	0.3866
2	233.6340	15.285	0.41	0.3866
3	854.8961	29.239	0.21	0.3866
4	2844.2849	53.332	0.12	0.3245
5	6290.3394	79.312	0.08	0.2646
6	20584.7617	143.474	0.04	0.2096

Direzione d'ingresso 2 angolo 1.571 [rad] SLV

Modo	Autovalore [rad/s]^2	Pulsazione [rad/s]	Periodo [s]	R
7	207.1168	14.392	0.44	0.3866
8	234.0438	15.298	0.41	0.3866
9	875.9941	29.597	0.21	0.3866
10	1413.0552	37.591	0.17	0.3866
11	1970.1119	44.386	0.14	0.3613
12	9313.0020	96.504	0.07	0.2427

Direzione d'ingresso 3 angolo 3.142 [rad] SLV

Modo	Autovalore [rad/s]^2	Pulsazione [rad/s]	Periodo [s]	R
13	207.1105	14.391	0.44	0.3866
14	233.6340	15.285	0.41	0.3866
15	854.8962	29.239	0.21	0.3866
16	2844.2544	53.332	0.12	0.3245
17	6290.3384	79.312	0.08	0.2646
18	20584.7246	143.474	0.04	0.2096

Direzione d'ingresso 4 angolo 4.712 [rad] SLV

Modo	Autovalore [rad/s]^2	Pulsazione [rad/s]	Periodo [s]	R
19	207.1168	14.392	0.44	0.3866
20	234.0438	15.298	0.41	0.3866
21	875.9941	29.597	0.21	0.3866
22	1413.0552	37.591	0.17	0.3866
23	1970.1119	44.386	0.14	0.3613
24	9313.0020	96.504	0.07	0.2427

Direzione d'ingresso 5 angolo 0.000 [rad] SLC

Modo	Autovalore [rad/s]^2	Pulsazione [rad/s]	Periodo [s]	R
25	207.1105	14.391	0.44	0.3866
26	233.6340	15.285	0.41	0.3866
27	854.8961	29.239	0.21	0.3866

28	2844.2849	53.332	0.12	0.3245
29	6290.3394	79.312	0.08	0.2646
30	20584.7617	143.474	0.04	0.2096

Direzione d'ingresso 6 angolo 1.571 [rad] SLC

Modo Autovalore Pulsazione Periodo R
 [rad/s]^2 [rad/s] [s]

31	207.1168	14.392	0.44	0.3866
32	234.0438	15.298	0.41	0.3866
33	875.9941	29.597	0.21	0.3866
34	1413.0552	37.591	0.17	0.3866
35	1970.1119	44.386	0.14	0.3613
36	9313.0020	96.504	0.07	0.2427

Direzione d'ingresso 7 angolo 3.142 [rad] SLC

Modo Autovalore Pulsazione Periodo R
 [rad/s]^2 [rad/s] [s]

37	207.1105	14.391	0.44	0.3866
38	233.6340	15.285	0.41	0.3866
39	854.8962	29.239	0.21	0.3866
40	2844.2544	53.332	0.12	0.3245
41	6290.3384	79.312	0.08	0.2646
42	20584.7246	143.474	0.04	0.2096

Direzione d'ingresso 8 angolo 4.712 [rad] SLC

Modo Autovalore Pulsazione Periodo R
 [rad/s]^2 [rad/s] [s]

43	207.1168	14.392	0.44	0.3866
44	234.0438	15.298	0.41	0.3866
45	875.9941	29.597	0.21	0.3866
46	1413.0552	37.591	0.17	0.3866
47	1970.1119	44.386	0.14	0.3613
48	9313.0020	96.504	0.07	0.2427

Direzione d'ingresso 9 angolo 0.000 [rad] SLD

Modo Autovalore Pulsazione Periodo R
 [rad/s]^2 [rad/s] [s]

49	207.1105	14.391	0.44	0.3866
50	233.6340	15.285	0.41	0.3866
51	854.8961	29.239	0.21	0.3866
52	2844.2849	53.332	0.12	0.3245
53	6290.3394	79.312	0.08	0.2646
54	20584.7617	143.474	0.04	0.2096

Direzione d'ingresso 10 angolo 1.571 [rad] SLD

Modo Autovalore Pulsazione Periodo R
 [rad/s]^2 [rad/s] [s]

55	207.1168	14.392	0.44	0.3866
56	234.0438	15.298	0.41	0.3866
57	875.9941	29.597	0.21	0.3866
58	1413.0552	37.591	0.17	0.3866

59	1970.1119	44.386	0.14	0.3613
60	9313.0020	96.504	0.07	0.2427

Direzione d'ingresso 11 angolo 3.142 [rad] SLD

Modo **Autovalore** **Pulsazione** **Periodo** **R**
 [rad/s]^2 [rad/s] [s]

61	207.1105	14.391	0.44	0.3866
62	233.6340	15.285	0.41	0.3866
63	854.8962	29.239	0.21	0.3866
64	2844.2544	53.332	0.12	0.3245
65	6290.3384	79.312	0.08	0.2646
66	20584.7246	143.474	0.04	0.2096

Direzione d'ingresso 12 angolo 4.712 [rad] SLD

Modo **Autovalore** **Pulsazione** **Periodo** **R**
 [rad/s]^2 [rad/s] [s]

67	207.1168	14.392	0.44	0.3866
68	234.0438	15.298	0.41	0.3866
69	875.9941	29.597	0.21	0.3866
70	1413.0552	37.591	0.17	0.3866
71	1970.1119	44.386	0.14	0.3613
72	9313.0020	96.504	0.07	0.2427

Direzione d'ingresso 13 angolo 0.000 [rad] SLO

Modo **Autovalore** **Pulsazione** **Periodo** **R**
 [rad/s]^2 [rad/s] [s]

73	207.1105	14.391	0.44	0.3866
74	233.6340	15.285	0.41	0.3866
75	854.8961	29.239	0.21	0.3866
76	2844.2849	53.332	0.12	0.3245
77	6290.3394	79.312	0.08	0.2646
78	20584.7617	143.474	0.04	0.2096

Direzione d'ingresso 14 angolo 1.571 [rad] SLO

Modo **Autovalore** **Pulsazione** **Periodo** **R**
 [rad/s]^2 [rad/s] [s]

79	207.1168	14.392	0.44	0.3866
80	234.0438	15.298	0.41	0.3866
81	875.9941	29.597	0.21	0.3866
82	1413.0552	37.591	0.17	0.3866
83	1970.1119	44.386	0.14	0.3613
84	9313.0020	96.504	0.07	0.2427

Direzione d'ingresso 15 angolo 3.142 [rad] SLO

Modo **Autovalore** **Pulsazione** **Periodo** **R**
 [rad/s]^2 [rad/s] [s]

85	207.1105	14.391	0.44	0.3866
86	233.6340	15.285	0.41	0.3866
87	854.8962	29.239	0.21	0.3866
88	2844.2544	53.332	0.12	0.3245
89	6290.3384	79.312	0.08	0.2646

90	20584.7246	143.474	0.04	0.2096
----	------------	---------	------	--------

Direzione d'ingresso 16 angolo 4.712 [rad] SLO

Modo **Autovalore** **Pulsazione** **Periodo** **R**
 [rad/s]^2 [rad/s] [s]

91	207.1168	14.392	0.44	0.3866
92	234.0438	15.298	0.41	0.3866
93	875.9941	29.597	0.21	0.3866
94	1413.0552	37.591	0.17	0.3866
95	1970.1119	44.386	0.14	0.3613
96	9313.0020	96.504	0.07	0.2427

Risultati angolo di ingresso del sisma: 0.000 [rad] SLV

Modo **Periodo [s]** **Coeff.di Part.** **|Li|/|L1|** **MassaModale** **Mmi/Mmtot** **Sum Mmi/Mmtot** **R**

5	0.08	-1.14616e+001	100	1.3e+003	81	81	0.2646
6	0.04	5.21711e+000	46	2.7e+002	17	98	0.2096
4	0.12	-3.74933e-001	3	1.4e+000	0	98	0.3245
3	0.21	1.45671e-001	1	2.1e-001	0	98	0.3866
2	0.41	9.05344e-002	1	8.2e-002	0	98	0.3866
1	0.44	2.77320e-002	0	7.7e-003	0	98	0.3866

Risultati angolo di ingresso del sisma: 1.571 [rad] SLV

Modo **Periodo [s]** **Coeff.di Part.** **|Li|/|L1|** **MassaModale** **Mmi/Mmtot** **Sum Mmi/Mmtot** **R**

9	0.21	7.84644e+000	100	6.2e+002	38	38	0.3866
10	0.17	-6.30120e+000	80	4.0e+002	25	63	0.3866
11	0.14	5.91216e+000	75	3.5e+002	22	84	0.3613
12	0.07	4.50576e+000	57	2.0e+002	13	97	0.2427
7	0.44	9.06603e-002	1	8.2e-002	0	97	0.3866
8	0.41	-2.57969e-002	0	6.7e-003	0	97	0.3866

Risultati angolo di ingresso del sisma: 3.142 [rad] SLV

Modo **Periodo [s]** **Coeff.di Part.** **|Li|/|L1|** **MassaModale** **Mmi/Mmtot** **Sum Mmi/Mmtot** **R**

17	0.08	-1.14616e+001	100	1.3e+003	81	81	0.2646
18	0.04	5.21712e+000	46	2.7e+002	17	98	0.2096
16	0.12	-3.74924e-001	3	1.4e+000	0	98	0.3245
15	0.21	1.45671e-001	1	2.1e-001	0	98	0.3866
14	0.41	9.05344e-002	1	8.2e-002	0	98	0.3866
13	0.44	2.77319e-002	0	7.7e-003	0	98	0.3866

Risultati angolo di ingresso del sisma: 4.712 [rad] SLV

Modo **Periodo [s]** **Coeff.di Part.** **|Li|/|L1|** **MassaModale** **Mmi/Mmtot** **Sum Mmi/Mmtot** **R**

21	0.21	7.84644e+000	100	6.2e+002	38	38	0.3866
22	0.17	-6.30120e+000	80	4.0e+002	25	63	0.3866
23	0.14	5.91216e+000	75	3.5e+002	22	84	0.3613
24	0.07	4.50576e+000	57	2.0e+002	13	97	0.2427
19	0.44	9.06603e-002	1	8.2e-002	0	97	0.3866
20	0.41	-2.57969e-002	0	6.7e-003	0	97	0.3866

Risultati angolo di ingresso del sisma: 0.000 [rad] SLC

Modo	Periodo [s]	Coeff.di Part.	Li / L1	MassaModale	Mmi/Mmtot	Sum Mmi/Mmtot	R
29	0.08	-1.14616e+001	100	1.3e+003	81	81	0.3186
30	0.04	5.21711e+000	46	2.7e+002	17	98	0.2520
28	0.12	-3.74933e-001	3	1.4e+000	0	98	0.3911
27	0.21	1.45671e-001	1	2.1e-001	0	98	0.4714
26	0.41	9.05344e-002	1	8.2e-002	0	98	0.4714
25	0.44	2.77320e-002	0	7.7e-003	0	98	0.4714

Risultati angolo di ingresso del sisma: 1.571 [rad] SLC

Modo	Periodo [s]	Coeff.di Part.	Li / L1	MassaModale	Mmi/Mmtot	Sum Mmi/Mmtot	R
33	0.21	7.84644e+000	100	6.2e+002	38	38	0.4714
34	0.17	-6.30120e+000	80	4.0e+002	25	63	0.4714
35	0.14	5.91216e+000	75	3.5e+002	22	84	0.4357
36	0.07	4.50576e+000	57	2.0e+002	13	97	0.2921
31	0.44	9.06603e-002	1	8.2e-002	0	97	0.4714
32	0.41	-2.57969e-002	0	6.7e-003	0	97	0.4714

Risultati angolo di ingresso del sisma: 3.142 [rad] SLC

Modo	Periodo [s]	Coeff.di Part.	Li / L1	MassaModale	Mmi/Mmtot	Sum Mmi/Mmtot	R
41	0.08	-1.14616e+001	100	1.3e+003	81	81	0.3186
42	0.04	5.21712e+000	46	2.7e+002	17	98	0.2520
40	0.12	-3.74924e-001	3	1.4e+000	0	98	0.3911
39	0.21	1.45671e-001	1	2.1e-001	0	98	0.4714
38	0.41	9.05344e-002	1	8.2e-002	0	98	0.4714
37	0.44	2.77319e-002	0	7.7e-003	0	98	0.4714

Risultati angolo di ingresso del sisma: 4.712 [rad] SLC

Modo	Periodo [s]	Coeff.di Part.	Li / L1	MassaModale	Mmi/Mmtot	Sum Mmi/Mmtot	R
45	0.21	7.84644e+000	100	6.2e+002	38	38	0.4714
46	0.17	-6.30120e+000	80	4.0e+002	25	63	0.4714
47	0.14	5.91216e+000	75	3.5e+002	22	84	0.4357
48	0.07	4.50576e+000	57	2.0e+002	13	97	0.2921
43	0.44	9.06603e-002	1	8.2e-002	0	97	0.4714
44	0.41	-2.57969e-002	0	6.7e-003	0	97	0.4714

Risultati angolo di ingresso del sisma: 0.000 [rad] SLD

Modo	Periodo [s]	Coeff.di Part.	Li / L1	MassaModale	Mmi/Mmtot	Sum Mmi/Mmtot	R
53	0.08	-1.14616e+001	100	1.3e+003	81	81	0.1403
54	0.04	5.21711e+000	46	2.7e+002	17	98	0.1108
52	0.12	-3.74933e-001	3	1.4e+000	0	98	0.1725
51	0.21	1.45671e-001	1	2.1e-001	0	98	0.1932
50	0.41	9.05344e-002	1	8.2e-002	0	98	0.1932
49	0.44	2.77320e-002	0	7.7e-003	0	98	0.1892

Risultati angolo di ingresso del sisma: 1.571 [rad] SLD

Modo	Periodo [s]	Coeff.di Part.	Li / L1	MassaModale	Mmi/Mmtot	Sum Mmi/Mmtot	R
57	0.21	7.84644e+000	100	6.2e+002	38	38	0.1932

58	0.17	-6.30120e+000	80	4.0e+002	25	63	0.1932
59	0.14	5.91216e+000	75	3.5e+002	22	84	0.1924
60	0.07	4.50576e+000	57	2.0e+002	13	97	0.1286
55	0.44	9.06603e-002	1	8.2e-002	0	97	0.1892
56	0.41	-2.57969e-002	0	6.7e-003	0	97	0.1932

Risultati angolo di ingresso del sisma: 3.142 [rad] SLD

Modo Periodo [s] Coeff.di Part. |Li|/|L1| MassaModale Mmi/Mmtot Sum Mmi/Mmtot R

65	0.08	-1.14616e+001	100	1.3e+003	81	81	0.1403
66	0.04	5.21712e+000	46	2.7e+002	17	98	0.1108
64	0.12	-3.74924e-001	3	1.4e+000	0	98	0.1725
63	0.21	1.45671e-001	1	2.1e-001	0	98	0.1932
62	0.41	9.05344e-002	1	8.2e-002	0	98	0.1932
61	0.44	2.77319e-002	0	7.7e-003	0	98	0.1892

Risultati angolo di ingresso del sisma: 4.712 [rad] SLD

Modo Periodo [s] Coeff.di Part. |Li|/|L1| MassaModale Mmi/Mmtot Sum Mmi/Mmtot R

69	0.21	7.84644e+000	100	6.2e+002	38	38	0.1932
70	0.17	-6.30120e+000	80	4.0e+002	25	63	0.1932
71	0.14	5.91216e+000	75	3.5e+002	22	84	0.1924
72	0.07	4.50576e+000	57	2.0e+002	13	97	0.1286
67	0.44	9.06603e-002	1	8.2e-002	0	97	0.1892
68	0.41	-2.57969e-002	0	6.7e-003	0	97	0.1932

Risultati angolo di ingresso del sisma: 0.000 [rad] SLO

Modo Periodo [s] Coeff.di Part. |Li|/|L1| MassaModale Mmi/Mmtot Sum Mmi/Mmtot R

77	0.08	-1.14616e+001	100	1.3e+003	81	81	0.1188
78	0.04	5.21711e+000	46	2.7e+002	17	98	0.0933
76	0.12	-3.74933e-001	3	1.4e+000	0	98	0.1465
75	0.21	1.45671e-001	1	2.1e-001	0	98	0.1606
74	0.41	9.05344e-002	1	8.2e-002	0	98	0.1606
73	0.44	2.77320e-002	0	7.7e-003	0	98	0.1517

Risultati angolo di ingresso del sisma: 1.571 [rad] SLO

Modo Periodo [s] Coeff.di Part. |Li|/|L1| MassaModale Mmi/Mmtot Sum Mmi/Mmtot R

81	0.21	7.84644e+000	100	6.2e+002	38	38	0.1606
82	0.17	-6.30120e+000	80	4.0e+002	25	63	0.1606
83	0.14	5.91216e+000	75	3.5e+002	22	84	0.1606
84	0.07	4.50576e+000	57	2.0e+002	13	97	0.1086
79	0.44	9.06603e-002	1	8.2e-002	0	97	0.1517
80	0.41	-2.57969e-002	0	6.7e-003	0	97	0.1606

Risultati angolo di ingresso del sisma: 3.142 [rad] SLO

Modo Periodo [s] Coeff.di Part. |Li|/|L1| MassaModale Mmi/Mmtot Sum Mmi/Mmtot R

89	0.08	-1.14616e+001	100	1.3e+003	81	81	0.1188
90	0.04	5.21712e+000	46	2.7e+002	17	98	0.0933
88	0.12	-3.74924e-001	3	1.4e+000	0	98	0.1465
87	0.21	1.45671e-001	1	2.1e-001	0	98	0.1606
86	0.41	9.05344e-002	1	8.2e-002	0	98	0.1606
85	0.44	2.77319e-002	0	7.7e-003	0	98	0.1517

Risultati angolo di ingresso del sisma: 4.712 [rad] SLO**Modo Periodo [s] Coeff.di Part. |Li|/|L1| MassaModale Mmi/Mmtot Sum Mmi/Mmtot R**

93	0.21	7.84644e+000	100	6.2e+002	38	38	0.1606
94	0.17	-6.30120e+000	80	4.0e+002	25	63	0.1606
95	0.14	5.91216e+000	75	3.5e+002	22	84	0.1606
96	0.07	4.50576e+000	57	2.0e+002	13	97	0.1086
91	0.44	9.06603e-002	1	8.2e-002	0	97	0.1517
92	0.41	-2.57969e-002	0	6.7e-003	0	97	0.1606

RISULTATI DELL'ANALISI DINAMICA – Modello (B)

I_s	raggio d'inerzia polare di piano $I_s = \sqrt{J_p / m}$
X_g, Y_g, Z_g	coordinate centro di massa Modale
D_x, D_y	eccentricità centro di massa-centro delle rigidezze
$K_{r_{zz}}, K_{t_{min}}, K_{t_{max}}$	rigidezze traslanti e torcenti
r_1, r_2	raggi giratori d'inerzia ($r_1 = (K_{r_{zz}}/K_{t_{min}})^{1/2}, r_2 = (K_{r_{zz}}/K_{t_{max}})^{1/2}$)
$\Delta K_x, \Delta K_y, \Delta K_{\theta z}$	incrementi percentuali di rigidezze ($\Delta K = (K_i - K_{i-1})/K_{i-1}$)
$K_{xii}, K_{yji}, K_{\theta zi}$	rigidezze traslanti e torsionali del piano i-esimo rispetto agli assi globali
R	ordinata dello spettro
Coeff.di Part.	coefficienti di partecipazione (in letteratura g_{ij})
$ L_i / L_1 $	rapporto percentuale fra i fattori di partecipazione del modo i-esimo e del primo modo
Mmi/Mmtot	percentuale massa modale efficace dell'i-esimo modo
Sum Mmi/Mmtot	percentuale cumulativa delle masse modali efficaci
$\varphi_{i,Uw}, \varphi_{i,Uy}, \varphi_{i,\theta z}$	spostamenti modali del nodo master

Sintesi dei risultati per direzione d'ingresso del sisma.

SLV

Direzione d'ingresso	Modo Principale	Periodo [s]	% Massa Modale Modo Principale	% Massa Modale Totale
0.000 [rad]	5	0.08	85	99
1.571 [rad]	9	0.18	47	98
3.142 [rad]	17	0.08	85	99
4.712 [rad]	21	0.18	47	98

SLC

Direzione d'ingresso	Modo Principale	Periodo [s]	% Massa Modale Modo Principale	% Massa Modale Totale
0.000 [rad]	29	0.08	85	99
1.571 [rad]	33	0.18	47	98
3.142 [rad]	41	0.08	85	99
4.712 [rad]	45	0.18	47	98

SLD

Direzione d'ingresso	Modo Principale	Periodo [s]	% Massa Modale Modo Principale	% Massa Modale Totale
0.000 [rad]	53	0.08	85	99
1.571 [rad]	57	0.18	47	98
3.142 [rad]	65	0.08	85	99
4.712 [rad]	69	0.18	47	98

SLO

Direzione d'ingresso	Modo Principale	Periodo [s]	% Massa Modale Modo Principale	% Massa Modale Totale
0.000 [rad]	77	0.08	85	99
1.571 [rad]	81	0.18	47	98
3.142 [rad]	89	0.08	85	99
4.712 [rad]	93	0.18	47	98

Autovalori e Periodi

Analisi Modale via Vettori di Ritz

Direzione d'ingresso 1 angolo 0.000 [rad] SLV

Modo	Autovalore [rad/s]^2	Pulsazione [rad/s]	Periodo [s]	R
1	204.2852	14.293	0.44	0.3987
2	232.9436	15.262	0.41	0.3987
3	938.8315	30.640	0.21	0.3987
4	2656.1284	51.538	0.12	0.3422
5	6053.5957	77.805	0.08	0.2764
6	19256.6641	138.768	0.05	0.2197

Direzione d'ingresso 2 angolo 1.571 [rad] SLV

Modo	Autovalore [rad/s]^2	Pulsazione [rad/s]	Periodo [s]	R
7	204.2853	14.293	0.44	0.3987
8	323.7837	17.994	0.35	0.3987
9	1275.2365	35.710	0.18	0.3987
10	1484.1112	38.524	0.16	0.3987
11	2267.8660	47.622	0.13	0.3583
12	12638.3623	112.420	0.06	0.2366

Direzione d'ingresso 3 angolo 3.142 [rad] SLV

Modo	Autovalore [rad/s]^2	Pulsazione [rad/s]	Periodo [s]	R
13	204.2852	14.293	0.44	0.3987
14	232.9436	15.262	0.41	0.3987
15	938.8317	30.640	0.21	0.3987
16	2656.0935	51.537	0.12	0.3422
17	6053.5947	77.805	0.08	0.2764
18	19256.6016	138.768	0.05	0.2197

Direzione d'ingresso 4 angolo 4.712 [rad] SLV

Modo	Autovalore [rad/s]^2	Pulsazione [rad/s]	Periodo [s]	R
19	204.2853	14.293	0.44	0.3987
20	323.7770	17.994	0.35	0.3987
21	1275.2363	35.710	0.18	0.3987
22	1484.1102	38.524	0.16	0.3987
23	2267.8655	47.622	0.13	0.3583
24	12638.3594	112.420	0.06	0.2366

Direzione d'ingresso 5 angolo 0.000 [rad] SLC

Modo	Autovalore [rad/s]^2	Pulsazione [rad/s]	Periodo [s]	R
25	204.2852	14.293	0.44	0.3987
26	232.9436	15.262	0.41	0.3987
27	938.8315	30.640	0.21	0.3987

28	2656.1284	51.538	0.12	0.3422
29	6053.5957	77.805	0.08	0.2764
30	19256.6641	138.768	0.05	0.2197

Direzione d'ingresso 6 angolo 1.571 [rad] SLC

Modo **Autovalore** **Pulsazione** **Periodo** **R**
 [rad/s]^2 [rad/s] [s]

31	204.2853	14.293	0.44	0.3987
32	323.7837	17.994	0.35	0.3987
33	1275.2365	35.710	0.18	0.3987
34	1484.1112	38.524	0.16	0.3987
35	2267.8660	47.622	0.13	0.3583
36	12638.3623	112.420	0.06	0.2366

Direzione d'ingresso 7 angolo 3.142 [rad] SLC

Modo **Autovalore** **Pulsazione** **Periodo** **R**
 [rad/s]^2 [rad/s] [s]

37	204.2852	14.293	0.44	0.3987
38	232.9436	15.262	0.41	0.3987
39	938.8317	30.640	0.21	0.3987
40	2656.0935	51.537	0.12	0.3422
41	6053.5947	77.805	0.08	0.2764
42	19256.6016	138.768	0.05	0.2197

Direzione d'ingresso 8 angolo 4.712 [rad] SLC

Modo **Autovalore** **Pulsazione** **Periodo** **R**
 [rad/s]^2 [rad/s] [s]

43	204.2853	14.293	0.44	0.3987
44	323.7770	17.994	0.35	0.3987
45	1275.2363	35.710	0.18	0.3987
46	1484.1102	38.524	0.16	0.3987
47	2267.8655	47.622	0.13	0.3583
48	12638.3594	112.420	0.06	0.2366

Direzione d'ingresso 9 angolo 0.000 [rad] SLD

Modo **Autovalore** **Pulsazione** **Periodo** **R**
 [rad/s]^2 [rad/s] [s]

49	204.2852	14.293	0.44	0.3987
50	232.9436	15.262	0.41	0.3987
51	938.8315	30.640	0.21	0.3987
52	2656.1284	51.538	0.12	0.3422
53	6053.5957	77.805	0.08	0.2764
54	19256.6641	138.768	0.05	0.2197

Direzione d'ingresso 10 angolo 1.571 [rad] SLD

Modo **Autovalore** **Pulsazione** **Periodo** **R**
 [rad/s]^2 [rad/s] [s]

55	204.2853	14.293	0.44	0.3987
56	323.7837	17.994	0.35	0.3987
57	1275.2365	35.710	0.18	0.3987
58	1484.1112	38.524	0.16	0.3987

59	2267.8660	47.622	0.13	0.3583
60	12638.3623	112.420	0.06	0.2366

Direzione d'ingresso 11 angolo 3.142 [rad] SLD

Modo **Autovalore** **Pulsazione** **Periodo** **R**
 [rad/s]^2 [rad/s] [s]

61	204.2852	14.293	0.44	0.3987
62	232.9436	15.262	0.41	0.3987
63	938.8317	30.640	0.21	0.3987
64	2656.0935	51.537	0.12	0.3422
65	6053.5947	77.805	0.08	0.2764
66	19256.6016	138.768	0.05	0.2197

Direzione d'ingresso 12 angolo 4.712 [rad] SLD

Modo **Autovalore** **Pulsazione** **Periodo** **R**
 [rad/s]^2 [rad/s] [s]

67	204.2853	14.293	0.44	0.3987
68	323.7770	17.994	0.35	0.3987
69	1275.2363	35.710	0.18	0.3987
70	1484.1102	38.524	0.16	0.3987
71	2267.8655	47.622	0.13	0.3583
72	12638.3594	112.420	0.06	0.2366

Direzione d'ingresso 13 angolo 0.000 [rad] SLO

Modo **Autovalore** **Pulsazione** **Periodo** **R**
 [rad/s]^2 [rad/s] [s]

73	204.2852	14.293	0.44	0.3987
74	232.9436	15.262	0.41	0.3987
75	938.8315	30.640	0.21	0.3987
76	2656.1284	51.538	0.12	0.3422
77	6053.5957	77.805	0.08	0.2764
78	19256.6641	138.768	0.05	0.2197

Direzione d'ingresso 14 angolo 1.571 [rad] SLO

Modo **Autovalore** **Pulsazione** **Periodo** **R**
 [rad/s]^2 [rad/s] [s]

79	204.2853	14.293	0.44	0.3987
80	323.7837	17.994	0.35	0.3987
81	1275.2365	35.710	0.18	0.3987
82	1484.1112	38.524	0.16	0.3987
83	2267.8660	47.622	0.13	0.3583
84	12638.3623	112.420	0.06	0.2366

Direzione d'ingresso 15 angolo 3.142 [rad] SLO

Modo **Autovalore** **Pulsazione** **Periodo** **R**
 [rad/s]^2 [rad/s] [s]

85	204.2852	14.293	0.44	0.3987
86	232.9436	15.262	0.41	0.3987
87	938.8317	30.640	0.21	0.3987
88	2656.0935	51.537	0.12	0.3422
89	6053.5947	77.805	0.08	0.2764

90	19256.6016	138.768	0.05	0.2197
----	------------	---------	------	--------

Direzione d'ingresso 16 angolo 4.712 [rad] SLO

Modo Autovalore Pulsazione Periodo R
[rad/s]^2 [rad/s] [s]

91	204.2853	14.293	0.44	0.3987
92	323.7770	17.994	0.35	0.3987
93	1275.2363	35.710	0.18	0.3987
94	1484.1102	38.524	0.16	0.3987
95	2267.8655	47.622	0.13	0.3583
96	12638.3594	112.420	0.06	0.2366

Risultati angolo di ingresso del sisma: 0.000 [rad] SLV

Modo Periodo [s] Coeff.di Part. |Li|/|L1| MassaModale Mmi/Mmtot Sum Mmi/Mmtot R

5	0.08	1.17058e+001	100	1.4e+003	85	85	0.2764
6	0.05	4.69119e+000	40	2.2e+002	14	98	0.2197
4	0.12	-4.07390e-001	3	1.7e+000	0	99	0.3422
3	0.21	-1.91731e-001	2	3.7e-001	0	99	0.3987
1	0.44	2.92774e-002	0	8.6e-003	0	99	0.3987
2	0.41	-2.64301e-002	0	7.0e-003	0	99	0.3987

Risultati angolo di ingresso del sisma: 1.571 [rad] SLV

Modo Periodo [s] Coeff.di Part. |Li|/|L1| MassaModale Mmi/Mmtot Sum Mmi/Mmtot R

9	0.18	8.75426e+000	100	7.7e+002	47	47	0.3987
11	0.13	-5.84182e+000	67	3.4e+002	21	69	0.3583
10	0.16	5.30619e+000	61	2.8e+002	17	86	0.3987
12	0.06	-4.46925e+000	51	2.0e+002	12	98	0.2366
7	0.44	3.69793e-002	0	1.4e-002	0	98	0.3987
8	0.35	-6.83743e-004	0	4.7e-006	0	98	0.3987

Risultati angolo di ingresso del sisma: 3.142 [rad] SLV

Modo Periodo [s] Coeff.di Part. |Li|/|L1| MassaModale Mmi/Mmtot Sum Mmi/Mmtot R

17	0.08	1.17058e+001	100	1.4e+003	85	85	0.2764
18	0.05	4.69120e+000	40	2.2e+002	14	98	0.2197
16	0.12	-4.07379e-001	3	1.7e+000	0	99	0.3422
15	0.21	-1.91732e-001	2	3.7e-001	0	99	0.3987
13	0.44	2.92774e-002	0	8.6e-003	0	99	0.3987
14	0.41	-2.64301e-002	0	7.0e-003	0	99	0.3987

Risultati angolo di ingresso del sisma: 4.712 [rad] SLV

Modo Periodo [s] Coeff.di Part. |Li|/|L1| MassaModale Mmi/Mmtot Sum Mmi/Mmtot R

21	0.18	8.75426e+000	100	7.7e+002	47	47	0.3987
23	0.13	-5.84182e+000	67	3.4e+002	21	69	0.3583
22	0.16	5.30619e+000	61	2.8e+002	17	86	0.3987
24	0.06	-4.46925e+000	51	2.0e+002	12	98	0.2366
19	0.44	3.69793e-002	0	1.4e-002	0	98	0.3987
20	0.35	-6.83710e-004	0	4.7e-006	0	98	0.3987

Risultati angolo di ingresso del sisma: 0.000 [rad] SLC

Modo Periodo [s] Coeff.di Part. |Li|/|L1| MassaModale Mmi/Mmtot Sum Mmi/Mmtot R

29	0.08	1.17058e+001	100	1.4e+003	85	85	0.3339
30	0.05	4.69119e+000	40	2.2e+002	14	98	0.2650
28	0.12	-4.07390e-001	3	1.7e+000	0	99	0.4138
27	0.21	-1.91731e-001	2	3.7e-001	0	99	0.4875
25	0.44	2.92774e-002	0	8.6e-003	0	99	0.4875
26	0.41	-2.64301e-002	0	7.0e-003	0	99	0.4875

Risultati angolo di ingresso del sisma: 1.571 [rad] SLC

Modo Periodo [s] Coeff.di Part. |Li|/|L1| MassaModale Mmi/Mmtot Sum Mmi/Mmtot R

33	0.18	8.75426e+000	100	7.7e+002	47	47	0.4875
35	0.13	-5.84182e+000	67	3.4e+002	21	69	0.4333
34	0.16	5.30619e+000	61	2.8e+002	17	86	0.4875
36	0.06	-4.46925e+000	51	2.0e+002	12	98	0.2856
31	0.44	3.69793e-002	0	1.4e-002	0	98	0.4875
32	0.35	-6.83743e-004	0	4.7e-006	0	98	0.4875

Risultati angolo di ingresso del sisma: 3.142 [rad] SLC

Modo Periodo [s] Coeff.di Part. |Li|/|L1| MassaModale Mmi/Mmtot Sum Mmi/Mmtot R

41	0.08	1.17058e+001	100	1.4e+003	85	85	0.3339
42	0.05	4.69120e+000	40	2.2e+002	14	98	0.2650
40	0.12	-4.07379e-001	3	1.7e+000	0	99	0.4138
39	0.21	-1.91732e-001	2	3.7e-001	0	99	0.4875
37	0.44	2.92774e-002	0	8.6e-003	0	99	0.4875
38	0.41	-2.64301e-002	0	7.0e-003	0	99	0.4875

Risultati angolo di ingresso del sisma: 4.712 [rad] SLC

Modo Periodo [s] Coeff.di Part. |Li|/|L1| MassaModale Mmi/Mmtot Sum Mmi/Mmtot R

45	0.18	8.75426e+000	100	7.7e+002	47	47	0.4875
47	0.13	-5.84182e+000	67	3.4e+002	21	69	0.4333
46	0.16	5.30619e+000	61	2.8e+002	17	86	0.4875
48	0.06	-4.46925e+000	51	2.0e+002	12	98	0.2856
43	0.44	3.69793e-002	0	1.4e-002	0	98	0.4875
44	0.35	-6.83710e-004	0	4.7e-006	0	98	0.4875

Risultati angolo di ingresso del sisma: 0.000 [rad] SLD

Modo Periodo [s] Coeff.di Part. |Li|/|L1| MassaModale Mmi/Mmtot Sum Mmi/Mmtot R

53	0.08	1.17058e+001	100	1.4e+003	85	85	0.1442
54	0.05	4.69119e+000	40	2.2e+002	14	98	0.1142
52	0.12	-4.07390e-001	3	1.7e+000	0	99	0.1791
51	0.21	-1.91731e-001	2	3.7e-001	0	99	0.1969
49	0.44	2.92774e-002	0	8.6e-003	0	99	0.1921
50	0.41	-2.64301e-002	0	7.0e-003	0	99	0.1969

Risultati angolo di ingresso del sisma: 1.571 [rad] SLD

Modo Periodo [s] Coeff.di Part. |Li|/|L1| MassaModale Mmi/Mmtot Sum Mmi/Mmtot R

57	0.18	8.75426e+000	100	7.7e+002	47	47	0.1969
----	------	--------------	-----	----------	----	----	--------

59	0.13	-5.84182e+000	67	3.4e+002	21	69	0.1876
58	0.16	5.30619e+000	61	2.8e+002	17	86	0.1969
60	0.06	-4.46925e+000	51	2.0e+002	12	98	0.1232
55	0.44	3.69793e-002	0	1.4e-002	0	98	0.1921
56	0.35	-6.83743e-004	0	4.7e-006	0	98	0.1969

Risultati angolo di ingresso del sisma: 3.142 [rad] SLD

Modo Periodo [s] Coeff.di Part. |Li|/|L1| MassaModale Mmi/Mmtot Sum Mmi/Mmtot R

65	0.08	1.17058e+001	100	1.4e+003	85	85	0.1442
66	0.05	4.69120e+000	40	2.2e+002	14	98	0.1142
64	0.12	-4.07379e-001	3	1.7e+000	0	99	0.1791
63	0.21	-1.91732e-001	2	3.7e-001	0	99	0.1969
61	0.44	2.92774e-002	0	8.6e-003	0	99	0.1921
62	0.41	-2.64301e-002	0	7.0e-003	0	99	0.1969

Risultati angolo di ingresso del sisma: 4.712 [rad] SLD

Modo Periodo [s] Coeff.di Part. |Li|/|L1| MassaModale Mmi/Mmtot Sum Mmi/Mmtot R

69	0.18	8.75426e+000	100	7.7e+002	47	47	0.1969
71	0.13	-5.84182e+000	67	3.4e+002	21	69	0.1876
70	0.16	5.30619e+000	61	2.8e+002	17	86	0.1969
72	0.06	-4.46925e+000	51	2.0e+002	12	98	0.1232
67	0.44	3.69793e-002	0	1.4e-002	0	98	0.1921
68	0.35	-6.83710e-004	0	4.7e-006	0	98	0.1969

Risultati angolo di ingresso del sisma: 0.000 [rad] SLO

Modo Periodo [s] Coeff.di Part. |Li|/|L1| MassaModale Mmi/Mmtot Sum Mmi/Mmtot R

77	0.08	1.17058e+001	100	1.4e+003	85	85	0.1217
78	0.05	4.69119e+000	40	2.2e+002	14	98	0.0960
76	0.12	-4.07390e-001	3	1.7e+000	0	99	0.1516
75	0.21	-1.91731e-001	2	3.7e-001	0	99	0.1632
73	0.44	2.92774e-002	0	8.6e-003	0	99	0.1537
74	0.41	-2.64301e-002	0	7.0e-003	0	99	0.1632

Risultati angolo di ingresso del sisma: 1.571 [rad] SLO

Modo Periodo [s] Coeff.di Part. |Li|/|L1| MassaModale Mmi/Mmtot Sum Mmi/Mmtot R

81	0.18	8.75426e+000	100	7.7e+002	47	47	0.1632
83	0.13	-5.84182e+000	67	3.4e+002	21	69	0.1589
82	0.16	5.30619e+000	61	2.8e+002	17	86	0.1632
84	0.06	-4.46925e+000	51	2.0e+002	12	98	0.1037
79	0.44	3.69793e-002	0	1.4e-002	0	98	0.1537
80	0.35	-6.83743e-004	0	4.7e-006	0	98	0.1632

Risultati angolo di ingresso del sisma: 3.142 [rad] SLO

Modo Periodo [s] Coeff.di Part. |Li|/|L1| MassaModale Mmi/Mmtot Sum Mmi/Mmtot R

89	0.08	1.17058e+001	100	1.4e+003	85	85	0.1217
90	0.05	4.69120e+000	40	2.2e+002	14	98	0.0960
88	0.12	-4.07379e-001	3	1.7e+000	0	99	0.1516
87	0.21	-1.91732e-001	2	3.7e-001	0	99	0.1632
85	0.44	2.92774e-002	0	8.6e-003	0	99	0.1537
86	0.41	-2.64301e-002	0	7.0e-003	0	99	0.1632

Risultati angolo di ingresso del sisma: 4.712 [rad] SLO**Modo Periodo [s] Coeff.di Part. |Li|/|L1| MassaModale Mmi/Mmtot Sum Mmi/Mmtot R**

93	0.18	8.75426e+000	100	7.7e+002	47	47	0.1632
95	0.13	-5.84182e+000	67	3.4e+002	21	69	0.1589
94	0.16	5.30619e+000	61	2.8e+002	17	86	0.1632
96	0.06	-4.46925e+000	51	2.0e+002	12	98	0.1037
91	0.44	3.69793e-002	0	1.4e-002	0	98	0.1537
92	0.35	-6.83710e-004	0	4.7e-006	0	98	0.1632

8. CARATTERISTICHE DEI PROFILI E CLASSIFICAZIONE DELLE SEZIONI.

Di seguito si riportano sia le caratteristiche geometriche che inerziali degli elementi, che la classificazione delle sezioni di tutte le parti che compongono la struttura.

Per il calcolo delle caratteristiche geometriche e inerziali ci siamo avvalsi di Autocad, mentre per la classificazione delle sezioni abbiamo realizzato un semplice foglio excel in base alle prescrizioni riportate in tabella 5.2 dell'Eutocodice 3 UNI EN 1993-1-1 aggiornata al 2005.

Tabella 4.2.I - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

		Parti interne compresse				
		Inflessione intorno all'asse		Inflessione intorno all'asse		
		Inflessione intorno all'asse		Inflessione intorno all'asse		
Classe	Parte soggetta a flessione	Parte soggetta a compressione	Parte soggetta a flessione e a compressione			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 72\epsilon$	$c/t \leq 33\epsilon$	quando $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{396\epsilon}{13\alpha-1}$ quando $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{36\epsilon}{\alpha}$			
2	$c/t \leq 83\epsilon$	$c/t \leq 38\epsilon$	quando $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{456\epsilon}{13\alpha-1}$ quando $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{41,5\epsilon}{\alpha}$			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
3	$c/t \leq 124\epsilon$	$c/t \leq 42\epsilon$	quando $\psi > -1: c/t \leq \frac{42\epsilon}{0,67+0,33\psi}$ quando $\psi \leq -1: c/t \leq 62\alpha(1-\psi)\sqrt{(-\psi)}$			
$\epsilon = \sqrt{235 / f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

*) $\psi \leq -1$ si applica se la tensione di compressione $\sigma \leq f_{yk}$ o la deformazione a trazione $\epsilon_y > f_{yk}/E$

Tabella 4.2.II- Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse


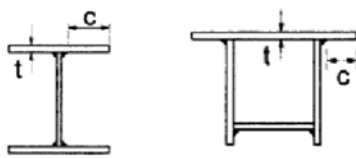
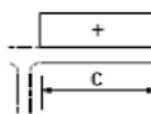
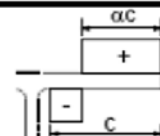
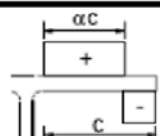
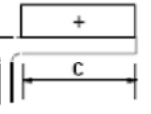
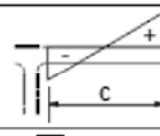
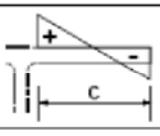

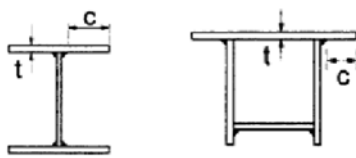
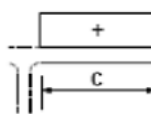
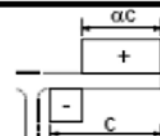
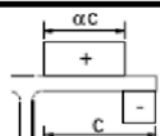
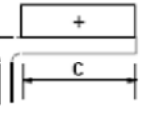
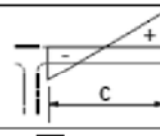
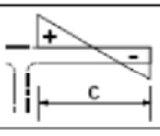
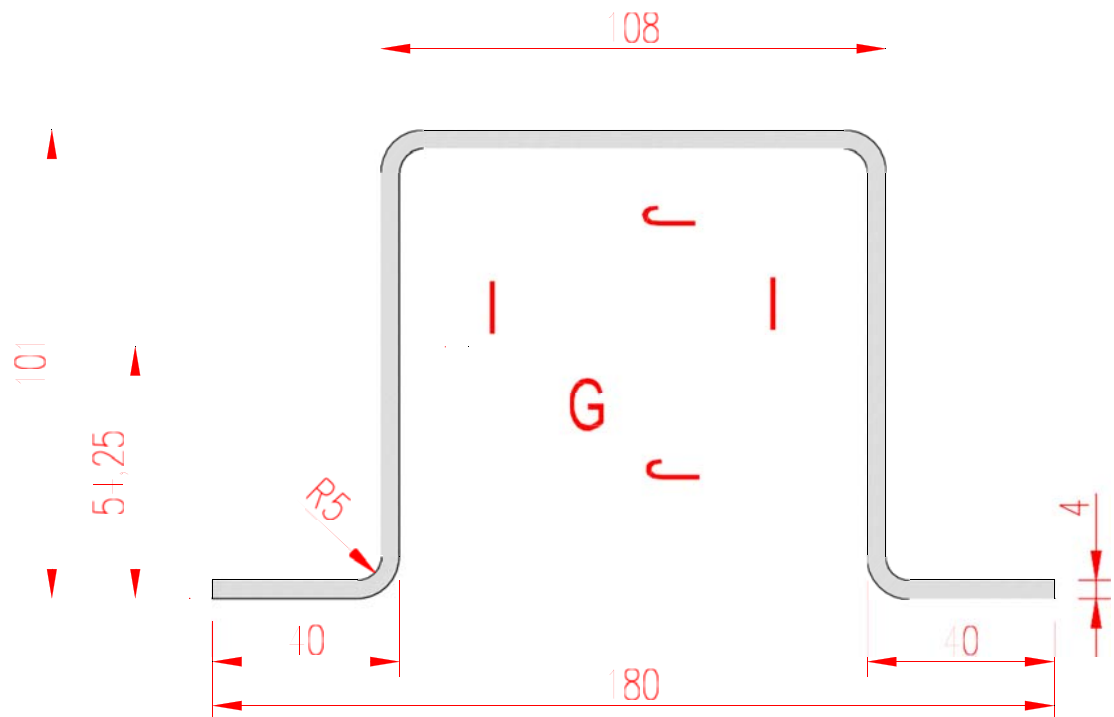
Piattabande esterne						
 Profilati laminati a caldo			 Sezioni saldate			
Classe	Piattabande esterne soggette a compressione		Piattabande esterne soggette a flessione e a compressione			
			Con estremità in compressione		Con estremità in trazione	
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 9\epsilon$		$c/t \leq \frac{9e}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{9e}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	
2	$c/t \leq 10\epsilon$		$c/t \leq \frac{10e}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{9e}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione negativa)						
3	$c/t \leq 14\epsilon$		$c/t \leq 21\epsilon\sqrt{k_e}$ Per k_e vedere EN 1993-1-5			
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

Tabella 4.2.II- Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

Piattabande esterne						
						
Profilati laminati a caldo			Sezioni saldate			
Classe	Piattabande esterne soggette a compressione		Piattabande esterne soggette a flessione e a compressione			
			Con estremità in compressione		Con estremità in trazione	
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 9\epsilon$		$c/t \leq \frac{9e}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{9e}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	
2	$c/t \leq 10\epsilon$		$c/t \leq \frac{10e}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{9e}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
3	$c/t \leq 14\epsilon$		$c/t \leq 21\epsilon\sqrt{k_e}$ Per k_e vedere EN 1993-1-5			
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

Palo di Fondazione – Q101x108x40x4



Caratteristiche Inerziali (dimensioni in mm)

Area: 1447.9292

Perimetro: 731.9646

Casella di delimitazione: X: -90.0000-----90.0000

Y: -54.2516---- 46.7484

Baricentro: X: 0.0000

Y: 0.0000

Momenti di inerzia: X: 2166290.3359

Y: 3913384.5131

Prodotti di inerzia: XY: 0.0000

Raggi di girazione: X: 38.6798

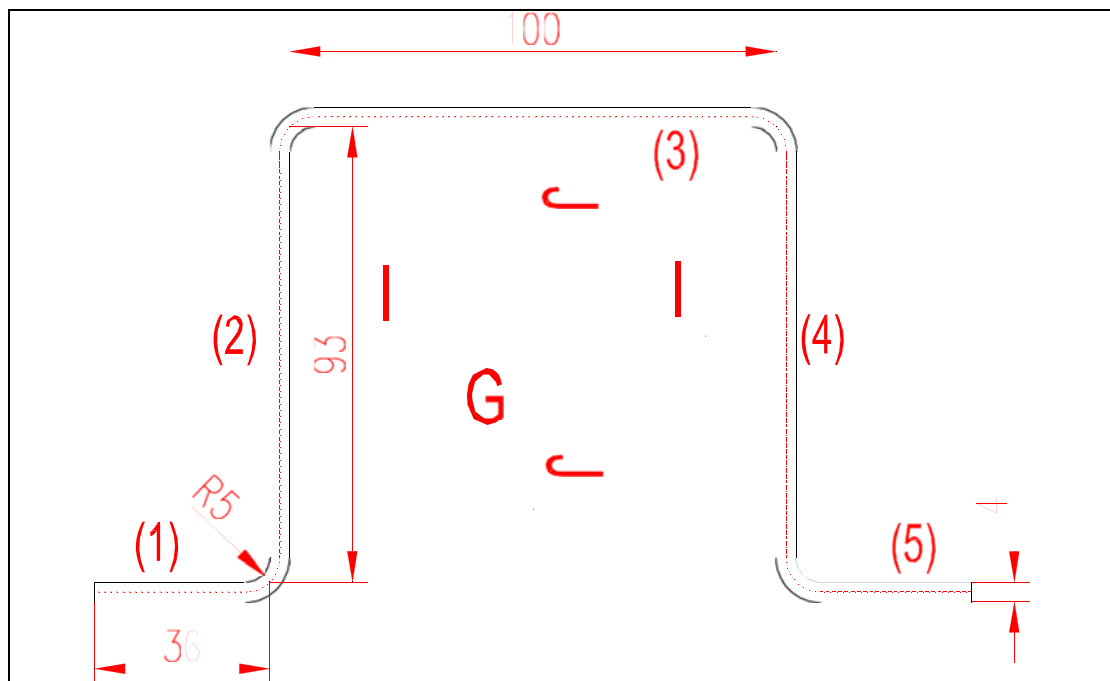
Y: 51.9879

Momenti principali e direzione X-Y rispetto al baricentro:

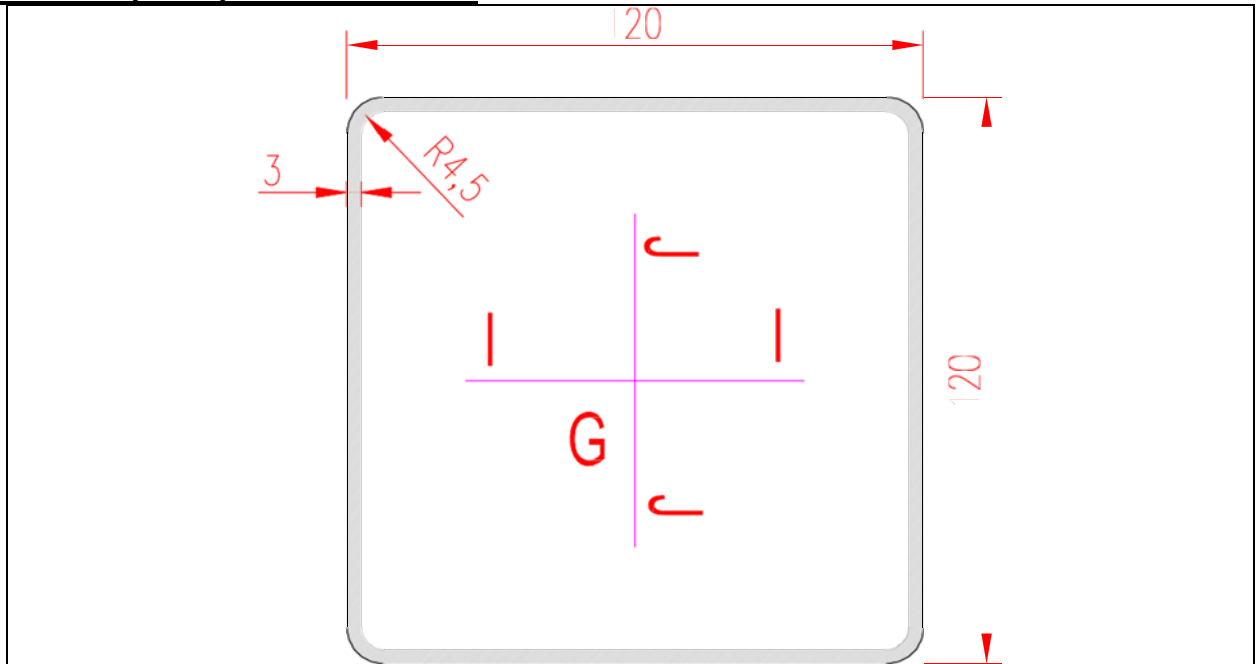
I: 2166290.3359 lungo [1.0000 0.0000]

J: 3913384.5131 lungo [0.0000 1.0000]

Caratteristiche acciaio					
fy,k=	275	Mpa			
ft,k=	360	Mpa			
E=	210000	Mpa			
Coefficiente sicurezza materiale					
γm=	1,05				
elemento	1	2	3	4	5
lunghezza c (mm)	36	93	100	93	36
spessore t (mm)	4	4	4	4	4
elem interno c/t	---	23,25	25	23,3	---
elem sporgente c/t	9,00	---	---	---	9,00
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	0,924	0,924	0,924	0,924	0,924
rapporto tensionale elastico elem interno Ψ		-1		-1	
$\Psi > -1: c/t \leq \frac{42\epsilon}{0,67+0,33\Psi}$ $\Psi \leq -1: c/t \leq 62\epsilon(1-\Psi)\sqrt{-\Psi}$		114,6		114,6	
rapporto tensionale elastico elem sporgente K_σ	0,43				0,43
$c/t \leq 2k_y k_z$ Per k_y vedere EN 1993-1-3	12,7	0,0	0,0	0,0	12,7
elem interno α (pressoflessione)		0,5		0,5	
when $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{396\epsilon}{13\alpha - 1}$ when $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{36\epsilon}{\alpha}$		66,6		66,6	Classe 1
when $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{456\epsilon}{13\alpha - 1}$ when $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{41,5\epsilon}{\alpha}$		76,7		76,7	Classe 2
rapporto tensionale plastico elem interno α (compressione)					
$c/t \leq 33\epsilon$			30,5		Classe 1
$c/t \leq 38\epsilon$			35,1		Classe 2
rapporto tensionale plastico elem sporgente α	1				1
$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	8,3			8,3	Classe 1
$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	9,2			9,2	Classe 2
CLASSIFICAZIONE	2	1	1	1	2



Tubolare principale – 120x120x3



Caratteristiche Inerziali (dimensioni in mm)

Area: 1373.0973

Perimetro: 915.3982

Casella di delimitazione: X: -60.0000-----60.0000

Y: -60.0000----- 60.0000

Baricentro: X: 0.0000

Y: 0.0000

Momenti di inerzia: X: 3095495.0176

Y: 3095495.0176

Prodotti di inerzia: XY: 0.0000

Raggi di girazione: X: 47.4804

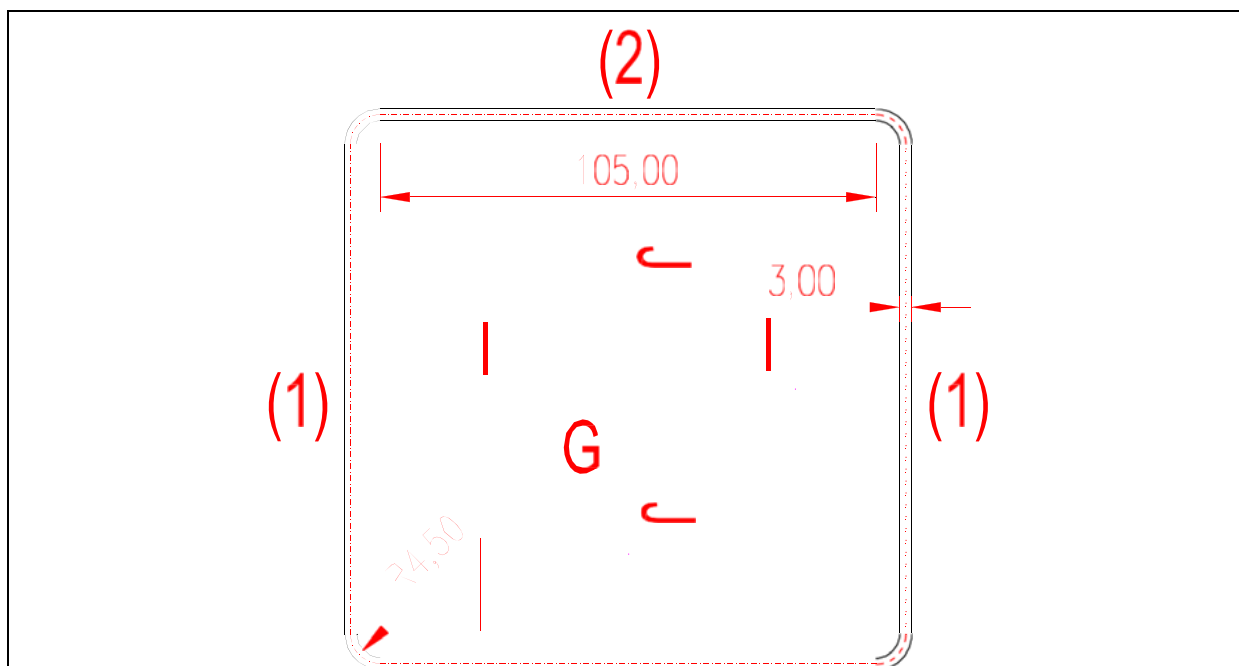
Y: 47.4804

Momenti principali e direzione X-Y rispetto al baricentro:

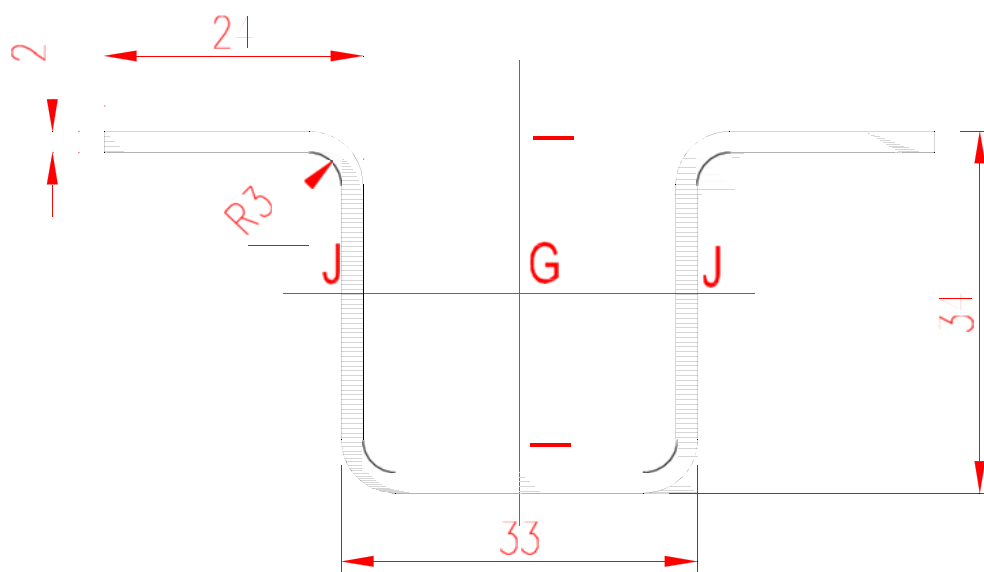
I: 3095495.0176 lungo [0.0001 1.0000]

J: 3095495.0176 lungo [-1.0000 0.0001]

Caratteristiche acciaio		
$f_{y,k} =$	275	Mpa
$f_{t,k} =$	360	Mpa
$E =$	210000	Mpa
Coefficiente sicurezza materiale		
$\gamma_m =$	1,05	
elemento	1	2
lunghezza c (mm)	105	105
spessore t (mm)	3	3
rapporto c/t	35	35
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	0,92	0,92
rapporto tensionale elastico elemento inflesso		
$c/t \leq 124\epsilon$	114,6	Classe 3
rapporto tensionale elastico elemento compresso		
$c/t \leq 42\epsilon$	38,8	Classe 3
rapporto tensionale plastico elem inflesso		
$c/t \leq 72\epsilon$	66,557972	Classe 2
$c/t \leq 83\epsilon$	76,72655	Classe 2
rapporto tensionale plastico elem compresso		
$c/t \leq 33\epsilon$	30,505737	Classe 1
$c/t \leq 38\epsilon$	35,12782	Classe 1
CLASSIFICAZIONE	2	3



Elementi di supporto pannelli centrali – $\Omega 34 \times 33 \times 24 \times 2$ mm



Caratteristiche Inerziali (dimensioni in mm)

Area: 268.2021

Perimetro: 272.2021

Casella di delimitazione: X: -38.4838-----38.4838

Y: -18.7860---- 15.2143

Baricentro: X: 0.0000

Y: 0.0000

Momenti di inerzia: X: 45811.1986

Y: 103493.1483

Prodotti di inerzia: XY: 0.0000

Raggi di girazione: X: 13.0694

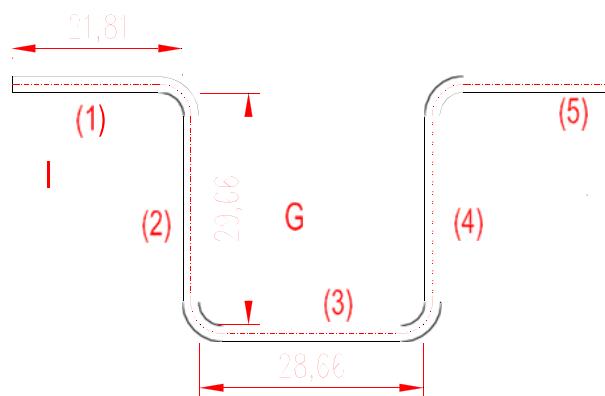
Y: 19.6438

Momenti principali e direzione X-Y rispetto al baricentro:

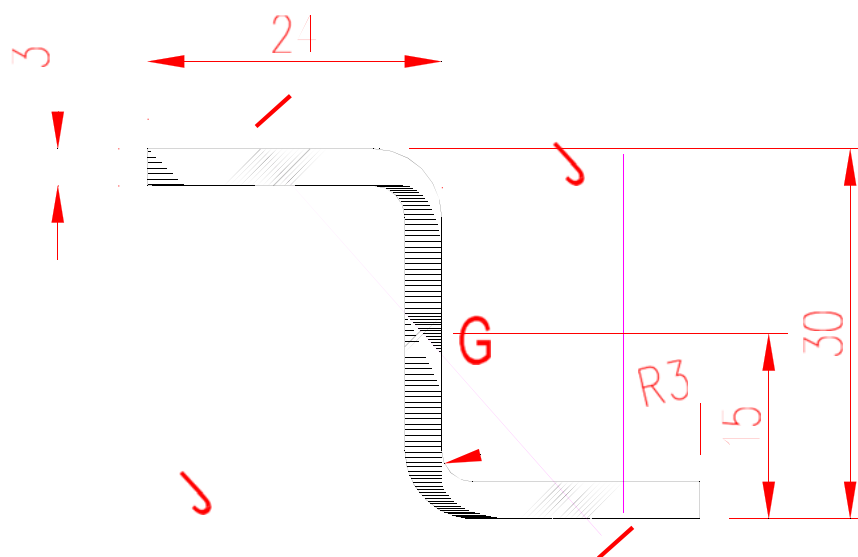
I: 45811.1986 lungo [1.0000 0.0000]

J: 103493.1483 lungo [0.0000 1.0000]

Caratteristiche acciaio					
fy,k=	275	Mpa			
ft,k=	360	Mpa			
E=	210000	Mpa			
Coefficiente sicurezza materiale					
γm=	1,05				
elemento	1	2	3	4	5
lunghezza c (mm)	21,81	29,66	28,66	29,66	21,81
spessore t (mm)	2	2	2	2	2
elem interno c/t	---	14,83	14,3	14,8	---
elem sporgente c/t	10,91	---	---	---	10,91
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	0,924	0,924	0,924	0,924	0,924
rapporto tensionale elastico elem interno Ψ		-1		-1	
$\Psi > -1: c/t \leq \frac{42\epsilon}{0,67+0,33\Psi}$ $\Psi \leq -1: c/t \leq 62(1-\Psi)\sqrt{-\Psi}$		114,6		114,6	
rapporto tensionale elastico elem sporgente K_σ	0,43				0,43
$c/t \leq 20\sqrt{k_\sigma}$ Per k_σ , vedere EN 1993-1-5	12,7	0,0	0,0	0,0	12,7
elem interno α (pressoflessione)		0,5		0,5	
when $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{396\epsilon}{13\alpha-1}$ when $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{36\epsilon}{\alpha}$		66,6		66,6	Classe 1
when $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{456\epsilon}{13\alpha-1}$ when $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{41,5\epsilon}{\alpha}$		76,7		76,7	Classe 2
rapporto tensionale plastico elem interno α (compressione)					
$c/t \leq 33\epsilon$			30,5		Classe 1
$c/t \leq 38\epsilon$			35,1		Classe 2
rapporto tensionale plastico elem sporgente α	1			1	
$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	8,3			8,3	Classe 1
$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	9,2			9,2	Classe 2
CLASSIFICAZIONE	3	1	1	1	3

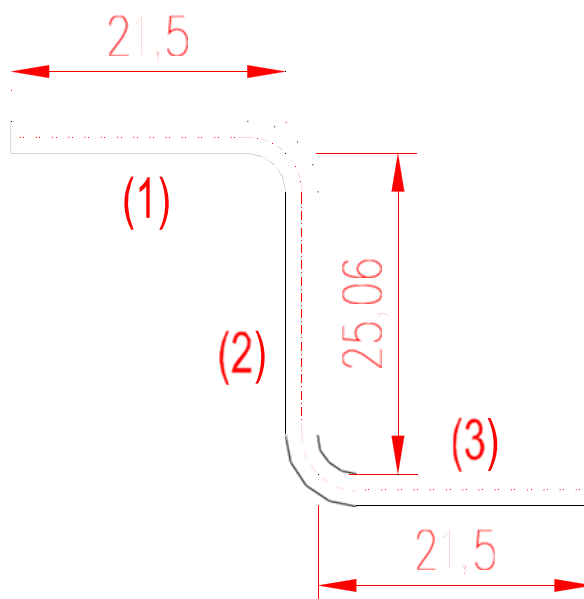


Elementi di supporto pannelli laterali – Z30x24x3mm



Area: 205.5722
Perimetro: 143.0482
Casella di delimitazione: X: -22.5000-----22.5000
Y: -15.0000---- 15.0000
Baricentro: X: 0.0000
Y: 0.0000
Momenti di inerzia: X: 27656.1184
Y: 22839.3569
Prodotti di inerzia: XY: -20517.2948
Raggi di girazione: X: 11.5988
Y: 10.5405
Momenti principali e direzione X-Y rispetto al baricentro:
I: 4589.5750 lungo [0.6646 -0.7472]
J: 45905.9003 lungo [0.7472 0.6646]

Caratteristiche acciaio			
$f_{y,k} =$	275	Mpa	
$f_{t,k} =$	360	Mpa	
$E =$	210000	Mpa	
Coefficiente sicurezza materiale			
$\gamma_m =$	1,05		
elemento	1	2	3
lunghezza c (mm)	21,5	20,56	21,5
spessore t (mm)	3	3	3
elem interno c/t	---	6,85	---
elem sporgente c/t	7,17	---	7,17
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	0,924	0,924	0,924
rapporto tensionale elastico elem interno ψ		-1	
$\psi > -1: c/t \leq \frac{42\epsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ $\psi \leq -1^{\circ}: c/t \leq 62\epsilon(1-\psi)\sqrt{(-\psi)}$		114,6	
rapporto tensionale elastico elem sporgente K_{σ}	0,43		
$c/t \leq 2k_y k_x$ Per k_x , vedere EN 1993-1-5	12,7	0,0	0,0
elem interno α (pressoflessione)	0,5	0,5	0,5
when $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{396\epsilon}{13\alpha - 1}$ when $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{36\epsilon}{\alpha}$	66,6	66,6	66,6
when $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{456\epsilon}{13\alpha - 1}$ when $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{41,5\epsilon}{\alpha}$	76,7	76,7	76,7
rapporto tensionale plastico elem interno α (compressione)			
$c/t \leq 33\epsilon$			Classe 1
$c/t \leq 38\epsilon$			Classe 2
rapporto tensionale plastico elem sporgente α			
$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$			Classe 1
$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$			Classe 2
CLASSIFICAZIONE	1	1	1



Sommario calcolo strutture fisse

1. PREMESSA	3
2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E ANALISI DEI CARICHI.....	3
3. CRITERI DI VERIFICA.....	5
4. DIMENSIONAMENTO E VERIFICA	5
4.1. ARCARECCI	5
4.2. TELAIO.....	5
4.2.1. VENTO.....	5
4.2.2. NEVE + VENTO.....	8
4.2.3. PROVE IN SITO	10
4.3. TRAVE	10
4.4. PILASTRO.....	11
5. CONCLUSIONI	11

1. PREMESSA

La presente relazione tratta del dimensionamento preliminare delle opere strutturali in acciaio previste nell'ambito dell'installazione di un impianto fotovoltaico a terra, i cui pannelli saranno sostenuti in posizione dalle strutture oggetto della presente relazione, sito in Vaglio Basilicata (PZ), località "Cescarelle".

Il Soggetto Responsabile, così come definito, ex art. 2, comma 1, lettera g, del DM 28 luglio 2005 e s.m.i., è la Società "Emmedue solar s.r.l.s." che dispone delle autorizzazioni all'utilizzo dell'area su cui sorgerà l'impianto in oggetto.

Il Comune di Vaglio Basilicata ricade in zona sismica 2.

La struttura in esame è costituita da elementi intelaiati in acciaio formato a freddo nelle forme a C, ad U, ad L a lati uguali ed in profilati IPE140.

Gli arcarecci, i quali reggono i moduli fotovoltaici, sono posti ad interasse di un circa metro ed hanno sezione a c delle dimensioni 60x60x3, due arcarecci sorreggono una fila di moduli.

Gli arcarecci poggiano sulle travi portanti, poste lungo la linea di massima pendenza, posseggono sezione ad U delle dimensioni di 140x40x4 e sono poste ad interasse di metri 2,50.

Gli elementi verticali di sostegno, che sorreggono le travi, hanno sezione IPE140.

Le verifiche sismiche, anche se l'intervento ricade in zona 2, vengono omesse per i seguenti motivi:

- Scarsa inerzia delle masse dovuta al basso peso proprio delle strutture;
- La classe d'uso della struttura in esame non ricade in nessuna delle 4 esplicitate dalle N.T.C., si deduce quindi essere inferiore alla I;
- Elasticità intrinseca delle strutture in acciaio;

I motivi sopra riportati determinano, con buona approssimazione, l'inefficacia dell'azione sismica sulla struttura in oggetto e di conseguenza la sua non pericolosità.

2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E ANALISI DEI CARICHI

MATERIALI:

Acciaio da carpenteria tipo Fe360 (S235)

ANALISI DEI CARICHI:

Si considera un'altitudine sul livello del mare pari a 235 m.

Carico neve (verticale) = 670 N/m²

Carico vento (perpendicolare alla falda) = 1297 N/m² (verso il basso)

Carico vento (perpendicolare alla falda) = 865 N/m² (verso l'alto)

Il peso proprio della struttura e di entità trascurabile ma verrà comunque analizzato di volta in volta su tutti gli elementi della struttura.

DETERMINAZIONE DEL CARICO NEVE AL SUOLO

Zona	IZONA III	q_{ref} [KN/mq]	=1.046
CE	10.0	α	=-0.670
TR	[anni] 720	C_t	=1.000
as	[mols] 9560	q_{sk} [KN/mq]	=1.542

TIPO DI PALLO rad una falda

α	[°] 725	q_s in KN/mq
p_1	=-0.800	



Caso di 10.0

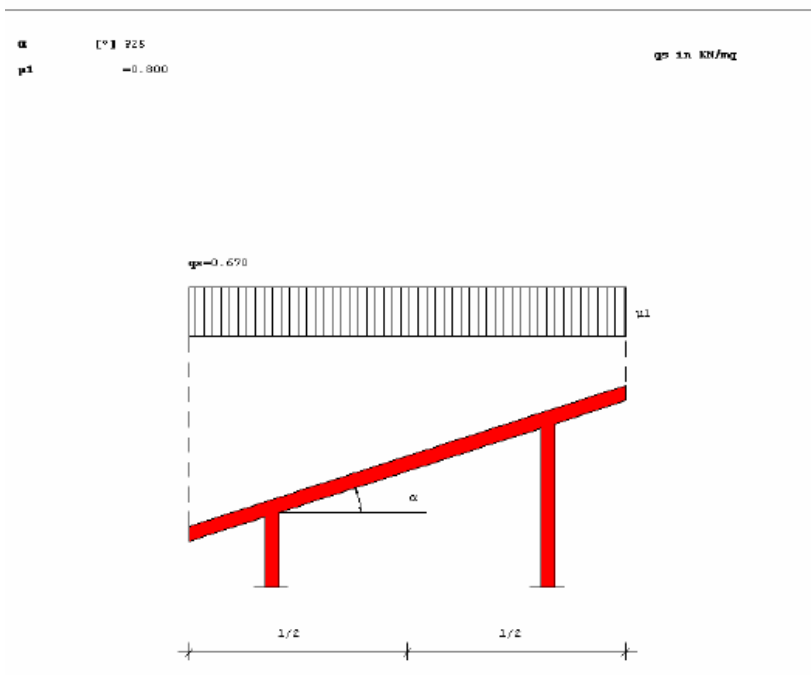


Figura 1 - Determinazione del carico neve al suolo

Zona	IZONA 3	z [m] 72	V_{ref} [N/mq]=28.200
Esposizione	IIIII		C_{ev} =-1.307
as	[mols] 9560		C_t =1.000
α	[°] 725		P_f [N/mq]=7.599
Ubicazione	INon considerato		C_f =0.010
			C_d =-1
Tr	[anni] 720		
Coeff. Attrito	0.01		

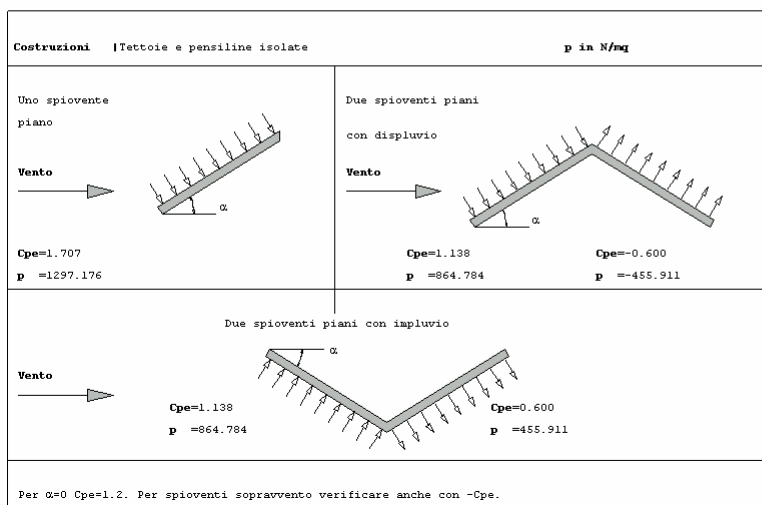


Figura 2 Determinazione delle azioni del vento.

3. CRITERI DI VERIFICA

La verifica di resistenza delle sezioni viene condotta con il metodo delle tensioni ammissibili.

Il calcolo delle sezioni resistenti viene effettuato con i metodi della Scienza delle Costruzioni, basati sull'ipotesi dell'elasticità lineare dei materiali.

I valori ammissibili delle tensioni normali e tangenziali nell'acciaio considerati nella presente relazione sono:

per Fe360 (S235)

- a trazione $\sigma_{amm} = 160 \text{ N/mm}^2$
- a taglio $\tau_{amm} = 92 \text{ N/mm}^2$

4. DIMENSIONAMENTO E VERIFICA

Nel presente paragrafo si ometterà il dimensionamento, in quanto già eseguito, e ci si limiterà alla verifica delle sezioni, giungendo così ad esplicitare il coefficiente di sicurezza di ognuna di esse.

In questo caso si dovranno analizzare due condizioni sfavorevoli:

- Carico del vento dal basso verso l'alto;
- Carico del vento dall'alto verso il basso sommato al carico neve, ridotti con coefficiente pari a 0,7.

Si analizzerà la struttura partendo dall'alto, cioè dagli arcarecci, e si procederà verso il basso fino ad arrivare alle fondazioni.

4.1. ARCARECCI

Costituiti dal profilo a C di dimensioni 60x60x3.

Si considerano gli arcarecci come semplicemente appoggiati con luce pari a 2.50 metri.

Le verifiche strutturali, effettuate una volta solamente in quanto gli elementi esaminati ricoprono la stessa configurazione in tutte le strutture di progetto, asseriscono la perfetta tenuta alle sollecitazioni sopportate.

4.2. TELAIO

Di seguito le verifiche della struttura intelaiata.

4.2.1. Vento

Per le dimensioni del telaio si fa riferimento alla figura a seguito.

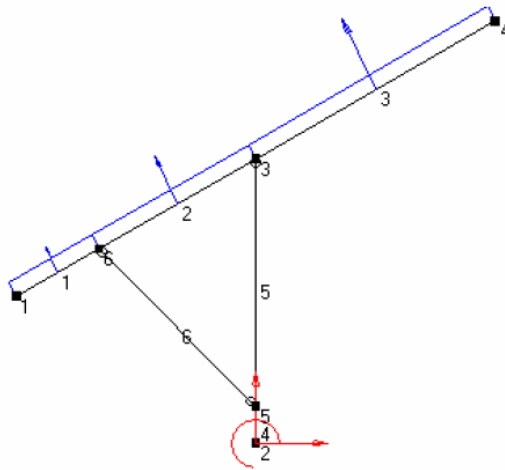


Figura 3 - Azione del vento.

Nodi e reazioni vincolari

- Nodo 1 (0 , 0,8) m
- Nodo 2 (1,3 , 0) m Vincolo col terreno: Incastro
 $R_x = 2907 \text{ N}$ $R_y = -6231 \text{ N}$ $C = -4504,799 \text{ N}\cdot\text{m}$
- Nodo 3 (1,3 , 1,55) m
- Nodo 4 (2,6 , 2,3) m
- Nodo 5 (1,3 , 0,2) m
- Nodo 6 (0,45 , 1,058) m

Carichi distribuiti

1	Trave: 1	Tra 0 m e 0,518 m	$p_x = -969 \text{ N/m}$	$p_y = 2077 \text{ N/m}$
2	Trave: 2	Tra 0 m e 0,982 m	$p_x = -969 \text{ N/m}$	$p_y = 2077 \text{ N/m}$
3	Trave: 3	Tra 0 m e 1,5 m	$p_x = -969 \text{ N/m}$	$p_y = 2077 \text{ N/m}$

Sollecitazioni nelle travi

Trave 1 tra i nodi 1 (Incastro) e 6 (Incastro)

Lunghezza = 0,5187138 m	Momento d'inerzia = 1 m ⁴	Area = 371658,787500372 m ²	
Z=0 m	$N=5,609337\text{E-}09 \text{ N}$	$T=-4,412539\text{E-}08 \text{ N}$	$M=3,887557\text{E-}12 \text{ N}\cdot\text{m}$
	$U_x=-1772,603 \text{ m}$	$U_y=-3178,997 \text{ m}$	$Rot=2124,404 \text{ rad}$
Z=1,932082E-11 m	$N=1,891436\text{E-}09 \text{ N}$	$T=0 \text{ N}$	$M=3,887557\text{E-}12 \text{ N}\cdot\text{m}$
	$U_x=-1772,603 \text{ m}$	$U_y=-3178,997 \text{ m}$	$Rot=2124,404 \text{ rad}$
Z=0,518 m	$N=-99,67864 \text{ N}$	$T=1183,022 \text{ N}$	$M=306,4026 \text{ N}\cdot\text{m}$
	$U_x=-2323,353 \text{ m}$	$U_y=-2218,387 \text{ m}$	$Rot=2177,309 \text{ rad}$
Z=0,5187138 m	$N=-99,67864 \text{ N}$	$T=1183,022 \text{ N}$	$M=307,2471 \text{ N}\cdot\text{m}$
	$U_x=-2324,126 \text{ m}$	$U_y=-2217,039 \text{ m}$	$Rot=2177,528 \text{ rad}$

Trave 2 tra i nodi 6 (Incastro) e 3 (Incastro)

Lunghezza = 0,9821222 m	Momento d'inerzia = 1 m ⁴	Area = 103673,784217532 m ²
Z=0 m	N=-104,8345 N	T=1181,531 N
	Ux=-2324,126 m	Uy=-2217,039 m
		M=307,2471 N·m
		Rot=2177,528 rad
Z=0,982 m	N=-303,0439 N	T=3423,45 N
	Ux=-3607,283 m	Uy=-0,2067733 m
		M=2568,292 N·m
		Rot=3409,257 rad
Z=0,9821222 m	N=-303,0439 N	T=3423,45 N
	Ux=-3607,492 m	Uy=0,1537851 m
		M=2568,711 N·m
		Rot=3409,571 rad

Trave 3 tra i nodi 3 (Incastro) e 4 (Incastro)

Lunghezza = 1,500833 m	Momento d'inerzia = 1 m ⁴	Area = 44395,1165371809 m ²
Z=0 m	N=297,8846 N	T=-3424,948 N
	Ux=-3607,492 m	Uy=0,1537851 m
		M=2568,711 N·m
		Rot=3409,571 rad
Z=1,5 m	N=-2,700801E-09 N	T=-1,028184E-09 N
	Ux=-6885,295 m	Uy=5681,689 m
		M=1,207468E-09 N·m
		Rot=4693,926 rad
Z=1,500833 m	N=-2,700796E-09 N	T=-1,028429E-09 N
	Ux=-6887,249 m	Uy=5685,077 m
		M=9,268319E-10 N·m
		Rot=4693,926 rad

Trave 4 tra i nodi 2 (Incastro) e 5 (Incastro)

Lunghezza = 0,2 m	Momento d'inerzia = 1 m ⁴	Area = 2500000 m ²
Z=0 m	N=6231 N	T=-2907 N
	Ux=0 m	Uy=0 m
		M=4504,799 N·m
		Rot=0 rad
Z=0,2 m	N=6231 N	T=-2907 N
	Ux=-86,21998 m	Uy=4,9848E-04 m
		M=3923,399 N·m
		Rot=842,8198 rad

Trave 5 tra i nodi 5 (Incastro) e 3 (Cerniera)

Lunghezza = 1,35 m	Momento d'inerzia = 1 m ⁴	Area = 54869,6844993141 m ²
Z=0 m	N=6230,214 N	T=-2906,221 N
	Ux=-86,21998 m	Uy=4,9848E-04 m
		M=3923,399 N·m
		Rot=842,8198 rad
Z=1,35 m	N=6230,214 N	T=-2906,221 N
	Ux=-3607,492 m	Uy=0,1537851 m
		M=-1,50407E-09 N·m
		Rot=3491,114 rad

Trave 6 tra i nodi 5 (Cerniera) e 6 (Cerniera)

Lunghezza = 1,207752 m	Momento d'inerzia = 1 m ⁴	Area = 68555,8840144132 m ²
------------------------	--------------------------------------	--

Z=0 m	N=1,106189 N	T=-5,444322E-09 N	M=-8,063328E-12 N·m
	Ux=-86,21998 m	Uy=4,9848E-04 m	Rot=2608,282 rad
Z=1,207752 m	N=1,106189 N	T=-5,444322E-09 N	M=-2,442491E-13 N·m
	Ux=-2324,126 m	Uy=-2217,039 m	Rot=2608,282 rad

Viene esplicitata, nelle prime righe del presente paragrafo, la sollecitazione a sfilo provocata dalla forza del vento, la quale è pari a 6231 N.

4.2.2. Neve + vento

La sollecitazione verso il basso è composta dalla forza del vento sommata al carico della neve, la somma è diminuita di un coefficiente di riduzione per la non contemporaneità dei carichi, tale coefficiente è pari a 0.7.

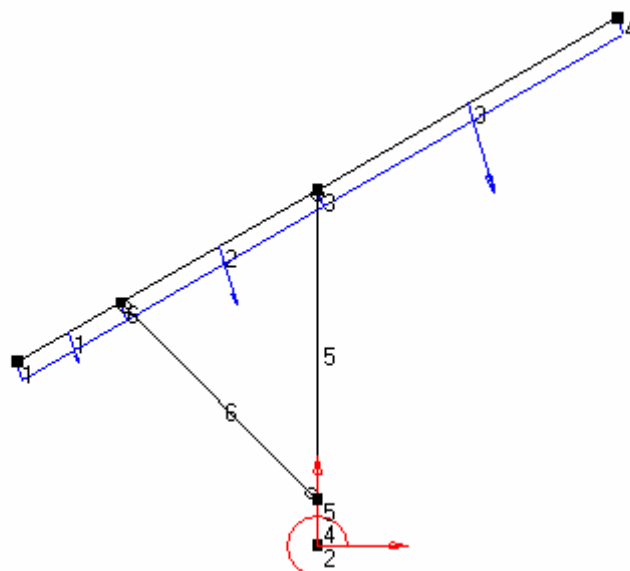


Figura 4 - Azione vento + neve

Nodi e reazioni vincolari

Nodo 1 (0, 0,8) m

Nodo 2 (1,3, 0) m Vincolo col terreno: Incastro

$R_x = -4356 \text{ N}$ $R_y = 10269 \text{ N}$ $C = 6750,24 \text{ N·m}$

Nodo 3 (1,3, 1,55) m

Nodo 4 (2,6, 2,3) m

Nodo 5 (1,3, 0,2) m

Nodo 6 (0,45, 1,058) m

Carichi distribuiti

1 Trave: 1	Tra 0 m e 0,518 m	$p_x = 1452 \text{ N/m}$	$p_y = -3423 \text{ N/m}$
2 Trave: 2	Tra 0 m e 0,982 m	$p_x = 1452 \text{ N/m}$	$p_y = -3423 \text{ N/m}$
3 Trave: 3	Tra 0 m e 1,5 m	$p_x = 1452 \text{ N/m}$	$p_y = -3423 \text{ N/m}$

Sollecitazioni nelle travi

Trave 1 tra i nodi 1 (Incastro) e 6 (Incastro)

Lunghezza = 0,5187138 m	Momento d'inerzia = 1 m ⁴	Area = 371658,787500372 m ²	
Z=0 m	N=-1,359908E-07 N	T=3,206984E-08 N	M=-5,354828E-12 N·m
	Ux=2670,477 m	Uy=4738,601 m	Rot=-3126,255 rad
Z=8,686874E-12 m	N=-1,321435E-07 N	T=-6,617445E-24 N	M=-5,354828E-12 N·m
	Ux=2670,477 m	Uy=4738,601 m	Rot=-3126,255 rad
Z=0,518 m	N=229,4179 N	T=-1912,331 N	M=-495,2937 N·m
	Ux=3481,45 m	Uy=3324,114 m	Rot=-3211,776 rad
Z=0,5187138 m	N=229,4179 N	T=-1912,331 N	M=-496,6587 N·m
	Ux=3482,59 m	Uy=3322,125 m	Rot=-3212,13 rad

Trave 2 tra i nodi 6 (Incastro) e 3 (Incastro)

Lunghezza = 0,9821222 m	Momento d'inerzia = 1 m ⁴	Area = 103673,784217532 m ²	
Z=0 m	N=237,7148 N	T=-1909,78 N	M=-496,6587 N·m
	Ux=3482,59 m	Uy=3322,125 m	Rot=-3212,13 rad
Z=0,982 m	N=687,5748 N	T=-5533,263 N	M=-4151,193 N·m
	Ux=5405,348 m	Uy=0,2968192 m	Rot=-5203,041 rad
Z=0,9821222 m	N=687,5748 N	T=-5533,263 N	M=-4151,869 N·m
	Ux=5405,666 m	Uy=-0,2534487 m	Rot=-5203,548 rad

Trave 3 tra i nodi 3 (Incastro) e 4 (Incastro)

Lunghezza = 1,500833 m	Momento d'inerzia = 1 m ⁴	Area = 44395,1165371809 m ²	
Z=0 m	N=-679,2727 N	T=5535,825 N	M=-4151,869 N·m
	Ux=5405,666 m	Uy=-0,2534487 m	Rot=-5203,548 rad
Z=1,5 m	N=3,774062E-09 N	T=1,28357E-08 N	M=6,088158E-09 N·m
	Ux=10473,22 m	Uy=-8784,029 m	Rot=-7279,482 rad
Z=1,500833 m	N=3,774111E-09 N	T=1,283585E-08 N	M=1,839846E-09 N·m
	Ux=10476,25 m	Uy=-8789,282 m	Rot=-7279,482 rad

Trave 4 tra i nodi 2 (Incastro) e 5 (Incastro)

Lunghezza = 0,2 m	Momento d'inerzia = 1 m ⁴	Area = 2500000 m ²	
Z=0 m	N=-10269 N	T=4356 N	M=-6750,24 N·m
	Ux=0 m	Uy=0 m	Rot=0 rad
Z=0,2 m	N=-10269 N	T=4356 N	M=-5879,04 N·m
	Ux=129,1968 m	Uy=-8,2152E-04 m	Rot=-1262,928 rad

Trave 5 tra i nodi 5 (Incastro) e 3 (Cerniera)

Lunghezza = 1,35 m	Momento d'inerzia = 1 m ⁴	Area = 54869,6844993141 m ²	
Z=0 m	N=-10267,83 N	T=4354,844 N	M=-5879,04 N·m
	Ux=129,1968 m	Uy=-8,2152E-04 m	Rot=-1262,928 rad
Z=1,35 m	N=-10267,83 N	T=4354,844 N	M=-1,641687E-09 N·m
	Ux=5405,666 m	Uy=-0,2534487 m	Rot=-5231,28 rad

Trave 6 tra i nodi 5 (Cerniera) e 6 (Cerniera)

Lunghezza = 1,207752 m	Momento d'inerzia = 1 m ⁴	Area = 68555,8840144132 m ²	
Z=0 m	N=-1,642372 N	T=7,319886E-10 N	M=7,683632E-12 N·m
	Ux=129,1968 m	Uy=-8,2152E-04 m	Rot=-3908,384 rad
Z=1,207752 m	N=-1,642372 N	T=7,319886E-10 N	M=4,64162E-12 N·m
	Ux=3482,59 m	Uy=3322,125 m	Rot=-3908,384 rad

4.2.3. Prove in sito

I valori minimi per le prove di resistenza da realizzare in sito sull'elemento infisso a terra (pilastro) sono i seguenti:

- Sfilo verticale 6231 N
- Affondamento verticale 10269 N
- Momento 6750 Nm

Si consigliano coefficienti di sicurezza pari almeno a 1,3.

4.3. TRAVE

L'elemento è costituito da un profilo ad U in lamiera piegata dello spessore di 4 mm di dimensioni 140x40.

La sollecitazione massima sopportata è pari a:

M = 4152 Nm
T = 5536 N
N = 688 N

Le caratteristiche della sezione sono le seguenti:

$$J_x = 2.246.762 \text{ mm}^4$$

$$W_x = 32.097 \text{ mm}^3$$

$$A = 848 \text{ mm}^2$$

La tensione massima nell'elemento è pari a $M/W_x = 129,4 \text{ N/mm}^2$

4.4. PILASTRO

Le sollecitazioni massime dell'elemento verticale sono le seguenti:

$$N = -10.268 \text{ N}$$

$$T = 4356 \text{ N}$$

$$M = 6750 \text{ Nm}$$

Il pilastro viene sottoposto a carico di punta.

La verifica viene condotta tramite il metodo del carico critico con metodo tabellare.

I calcoli determinano un carico critico pari a 57 N/mm^2 a fronte di una sollecitazione reale pari a $6,26 \text{ N/mm}^2$, l'elemento è quindi abbondantemente sovradimensionato.

Altra verifica è quella a momento, che determina una tensione pari a $87,32 \text{ N/mm}^2$, inferiore a quella ammissibile.

L'elemento risulta quindi verificato.

5. CONCLUSIONI

La struttura risulta correttamente dimensionata secondo la normativa vigente.