

Struttura per supporto pannelli fotovoltaici

Rapporto di calcolo

Sommario

1	Introduzione.....	1
1.1	Descrizione generale	1
2	Normative e codici.....	2
3	Documenti di riferimento.....	2
4	Suolo e stratificazione.....	3
5	Materiali.....	4
6	Carichi	5
6.1	Generale.....	5
6.2	Pesi propri	5
6.3	Vento	5
6.4	Neve	7
6.5	Sisma	7
7	Combinazioni di carico	9
8	Criteri di accettabilità.....	10
8.1	Parametri di resistenza	10
8.2	Spostamenti e deformazioni	10
8.3	Resistenza al fuoco	10
8.4	Criteri di accettabilità sismici	10
9	Analisi strutturale.....	11
10	Calcolo e Verifiche strutture	12
11	Conclusioni.....	15
Allegato 1	Parametri sismici	16
Allegato 2	Report di calcolo analisi strutturale.....	17

1 Introduzione

1.1 Descrizione generale

Nel documento sono presentati il calcolo e la verifica della struttura metallica a supporto dei pannelli fotovoltaici, così come presentate nei documenti di riferimento.

Di seguito si riportano le caratteristiche principali utili, appunto, al calcolo strutturale.

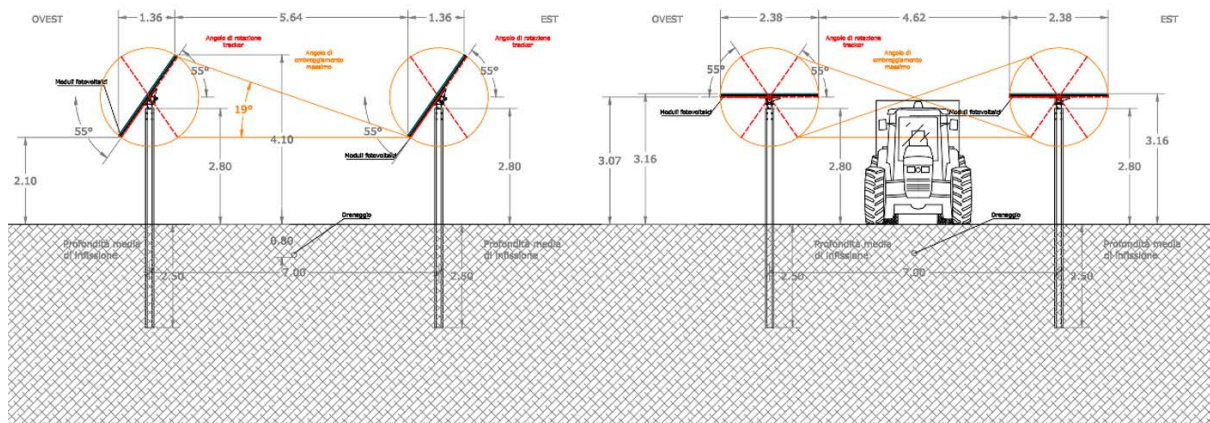
Sito di costruzione/installazione: Collesalveti (LI)

Posizionamento della struttura: a livello del terreno.

Altitudine 0m slm

Le colonne sono direttamente infisse nel terreno e il profilo continuo funge sia da colonna di supporto/stabilità che da fondazione medio/profonda.

La struttura si presenta come una linea di 5 colonne con un profilo orizzontale su cui montano i pannelli fotovoltaici dotati di sistema di rotazione e tilting. Si veda figura seguente.



2 Normative e codici

/1/ NTC2018 – Norme tecniche per le costruzioni, gennaio 2018

/2/ EN1990 – Eurocodice 0, criteri generali di progettazione strutturale

/3/ EN1991 – Eurocodice 1, Azioni sulle strutture

/4/ EN1993 – Eurocodice 3, progettazione di strutture in acciaio

/5/ EN1998 – Eurocodice 8, progettazione delle strutture per la resistenza sismica

3 Documenti di riferimento

Il seguente materiale è stato fornito direttamente dal committente del presente calcolo. Esso sarà utilizzato come fonte di informazioni e come materiale di riferimento per il calcolo strutturale.

- i. 9 dettagli moduli FV rev11
- ii. Relazione geologica e di modellazione sismica

4 Suolo e stratificazione

Si vedano dettagli e valutazioni geotecniche fatti nel documento di riferimento III come precedentemente descritto.

5 Materiali

La seguente tabella presenta i materiali utilizzati nelle strutture di supporto

Materiale	Elemento	Classe	Codice di riferimento
Acciaio	Tubolari	S275JR	EN10025
	Laminati	S275JR	
	Pofili estrusi I, H e altro	S355JR	
	Bulloni	cl. 8.8	UNI EN 14399

tabella 1: tabella materiali

6 Carichi

6.1 Generale

Le strutture in analisi sono soggette principalmente alle seguenti tipologie di carichi:

Il peso proprio

I pesi propri degli impianti e delle varie componenti su di esse installati

Le azioni orizzontali dovute ad eventi sismici

La spinta del vento

Il carico della neve

Sia per il vento che per la neve il sistema di tracker ha dei rilevatori di prevenzione che: per il vento, un anemometro in zona misura la velocità di raffica 3s, la quale viene confrontata con la velocità di innesco prevenzione, che corrisponde a mandare i pannelli in posizione orizzontale ($\alpha = 0$). La velocità prevenzione è 15.6 m/s, che sarà anche la velocità per il calcolo dell'azione di vento a drag ($\alpha = 55^\circ$);

per la neve un misuratore in zona indisturbata rileva i mm di neve depositati e quando questi toccano i 30 mm, il sistema di prevenzione manda i pannelli in posizione inclinata massima ($\alpha = 55$) impedendo sovraaccumuli di neve.

Classe d'uso e vita nominale

Non avendo altre valutazioni a riguardo e in accordo con le prescrizioni NTC2018 par. 2.4.1, si considera la struttura inserita nella categoria 2, che prevede una vita nominale V_N di progetto pari a 50 anni.

Inoltre, la costruzione è inserita nella classe d'uso II (par. 2.4.2), che corrisponde a un coefficiente d'uso C_U pari a 1,0.

Si può quindi definire il periodo di riferimento per l'azione sismica:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1,0 = 50 \text{ anni}$$

Nei seguenti paragrafi i singoli casi di carico sono presentati ed elaborati. Per gli scenari e le combinazioni di carico fare riferimento al par. 7.

6.2 Pesi propri

I pesi propri strutturali (G1) riguardano la struttura metallica dei telai, valutata a partire da un peso per volume di 7850 kg/m³.

Tra i pesi non strutturali (G2) possono essere inclusi i pesi dei pannelli + bulloneria varia.

6.3 Vento

Vento definito in accordo con il par. 3.3 delle NTC2018.

La costruzione, come descritto nel par. 1, è ubicata a Collesalveti, in provincia di Livorno, regione Toscana. In accordo con la classificazione italiana, la suddetta regione è in **zona 3**, che corrisponde ai seguenti parametri di base del vento:

Parametri di riferimento	
$v_{b,0}$ velocità di riferimento al livello del mare	27 m/s
a_0 – parametro di altitudine di base	500 m
k_s – fattore geografico di base	0,37

tabella 2: parametri di base vento

STRUTTURA PER SUPPORTO PANNELLI FOTOVOLTAICI

La velocità base di riferimento è quindi valutata sulla base del coefficiente di altitudine, che nel caso del sito in questione è pari a 1, poiché $a_s = 0 \text{ m} < a_0 = 500\text{m}$:

$$v_{b,0} = v_{b,0} \times C_a = 25 \times 1,0 = 25 \text{ m/s}$$

Al fine di valutare la pressione di progetto è necessario definire alcuni parametri relativi al vento in accordo con il par. 3.3 delle NTC.

Parametri		Notes
v_r	27,0 m/s	Velocità di riferimento a 10m di altezza
q_r	0,456 kN/m ²	Pressione di riferimento a 10m di altezza
CR	B	Classe di rugosità del terreno (tab. 3.3.III NTC)
Dist	Ca. 5/10 km	Distanza dalla costa
a_s	0 m	Elevazione
CE	III	Categoria di esposizione
k_r	0,20	Parametro di rugosità
Z_0	0,10 m	Altezza di rugosità
Z_{min}	5 m	Altezza minima
$C_e (Z_{min})$	1,71	Coefficiente di esposizione secondo eq. [3.3.7]
C_t	1,0	In accordo con prescrizioni CNR ref. /7/
C_d	1,0	Coefficiente dinamico
Pressione	0,78 kN/m ²	Coefficiente aerodinamico

Per il calcolo del coefficiente di pressione si considerano le due posizioni estreme del pannello fotovoltaico. In posizione orizzontale ($\alpha = 0$) abbiamo solo forza di lift che tende a sollevare i pannelli, mentre in posizione di massimo tilt abbiamo sola forza di drag.

C_{p_lift} : 1,5

C_{p_drag} : parti estreme si ha un coefficiente di 3,4 (si veda CNR DT208), mentre per le parti centrali si ha un coefficiente di 2,1.

6.4 Neve

Il carico da neve è definito sulla base delle prescrizioni NTC, par. 3.4.

Inoltre, considerazioni aggiuntive su accumulo e modello carico neve sono fatte sulla base delle prescrizioni dell'eurocodice 1991-1-3.

La provincia di Livorno

È classificata come zona III, con un carico da neve al suolo di riferimento definito dalla formula sottostante.

Poiché l'edificio sorge a 0m slm è necessario applicare la formula 3.4.2 delle NTC:

$$q_{sk} (a_s=200m) = 0,60 \text{ kN/m}^2$$

6.5 Sisma

In accordo con il par. 3.2 delle NTC l'azione sismica è definita a partire dalla pericolosità sismica del sito, in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g su suolo di riferimento rigido e le ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione, a prefissate probabilità di eccedenza.

A livello normativo sono definite 4 probabilità di superamento nel periodo di riferimento della costruzione pari a 50 anni (par. 6), che definiscono 4 stati limite diversi.

Per il presente calcolo viene considerato il solo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), per cui verranno eseguite le verifiche di stabilità dei telai di supporto, come indicato al par. 7.3.6 delle NTC.

Viene considerato come sito per le coordinate indicate al punto 1.1.

Secondo la classificazione sismica italiana aggiornata al 2022 il sito risulta essere in classe 3.

Il calcolo dello spettro di risposta di progetto viene eseguito considerando la corretta categoria del sottosuolo e il fattore di struttura che varia a seconda del tipo di struttura analizzata e dello stato limite considerato.

Nel presente rapporto si presentano i calcoli e le verifiche di stabilità dei sistemi strutturali per un unico stato limite, lo stato limite di salvaguardia della vita, tramite analisi lineare.

Per l'analisi in questione viene considerato un sottosuolo di categoria C e un fattore di struttura pari a 1,0 per sisma orizzontale.

Il sisma in direzione verticale non viene considerato.

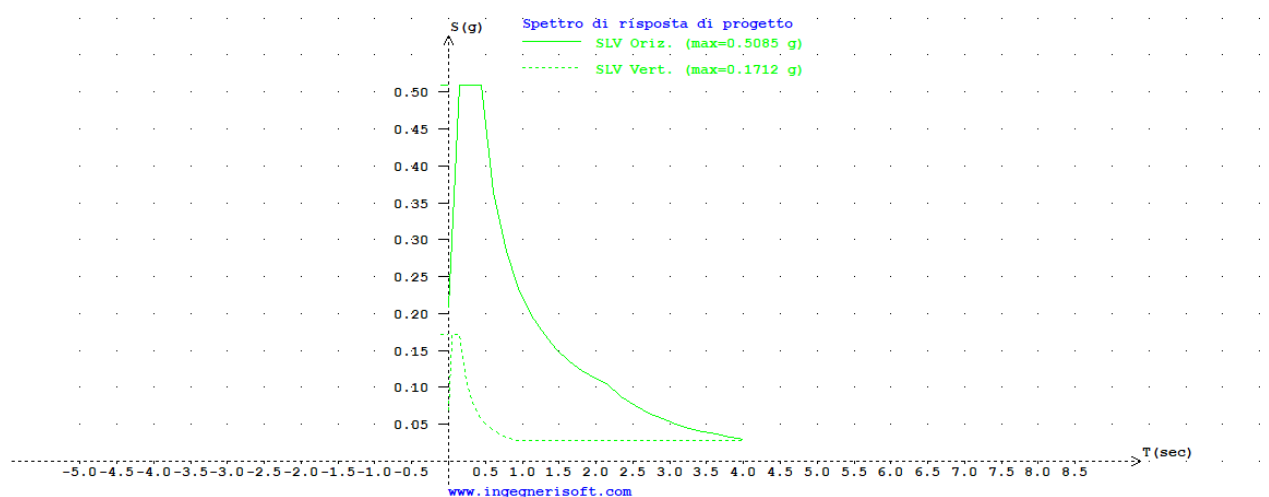


tabella 3: spettri di risposta di progetto per SLV

In via precauzionale l'analisi viene effettuata con il valore di accelerazione di plateau pari a $S_a = 0,51g$.

Nel presente rapporto si presentano i calcoli e le verifiche di stabilità dei sistemi strutturali per un unico stato limite, lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), tramite analisi lineare. Accelerazione di plateau $S_a = \text{_____}$

Nel valutare poi quindi la forza sismica per un'analisi lineare è possibile utilizzare le seguenti relazioni:

$$F_{\text{sisma hor}} = \text{Peso} \times S_h \times F_s$$

Con $F_s=1$ poiché siamo a piano terra senza particolari condizioni di alterazione dell'accelerazione sismica.

La forza sismica risulta essere di poco valore sia per il tipo di struttura, sia per l'intensità. Le masse in gioco molto basse permettono alla struttura di non dover sopportare a carichi sismici elevati, inoltre i periodi della struttura definiscono la struttura flessibile e quindi fuori dal plateau dello spettro sismico. L'azione sismica non verrà ulteriormente sviluppata.

7 Combinazioni di carico

La seguente tabella mostra le combinazioni di carico considerate per analizzare le strutture.

Per il presente calcolo si identificano 2 tipi di combinazione:

uno stato limite ultimo per le verifiche di resistenza e capacità nel rispetto delle azioni verticali e una combinazione per gli stati limite sismici.

LC	SL	Load Cases					
		Perm struct	Perm Non struct	Var	Snow	Wind	Seismic
		G ₁	G ₂	Q	S	W	E
2.5.1.1	ULS	1,3	1,5		1,5		
2.5.1.2	ULS	1,0	0,9			1,5	
2.5.7.1	SEI	1,0	1,0				1,0

Viene eseguito un controllo di stabilità globale in cui il momento ribaltante sulla struttura definito dall'azione sismica orizzontale, viene confrontato con il momento stabilizzante definito dalle azioni verticali.

8 Criteri di accettabilità

8.1 Parametri di resistenza

Gli elementi strutturali e i nodi devono essere verificati nel rispetto delle forze interne e delle tensioni. In particolare le forze interne e le tensioni devono rispettare i valori di resistenza e di capacità per le varie componenti di forza e tensione.

Le verifiche di resistenza devono risultare conformi con le richieste di resistenza e capacità come indicato nel par. 4 delle NTC o come indicato su norme alternative (si veda Eurocodici) di comprovata validità equivalente alle NTC.

8.2 Spostamenti e deformazioni

In questo rapporto di calcolo non sono verificati stati di deformazione e spostamento. Per cui non si reputa necessario riportare i limiti normativi in tal senso.

8.3 Resistenza al fuoco

Le verifiche di resistenza al fuoco possono essere eseguite con riferimento alla UNI EN 1992-1-2, utilizzando i coefficienti γ_M (par. 4.2.6 delle NTC) relativi alle combinazioni eccezionali.

Le strutture analizzate sono ubicate in locali abitualmente non frequentate da personale e/o la loro funzione non costituisce un pericolo rilevante in caso di crollo. Rimane comunque importante garantire una sicurezza minima al fine di evitare crolli improvvisi degli impianti e delle componenti di impianti.

Nel presente calcolo non verranno fatte ulteriori considerazioni sull'accettabilità delle strutture di supporto nel riguardo della sicurezza antincendio. Si ipotizza che il costruttore segua le direttive di sicurezza antincendio relative agli impianti.

8.4 Criteri di accettabilità sismici

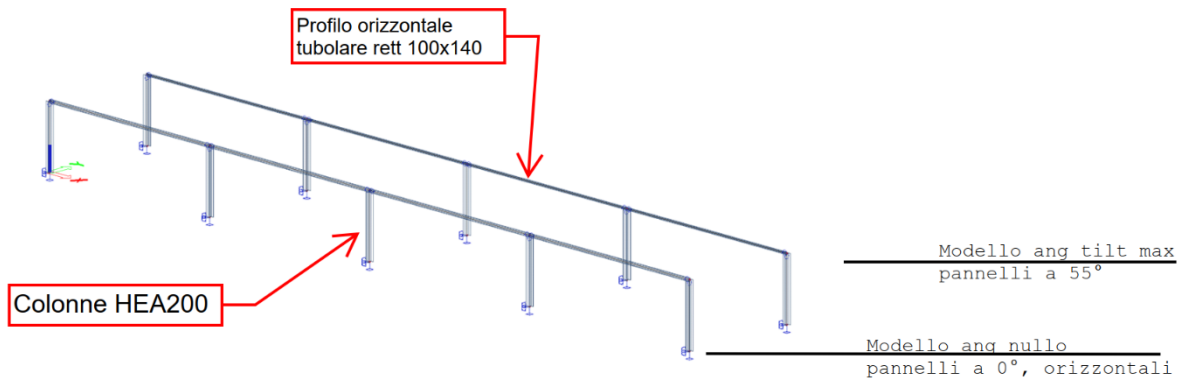
Nel progetto in questione si assume di valutare esclusivamente la resistenza degli elementi strutturali nei riguardi dell'azione sismica. Eventuali limiti operativi e di deformazioni per quanto riguarda i due stati limite operativo e di danno non verranno presi in considerazione.

Le verifiche di resistenza devono risultare conformi con le richieste di resistenza e capacità come indicato nel par. 4 delle NTC o come indicato su norme alternative (si veda Eurocodici) di comprovata validità equivalente alle NTC.

9 Analisi strutturale

La struttura viene analizzata staticamente e in modo lineare nei riguardi delle azioni gravitazionali. Viene, inoltre, eseguita un'analisi sismica semplificata in cui viene valutata la struttura nei rispetti della domanda sismica.

Nella seguente figura è mostrato il modello di calcolo con i profili e i vincoli di incastro alla base della colonna (per vedere lo sviluppo dei momenti di incastro lungo l'infissione fare riferimento ai paragrafi successivi).



Colonne in profilo HEA 200 S355

Profilo orizzontale in profilo scatolare (bxh) 100x150x8

10 Calcolo e Verifiche strutture

Di seguito una breve illustrazione rappresentante gli schemi di calcolo al fine di verificare i vari elementi e nodi strutturali, per maggiori dettagli riferirsi all'Allegato 3.

La struttura sopra descritta è analizzata attraverso un modello di calcolo con elementi beam 1D. Il modello è poi analizzato e studiato con i carichi descritti al paragrafo precedente.

Per modello strutturale, dettaglio materiale, dettaglio sezione e definizione elementi fare riferimento all'allegato 3.

Per dettagli sui carichi, loro distribuzione e conseguente sviluppo forze interne negli elementi vedere allegato 3

Verifica elementi

EC-EN 1993 Steel check ULS

Values: **UC_{Overall}**

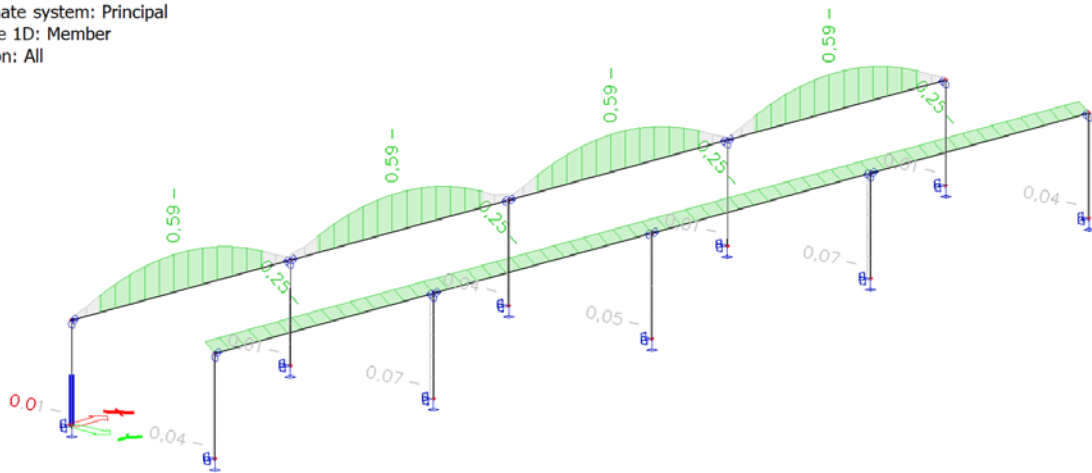
Linear calculation

Class: ULS

Coordinate system: Principal

Extreme 1D: Member

Selection: All



Verifica infissione

Sulla base dei risultati delle indagini geognostiche si valuta una resistenza alla punte, dovuto agli strati di terreno interessati pari a $Q_p = 10 \text{ kg/cm}^2$ e un attrito laterale $Q_s = 1 \text{ kg/cm}^2$.

Da qui è possibile valutare le capacità

$$Q_{p_t} = 10 \times A_{\text{HEA}} = 10 \times 53,8 / 100 = 5,4 \text{ kN}$$

$$Q_{s_t} = 1 \times p_{\text{HEA}} = 1 \times (110 \times 250) = 275 \text{ kN}$$

Max azione verticale di compressione 20 kN **Verificato UC=0,21**

Max azione verticale di trazione = 1 kN **Verificato UC= 0,01**

(con FS =3)

Per quanto riguarda lo sviluppo del momento di incastro si prende in considerazione la combinazione di azioni più sfavorevoli che per semplicità è definita dalle seguenti azioni:

$$N_{\text{comp}} = 20 \text{ kN}$$

$$M_y = 11 \text{ kN}$$

Gli spostamenti in sommità del sistema dovuti alla combinazione sopradescritti sono nell'ordine del cm, le reazioni che si sviluppano lungo il profilo dell'HEA infisso nel terreno sono assolutamente consoni a sopperire alla domanda. **L'infissione di 2,5m è sufficiente.**

Verifica connessione di base – ancoraggi alla soletta in c.a.

Si prende in esempio un modello di tassello standard, tipologia M16 cl. 8.8

Forza di trazione = 10 kN

Forza di taglio = 5 kN

Le sollecitazione per ogni tassello risulta essere $\frac{1}{4}$ del totale, che è ampiamente sotto la capacità del tassello e del cono di cemento messo in trazione. La verifica risulta ampiamente verificata.

11 Conclusioni

La valutazione strutturale riportata in questa relazione è stata eseguita considerando le prescrizioni NTC e UNI EN per gli stati limite ultimi e per lo stato limite SLV nei riguardi dell'azione sismica.

Sulla base dei risultati e delle verifiche effettuate si può osservare che gli elementi strutturali e, in generale, il comportamento globale della struttura sono in grado di sopportare in sicurezza i carichi di progetto e i requisiti di progetto come prescritto dalle norme citate al par. 2. La struttura è idonea a sopperire alle funzioni di progetto.

Non sono stati valutati e analizzati, quindi verificati, i nodi e le bullonature. Inoltre non è stata fatta alcuna valutazione sul sistema di tracking e rotazione dei pannelli. Neanche della connessione di questo sistema meccanico alla struttura portante. Eventuali fori e connessioni devono rispettare le forze in gioco descritte nel presente report.

Allegato 1 Parametri sismici

Allegato 2 Report di calcolo analisi strutturale

Allegato 1 Parametri sismici

-----+-----
 | Spettri di risposta |
 +-----+-----

Spettro di risposta di progetto SLO orizzontale

ag= 0.040346 g; F0= 2.545764; TC*= 0.228259 s;

TB= 0.1300 s; TC= 0.3900 s; TD= 1.7610 s; S= 1.5000 ; csi= 5.0000

n	T(sec)	S(T) g	S(T) cm/sec^2
1	0.000000	0.0605	59.3483
2	0.013000	0.0699	68.5221
3	0.026000	0.0792	77.6960
4	0.039000	0.0886	86.8698
5	0.052000	0.0979	96.0437
6	0.065000	0.1073	105.2175
7	0.078000	0.1166	114.3914
8	0.091000	0.1260	123.5652
9	0.104000	0.1354	132.7390
10	0.117000	0.1447	141.9129
11	0.130000	0.1541	151.0867
12	0.390000	0.1541	151.0867
13	0.527090	0.1140	111.7908
14	0.664180	0.0905	88.7167
15	0.801270	0.0750	73.5380
16	0.938360	0.0640	62.7945
17	1.075450	0.0559	54.7899
18	1.212540	0.0496	48.5954
19	1.349630	0.0445	43.6592
20	1.486720	0.0404	39.6334
21	1.623810	0.0370	36.2874
22	1.760900	0.0341	33.4623
23	1.761000	0.0341	33.4604
24	1.984900	0.0269	26.3374
25	2.208800	0.0217	21.2685
26	2.432700	0.0179	17.5337
27	2.656600	0.0150	14.7027
28	2.880500	0.0128	12.5059
29	3.104400	0.0110	10.7670
30	3.328300	0.0096	9.3671
31	3.552200	0.0084	8.2235
32	3.776100	0.0074	7.2772
33	4.000000	0.0066	6.4853

Spettro di risposta di progetto SLD orizzontale

ag= 0.053593 g; F0= 2.471763; TC*= 0.240000 s;

TB= 0.1350 s; TC= 0.4040 s; TD= 1.8140 s; S= 1.5000 ; csi= 5.0000

n	T(sec)	S(T) g	S(T) cm/sec^2
1	0.000000	0.0804	78.8351
2	0.013500	0.0856	83.9424
3	0.027000	0.0908	89.0496
4	0.040500	0.0960	94.1569
5	0.054000	0.1012	99.2642
6	0.067500	0.1064	104.3714
7	0.081000	0.1116	109.4787
8	0.094500	0.1168	114.5860
9	0.108000	0.1221	119.6932
10	0.121500	0.1273	124.8005
11	0.135000	0.1325	129.9078
12	0.404000	0.1325	129.9078
13	0.544990	0.0982	96.3004
14	0.685980	0.0780	76.5077
15	0.826970	0.0647	63.4639
16	0.967960	0.0553	54.2199
17	1.108950	0.0483	47.3265
18	1.249940	0.0428	41.9882
19	1.390930	0.0385	37.7321
20	1.531920	0.0349	34.2594
21	1.672910	0.0320	31.3721
22	1.813900	0.0295	28.9336
23	1.814000	0.0295	28.9320
24	2.032600	0.0235	23.0436
25	2.251200	0.0192	18.7856
26	2.469800	0.0159	15.6074
27	2.688400	0.0134	13.1724
28	2.907000	0.0115	11.2658
29	3.125600	0.0099	9.7451
30	3.344200	0.0087	8.5127
31	3.562800	0.0076	7.5002
32	3.781400	0.0068	6.6581

33 4.000000 0.0061 5.9502

Spettro di risposta di progetto SLV orizzontale
 $ag= 0.139166 \text{ g}$; $F0= 2.442246$; $TC^*= 0.270000 \text{ s}$;
 $TB= 0.1460 \text{ s}$; $TC= 0.4370 \text{ s}$; $TD= 2.1570 \text{ s}$; $S= 1.4960$; $q= 1.0000$

n	T(sec)	S(T) g	S(T) cm/sec ²
1	0.000000	0.2082	204.1671
2	0.014600	0.2382	233.6130
3	0.029200	0.2682	263.0589
4	0.043800	0.2983	292.5048
5	0.058400	0.3283	321.9507
6	0.073000	0.3583	351.3966
7	0.087600	0.3884	380.8425
8	0.102200	0.4184	410.2884
9	0.116800	0.4484	439.7344
10	0.131400	0.4784	469.1803
11	0.146000	0.5085	498.6262
12	0.437000	0.5085	498.6262
13	0.608990	0.3649	357.8050
14	0.780980	0.2845	279.0080
15	0.952970	0.2332	228.6532
16	1.124960	0.1975	193.6955
17	1.296950	0.1713	168.0093
18	1.468940	0.1513	148.3380
19	1.640930	0.1354	132.7903
20	1.812920	0.1226	120.1926
21	1.984910	0.1119	109.7781
22	2.156900	0.1030	101.0291
23	2.157000	0.1030	101.0198
24	2.341300	0.0874	85.7418
25	2.525600	0.0751	73.6847
26	2.709900	0.0653	64.0030
27	2.894200	0.0572	56.1112
28	3.078500	0.0506	49.5939
29	3.262800	0.0450	44.1495
30	3.447100	0.0403	39.5548
31	3.631400	0.0363	35.6417
32	3.815700	0.0329	32.2818
33	4.000000	0.0300	29.3756

Spettro di risposta di progetto SLC orizzontale
 $ag= 0.174664 \text{ g}$; $F0= 2.492246$; $TC^*= 0.280000 \text{ s}$;
 $TB= 0.1490 \text{ s}$; $TC= 0.4470 \text{ s}$; $TD= 2.2990 \text{ s}$; $S= 1.4390$; $q= 1.0000$

n	T(sec)	S(T) g	S(T) cm/sec ²
1	0.000000	0.2513	246.4817
2	0.014900	0.2680	262.7863
3	0.029800	0.2846	279.0910
4	0.044700	0.3012	295.3957
5	0.059600	0.3178	311.7004
6	0.074500	0.3345	328.0051
7	0.089400	0.3511	344.3098
8	0.104300	0.3677	360.6145
9	0.119200	0.3844	376.9192
10	0.134100	0.4010	393.2239
11	0.149000	0.4176	409.5286
12	0.447000	0.4176	409.5286
13	0.632190	0.2953	289.5637
14	0.817380	0.2284	223.9586
15	1.002570	0.1862	182.5900
16	1.187760	0.1572	154.1214
17	1.372950	0.1360	133.3328
18	1.558140	0.1198	117.4858
19	1.743330	0.1071	105.0055
20	1.928520	0.0968	94.9222
21	2.113710	0.0883	86.6057
22	2.298900	0.0812	79.6291
23	2.299000	0.0812	79.6256
24	2.469100	0.0704	69.0325
25	2.639200	0.0616	60.4207
26	2.809300	0.0544	53.3254
27	2.979400	0.0483	47.4103
28	3.149500	0.0433	42.4275
29	3.319600	0.0389	38.1908
30	3.489700	0.0352	34.5585
31	3.659800	0.0349	34.2574
32	3.829900	0.0349	34.2574
33	4.000000	0.0349	34.2574

Spettro di risposta di progetto SLO verticale

ag= 0.040346 g; TC*= 0.228259 s; Fv= 0.690000;
TB= 0.0500 s; TC= 0.1500 s; TD= 1.0000 s; Ss= 1.0000 ; csi= 5.0000

n	T(sec)	S(T) g	S(T) cm/sec ²
1	0.000000	0.0109	10.7238
2	0.005000	0.0126	12.3814
3	0.010000	0.0143	14.0391
4	0.015000	0.0160	15.6967
5	0.020000	0.0177	17.3544
6	0.025000	0.0194	19.0120
7	0.030000	0.0211	20.6696
8	0.035000	0.0228	22.3273
9	0.040000	0.0245	23.9849
10	0.045000	0.0261	25.6426
11	0.050000	0.0278	27.3002
12	0.150000	0.0278	27.3002
13	0.234990	0.0178	17.4264
14	0.319980	0.0131	12.7978
15	0.404970	0.0103	10.1119
16	0.489960	0.0085	8.3579
17	0.574950	0.0073	7.1224
18	0.659940	0.0063	6.2052
19	0.744930	0.0056	5.4972
20	0.829920	0.0050	4.9342
21	0.914910	0.0046	4.4759
22	0.999900	0.0042	4.0959
23	1.000000	0.0042	4.0950
24	1.300000	0.0025	2.4231
25	1.600000	0.0016	1.5996
26	1.900000	0.0012	1.1344
27	2.200000	0.0009	0.8461
28	2.500000	0.0007	0.6552
29	2.800000	0.0005	0.5223
30	3.100000	0.0004	0.4261
31	3.400000	0.0004	0.3542
32	3.700000	0.0003	0.2991
33	4.000000	0.0003	0.2559

Spettro di risposta di progetto SLD verticale

ag= 0.053593 g; TC*= 0.240000 s; Fv= 0.772000;
TB= 0.0500 s; TC= 0.1500 s; TD= 1.0000 s; Ss= 1.0000 ; csi= 5.0000

n	T(sec)	S(T) g	S(T) cm/sec ²
1	0.000000	0.0167	16.4149
2	0.005000	0.0178	17.4784
3	0.010000	0.0189	18.5418
4	0.015000	0.0200	19.6052
5	0.020000	0.0211	20.6686
6	0.025000	0.0222	21.7321
7	0.030000	0.0232	22.7955
8	0.035000	0.0243	23.8589
9	0.040000	0.0254	24.9223
10	0.045000	0.0265	25.9858
11	0.050000	0.0276	27.0492
12	0.150000	0.0276	27.0492
13	0.234990	0.0176	17.2662
14	0.319980	0.0129	12.6801
15	0.404970	0.0102	10.0190
16	0.489960	0.0084	8.2810
17	0.574950	0.0072	7.0569
18	0.659940	0.0063	6.1481
19	0.744930	0.0056	5.4467
20	0.829920	0.0050	4.8889
21	0.914910	0.0045	4.4347
22	0.999900	0.0041	4.0582
23	1.000000	0.0041	4.0574
24	1.300000	0.0024	2.4008
25	1.600000	0.0016	1.5849
26	1.900000	0.0011	1.1239
27	2.200000	0.0009	0.8383
28	2.500000	0.0007	0.6492
29	2.800000	0.0005	0.5175
30	3.100000	0.0004	0.4222
31	3.400000	0.0004	0.3510
32	3.700000	0.0003	0.2964
33	4.000000	0.0003	0.2536

Spettro di risposta di progetto SLV verticale

ag= 0.139166 g; TC*= 0.270000 s; Fv= 1.230000;
TB= 0.0500 s; TC= 0.1500 s; TD= 1.0000 s; Ss= 1.0000 ; q= 1.0000

n	T(sec)	S(T) g	S(T) cm/sec ²
---	--------	--------	--------------------------

1	0.000000	0.0701	68.7337
2	0.005000	0.0802	78.6468
3	0.010000	0.0903	88.5599
4	0.015000	0.1004	98.4730
5	0.020000	0.1105	108.3861
6	0.025000	0.1206	118.2992
7	0.030000	0.1307	128.2123
8	0.035000	0.1408	138.1254
9	0.040000	0.1510	148.0385
10	0.045000	0.1611	157.9515
11	0.050000	0.1712	167.8646
12	0.150000	0.1712	167.8646
13	0.234990	0.1093	107.1522
14	0.319980	0.0802	78.6915
15	0.404970	0.0634	62.1767
16	0.489960	0.0524	51.3913
17	0.574950	0.0447	43.7946
18	0.659940	0.0389	38.1545
19	0.744930	0.0345	33.8014
20	0.829920	0.0309	30.3399
21	0.914910	0.0281	27.5215
22	0.999900	0.0278	27.2951
23	1.000000	0.0278	27.2951
24	1.300000	0.0278	27.2951
25	1.600000	0.0278	27.2951
26	1.900000	0.0278	27.2951
27	2.200000	0.0278	27.2951
28	2.500000	0.0278	27.2951
29	2.800000	0.0278	27.2951
30	3.100000	0.0278	27.2951
31	3.400000	0.0278	27.2951
32	3.700000	0.0278	27.2951
33	4.000000	0.0278	27.2951

Spettro di risposta di progetto SLC verticale

ag= 0.174664 g; TC*= 0.280000 s; Fv= 1.406000;

TB= 0.0500 s; TC= 0.1500 s; TD= 1.0000 s; Ss= 1.0000 ; q= 1.5000

n	T(sec)	S(T) g	S(T) cm/sec ²
1	0.000000	0.0985	96.6314
2	0.005000	0.1051	103.0235
3	0.010000	0.1116	109.4157
4	0.015000	0.1181	115.8078
5	0.020000	0.1246	122.2000
6	0.025000	0.1311	128.5921
7	0.030000	0.1376	134.9842
8	0.035000	0.1442	141.3764
9	0.040000	0.1507	147.7685
10	0.045000	0.1572	154.1607
11	0.050000	0.1637	160.5528
12	0.150000	0.1637	160.5528
13	0.234990	0.1045	102.4849
14	0.319980	0.0767	75.2638
15	0.404970	0.0606	59.4684
16	0.489960	0.0501	49.1528
17	0.574950	0.0427	41.8870
18	0.659940	0.0372	36.4926
19	0.744930	0.0349	34.2574
20	0.829920	0.0349	34.2574
21	0.914910	0.0349	34.2574
22	0.999900	0.0349	34.2574
23	1.000000	0.0349	34.2574
24	1.300000	0.0349	34.2574
25	1.600000	0.0349	34.2574
26	1.900000	0.0349	34.2574
27	2.200000	0.0349	34.2574
28	2.500000	0.0349	34.2574
29	2.800000	0.0349	34.2574
30	3.100000	0.0349	34.2574
31	3.400000	0.0349	34.2574
32	3.700000	0.0349	34.2574
33	4.000000	0.0349	34.2574

Allegato 2 Report di calcolo analisi strutturale

1. Table of contents

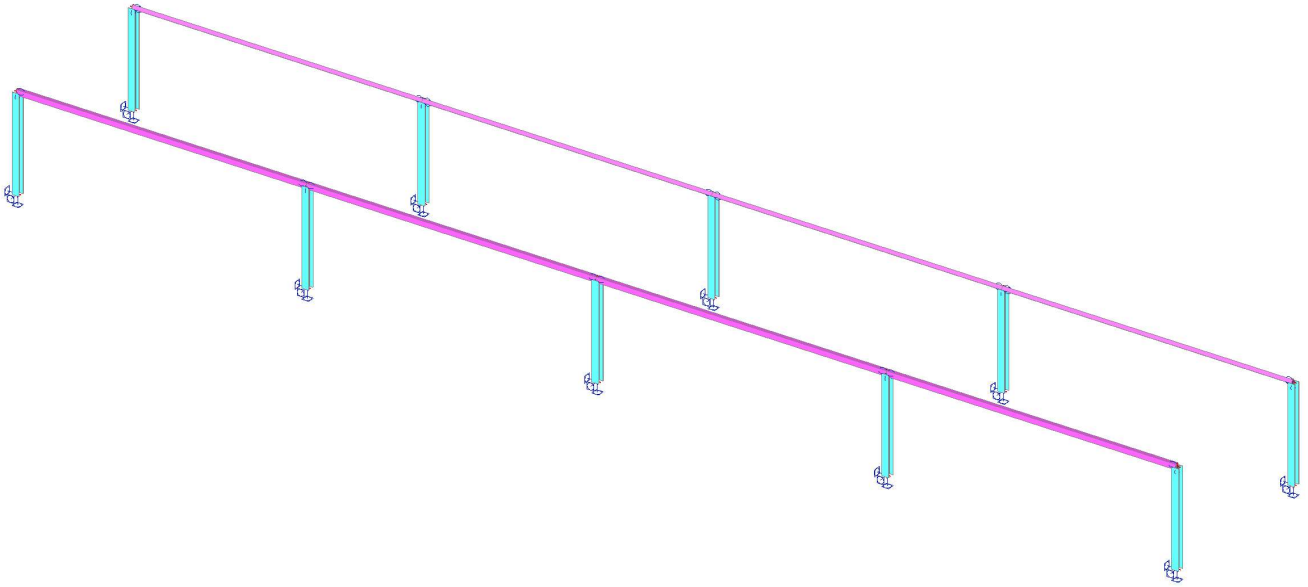
1. Table of contents	1
2. Project	1
3. Overall project description	2
3.1. Isometric view	2
3.2. X view	2
3.3. Y view	3
3.4. Z view	3
3.5. Materials	4
3.6. Cross-sections	4
3.7. Analysis model	6
3.8. Layers	6
3.9. Members	6
3.10. Nodes	6
4. Loads	7
4.1. Load groups	18
4.2. Combinations	18
4.3. Result classes	18
5. Results	18
5.1. Calculation protocol	18
5.2. Internal forces	19
5.3. Reactions	19
5.4. 1D internal forces	19
6. Structure checks	20
6.1. EC-EN 1993 Steel check ULS	20
6.2. EC-EN 1993 Steel check ULS; Overall check	28

2. Project

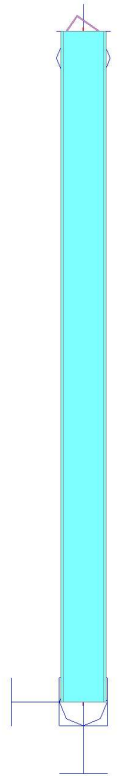
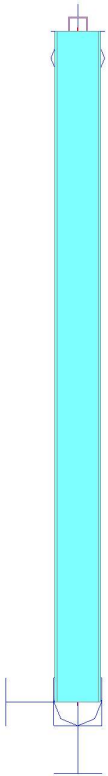
Licence name	Unknown
Project	Telaio pannelli fotov
Part	struttura metallica
Description	-
Author	Marco Magliano
Date	18.12.2023
Structure	Frame XYZ
No. of nodes :	20
No. of beams :	18
No. of slabs :	0
No. of solids :	0
No. of used profiles :	2
No. of load cases :	11
No. of used materials :	2
Acceleration of gravity [m/s ²]	9,810
National code	EC - EN

3. Overall project description

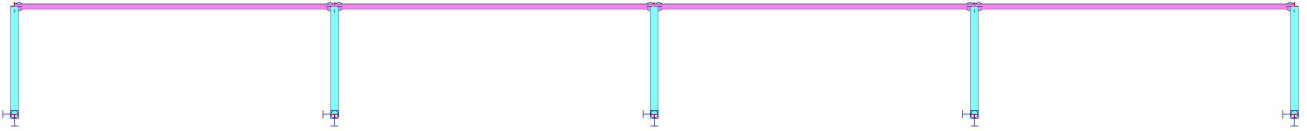
3.1. Isometric view



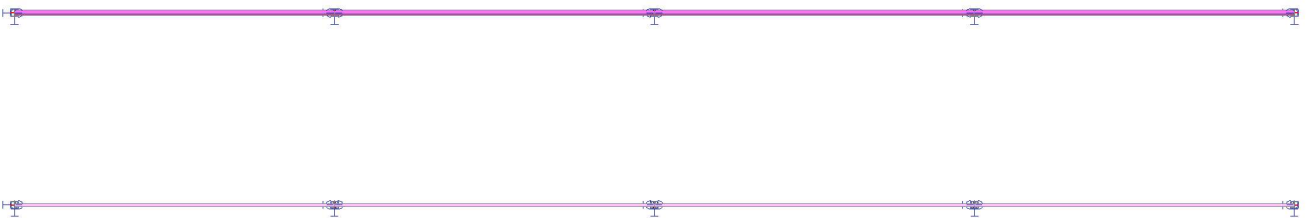
3.2. X view



3.3. Y view



3.4. Z view

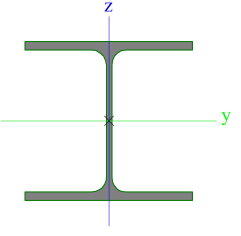


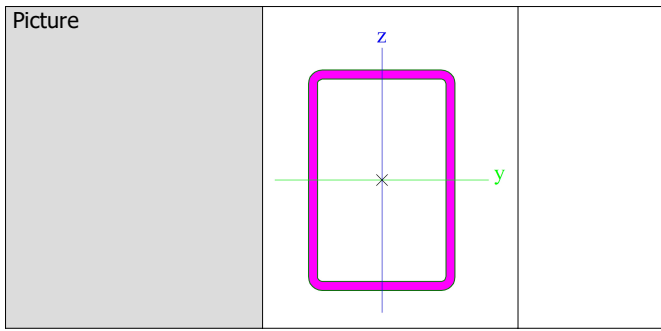
3.5. Materials

Steel EC3

Name	Unit mass [kg/m ³]	E mod [MPa]	Poisson - nu	Lower limit [mm]	Upper limit [mm]	Fy (range) [MPa]	Fu (range) [MPa]
		G mod [MPa]	Thermal exp [m/mK]				
S 275	7850,0	2,1000e+05	0.3	0	40	275,0	430,0
		8,0769e+04	0,00	40	80	255,0	410,0
S 355	7850,0	2,1000e+05	0.3	0	40	355,0	490,0
		8,0769e+04	0,00	40	80	335,0	470,0
S 275_nw	0,0	2,1000e+05	0.3	0	40	275,0	430,0
		8,0769e+04	0,00	40	80	255,0	410,0

3.6. Cross-sections

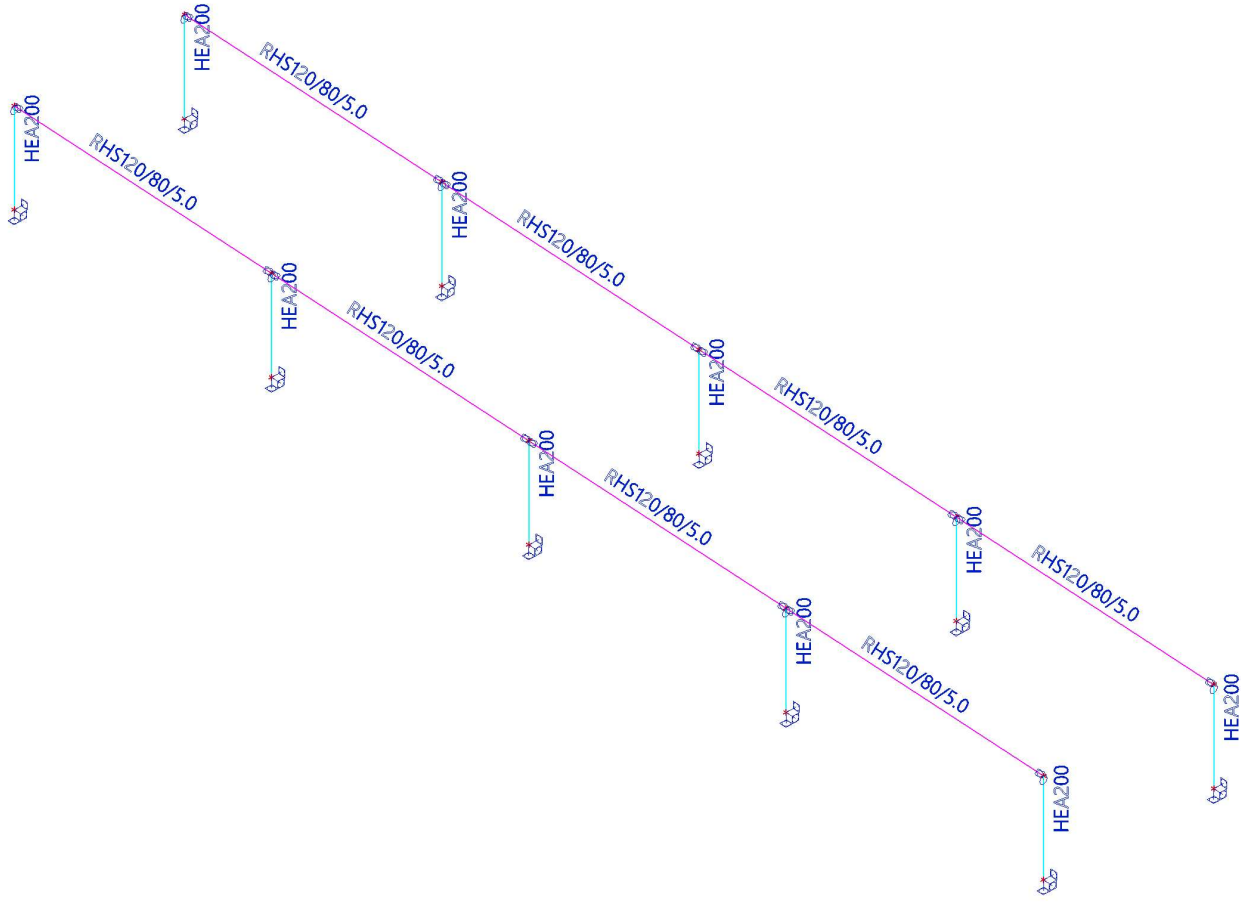
CS1		
Type	HEA200	
Formcode	1 - I section	
Shape type	Thin-walled	
Item material	S 355	
Fabrication	rolled	
Flexural buckling y-y,	b	c
Flexural buckling z-z		
A [m ²]	5,3800e-03	
A _y [m ²], A _z [m ²]	3,8781e-03	1,3287e-03
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	3,6900e-05	1,3400e-05
W _{ely} [m ³], W _{elz} [m ³]	3,8900e-04	1,3400e-04
W _{ply} [m ³], W _{plz} [m ³]	4,2917e-04	2,0375e-04
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	1,0800e-07	2,1000e-07
d _y [mm], d _z [mm]	0	0
c _{yucs} [mm], c _{zucs} [mm]	100	95
α [deg]	0,00	
M _{ply+} [Nm], M _{ply-} [Nm]	1,53e+05	1,53e+05
M _{plz+} [Nm], M _{plz-} [Nm]	7,24e+04	7,24e+04
AL [m ² /m], AD [m ² /m]	1,1400e+00	1,1360e+00
β _y [mm], β _z [mm]	0	0
Picture		
CS7		
Type	RHS120/80/5.0	
Formcode	2 - Rectangular hollow section	
Shape type	Thin-walled	
Item material	S 275	
Fabrication	rolled	
Flexural buckling y-y,	a	a
Flexural buckling z-z		
A [m ²]	1,8700e-03	
A _y [m ²], A _z [m ²]	7,4251e-04	1,1138e-03
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	3,6500e-06	1,9300e-06
W _{ely} [m ³], W _{elz} [m ³]	6,0900e-05	4,8200e-05
W _{ply} [m ³], W _{plz} [m ³]	7,3680e-05	5,5554e-05
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	3,8400e-09	4,0100e-06
d _y [mm], d _z [mm]	0	0
c _{yucs} [mm], c _{zucs} [mm]	40	60
α [deg]	0,00	
M _{ply+} [Nm], M _{ply-} [Nm]	2,03e+04	2,03e+04
M _{plz+} [Nm], M _{plz-} [Nm]	1,53e+04	1,53e+04
AL [m ² /m], AD [m ² /m]	3,8700e-01	7,4275e-01
β _y [mm], β _z [mm]	0	0



Explanations of symbols	
Formcode	h - Height b - Flange width t - Flange thickness s - Web thickness r - Radius at flange root r1 - Radius at flange toe a - Flange slope W - Internal bolt distance wm - Unit warping at flange toe
A	Area
A_y	Shear Area in principal y-direction
A_z	Shear Area in principal z-direction
I_y	Second moment of area about the principal y-axis
I_z	Second moment of area about the principal z-axis
W_{ely}	Elastic section modulus about the principal y-axis
W_{elz}	Elastic section modulus about the principal z-axis
W_{ply}	Plastic section modulus about the principal y-axis
W_{plz}	Plastic section modulus about the principal z-axis
I_w	Warping constant
I_t	Torsional constant
d_y	Shear center coordinate in principal y-direction measured from the centroid

Explanations of symbols	
d_z	Shear center coordinate in principal z-direction measured from the centroid
C_{yUCS}	Centroid coordinate in Y-direction of Input axis system
C_{zUCS}	Centroid coordinate in Z-direction of Input axis system
α	Rotation angle of the principal axis system
I_{yzLCS}	Product moment of area in the LCS system
M_{ply+}	Plastic moment about the principal y-axis for a positive M_y moment
M_{ply-}	Plastic moment about the principal y-axis for a negative M_y moment
M_{plz+}	Plastic moment about the principal z-axis for a positive M_z moment
M_{plz-}	Plastic moment about the principal z-axis for a negative M_z moment
AL	Circumference per unit length
AD	Drying surface per unit length
β_y	Mono-symmetry constant about the principal y-axis
β_z	Mono-symmetry constant about the principal z-axis

3.7. Analysis model



3.8. Layers

Name	Structural model only
draw	X
beams	X
col	X
roofbrac	X
wallbrac	X
dummy	X
dummy1	X

3.9. Members

Name	Cross-section	Material	Length [m]	Beg. node	End node	Type
B1	CS1 - HEA200	S 355	2,800	N1	N2	column (100)
B2	CS1 - HEA200	S 355	2,800	N3	N4	column (100)
B3	CS1 - HEA200	S 355	2,800	N5	N6	column (100)
B4	CS1 - HEA200	S 355	2,800	N7	N8	column (100)
B5	CS1 - HEA200	S 355	2,800	N9	N10	column (100)
B6	CS7 - RHS120/80/5.0	S 275	8,330	N2	N4	beam (80)
B7	CS7 - RHS120/80/5.0	S 275	8,330	N4	N6	beam (80)
B8	CS7 - RHS120/80/5.0	S 275	8,330	N6	N8	beam (80)
B9	CS7 - RHS120/80/5.0	S 275	8,330	N8	N10	beam (80)
B10	CS1 - HEA200	S 355	2,800	N11	N12	column (100)
B11	CS1 - HEA200	S 355	2,800	N13	N14	column (100)
B12	CS1 - HEA200	S 355	2,800	N15	N16	column (100)
B13	CS1 - HEA200	S 355	2,800	N17	N18	column (100)
B14	CS1 - HEA200	S 355	2,800	N19	N20	column (100)
B15	CS7 - RHS120/80/5.0	S 275	8,330	N12	N14	beam (80)
B16	CS7 - RHS120/80/5.0	S 275	8,330	N14	N16	beam (80)
B17	CS7 - RHS120/80/5.0	S 275	8,330	N16	N18	beam (80)
B18	CS7 - RHS120/80/5.0	S 275	8,330	N18	N20	beam (80)

3.10. Nodes

Name	Coord X [m]	Coord Y [m]	Coord Z [m]
N1	0,000	0,000	0,000

Name	Coord X [m]	Coord Y [m]	Coord Z [m]
N2	0,000	0,000	2,800

Name	Coord X [m]	Coord Y [m]	Coord Z [m]
N3	8,330	0,000	0,000

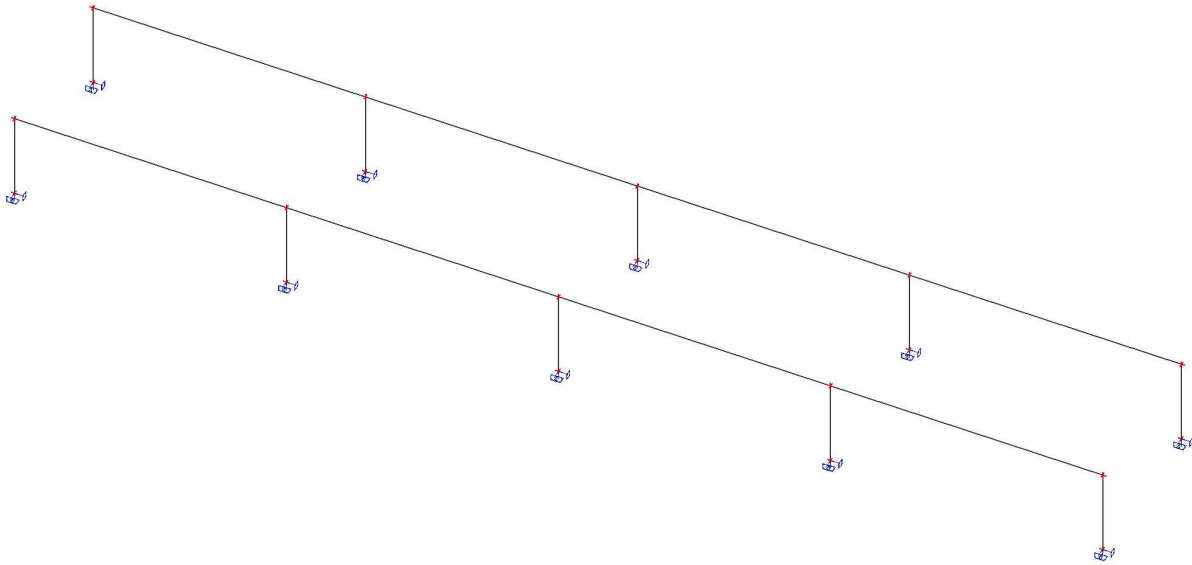
Name	Coord X [m]	Coord Y [m]	Coord Z [m]
N4	8,330	0,000	2,800
N5	16,660	0,000	0,000
N6	16,660	0,000	2,800
N7	24,990	0,000	0,000
N8	24,990	0,000	2,800
N9	33,320	0,000	0,000

Name	Coord X [m]	Coord Y [m]	Coord Z [m]
N10	33,320	0,000	2,800
N11	0,000	5,000	0,000
N12	0,000	5,000	2,800
N13	8,330	5,000	0,000
N14	8,330	5,000	2,800
N15	16,660	5,000	0,000

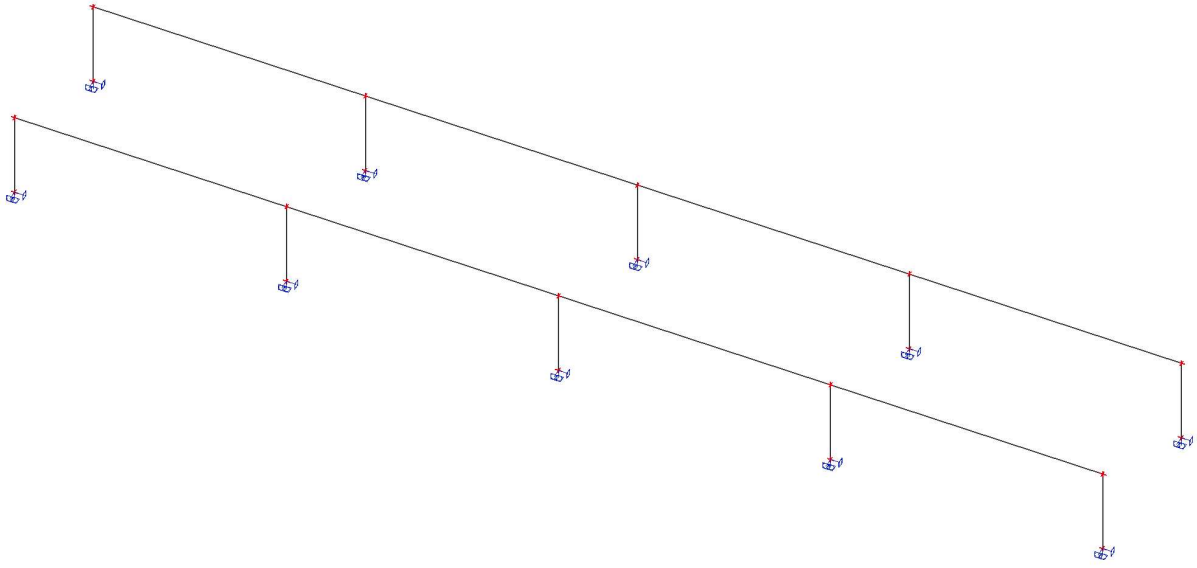
Name	Coord X [m]	Coord Y [m]	Coord Z [m]
N16	16,660	5,000	2,800
N17	24,990	5,000	0,000
N18	24,990	5,000	2,800
N19	33,320	5,000	0,000
N20	33,320	5,000	2,800

4. Loads

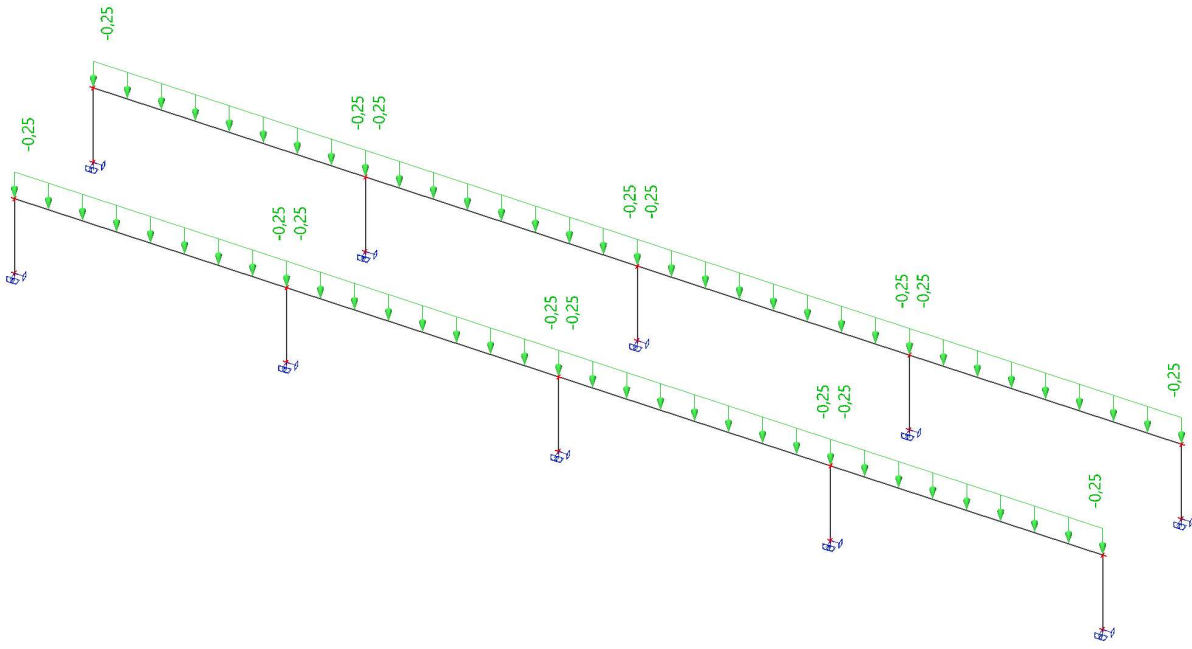
Name	Description	Action type	Load group	Load type	Direction
G1.1	Self weight	Permanent	LG1	Self weight	-Z



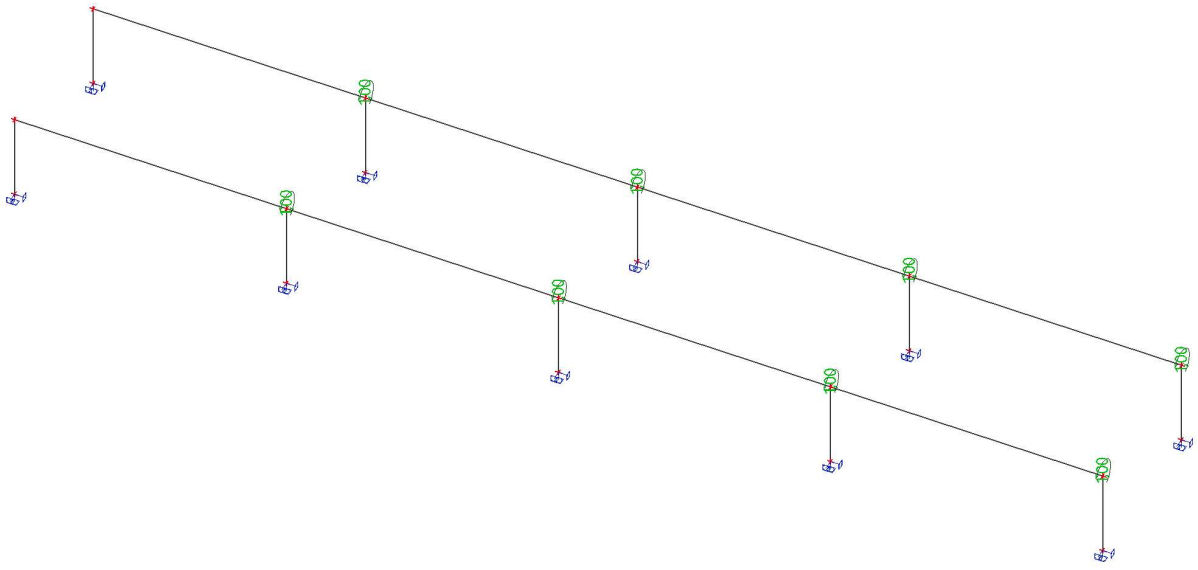
Name	Description	Action type	Load group	Load type
G1.2	perm str	Permanent	LG1	Standard



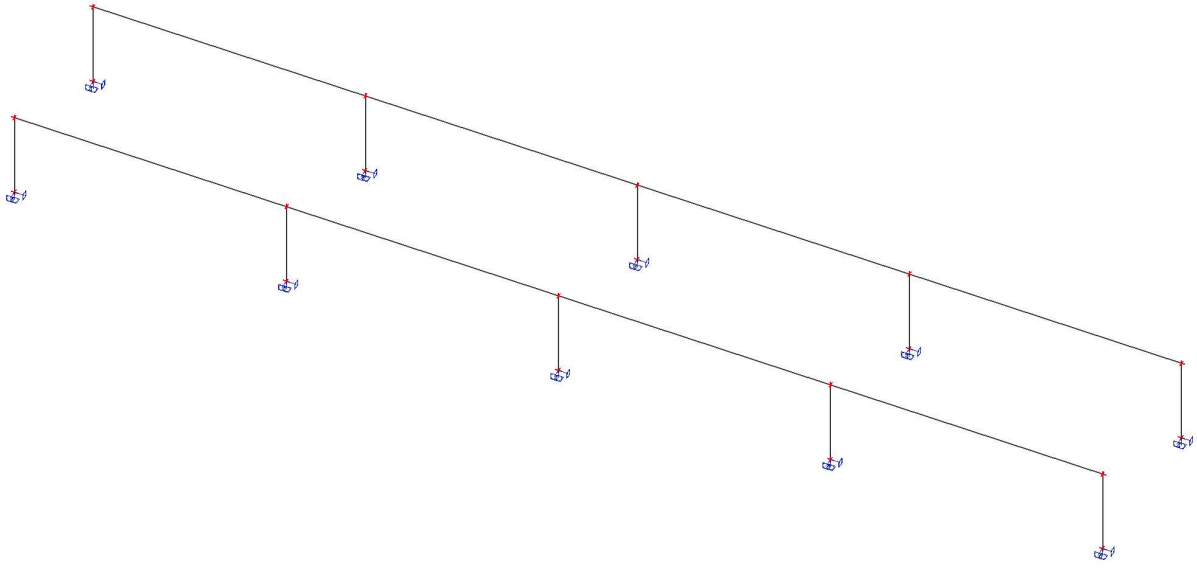
Name	Description	Action type	Load group	Load type
G2	perm non str	Permanent	LG1	Standard



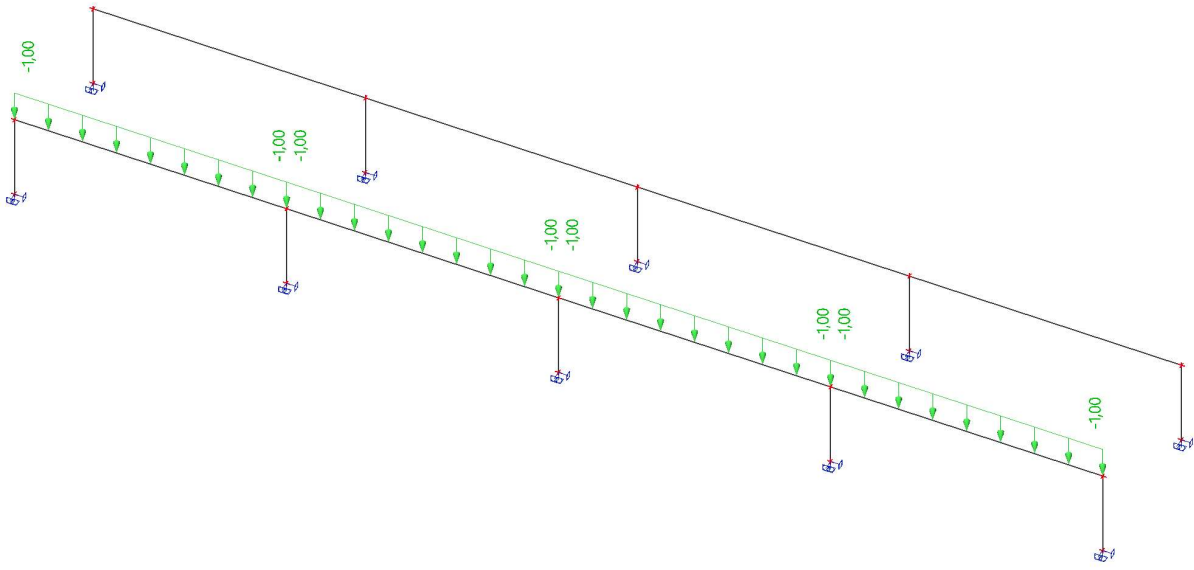
Name	Description	Action type	Load group	Load type	Spec	Duration	Master load case
QA	var	Variable	VAR-A	Static	Standard	Short	None



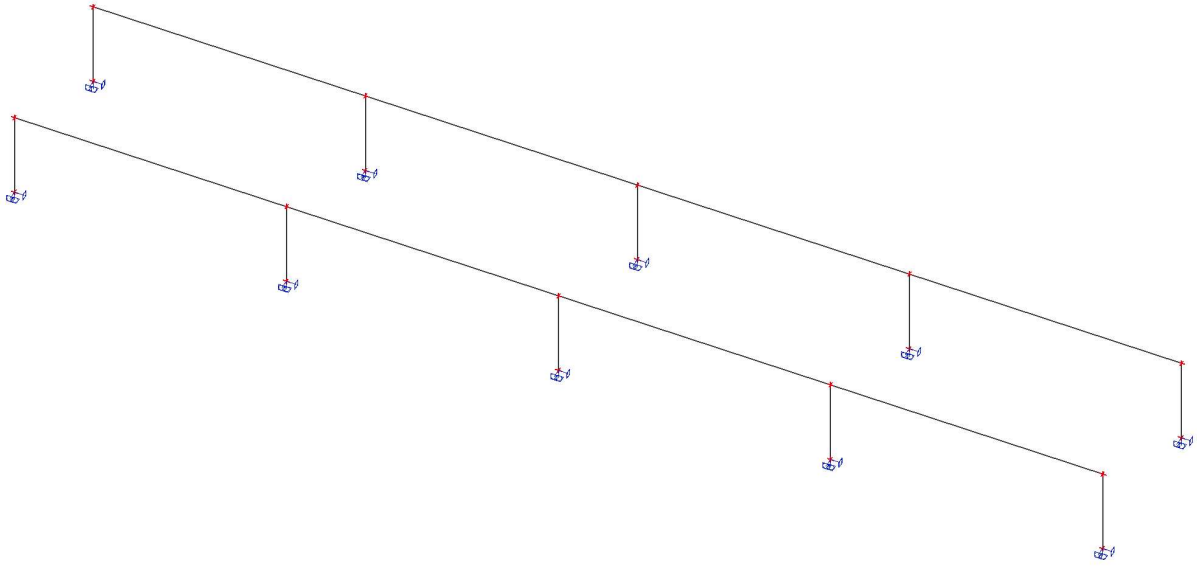
Name	Description	Action type	Load group	Load type	Spec	Duration	Master load case
QH	var	Variable	VAR-H	Static	Standard	Short	None



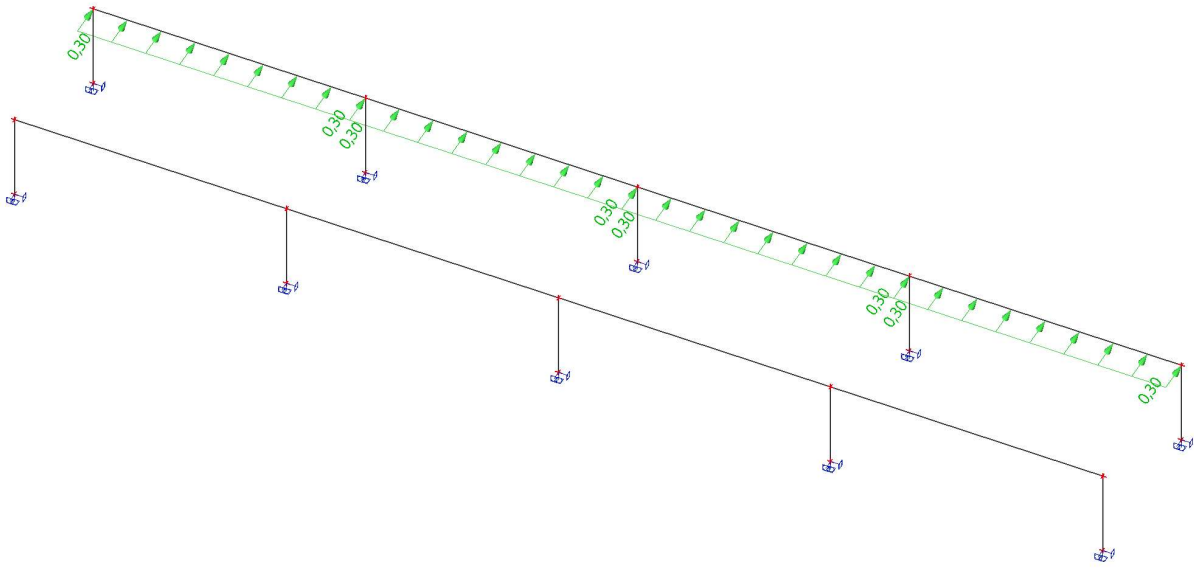
Name	Description	Action type	Load group	Load type	Spec	Duration	Master load case
S	snow	Variable	SNOW	Static	Standard	Short	None



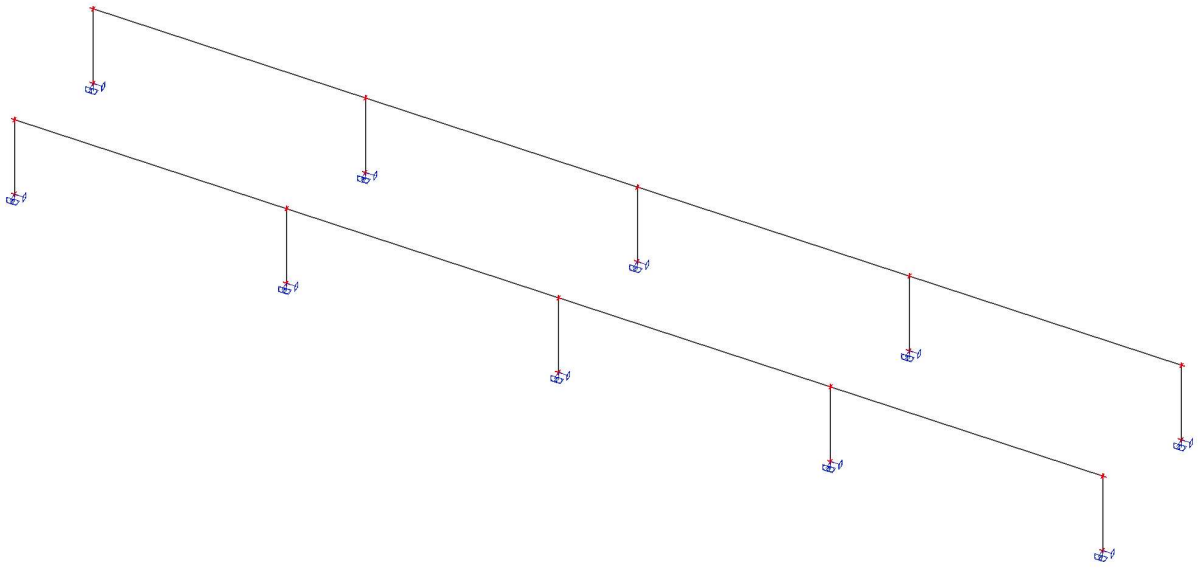
Name	Description	Action type	Load group	Load type	Spec	Duration	Master load case
Wx	wind x	Variable	WIN	Static	Standard	Short	None



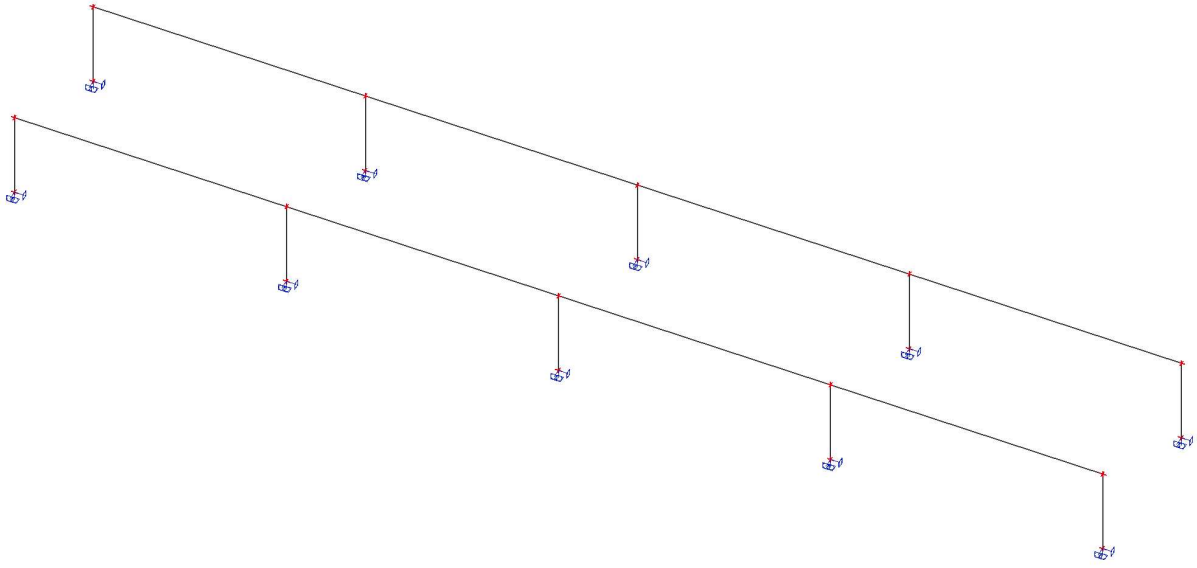
Name	Description	Action type	Load group	Load type	Spec	Duration	Master load case
Wy	wind y	Variable	WIN	Static	Standard	Short	None



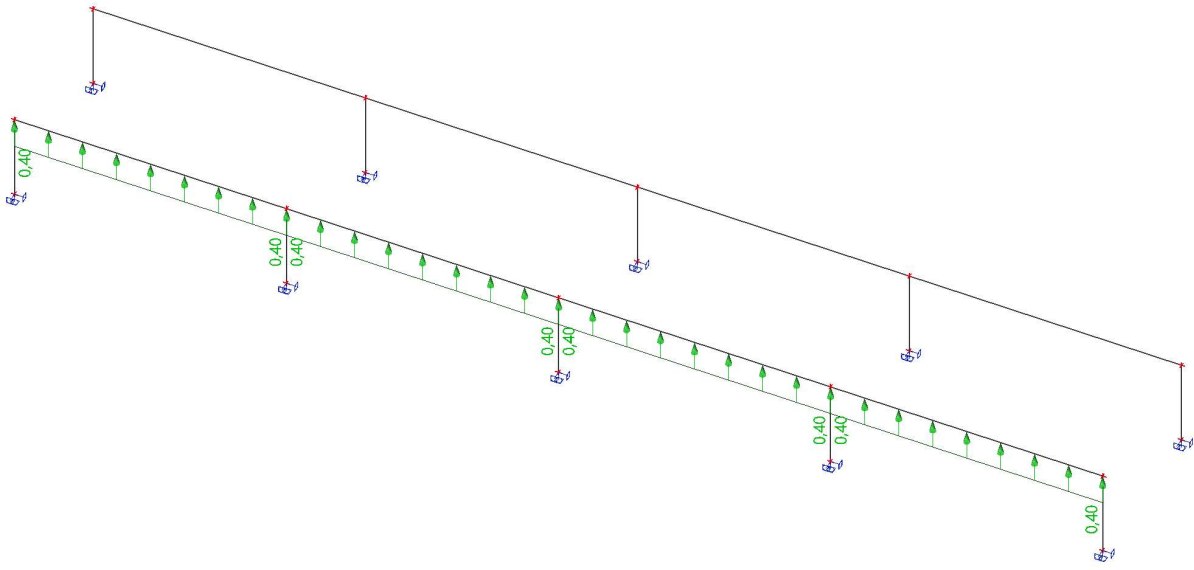
Name	Description	Action type	Load group	Load type
Ex	sisma x	Permanent	LG1	Standard



Name	Description	Action type	Load group	Load type
Ey	sisma y	Permanent	LG1	Standard



Name	Description	Action type	Load group	Load type	Spec	Duration	Master load case
Wz	wind z lift	Variable	WIN	Static	Standard	Short	None



4.1. Load groups

Name	Load	Relation	Type
LG1	Permanent		
VAR-A	Variable	Standard	Cat A : Domestic
WIN	Variable	Standard	Wind
SNOW	Variable	Standard	Snow
VAR-H	Variable	Standard	Cat H : Roofs

4.2. Combinations

Name	Type	Load cases	Coeff. [-]
2.5.1.1	Linear - ultimate	G1.1 - Self weight	1,30
		G1.2 - perm str	1,30
		G2 - perm non str	1,50
		QA - var	1,00
		S - snow	1,50
		Wx - wind x	0,00
		Wy - wind y	0,00
		QH - var	0,00
2.5.1.2A	Linear - ultimate	G1.1 - Self weight	1,00
		G1.2 - perm str	1,00
		G2 - perm non str	0,90
		QA - var	1,00
		S - snow	0,00
		Wx - wind x	0,00
		Wy - wind y	1,50
		QH - var	0,00
2.5.1.2C	Linear - ultimate	G1.1 - Self weight	0,90
		G1.2 - perm str	0,90
		G2 - perm non str	0,90
		QA - var	1,00
		QH - var	0,00
		S - snow	0,00
		Wx - wind x	0,00
		Wy - wind y	0,00
2.5.1.2B	Linear - ultimate	G1.1 - Self weight	1,30
		G1.2 - perm str	1,30
		G2 - perm non str	1,50
		QA - var	1,00
		S - snow	0,00
		Wx - wind x	0,00
		Wy - wind y	1,50
		QH - var	0,00

4.3. Result classes

Name	List
ULS	2.5.1.1 - Linear - ultimate
	2.5.1.2A - Linear - ultimate
	2.5.1.2C - Linear - ultimate
	2.5.1.2B - Linear - ultimate

5. Results

5.1. Calculation protocol

Linear calculation

Number of 2D elements	0
Number of 1D elements	42
Number of mesh nodes	44
Number of equations	264
Load cases	G1.1, G2, QA, S, Wy, Wz
Start of calculation	18.12.2023 20:36
End of calculation	18.12.2023 20:36

Sum of loads and reactions

Load case	Value	X [kN]	Y [kN]	Z [kN]
G1.1	loads	0,00	0,00	-23,76
	reaction in nodes	0,00	0,00	23,76
	reaction on lines	0,00	0,00	0,00
	contact 1D	0,00	0,00	0,00
	contact 2D	0,00	0,00	0,00
G1.2	loads	0,00	0,00	0,00

Load case	Value	X [kN]	Y [kN]	Z [kN]
	reaction in nodes	0,00	0,00	0,00
	reaction on lines	0,00	0,00	0,00
	contact 1D	0,00	0,00	0,00
	contact 2D	0,00	0,00	0,00
G2	loads	0,00	0,00	-16,66
	reaction in nodes	0,00	0,00	16,66
	reaction on lines	0,00	0,00	0,00
	contact 1D	0,00	0,00	0,00
	contact 2D	0,00	0,00	0,00
QA	loads	0,00	0,00	0,00
	reaction in nodes	0,00	0,00	0,00
	reaction on lines	0,00	0,00	0,00
	contact 1D	0,00	0,00	0,00
	contact 2D	0,00	0,00	0,00
S	loads	0,00	0,00	-33,32
	reaction in nodes	0,00	0,00	33,32
	reaction on lines	0,00	0,00	0,00
	contact 1D	0,00	0,00	0,00
	contact 2D	0,00	0,00	0,00
Wx	loads	0,00	0,00	0,00
	reaction in nodes	0,00	0,00	0,00
	reaction on lines	0,00	0,00	0,00
	contact 1D	0,00	0,00	0,00
	contact 2D	0,00	0,00	0,00
Wy	loads	0,00	10,00	0,00
	reaction in nodes	0,00	-10,00	0,00
	reaction on lines	0,00	0,00	0,00
	contact 1D	0,00	0,00	0,00
	contact 2D	0,00	0,00	0,00
QH	loads	0,00	0,00	0,00
	reaction in nodes	0,00	0,00	0,00
	reaction on lines	0,00	0,00	0,00
	contact 1D	0,00	0,00	0,00
	contact 2D	0,00	0,00	0,00
Ex	loads	0,00	0,00	0,00
	reaction in nodes	0,00	0,00	0,00
	reaction on lines	0,00	0,00	0,00
	contact 1D	0,00	0,00	0,00
	contact 2D	0,00	0,00	0,00
Ey	loads	0,00	0,00	0,00
	reaction in nodes	0,00	0,00	0,00
	reaction on lines	0,00	0,00	0,00
	contact 1D	0,00	0,00	0,00
	contact 2D	0,00	0,00	0,00
Wz	loads	0,00	0,00	13,33
	reaction in nodes	0,00	0,00	-13,33
	reaction on lines	0,00	0,00	0,00
	contact 1D	0,00	0,00	0,00
	contact 2D	0,00	0,00	0,00

5.2. Internal forces

5.3. Reactions

Linear calculation

Class: ULS

System: Global

Extreme: Global

Selection: All

Nodal reactions

Name	Case	R _x [kN]	R _y [kN]	R _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	e _x [mm]	e _y [mm]
Sn7/N13	2.5.1.2A/1	0,00	-3,75	4,55	10,50	0,00	0,00	2304,4	0,0
Sn2/N3	2.5.1.2C/2	0,00	0,00	-0,71	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0
Sn2/N3	2.5.1.1/3	0,00	0,00	19,10	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0
Sn8/N15	2.5.1.1/3	0,00	0,00	6,61	-4,00	0,00	0,00	-605,3	0,0

Name	Combination key
2.5.1.2A/1	G1.1 + G1.2 + 0.90*G2 + QA + 1.50*Wy
2.5.1.2C/2	0.90*G1.1 + 0.90*G1.2 + 0.90*G2 + QA + 1.50*Wz
2.5.1.1/3	1.30*G1.1 + 1.30*G1.2 + 1.50*G2 + QA + 1.50*S

5.4. 1D internal forces

Linear calculation

Class: ULS

Coordinate system: Principal

Extreme 1D: Global
Selection: All

Name	dx [m]	Case	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B2	0,000	2.5.1.1/1	-19,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B2	2,800	2.5.1.2C/2	1,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B15	8,330	2.5.1.1/1	0,00	-2,09	-1,46	1,00	0,00	0,00
B15	0,000	2.5.1.1/1	0,00	2,09	1,46	1,00	0,00	0,00
B6	8,330	2.5.1.1/1	0,00	0,00	-8,80	1,00	0,00	0,00
B8	0,000	2.5.1.1/1	0,00	0,00	8,80	-1,00	0,00	0,00
B7	0,000	2.5.1.1/1	0,00	0,00	8,80	2,00	0,00	0,00
B11	0,000	2.5.1.2A/3	-4,55	0,00	3,75	0,00	-10,50	0,00
B6	3,887	2.5.1.1/1	0,00	0,00	0,59	1,00	18,24	0,00
B15	3,887	2.5.1.1/1	0,00	0,14	0,10	1,00	3,03	4,33

Name	Combination key
2.5.1.1/1	1.30*G1.1 + 1.30*G1.2 + 1.50*G2 + QA + 1.50*S
2.5.1.2C/2	0.90*G1.1 + 0.90*G1.2 + 0.90*G2 + QA + 1.50*Wz
2.5.1.2A/3	G1.1 + G1.2 + 0.90*G2 + QA + 1.50*Wy

6. Structure checks

6.1. EC-EN 1993 Steel check ULS

Linear calculation

Class: ULS

Coordinate system: Principal

Extreme 1D: Member

Selection: All

EN 1993-1-1 Code Check

National annex: Italian UNI-EN NA

Member B1	0,000 / 2,800 m	HEA200	S 355	ULS	0,01 -
------------------	------------------------	---------------	--------------	------------	---------------

Combination key	
ULS /	1.30*G1.1 + 1.30*G1.2 + 1.50*G2 + QA + 1.50*S

The critical check is on position **0,000 m**

Section check	
Section classification	2
Compression check	0,01 -
Conclusion - section check	0,01 -

E/W/N	Description
N7	Note: The Classification limits have been set according to Semi-Comp+.
N25	Note: The slenderness or compression force is such that Flexural Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-1 article 6.3.1.2(4).
N29	Note: For this I-section the Torsional(-Flexural) buckling resistance is higher than the resistance for Flexural buckling. Therefore Torsional(-Flexural) buckling is not printed on the output.

EN 1993-1-1 Code Check

National annex: Italian UNI-EN NA

Member B2	0,000 / 2,800 m	HEA200	S 355	ULS	0,01 -
------------------	------------------------	---------------	--------------	------------	---------------

Combination key	
ULS /	1.30*G1.1 + 1.30*G1.2 + 1.50*G2 + QA + 1.50*S

The critical check is on position **0,000 m**

Section check	
Section classification	2
Compression check	0,01 -
Conclusion - section check	0,01 -

E/W/N	Description
N7	Note: The Classification limits have been set according to Semi-Comp+.
N25	Note: The slenderness or compression force is such that Flexural Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-1 article 6.3.1.2(4).
N29	Note: For this I-section the Torsional(-Flexural) buckling resistance is higher than the resistance for Flexural buckling. Therefore Torsional(-Flexural) buckling is not printed on the output.

EN 1993-1-1 Code Check

National annex: Italian UNI-EN NA

Member B3	0,000 / 2,800 m	HEA200	S 355	ULS	0,04 -
------------------	------------------------	---------------	--------------	------------	---------------

Combination key	
ULS / 1.30*G1.1 + 1.30*G1.2 + 1.50*G2 + QA + 1.50*S	

The critical check is on position 0,000 m

Section check	
Section classification	2
Compression check	0,01 -
Bending moment check for M_y	0,03 -
Combined bending, axial force and shear force check	0,03 -
Conclusion - section check	0,03 -

Stability Check	
Stability classification	2
Bending and axial compression check	0,04 -
Conclusion - stability check	0,04 -

E/W/N	Description
N7	Note: The Classification limits have been set according to Semi-Comp+.
N14	Note: Since the axial force satisfies both criteria (6.33) and (6.34) of EN 1993-1-1 article 6.2.9.1(4) its effect on the moment resistance about the y-y axis is neglected.
N25	Note: The slenderness or compression force is such that Flexural Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-1 article 6.3.1.2(4).
N29	Note: For this I-section the Torsional(-Flexural) buckling resistance is higher than the resistance for Flexural buckling. Therefore Torsional(-Flexural) buckling is not printed on the output.
N35	Note: The slenderness or bending moment is such that Lateral Torsional Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-1 article 6.3.2.2(4).
N38	Note: C parameters are determined according to ENV 1993-1-1:1992 Annex F.

EN 1993-1-1 Code Check

National annex: Italian UNI-EN NA

Member B4	0,000 / 2,800 m	HEA200	S 355	ULS	0,01 -
------------------	------------------------	---------------	--------------	------------	---------------

Combination key	
ULS / 1.30*G1.1 + 1.30*G1.2 + 1.50*G2 + QA + 1.50*S	

The critical check is on position 0,000 m

Section check	
Section classification	2
Compression check	0,01 -
Conclusion - section check	0,01 -

E/W/N	Description
N7	Note: The Classification limits have been set according to Semi-Comp+.
N25	Note: The slenderness or compression force is such that Flexural Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-1 article 6.3.1.2(4).
N29	Note: For this I-section the Torsional(-Flexural) buckling resistance is higher than the resistance for Flexural buckling. Therefore Torsional(-Flexural) buckling is not printed on the output.

EN 1993-1-1 Code Check

National annex: Italian UNI-EN NA

Member B5	0,000 / 2,800 m	HEA200	S 355	ULS	0,01 -
------------------	------------------------	---------------	--------------	------------	---------------

Combination key	
ULS / 1.30*G1.1 + 1.30*G1.2 + 1.50*G2 + QA + 1.50*S	

The critical check is on position 0,000 m

Section check	
Section classification	2
Compression check	0,01 -
Conclusion - section check	0,01 -

E/W/N	Description
N7	Note: The Classification limits have been set according to Semi-Comp+.
N25	Note: The slenderness or compression force is such that Flexural Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-1 article 6.3.1.2(4).
N29	Note: For this I-section the Torsional(-Flexural) buckling

E/W/N	Description
	resistance is higher than the resistance for Flexural buckling. Therefore Torsional(-Flexural) buckling is not printed on the output.

EN 1993-1-1 Code Check

National annex: Italian UNI-EN NA

Member B6	3,887 / 8,330 m	RHS150/100/5.0	S 275	ULS	0,59 -
------------------	------------------------	-----------------------	--------------	------------	---------------

Combination key
ULS / 1.30*G1.1 + 1.30*G1.2 + 1.50*G2 + QA + 1.50*S

The critical check is on position 3,887 m

Section check	
Section classification	1
Bending moment check for M_y	0,59 -
Shear check for V_z	0,00 -
Torsion check	0,05 -
Conclusion - section check	0,59 -

E/W/N	Description
N7	Note: The Classification limits have been set according to Semi-Comp+.
N12	Note: The unity check for torsion is lower than the limit value. Therefore torsion is considered as insignificant and is ignored in the combined checks.
N34	Note: The cross-section concerns an RHS section with 'h / b < 10 / $\lambda_{rel,z}'$. This section is thus not susceptible to Lateral Torsional Buckling.

EN 1993-1-1 Code Check

National annex: Italian UNI-EN NA

Member B7	3,887 / 8,330 m	RHS150/100/5.0	S 275	ULS	0,59 -
------------------	------------------------	-----------------------	--------------	------------	---------------

Combination key
ULS / 1.30*G1.1 + 1.30*G1.2 + 1.50*G2 + QA + 1.50*S

The critical check is on position 3,887 m

Section check	
Section classification	1
Bending moment check for M_y	0,59 -
Shear check for V_z	0,00 -
Torsion check	0,10 -
Combined Shear and Torsion check for V_z and $T_{t,Ed}$	0,00 -
Conclusion - section check	0,59 -

E/W/N	Description
N7	Note: The Classification limits have been set according to Semi-Comp+.
N34	Note: The cross-section concerns an RHS section with 'h / b < 10 / $\lambda_{rel,z}'$. This section is thus not susceptible to Lateral Torsional Buckling.

EN 1993-1-1 Code Check

National annex: Italian UNI-EN NA

Member B8	3,887 / 8,330 m	RHS150/100/5.0	S 275	ULS	0,59 -
------------------	------------------------	-----------------------	--------------	------------	---------------

Combination key
ULS / 1.30*G1.1 + 1.30*G1.2 + 1.50*G2 + QA + 1.50*S

The critical check is on position 3,887 m

Section check	
Section classification	1
Bending moment check for M_y	0,59 -
Shear check for V_z	0,00 -
Torsion check	0,05 -
Conclusion - section check	0,59 -

E/W/N	Description
N7	Note: The Classification limits have been set according to Semi-Comp+.
N12	Note: The unity check for torsion is lower than the limit value. Therefore torsion is considered as insignificant and is ignored in the combined checks.
N34	Note: The cross-section concerns an RHS section with 'h / b < 10 / $\lambda_{rel,z}'$. This section is thus not susceptible to Lateral Torsional Buckling.

EN 1993-1-1 Code Check

National annex: Italian UNI-EN NA

Member B9	3,887 / 8,330 m	RHS150/100/5.0	S 275	ULS	0,59 -
------------------	------------------------	-----------------------	--------------	------------	---------------

Combination key	
ULS / 1.30*G1.1 + 1.30*G1.2 + 1.50*G2 + QA + 1.50*S	

The critical check is on position 3,887 m

Section check	
Section classification	1
Bending moment check for M_y	0,59 -
Shear check for V_z	0,00 -
Conclusion - section check	0,59 -

E/W/N	Description
N7	Note: The Classification limits have been set according to Semi-Comp+.
N34	Note: The cross-section concerns an RHS section with 'h / b < 10 / $\lambda_{rel,z}$ '. This section is thus not susceptible to Lateral Torsional Buckling.

EN 1993-1-1 Code Check

National annex: Italian UNI-EN NA

Member B10	0,000 / 2,800 m	HEA200	S 355	ULS	0,04 -
-------------------	------------------------	---------------	--------------	------------	---------------

Combination key	
ULS / 1.30*G1.1 + 1.30*G1.2 + 1.50*G2 + QA + 1.50*W _y	

The critical check is on position 0,000 m

Section check	
Section classification	2
Compression check	0,00 -
Bending moment check for M_y	0,04 -
Shear check for V_z	0,01 -
Combined bending, axial force and shear force check	0,04 -
Conclusion - section check	0,04 -

Stability Check	
Stability classification	2
Bending and axial compression check	0,04 -
Conclusion - stability check	0,04 -

E/W/N	Description
N7	Note: The Classification limits have been set according to Semi-Comp+.
N14	Note: Since the axial force satisfies both criteria (6.33) and (6.34) of EN 1993-1-1 article 6.2.9.1(4) its effect on the moment resistance about the y-y axis is neglected.
N16	Note: Since the shear forces are less than half the plastic shear resistances their effect on the moment resistances is neglected.
N25	Note: The slenderness or compression force is such that Flexural Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-1 article 6.3.1.2(4).
N29	Note: For this I-section the Torsional(-Flexural) buckling resistance is higher than the resistance for Flexural buckling. Therefore Torsional(-Flexural) buckling is not printed on the output.
N35	Note: The slenderness or bending moment is such that Lateral Torsional Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-1 article 6.3.2.2(4).
N38	Note: C parameters are determined according to ENV 1993-1-1:1992 Annex F.
N52	Note: The web slenderness is such that Shear Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-5 article 5.1(2).

EN 1993-1-1 Code Check

National annex: Italian UNI-EN NA

Member B11	0,000 / 2,800 m	HEA200	S 355	ULS	0,07 -
-------------------	------------------------	---------------	--------------	------------	---------------

Combination key	
ULS / 1.30*G1.1 + 1.30*G1.2 + 1.50*G2 + QA + 1.50*W _y	

The critical check is on position 0,000 m

Section check	
Section classification	2
Compression check	0,00 -
Bending moment check for M_y	0,07 -
Shear check for V_z	0,01 -
Combined bending, axial force and shear force check	0,07 -
Conclusion - section check	0,07 -

Stability Check	
Stability classification	2
Bending and axial compression check	0,07 -
Conclusion - stability check	0,07 -

E/W/N	Description
N7	Note: The Classification limits have been set according to Semi-Comp+.
N14	Note: Since the axial force satisfies both criteria (6.33) and (6.34) of EN 1993-1-1 article 6.2.9.1(4) its effect on the moment resistance about the y-y axis is neglected.
N16	Note: Since the shear forces are less than half the plastic shear resistances their effect on the moment resistances is neglected.
N25	Note: The slenderness or compression force is such that Flexural Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-1 article 6.3.1.2(4).
N29	Note: For this I-section the Torsional(-Flexural) buckling resistance is higher than the resistance for Flexural buckling. Therefore Torsional(-Flexural) buckling is not printed on the output.
N35	Note: The slenderness or bending moment is such that Lateral Torsional Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-1 article 6.3.2.2(4).
N38	Note: C parameters are determined according to ENV 1993-1-1:1992 Annex F.
N52	Note: The web slenderness is such that Shear Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-5 article 5.1(2).

EN 1993-1-1 Code Check

National annex: Italian UNI-EN NA

Member B12	0,000 / 2,800 m	HEA200	S 355	ULS	0,05 -
-------------------	------------------------	---------------	--------------	------------	---------------

Combination key	
ULS / 1.30*G1.1 + 1.30*G1.2 + 1.50*G2 + QA + 1.50*Wy	

The critical check is on position 0,000 m

Section check	
Section classification	2
Compression check	0,00 -
Bending moment check for M_y	0,04 -
Shear check for V_z	0,01 -
Combined bending, axial force and shear force check	0,04 -
Conclusion - section check	0,04 -

Stability Check	
Stability classification	2
Bending and axial compression check	0,05 -
Conclusion - stability check	0,05 -

E/W/N	Description
N7	Note: The Classification limits have been set according to Semi-Comp+.
N14	Note: Since the axial force satisfies both criteria (6.33) and (6.34) of EN 1993-1-1 article 6.2.9.1(4) its effect on the moment resistance about the y-y axis is neglected.
N16	Note: Since the shear forces are less than half the plastic shear resistances their effect on the moment resistances is neglected.
N25	Note: The slenderness or compression force is such that Flexural Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-1 article 6.3.1.2(4).
N29	Note: For this I-section the Torsional(-Flexural) buckling resistance is higher than the resistance for Flexural buckling. Therefore Torsional(-Flexural) buckling is not printed on the output.
N35	Note: The slenderness or bending moment is such that Lateral Torsional Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-1 article 6.3.2.2(4).
N38	Note: C parameters are determined according to ENV 1993-1-1:1992 Annex F.
N52	Note: The web slenderness is such that Shear Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-5 article 5.1(2).

EN 1993-1-1 Code Check

National annex: Italian UNI-EN NA

Member B13	0,000 / 2,800 m	HEA200	S 355	ULS	0,07 -
-------------------	------------------------	---------------	--------------	------------	---------------

Combination key	
ULS / 1.30*G1.1 + 1.30*G1.2 + 1.50*G2 + QA + 1.50*Wy	

The critical check is on position 0,000 m

Section check	
Section classification	2
Compression check	0,00 -
Bending moment check for M_y	0,07 -
Shear check for V_z	0,01 -
Combined bending, axial force and shear force check	0,07 -
Conclusion - section check	0,07 -

Stability Check	
Stability classification	2
Bending and axial compression check	0,07 -
Conclusion - stability check	0,07 -

E/W/N	Description
N7	Note: The Classification limits have been set according to Semi-Comp+.
N14	Note: Since the axial force satisfies both criteria (6.33) and (6.34) of EN 1993-1-1 article 6.2.9.1(4) its effect on the moment resistance about the y-y axis is neglected.
N16	Note: Since the shear forces are less than half the plastic shear resistances their effect on the moment resistances is neglected.
N25	Note: The slenderness or compression force is such that Flexural Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-1 article 6.3.1.2(4).
N29	Note: For this I-section the Torsional(-Flexural) buckling resistance is higher than the resistance for Flexural buckling. Therefore Torsional(-Flexural) buckling is not printed on the output.
N35	Note: The slenderness or bending moment is such that Lateral Torsional Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-1 article 6.3.2.2(4).
N38	Note: C parameters are determined according to ENV 1993-1-1:1992 Annex F.
N52	Note: The web slenderness is such that Shear Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-5 article 5.1(2).

EN 1993-1-1 Code Check

National annex: Italian UNI-EN NA

Member B14	0,000 / 2,800 m	HEA200	S 355	ULS	0,04 -
-------------------	------------------------	---------------	--------------	------------	---------------

Combination key	
ULS / 1.30*G1.1 + 1.30*G1.2 + 1.50*G2 + QA + 1.50*Wy	

The critical check is on position 0,000 m

Section check	
Section classification	2
Compression check	0,00 -
Bending moment check for M_y	0,04 -
Shear check for V_z	0,01 -
Combined bending, axial force and shear force check	0,04 -
Conclusion - section check	0,04 -

Stability Check	
Stability classification	2
Bending and axial compression check	0,04 -
Conclusion - stability check	0,04 -

E/W/N	Description
N7	Note: The Classification limits have been set according to Semi-Comp+.
N14	Note: Since the axial force satisfies both criteria (6.33) and (6.34) of EN 1993-1-1 article 6.2.9.1(4) its effect on the moment resistance about the y-y axis is neglected.
N16	Note: Since the shear forces are less than half the plastic shear resistances their effect on the moment resistances is neglected.
N25	Note: The slenderness or compression force is such that Flexural Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-1 article 6.3.1.2(4).
N29	Note: For this I-section the Torsional(-Flexural) buckling resistance is higher than the resistance for Flexural buckling. Therefore Torsional(-Flexural) buckling is not printed on the output.
N35	Note: The slenderness or bending moment is such that

E/W/N	Description
	Lateral Torsional Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-1 article 6.3.2.2(4).
N38	Note: C parameters are determined according to ENV 1993-1-1:1992 Annex F.
N52	Note: The web slenderness is such that Shear Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-5 article 5.1(2).

EN 1993-1-1 Code Check

National annex: Italian UNI-EN NA

Member B15	3,887 / 8,330 m	RHS150/100/5.0	S 275	ULS	0,25 -
-------------------	------------------------	-----------------------	--------------	------------	---------------

Combination key	
ULS /	1.30*G1.1 + 1.30*G1.2 + 1.50*G2 + QA + 1.50*Wy

The critical check is on position **3,887 m**

Section check	
Section classification	1
Bending moment check for M_y	0,20 -
Bending moment check for M_z	0,09 -
Shear check for V_y	0,00 -
Shear check for V_z	0,00 -
Torsion check	0,05 -
Combined bending, axial force and shear force check	0,09 -
Conclusion - section check	0,20 -

Stability Check	
Stability classification	1
Bending and axial compression check	0,25 -
Conclusion - stability check	0,25 -

E/W/N	Description
N7	Note: The Classification limits have been set according to Semi-Comp+.
N12	Note: The unity check for torsion is lower than the limit value. Therefore torsion is considered as insignificant and is ignored in the combined checks.
N16	Note: Since the shear forces are less than half the plastic shear resistances their effect on the moment resistances is neglected.
N34	Note: The cross-section concerns an RHS section with 'h / b < 10 / $\lambda_{rel,z}$ '. This section is thus not susceptible to Lateral Torsional Buckling.

EN 1993-1-1 Code Check

National annex: Italian UNI-EN NA

Member B16	3,887 / 8,330 m	RHS150/100/5.0	S 275	ULS	0,25 -
-------------------	------------------------	-----------------------	--------------	------------	---------------

Combination key	
ULS /	1.30*G1.1 + 1.30*G1.2 + 1.50*G2 + QA + 1.50*Wy

The critical check is on position **3,887 m**

Section check	
Section classification	1
Bending moment check for M_y	0,20 -
Bending moment check for M_z	0,09 -
Shear check for V_y	0,00 -
Shear check for V_z	0,00 -
Torsion check	0,10 -
Combined Shear and Torsion check for V_y and $T_{t,Ed}$	0,00 -
Combined Shear and Torsion check for V_z and $T_{t,Ed}$	0,00 -
Combined bending, axial force and shear force check	0,09 -
Conclusion - section check	0,20 -

Stability Check	
Stability classification	1
Bending and axial compression check	0,25 -
Conclusion - stability check	0,25 -

E/W/N	Description
N7	Note: The Classification limits have been set according to Semi-Comp+.
N16	Note: Since the shear forces are less than half the plastic shear resistances their effect on the moment resistances is neglected.
N34	Note: The cross-section concerns an RHS section with 'h / b < 10 / $\lambda_{rel,z}$ '. This section is thus not susceptible to Lateral Torsional Buckling.

EN 1993-1-1 Code Check

National annex: Italian UNI-EN NA

Member B17 | **3,887 / 8,330 m** | **RHS150/100/5.0** | **S 275** | **ULS** | **0,25 -**

Combination key	
ULS / $1.30 \cdot G1.1 + 1.30 \cdot G1.2 + 1.50 \cdot G2 + QA + 1.50 \cdot Wy$	

The critical check is on position 3,887 m

Section check	
Section classification	1
Bending moment check for M_y	0,20 -
Bending moment check for M_z	0,09 -
Shear check for V_y	0,00 -
Shear check for V_z	0,00 -
Torsion check	0,05 -
Combined bending, axial force and shear force check	0,09 -
Conclusion - section check	0,20 -

Stability Check	
Stability classification	1
Bending and axial compression check	0,25 -
Conclusion - stability check	0,25 -

E/W/N	Description
N7	Note: The Classification limits have been set according to Semi-Comp+.
N12	Note: The unity check for torsion is lower than the limit value. Therefore torsion is considered as insignificant and is ignored in the combined checks.
N16	Note: Since the shear forces are less than half the plastic shear resistances their effect on the moment resistances is neglected.
N34	Note: The cross-section concerns an RHS section with ' $h / b < 10 / \lambda_{rel,z}'$. This section is thus not susceptible to Lateral Torsional Buckling.

EN 1993-1-1 Code Check

National annex: Italian UNI-EN NA

Member B18 | **3,887 / 8,330 m** | **RHS150/100/5.0** | **S 275** | **ULS** | **0,25 -**

Combination key	
ULS / $1.30 \cdot G1.1 + 1.30 \cdot G1.2 + 1.50 \cdot G2 + QA + 1.50 \cdot Wy$	

The critical check is on position 3,887 m

Section check	
Section classification	1
Bending moment check for M_y	0,20 -
Bending moment check for M_z	0,09 -
Shear check for V_y	0,00 -
Shear check for V_z	0,00 -
Combined bending, axial force and shear force check	0,09 -
Conclusion - section check	0,20 -

Stability Check	
Stability classification	1
Bending and axial compression check	0,25 -
Conclusion - stability check	0,25 -

E/W/N	Description
N7	Note: The Classification limits have been set according to Semi-Comp+.
N16	Note: Since the shear forces are less than half the plastic shear resistances their effect on the moment resistances is neglected.
N34	Note: The cross-section concerns an RHS section with ' $h / b < 10 / \lambda_{rel,z}'$. This section is thus not susceptible to Lateral Torsional Buckling.

6.2. EC-EN 1993 Steel check ULS; Overall check

Values: $U_{C_{Overall}}$

Linear calculation

Class: ULS

Coordinate system: Principal

Extreme 1D: Member

Selection: All

