

IMPIANTO AGRIVOLTAICO EG STELLA SRL E OPERE CONNESSE POTENZA IMPIANTO 24,57 MWp - COMUNE DI ROMA (RM)

Proponente

EG STELLA S.R.L.

VIA DEI PELLEGRINI 22 – 20122 MILANO (MI) - P.IVA: 1490980965 – PEC: egstella@pec.it

Progettazione

Ing. Paolo di Scanno

PIAZZA GUGLIELMO MARCONI 25 – 00144 ROMA (RM) - P.IVA: 06741281007 – PEC: artelia.italia@pec.it
Tel.: +39 3355986910 – email: paolo.di-scanno@arteliagroup.com

Coordinamento progettuale

ARTELIA ITALIA S.P.A.

PIAZZA GUGLIELMO MARCONI 25 – 00144 ROMA (RM) - P.IVA: 06741281007 – PEC: artelia.italia@pec.it
Tel.: +39 06 591 933 1 – email: contact@it.arteliagroup.com

Titolo Elaborato

RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE IMPIANTO FOTOVOLTAICO

LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILE NAME	DATA
DEFINITIVO	PD_REL09b.00	IT-2019-0013_PD_REL09b.00-Relazione tecnica strutture impianto fotovoltaico.docx	21/09/2022

Revisioni

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
0	21/09/22	EMISSIONE PER PERMITTING	FG	PdS	FTE



COMUNE DI ROMA (RM)

REGIONE LAZIO



RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE IMPIANTO FOTOVOLTAICO

INDICE

Contenuto del documento

1.	PREMESSA	4
	CALCOLO STRUTTURE LOTTO 1.....	5
2.	DESCRIZIONE STRUTTURA	5
3.	MATERIALI	6
4.	ANALISI DEI CARICHI	6
4.1.	PESO PROPRIO	6
4.2.	PESO MODULI	6
4.3.	CARICO DEL VENTO	6
5.	CLASSIFICAZIONE DELLE SEZIONI IN ACCIAIO.....	8
5.1.	CLASSIFICAZIONE DELLE SEZIONI DI PROGETTO.....	13
6.	COMBINAZIONI DI CARICO	17
6.1.	ULS – Ultimate Limite State – EC3	17
6.2.	SLS – SERVICE Limite State – EC3.....	17
7.	MODELLO DI CALCOLO	18
7.1.	APPLICAZIONE DEI CARICHI	20
7.2.	ANALISI AGLI ELEMENTI FINITI	21
7.3.	SOLLECITAZIONI DI PROGETTO.....	21
7.3.1.	ULS-WORK-POSITION: 20°	21
7.4.	VERIFICHE STRUTTURALI ULS	24
7.4.1.	WORK POSITION	24
7.5.	VERIFICHE SLS	51
7.5.1.	WORK POSITION : 20°	51
	CALCOLO STRUTTURE LOTTO 2.....	52
8.	DESCRIZIONE STRUTTURA	52
9.	MATERIALI	53
10.	ANALISI DEI CARICHI.....	53
10.1.	PESO PROPRIO	53
10.2.	PESO MODULI	53
10.3.	CARICO DEL VENTO	53
11.	CLASSIFICAZIONE DELLE SEZIONI IN ACCIAIO.....	55
11.1.	CLASSIFICAZIONE DELLE SEZIONI DI PROGETTO.....	60
12.	COMBINAZIONI DI CARICO	64

12.1.	ULS – Ultimate Limite State – EC3	64
12.2.	SLS – SERVICE Limite State – EC3.....	64
13.	MODELLO DI CALCOLO	65
13.1.	APPLICAZIONE DEI CARICHI	67
13.2.	ANALISI AGLI ELEMENTI FINITI	68
13.3.	SOLLECITAZIONI DI PROGETTO	68
13.3.1.	ULS-WORK-POSITION: 55°	68
13.4.	VERIFICHE STRUTTURALI ULS	71
13.4.1.	WORK POSITION.....	71
13.5.	VERIFICHE SLS	98
13.5.1.	WORK POSITION : 55°	98

1. PREMESSA

Con il presente documento si relaziona sul controllo eseguito sul progetto emesso da Terza società –
Il progetto in esame prevede la realizzazione di due campi fotovoltaici di denominazione e potenza unitaria pari a:

- Campo FTV1 (lotto 1) 15,53 MWp
- Campo FTV2 (lotto 2) 9,04 MWp

per una potenza complessiva pari a 24,57 MWp.

In generale, i principali componenti dell'impianto risultano essere, quindi:

- campi fotovoltaici;
- le linee elettriche MT (a 30 kV) in cavo interrato, che collegano i due campi fotovoltaici alla Sottostazione Elettrica (SSE);
- una Sottostazione Elettrica (SSE) per l'innalzamento della tensione da 30 kV a 150 kV con tutte le apparecchiature necessarie alla realizzazione della connessione elettrica dell'impianto alla Rete Nazionale.

Nello specifico caso in esame, in base alla soluzione di connessione (soluzione tecnica minima generale STMG), il futuro impianto fotovoltaico sarà collegato in antenna a 150 kV sulla Stazione Elettrica (SE) di smistamento della RTN denominata "Roma Ovest".

CALCOLO STRUTTURE LOTTO 1

2. DESCRIZIONE STRUTTURA

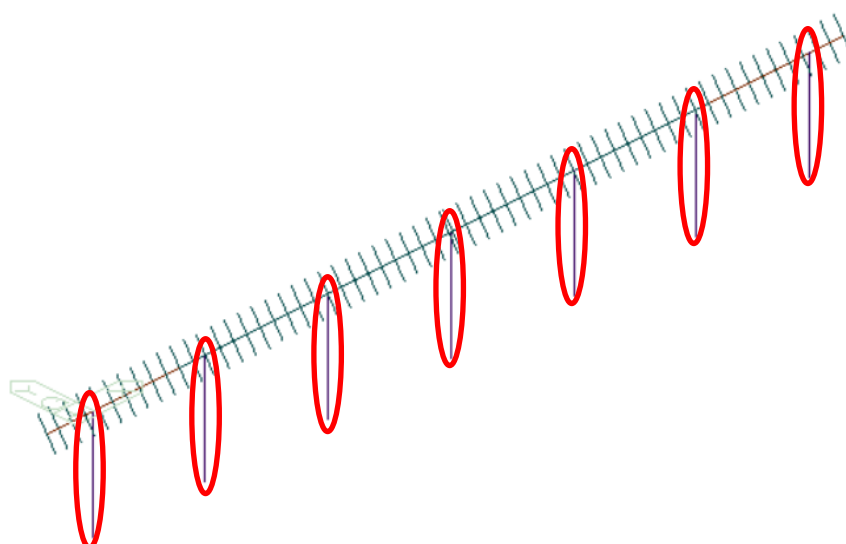
L'impianto fotovoltaico è formato da *trackers* disposti in file parallele le cui strutture portanti sono costituite da elementi in acciaio di varie dimensioni come si descriverà meglio in seguito.

Come si evince dagli elaborati forniti, la struttura in oggetto è costituita da un tracker fisso da n. 7 montanti. Su ogni tracker sono disposti due tipologie di traversi (torque tube), sui quali poggiano n. 61 elementi di supporto ai pannelli, per ogni tracker. Le dimensioni e gli interassi degli elementi formanti la struttura sono indicati nell'elaborato progettuale, nel quale sono riportati anche i profili adottati.

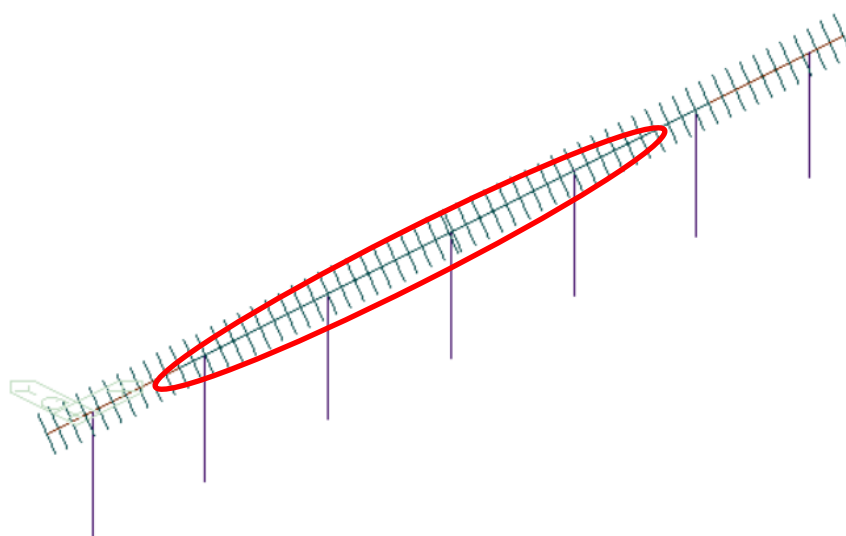
In particolare si hanno:

- n. 7 supporti HEA200 di lunghezza 1260 mm;
- n. 1 "torque tube" 170x170x4 avente luce di 11086 mm;
- n. 1 "torque tube" 170x170x4 avente luce di 10916 mm;
- n. 3 "torque tube" 170x170x3.5 aventi luce di 9972 mm;
- n. 1 "torque tube" 170x170x3.5 avente luce di 11080 mm;
- n. 1 "torque tube" 170x170x3.5 avente luce di 2516 mm;
- n. 61 elementi di supporto OMEGA 90x30/10x2 di lunghezza 2700 mm;

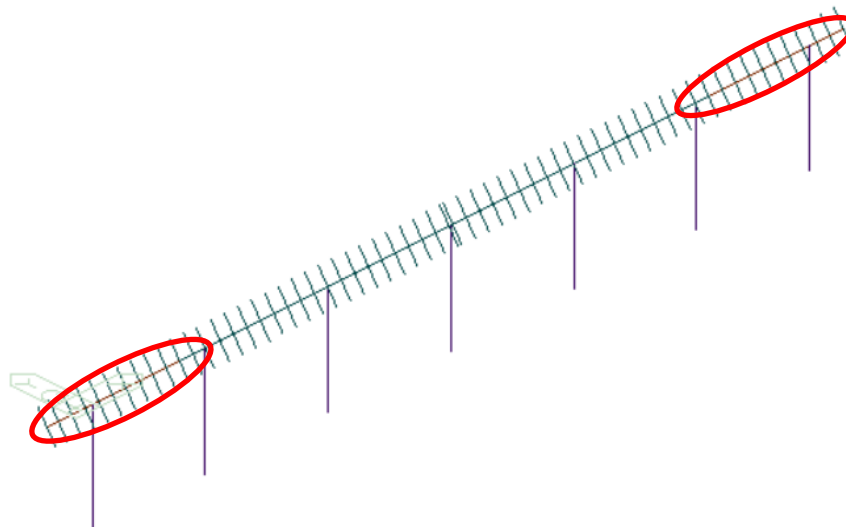
SUPPORTI HEA300



TORQUE TUBE 170X170X3.5



TORQUE TUBE 170X170X4



3. MATERIALI

Il materiale adottato è l'acciaio per carpenterie metalliche in diverse classi. In particolare è stato considerato S355JR EN 10025-2 per i montanti, traversi e supporti.

4. ANALISI DEI CARICHI

Per le strutture a sostegno di pannelli fotovoltaici i carichi da prendere in considerazione ai fini della progettazione sono:

- G1 Peso proprio della struttura portante;
- G2 Peso moduli TOPBiHiKu7
- T Temperatura
- W Vento

4.1. PESO PROPRIO

Il peso proprio della struttura è stato calcolato considerando una densità γ dell'acciaio pari a 76,98 kN/m³ moltiplicata per le dimensioni geometriche degli elementi.

4.2. PESO MODULI

Il carico dovuto al peso dei moduli fotovoltaici è stato dedotto dalla relazione ed è pari a 37.8 kg. Considerando un'incidenza pari a 0,378 kN per modulo rapportata ad una superficie pari a 2.1mq:

- Superficie pannello = 2.38 x 1.3 = 3.1 mq

$$q_{\text{pannello}} = 0.378/3.1 = 0.12 \text{ kN/mq}$$

4.3. CARICO DEL VENTO

Per valutare l'incidenza del vento sono stati considerati due casi:

1) $V_r = 28 \text{ m/s}$

- Stow position 0°: $q_p = 740.7 \text{ Pa}$
- Work position 20°: $q_p = 250 \text{ Pa}$

2) $V_r = 27 \text{ m/s}$

- Stow position 0°: $q_p = 688 \text{ Pa}$
- Work position 20°: $q_p = 250 \text{ Pa}$

I valori di q_p sono stati calcolati secondo la formulazione da EUROCODICE.

Ottenuta la pressione dinamica del vento sulla struttura si può calcolare la pressione finale:

$$p = q_z C_p C_e C_d$$

$C_e=1$: coefficienti di esposizione

$C_d=1$: coefficienti dinamico

C_p : coefficiente di pressione che varia a seconda del grado di inclinazione dei moduli e della direzione del vento

5. CLASSIFICAZIONE DELLE SEZIONI IN ACCIAIO

Per quanto riguarda lo studio delle sezioni si è tenuto conto di quanto descritto nella normativa europea EN 1993-1-4 paragrafo 5.5 che definisce il ruolo della classificazione delle sezioni trasversali come la modalità di “identificare la misura in cui la resistenza e la capacità di rotazione della sezione trasversale sono limitate dalla propria resistenza alla deformazione locale”.

Le sezioni vengono classificate in 4 classi in base al loro grado di generare una cerniera plastica con capacità di rotazione:

1. *Classe 1*: sezioni in grado di generare una cerniera plastica con grande capacità di rotazione
2. *Classe 2*: sezioni in grado di generare una cerniera plastica con limitate capacità di rotazione
3. *Classe 3*: sezioni nelle quali flange ed anime arrivano a snervarsi, ma i fenomeni di instabilità locale si innescano praticamente subito dopo lo snervamento, cosicché non è possibile generare una cerniera plastica;
4. *Classe 4*: sezioni nelle quali si hanno fenomeni di instabilità locale già in fase elastica, prima del raggiungimento dello snervamento in qualsiasi punto della sezione stessa.

Per valutare questa capacità ad instabilizzarsi si valuta il rapporto lunghezza/spessore di tutte le parti costituenti: flange ed anime.

Il rapporto da verificare è:

$$c/t \leq n \times \varepsilon$$

con:

c = per la flangia, è la parte che si estende da un estremo libero all’incastro nell’anima (al netto dei raccordi o delle saldature) per l’anima, la lunghezza tra una flangia ed un’altra

t = lo spessore dell’elemento

n = il numero che varia con la classe alla quale la diseguglianza si applica

ε = dipende dal materiale con

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y \left[\frac{N}{mm^2} \right]}}$$

In base al tipo di sollecitazione cui sono sottoposti gli elementi possono essere classificati in modalità differenti secondo quanto previsto dalla tabella 5.2 dell’EC3, ovvero se sottoposti a:

1. Flessione semplice
2. Compressione semplice
3. Pressoflessione

La classificazione ha risvolti importanti ai fini della definizione dei parametri geometrici da considerare nella verifica di resistenza della sezione; infatti in funzione della classificazione e quindi alla predisposizione alla instabilità locale si adotteranno moduli di resistenza, W , differenti (vedi fig. 6.2 EN 1993 1-3:2007):

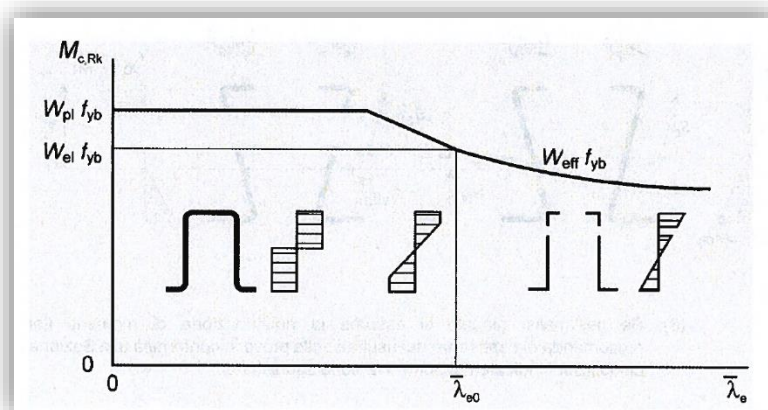


Figura 5.1: EN 1993 1.3 -2007: momento resistente funzione della snellezza

EN 1993-1-1: 2005 (E)

Table 5.2 (sheet 1 of 3): Maximum width-to-thickness ratios for compression parts

Internal compression parts						
				Axis of bending		
Class	Part subject to bending	Part subject to compression	Part subject to bending and compression			
1						
	$c/t \leq 72\varepsilon$	$c/t \leq 33\varepsilon$	when $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{396\varepsilon}{13\alpha - 1}$ when $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{36\varepsilon}{\alpha}$			
2						
	$c/t \leq 83\varepsilon$	$c/t \leq 38\varepsilon$	when $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{456\varepsilon}{13\alpha - 1}$ when $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{41,5\varepsilon}{\alpha}$			
3						
	$c/t \leq 124\varepsilon$	$c/t \leq 42\varepsilon$	when $\psi > -1$: $c/t \leq \frac{42\varepsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ when $\psi \leq -1^*)$: $c/t \leq 62\varepsilon(1 - \psi)\sqrt{-\psi}$			
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

*) $\psi \leq -1$ applies where either the compression stress $\sigma \leq f_y$ or the tensile strain $\varepsilon_y > f_y/E$

Figura 5.2: EN 1993 1.1 -2005: rapporti massimi larghezza –spessore per elementi compressi – parte 1

EN 1993-1-1: 2005 (E)

Table 5.2 (sheet 3 of 3): Maximum width-to-thickness ratios for compression parts

<p>Refer also to "Outstand flanges" (see sheet 2 of 3)</p> <p style="text-align: center;">Angles</p> <p style="text-align: right;">Does not apply to angles in continuous contact with other components</p>						
Class	Section in compression					
Stress distribution across section (compression positive)						
3	$h/t \leq 15\epsilon$; $\frac{b+h}{2t} \leq 11,5\epsilon$					
<p>Tubular sections</p>						
Class	Section in bending and/or compression					
1	$d/t \leq 50\epsilon^2$					
2	$d/t \leq 70\epsilon^2$					
3	$d/t \leq 90\epsilon^2$					
NOTE For $d/t > 90\epsilon^2$ see EN 1993-1-6.						
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	ϵ^2	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51

Figura 5.3: EN 1993 1.1 -2005: rapporti massimi larghezza –spessore per elementi compressi – parte 2

EN 1993-1-1: 2005 (E)

Table 5.2 (sheet 3 of 3): Maximum width-to-thickness ratios for compression parts

<p>Refer also to "Outstand flanges" (see sheet 2 of 3)</p> <p style="text-align: center;">Angles</p> <p style="text-align: right;">Does not apply to angles in continuous contact with other components</p>						
Class	Section in compression					
Stress distribution across section (compression positive)						
3	$h/t \leq 15\varepsilon$; $\frac{b+h}{2t} \leq 11,5\varepsilon$					
Tubular sections						
Class	Section in bending and/or compression					
1	$d/t \leq 50\varepsilon^2$					
2	$d/t \leq 70\varepsilon^2$					
3	$d/t \leq 90\varepsilon^2$					
NOTE For $d/t > 90\varepsilon^2$ see EN 1993-1-6.						
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	ε^2	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51

Figura 5.4: EN 1993 1.1 -2005: rapporti massimi larghezza –spessore per elementi compressi – parte 3

Nel caso la classificazione della sezione sia di **classe 4**, cioè tutte le volte che non si rientra nella classe 3, si considera che già dal campo elastico si ha una instabilità locale che porta ad avere delle aree della sezione stessa che non collaboreranno alla resistenza (mancanti) e quindi si dovranno prendere in considerazione dei valori meccanici ridotti rispetto a quello elastici cioè dei *valori efficaci*: A_{eff} e W_{eff} .

$$A_{eff} = \rho A_c$$

con:

ρ : fattore di riduzione calcolato in modo differente se gli elementi compressi sono anime o semiflange.

(2) The reduction factor ρ may be taken as follows:

- internal compression elements:

$$\rho = 1,0 \quad \text{for } \bar{\lambda}_p \leq 0,673$$

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0 \quad \text{for } \bar{\lambda}_p > 0,673, \text{ where } (3 + \psi) \geq 0 \quad (4.2)$$

- outstand compression elements:

$$\rho = 1,0 \quad \text{for } \bar{\lambda}_p \leq 0,748$$

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0 \quad \text{for } \bar{\lambda}_p > 0,748 \quad (4.3)$$

$$\text{where } \bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{\bar{b}/t}{28,4 \varepsilon \sqrt{k_\sigma}}$$

ψ is the stress ratio determined in accordance with 4.4(3) and 4.4(4)

\bar{b} is the appropriate width to be taken as follows (for definitions, see Table 5.2 of EN 1993-1-1)

b_w for webs;

b for internal flange elements (except RHS);

$b - 3t$ for flanges of RHS;

c for outstand flanges;

h for equal-leg angles;

h for unequal-leg angles;

k_σ is the buckling factor corresponding to the stress ratio ψ and boundary conditions. For long plates k_σ is given in Table 4.1 or Table 4.2 as appropriate;

t is the thickness;

σ_{cr} is the elastic critical plate buckling stress see equation (A.1) in Annex A.1(2) and Table 4.1 and Table 4.2;

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y [N/mm^2]}}$$

Figura 5.5: EN

1993 1.5 -2006: calcolo fattore riduttivo ρ

Allo stesso modo, oltre ad avere un'area efficace si avrà anche un modulo elastico efficace W_{eff} con il quale si dovranno condurre le verifiche di resistenza.

Nelle relazioni precedenti sono presenti due coefficienti particolari:

ψ : è il rapporto delle tensioni nel tratto di ala considerato
 k_σ : fattore di buckling, funzione di ψ

Questi due fattori tengono conto dello stato tensionale cui è assoggettata la sezione di acciaio e quindi introducono un elemento variabile nel calcolo che provoca una complicazione importante, per il seguente motivo.

Quando una sezione viene classificata in classe 4 viene considerata che una parte della stessa non sia più collaborante e quindi si vengono a calcolare dei nuovi valori efficaci di area e modulo di resistenza, ma si avrà anche una nuova posizione del baricentro della sezione con la quale si conducono i nuovi calcoli di W_{eff} .

Il fatto che la y_g sia cambiata porta di conseguenza a non poter più ritenere il calcolo di W_{eff} appena eseguito corretto in quanto è stato condotto con una distribuzione tensionale sulla sezione che non è più quella visto che l'asse neutro ha cambiato posizione.

Da qui nasce la necessità di ricalcolare il modulo ψ e di nuovo tutte le altre grandezze efficaci, quindi nasce un processo iterativo che terminerà solo alla convergenza delle successive iterazioni.

5.1. CLASSIFICAZIONE DELLE SEZIONI DI PROGETTO

In accordo con quanto richiesto dalla Committenza, la classificazione delle sezioni in acciaio che compongono la struttura in esame è stata effettuata secondo quanto dettato dalla normativa europea.

- **TRAVERSO 170x170x3.5mm**

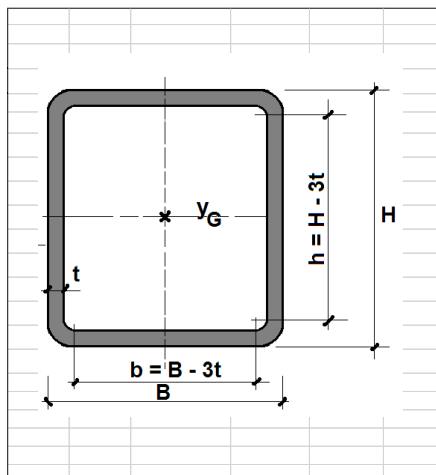


Figura 5.1.2 – Schema scatolare

Asta: **TUBO 170x170x3.5**

Dati d'input:

A=	23.0	cm ²	NORMA:	2	
J _y =	1'055.0	cm ⁴	1 :	UNI 10210-2 (finiti a caldo)	
J _z =	1'055.0	cm ⁴	2 :	UNI 10219-2 (formati a (a freddo)	
W _{el,y} =	124.1	cm ³	Iterazioni?	SI	
W _{pl,y} =	142.9	cm ³	f _y =	355	N/mm ²
W _{el,z} =	124.1	cm ³	E=	210'000	N/mm ²
W _{pl,z} =	142.9	cm ³	G=	80'770	N/mm ²
I _t =	1'635.8	cm ⁴	i _y =	6.8	cm
C _t =	186.3	cm ³	i _z =	6.8	cm
H=	170.0	mm	$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0.814$		
B=	170.0	mm			
t=	3.5	mm			
h=	159.5	mm			
b=	159.5	mm			

Classe del profilo			N _{max} per la classe		
Compr.	Fless. Y	Fless. Z	Cl. 1	Cl. 2	Cl. 3
			[kN]	[kN]	[kN]
4	4	4	-	-	-

Valori efficaci per fless. Y		
W _{y,eff}	I _{y,eff}	A _{y,eff}
[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ²]
-	-	-

Spostam. Baricentro	
Fless. Y	Fless. Z
[mm]	[mm]
4.3	0.0

Val. efficaci per compressione		
A _{eff}	I _{y,eff}	I _{z,eff}
[cm ²]	[cm ⁴]	[cm ⁴]
18.3	888.6	888.6

Valori efficaci per fless. Z		
W _{z,eff}	I _{z,eff}	A _{z,eff}
[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ²]
-	-	-

- **TRAVERSO 170x170x4mm**

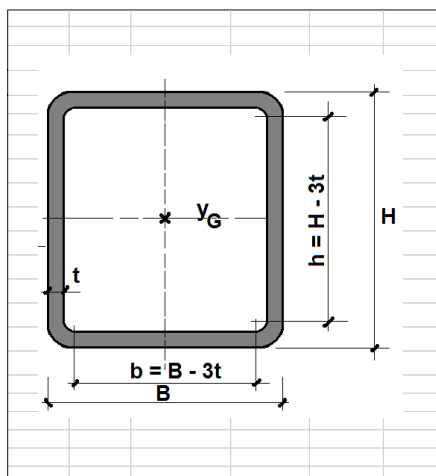


Figura 5.1.3 – Schema scatolare

Asta: **TUBO 170x170x4**

Dati d'input:

A=	26.1	cm ²	NORMA:	2
J _y =	1'191.3	cm ⁴	1 :	UNI 10210-2 (finiti a caldo)
J _z =	1'191.3	cm ⁴	2 :	UNI 10219-2 (formati a (a freddo)
W _{el,y} =	140.2	cm ³	Iterazioni?	SI
W _{pl,y} =	161.9	cm ³	f _y =	355 N/mm ²
W _{el,z} =	140.2	cm ³	E=	210'000 N/mm ²
W _{pl,z} =	161.9	cm ³	G=	80'770 N/mm ²
I _t =	1'855.8	cm ⁴	i _y =	6.7 cm
C _t =	210.4	cm ³	i _z =	6.7 cm
H=	170.0	mm	$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0.814$	
B=	170.0	mm		
t=	4.0	mm		
h=	158.0	mm		
b=	158.0	mm		

Classe del profilo			N _{max} per la classe			Valori efficaci per fless. Y		
Compr.	Fless. Y	Fless. Z	Cl. 1	Cl. 2	Cl. 3	W _{y,eff}	I _{y,eff}	A _{y,eff}
			[kN]	[kN]	[kN]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ²]
4	4	4	-	-	-	-	-	-

Spostam. Baricentro		Val. efficaci per compressione			Valori efficaci per fless. Z		
Fless. Y	Fless. Z	A _{eff}	I _{y,eff}	I _{z,eff}	W _{z,eff}	I _{z,eff}	A _{z,eff}
[mm]	[mm]	[cm ²]	[cm ⁴]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ²]
4.3	0.0	22.8	1076.4	1076.4	-	-	-

Verifica a flessione semplice attorno all'asse di maggiore inerzia:

$\rho_b = 1$	per $\bar{\lambda}_{pb} \leq 0.673$		
$\rho_b = (\bar{\lambda}_{pb} - 0.22) / \bar{\lambda}_{pb}^2 \leq 1$	per $\bar{\lambda}_{pb} > 0.673$		
$\kappa_\sigma = 4$	($\psi = 1$, cfr. [6] Tab. 4.1)		
$\bar{\lambda}_{pb} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{b/t}{28.4 \varepsilon \sqrt{\kappa_\sigma}} = 0.855$			
$\rho_b = (\bar{\lambda}_{pb} - 0.188) / \bar{\lambda}_{pb}^2 = 0.869$			
$y_G = \frac{[(1 - \rho_b)bt] \left(\frac{H}{2} - \frac{t}{2} \right)}{A - (1 - \rho_b)bt} = 2.72 \text{ mm} + 0.000$			
$\psi = -\frac{H/2 - y_G}{H/2 + y_G} = -0.89$			
ITERAZIONE AUTOMATICA: il valore di y'G viene sommato a yG fino a convergenza			
l) Latì H inflessi $h/t = 39.5$	Classe: 1		
$h_c = \frac{h + y_G}{2} = 72.7 \text{ mm}$			
$\rho_h = 1$	per $\bar{\lambda}_{ph} \leq 0.673$	$A_{eff,y} = A - 2(1 - \rho_h)h_c t - (1 - \rho_b)bt = 16.4 \text{ cm}^2$	
$\rho_h = [\bar{\lambda}_{ph} - 0.055(3 + \psi)] / \bar{\lambda}_{ph}^2 \leq 1$	per $\bar{\lambda}_{ph} > 0.673$	$y'_G = \frac{[2(1 - \rho_h)h_c t] [(0.5 + 0.1\rho_b)h_c]}{A_{eff,y}} = 0.000 \text{ mm}$	
$\kappa_\sigma = 7.81 - 6.29\psi + 9.78\psi^2 = 21.2$			
$\bar{\lambda}_{ph} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{h/t}{28.4 \varepsilon \sqrt{\kappa_\sigma}} = 0.442$		$I_{eff,y} = I_y - \frac{1}{12}t[2(1 - \rho_h)h_c]^3 - [2(1 - \rho_h)h_c t] [(0.5 + 0.1\rho_b)h_c - y_G]^2 +$	
$\rho_h = [\bar{\lambda}_{ph} - 0.055(3 + \psi)] / \bar{\lambda}_{ph}^2 = 1.000$		$-\frac{1}{12}(1 - \rho_b)bt^3 - (1 - \rho_b)bt \left(\frac{H}{2} - \frac{t}{2} \right)^2 - A_{eff,y} (y_G + y'_G)^2 = 567.2 \text{ cm}^4$	
		$W_{eff,y} = \frac{I_{eff,y}}{\frac{H}{2} + y_G + y'_G} = 71.5 \text{ cm}^3$	
		Wy = 107.7 cm ³	

6. COMBINAZIONI DI CARICO

Come anticipato al punto 1, il modello di calcolo è stato verificato con l'EC3. In particolare verranno eseguite verifiche con EC3 per tutte la posizione analizzata cioè: Work Position 55°.

6.1. ULS – Ultimate Limite State – EC3

Per valutare le sollecitazioni agenti sulla struttura sono state prese in considerazione le seguenti combinazioni:

Combination ULS Eurocode	Dead load	Snow	Wind_UPLIFT	Wind_DOWNFORCE	TEMPERATURE
ULS_1	1.35	0.75	1	-	1
ULS_2	1.35	1.5	0.9	-	1
ULS_3	1	-	1	-	1
ULS_4	1.35	0.75	-	1	1
ULS_5	1.35	1.5	-	0.9	1
ULS_6	1	-	-	1	1

6.2. SLS – SERVICE Limite State – EC3

Per quanto riguarda invece lo Stato Limite di Servizio le combinazioni suggerite dall'EC3 sono le seguenti:

$$DL+G_2$$

$$DL+G_2+T$$

trascurando l'azione del vento.

Nel caso particolare però, l'azione del vento non può essere considerata trascurabile in quanto la più importante per la struttura in esame ed inoltre preponderante sulle altre.

Si è fatta dunque la scelta progettuale di adottare le seguenti combinazioni, dove l'azione del vento è stata considerata incidente per il 70%.

Combination SLS Eurocode	Dead load	Snow	Wind_UPLIFT	Wind_DOWNFORCE
SLS_1	1	0.5	1	-
SLS_2	1	1	0.7	-
SLS_3	1	0.5	-	1
SLS_4	1	1	-	0.7

7. MODELLO DI CALCOLO

Dallo studio del modello di calcolo emergono alcuni aspetti progettuali elencati di seguito:

- **carichi:** nella progettazione il carico del vento nelle due condizioni limite di UPLIFT e DOWNFORCE è stato applicato come carico distribuito nella condizione di WORK-POSITION.
- **verifiche:** sono condotte secondo EC3.

Il modello studiato è in **Work position: 20°**

La struttura in oggetto è stata modellata mediante il software Midas GEN.

Il modello di calcolo è stato realizzato coerentemente con quanto descritto nel capitolo 2 della presente relazione modellando montanti, traversi e supporti come elementi "frame".

A ciascuno di essi è stato assegnato sia l'opportuna sezione geometrica che le caratteristiche dei materiali descritti nel capitolo 3.

E' stato creato un modello con elementi beam sia per montanti che per traversi e supporti.

Di seguito si riportano le immagini relative alle varie parti del modello.

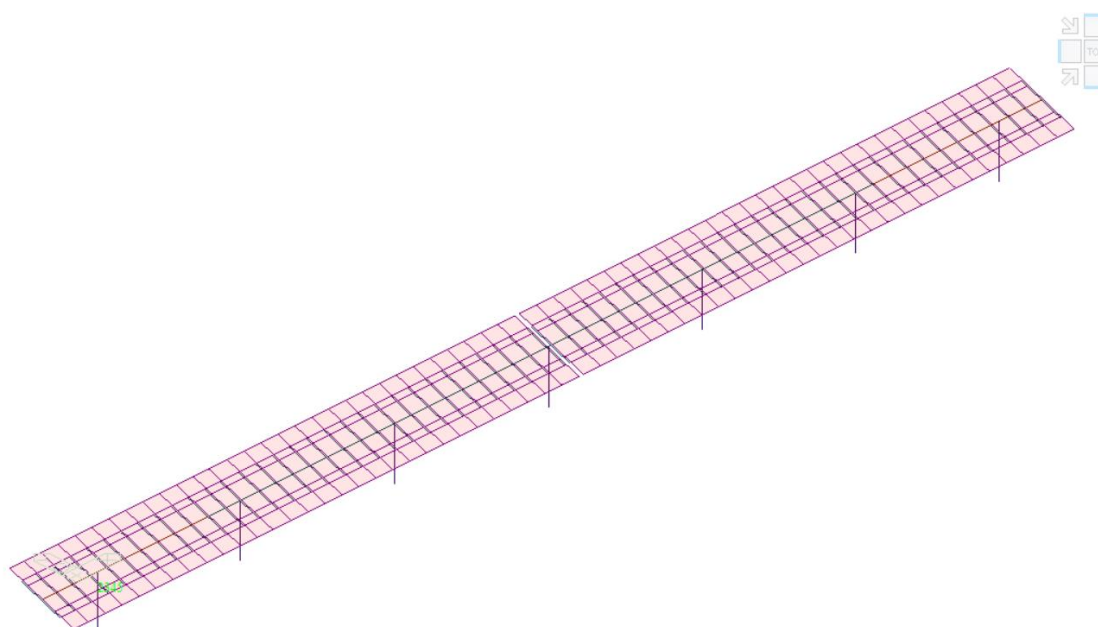


Figura 7.1 – Vista 3D del modello di calcolo Work position: 20°

Le azioni sulla struttura sono state applicate mediante carichi definiti con:

- G1 il peso proprio della struttura (Dead Load);
- G2 il peso dei moduli fotovoltaici (Dead Load) che è stato applicato mediante il carico uniformemente distribuito;
- Azione del vento è stata applicata mediante una pressione su una superficie con una distribuzione unidirezionale sui supporti;

I valori delle pressioni del vento ($p = \text{kN/m}^2$)

Come sopra detto è stato considerato esclusivamente la condizione di Work Position 20°.

L'applicazione del carico del vento sulla struttura è stata eseguita secondo due diverse modalità:

1. Quando il vento è incidente sul pannello (sopravento) il carico si può considerare distribuito sul pannello e sul supporto: DOWNFORCE;
2. Quando il vento arriva alle spalle del pannello il carico si distribuisce uniformemente sul pannello, ma non sui supporti che vengono caricati tramite i 4 punti di fissaggio: UPLIFT.

Per questo tipo di strutture l'azione del vento è dimensionante e agisce sui pannelli connessi direttamente ai supporti. L'azione del vento nelle sue schematizzazioni limite di UPLIFT e DOWNFORCE è riportata sui supporti come un carico uniformemente distribuito e no viceversa e quindi appare ragionevole considerarlo come carico uniformemente distribuito in condizione di WORK-POSITION.

Si fa presente che nel caso di UPLIFT, l'azione del vento viene applicata in corrispondenza dei punti di attacco supporto-pannello; l'azione del vento tende fisicamente a staccare il pannello proprio in questi punti che sono quindi quelli più sollecitati.

In particolare, nella modellazione agli elementi finiti, per assegnare il carico uniformemente distribuito, è stato utilizzata la funzione (Assign Floor Loads) che permette di assegnare il carico direttamente sugli elementi 'frame' valutandone in automatico l'area di influenza.

Con lo stesso elemento è stato anche applicato il peso del pannello.

Di seguito si propone lo schema di applicazione per ogni singolo carico elementare.

G₂: PESO PROPRIO PANNELLO

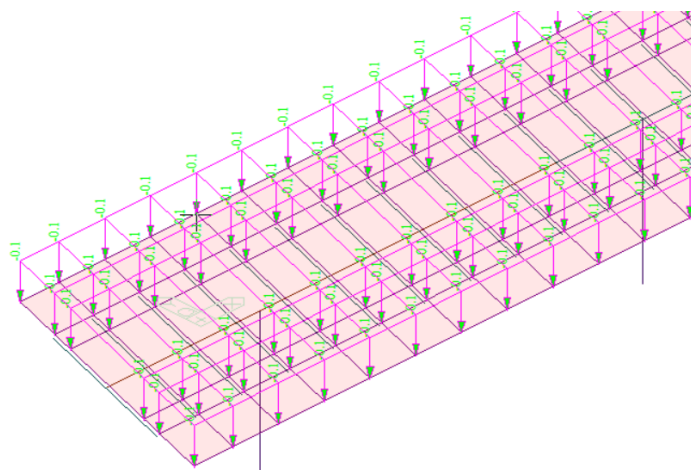


Figura 7.2 – Applicazione del peso del pannello

VENTO:DOWNFORCE

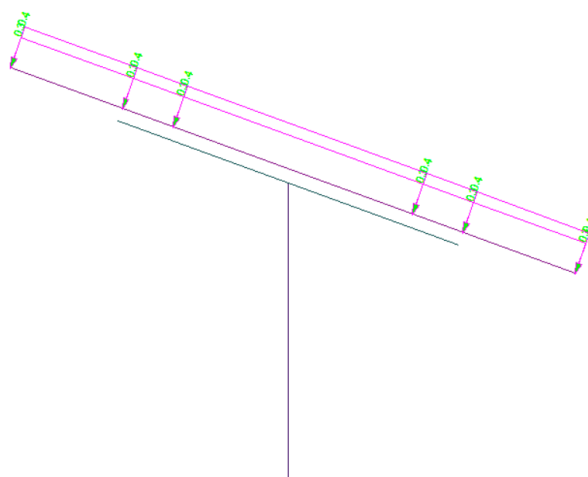


Figura 7.3 – Applicazione del vento downforce

VENTO: UPLIFT

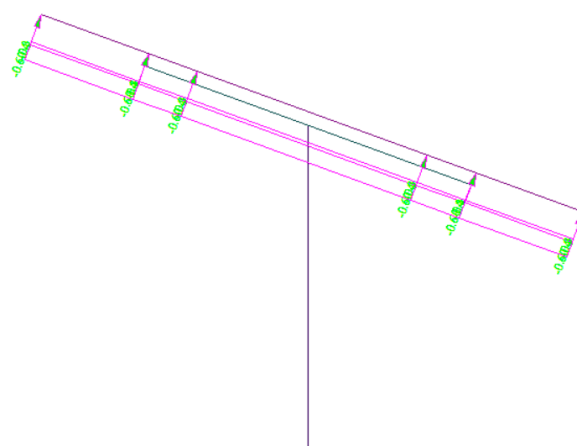


Figura 7.4 – Applicazione del vento uplift

7.1. APPLICAZIONE DEI CARICHI

L'applicazione dei carichi è avvenuta tenendo in considerazione la differente lunghezza tra pannello fotovoltaico e supporto dello stesso, ovvero valutando l'eccentricità che deriva dalla distanza tra i baricentri degli elementi in questione. Valutando la presenza della suddetta eccentricità, durante l'applicazione dei carichi gravanti sui pannelli, deve considerarsi la presenza di

un momento torcente aggiuntivo da applicarsi ai traversi della struttura.

7.2. ANALISI AGLI ELEMENTI FINITI

Per la determinazione delle sollecitazioni di calcolo, necessarie per la verifica degli elementi strutturali adottati, è stata condotta un'analisi di tipo lineare e successivamente, mediante dei coefficienti moltiplicativi dei carichi, sono stati combinati gli effetti.

Le combinazioni dei carichi sono state effettuate mediante i fattori riportati nelle tabelle del capitolo 6 rispettivamente per il caso ULS ed SLS rispetto all' EC3.

7.3. SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

Le sollecitazioni di progetto sono state ricavate dall'output dell'analisi lineare suddetta e sono state successivamente utilizzate per la verifica dei vari elementi strutturali.

Di seguito riportiamo i principali diagrammi delle sollecitazioni di sforzo normale e flessione.

7.3.1. ULS-WORK-POSITION: 20°

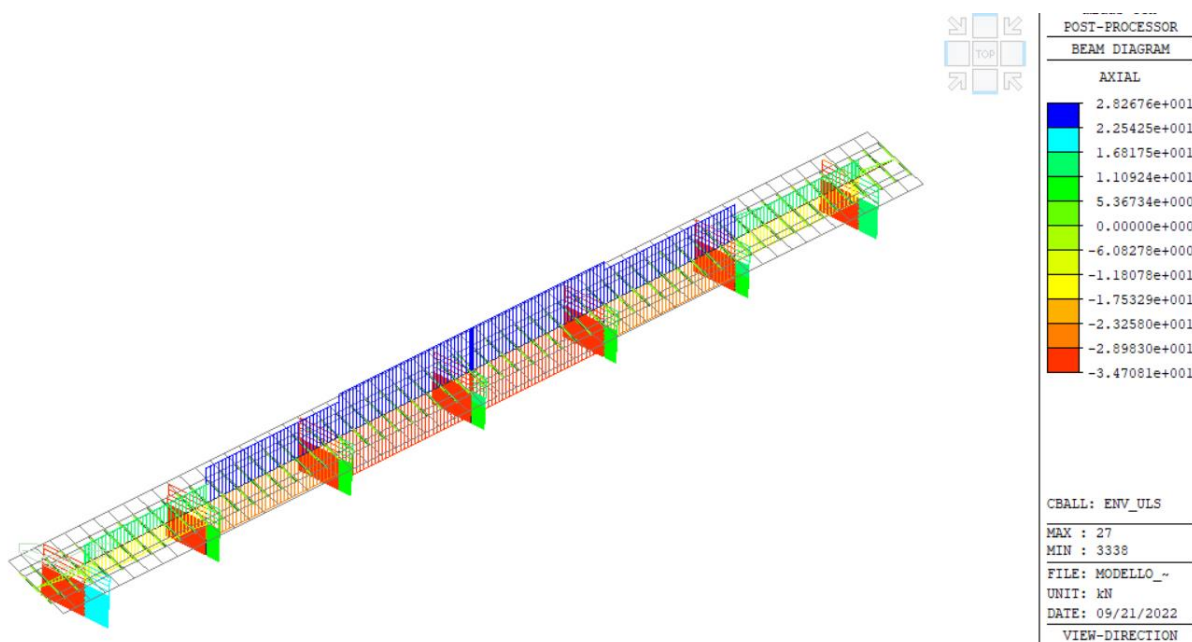


Figura 7.3.1.1 – ENV-ULS-Fx (kN)

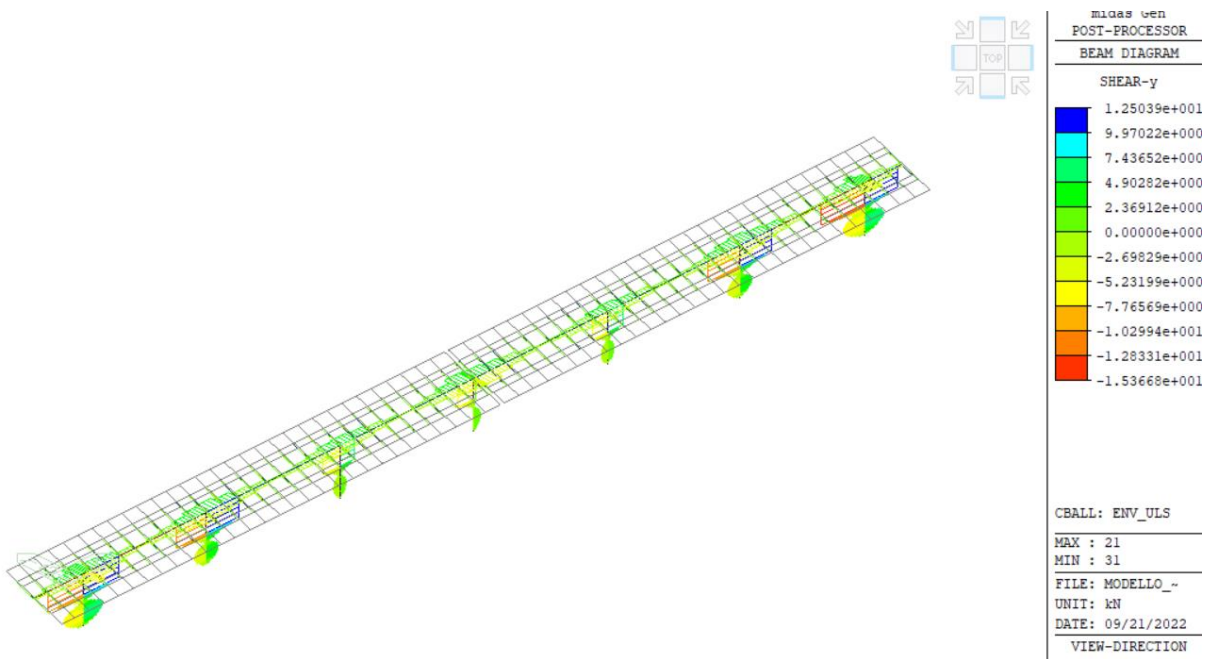


Figura 7.3.1.2 – ENV-ULS-Fy (kN)

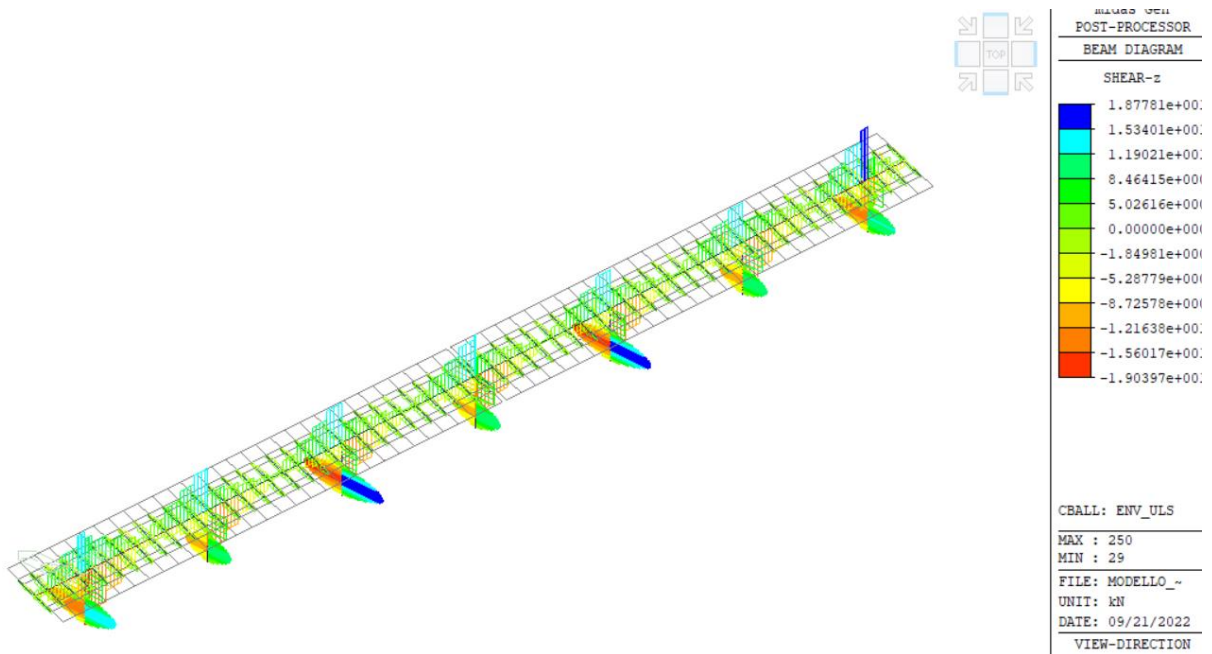


Figura 7.3.1.3 – ENV-ULS-Fz (kN)

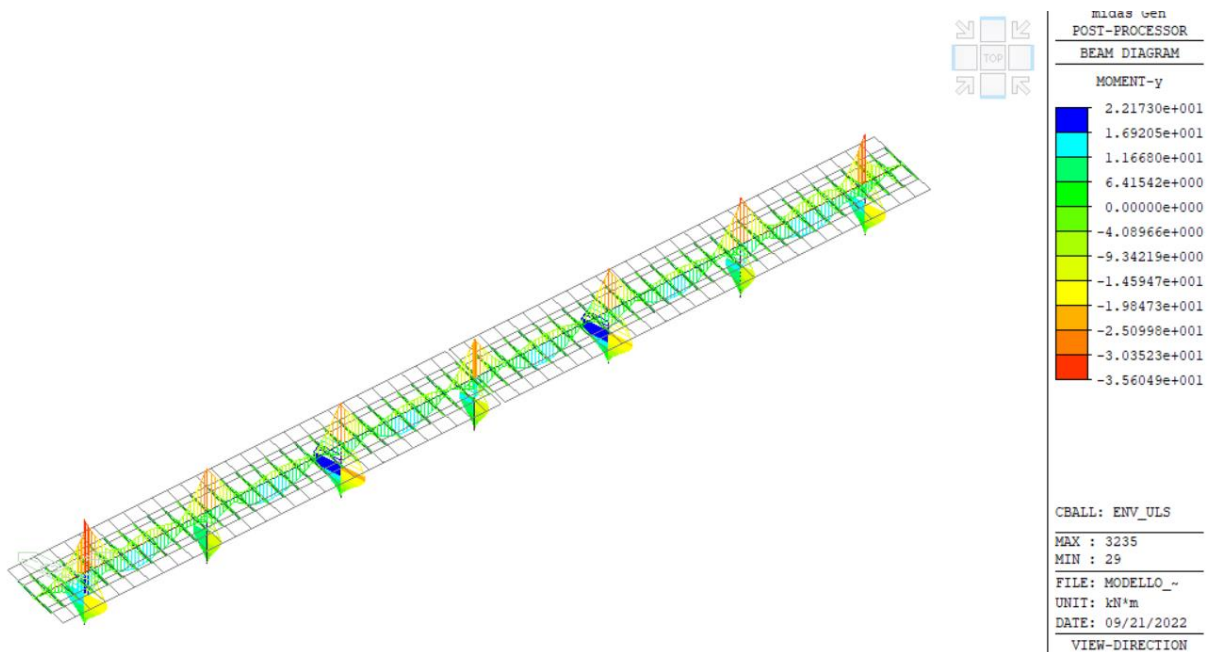


Figura 7.3.1.4 – ENV-ULS-My(kNm)

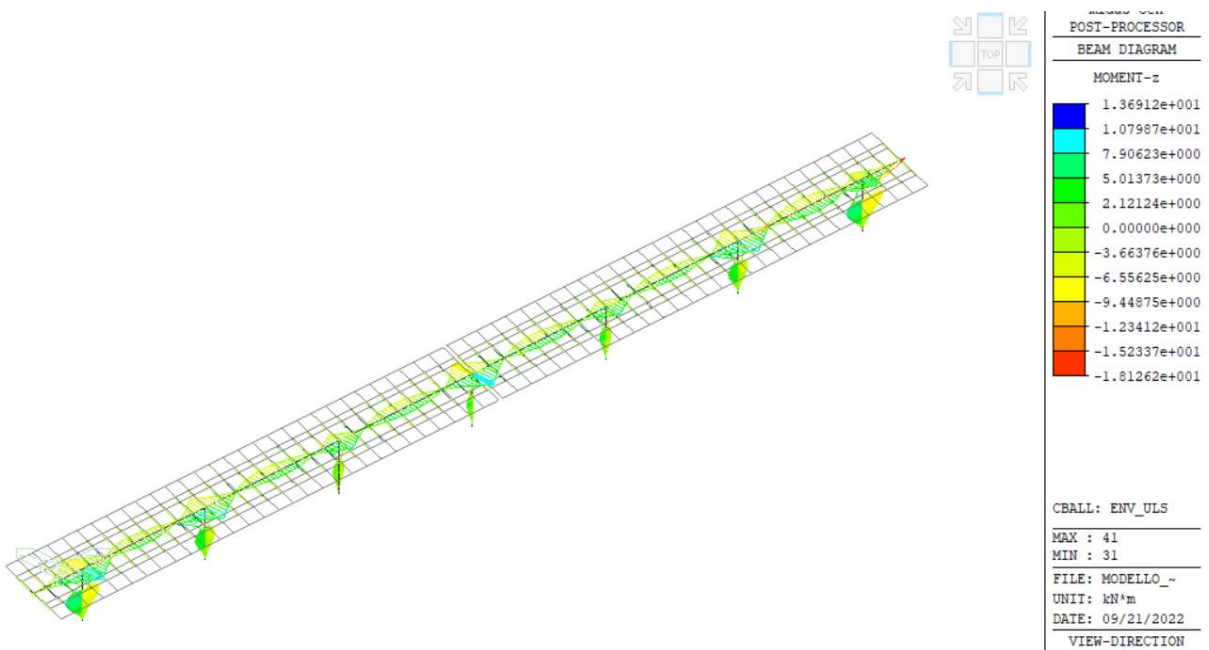


Figura 7.3.1.5 – ENV-ULS-Mz(kNm)

7.4. VERIFICHE STRUTTURALI ULS

Al fine di effettuare le verifiche a flessione degli elementi costituenti la struttura, è stato necessario dapprima procedere con una classificazione come descritto nel capitolo 8.1 della presente relazione.

Si riassumono di seguito le classi di appartenenza:

ELEMENTO	CLASSE
HEA 200	1 o 2
Traverso 170x170x3.4 mm	4
Traverso 170x170x4 mm	4
Supporto 100x30x30x1,5 mm	4

Per gli elementi soggetti alla sola flessione semplice, il criterio da utilizzare affinché la sezione possa essere considerata idonea è il seguente:

$$\eta = \frac{M_{ed}}{M_{cRd}} \leq 1$$

con:

$$M_{cRd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{M0}} \text{ per la classe 1 e 2}$$

$$M_{cRd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} * f_y}{\gamma_{M0}} \text{ per la classe 3}$$

$$M_{cRd} = \frac{W_{eff,min} * f_y}{\gamma_{M0}} \text{ per la classe 4}$$

Mentre per gli elementi soggetti a pressoflessione i criteri sono riportati in EN 1993-1-1:2005 capitolo 6.2.9:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1 \text{ per la classe 1 e 2}$$

$$\sigma_{xEd} = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{y,Rd}}{W_{y,el}} + \frac{M_{z,Rd}}{W_{z,el}} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \text{ per la classe 3}$$

$$\sigma_{xEd} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} + \frac{M_{y,Rd} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{y,eff}} + \frac{M_{z,Rd} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{z,eff}} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \text{ per la classe 4}$$

Le formule per la classe 3 e la classe 4 differiscono in quanto per la classe 4 devono considerarsi i momenti generati dalla migrazione del baricentro dell'area efficace rispetto all'area lorda.

7.4.1. WORK POSITION


```

8 1      Dead( 1.000) + Termica-60( 1.000)
10 2     Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 1.000)
11 2     Dead( 1.000) +Wind_DOWNFORCE( 1.000)
12 2     Dead( 1.000) +Wind_DOWNFORCE( 1.000) + Termica+60( 0.600)
13 2     Dead( 1.000) +Wind_DOWNFORCE( 1.000) + Termica-60( 0.600)
14 2     Dead( 1.000) +Wind_DOWNFORCE( 0.600) + Termica+60( 0.600)
15 2     Dead( 1.000) +Wind_DOWNFORCE( 0.600) + Termica-60( 0.600)
16 2     Dead( 1.000) +Wind_DOWNFORCE( 0.600) + Termica+60( 1.000)
17 2     Dead( 1.000) +Wind_DOWNFORCE( 0.600) + Termica-60( 1.000)
18 2     Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 1.000) + Termica+60( 0.600)
19 2     Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 1.000) + Termica-60( 0.600)
20 2     Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 0.600) + Termica+60( 0.600)
21 2     Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 0.600) + Termica-60( 0.600)
22 2     Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 0.600) + Termica+60( 1.000)
23 2     Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 0.600) + Termica-60( 1.000)

```

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
=====

```

*. PROJECT   :
*. MEMBER NO = 31, ELEMENT TYPE = Beam
*. LOADCOMB NO = 5, MATERIAL NO = 1, SECTION NO = 2
*. UNIT SYSTEM : kN, m

*. SECTION PROPERTIES : Designation = HEA200
Shape = I - Section. (Rolled)
Depth = 0.190, Top F Width = 0.200, Bot.F Width = 0.200
Web Thick = 0.006, Top F Thick = 0.010, Bot.F Thick = 0.010

Area = 5.38000e-003, Avy = 4.27500e-003, Avz = 1.80500e-003
Ybar = 1.00000e-001, Zbar = 9.50000e-002, Qyb = 3.13048e-002, Qzb = 5.00000e-003
Wely = 3.89000e-004, Welz = 1.34000e-004, Wply = 4.30000e-004, Wplz = 2.01796e-004
Iyy = 3.69000e-005, Izz = 1.34000e-005, Iyz = 0.00000e+000
Iy = 8.28000e-002, Iz = 4.98000e-002
J = 1.49811e-007, Cwp = 1.08000e-007

*. DESIGN PARAMETERS FOR STRENGTH EVALUATION :
Ly = 3.26000e+000, Lz = 3.26000e+000, Lb = 3.26000e+000
Ky = 1.00000e+000, Kz = 1.00000e+000

*. MATERIAL PROPERTIES :
Fy = 3.55000e+005, Es = 2.10000e+008, MATERIAL NAME = S355

*. FORCES AND MOMENTS AT (I) POINT :
Axial Force   Fxx =-2.89453e+001
Shear Forces  Fyy =-1.53668e+001, Fzz = 6.64582e+000
Bending Moments My =-7.87191e+000, Mz =-1.81262e+001
End Moments     Myi =-7.87191e+000, Myj = 0.00000e+000 (for Lb)
               Myi =-7.87191e+000, Myj = 0.00000e+000 (for Ly)
               Mzi =-1.81262e+001, Mzj = 0.00000e+000 (for Lz)

*. Sign conventions for stress and axial force.
- Stress : Compression positive.
- Axial force: Tension positive.

```

=====
 [[[*]]] CLASSIFY LEFT-TOP FLANGE OF SECTION (BTR).
 =====

- (). Determine classification of compression outstand flanges.
 [Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 2 of 3), EN 1993-1-5]
 -. $e = \text{SQRT}(235/f_y) = 0.81$
 -. $b/t = BTR = 7.88$
 -. $\sigma_1 = 76898.152 \text{ KPa}$.
 -. $\sigma_2 = 6161.162 \text{ KPa}$.
 -. $BTR < 10 * e$ (Class 2 : Compact).

 midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
 =====

=====
 [[[*]]] CLASSIFY RIGHT-TOP FLANGE OF SECTION (BTR).
 =====

- (). Determine classification of tension outstand flanges.
 -. Not Checking the Section Classification.

=====
 [[[*]]] CLASSIFY LEFT-BOTTOM FLANGE OF SECTION (BTR).
 =====

- (). Determine classification of compression outstand flanges.
 [Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 2 of 3), EN 1993-1-5]
 -. $e = \text{SQRT}(235/f_y) = 0.81$
 -. $b/t = BTR = 7.88$
 -. $\sigma_1 = 113511.693 \text{ KPa}$.
 -. $\sigma_2 = 42774.703 \text{ KPa}$.
 -. $BTR < 10 * e$ (Class 2 : Compact).

=====
 [[[*]]] CLASSIFY RIGHT-BOTTOM FLANGE OF SECTION (BTR).
 =====

- (). Determine classification of tension outstand flanges.
 -. Not Checking the Section Classification.

=====
 [[[*]]] CLASSIFY WEB OF SECTION (HTR).
 =====

- (). Determine classification of bending and compression Internal Parts.
 [Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 1 of 3), EN 1993-1-5]
 -. $e = \text{SQRT}(235/f_y) = 0.81$
 -. $d/t = HTR = 20.62$
 -. $\sigma_1 = 18291.265 \text{ KPa}$.
 -. $\sigma_2 = -7530.917 \text{ KPa}$.
 -. $\Psi = [2 * (N_{sd}/A) * (1/f_y)] - 1 = -0.970$
 -. $\text{Alpha} = 0.547 > 0.5$
 -. $HTR < 396 * e / (13 * \text{Alpha} - 1)$ (Class 1 : Plastic).

=====
 [[[*]]] APPLIED FACTORS.
 =====

- (). Calculate equivalent uniform moment factors (C_{my}, C_{mz}, C_{mLT}).
 [Eurocode3:05 Annex A. Table A.1, A.2]
 -. C_{my,0} = 0.790
 -. C_{mz,0} = 0.789
 -. C_{my} (Default or User Defined Value) = 0.850
 -. C_{mz} (Default or User Defined Value) = 0.850
 -. C_{mLT} (Default or User Defined Value) = 1.000

 midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
 =====

- (). Partial Factors (Gamma_Mi).
 [Eurocode3:05 6.1]
 -. Gamma_M0 = 1.00
 -. Gamma_M1 = 1.00
 -. Gamma_M2 = 1.25

=====
 [[[*]]] CHECK AXIAL RESISTANCE.
 =====

- (). Check slenderness ratio of axial compression member (Kl/i).
 -. Kl/i = 65.5 < 200.0 ---> O.K.
- (). Calculate axial compressive resistance (N_{c_Rd}).
 [Eurocode3:05 6.1, 6.2.4]
 -. N_{c_Rd} = f_y * Area / Gamma_M0 = 1909.90 kN.
- (). Check ratio of axial resistance (N_{Ed}/N_{c_Rd}).

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c_Rd}} = \frac{28.95}{1909.90} = 0.015 < 1.000 \text{ ---> O.K.}$$
- (). Calculate buckling resistance of compression member (N_{b_Rdy}, N_{b_Rdz}).
 [Eurocode3:05 6.3.1.1, 6.3.1.2]
 -. Beta_A = A_{eff} / Area = 1.000
 -. Lambda1 = Pi * SQRT(Es/fy) = 76.409
 -. Lambda_by = {(K_y*L_y/i_y)/Lambda1} * SQRT(Beta_A) = 0.515
 -. N_{cry} = Pi^2*Es*I_{yy} / (K_y*L_y)^2 = 7196.32 kN.
 -. Lambda_by < 0.2 or N_{Ed}/N_{cry} < 0.04 --> No need to check.
- . Lambda_bz = {(K_z*L_z/i_z)/Lambda1} * SQRT(Beta_A) = 0.857
 -. N_{crz} = Pi^2*Es*I_{zz} / (K_z*L_z)^2 = 2613.30 kN.
 -. Lambda_bz < 0.2 or N_{Ed}/N_{crz} < 0.04 --> No need to check.

=====
 [[[*]]] CHECK SHEAR RESISTANCE.
 =====

- (). Calculate shear area.
 [Eurocode3:05 6.2.6, EN1993-1-5:04 5.1 NOTE 2]

- . eta = 1.2 (Fy < 460 MPa.)
- . r = 0.0180 m.
- . Avy = Area - hw*tw = 0.0043 m².
- . Avz1 = eta*hw*tw = 0.0013 m².
- . Avz2 = Area - 2*B*tf + (tw + 2*r)*tf = 0.0018 m².
- . Avz = MAX[Avz1, Avz2] = 0.0018 m².

- (). Calculate plastic shear resistance in local-y direction (Vpl_Rdy).
[Eurocode3:05 6.1, 6.2.6]
- . Vpl_Rdy = [Avy*fy/SQRT(3)] / Gamma_M0 = 876.20 kN.

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021

=====

- (). Check ratio of shear resistance (V_Edy/Vpl_Rdy).
(LCB = 5, POS = 1)
- . Applied shear force : V_Edy = 15.37 kN.
- V_Edy 15.37
- . ----- = ----- = 0.018 < 1.000 ----> O.K.
- Vpl_Rdy 876.20

- (). Calculate plastic shear resistance in local-z direction (Vpl_Rdz).
[Eurocode3:05 6.1, 6.2.6]
- . Vpl_Rdz = [Avz*fy/SQRT(3)] / Gamma_M0 = 369.95 kN.

- (). Shear Buckling Check.
[Eurocode3:05 6.2.6]
- . HTR < 72*e/Eta ----> No need to check!

- (). Check ratio of shear resistance (V_Edz/Vpl_Rdz).
(LCB = 5, POS = 3/4)
- . Applied shear force : V_Edz = 12.80 kN.
- V_Edz 12.80
- . ----- = ----- = 0.035 < 1.000 ----> O.K.
- Vpl_Rdz 369.95

=====

[[[*]]] CHECK BENDING MOMENT RESISTANCE ABOUT MAJOR AXIS.

=====

- (). Calculate plastic resistance moment about major axis.
[Eurocode3:05 6.1, 6.2.5]
- . Wply = 0.0004 m³.
- . Mc_Rdy = Wply * fy / Gamma_M0 = 152.65 kN-m.

- (). Check ratio of moment resistance (M_Edy/Mc_Rdy).
- M_Edy 7.87
- . ----- = ----- = 0.052 < 1.000 ----> O.K.
- Mc_Rdy 152.65

=====

[[[*]]] CHECK BENDING MOMENT RESISTANCE ABOUT MINOR AXIS.

=====

- (). Calculate plastic resistance moment about minor axis.
[Eurocode3:05 6.1, 6.2.5]

-. $W_{plz} = 0.0002 \text{ m}^3$.
 -. $M_{c_Rdz} = W_{plz} * f_y / \Gamma_{M0} = 71.64 \text{ kN-m}$.

(). Check ratio of moment resistance (M_{Edz}/M_{c_Rdz}).

$M_{Edz} = 18.13$
 -. $\frac{M_{Edz}}{M_{c_Rdz}} = \frac{18.13}{71.64} = 0.253 < 1.000 \rightarrow \text{O.K.}$

 midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
 =====

=====
 [[[*]]] CHECK LATERAL-TORSIONAL BUCKLING RESISTANCE.
 =====

(). Calculate lateral-torsional buckling resistance (M_{b_Rd}).

[Eurocode3:05 6.1, 6.3.2]
 -. $P_{or} = 0.300$
 -. $G_s = E_s / [2 * (1 + P_{or})] = 80769230.769 \text{ KPa}$.
 -. $N_{cr} = \pi^2 * E_s * I_{zz} / L_u^2 = 2613.30 \text{ kN}$.
 -. $\psi = -0.000$
 -. $C_1 = 1.879$
 -. $M_{cr} = C_1 * N_{cr} * \text{SQRT} [(C_{wp}/I_{zz}) + (G_s * I_{xx})/N_{cr}] = 553.15 \text{ kN-m}$.

-. $\lambda_{LT_bar} = \text{SQRT} [W_{ply} * f_y / M_{cr}] = 0.525$
 -. $\lambda_{LT_bar0} = 0.400$

-. $\lambda_{LT_bar} = 0.525 > \lambda_{LT_bar0} = 0.400$
 -. $M_{Ed}/M_{cr} = 0.014 < \lambda_{LT_bar0}^2 = 0.160$
 If $\lambda_{LT_bar} < \lambda_{LT_bar0}$ or $M_{Ed}/M_{cr} < \lambda_{LT_bar0}^2$,
 No allowance for lateral-torsional buckling necessary.

=====
 [[[*]]] CHECK INTERACTION OF COMBINED RESISTANCE.
 =====

(). Calculate Major reduced design resistance of bending and shear.

[Eurocode3:05 6.2.8 (6.30)]
 -. In case of $V_{Edz} / V_{pl_Rdz} < 0.5$
 -. $M_{y_Rd} = M_{c_Rdy} = 152.65 \text{ kN-m}$.

(). Calculate Minor reduced design resistance of bending and shear.

[Eurocode3:05 6.2.8 (6.30)]
 -. In case of $V_{Edy} / V_{pl_Rdy} < 0.5$
 -. $M_{z_Rd} = M_{c_Rdz} = 71.64 \text{ kN-m}$.

(). Check general interaction ratio.

[Eurocode3:05 6.2.1 (6.2)] - Class1 or Class2

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{Edy}}{M_{y_Rd}} + \frac{M_{Edz}}{M_{z_Rd}}$$
 -. $R_{max1} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{Edy}}{M_{y_Rd}} + \frac{M_{Edz}}{M_{z_Rd}}$
 = $0.320 < 1.000 \rightarrow \text{O.K.}$

(). Check interaction ratio of bending and axial force member.

[Eurocode3:05 6.2.9 (6.31 ~ 6.41)] - Class1 or Class2
 -. $n = N_{Ed} / N_{pl_Rd} = 0.015$

- . a = MIN[(Area-2b*tf)/Area, 0.5] = 0.257
- . Alpha = 2.000
- . Beta = MAX[5*n, 1.0] = 1.000

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
=====

- . N_Ed < 0.25*Npl_Rd = 477.48 kN.
- . N_Ed < 0.5*hw*tw*fy/Gamma_M0 = 196.14 kN.
Therefore, No allowance for the effect of axial force.
- . Mny_Rd = Mply_Rd = 152.65 kN-m.
- . Rmaxy = M_Edy / Mny_Rd = 0.052 < 1.000 ---> O.K.

- . N_Ed < hw*tw*fy/Gamma_M0 = 603.50 kN.
Therefore, No allowance for the effect of axial force.
- . Mnz_Rd = Mplz_Rd = 71.64 kN-m.
- . Rmaxz = M_Edz / Mnz_Rd = 0.253 < 1.000 ---> O.K.

$$\begin{aligned}
 & [| M_{Edy} |^{(\text{Alpha})} + | M_{Edz} |^{(\text{Beta})}] \\
 \text{-. Rmax2} &= [| \text{-----} | + | \text{-----} |] \\
 & [| M_{ny_Rd} | \quad | M_{nz_Rd} |] \\
 &= 0.256 < 1.000 \text{ ---> O.K.}
 \end{aligned}$$

(). Check interaction ratio of bending and axial compression member.

[Eurocode3:05 6.3.1, 6.2.9.3 (6.61, 6.62), Annex A]

- . N_Ed = -28.95 kN.
- . M_Edy = -7.87 kN-m.
- . M_Edz = -18.13 kN-m.
- . kyy = 0.853
- . kyz = 0.613
- . kzy = 0.443
- . kzz = 0.907
- . Xiy = 1.000
- . Xiz = 1.000
- . XiLT = 1.000
- . N_Rk = A*fy = 1909.90 kN.
- . My_Rk = Wply*fy = 152.65 kN-m.
- . Mz_Rk = Wplz*fy = 71.64 kN-m.
- . N_Ed*eNy = 0.0 (Not Slender)
- . N_Ed*eNz = 0.0 (Not Slender)

$$\begin{aligned}
 \text{-. Rmax_LT1} &= \frac{N_{Ed}}{Xiy * N_{Rk} / \text{Gamma_M1}} + kyy * \frac{M_{Edy} + N_{Ed} * eNy}{XiLT * My_{Rk} / \text{Gamma_M1}} + kyz * \frac{M_{Edz} + N_{Ed} * eNz}{Mz_{Rk} / \text{Gamma_M1}} \\
 &= 0.214 < 1.000 \text{ ---> O.K.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{-. Rmax_LT2} &= \frac{N_{Ed}}{Xiz * N_{Rk} / \text{Gamma_M1}} + kzy * \frac{M_{Edy} + N_{Ed} * eNy}{XiLT * My_{Rk} / \text{Gamma_M1}} + kzz * \frac{M_{Edz} + N_{Ed} * eNz}{Mz_{Rk} / \text{Gamma_M1}} \\
 &= 0.268 < 1.000 \text{ ---> O.K.}
 \end{aligned}$$

- . Rmax = MAX[MAX(Rmax1, Rmax2), MAX(Rmax_LT1, Rmax_LT2)] = 0.320 < 1.000 ---> O.K.

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
=====


```

+=====+
|      HomePage : www.MidasUser.com      |
+=====+
| Gen 2021                                |
+=====+

```

*. DEFINITION OF LOAD COMBINATIONS WITH SCALING UP FACTORS.

LCB C Loadcase Name(Factor) + Loadcase Name(Factor) + Loadcase Name(Factor)

```

-----
1 1      Dead( 1.350) + Wind_UPLIFT( 1.500)
2 1      Dead( 1.350) + Wind_UPLIFT( 0.900)
3 1      Dead( 1.350) +Wind_DOWNFORCE( 1.500)
4 1      Dead( 1.350) +Wind_DOWNFORCE( 0.900)
5 1      Dead( 1.350) +Wind_DOWNFORCE( 1.500) + Termica+60( 0.900)
6 1      Dead( 1.350) +Wind_DOWNFORCE( 1.500) + Termica-60( 0.900)
7 1      Dead( 1.000) + Termica+60( 1.000)
8 1      Dead( 1.000) + Termica-60( 1.000)
10 2     Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 1.000)
11 2     Dead( 1.000) +Wind_DOWNFORCE( 1.000)
12 2     Dead( 1.000) +Wind_DOWNFORCE( 1.000) + Termica+60( 0.600)
13 2     Dead( 1.000) +Wind_DOWNFORCE( 1.000) + Termica-60( 0.600)
14 2     Dead( 1.000) +Wind_DOWNFORCE( 0.600) + Termica+60( 0.600)
15 2     Dead( 1.000) +Wind_DOWNFORCE( 0.600) + Termica-60( 0.600)
16 2     Dead( 1.000) +Wind_DOWNFORCE( 0.600) + Termica+60( 1.000)
17 2     Dead( 1.000) +Wind_DOWNFORCE( 0.600) + Termica-60( 1.000)
18 2     Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 1.000) + Termica+60( 0.600)
19 2     Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 1.000) + Termica-60( 0.600)
20 2     Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 0.600) + Termica+60( 0.600)
21 2     Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 0.600) + Termica-60( 0.600)
22 2     Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 0.600) + Termica+60( 1.000)
23 2     Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 0.600) + Termica-60( 1.000)
-----

```


- (). Determine classification of compression Internal Parts.
 [Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 1 of 3), EN 1993-1-5]
- . e = $\text{SQRT}(235/f_y) = 0.82$
 - . d/t = HTR = 46.57
 - . sigma1 = 265117.185 KPa.
 - . sigma2 = 125710.554 KPa.
 - . HTR > 42*e (Class 4 : Slender).

=====
 [[[*]]] CLASSIFY LEFT WEB OF SECTION (HTR).
 =====

- (). Determine classification of bending and compression Internal Parts.
 [Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 1 of 3), EN 1993-1-5]
- . e = $\text{SQRT}(235/f_y) = 0.82$
 - . d/t = HTR = 46.57
 - . sigma1 = 100841.005 KPa.
 - . sigma2 = -241951.799 KPa.
 - . Psi = $[2*(N_{sd}/A)*(1/f_y)]-1 = -1.056$
 - . Alpha = 0.529 > 0.5
 - . HTR < $396*e/(13*Alpha-1)$ (Class 1 : Plastic).

=====
 [[[*]]] CLASSIFY RIGHT WEB OF SECTION (HTR).
 =====

- (). Determine classification of bending and compression Internal Parts.
 [Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 1 of 3), EN 1993-1-5]
- . e = $\text{SQRT}(235/f_y) = 0.82$
 - . d/t = HTR = 46.57
 - . sigma1 = 222242.525 KPa.
 - . sigma2 = -120550.279 KPa.
 - . Psi = $[2*(N_{sd}/A)*(1/f_y)]-1 = -1.056$
 - . Alpha = 0.529 > 0.5
 - . HTR < $396*e/(13*Alpha-1)$ (Class 1 : Plastic).

=====
 [[[*]]] CALCULATE EFFECTIVE SECTION MODULUS ABOUT MAJOR AXIS.
 =====

- (). Calculate cross-section properties of top flange.
 [Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]
- . r = 0.007 m.
 - . bc = 0.163 m.
 - . beff = bc + r = 0.170 m.
 - . Aeff = beff * tf = 5.950e-004 m².
 - . yeff = beff/2 = 0.085 m.

- (). Calculate buckling factor of internal compression element.
 [Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1]

 midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05]

Gen 2021
 =====

- . In case of Psi = 1.0

- k_sigma = 4.0000

(). Calculate effective cross-section properties of bottom flange flange of Class 4 (Internal element).

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

- RatT = 46.5714

- Lambda_p = RatT / [28.4*Eps*SQRT(k_sigma)] = 1.0006

- Rho = MIN((Lambda_p-0.055*(3+psi)) / Lambda_p^2, 1.0) = 0.7797

- sigma_max = MAX(sigma1, sigma2) = 205268.507 KPa.

- sigma_min = MIN(sigma1, sigma2) = 205268.507 KPa.

- r = 0.007 m.

- bc = 0.163 m.

- beff = Rho*bc + r = 0.134 m.

- Aeff = beff * tf = 4.693e-004 m^2.

- yeff = beff/2 = 0.067 m.

(). Calculate cross-section properties of left web.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

- r = 0.000 m.

- Ar = 0.000 m^2.

- dc = 0.163 m.

- deff = dc + r = 0.163 m.

- Aeff = deff * tw + 4*Ar = 5.705e-004 m^2.

- zeff = (h+2*r) - deff/2 = 0.085 m.

(). Calculate cross-section properties of right web.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

- r = 0.000 m.

- Ar = 0.000 m^2.

- dc = 0.163 m.

- deff = dc + r = 0.163 m.

- Aeff = deff * tw + 4*Ar = 5.705e-004 m^2.

- zeff = (h+2*r) - deff/2 = 0.085 m.

=====
 [[[*]]] CALCULATE EFFECTIVE SECTION MODULUS ABOUT MINOR AXIS.
 =====

(). Calculate cross-section properties of top flange.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

- r = 0.007 m.

- bc = 0.163 m.

- beff = bc + r = 0.170 m.

- Aeff = beff * tf = 5.950e-004 m^2.

- yeff = beff/2 = 0.085 m.

(). Calculate buckling factor of internal compression element.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1]

- In case of Psi = -1.0

- k_sigma = 23.9000

 midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05]

Gen 2021
 =====

(). Calculate effective cross-section properties of bottom flange flange of Class 4 (Internal element).

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

-. RatT = 46.5714
 -. Lambda_p = RatT / [28.4*Eps*SQRT(k_sigma)] = 0.4094
 -. Rho = 1.0
 -. sigma_max = MAX(sigma1, sigma2) = 69703.315 KPa.
 -. sigma_min = MIN(sigma1, sigma2) = -69703.315 KPa.
 -. r = 0.007 m.
 -. bc = (b*sigma_max) / (sigma_max-sigma_min) = 0.082 m.
 -. beff = (b-bc) + Rho*bc + r = 0.170 m.
 -. Aeff = beff * tf = 5.950e-004 m^2.
 -. yeff = beff/2 = 0.085 m.

(). Calculate cross-section properties of left web.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

-. r = 0.000 m.
 -. Ar = 0.000 m^2.
 -. dc = 0.163 m.
 -. deff = dc + r = 0.163 m.
 -. Aeff = deff * tw + 4*Ar = 5.705e-004 m^2.
 -. zeff = (h+2*r) - deff/2 = 0.085 m.

(). Calculate cross-section properties of right web.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

-. r = 0.000 m.
 -. Ar = 0.000 m^2.
 -. dc = 0.163 m.
 -. deff = dc + r = 0.163 m.
 -. Aeff = deff * tw + 4*Ar = 5.705e-004 m^2.
 -. zeff = (h+2*r) - deff/2 = 0.085 m.

=====
 [[[*]]] EFFECTIVE SECTION PPOPERTIES.
 =====

(). Calculated effective cross-section properties of Class4 cross-section.

-. Aeff = 0.0023 m^2. (for calculating axial resistance)
 -. Aeffy = 0.0022 m^2.
 -. Weffy = 0.0001 m^3.
 -. Aeffz = 0.0023 m^2.
 -. Weffz = 0.0001 m^3.
 -. eNy = 0.0000 m.
 -. eNz = 0.0000 m.

=====
 [[[*]]] APPLIED FACTORS.
 =====

(). Calculate equivalent uniform moment factors (Cmy,Cmz,CmLT).

[Eurocode3:05 Annex A. Table A.1, A.2]

 midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
 =====

-. Cmy,0 = 0.864
 -. Cmz,0 = 1.000
 -. Cmy (Default or User Defined Value) = 1.000
 -. Cmz (Default or User Defined Value) = 1.000

(). Calculate plastic shear resistance in local-z direction (Vpl_Rdz).
 [Eurocode3:05 6.1, 6.2.6]
 -. $V_{pl_Rdz} = [A_{vz} \cdot f_y / \sqrt{3}] / \Gamma_{M0} = 240.47 \text{ kN}$.

(). Shear Buckling Check.
 [Eurocode3:05 6.2.6]
 -. $HTR < 72 \cdot e / \eta$ ---> No need to check!

(). Check ratio of shear resistance (V_Edz/Vpl_Rdz).
 (LCB = 6, POS = 1/2)
 -. Applied shear force : V_Edz = 15.05 kN.
 V_Edz 15.05
 -. ----- = ----- = 0.063 < 1.000 ---> O.K.
 Vpl_Rdz 240.47

=====
 [[[*]]] CHECK BENDING MOMENT RESISTANCE ABOUT MAJOR AXIS.
 =====

(). Calculate local buckling resistance moment about major axis.
 [Eurocode3:05 6.1, 6.2.5]
 -. $W_{effy} = 0.0001 \text{ m}^3$.
 -. $M_{c_Rdy} = W_{effy} \cdot f_y / \Gamma_{M0} = 38.43 \text{ kN-m}$.

(). Check ratio of moment resistance (M_Edy/Mc_Rdy).
 M_Edy 26.02
 -. ----- = ----- = 0.677 < 1.000 ---> O.K.
 Mc_Rdy 38.43

=====
 [[[*]]] CHECK BENDING MOMENT RESISTANCE ABOUT MINOR AXIS.
 =====

(). Calculate local buckling resistance moment about minor axis.
 [Eurocode3:05 6.1, 6.2.5]
 -. $W_{effz} = 0.0001 \text{ m}^3$.
 -. $M_{c_Rdz} = W_{effz} \cdot f_y / \Gamma_{M0} = 44.37 \text{ kN-m}$.

(). Check ratio of moment resistance (M_Edz/Mc_Rdz).
 M_Edz 8.84
 -. ----- = ----- = 0.199 < 1.000 ---> O.K.
 Mc_Rdz 44.37

 midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
 =====

=====
 [[[*]]] CHECK INTERACTION OF COMBINED RESISTANCE.
 =====

(). Calculate Major reduced design resistance of bending and shear.
 [Eurocode3:05 6.2.8 (6.30)]
 -. In case of $V_{Edz} / V_{pl_Rdz} < 0.5$
 -. $M_{y_Rd} = M_{c_Rdy} = 38.43 \text{ kN-m}$.

(). Calculate Minor reduced design resistance of bending and shear.

[Eurocode3:05 6.2.8 (6.30)]

-. In case of $V_{Ed} / V_{pl,Rd} < 0.5$

-. $M_{z,Rd} = M_{c,Rdz} = 44.37 \text{ kN-m}$.

(). Check interaction ratio of bending and axial force.

[Eurocode3:05 6.2.9.3 (6.44)] - Class4

$$R_{max1} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff} \cdot f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{Edy} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{Edz} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{z,Rd}}$$

= 0.904 < 1.000 ---> O.K.

-. $R_{max} = R_{max1} = 0.904 < 1.000$ ---> O.K.

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
=====

=====
[[[*]]] CHECK DEFLECTION.
=====

(). Compute Maximum Deflection.

-. LCB = 13

-. DAF = 1.000 (Deflection Amplification Factor).

-. Position = 4.124m From i-end(Node 198).

-. Def = -0.022 * DAF = -0.022m (Global Z)

-. Def_Lim = 0.066m

Def < Def_Lim ---> O.K !

1 1 Dead(1.350) + Wind_UPLIFT(1.500)
 2 1 Dead(1.350) + Wind_UPLIFT(0.900)
 3 1 Dead(1.350) +Wind_DOWNFORCE(1.500)
 4 1 Dead(1.350) +Wind_DOWNFORCE(0.900)
 5 1 Dead(1.350) +Wind_DOWNFORCE(1.500) + Termica+60(0.900)
 6 1 Dead(1.350) +Wind_DOWNFORCE(1.500) + Termica-60(0.900)
 7 1 Dead(1.000) + Termica+60(1.000)
 8 1 Dead(1.000) + Termica-60(1.000)
 10 2 Dead(1.000) + Wind_UPLIFT(1.000)
 11 2 Dead(1.000) +Wind_DOWNFORCE(1.000)
 12 2 Dead(1.000) +Wind_DOWNFORCE(1.000) + Termica+60(0.600)
 13 2 Dead(1.000) +Wind_DOWNFORCE(1.000) + Termica-60(0.600)
 14 2 Dead(1.000) +Wind_DOWNFORCE(0.600) + Termica+60(0.600)
 15 2 Dead(1.000) +Wind_DOWNFORCE(0.600) + Termica-60(0.600)
 16 2 Dead(1.000) +Wind_DOWNFORCE(0.600) + Termica+60(1.000)
 17 2 Dead(1.000) +Wind_DOWNFORCE(0.600) + Termica-60(1.000)
 18 2 Dead(1.000) + Wind_UPLIFT(1.000) + Termica+60(0.600)
 19 2 Dead(1.000) + Wind_UPLIFT(1.000) + Termica-60(0.600)
 20 2 Dead(1.000) + Wind_UPLIFT(0.600) + Termica+60(0.600)
 21 2 Dead(1.000) + Wind_UPLIFT(0.600) + Termica-60(0.600)
 22 2 Dead(1.000) + Wind_UPLIFT(0.600) + Termica+60(1.000)
 23 2 Dead(1.000) + Wind_UPLIFT(0.600) + Termica-60(1.000)

- (). Determine classification of compression Internal Parts.
 [Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 1 of 3), EN 1993-1-5]
- . e = $\text{SQRT}(235/f_y) = 0.82$
 - . d/t = HTR = 40.50
 - . sigma1 = 139414.916 KPa.
 - . sigma2 = 60452.727 KPa.
 - . HTR > 42*e (Class 4 : Slender).

=====
 [[[*]]] CLASSIFY LEFT WEB OF SECTION (HTR).
 =====

- (). Determine classification of bending and compression Internal Parts.
 [Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 1 of 3), EN 1993-1-5]
- . e = $\text{SQRT}(235/f_y) = 0.82$
 - . d/t = HTR = 40.50
 - . sigma1 = 48414.336 KPa.
 - . sigma2 = -116907.255 KPa.
 - . Psi = $[2*(N_{sd}/A)*(1/f_y)]-1 = -1.000$
 - . Alpha = 0.500 > 0.5
 - . HTR < $396*e/(13*Alpha-1)$ (Class 1 : Plastic).

=====
 [[[*]]] CLASSIFY RIGHT WEB OF SECTION (HTR).
 =====

- (). Determine classification of bending and compression Internal Parts.
 [Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 1 of 3), EN 1993-1-5]
- . e = $\text{SQRT}(235/f_y) = 0.82$
 - . d/t = HTR = 40.50
 - . sigma1 = 116977.976 KPa.
 - . sigma2 = -48343.614 KPa.
 - . Psi = $[2*(N_{sd}/A)*(1/f_y)]-1 = -1.000$
 - . Alpha = 0.500 > 0.5
 - . HTR < $396*e/(13*Alpha-1)$ (Class 1 : Plastic).

=====
 [[[*]]] CALCULATE EFFECTIVE AREA.
 =====

- (). Calculate cross-section properties of top flange.
 [Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]
- . r = 0.008 m.
 - . bc = 0.162 m.
 - . beff = bc + r = 0.170 m.
 - . Aeff = beff * tf = 6.800e-004 m².

- (). Calculate buckling factor of internal compression element.
 [Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1]
- . In case of Psi = 1.0
 - . k_sigma = 4.0000

(). Calculate effective cross-section properties of bottom flange flange of Class 4 (Internal element).

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

- . RatT = 40.5000
- . Lambda_p = $\text{RatT} / [28.4 * \text{Eps} * \text{SQRT}(k_sigma)] = 0.8702$
- . Rho = $\text{MIN} [(\text{Lambda}_p - 0.055 * (3 + \text{psi})) / \text{Lambda}_p^2, 1.0] = 0.8587$
- . sigma_max = $\text{MAX} (\text{sigma}_1, \text{sigma}_2) = 35.361 \text{ KPa.}$
- . sigma_min = $\text{MIN} (\text{sigma}_1, \text{sigma}_2) = 35.361 \text{ KPa.}$
- . r = 0.008 m.
- . bc = 0.162 m.
- . beff = $\text{Rho} * \text{bc} + r = 0.147 \text{ m.}$
- . Aeff = $\text{beff} * \text{tf} = 5.884e-004 \text{ m}^2.$
- . yeff = $\text{beff} / 2 = 0.074 \text{ m.}$

(). Calculate cross-section properties of left web.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

- . r = 0.000 m.
- . Ar = 0.000 m².
- . dc = 0.162 m.
- . deff = $\text{dc} + r = 0.162 \text{ m.}$
- . Aeff = $\text{deff} * \text{tw} + 4 * \text{Ar} = 6.480e-004 \text{ m}^2.$

(). Calculate cross-section properties of right web.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

- . r = 0.000 m.
- . Ar = 0.000 m².
- . dc = 0.162 m.
- . deff = $\text{dc} + r = 0.162 \text{ m.}$
- . Aeff = $\text{deff} * \text{tw} + 4 * \text{Ar} = 6.480e-004 \text{ m}^2.$

=====
 [[[*]]] CALCULATE EFFECTIVE SECTION MODULUS ABOUT MAJOR AXIS.
 =====

(). Calculate cross-section properties of top flange.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

- . r = 0.008 m.
- . bc = 0.162 m.
- . beff = $\text{bc} + r = 0.170 \text{ m.}$
- . Aeff = $\text{beff} * \text{tf} = 6.800e-004 \text{ m}^2.$
- . yeff = $\text{beff} / 2 = 0.085 \text{ m.}$

(). Calculate buckling factor of internal compression element.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1]

- . In case of Psi = 1.0
- . k_sigma = 4.0000

(). Calculate effective cross-section properties of bottom flange flange of Class 4 (Internal element).

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

- . RatT = 40.5000
- . Lambda_p = $\text{RatT} / [28.4 * \text{Eps} * \text{SQRT}(k_sigma)] = 0.8702$
- . Rho = $\text{MIN} [(\text{Lambda}_p - 0.055 * (3 + \text{psi})) / \text{Lambda}_p^2, 1.0] = 0.8587$

 midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021

- . sigma_max = $\text{MAX} (\text{sigma}_1, \text{sigma}_2) = 99898.461 \text{ KPa.}$

-. $\sigma_{min} = \text{MIN}(\sigma_1, \sigma_2) = 99898.461 \text{ KPa}$.
 -. $r = 0.008 \text{ m}$.
 -. $bc = 0.162 \text{ m}$.
 -. $beff = \rho \cdot bc + r = 0.147 \text{ m}$.
 -. $A_{eff} = beff \cdot t_f = 5.884e-004 \text{ m}^2$.
 -. $yeff = beff/2 = 0.074 \text{ m}$.

(). Calculate cross-section properties of left web.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

-. $r = 0.000 \text{ m}$.
 -. $A_r = 0.000 \text{ m}^2$.
 -. $dc = 0.162 \text{ m}$.
 -. $deff = dc + r = 0.162 \text{ m}$.
 -. $A_{eff} = deff \cdot t_w + 4 \cdot A_r = 6.480e-004 \text{ m}^2$.
 -. $zeff = (h+2 \cdot r) - deff/2 = 0.085 \text{ m}$.

(). Calculate cross-section properties of right web.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

-. $r = 0.000 \text{ m}$.
 -. $A_r = 0.000 \text{ m}^2$.
 -. $dc = 0.162 \text{ m}$.
 -. $deff = dc + r = 0.162 \text{ m}$.
 -. $A_{eff} = deff \cdot t_w + 4 \cdot A_r = 6.480e-004 \text{ m}^2$.
 -. $zeff = (h+2 \cdot r) - deff/2 = 0.085 \text{ m}$.

=====
 [[[*]]] CALCULATE EFFECTIVE SECTION MODULUS ABOUT MINOR AXIS.
 =====

(). Calculate cross-section properties of top flange.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

-. $r = 0.008 \text{ m}$.
 -. $bc = 0.162 \text{ m}$.
 -. $beff = bc + r = 0.170 \text{ m}$.
 -. $A_{eff} = beff \cdot t_f = 6.800e-004 \text{ m}^2$.
 -. $yeff = beff/2 = 0.085 \text{ m}$.

(). Calculate buckling factor of internal compression element.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1]

-. In case of $\Psi = -1.0$
 -. $k_{\sigma} = 23.9000$

(). Calculate effective cross-section properties of bottom flange flange of Class 4 (Internal element).

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

-. $R_{atT} = 40.5000$
 -. $\lambda_p = R_{atT} / [28.4 \cdot \epsilon \cdot \sqrt{k_{\sigma}}] = 0.3560$
 -. $\rho = 1.0$

 midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05]

Gen 2021
 =====

-. $\sigma_{max} = \text{MAX}(\sigma_1, \sigma_2) = 39481.094 \text{ KPa}$.
 -. $\sigma_{min} = \text{MIN}(\sigma_1, \sigma_2) = -39481.094 \text{ KPa}$.
 -. $r = 0.008 \text{ m}$.
 -. $bc = (b \cdot \sigma_{max}) / (\sigma_{max} - \sigma_{min}) = 0.081 \text{ m}$.
 -. $beff = (b - bc) + \rho \cdot bc + r = 0.170 \text{ m}$.

- . Aeff = beff * tf = 6.800e-004 m².
 - . yeff = beff/2 = 0.085 m.

(). Calculate cross-section properties of left web.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

- . r = 0.000 m.
 - . Ar = 0.000 m².
 - . dc = 0.162 m.
 - . deff = dc + r = 0.162 m.
 - . Aeff = deff * tw + 4*Ar = 6.480e-004 m².
 - . zeff = (h+2*r) - deff/2 = 0.085 m.

(). Calculate cross-section properties of right web.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

- . r = 0.000 m.
 - . Ar = 0.000 m².
 - . dc = 0.162 m.
 - . deff = dc + r = 0.162 m.
 - . Aeff = deff * tw + 4*Ar = 6.480e-004 m².
 - . zeff = (h+2*r) - deff/2 = 0.085 m.

=====

[[[*]]] EFFECTIVE SECTION PPROPERTIES.

=====

(). Calculated effective cross-section properties of Class4 cross-section.

- . Aeff = 0.0026 m². (for calculating axial resistance)
 - . Aeffy = 0.0026 m².
 - . Weffy = 0.0001 m³.
 - . Aeffz = 0.0027 m².
 - . Weffz = 0.0001 m³.
 - . eNy = 0.0030 m.
 - . eNz = 0.0026 m.

=====

[[[*]]] APPLIED FACTORS.

=====

(). Calculate equivalent uniform moment factors (Cmy,Cmz,CmLT).

[Eurocode3:05 Annex A. Table A.1, A.2]

- . Cmy,0 = 1.000
 - . Cmz,0 = 1.000
 - . Cmy (Default or User Defined Value) = 1.000
 - . Cmz (Default or User Defined Value) = 1.000
 - . CmLT (Default or User Defined Value) = 1.000

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05]

Gen 2021

=====

(). Partial Factors (Gamma_Mi).

[Eurocode3:05 6.1]

- . Gamma_M0 = 1.00
 - . Gamma_M1 = 1.00
 - . Gamma_M2 = 1.25

=====

[Eurocode3:05 6.1, 6.2.6]
 -. $V_{pl_Rdz} = [A_{vz} \cdot f_y / \sqrt{3}] / \Gamma_{M0} = 274.82 \text{ kN.}$

(). Shear Buckling Check.
 [Eurocode3:05 6.2.6]
 -. $HTR < 72 \cdot e / \eta \rightarrow$ No need to check!

(). Check ratio of shear resistance (V_{Edz} / V_{pl_Rdz}).
 (LCB = 6, POS = 1)
 -. Applied shear force : $V_{Edz} = 12.13 \text{ kN.}$

$$\frac{V_{Edz}}{V_{pl_Rdz}} = \frac{12.13}{274.82} = 0.044 < 1.000 \rightarrow \text{O.K.}$$

=====
 [[[*]]] CHECK BENDING MOMENT RESISTANCE ABOUT MAJOR AXIS.
 =====

(). Calculate local buckling resistance moment about major axis.
 [Eurocode3:05 6.1, 6.2.5]
 -. $W_{effy} = 0.0001 \text{ m}^3.$
 -. $M_{c_Rdy} = W_{effy} \cdot f_y / \Gamma_{M0} = 45.96 \text{ kN-m.}$

(). Check ratio of moment resistance (M_{Edy} / M_{c_Rdy}).

$$\frac{M_{Edy}}{M_{c_Rdy}} = \frac{14.34}{45.96} = 0.312 < 1.000 \rightarrow \text{O.K.}$$

=====
 [[[*]]] CHECK BENDING MOMENT RESISTANCE ABOUT MINOR AXIS.
 =====

(). Calculate local buckling resistance moment about minor axis.
 [Eurocode3:05 6.1, 6.2.5]
 -. $W_{effz} = 0.0001 \text{ m}^3.$
 -. $M_{c_Rdz} = W_{effz} \cdot f_y / \Gamma_{M0} = 50.26 \text{ kN-m.}$

(). Check ratio of moment resistance (M_{Edz} / M_{c_Rdz}).

$$\frac{M_{Edz}}{M_{c_Rdz}} = \frac{5.67}{50.26} = 0.113 < 1.000 \rightarrow \text{O.K.}$$

 midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
 =====

=====
 [[[*]]] CHECK INTERACTION OF COMBINED RESISTANCE.
 =====

(). Calculate Major reduced design resistance of bending and shear.
 [Eurocode3:05 6.2.8 (6.30)]
 -. In case of $V_{Edz} / V_{pl_Rdz} < 0.5$
 -. $M_{y_Rd} = M_{c_Rdy} = 45.96 \text{ kN-m.}$

(). Calculate Minor reduced design resistance of bending and shear.
 [Eurocode3:05 6.2.8 (6.30)]

- In case of $V_{Edy} / V_{pl_Rdy} < 0.5$
- $Mz_Rd = Mc_Rdz = 50.26 \text{ kN-m.}$

(). Check interaction ratio of bending and axial force.

[Eurocode3:05 6.2.9.3 (6.44)] - Class4

$$R_{max1} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff} \cdot f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{Edy} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{y_Rd}} + \frac{M_{Edz} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{z_Rd}}$$

= 0.425 < 1.000 ---> O.K.

(). Check interaction ratio of bending and axial compression member.

[Eurocode3:05 6.3.1, 6.2.9.3 (6.61, 6.62), Annex A]

- $N_{Ed} = -0.09 \text{ kN.}$
- $M_{Edy} = -14.34 \text{ kN-m.}$
- $M_{Edz} = 5.67 \text{ kN-m.}$
- $k_{yy} = 1.000$
- $k_{yz} = 1.000$
- $k_{zy} = 1.000$
- $k_{zz} = 1.000$
- $X_{iy} = 1.000$
- $X_{iz} = 1.000$
- $X_{iLT} = 1.000$
- $A_{eff} = 0.0026 \text{ m}^2.$
- $W_{effy} = 0.0001 \text{ m}^3.$
- $W_{effz} = 0.0001 \text{ m}^3.$
- $e_{Ny} = 0.0026 \text{ m.}$
- $e_{Nz} = 0.0030 \text{ m.}$
- $N_{Rk} = A_{eff} \cdot f_y = 897.54 \text{ kN.}$
- $M_{y_Rk} = W_{effy} \cdot f_y = 45.96 \text{ kN-m.}$
- $M_{z_Rk} = W_{effz} \cdot f_y = 50.26 \text{ kN-m.}$
- $N_{Ed} \cdot e_{Ny} = 2.78e-004 \text{ kN-m.}$
- $N_{Ed} \cdot e_{Nz} = 2.47e-004 \text{ kN-m.}$

$$R_{max_LT1} = \frac{N_{Ed}}{X_{iy} \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Edy} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{X_{iLT} \cdot M_{y_Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{Edz} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{z_Rk} / \gamma_{M1}}$$

= 0.425 < 1.000 ---> O.K.

$$R_{max_LT2} = \frac{N_{Ed}}{X_{iz} \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Edy} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{X_{iLT} \cdot M_{y_Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{Edz} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{z_Rk} / \gamma_{M1}}$$

= 0.425 < 1.000 ---> O.K.

- $R_{max} = \text{MAX}[R_{max1}, \text{MAX}(R_{max_LT1}, R_{max_LT2})] = 0.425 < 1.000 \text{ ---> O.K.}$

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
=====

=====
[[[*]]] CHECK DEFLECTION.
=====

(). Compute Maximum Deflection.

- $LCB = 16$
- $DAF = 1.000$ (Deflection Amplification Factor).
- Position = 4.238m From i-end(Node 44).
- $Def = 0.034 \cdot DAF = 0.034 \text{ m}$ (Global Z)
- $Def_Lim = 0.073 \text{ m}$
- $Def < Def_Lim \text{ ---> O.K!}$

7.5. VERIFICHE SLS

Come fatto per le verifiche in ULS, anche in questo caso si procederà con eseguire le verifiche nei confronti del SLS in condizioni di Work-position 20°.

Al fine di valutare la deflessione massima ammissibile per la struttura in oggetto si definisce un limite massimo di:

$$\frac{L}{150}$$

Avendo assunto una lunghezza del supporto pari a L=1660 mm allora:

$$\frac{L}{150} = \frac{1660}{150} = 11.1mm$$

Si procederà ora ad illustrare la verifica effettuata per lo SLS.

7.5.1. WORK POSITION : 20°

Nel seguente paragrafo viene riportata la verifica a deformabilità valutata sulla freccia massima dell'elemento più significativo della struttura in esame.



CALCOLO STRUTTURE LOTTO 2

8. DESCRIZIONE STRUTTURA

L'impianto fotovoltaico è formato da *trackers* disposti in file parallele le cui strutture portanti sono costituite da elementi in acciaio di varie dimensioni come si descriverà meglio in seguito.

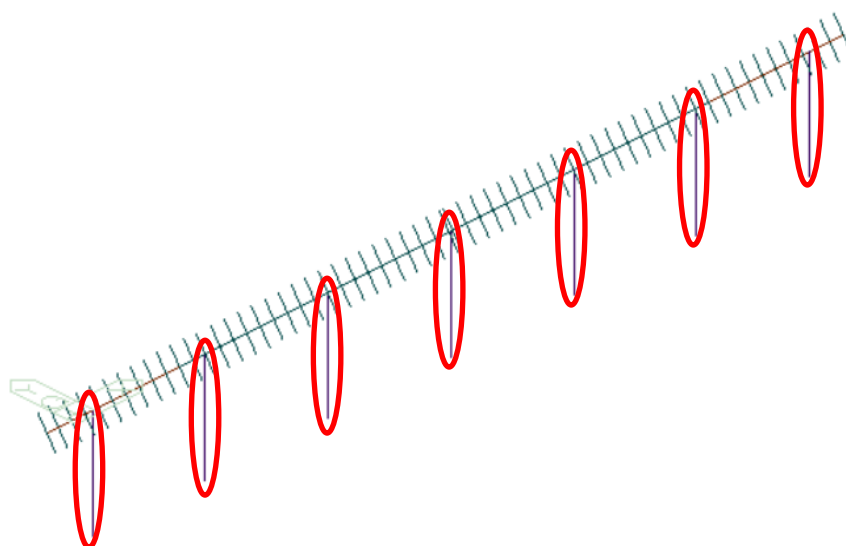
Come si evince dagli elaborati forniti, la struttura in oggetto è costituita da un tracker con motore da n. 7 montanti. Su ogni tracker sono disposti due tipologie di traversi (torque tube), sui quali poggiano n. 61 elementi di supporto ai pannelli, per ogni tracker.

Le dimensioni e gli interassi degli elementi formanti la struttura sono indicati nell'elaborato progettuale, nel quale sono riportati anche i profili adottati.

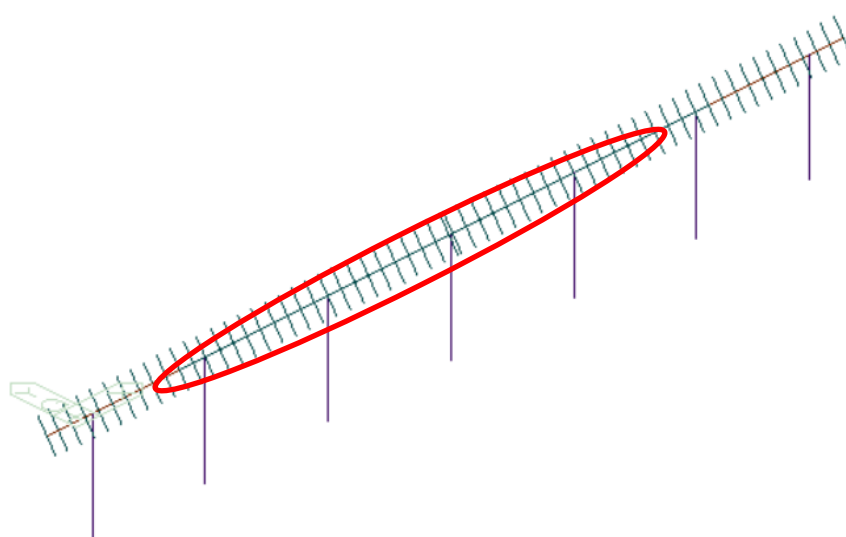
In particolare si hanno:

- n. 7 supporti HEA300 di lunghezza 4500 mm;
- n. 1 "torque tube" 170x170x4 avente luce di 11086 mm;
- n. 1 "torque tube" 170x170x4 avente luce di 10916 mm;
- n. 3 "torque tube" 170x170x3.5 aventi luce di 9972 mm;
- n. 1 "torque tube" 170x170x3.5 avente luce di 11080 mm;
- n. 1 "torque tube" 170x170x3.5 avente luce di 2516 mm;
- n. 61 elementi di supporto OMEGA 90x30/10x2 di lunghezza 2700 mm;

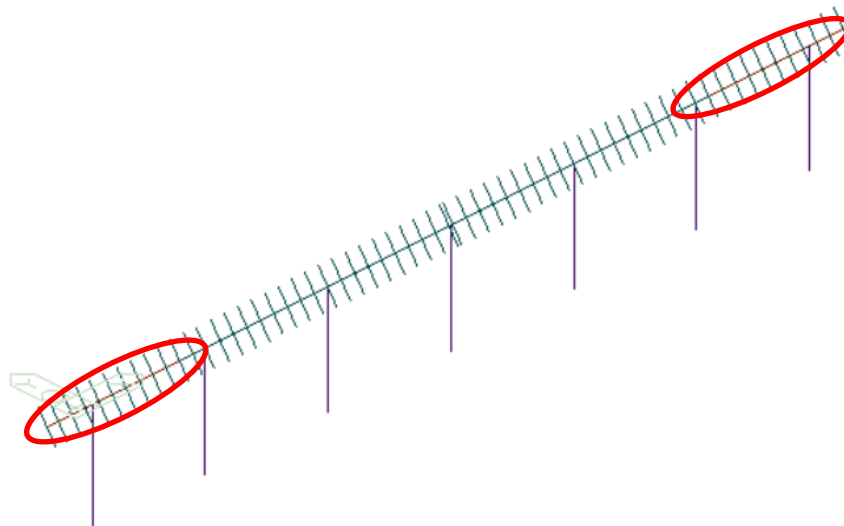
SUPPORTI HEA300



TORQUE TUBE 170X170X3.5



TORQUE TUBE 170X170X4



9. MATERIALI

Il materiale adottato è l'acciaio per carpenterie metalliche in diverse classi. In particolare è stato considerato S355JR EN 10025-2 per i montanti, traversi e supporti.

10. ANALISI DEI CARICHI

Per le strutture a sostegno di pannelli fotovoltaici i carichi da prendere in considerazione ai fini della progettazione sono:

- G1 Peso proprio della struttura portante;
- G2 Peso moduli TOPBiHiKu7
- T Temperatura
- W Vento

10.1. PESO PROPRIO

Il peso proprio della struttura è stato calcolato considerando una densità γ dell'acciaio pari a 76,98 kN/m³ moltiplicata per le dimensioni geometriche degli elementi.

10.2. PESO MODULI

Il carico dovuto al peso dei moduli fotovoltaici è stato dedotto dalla relazione ed è pari a 37.8 kg. Considerando un'incidenza pari a 0,378 kN per modulo rapportata ad una superficie pari a 2.1mq:

- Superficie pannello = 2.38 x 1.3 = 3.1 mq

$$q_{\text{pannello}} = 0.378/3.1 = 0.12 \text{ kN/mq}$$

10.3. CARICO DEL VENTO

Per valutare l'incidenza del vento sono stati considerati due casi:

3) $V_r = 28 \text{ m/s}$

- Stow position 0°: $q_p = 740.7 \text{ Pa}$
- Work position 55°: $q_p = 250 \text{ Pa}$

4) $V_r = 27 \text{ m/s}$

- Stow position 0°: $q_p = 688 \text{ Pa}$

- Work position 55°: $q_p = 250 \text{ Pa}$

I valori di q_p sono stati calcolati secondo la formulazione da EUROCODICE.

Ottenuta la pressione dinamica del vento sulla struttura si può calcolare la pressione finale:

$$p = q_z C_p C_e C_d$$

$C_e=1$: coefficienti di esposizione

$C_d=1$: coefficienti dinamico

C_p : coefficiente di pressione che varia a seconda del grado di inclinazione dei moduli e della direzione del vento

11. CLASSIFICAZIONE DELLE SEZIONI IN ACCIAIO

Per quanto riguarda lo studio delle sezioni si è tenuto conto di quanto descritto nella normativa europea EN 1993-1-4 paragrafo 5.5 che definisce il ruolo della classificazione delle sezioni trasversali come la modalità di “identificare la misura in cui la resistenza e la capacità di rotazione della sezione trasversale sono limitate dalla propria resistenza alla deformazione locale”.

Le sezioni vengono classificate in 4 classi in base al loro grado di generare una cerniera plastica con capacità di rotazione:

5. *Classe 1*: sezioni in grado di generare una cerniera plastica con grande capacità di rotazione
6. *Classe 2*: sezioni in grado di generare una cerniera plastica con limitate capacità di rotazione
7. *Classe 3*: sezioni nelle quali flange ed anime arrivano a snervarsi, ma i fenomeni di instabilità locale si innescano praticamente subito dopo lo snervamento, cosicché non è possibile generare una cerniera plastica;
8. *Classe 4*: sezioni nelle quali si hanno fenomeni di instabilità locale già in fase elastica, prima del raggiungimento dello snervamento in qualsiasi punto della sezione stessa.

Per valutare questa capacità ad instabilizzarsi si valuta il rapporto lunghezza/spessore di tutte le parti costituenti: flange ed anime.

Il rapporto da verificare è:

$$c/t \leq n \times \varepsilon$$

con:

c = per la flangia, è la parte che si estende da un estremo libero all’incastro nell’anima (al netto dei raccordi o delle saldature) per l’anima, la lunghezza tra una flangia ed un’altra

t = lo spessore dell’elemento

n = il numero che varia con la classe alla quale la diseguglianza si applica

ε = dipende dal materiale con

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y \left[\frac{N}{mm^2} \right]}}$$

In base al tipo di sollecitazione cui sono sottoposti gli elementi possono essere classificati in modalità differenti secondo quanto previsto dalla tabella 5.2 dell’EC3, ovvero se sottoposti a:

4. Flessione semplice
5. Compressione semplice
6. Pressoflessione

La classificazione ha risvolti importanti ai fini della definizione dei parametri geometrici da considerare nella verifica di resistenza della sezione; infatti in funzione della classificazione e quindi alla predisposizione alla instabilità locale si adotteranno moduli di resistenza, W , differenti (vedi fig. 6.2 EN 1993 1-3:2007):

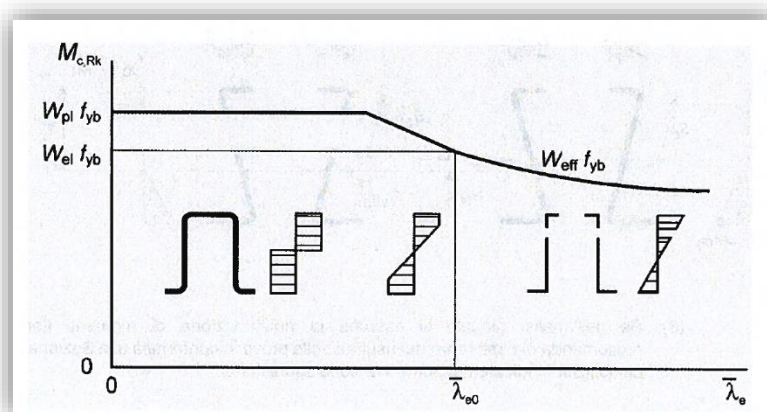


Figura 5.1: EN 1993 1.3 -2007: momento resistente funzione della snellezza

EN 1993-1-1: 2005 (E)

Table 5.2 (sheet 1 of 3): Maximum width-to-thickness ratios for compression parts

Internal compression parts						
				Axis of bending		
				Axis of bending		
Class	Part subject to bending	Part subject to compression	Part subject to bending and compression			
1						
	$c/t \leq 72\varepsilon$	$c/t \leq 33\varepsilon$	when $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{396\varepsilon}{13\alpha - 1}$ when $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{36\varepsilon}{\alpha}$			
2	$c/t \leq 83\varepsilon$	$c/t \leq 38\varepsilon$	when $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{456\varepsilon}{13\alpha - 1}$ when $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{41,5\varepsilon}{\alpha}$			
3						
	$c/t \leq 124\varepsilon$	$c/t \leq 42\varepsilon$	when $\psi > -1$: $c/t \leq \frac{42\varepsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ when $\psi \leq -1^*)$: $c/t \leq 62\varepsilon(1 - \psi)\sqrt{-\psi}$			
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

*) $\psi \leq -1$ applies where either the compression stress $\sigma \leq f_y$ or the tensile strain $\varepsilon_y > f_y/E$

Figura 5.2: EN 1993 1.1 -2005: rapporti massimi larghezza –spessore per elementi compressi – parte 1

EN 1993-1-1: 2005 (E)

Table 5.2 (sheet 3 of 3): Maximum width-to-thickness ratios for compression parts

<p>Refer also to "Outstand flanges" (see sheet 2 of 3)</p> <p style="text-align: center;">Angles</p> <p style="text-align: right;">Does not apply to angles in continuous contact with other components</p>						
Class	Section in compression					
Stress distribution across section (compression positive)						
3	$h/t \leq 15\epsilon$; $\frac{b+h}{2t} \leq 11,5\epsilon$					
<p>Tubular sections</p>						
Class	Section in bending and/or compression					
1	$d/t \leq 50\epsilon^2$					
2	$d/t \leq 70\epsilon^2$					
3	$d/t \leq 90\epsilon^2$					
NOTE For $d/t > 90\epsilon^2$ see EN 1993-1-6.						
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	ϵ^2	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51

Figura 5.3: EN 1993 1.1 -2005: rapporti massimi larghezza –spessore per elementi compressi – parte 2

EN 1993-1-1: 2005 (E)

Table 5.2 (sheet 3 of 3): Maximum width-to-thickness ratios for compression parts

<p>Refer also to "Outstand flanges" (see sheet 2 of 3)</p> <p style="text-align: center;">Angles</p> <p style="text-align: right;">Does not apply to angles in continuous contact with other components</p>						
Class	Section in compression					
Stress distribution across section (compression positive)						
3	$h/t \leq 15\epsilon$; $\frac{b+h}{2t} \leq 11,5\epsilon$					
Tubular sections						
Class	Section in bending and/or compression					
1	$d/t \leq 50\epsilon^2$					
2	$d/t \leq 70\epsilon^2$					
3	$d/t \leq 90\epsilon^2$					
NOTE For $d/t > 90\epsilon^2$ see EN 1993-1-6.						
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	ϵ^2	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51

Figura 5.4: EN 1993 1.1 -2005: rapporti massimi larghezza –spessore per elementi compressi – parte 3

Nel caso la classificazione della sezione sia di **classe 4**, cioè tutte le volte che non si rientra nella classe 3, si considera che già dal campo elastico si ha una instabilità locale che porta ad avere delle aree della sezione stessa che non collaboreranno alla resistenza (mancanti) e quindi si dovranno prendere in considerazione dei valori meccanici ridotti rispetto a quello elastici cioè dei *valori efficaci*: A_{eff} e W_{eff} .

$$A_{eff} = \rho A_c$$

con:

ρ : fattore di riduzione calcolato in modo differente se gli elementi compressi sono anime o semifrang

(2) The reduction factor ρ may be taken as follows:

- internal compression elements:

$$\rho = 1,0 \quad \text{for } \bar{\lambda}_p \leq 0,673$$

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0 \quad \text{for } \bar{\lambda}_p > 0,673, \text{ where } (3 + \psi) \geq 0 \quad (4.2)$$

- outstand compression elements:

$$\rho = 1,0 \quad \text{for } \bar{\lambda}_p \leq 0,748$$

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0 \quad \text{for } \bar{\lambda}_p > 0,748 \quad (4.3)$$

$$\text{where } \bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{\bar{b}/t}{28,4 \varepsilon \sqrt{k_\sigma}}$$

ψ is the stress ratio determined in accordance with 4.4(3) and 4.4(4)

\bar{b} is the appropriate width to be taken as follows (for definitions, see Table 5.2 of EN 1993-1-1)

b_w for webs;

b for internal flange elements (except RHS);

$b - 3t$ for flanges of RHS;

c for outstand flanges;

h for equal-leg angles;

h for unequal-leg angles;

k_σ is the buckling factor corresponding to the stress ratio ψ and boundary conditions. For long plates k_σ is given in Table 4.1 or Table 4.2 as appropriate;

t is the thickness;

σ_{cr} is the elastic critical plate buckling stress see equation (A.1) in Annex A.1(2) and Table 4.1 and Table 4.2;

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y [N/mm^2]}}$$

Figura 5.5: EN 1993 1.5 -2006: calcolo fattore riduttivo ρ

Allo stesso modo, oltre ad avere un'area efficace si avrà anche un modulo elastico efficace W_{eff} con il quale si dovranno condurre le verifiche di resistenza.

Nelle relazioni precedenti sono presenti due coefficienti particolari:

ψ : è il rapporto delle tensioni nel tratto di ala considerato
 k_σ : fattore di buckling, funzione di ψ

Questi due fattori tengono conto dello stato tensionale cui è assoggettata la sezione di acciaio e quindi introducono un elemento variabile nel calcolo che provoca una complicazione importante, per il seguente motivo.

Quando una sezione viene classificata in classe 4 viene considerata che una parte della stessa non sia più collaborante e quindi si vengono a calcolare dei nuovi valori efficaci di area e modulo di resistenza, ma si avrà anche una nuova posizione del baricentro della sezione con la quale si conducono i nuovi calcoli di W_{eff} .

Il fatto che la y_g sia cambiata porta di conseguenza a non poter più ritenere il calcolo di W_{eff} appena eseguito corretto in quanto è stato condotto con una distribuzione tensionale sulla sezione che non è più quella visto che l'asse neutro ha cambiato posizione.

Da qui nasce la necessità di ricalcolare il modulo ψ e di nuovo tutte le altre grandezze efficaci, quindi nasce un processo iterativo che terminerà solo alla convergenza delle successive iterazioni.

11.1. CLASSIFICAZIONE DELLE SEZIONI DI PROGETTO

In accordo con quanto richiesto dalla Committenza, la classificazione delle sezioni in acciaio che compongono la struttura in esame è stata effettuata secondo quanto dettato dalla normativa europea.

- **TRAVERSO 170x170x3.5mm**

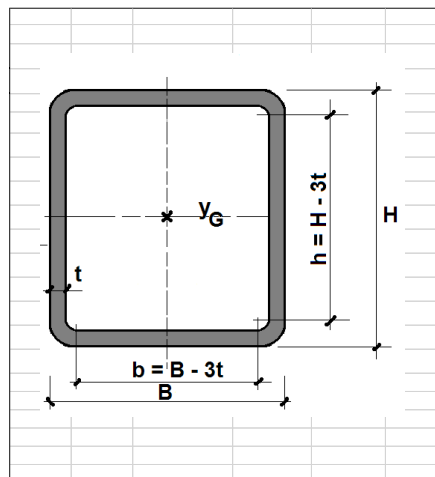


Figura 5.1.2 – Schema scatolare

Asta: **TUBO 170x170x3.5**

Dati d'input:

A=	23.0	cm ²	NORMA:	2	
J _y =	1'055.0	cm ⁴	1 :	UNI 10210-2 (finiti a caldo)	
J _z =	1'055.0	cm ⁴	2 :	UNI 10219-2 (formati a (a freddo)	
W _{el,y} =	124.1	cm ³	Iterazioni?	SI	
W _{pl,y} =	142.9	cm ³	f _y =	355	N/mm ²
W _{el,z} =	124.1	cm ³	E=	210'000	N/mm ²
W _{pl,z} =	142.9	cm ³	G=	80'770	N/mm ²
I _t =	1'635.8	cm ⁴	i _y =	6.8	cm
C _t =	186.3	cm ³	i _z =	6.8	cm
H=	170.0	mm	$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0.814$		
B=	170.0	mm			
t=	3.5	mm			
h=	159.5	mm			
b=	159.5	mm			

Classe del profilo			N _{max} per la classe		
Compr.	Fless. Y	Fless. Z	Cl. 1	Cl. 2	Cl. 3
			[kN]	[kN]	[kN]
4	4	4	-	-	-

Valori efficaci per fless. Y		
W _{y,eff}	I _{y,eff}	A _{y,eff}
[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ²]
-	-	-

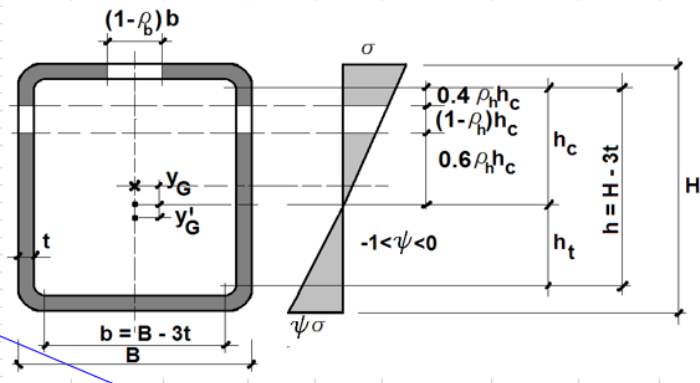
Spostam. Baricentro	
Fless. Y	Fless. Z
[mm]	[mm]
4.3	0.0

Val. efficaci per compressione		
A _{eff}	I _{y,eff}	I _{z,eff}
[cm ²]	[cm ⁴]	[cm ⁴]
18.3	888.6	888.6

Valori efficaci per fless. Z		
W _{z,eff}	I _{z,eff}	A _{z,eff}
[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ²]
-	-	-

Verifica a flessione semplice attorno all'asse di maggiore inerzia:

2A) Lato B compresso	$b/t =$	45.6	Classe:	4
$\rho_b = 1$	per	$\bar{\lambda}_{pb} \leq 0.673$		
$\rho_b = (\bar{\lambda}_{pb} - 0.22) / \bar{\lambda}_{pb} \leq 1$	per	$\bar{\lambda}_{pb} > 0.673$		
$k_{\sigma} = 4$	($\psi=1$, cfr. [6] Tab. 4.1)			
$\bar{\lambda}_{pb} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{b/t}{28.4 \epsilon \sqrt{k_{\sigma}}} =$		0.986		
$\rho_b = (\bar{\lambda}_{pb} - 0.188) / \bar{\lambda}_{pb} =$		0.788		
$y_G = \frac{[(1-\rho_b)bt] \left(\frac{H}{2} - \frac{t}{2} \right)}{A - (1-\rho_b)bt} =$		4.52 mm +		
$\psi = -\frac{H/2 - y_G}{H/2 + y_G} =$		-0.89		



2B) Lati H inflessi	$h/t =$	45.6	Classe:	1
$h_c = \frac{h + y_G}{2} =$		72.7 mm		
$\rho_h = 1$	per	$\bar{\lambda}_{ph} \leq 0.673$		
$\rho_h = [\bar{\lambda}_{ph} - 0.055(3 + \psi)] / \bar{\lambda}_{ph} \leq 1$	per	$\bar{\lambda}_{ph} > 0.673$		
$k_{\sigma} = 7.81 - 6.29\psi + 9.78\psi^2 =$		21.2		
$\bar{\lambda}_{ph} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{h/t}{28.4 \epsilon \sqrt{k_{\sigma}}} =$		0.442		
$\rho_h = [\bar{\lambda}_{ph} - 0.055(3 + \psi)] / \bar{\lambda}_{ph} =$		1.000		

ITERAZIONE AUTOMATICA: il valore di y'_G viene sommato a y_G fino a convergenza

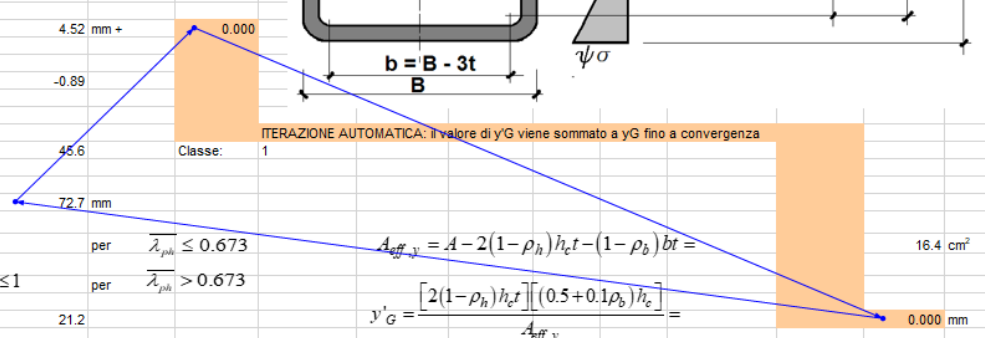
$A_{eff,y} = A - 2(1-\rho_h)h_c t - (1-\rho_b)bt =$ 16.4 cm²

$y'_G = \frac{[2(1-\rho_h)h_c t] [(0.5 + 0.1\rho_b)h_c]}{A_{eff,y}} =$ 0.000 mm

$I_{eff,y} = I_y - \frac{1}{12}t[2(1-\rho_h)h_c]^3 - [2(1-\rho_h)h_c t] [(0.5 + 0.1\rho_b)h_c - y_G]^2 +$
 $-\frac{1}{12}(1-\rho_b)bt^3 - (1-\rho_b)bt \left(\frac{H}{2} - \frac{t}{2} \right)^2 - A_{eff,y} (y_G + y'_G)^2 =$ 567.2 cm⁴

$W_{eff,y} = \frac{I_{eff,y}}{\frac{H}{2} + y_G + y'_G} =$ 71.5 cm³

Wy = 107.7 cm³



- **TRAVERSO 170x170x4mm**

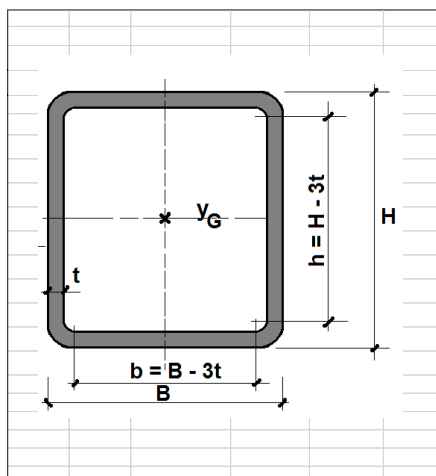


Figura 5.1.3 – Schema scatolare

Asta: **TUBO 170x170x4**

Dati d'input:

A=	26.1	cm ²	NORMA:	2
J _y =	1'191.3	cm ⁴	1 :	UNI 10210-2 (finiti a caldo)
J _z =	1'191.3	cm ⁴	2 :	UNI 10219-2 (formati a (a freddo)
W _{el,y} =	140.2	cm ³	Iterazioni?	SI
W _{pl,y} =	161.9	cm ³	f _y =	355 N/mm ²
W _{el,z} =	140.2	cm ³	E=	210'000 N/mm ²
W _{pl,z} =	161.9	cm ³	G=	80'770 N/mm ²
I _t =	1'855.8	cm ⁴	i _y =	6.7 cm
C _t =	210.4	cm ³	i _z =	6.7 cm
H=	170.0	mm	$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0.814$	
B=	170.0	mm		
t=	4.0	mm		
h=	158.0	mm		
b=	158.0	mm		

Classe del profilo			N _{max} per la classe			Valori efficaci per fless. Y		
Compr.	Fless. Y	Fless. Z	Cl. 1	Cl. 2	Cl. 3	W _{y,eff}	I _{y,eff}	A _{y,eff}
			[kN]	[kN]	[kN]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ²]
4	4	4	-	-	-	-	-	-

Spostam. Baricentro		Val. efficaci per compressione			Valori efficaci per fless. Z		
Fless. Y	Fless. Z	A _{eff}	I _{y,eff}	I _{z,eff}	W _{z,eff}	I _{z,eff}	A _{z,eff}
[mm]	[mm]	[cm ²]	[cm ⁴]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ²]
4.3	0.0	22.8	1076.4	1076.4	-	-	-

Verifica a flessione semplice attorno all'asse di maggiore inerzia:

$\rho_b = 1$	per $\bar{\lambda}_{pb} \leq 0.673$		
$\rho_b = (\bar{\lambda}_{pb} - 0.22) / \bar{\lambda}_{pb}^2 \leq 1$	per $\bar{\lambda}_{pb} > 0.673$		
$\kappa_\sigma = 4$	($\psi = 1$, cfr. [6] Tab. 4.1)		
$\bar{\lambda}_{pb} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{b/t}{28.4 \varepsilon \sqrt{k_\sigma}} = 0.855$			
$\rho_b = (\bar{\lambda}_{pb} - 0.188) / \bar{\lambda}_{pb}^2 = 0.869$			
$y_G = \frac{[(1 - \rho_b)bt] \left(\frac{H}{2} - \frac{t}{2} \right)}{A - (1 - \rho_b)bt} = 2.72 \text{ mm} + 0.000$			
$\psi = -\frac{H/2 - y_G}{H/2 + y_G} = -0.89$			
ITERAZIONE AUTOMATICA: il valore di y'G viene sommato a yG fino a convergenza			
l) LatI H inflessi $h/t = 39.5$	Classe: 1		
$h_c = \frac{h + y_G}{2} = 72.7 \text{ mm}$			
$\rho_h = 1$	per $\bar{\lambda}_{ph} \leq 0.673$	$A_{eff,y} = A - 2(1 - \rho_h)h_c t - (1 - \rho_b)bt = 16.4 \text{ cm}^2$	
$\rho_h = [\bar{\lambda}_{ph} - 0.055(3 + \psi)] / \bar{\lambda}_{ph}^2 \leq 1$	per $\bar{\lambda}_{ph} > 0.673$	$y'_G = \frac{[2(1 - \rho_h)h_c t] [(0.5 + 0.1\rho_b)h_c]}{A_{eff,y}} = 0.000 \text{ mm}$	
$\kappa_\sigma = 7.81 - 6.29\psi + 9.78\psi^2 = 21.2$			
$\bar{\lambda}_{ph} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{h/t}{28.4 \varepsilon \sqrt{k_\sigma}} = 0.442$		$I_{eff,y} = I_y - \frac{1}{12}t[2(1 - \rho_h)h_c]^3 - [2(1 - \rho_h)h_c t] [(0.5 + 0.1\rho_b)h_c - y_G]^2 +$	
$\rho_h = [\bar{\lambda}_{ph} - 0.055(3 + \psi)] / \bar{\lambda}_{ph}^2 = 1.000$		$-\frac{1}{12}(1 - \rho_b)bt^3 - (1 - \rho_b)bt \left(\frac{H}{2} - \frac{t}{2} \right)^2 - A_{eff,y} (y_G + y'_G)^2 = 567.2 \text{ cm}^4$	
		$W_{eff,y} = \frac{I_{eff,y}}{\frac{H}{2} + y_G + y'_G} = 71.5 \text{ cm}^3$	
		Wy = 107.7 cm ³	

12. COMBINAZIONI DI CARICO

Come anticipato al punto 1, il modello di calcolo è stato verificato con l'EC3. In particolare verranno eseguite verifiche con EC3 per tutte la posizione analizzata cioè: Work Position 55°.

12.1. ULS – Ultimate Limite State – EC3

Per valutare le sollecitazioni agenti sulla struttura sono state prese in considerazione le seguenti combinazioni:

Combination ULS Eurocode	Dead load	Snow	Wind_UPLIFT	Wind_DOWNFORCE	TEMPERATURE
ULS_1	1.35	0.75	1	-	1
ULS_2	1.35	1.5	0.9	-	1
ULS_3	1	-	1	-	1
ULS_4	1.35	0.75	-	1	1
ULS_5	1.35	1.5	-	0.9	1
ULS_6	1	-	-	1	1

12.2. SLS – SERVICE Limite State – EC3

Per quanto riguarda invece lo Stato Limite di Servizio le combinazioni suggerite dall'EC3 sono le seguenti:

$$DL+G_2$$

$$DL+G_2+T$$

trascurando l'azione del vento.

Nel caso particolare però, l'azione del vento non può essere considerata trascurabile in quanto la più importante per la struttura in esame ed inoltre preponderante sulle altre.

Si è fatta dunque la scelta progettuale di adottare le seguenti combinazioni, dove l'azione del vento è stata considerata incidente per il 70%.

Combination SLS Eurocode	Dead load	Snow	Wind_UPLIFT	Wind_DOWNFORCE
SLS_1	1	0.5	1	-
SLS_2	1	1	0.7	-
SLS_3	1	0.5	-	1
SLS_4	1	1	-	0.7

13. MODELLO DI CALCOLO

Dallo studio del modello di calcolo emergono alcuni aspetti progettuali elencati di seguito:

- **carichi:** nella progettazione il carico del vento nelle due condizioni limite di UPLIFT e DOWNFORCE è stato applicato come carico distribuito nella condizione di WORK-POSITION.
- **verifiche:** sono condotte secondo EC3.

Il modello studiato è in **Work position: 55°**

La struttura in oggetto è stata modellata mediante il software Midas GEN.

Il modello di calcolo è stato realizzato coerentemente con quanto descritto nel capitolo 2 della presente relazione modellando montanti, traversi e supporti come elementi "frame".

A ciascuno di essi è stato assegnato sia l'opportuna sezione geometrica che le caratteristiche dei materiali descritti nel capitolo 3.

E' stato creato un modello con elementi beam sia per montanti che per traversi e supporti.

Di seguito si riportano le immagini relative alle varie parti del modello.

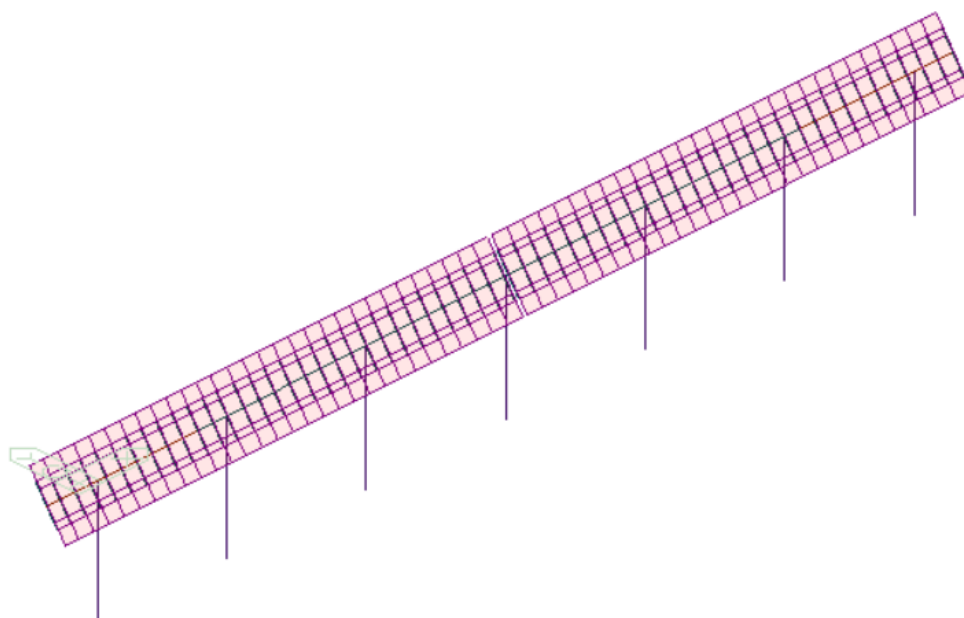


Figura 7.1 – Vista 3D del modello di calcolo Work position: 55°

Le azioni sulla struttura sono state applicate mediante carichi definiti con:

- G1 il peso proprio della struttura (Dead Load);
- G2 il peso dei moduli fotovoltaici (Dead Load) che è stato applicato mediante il carico uniformemente distribuito;
- Azione del vento è stata applicata mediante una pressione su una superficie con una distribuzione unidirezionale sui supporti;

I valori delle pressioni del vento ($p = \text{kN/m}^2$)

Come sopra detto è stato considerato esclusivamente la condizione di Work Position 55°.

L'applicazione del carico del vento sulla struttura è stata eseguita secondo due diverse modalità:

3. Quando il vento è incidente sul pannello (sopravento) il carico si può considerare distribuito sul pannello e sul supporto: DOWNFORCE;
4. Quando il vento arriva alle spalle del pannello il carico si distribuisce uniformemente sul pannello, ma non sui supporti che vengono caricati tramite i 4 punti di fissaggio: UPLIFT.

Per questo tipo di strutture l'azione del vento è dimensionante e agisce sui pannelli connessi direttamente ai supporti. L'azione del vento nelle sue schematizzazioni limite di UPLIFT e DOWNFORCE è riportata sui supporti come un carico uniformemente distribuito e non viceversa e quindi appare ragionevole considerarlo come carico uniformemente distribuito in condizione di WORK-POSITION.

Si fa presente che nel caso di UPLIFT, l'azione del vento viene applicata in corrispondenza dei punti di attacco supporto-pannello; l'azione del vento tende fisicamente a staccare il pannello proprio in questi punti che sono quindi quelli più sollecitati.

In particolare, nella modellazione agli elementi finiti, per assegnare il carico uniformemente distribuito, è stato utilizzata la funzione (Assign Floor Loads) che permette di assegnare il carico direttamente sugli elementi 'frame' valutandone in automatico l'area di influenza.

Con lo stesso elemento è stato anche applicato il peso del pannello.

Di seguito si propone lo schema di applicazione per ogni singolo carico elementare.

G₂: PESO PROPRIO PANNELLO

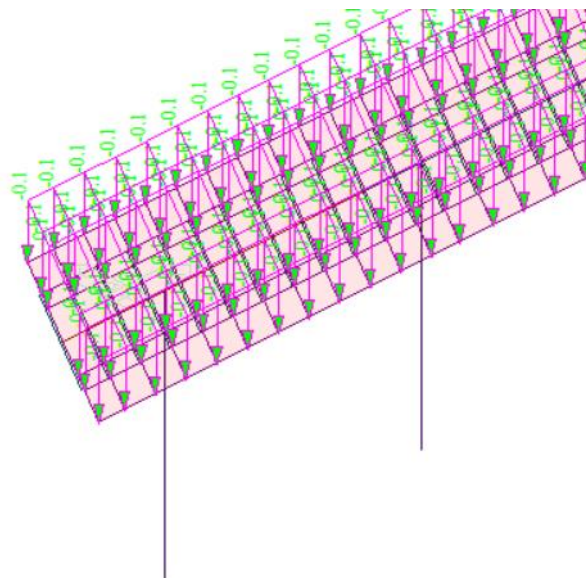


Figura 7.2 – Applicazione del peso del pannello

VENTO:DOWNFORCE

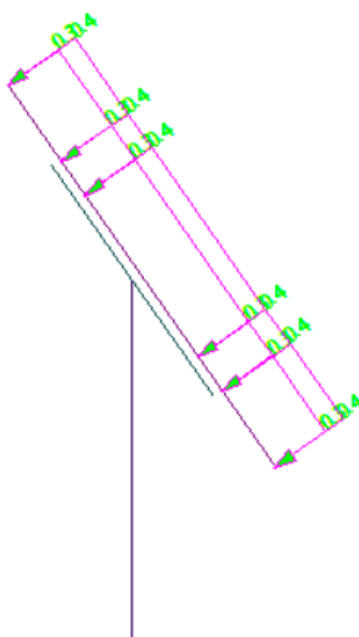


Figura 7.3 – Applicazione del vento downforce

VENTO: UPLIFT

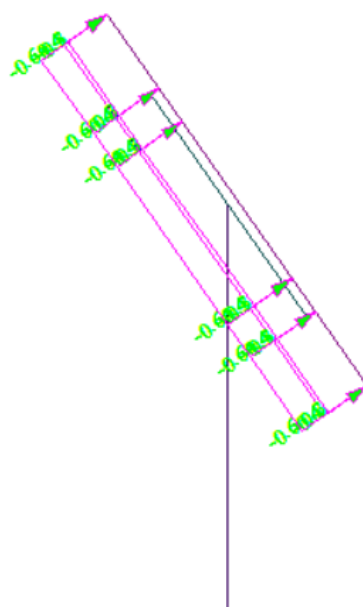


Figura 7.4 – Applicazione del vento uplift

13.1. APPLICAZIONE DEI CARICHI

L'applicazione dei carichi è avvenuta tenendo in considerazione la differente lunghezza tra pannello fotovoltaico e supporto dello stesso, ovvero valutando l'eccentricità che deriva dalla distanza tra i baricentri degli elementi in questione. Valutando la

presenza della suddetta eccentricità, durante l'applicazione dei carichi gravanti sui pannelli, deve considerarsi la presenza di un momento torcente aggiuntivo da applicarsi ai traversi della struttura.

13.2. ANALISI AGLI ELEMENTI FINITI

Per la determinazione delle sollecitazioni di calcolo, necessarie per la verifica degli elementi strutturali adottati, è stata condotta un'analisi di tipo lineare e successivamente, mediante dei coefficienti moltiplicativi dei carichi, sono stati combinati gli effetti.

Le combinazioni dei carichi sono state effettuate mediante i fattori riportati nelle tabelle del capitolo 6 rispettivamente per il caso ULS ed SLS rispetto all' EC3.

13.3. SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

Le sollecitazioni di progetto sono state ricavate dall'output dell'analisi lineare suddetta e sono state successivamente utilizzate per la verifica dei vari elementi strutturali.

Di seguito riportiamo i principali diagrammi delle sollecitazioni di sforzo normale e flessione.

13.3.1. ULS-WORK-POSITION: 55°

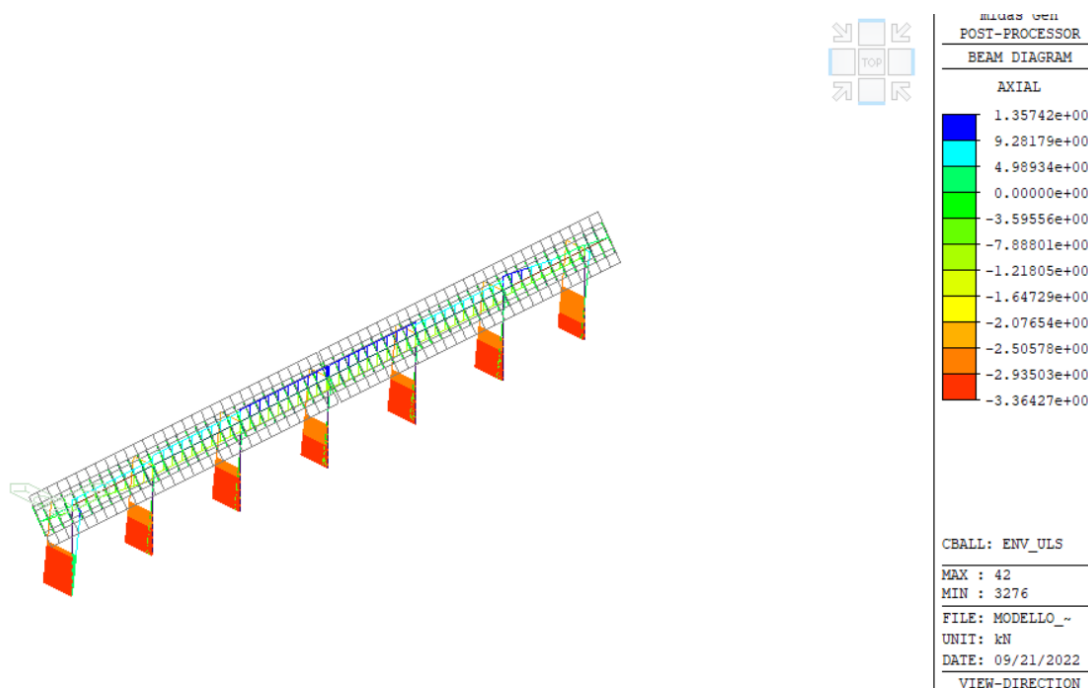


Figura 7.3.1.1 – ENV-ULS-Fx (kN)

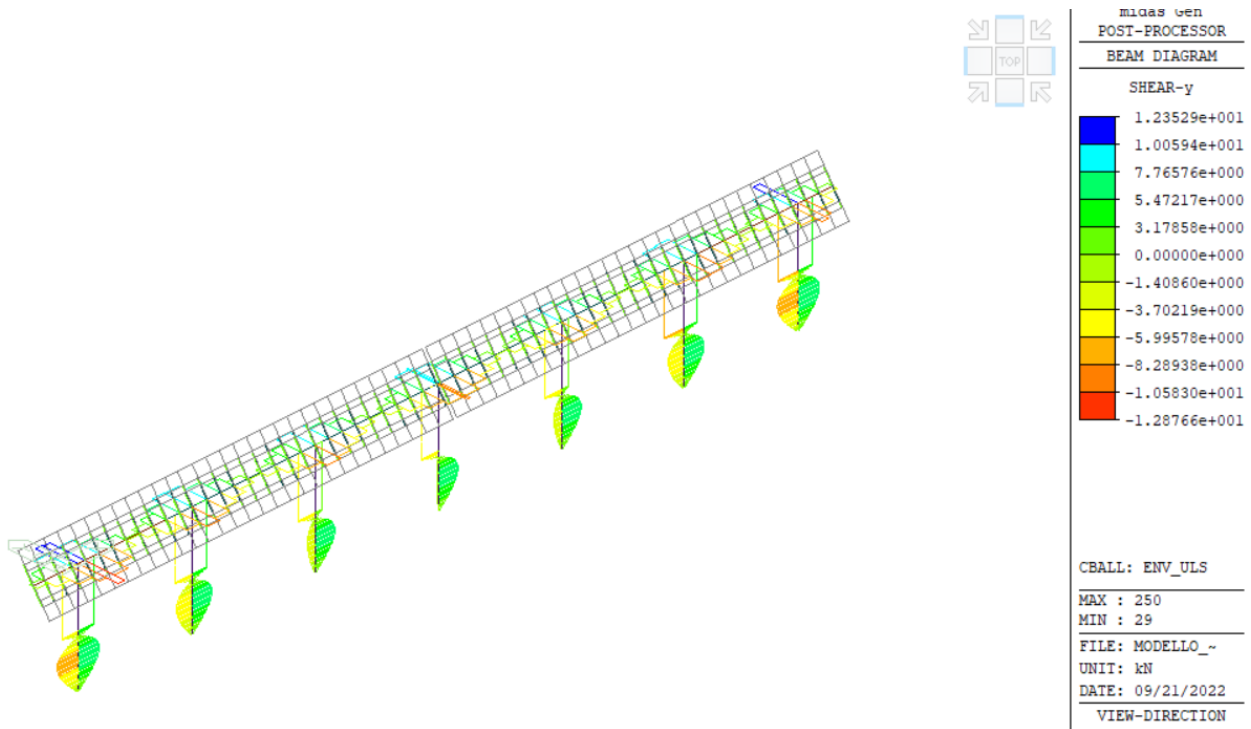


Figura 7.3.1.2 – ENV-ULS-Fy (kN)

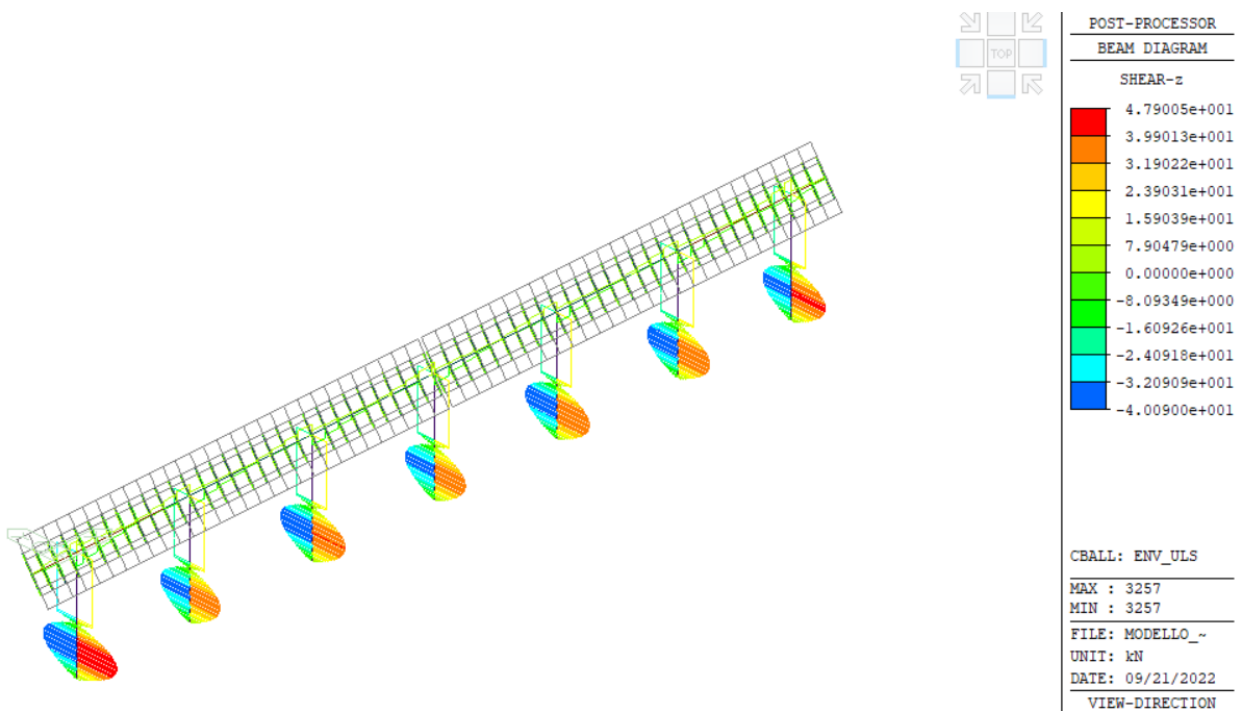


Figura 7.3.1.3 – ENV-ULS-Fz (kN)

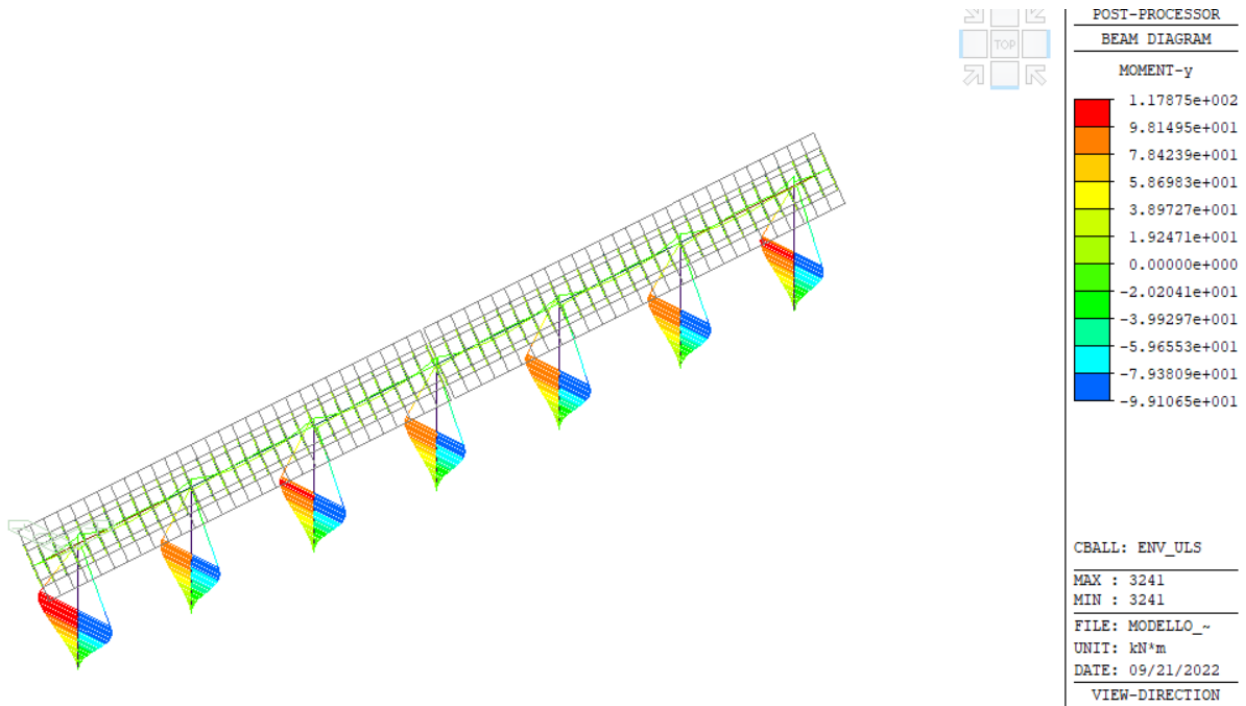


Figura 7.3.1.4 – ENV-ULS-My(kNm)

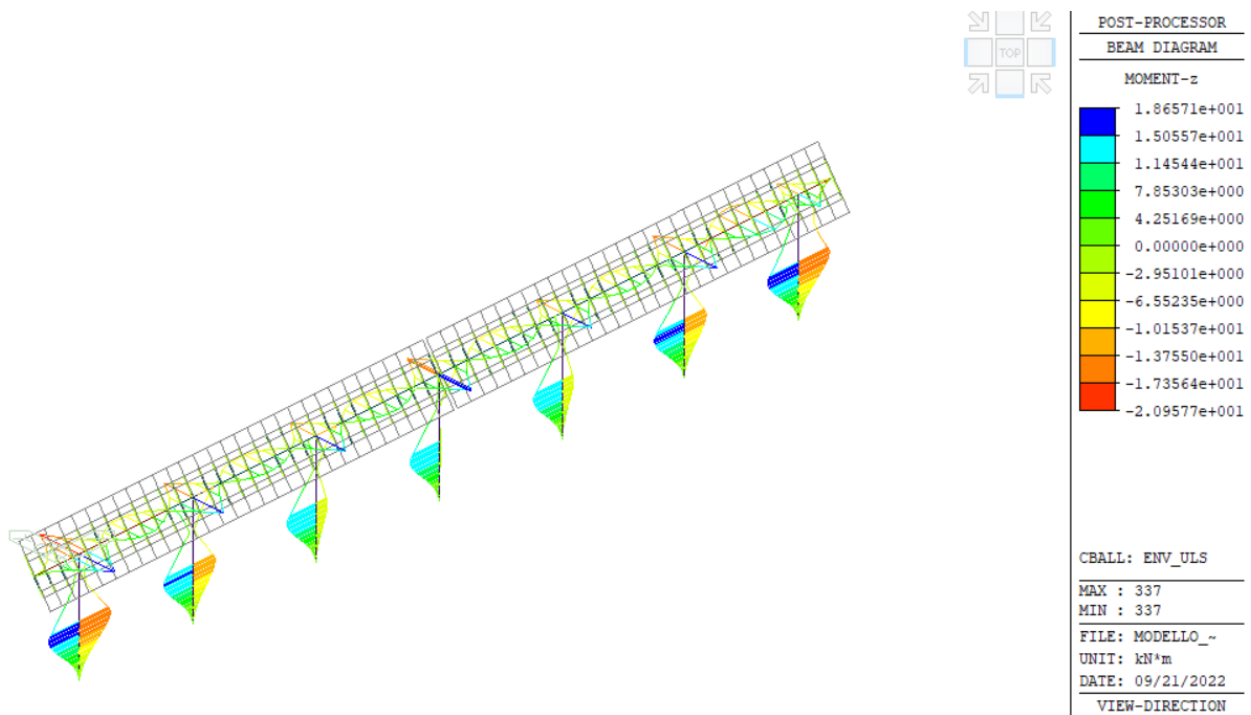


Figura 7.3.1.5 – ENV-ULS-Mz(kNm)

13.4. VERIFICHE STRUTTURALI ULS

Al fine di effettuare le verifiche a flessione degli elementi costituenti la struttura, è stato necessario dapprima procedere con una classificazione come descritto nel capitolo 8.1 della presente relazione.

Si riassumono di seguito le classi di appartenenza:

ELEMENTO	CLASSE
HEA 300	1 o 2
Traverso 170x170x3.4 mm	4
Traverso 170x170x4 mm	4
Supporto 100x30x30x1,5 mm	4

Per gli elementi soggetti alla sola flessione semplice, il criterio da utilizzare affinché la sezione possa essere considerata idonea è il seguente:

$$\eta = \frac{M_{ed}}{M_{CRd}} \leq 1$$

con:

$$M_{CRd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{M0}} \text{ per la classe 1 e 2}$$

$$M_{CRd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} * f_y}{\gamma_{M0}} \text{ per la classe 3}$$

$$M_{CRd} = \frac{W_{eff,min} * f_y}{\gamma_{M0}} \text{ per la classe 4}$$

Mentre per gli elementi soggetti a pressoflessione i criteri sono riportati in EN 1993-1-1:2005 capitolo 6.2.9:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1 \text{ per la classe 1 e 2}$$

$$\sigma_{xEd} = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{y,Rd}}{W_{y,el}} + \frac{M_{z,Rd}}{W_{z,el}} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \text{ per la classe 3}$$

$$\sigma_{xEd} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} + \frac{M_{y,Rd} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{y,eff}} + \frac{M_{z,Rd} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{z,eff}} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \text{ per la classe 4}$$

Le formule per la classe 3 e la classe 4 differiscono in quanto per la classe 4 devono considerarsi i momenti generati dalla migrazione del baricentro dell'area efficace rispetto all'area lorda.

13.4.1. WORK POSITION

Si riporta di seguito la verifica di resistenza:


```

11 2      Dead( 1.000) +Wind_DOWNFORCE( 1.000)
12 2      Dead( 1.000) +Wind_DOWNFORCE( 1.000) + Termica+60( 0.600)
13 2      Dead( 1.000) +Wind_DOWNFORCE( 1.000) + Termica-60( 0.600)
14 2      Dead( 1.000) +Wind_DOWNFORCE( 0.600) + Termica+60( 0.600)
15 2      Dead( 1.000) +Wind_DOWNFORCE( 0.600) + Termica-60( 0.600)
16 2      Dead( 1.000) +Wind_DOWNFORCE( 0.600) + Termica+60( 1.000)
17 2      Dead( 1.000) +Wind_DOWNFORCE( 0.600) + Termica-60( 1.000)
18 2      Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 1.000) + Termica+60( 0.600)
19 2      Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 1.000) + Termica-60( 0.600)
20 2      Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 0.600) + Termica+60( 0.600)
21 2      Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 0.600) + Termica-60( 0.600)
22 2      Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 0.600) + Termica+60( 1.000)
23 2      Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 0.600) + Termica-60( 1.000)

```

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021

=====

```

*. PROJECT      :
*. MEMBER NO   = 33, ELEMENT TYPE = Beam
*. LOADCOMB NO = 1, MATERIAL NO  = 1, SECTION NO  = 2
*. UNIT SYSTEM : kN, m

*. SECTION PROPERTIES : Designation = HEA300
  Shape  = I - Section. (Rolled)
  Depth  = 0.290, Top F Width = 0.300, Bot.F Width = 0.300
  Web Thick = 0.009, Top F Thick = 0.014, Bot.F Thick = 0.014

  Area = 1.13000e-002, Avy = 9.07300e-003, Avz = 3.77500e-003
  Ybar = 1.50000e-001, Zbar = 1.45000e-001, Qyb = 7.67687e-002, Qzb = 1.12500e-002
  Wely = 1.26000e-003, Welz = 4.21000e-004, Wply = 1.38400e-003, Wplz = 6.34732e-004
  Iyy = 1.82600e-004, Izz = 6.31000e-005, Iyz = 0.00000e+000
  iy  = 1.27000e-001, iz  = 7.49000e-002
  J   = 6.05299e-007, Cwp = 1.19977e-006

*. DESIGN PARAMETERS FOR STRENGTH EVALUATION :
  Ly = 8.50000e+000, Lz = 8.50000e+000, Lb = 8.50000e+000
  Ky = 1.00000e+000, Kz = 1.00000e+000

*. MATERIAL PROPERTIES :
  Fy = 3.55000e+005, Es = 2.10000e+008, MATERIAL NAME = S355

*. FORCES AND MOMENTS AT (1/2) POINT :
  Axial Force   Fxx =-1.43547e+000
  Shear Forces  Fyy =-6.07999e+000, Fzz =-2.01762e+001
  Bending Moments My = 8.57489e+001, Mz = 1.24243e+001
  End Moments     Myi = 0.00000e+000, Myj = 0.00000e+000 (for Lb)
                 Myi = 0.00000e+000, Myj = 0.00000e+000 (for Ly)
                 Mzi =-1.34157e+001, Mzj = 0.00000e+000 (for Lz)

*. Sign conventions for stress and axial force.
  - Stress : Compression positive.
  - Axial force: Tension positive.

```

=====
 [[[*]]] CLASSIFY LEFT-TOP FLANGE OF SECTION (BTR).
 =====

- (). Determine classification of compression outstand flanges.
 [Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 2 of 3), EN 1993-1-5]
- . e = $\text{SQRT}(235/f_y) = 0.81$
 - . b/t = BTR = 8.48
 - . sigma1 = 62065.916 KPa.
 - . sigma2 = 38684.240 KPa.
 - . BTR < 14*e (Class 3 : Semi-compact).

 midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
 =====

=====
 [[[*]]] CLASSIFY RIGHT-TOP FLANGE OF SECTION (BTR).
 =====

- (). Determine classification of compression outstand flanges.
 [Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 2 of 3), EN 1993-1-5]
- . e = $\text{SQRT}(235/f_y) = 0.81$
 - . b/t = BTR = 8.48
 - . sigma1 = 97753.737 KPa.
 - . sigma2 = 74372.061 KPa.
 - . BTR < 14*e (Class 3 : Semi-compact).

=====
 [[[*]]] CLASSIFY LEFT-BOTTOM FLANGE OF SECTION (BTR).
 =====

- (). Determine classification of tension outstand flanges.
 -. Not Checking the Section Classification.

=====
 [[[*]]] CLASSIFY RIGHT-BOTTOM FLANGE OF SECTION (BTR).
 =====

- (). Determine classification of tension outstand flanges.
 -. Not Checking the Section Classification.

=====
 [[[*]]] CLASSIFY WEB OF SECTION (HTR).
 =====

- (). Determine classification of bending and compression Internal Parts.
 [Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 1 of 3), EN 1993-1-5]
- . e = $\text{SQRT}(235/f_y) = 0.81$
 - . d/t = HTR = 24.47
 - . sigma1 = 44565.373 KPa.
 - . sigma2 = -44311.306 KPa.
 - . Psi = $[2*(N_{sd}/A)*(1/f_y)]-1 = -0.999$
 - . Alpha = 0.501 > 0.5
 - . HTR < $396*e/(13*Alpha-1)$ (Class 1 : Plastic).

=====
 [[[*]]] APPLIED FACTORS.
 =====

- (). Calculate equivalent uniform moment factors (C_{my}, C_{mz}, C_{mLT}).
 [Eurocode3:05 Annex A. Table A.1, A.2]
 -. C_{my,0} = 1.000
 -. C_{mz,0} = 0.790
 -. C_{my} (Default or User Defined Value) = 0.850
 -. C_{mz} (Default or User Defined Value) = 0.850
 -. C_{mLT} (Default or User Defined Value) = 1.000

 midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
 =====

- (). Partial Factors (Gamma_Mi).
 [Eurocode3:05 6.1]
 -. Gamma_M0 = 1.00
 -. Gamma_M1 = 1.00
 -. Gamma_M2 = 1.25

=====
 [[[*]]] CHECK AXIAL RESISTANCE.
 =====

- (). Check slenderness ratio of axial compression member (Kl/i).
 -. Kl/i = 113.5 < 200.0 ---> O.K.
- (). Calculate axial compressive resistance (N_{c_Rd}).
 [Eurocode3:05 6.1, 6.2.4]
 -. N_{c_Rd} = f_y * Area / Gamma_M0 = 4011.50 kN.
- (). Check ratio of axial resistance (N_{Ed}/N_{c_Rd}).

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c_Rd}} = \frac{1.44}{4011.50} = 3.578e-004 < 1.000 \text{ ---> O.K.}$$
- (). Calculate buckling resistance of compression member (N_{b_Rdy}, N_{b_Rdz}).
 [Eurocode3:05 6.3.1.1, 6.3.1.2]
 -. Beta_A = A_{eff} / Area = 1.000
 -. Lambda1 = Pi * SQRT(Es/fy) = 76.409
 -. Lambda_by = {(K_y*L_y/i_y)/Lambda1} * SQRT(Beta_A) = 0.876
 -. N_{cry} = Pi^2*Es*I_{yy} / (K_y*L_y)^2 = 5238.20 kN.
 -. Lambda_by < 0.2 or N_{Ed}/N_{cry} < 0.04 --> No need to check.
- . Lambda_bz = {(K_z*L_z/i_z)/Lambda1} * SQRT(Beta_A) = 1.485
 -. N_{crz} = Pi^2*Es*I_{zz} / (K_z*L_z)^2 = 1810.13 kN.
 -. Lambda_bz < 0.2 or N_{Ed}/N_{crz} < 0.04 --> No need to check.

=====
 [[[*]]] CHECK SHEAR RESISTANCE.
 =====

- (). Calculate shear area.
 [Eurocode3:05 6.2.6, EN1993-1-5:04 5.1 NOTE 2]
 -. eta = 1.2 (F_y < 460 MPa.)
 -. r = 0.0270 m.

- Avy = Area - hw*tw = 0.0091 m².
 - Avz1 = eta*hw*tw = 0.0027 m².
 - Avz2 = Area - 2*B*tf + (tw + 2*r)*tf = 0.0038 m².
 - Avz = MAX[Avz1, Avz2] = 0.0038 m².

(). Calculate plastic shear resistance in local-y direction (Vpl_Rdy).
 [Eurocode3:05 6.1, 6.2.6]
 - Vpl_Rdy = [Avy*fy/SQRT(3)] / Gamma_M0 = 1859.60 kN.

 midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
 =====

(). Check ratio of shear resistance (V_Edy/Vpl_Rdy).
 (LCB = 1, POS = 3/4)
 - Applied shear force : V_Edy = 6.61 kN.
 V_Edy 6.61
 - ----- = ----- = 0.004 < 1.000 ----> O.K.
 Vpl_Rdy 1859.60

(). Calculate plastic shear resistance in local-z direction (Vpl_Rdz).
 [Eurocode3:05 6.1, 6.2.6]
 - Vpl_Rdz = [Avz*fy/SQRT(3)] / Gamma_M0 = 773.72 kN.

(). Shear Buckling Check.
 [Eurocode3:05 6.2.6]
 - HTR < 72*e/Eta ----> No need to check!

(). Check ratio of shear resistance (V_Edz/Vpl_Rdz).
 (LCB = 1, POS = 3/4)
 - Applied shear force : V_Edz = 38.29 kN.
 V_Edz 38.29
 - ----- = ----- = 0.049 < 1.000 ----> O.K.
 Vpl_Rdz 773.72

=====

[[[*]]] CHECK BENDING MOMENT RESISTANCE ABOUT MAJOR AXIS.

=====

(). Calculate elastic resistance moment about major axis.
 [Eurocode3:05 6.1, 6.2.5]
 - Wely = 0.0013 m³.
 - Mc_Rdy = Wely * fy / Gamma_M0 = 447.30 kN-m.

(). Check ratio of moment resistance (M_Edy/Mc_Rdy).
 M_Edy 85.75
 - ----- = ----- = 0.192 < 1.000 ----> O.K.
 Mc_Rdy 447.30

=====

[[[*]]] CHECK BENDING MOMENT RESISTANCE ABOUT MINOR AXIS.

=====

(). Calculate elastic resistance moment about minor axis.
 [Eurocode3:05 6.1, 6.2.5]
 - Welz = 0.0004 m³.
 - Mc_Rdz = Welz * fy / Gamma_M0 = 149.46 kN-m.

(). Check ratio of moment resistance (M_{Edz}/M_{c_Rdz}).

$$\frac{M_{Edz}}{M_{c_Rdz}} = \frac{12.42}{149.46} = 0.083 < 1.000 \rightarrow \text{O.K.}$$

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021

=====
 [[[*]]] CHECK LATERAL-TORSIONAL BUCKLING RESISTANCE.
 =====

(). Calculate lateral-torsional buckling resistance (M_{b_Rd}).

[Eurocode3:05 6.1, 6.3.2]

$$\begin{aligned} \text{-. Por} &= 0.300 \\ \text{-. Gs} &= E_s / [2 * (1 + \text{Por})] = 80769230.769 \text{ KPa.} \\ \text{-. Ncr} &= \pi^2 * E_s * I_{zz} / L_u^2 = 1810.13 \text{ kN.} \\ \text{-. psi} &= 1.000 \\ \text{-. C1} &= 1.000 \\ \text{-. Mcr} &= C1 * Ncr * \text{SQRT} [(C_{wp}/I_{zz}) + (G_s * I_{xx})/Ncr] = 388.33 \text{ kN-m.} \\ \text{-. Lambda_LT_bar} &= \text{SQRT} [W_{ely} * f_y / Mcr] = 1.073 \\ \text{-. Lambda_LT_bar0} &= 0.400 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{-. Lambda_LT_bar} &= 1.073 > \text{Lambda_LT_bar0} = 0.400 \\ \text{-. } M_{Ed}/Mcr &= 0.221 > \text{Lambda_LT_bar0}^2 = 0.160 \end{aligned}$$

If $\text{Lambda_LT_bar} > \text{Lambda_LT_bar0}$ and $M_{Ed}/Mcr > \text{Lambda_LT_bar0}^2$,
 Allowance for lateral-torsional buckling necessary.

$$\begin{aligned} \text{-. Alpha_LT} &= 0.210 \\ \text{-. Phi_LT} &= 0.5 * \{ 1 + \text{Alpha_LT} * (\text{Lambda_LT_bar} - 0.2) + \text{Lambda_LT_bar}^2 \} = 1.168 \\ \text{-. Xi_LT} &= \text{MIN} [1 / \{ \text{Phi_LT} + \text{SQRT}(\text{Phi_LT}^2 - \text{Lambda_LT_bar}^2) \}, 1.0] = 0.614 \\ \text{-. Mb_Rd} &= \text{Xi_LT} * W_{ely} * f_y / \text{Gamma_M1} = 274.84 \text{ kN-m.} \end{aligned}$$

(). Check ratio of lateral-torsional buckling resistance (M_{Edy}/M_{b_Rdy}).

$$\frac{M_{Edy}}{M_{b_Rdy}} = \frac{85.75}{274.84} = 0.312 < 1.000 \rightarrow \text{O.K.}$$

=====
 [[[*]]] CHECK INTERACTION OF COMBINED RESISTANCE.
 =====

(). Calculate Major reduced design resistance of bending and shear.

[Eurocode3:05 6.2.8 (6.30)]

$$\begin{aligned} \text{-. In case of } V_{Edz} / V_{pl_Rdz} &< 0.5 \\ \text{-. My_Rd} = M_{c_Rdy} &= 447.30 \text{ kN-m.} \end{aligned}$$

(). Calculate Minor reduced design resistance of bending and shear.

[Eurocode3:05 6.2.8 (6.30)]

$$\begin{aligned} \text{-. In case of } V_{Edy} / V_{pl_Rdy} &< 0.5 \\ \text{-. Mz_Rd} = M_{c_Rdz} &= 149.46 \text{ kN-m.} \end{aligned}$$


```

1 1      Dead( 1.350) + Wind_UPLIFT( 1.500)
2 1      Dead( 1.350) + Wind_UPLIFT( 0.900)
3 1      Dead( 1.350) + Wind_DOWNFORCE( 1.500)
4 1      Dead( 1.350) + Wind_DOWNFORCE( 0.900)
5 1      Dead( 1.350) + Wind_DOWNFORCE( 1.500) + Termica+60( 0.900)
6 1      Dead( 1.350) + Wind_DOWNFORCE( 1.500) + Termica-60( 0.900)
7 1      Dead( 1.000) + Termica+60( 1.000)
8 1      Dead( 1.000) + Termica-60( 1.000)
10 2     Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 1.000)
11 2     Dead( 1.000) + Wind_DOWNFORCE( 1.000)
12 2     Dead( 1.000) + Wind_DOWNFORCE( 1.000) + Termica+60( 0.600)
13 2     Dead( 1.000) + Wind_DOWNFORCE( 1.000) + Termica-60( 0.600)
14 2     Dead( 1.000) + Wind_DOWNFORCE( 0.600) + Termica+60( 0.600)
15 2     Dead( 1.000) + Wind_DOWNFORCE( 0.600) + Termica-60( 0.600)
16 2     Dead( 1.000) + Wind_DOWNFORCE( 0.600) + Termica+60( 1.000)
17 2     Dead( 1.000) + Wind_DOWNFORCE( 0.600) + Termica-60( 1.000)
18 2     Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 1.000) + Termica+60( 0.600)
19 2     Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 1.000) + Termica-60( 0.600)
20 2     Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 0.600) + Termica+60( 0.600)
21 2     Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 0.600) + Termica-60( 0.600)
22 2     Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 0.600) + Termica+60( 1.000)
23 2     Dead( 1.000) + Wind_UPLIFT( 0.600) + Termica-60( 1.000)

```

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
=====

```

*. PROJECT      :
*. MEMBER NO   = 259, ELEMENT TYPE = Beam
*. LOADCOMB NO = 5, MATERIAL NO   = 2, SECTION NO   = 1
*. UNIT SYSTEM : kN, m

*. SECTION PROPERTIES : Designation = tube_170x3.5
Shape  = B - Section. (Built-up)
Depth  = 0.170, Flg Width = 0.170, Web Center = 0.167
Web Thick = 0.004, Top F Thick = 0.004, Bot.F Thick = 0.004

Area = 2.33100e-003, Avy = 1.19000e-003, Avz = 1.19000e-003
Ybar = 8.50000e-002, Zbar = 8.50000e-002, Qyb = 1.03974e-002, Qzb = 1.03974e-002
Wely = 1.26763e-004, Welz = 1.26763e-004, Wply = 1.45563e-004, Wplz = 1.45563e-004
Iyy = 1.07749e-005, Izz = 1.07749e-005, Iyz = 0.00000e+000
Iy  = 6.79884e-002, Iz  = 6.79884e-002
J   = 1.61551e-005, Cwp = 1.00000e+028

*. DESIGN PARAMETERS FOR STRENGTH EVALUATION :
Ly = 1.50000e-001, Lz = 3.00000e-001, Lb = 0.00000e+000
Ky = 1.00000e+000, Kz = 1.00000e+000

*. MATERIAL PROPERTIES :
Fy = 3.50000e+005, Es = 2.10000e+008, MATERIAL NAME = S350 GD

*. FORCES AND MOMENTS AT (1/2) POINT :
Axial Force   Fxx = -1.14895e+001
Shear Forces  Fyy = 8.93468e+000, Fzz = -1.06390e+001
Bending Moments My = -1.69452e+001, Mz = 1.66240e+001

```

End Moments $M_{yi} = -1.48237e+001$, $M_{yj} = -1.53521e+001$ (for Lb)
 $M_{yi} = -1.48237e+001$, $M_{yj} = -1.64012e+001$ (for Ly)
 $M_{zi} = 1.52841e+001$, $M_{zj} = 1.52838e+001$ (for Lz)

- *. Sign conventions for stress and axial force.
- Stress : Compression positive.
- Axial force: Tension positive.

=====
 [[[*]]] CLASSIFY TOP FLANGE OF SECTION (BTR).
 =====

- (). Determine classification of bending and compression Internal Parts.
 [Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 1 of 3), EN 1993-1-5]
- . $e = \text{SQRT}(235/f_y) = 0.82$
- . $d/t = \text{HTR} = 46.57$
- . $\sigma_1 = 2722.725 \text{ KPa}$.
- . $\sigma_2 = -225686.984 \text{ KPa}$.
- . $\Psi = [2*(N_{sd}/A)*(1/f_y)]-1 = -0.972$
- . $\alpha = 0.514 > 0.5$
- . $\text{HTR} < 396*e/(13*\alpha-1)$ (Class 1 : Plastic).

 midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
 =====

=====
 [[[*]]] CLASSIFY BOTTOM FLANGE OF SECTION (BTR).
 =====

- (). Determine classification of compression Internal Parts.
 [Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 1 of 3), EN 1993-1-5]
- . $e = \text{SQRT}(235/f_y) = 0.82$
- . $d/t = \text{HTR} = 46.57$
- . $\sigma_1 = 269747.734 \text{ KPa}$.
- . $\sigma_2 = 7462.486 \text{ KPa}$.
- . $\text{HTR} > 42*e$ (Class 4 : Slender).

=====
 [[[*]]] CLASSIFY LEFT WEB OF SECTION (HTR).
 =====

- (). Determine classification of bending and compression Internal Parts.
 [Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 1 of 3), EN 1993-1-5]
- . $e = \text{SQRT}(235/f_y) = 0.82$
- . $d/t = \text{HTR} = 46.57$
- . $\sigma_1 = 2341.873 \text{ KPa}$.
- . $\sigma_2 = -220893.584 \text{ KPa}$.
- . $\Psi = [2*(N_{sd}/A)*(1/f_y)]-1 = -0.972$
- . $\alpha = 0.514 > 0.5$
- . $\text{HTR} < 396*e/(13*\alpha-1)$ (Class 1 : Plastic).

=====
 [[[*]]] CLASSIFY RIGHT WEB OF SECTION (HTR).
 =====

- (). Determine classification of compression Internal Parts.
 [Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 1 of 3), EN 1993-1-5]
 -. $e = \text{SQRT}(235/f_y) = 0.82$
 -. $d/t = \text{HTR} = 46.57$
 -. $\sigma_1 = 264243.424 \text{ KPa}$.
 -. $\sigma_2 = 7899.823 \text{ KPa}$.
 -. $\text{HTR} > 42 * e$ (Class 4 : Slender).

=====
 [[[*]]] CALCULATE EFFECTIVE AREA.
 =====

- (). Calculate cross-section properties of top flange.
 [Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]
 -. $r = 0.007 \text{ m}$.
 -. $bc = 0.163 \text{ m}$.
 -. $b_{eff} = bc + r = 0.170 \text{ m}$.
 -. $A_{eff} = b_{eff} * t_f = 5.950e-004 \text{ m}^2$.

- (). Calculate buckling factor of internal compression element.
 [Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1]

 midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
 =====

- . In case of $\Psi = 1.0$
 -. $k_{\sigma} = 4.0000$

- (). Calculate effective cross-section properties of bottom flange flange of Class 4 (Internal element).
 [Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]
 -. $RatT = 46.5714$
 -. $\Lambda_p = RatT / [28.4 * Eps * \text{SQRT}(k_{\sigma})] = 1.0006$
 -. $\rho = \text{MIN}[(\Lambda_p - 0.055 * (3 + \psi)) / \Lambda_p^2, 1.0] = 0.7797$
 -. $\sigma_{max} = \text{MAX}(\sigma_1, \sigma_2) = 4928.999 \text{ KPa}$.
 -. $\sigma_{min} = \text{MIN}(\sigma_1, \sigma_2) = 4928.999 \text{ KPa}$.
 -. $r = 0.007 \text{ m}$.
 -. $bc = 0.163 \text{ m}$.
 -. $b_{eff} = \rho * bc + r = 0.134 \text{ m}$.
 -. $A_{eff} = b_{eff} * t_f = 4.693e-004 \text{ m}^2$.
 -. $y_{eff} = b_{eff} / 2 = 0.067 \text{ m}$.

- (). Calculate cross-section properties of left web.
 [Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]
 -. $r = 0.000 \text{ m}$.
 -. $A_r = 0.000 \text{ m}^2$.
 -. $dc = 0.163 \text{ m}$.
 -. $d_{eff} = dc + r = 0.163 \text{ m}$.
 -. $A_{eff} = d_{eff} * t_w + 4 * A_r = 5.705e-004 \text{ m}^2$.

- (). Calculate buckling factor of internal compression element.
 [Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1]
 -. In case of $\Psi = 1.0$
 -. $k_{\sigma} = 4.0000$

- (). Calculate effective cross-section properties of right web of Class 4 (Internal element).
 [Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]
 -. $RatT = 46.5714$

-. $\lambda_p = \text{RatT} / [28.4 * \text{Eps} * \text{SQRT}(k_{\sigma})] = 1.0006$
 -. $\rho = \text{MIN} [(\lambda_p - 0.055 * (3 + \psi)) / \lambda_p^2, 1.0] = 0.7797$
 -. $\sigma_{\max} = \text{MAX} (\sigma_1, \sigma_2) = 4928.999 \text{ KPa.}$
 -. $\sigma_{\min} = \text{MIN} (\sigma_1, \sigma_2) = 4928.999 \text{ KPa.}$
 -. $r = 0.000 \text{ m.}$
 -. $A_r = 0.000 \text{ m}^2.$
 -. $d_c = 0.163 \text{ m.}$
 -. $d_{\text{eff1}} = 2 * (\rho * d_c) / [5 - \sigma_{\min} / \sigma_{\max}] + r = 0.064 \text{ m.}$
 -. $A_{\text{eff1}} = d_{\text{eff1}} * t_w + 2 * A_r = 2.224e-004 \text{ m}^2.$
 -. $z_{\text{eff1}} = d_{\text{eff1}} / 2 + t_f = 0.035 \text{ m.}$
 -. $d_{\text{eff2}} = (\rho * d_c) - d_{\text{eff1}} + r = 0.064 \text{ m.}$
 -. $A_{\text{eff2}} = d_{\text{eff2}} * t_w + 2 * A_r = 2.224e-004 \text{ m}^2.$
 -. $z_{\text{eff2}} = (h + 2 * r) - d_{\text{eff2}} / 2 + t_f = 0.135 \text{ m.}$

=====
 [[[*]]] CALCULATE EFFECTIVE SECTION MODULUS ABOUT MAJOR AXIS.
 =====

(). Calculate cross-section properties of top flange.
 [Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

 midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
 =====

-. $r = 0.007 \text{ m.}$
 -. $b_c = 0.163 \text{ m.}$
 -. $b_{\text{eff}} = b_c + r = 0.170 \text{ m.}$
 -. $A_{\text{eff}} = b_{\text{eff}} * t_f = 5.950e-004 \text{ m}^2.$
 -. $y_{\text{eff}} = b_{\text{eff}} / 2 = 0.085 \text{ m.}$

(). Calculate buckling factor of internal compression element.
 [Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1]
 -. In case of $\psi = 1.0$
 -. $k_{\sigma} = 4.0000$

(). Calculate effective cross-section properties of bottom flange flange of Class 4 (Internal element).
 [Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]
 -. $\text{RatT} = 46.5714$
 -. $\lambda_p = \text{RatT} / [28.4 * \text{Eps} * \text{SQRT}(k_{\sigma})] = 1.0006$
 -. $\rho = \text{MIN} [(\lambda_p - 0.055 * (3 + \psi)) / \lambda_p^2, 1.0] = 0.7797$
 -. $\sigma_{\max} = \text{MAX} (\sigma_1, \sigma_2) = 133676.111 \text{ KPa.}$
 -. $\sigma_{\min} = \text{MIN} (\sigma_1, \sigma_2) = 133676.111 \text{ KPa.}$
 -. $r = 0.007 \text{ m.}$
 -. $b_c = 0.163 \text{ m.}$
 -. $b_{\text{eff}} = \rho * b_c + r = 0.134 \text{ m.}$
 -. $A_{\text{eff}} = b_{\text{eff}} * t_f = 4.693e-004 \text{ m}^2.$
 -. $y_{\text{eff}} = b_{\text{eff}} / 2 = 0.067 \text{ m.}$

(). Calculate cross-section properties of left web.
 [Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]
 -. $r = 0.000 \text{ m.}$
 -. $A_r = 0.000 \text{ m}^2.$
 -. $d_c = 0.163 \text{ m.}$
 -. $d_{\text{eff}} = d_c + r = 0.163 \text{ m.}$
 -. $A_{\text{eff}} = d_{\text{eff}} * t_w + 4 * A_r = 5.705e-004 \text{ m}^2.$
 -. $z_{\text{eff}} = (h + 2 * r) - d_{\text{eff}} / 2 = 0.085 \text{ m.}$

(). Calculate buckling factor of internal compression element.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1]

- . In case of $\Psi = -1.0$

- . $k_{\sigma} = 23.9000$

(). Calculate effective cross-section properties of right web of Class 4 (Internal element).

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

- . $RatT = 46.5714$

- . $\lambda_p = RatT / [28.4 * Eps * SQRT(k_{\sigma})] = 0.4094$

- . $\rho = 1.0$

(). Calculate buckling factor of internal compression element.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1]

- In case of $\Psi = 1.0$
- $k_{\sigma} = 4.0000$

(). Calculate effective cross-section properties of right web of Class 4 (Internal element).

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

- $RatT = 46.5714$
- $\Lambda_p = RatT / [28.4 * Eps * \sqrt{k_{\sigma}}] = 1.0006$
- $\rho = \min [(\Lambda_p - 0.055 * (3 + \psi)) / \Lambda_p^2, 1.0] = 0.7797$
- $\sigma_{max} = \max(\sigma_1, \sigma_2) = 131142.624 \text{ KPa}$.
- $\sigma_{min} = \min(\sigma_1, \sigma_2) = 131142.624 \text{ KPa}$.
- $r = 0.000 \text{ m}$.
- $Ar = 0.000 \text{ m}^2$.
- $dc = 0.163 \text{ m}$.
- $deff1 = 2 * (\rho * dc) / [5 - \sigma_{min} / \sigma_{max}] + r = 0.064 \text{ m}$.
- $Aeff1 = deff1 * tw + 2 * Ar = 2.224e-004 \text{ m}^2$.
- $zeff1 = deff1 / 2 + tf = 0.035 \text{ m}$.
- $deff2 = (\rho * dc) - deff1 + r = 0.064 \text{ m}$.
- $Aeff2 = deff2 * tw + 2 * Ar = 2.224e-004 \text{ m}^2$.
- $zeff2 = (h + 2 * r) - deff2 / 2 + tf = 0.135 \text{ m}$.

=====
 [[[*]]] EFFECTIVE SECTION PPROPERTIES.
 =====

(). Calculated effective cross-section properties of Class4 cross-section.

- $Aeff = 0.0021 \text{ m}^2$. (for calculating axial resistance)
- $Aeffy = 0.0022 \text{ m}^2$.
- $Weffy = 0.0001 \text{ m}^3$.
- $Aeffz = 0.0022 \text{ m}^2$.
- $Weffz = 0.0001 \text{ m}^3$.
- $eNy = 0.0050 \text{ m}$.
- $eNz = 0.0091 \text{ m}$.

=====
 [[[*]]] APPLIED FACTORS.
 =====

(). Calculate equivalent uniform moment factors (C_{my}, C_{mz}, C_{mLT}).

[Eurocode3:05 Annex A. Table A.1, A.2]

- $C_{my,0} = 0.980$
- $C_{mz,0} = 1.000$
- C_{my} (Default or User Defined Value) = 1.000
- C_{mz} (Default or User Defined Value) = 1.000
- C_{mLT} (Default or User Defined Value) = 1.000

(). Partial Factors (Γ_{Mi}).

[Eurocode3:05 6.1]

$$\frac{V_{Edy}}{V_{pl_Rdy}} = \frac{9.78}{240.47} = 0.041 < 1.000 \rightarrow \text{O.K.}$$

(). Calculate plastic shear resistance in local-z direction (V_{pl_Rdz}).
 [Eurocode3:05 6.1, 6.2.6]
 -. $V_{pl_Rdz} = [A_{vz} \cdot f_y / \sqrt{3}] / \Gamma_{M0} = 240.47 \text{ kN.}$

(). Shear Buckling Check.
 [Eurocode3:05 6.2.6]
 -. $HTR < 72 \cdot e / \eta \rightarrow \text{No need to check!}$

(). Check ratio of shear resistance (V_{Edz} / V_{pl_Rdz}).
 (LCB = 6, POS = 1/2)
 -. Applied shear force : $V_{Edz} = 10.97 \text{ kN.}$

$$\frac{V_{Edz}}{V_{pl_Rdz}} = \frac{10.97}{240.47} = 0.046 < 1.000 \rightarrow \text{O.K.}$$

=====
 [[[*]]] CHECK BENDING MOMENT RESISTANCE ABOUT MAJOR AXIS.
 =====

(). Calculate local buckling resistance moment about major axis.
 [Eurocode3:05 6.1, 6.2.5]
 -. $W_{effy} = 0.0001 \text{ m}^3.$
 -. $M_{c_Rdy} = W_{effy} \cdot f_y / \Gamma_{M0} = 38.43 \text{ kN-m.}$

(). Check ratio of moment resistance (M_{Edy} / M_{c_Rdy}).

$$\frac{M_{Edy}}{M_{c_Rdy}} = \frac{16.95}{38.43} = 0.441 < 1.000 \rightarrow \text{O.K.}$$

=====
 [[[*]]] CHECK BENDING MOMENT RESISTANCE ABOUT MINOR AXIS.
 =====

(). Calculate local buckling resistance moment about minor axis.
 [Eurocode3:05 6.1, 6.2.5]
 -. $W_{effz} = 0.0001 \text{ m}^3.$
 -. $M_{c_Rdz} = W_{effz} \cdot f_y / \Gamma_{M0} = 38.43 \text{ kN-m.}$

(). Check ratio of moment resistance (M_{Edz} / M_{c_Rdz}).

$$\frac{M_{Edz}}{M_{c_Rdz}} = \frac{16.62}{38.43} = 0.433 < 1.000 \rightarrow \text{O.K.}$$

 midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
 =====

=====
 [[[*]]] CHECK INTERACTION OF COMBINED RESISTANCE.
 =====

(). Calculate Major reduced design resistance of bending and shear.

[Eurocode3:05 6.2.8 (6.30)]

-. In case of $V_{Edz} / V_{pl_Rdz} < 0.5$

-. $My_{Rd} = Mc_{Rdy} = 38.43 \text{ kN-m.}$

(). Calculate Minor reduced design resistance of bending and shear.

[Eurocode3:05 6.2.8 (6.30)]

-. In case of $V_{Edy} / V_{pl_Rdy} < 0.5$

-. $Mz_{Rd} = Mc_{Rdz} = 38.43 \text{ kN-m.}$

(). Check interaction ratio of bending and axial force.

[Eurocode3:05 6.2.9.3 (6.44)] - Class4

$$R_{max1} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff} \cdot f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{Edy} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{My_{Rd}} + \frac{M_{Edz} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{Mz_{Rd}}$$

= 0.894 < 1.000 ---> O.K.

(). Check interaction ratio of bending and axial compression member.

[Eurocode3:05 6.3.1, 6.2.9.3 (6.61, 6.62), Annex A]

-. $N_{Ed} = -11.49 \text{ kN.}$

-. $M_{Edy} = -16.95 \text{ kN-m.}$

-. $M_{Edz} = 16.62 \text{ kN-m.}$

-. $k_{yy} = 1.000$

-. $k_{yz} = 1.000$

-. $k_{zy} = 1.000$

-. $k_{zz} = 1.000$

-. $X_{iy} = 1.000$

-. $X_{iz} = 1.000$

-. $X_{iLT} = 1.000$

-. $A_{eff} = 0.0021 \text{ m}^2.$

-. $W_{effy} = 0.0001 \text{ m}^3.$

-. $W_{effz} = 0.0001 \text{ m}^3.$

-. $e_{Ny} = 0.0091 \text{ m.}$

-. $e_{Nz} = 0.0050 \text{ m.}$

-. $N_{Rk} = A_{eff} \cdot f_y = 727.85 \text{ kN.}$

-. $My_{Rk} = W_{effy} \cdot f_y = 38.43 \text{ kN-m.}$

-. $Mz_{Rk} = W_{effz} \cdot f_y = 38.43 \text{ kN-m.}$

-. $N_{Ed} \cdot e_{Ny} = 0.06 \text{ kN-m.}$

-. $N_{Ed} \cdot e_{Nz} = 0.10 \text{ kN-m.}$

$$R_{max_LT1} = \frac{N_{Ed}}{X_{iy} \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Edy} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{X_{iLT} \cdot My_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{Edz} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{Mz_{Rk} / \gamma_{M1}}$$

= 0.894 < 1.000 ---> O.K.

$$R_{max_LT2} = \frac{N_{Ed}}{X_{iz} \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Edy} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{X_{iLT} \cdot My_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{Edz} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{Mz_{Rk} / \gamma_{M1}}$$

= 0.894 < 1.000 ---> O.K.

-. $R_{max} = \text{MAX}[R_{max1}, \text{MAX}(R_{max_LT1}, R_{max_LT2})] = 0.894 < 1.000 \text{ ---> O.K.}$

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05]

Gen 2021

=====
[[[*]]] CHECK DEFLECTION.
=====

$W_{ely} = 1.43591e-004$, $W_{elz} = 1.43591e-004$, $W_{ply} = 1.65368e-004$, $W_{plz} = 1.65368e-004$
 $I_{yy} = 1.22052e-005$, $I_{zz} = 1.22052e-005$, $I_{yz} = 0.00000e+000$
 $I_{y} = 6.77889e-002$, $I_{z} = 6.77889e-002$
 $J = 1.82972e-005$, $C_{wp} = 1.00000e+028$

*. DESIGN PARAMETERS FOR STRENGTH EVALUATION :

$L_y = 5.66000e-001$, $L_z = 1.10800e+000$, $L_b = 0.00000e+000$
 $K_y = 1.00000e+000$, $K_z = 1.00000e+000$

*. MATERIAL PROPERTIES :

$F_y = 3.50000e+005$, $E_s = 2.10000e+008$, MATERIAL NAME = S350 GD

*. FORCES AND MOMENTS AT (3/4) POINT :

Axial Force $F_{xx} = 1.27045e-001$
 Shear Forces $F_{yy} = 6.57626e+000$, $F_{zz} = -7.48421e+000$
 Bending Moments $M_y = -9.86460e+000$, $M_z = 1.00378e+001$
 End Moments $M_{yi} = -5.64148e+000$, $M_{yj} = -5.79342e+000$ (for L_b)
 $M_{yi} = -9.98785e+000$, $M_{yj} = -5.79342e+000$ (for L_y)
 $M_{zi} = 4.87960e+000$, $M_{zj} = 6.42413e+000$ (for L_z)

*. Sign conventions for stress and axial force.

- Stress : Compression positive.
- Axial force: Tension positive.

=====
 [[[*]]] CLASSIFY TOP FLANGE OF SECTION (BTR).
 =====

(). Determine classification of bending and compression Internal Parts.

[Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 1 of 3), EN 1993-1-5]

- . $e = \text{SQRT}(235/f_y) = 0.82$
- . $d/t = \text{HTR} = 40.50$
- . $\sigma_1 = 999.401 \text{ KPa}$.
- . $\sigma_2 = -120399.951 \text{ KPa}$.
- . $\Psi = [2*(N_{sd}/A)*(1/f_y)]-1 = -1.000$
- . $\alpha = 0.500 > 0.5$
- . $\text{HTR} < 396*e/(13*\alpha-1)$ (Class 1 : Plastic).

 midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
 =====

=====
 [[[*]]] CLASSIFY BOTTOM FLANGE OF SECTION (BTR).
 =====

(). Determine classification of bending and compression Internal Parts.

[Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 1 of 3), EN 1993-1-5]

- . $e = \text{SQRT}(235/f_y) = 0.82$
- . $d/t = \text{HTR} = 40.50$
- . $\sigma_1 = 120304.285 \text{ KPa}$.
- . $\sigma_2 = -1095.068 \text{ KPa}$.
- . $\Psi = [2*(N_{sd}/A)*(1/f_y)]-1 = -1.000$
- . $\alpha = 0.500 > 0.5$
- . $\text{HTR} < 396*e/(13*\alpha-1)$ (Class 1 : Plastic).

=====
 [[[*]]] CLASSIFY LEFT WEB OF SECTION (HTR).
 =====

- (). Determine classification of tension web (Internal element(s)).
 -. Not Checking the Section Classification.

=====
 [[[*]]] CLASSIFY RIGHT WEB OF SECTION (HTR).
 =====

- (). Determine classification of compression Internal Parts.
 [Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 1 of 3), EN 1993-1-5]
 -. $e = \sqrt{235/f_y} = 0.82$
 -. $d/t = HTR = 40.50$
 -. $\sigma_1 = 135324.297 \text{ KPa}$.
 -. $\sigma_2 = 4391.145 \text{ KPa}$.
 -. $HTR > 42 * e$ (Class 4 : Slender).

=====
 [[[*]]] CALCULATE EFFECTIVE SECTION MODULUS ABOUT MAJOR AXIS.
 =====

- (). Calculate cross-section properties of top flange.
 [Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]
 -. $r = 0.008 \text{ m}$.
 -. $bc = 0.162 \text{ m}$.
 -. $beff = bc + r = 0.170 \text{ m}$.
 -. $A_{eff} = beff * t_f = 6.800e-004 \text{ m}^2$.
 -. $y_{eff} = beff/2 = 0.085 \text{ m}$.
- (). Calculate cross-section properties of bottom flange.
 [Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

 midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
 =====

- . $r = 0.008 \text{ m}$.
 -. $bc = 0.162 \text{ m}$.
 -. $beff = bc + r = 0.170 \text{ m}$.
 -. $A_{eff} = beff * t_f = 6.800e-004 \text{ m}^2$.
 -. $y_{eff} = beff/2 = 0.085 \text{ m}$.

- (). Calculate cross-section properties of left web.
 [Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]
 -. $r = 0.000 \text{ m}$.
 -. $A_r = 0.000 \text{ m}^2$.
 -. $dc = 0.162 \text{ m}$.
 -. $d_{eff} = dc + r = 0.162 \text{ m}$.
 -. $A_{eff} = d_{eff} * t_w + 4 * A_r = 6.480e-004 \text{ m}^2$.
 -. $z_{eff} = (h + 2 * r) - d_{eff}/2 = 0.085 \text{ m}$.

- (). Calculate buckling factor of internal compression element.
 [Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1]
 -. In case of $\Psi = -1.0$

-. k_sigma = 23.9000

(). Calculate effective cross-section properties of right web of Class 4 (Internal element).

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

-. RatT = 40.5000
 -. Lambda_p = RatT / [28.4*Eps*SQRT(k_sigma)] = 0.3560
 -. Rho = 1.0
 -. sigma_max = MAX(sigma1, sigma2) = 65466.576 KPa.
 -. sigma_min = MIN(sigma1, sigma2) = -65466.576 KPa.
 -. r = 0.000 m.
 -. Ar = 0.000 m^2.
 -. dc = (h*sigma_max) / (sigma_max-sigma_min) = 0.081 m.
 -. deff1 = 0.4*Rho*dc + r = 0.032 m.
 -. Aeff1 = deff1 * tw + 2*Ar = 1.296e-004 m^2.
 -. zeff1 = deff1/2 + tf = 0.020 m.
 -. deff2 = 0.6*Rho*dc + (h-dc) + r = 0.130 m.
 -. Aeff2 = deff2 * tw + 2*Ar = 5.184e-004 m^2.
 -. zeff2 = (h+2*r) - deff2/2 + tf = 0.101 m.

=====
 [[[*]]] CALCULATE EFFECTIVE SECTION MODULUS ABOUT MINOR AXIS.
 =====

(). Calculate cross-section properties of top flange.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

-. r = 0.008 m.
 -. bc = 0.162 m.
 -. beff = bc + r = 0.170 m.
 -. Aeff = beff * tf = 6.800e-004 m^2.
 -. yeff = beff/2 = 0.085 m.

(). Calculate cross-section properties of bottom flange.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

 midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
 =====

-. r = 0.008 m.
 -. bc = 0.162 m.
 -. beff = bc + r = 0.170 m.
 -. Aeff = beff * tf = 6.800e-004 m^2.
 -. yeff = beff/2 = 0.085 m.

(). Calculate cross-section properties of left web.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

-. r = 0.000 m.
 -. Ar = 0.000 m^2.
 -. dc = 0.162 m.
 -. deff = dc + r = 0.162 m.
 -. Aeff = deff * tw + 4*Ar = 6.480e-004 m^2.
 -. zeff = (h+2*r) - deff/2 = 0.085 m.

(). Calculate buckling factor of internal compression element.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1]

-. In case of Psi = 1.0
 -. k_sigma = 4.0000

(). Calculate effective cross-section properties of right web of Class 4 (Internal element).

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

- RatT = 40.5000
- Lambda_p = $RatT / [28.4 * Eps * SQRT(k_sigma)] = 0.8702$
- Rho = $MIN((Lambda_p - 0.055 * (3 + psi)) / Lambda_p^2, 1.0) = 0.8587$
- sigma_max = $MAX(sigma1, sigma2) = 69905.554$ KPa.
- sigma_min = $MIN(sigma1, sigma2) = 69905.554$ KPa.
- r = 0.000 m.
- Ar = 0.000 m².
- dc = 0.162 m.
- deff1 = $2 * (Rho * dc) / [5 - sigma_min / sigma_max] + r = 0.070$ m.
- Aeff1 = $deff1 * tw + 2 * Ar = 2.782e-004$ m².
- zeff1 = $deff1 / 2 + tf = 0.039$ m.
- deff2 = $(Rho * dc) - deff1 + r = 0.070$ m.
- Aeff2 = $deff2 * tw + 2 * Ar = 2.782e-004$ m².
- zeff2 = $(h + 2 * r) - deff2 / 2 + tf = 0.131$ m.

=====
 [[[*]]] EFFECTIVE SECTION PPROPERTIES.
 =====

(). Calculated effective cross-section properties of Class4 cross-section.

- Aeff = 0.0027 m². (for calculating axial resistance)
- Aeffy = 0.0027 m².
- Weffy = 0.0001 m³.
- Aeffz = 0.0026 m².
- Weffz = 0.0001 m³.
- eNy = 0.0000 m.
- eNz = 0.0000 m.

 midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
 =====

=====
 [[[*]]] APPLIED FACTORS.
 =====

(). Calculate equivalent uniform moment factors (Cmy,Cmz,CmLT).

[Eurocode3:05 Annex A. Table A.1, A.2]

- Cmy,0 = 0.912
- Cmz,0 = 1.000
- Cmy (Default or User Defined Value) = 1.000
- Cmz (Default or User Defined Value) = 1.000
- CmLT (Default or User Defined Value) = 1.000

(). Partial Factors (Gamma_Mi).

[Eurocode3:05 6.1]

- Gamma_M0 = 1.00
- Gamma_M1 = 1.00
- Gamma_M2 = 1.25

=====
 [[[*]]] CHECK AXIAL RESISTANCE.
 =====

(). Check slenderness ratio of axial tension member (l/i).

-. $l/i = 16.3 < 300.0 \rightarrow$ O.K.

(). Calculate parameters for combined resistance.

-. $\lambda_{1} = \pi \cdot \sqrt{E_s/f_y} = 76.953$
 -. $\lambda_{bz} = (K_L z / i_z) / \lambda_{1} = 0.212$

(). Calculate axial tensile resistance (N_{t_Rd}).

[Eurocode3:05 6.2.3]
 -. $N_{t_Rd} = f_y \cdot Area / \Gamma_{M0} = 929.60$ kN.

(). Check ratio of axial resistance (N_{Ed}/N_{t_Rd}).

$\frac{N_{Ed}}{N_{t_Rd}} = \frac{0.13}{929.60} = 1.367e-004 < 1.000 \rightarrow$ O.K.

=====
 [[[*]]] CHECK SHEAR RESISTANCE.
 =====

(). Calculate shear area.

[Eurocode3:05 6.2.6, EN1993-1-5:04 5.1 NOTE 2]
 -. $A_{vy} = 2 \cdot B \cdot t_f = 0.0014$ m².
 -. $A_{vz} = 2 \cdot h \cdot t_w = 0.0014$ m².

(). Calculate plastic shear resistance in local-y direction (V_{pl_Rdy}).

[Eurocode3:05 6.1, 6.2.6]
 -. $V_{pl_Rdy} = [A_{vy} \cdot f_y / \sqrt{3}] / \Gamma_{M0} = 274.82$ kN.

 midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
 =====

(). Shear Buckling Check.

[Eurocode3:05 6.2.6]
 -. $HTR < 72 \cdot e / \eta \rightarrow$ No need to check!

(). Check ratio of shear resistance (V_{Edy}/V_{pl_Rdy}).

(LCB = 1, POS = 3/4)
 -. Applied shear force : $V_{Edy} = 8.44$ kN.
 $\frac{V_{Edy}}{V_{pl_Rdy}} = \frac{8.44}{274.82} = 0.031 < 1.000 \rightarrow$ O.K.

(). Calculate plastic shear resistance in local-z direction (V_{pl_Rdz}).

[Eurocode3:05 6.1, 6.2.6]
 -. $V_{pl_Rdz} = [A_{vz} \cdot f_y / \sqrt{3}] / \Gamma_{M0} = 274.82$ kN.

(). Shear Buckling Check.

[Eurocode3:05 6.2.6]
 -. $HTR < 72 \cdot e / \eta \rightarrow$ No need to check!

(). Check ratio of shear resistance (V_{Edz}/V_{pl_Rdz}).

(LCB = 6, POS = 1)
 -. Applied shear force : $V_{Edz} = 7.98$ kN.
 $\frac{V_{Edz}}{V_{pl_Rdz}} = \frac{7.98}{274.82} = 0.029 < 1.000 \rightarrow$ O.K.

=====
 [[[*]]] CHECK BENDING MOMENT RESISTANCE ABOUT MAJOR AXIS.
 =====

(). Calculate local buckling resistance moment about major axis.

[Eurocode3:05 6.1, 6.2.5]

-. $W_{effy} = 0.0001 \text{ m}^3$.

-. $Mc_{Rdy} = W_{effy} * f_y / \Gamma_{M0} = 50.26 \text{ kN-m}$.

(). Check ratio of moment resistance (M_{Edy}/Mc_{Rdy}).

$M_{Edy} \quad 9.86$

-. $\frac{\quad}{Mc_{Rdy}} = \frac{\quad}{50.26} = 0.196 < 1.000 \text{ ---> O.K.}$

$Mc_{Rdy} \quad 50.26$

=====
 [[[*]]] CHECK BENDING MOMENT RESISTANCE ABOUT MINOR AXIS.
 =====

(). Calculate local buckling resistance moment about minor axis.

[Eurocode3:05 6.1, 6.2.5]

-. $W_{effz} = 0.0001 \text{ m}^3$.

-. $Mc_{Rdz} = W_{effz} * f_y / \Gamma_{M0} = 45.96 \text{ kN-m}$.

 midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
 =====

(). Check ratio of moment resistance (M_{Edz}/Mc_{Rdz}).

$M_{Edz} \quad 10.04$

-. $\frac{\quad}{Mc_{Rdz}} = \frac{\quad}{45.96} = 0.218 < 1.000 \text{ ---> O.K.}$

$Mc_{Rdz} \quad 45.96$

=====
 [[[*]]] CHECK INTERACTION OF COMBINED RESISTANCE.
 =====

(). Calculate Major reduced design resistance of bending and shear.

[Eurocode3:05 6.2.8 (6.30)]

-. In case of $V_{Edz} / V_{pl,Rdz} < 0.5$

-. $My_{Rd} = Mc_{Rdy} = 50.26 \text{ kN-m}$.

(). Calculate Minor reduced design resistance of bending and shear.

[Eurocode3:05 6.2.8 (6.30)]

-. In case of $V_{Edy} / V_{pl,Rdy} < 0.5$

-. $Mz_{Rd} = Mc_{Rdz} = 45.96 \text{ kN-m}$.

(). Check interaction ratio of bending and axial force.

[Eurocode3:05 6.2.9.3 (6.44)] - Class4

$$\begin{aligned}
 & N_{Ed} \quad M_{Edy} + N_{Ed} * e_{Ny} \quad M_{Edz} + N_{Ed} * e_{Nz} \\
 \text{-. } R_{max1} &= \frac{\quad}{A_{eff} * f_y / \Gamma_{M0}} + \frac{\quad}{My_{Rd}} + \frac{\quad}{Mz_{Rd}} \\
 &= 0.415 < 1.000 \text{ ---> O.K.}
 \end{aligned}$$

-. $R_{max} = R_{max1} = 0.415 < 1.000 \text{ ---> O.K.}$

 midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021

```
=====
[[[*]]] CHECK DEFLECTION.
=====
```

- (). Compute Maximum Deflection.
- LCB = 16
- DAF = 1.000 (Deflection Amplification Factor).
- Position = 4.148m From i-end(Node 44).
- Def = 0.019 * DAF = 0.019m (Global Z)
- Def_Lim = 0.073m
- Def < Def_Lim ---> O.K !

13.5. VERIFICHE SLS

Come fatto per le verifiche in ULS, anche in questo caso si procederà con eseguire le verifiche nei confronti del SLS in condizione di Work-position 55°.

Al fine di valutare la deflessione massima ammissibile per la struttura in oggetto si definisce un limite massimo di:

$$\frac{L}{150}$$

Avendo assunto una lunghezza del supporto pari a L=5300 mm allora:

$$\frac{L}{150} = \frac{5300}{150} = 35.3mm$$

Si procederà ora ad illustrare la verifica effettuata per lo SLS.

13.5.1. WORK POSITION : 55°

Nel seguente paragrafo viene riportata la verifica a deformabilità valutata sulla freccia massima dell'elemento più significativo della struttura in esame.

