



**ELEMENTI PRESSO-FLESSI IN  
ACCIAIO  
COLONNA BI-SIMMETRICA  
PROGETTO IN ACCORDO CON  
NTC 2008 e EN 1999-1-1**

**Domenico Leone**





# **ELEMENTI PRESSO-FLESSI IN ACCIAIO COLONNA BI-SIMMETRICA PROGETTO IN ACCORDO CON NTC 2008 e EN 1999-1-1**

---

**Domenico Leone**

*Il prof. Domenico Leone vanta un'esperienza più che trentennale nel campo della progettazione e realizzazione di strutture metalliche sia in campo industriale che infrastrutturale e civile ed è titolare del laboratorio di "Costruzione dell'Architettura" presso la facoltà di Architettura di Genova in qualità di professore a contratto.*

*E' consulente di azienda avendo occupato in precedenza il ruolo di Responsabile del settore di progettazione di opere in carpenteria metallica prima presso la Società Italmont S.p.A. e successivamente presso le Società SMSDemag e Paul-Wurth S.p.A.*

*Ha partecipato alla progettazione di grandi impianti industriali di produzione e trasformazione dell'acciaio e ne ha seguito la realizzazione con le imprese costruttrici e di montaggio acquisendo ampia esperienza in tutti i settori del ciclo di esecuzione delle opere metalliche.*

*Per il suo impegno in campo internazionale vanta ampia conoscenza delle norme di settore utilizzate in varie nazioni con particolare riguardo agli Eurocodici.*

*Ha esercitato ed esercita tuttora attività formativa in ambito Aziendale, Universitario, Pubblico, Privato e dell'Ordine Professionale.*

*È autore del libro "Eurocodice 3" edito da Sistemi Editoriali nonché di numerosi programmi di calcolo automatico dedicati sia alla progettazione di strutture in acciaio di impianti industriali che alla progettazione di componenti strutturali e di dettaglio proprie degli edifici civili e delle infrastrutture (pacchetto SAITU edito da STA DATA S.r.l.) in base agli Eurocodici ed alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.*

*La presente pubblicazione è tutelata dalla legge sul diritto d'autore e non può essere divulgata senza il permesso scritto dell'autore.*

S.T.A. DATA srl  
Corso Raffaello, 12 - 10126 Torino  
tel. 011 6699345 [www.stadata.com](http://www.stadata.com)



---

# Indice

<b>Parte I</b>	<b>ELEMENTI PRESSO-FLESSI IN ACCIAIO</b>	<b>6</b>
1	Premessa .....	6
2	Calcolo di verifica della colonna presso-flessa .....	13
	Verifica di resistenza .....	17
	Verifica di stabilità .....	18

# 1 ELEMENTI PRESSO-FLESSI IN ACCIAIO

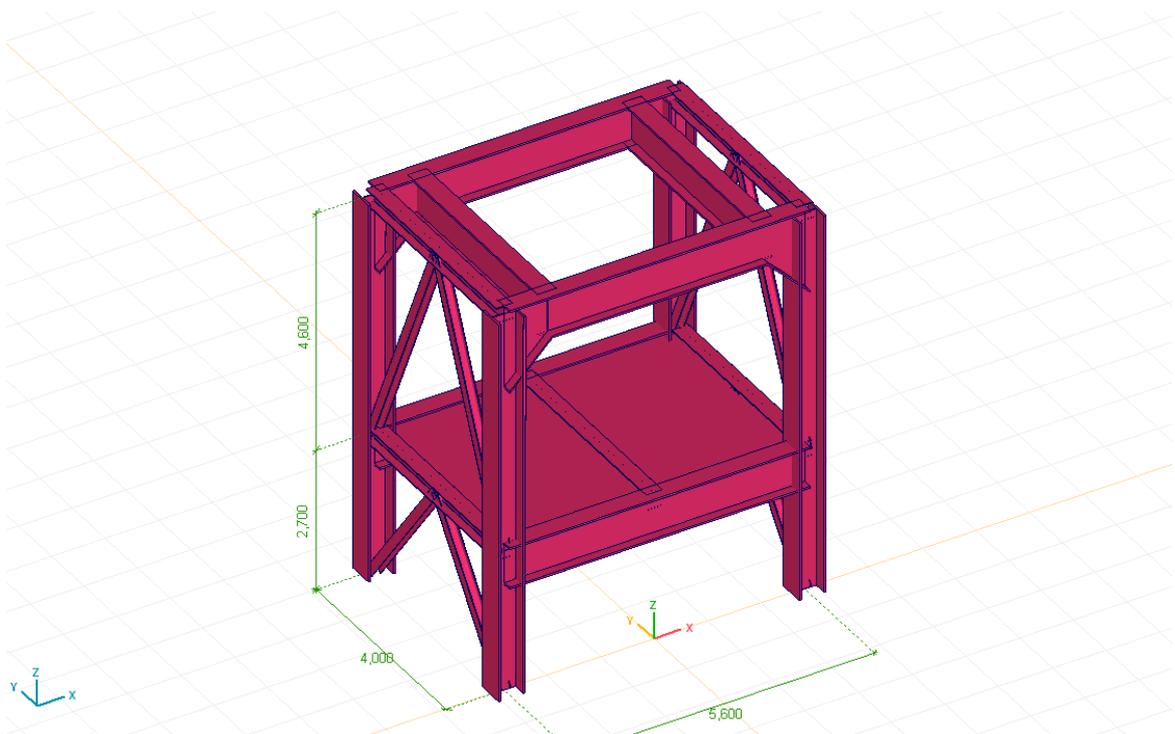
## COLONNA BI-SIMMETRICA

### PROGETTO IN ACCORDO CON NTC 2008 e EN 1999-1-1

#### 1.1 Premessa

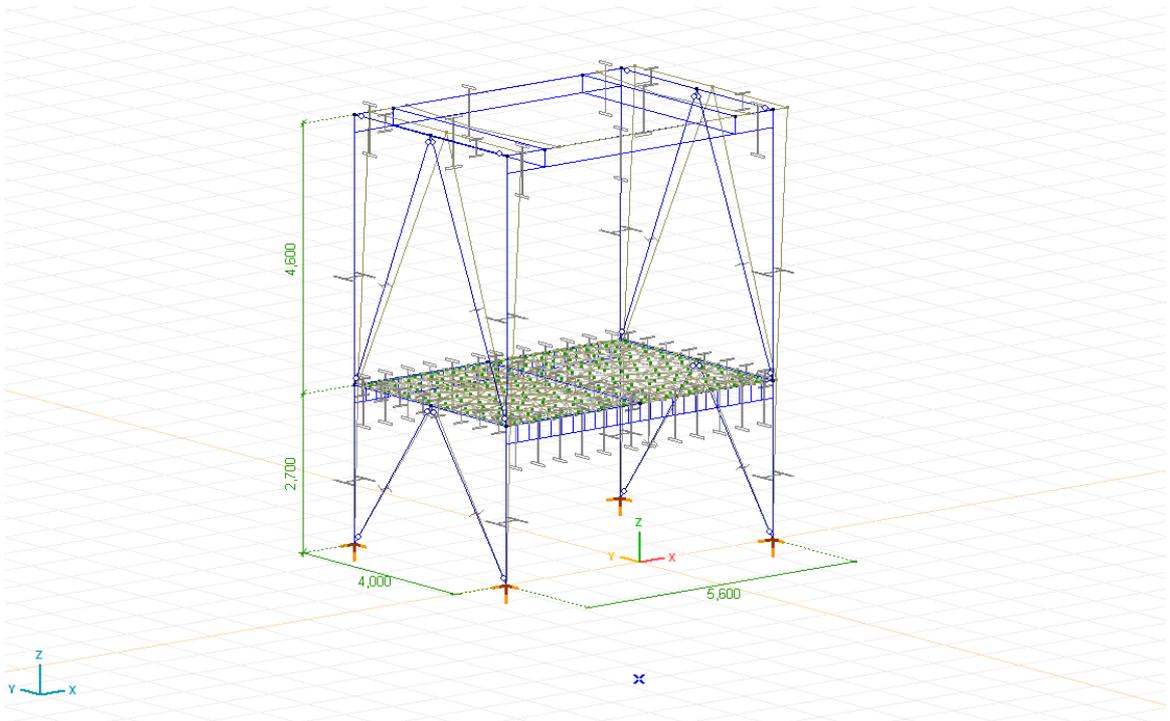
Viene presentato nel seguito un esempio pratico di calcolo eseguito col programma automatico “PrfldevEC3” con riferimento alla norma EN 1993-1-1 e, per quanto riguarda il calcolo in condizioni sismiche, alla norma EN 1998-1.

L’elemento analizzato fa parte di una struttura a torre di tipo industriale che supporta un carico di impianto di grande massa sulla sommità ed ha un comportamento statico diverso nei due piani ovvero “moment resisting frame” nel piano trasversale e “V concentric bracing” nel piano longitudinale. Le 4 colonne sono di tipo aperto con sezione ad H composte saldate.

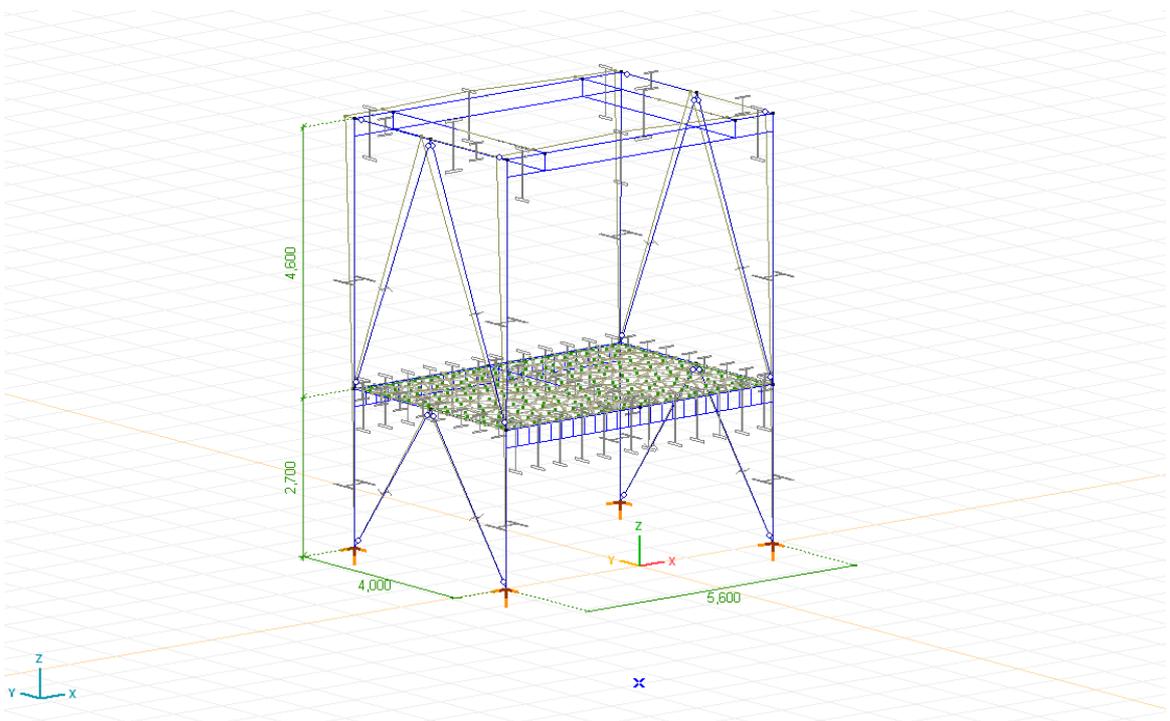


L’analisi dinamica ha evidenziato i seguenti modi principali nei due piani ortogonali:

modo 1 : direzione trasversale :  $f = 14,36$



modo 2 : direzione longitudinale :  $f = 12,14$



L'analisi sismica per il sito in esame ha individuato i parametri dello spettro di accelerazione del suolo e quindi i periodi di riferimento  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$ .

considerando la massa dei carichi gravante sulla struttura ai fini della verifica sismica :

Il periodo del I° modo (trasversale) è :  $T_1 = 0,0696$  sec (freq. = 14,36 Hz)  
 Il periodo del II° modo (longitudinale) è :  $T_2 = 0,0824$  sec (freq. = 12,14 Hz)

sito dell'opera : Comune di .....

classe dell'opera 2 - opera ordinaria con vita nominale  $\geq 50$  anni

classe d'uso III - struttura per impianto industriale importante

parametri di spettro per lo SLU - stato limite di collasso (SLC) :

accelerazione orizzontale del suolo :	$a_g = 1,491$ m/sec <sup>2</sup>	} per terreno di tipo A
amplificazione massima dello spettro di progetto :	$F_0 = 2,402$	
periodo di inizio del tratto a velocità costante :	$T^*_C = 0,293$ sec	
periodo di ritorno :	$T_r = 1462$ anni	

categoria di sottosuolo : tipo

periodo di inizio del tratto a velocità costante :  $T_C = C_C \cdot T^*_C$  (item 3.2.3.2.1 NTC 2008)

coefficiente di sottosuolo :  $C_C = 1,5744 = 1,05 \cdot T^*_C^{-0,33}$  (tab. 3.2.V NTC 2008)

$T_C = 0,4613$  sec

$T_B = T_C / 3 = 0,1538$  sec

$T_D = 4 \cdot a_g / g + 1,6 = 2,208$  sec

il valore calcolato di  $T_1$  e di  $T_2$  è minore di  $T_B$  :

a tale situazione corrisponde il seguente valore dell'accelerazione spettrale di progetto :

$$S_d(T_i) = a_g \cdot (S_S \cdot S_T) \cdot F_0 / q \cdot [T/T_B + q/F_0 \cdot (1 - T/T_B)] \geq 0,2 \cdot a_g$$

è possibile eseguire l'analisi lineare statica poiché risulta  $T_i < 2,5 \cdot T_C = 1,153$  sec

Tenendo conto del diverso comportamento dissipativo nei due piani attraverso due diversi fattori di struttura  $q$ , di seguito sono riportati gli spettri di progetto per lo SLC relativi ad un terreno di tipo "C" .

## SPETTRO DI PROGETTO PER "SLC"

Coefficiente di sottosuolo e topografia :

$$S = S_S \cdot S_T$$

Coeff. di amplificazione stratigrafica :

$$S_S = 1,2 \quad \text{per terreno di tipo C}$$

$$S_S = 1,2$$

$$S_T = 1$$

$$S = 1,2$$

Fattore di duttilità per strutture intelaiate e con controventi a V concentrici :

per bassa duttilità e struttura regolare :  $q = K_R \cdot q_0 = 2$  (7.5.2.2)

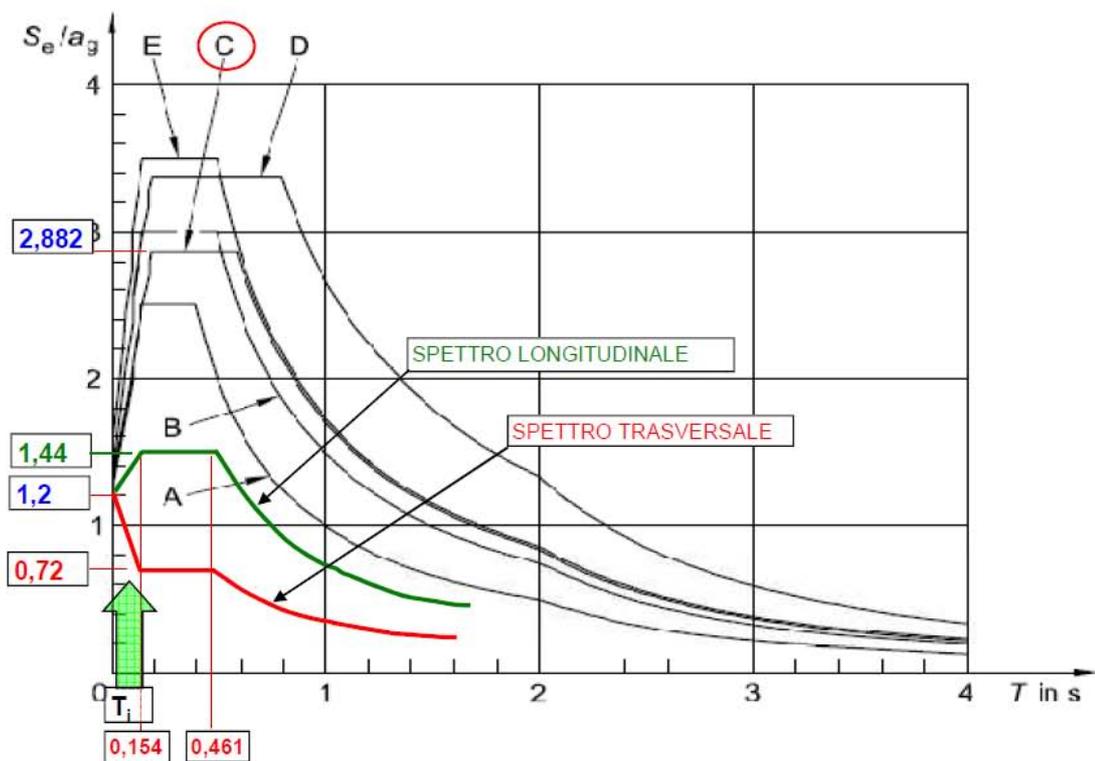
(costruzione regolare in pianta e altezza ;  $K_R = 1$ )

Fattore di duttilità per strutture a telaio resistente a momento :

(7.5.2.2)

per bassa e alta duttilità e struttura regolare :  $q = K_R \cdot q_0 = 4$

(costruzione regolare in pianta e altezza ;  $K_R = 1$ )



$$S_d(T_1) = a_g \cdot (S_S \cdot S_T) \cdot F_0 / q \cdot [T_1 / T_B + q / F_0 \cdot (1 - T_1 / T_B)] = 1,4655 \text{ m/sec}^2$$

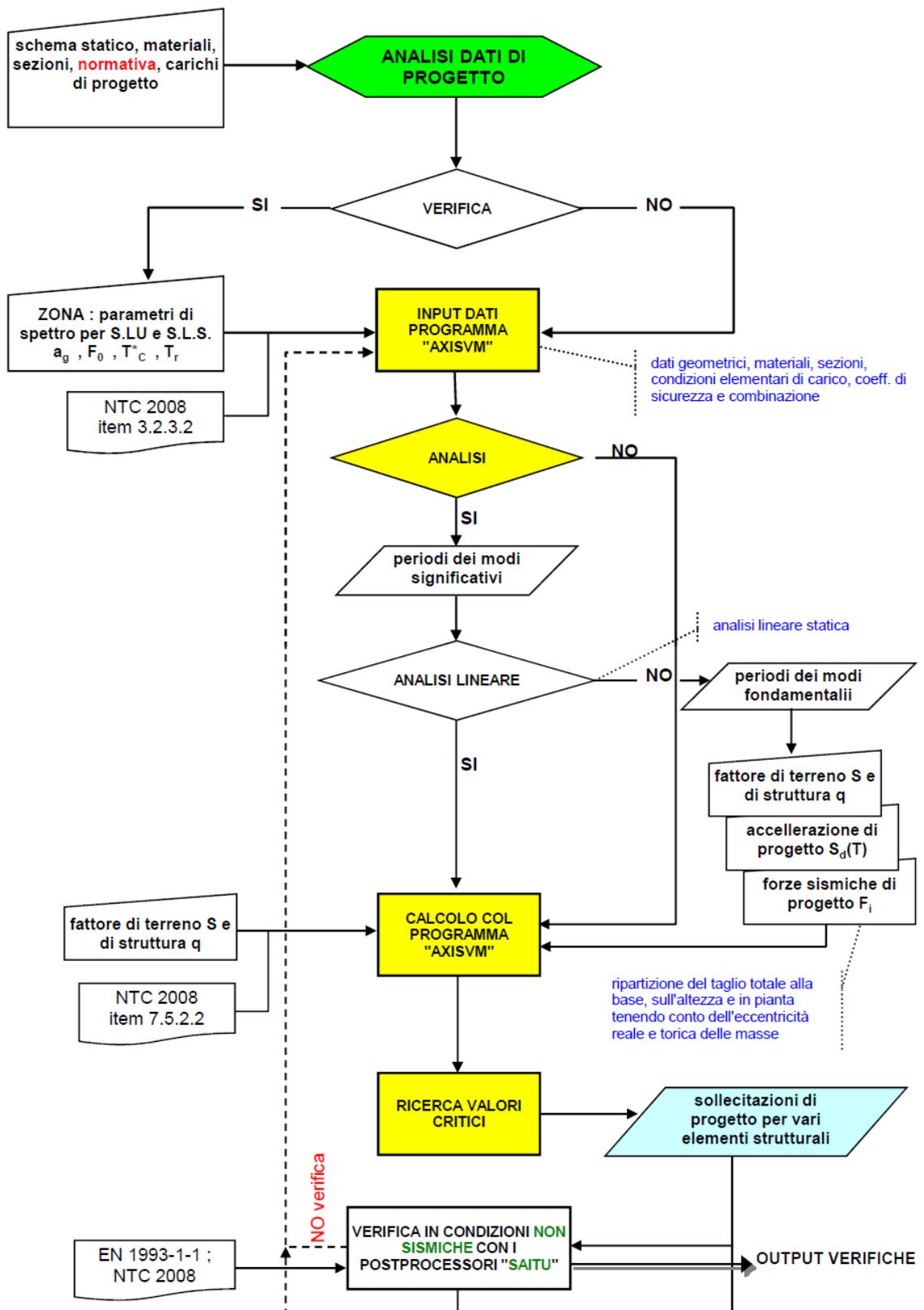
$$S_d(T_1) / a_g = 0,98289$$

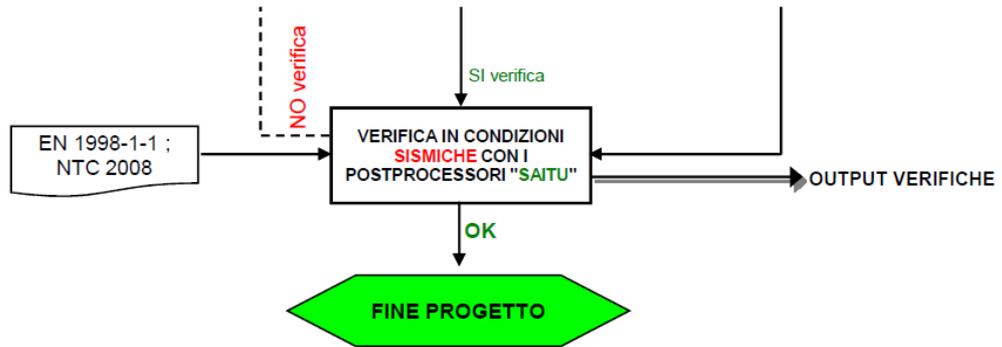
$$S_d(T_2) = a_g \cdot (S_S \cdot S_T) \cdot F_0 / q \cdot [T_2 / T_B + q / F_0 \cdot (1 - T_2 / T_B)] = 1,9818 \text{ m/sec}^2$$

$$S_d(T_2) / a_g = 1,32921$$

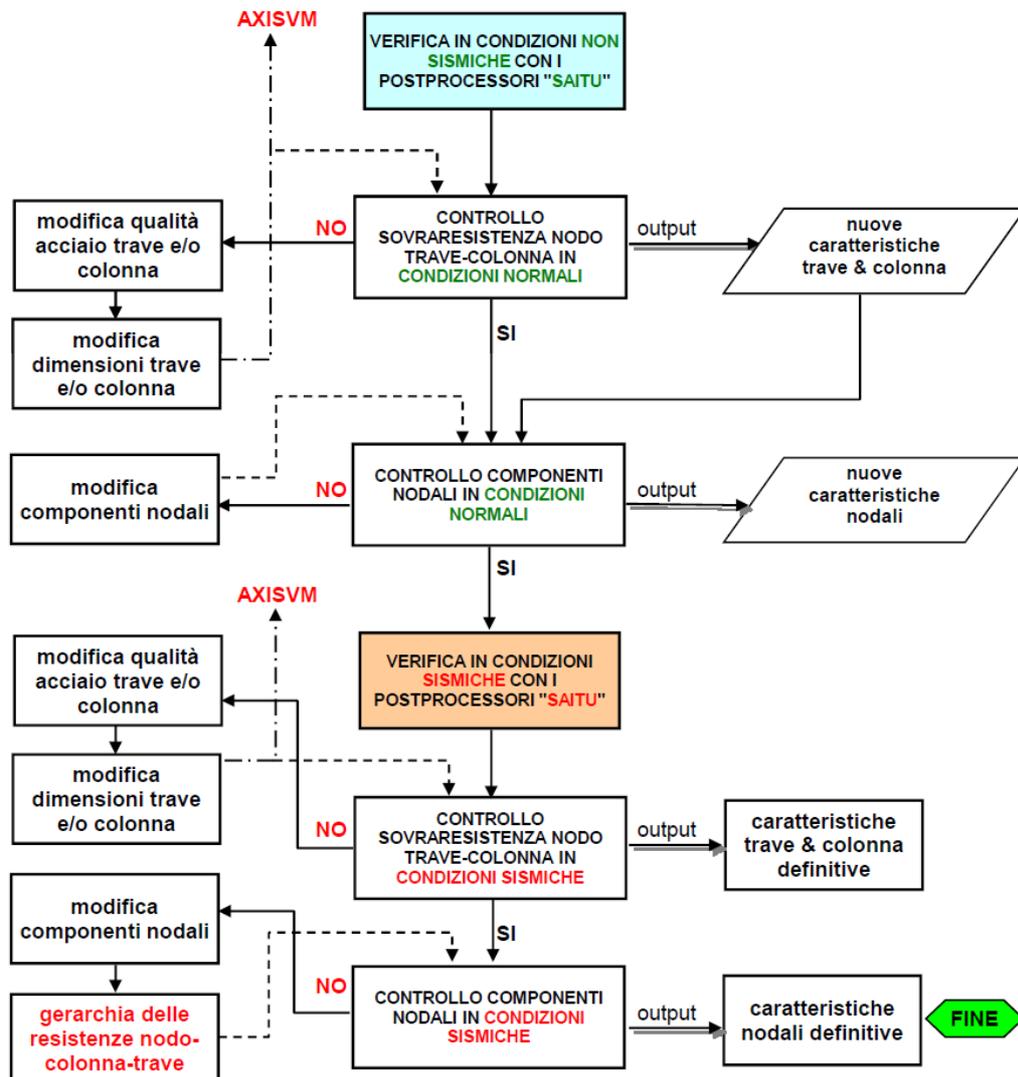
Il procedimento che sarà sviluppato nel seguito è illustrato nelle seguenti flow-charts

## CICLO DI PROGETTO INTEGRATO





### ESEMPIO STRUTTURA A PORTALE (MOMENT RESISTING FRAME)



E' evidente che la verifica in condizioni sismiche è complementare alla verifica in condizioni normali e già in questa fase devono essere rispettati alcuni principi gerarchici nel caso di azioni rilevanti.

## 1.2 Calcolo di verifica della colonna presso-flessa

Per un elemento “COLONNA” le sollecitazioni sismiche (N,M,V) devono essere ricavate da una combinazione che è la somma degli effetti prodotti dal carico permanente (o massa sismica) e dell’azione **sismica orizzontale** opportunamente maggiorati (item 6.6.2 – 6.6.3 EN 1998-1) :

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= N_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot N_{Ed,E} && \leq N_{pl,Rd} \\ M_{Ed} &= M_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot M_{Ed,E} \\ V_{Ed} &= V_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot V_{Ed,E} \end{aligned}$$

$\gamma_{ov}$  è il coefficiente di sicurezza per il materiale che può essere definito (in accordo con NTC 2008) in funzione della classe di resistenza del materiale oppure (in accordo con EN 1998-1) indipendentemente dal materiale e univocamente posto uguale a **1,25**

$\Omega$  è il fattore di sovrarresistenza che per un **elemento di telaio resistente a momento** (moment resisting frame) è dato dalla seguente espressione :

$$\Omega = \min [ M_{pl,Rd,i} / M_{Ed,i} ; q ] \text{ dove } q = 4 \text{ per bassa duttilità}$$

Se si assume come zona dissipativa la base della colonna il momento resistente plastico di progetto della colonna è dato da (& 6.6.3 (2) – EN 1998-1) :

$$M_{pl,Rd,i} = W_{pl} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 10110 \cdot 27,5 / 1,05 = \mathbf{264797} \text{ kNcm}$$

$M_{Ed,i}$  = valore di progetto del momento flettente nell’asta nella situazione sismica di progetto = **52108** kNcm

$$M_{pl,Rd,i} / M_{Ed,i} = 264797 / 52108 = 5,08 \text{ per cui } \Omega = 4$$

La schermata seguente illustra il calcolo delle sollecitazioni di progetto della colonna in condizioni sismiche.

**E' bene sottolineare che tali sollecitazioni sono utilizzate per la verifica di resistenza della sezione dissipativa dell'elemento mentre per la verifica di stabilità si devono usare le massime sollecitazioni lungo l'asta calcolate per la combinazione sismica di progetto senza maggiorazioni dell'effetto sismico.**

**SECONDO EN 1998-1 (it. 6.6.2 - 6.6.3) e NTC 2008 (it. 7.5.4) - per telai resistenti a momento**

elemento COLONNA

$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot N_{Ed,E} \leq N_{pl,Rd}$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot M_{Ed,E}$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot V_{Ed,E}$$

$\Omega = \min [ E_{pl,Rd,i} / E_{Ed,i} ; q ] = 4,00 \leq q$

$\Omega = \min [ 1,5 \cdot E_{p,jink,i} / E_{Ed,i} ; q ] =$

$\Omega = \min.$  tra tutte le zone dissipat.

$E = M$

TRAVE di telaio resistente a momento

$$N_{Ed} \leq 0,15 \cdot N_{pl,Rd} = 0$$

$$M_{Ed} \leq M_{pl,Rd} = 0$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,G} + V_{Ed,M} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} = 0$$

$$V_{Ed,M} = (M_{pl,Rd,A} + M_{pl,Rd,B}) / L = 0$$

$$N_{Ed} \leq \min [ N_{1,y,Rd} ; N_{2,y,Rd} ] = 0$$

$N_{Ed,G}$	300,4 kN	$N_{Ed,E}$	665,98 kN
$M_{Ed,G}$	17592 kNcm	$M_{Ed,E}$	34516 kNcm
$V_{Ed,G}$	59,34 kN	$V_{Ed,E}$	76,53 kN

per la verifica a taglio

$$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} = 635 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 136 \text{ kN}$$

$N_{Ed}$	3670 kN
$M_{Ed}$	192242 kNcm
$V_{Ed}$	446 kN

dati di input del progetto

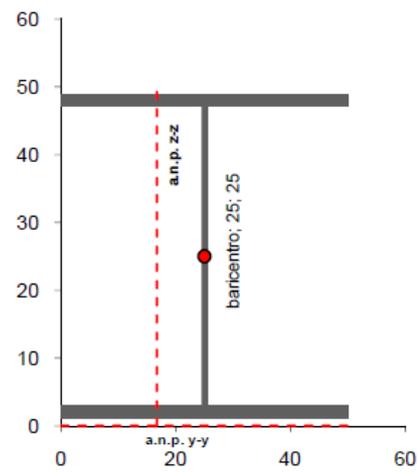
Un link trasferisce le sollecitazioni di progetto nella maschera di input iniziale che quindi si presenta nel seguente modo:

MATERIALE	S 275 N(H)	EN 10025-3	$f_y = 27,50$ kN/cm <sup>2</sup>	$\epsilon = 0,92$	$\gamma_{M0} = 1,05$
SEZIONE	SALDATA	ELEMENTO	COLONNA	PROFILO	CS
					distanza anime = cm

<b>SOLLECITAZIONI DI PROGETTO :</b>				resistenza	stabilità
combinazione di carichi SISMICA ; $q > 1$		Momento principale	$M_{y,Ed} =$ kNcm	192242	52108
elemento di struttura dissipativa		Taglio principale	$V_{z,Ed} =$ kN	446	135,87
<a href="#">elaborazione dati di input a pag 4</a>		Momento laterale	$M_{z,Ed} =$ kNcm	862	1085
		Taglio laterale	$V_{y,Ed} =$ kN	4,14	
		Compressione	$N_{Ed} =$ kN	3670	966,38

La sezione composta saldata è descritta con pochi dati di input e viene istantaneamente disegnata

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE :



$d_{Gy} =$  dist. baric. orizz. = cm      0,00  
 $d_{Gz} =$  dist. baric. vert. = cm      0,00

Le caratteristiche geometriche della sezioni sono automaticamente calcolate:

Altezza totale sezione	(h)	cm	50	50
Larghezza piattab. sup.	(b <sub>f</sub> )	cm	50	50
Larghezza piattab. inf.	(b <sub>i</sub> )	cm		50
Spessore anima	(t <sub>w</sub> )	cm	2	2
Spessore piattab. sup.	(t <sub>f</sub> )	cm	4	4
Spessore piattab. inf.	(t <sub>i</sub> )	cm		4
Raccordo anima-piattab.	(r)	cm	1,2	1,2
Altezza netta anima	(d)	cm		39,6
Sporgenza ala superiore	(c <sub>f</sub> )	cm		22,80
Sporgenza ala inferiore	(c <sub>i</sub> )	cm		22,80
Area tot. della sezione	(A)	cm <sup>2</sup>		485,24
Posiz. asse baricentrico	(z <sub>G</sub> )	cm		25,00
Pos. asse neutro plastico	(z <sub>n</sub> )	cm		0,00
Pos. a.n.p. per flessione	(d <sub>2</sub> )	cm		25,00
Pos. asse neutro plastico	(y <sub>n</sub> )	cm		16,66
Momento di inerzia max.	(J <sub>y</sub> )	cm <sup>4</sup>		225026
Momento di inerzia min.	(J <sub>z</sub> )	cm <sup>4</sup>		83364
Momento di inerzia tors.	(J <sub>t</sub> )	cm <sup>4</sup>		2246
W <sub>ys</sub> esterno piattab. sup.		cm <sup>3</sup>		9001
W <sub>yi</sub> esterno piattab. inf.		cm <sup>3</sup>		9001
W <sub>ya</sub> estremità racc. anima		cm <sup>3</sup>		11365
W <sub>y.el.min</sub> = MIN (W <sub>ys</sub> , W <sub>yi</sub> )		cm <sup>3</sup>		9001
W <sub>zs</sub> esterno piattabande		cm <sup>3</sup>		3335
W <sub>zc</sub> sez. racc. ala-anima		cm <sup>3</sup>		37893
W <sub>pl.y</sub> .....		cm <sup>3</sup>		10110
W <sub>pl.z</sub> .....		cm <sup>3</sup>		5044

Conseguentemente viene eseguita la classificazione della sezione.

#### CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Rapporto larghezza / spessore :	anima	d/t <sub>w</sub> =	19,80	
	ali sporgenti	c/t <sub>f</sub> =	5,70	
	elementi int.	c/t =	0,00	per sezione scatolare
	presso-fless.			anima
Rapp. limite larghezza/spessore anima :	classe 1	30,51	$\alpha_d = 1,000$	$= a_c / d$
asse neutro elastico = cm 15,516	classe 2	35,13	$\psi_d = -0,352$	$= \sigma_T / \sigma_C$
coefficiente di adattamento 0,783	classe 3	70,11	$\psi_y = -0,44994$	
			classe dell'anima	1
	ali sporgenti			ali sporgenti
Rapp. limite larghezza/spessore piattab.	classe 1	8,32	$\alpha_c = 1,000$	
asse neutro elastico = cm 533,801	classe 2	9,24	$\psi_c = 1,047$	
coefficiente di adattamento 0,000	classe 3	12,68	$\psi_z = 1,103348$	
	ks =	0,42685659	classe piattabanda	1
	CLASSE SEZIONE			1

Per tutte le problematiche relative alla classificazione delle sezioni presso-

flesse si rimanda alla parte 1 di questo ciclo ovvero “Faresismica 1”

### 1.2.1 Verifica di resistenza

La verifica di resistenza è eseguita in assenza di taglio ed in presenza di taglio quando quest’ultimo supera il 50% della resistenza di progetto a taglio.

Inoltre, in assenza di taglio, la verifica è eseguita in base a due criteri distinti relativi, il primo, a sezioni di classe  $\leq 2$  ed il secondo a sezioni di classe  $\leq 4$  (comprese le sezioni di classe  $\leq 2$ ) mentre in presenza di taglio si seguono due criteri “dedicati” il primo a sezioni di classe  $\leq 2$  ed il secondo a sezioni di classe 3 o 4.

Il primo criterio è richiesto dall’item 6.2.9.1 (6) della EN 1993-1-1 mentre il secondo criterio (**più cautelativo**) è richiesto dagli items 6.2.9.2 e 6.2.9.3 della stessa norma.

Nel caso di sezioni di classe  $\leq 2$  viene tenuta in conto anche l’influenza della forza assiale sul **momento resistente di progetto** quando la forza assiale di progetto supera entrambi i seguenti valori limite (con riferimento al caso in esame) :

$$N_{1,y,Rd} = 0,25 \cdot N_{pl,Rd} = 3177 \quad N_{2,y,Rd} = h_w \cdot t_w \cdot f_d / 2 = 1100$$

I fattori di riduzione del momento resistente in presenza di forza assiale sono definiti nell’item 6.2.9.1 della EN 1993-1-1 con riferimento a sollecitazioni di flessione nel piano principale e nel piano laterale e a sezioni di tipo chiuso o aperto.

La verifica in presenza di forza di taglio e forza assiale presenti oltre i limiti stabiliti, è eseguita in base all’item 6.2.10 della EN 1993-1-1 attraverso la riduzione dell’area di taglio nella valutazione del momento resistente.

La seguente schermata riassume il quadro delle verifiche di resistenza con evidenziati gli algoritmi di calcolo ; i parametri  $\alpha$  e  $\beta$  sono gli esponenti delle espressioni di verifica che possono essere posti cautelativamente uguale a 1.

Essendo la sezione di classe 1 la prima verifica (di seguito esposta) è eseguita col criterio 1.

## VERIFICA DI RESISTENZA

Area di taglio nel piano principale :	$A_{vz} = \eta' \cdot h_w \cdot t_w$ o $\eta'' \cdot A$	$A_{vz} =$	84,00	cm <sup>2</sup>
Area di taglio nel piano laterale :	$A_{vy} = \eta' \cdot b_f \cdot t_f$ o $\eta'' \cdot A$	$A_{vy} =$	400,00	cm <sup>2</sup>
Resist. plastica di progetto a taglio :	$V_{z,pl,Rd} = A_{vz} \cdot (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0}$	$V_{z,pl,Rd} =$	1270	kN
	$V_{y,pl,Rd} = A_{vy} \cdot (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0}$	$V_{y,pl,Rd} =$	6048	kN
$V_{z,Ed} < 50\% V_{z,pl,Rd}$	$\rho_z = (2 \cdot V_{z,Ed} / V_{z,pl,Rd} - 1)^2$	$\rho_z =$	0,000	
$V_{y,Ed} < 50\% V_{y,pl,Rd}$	$\rho_y = (2 \cdot V_{y,Ed} / V_{y,pl,Rd} - 1)^2$	$\rho_y =$	0,000	
Verifica di resistenza per sezione di classe		1	$f_d = f_y / \gamma_{M0} =$	26,19 kN/cm <sup>2</sup>
			$W_{pl,y,fl} =$	9200 cm <sup>3</sup>
$r_y = 0,780$	$n = 0,289$	$a_w = 0,176$	$M_{N,y,Rd} = W_y \cdot f_{d,rid} =$	206462 kNcm
$r_z = 0,981$	$n = 0,289$	$a_f = 0,500$	$M_{N,z,Rd} = W_z \cdot f_{d,rid} =$	129610 kNcm
$N_{1,y,Rd} = 0,25 \cdot N_{pl,Rd} = 3177$	$N_{2,y,Rd} = h_w \cdot t_w \cdot f_d / 2 = 1100$		$N_{Ed} \leq N_{V,Rd}$ (cl <=2) =	2310 kN
$N_{Ed} > \min(N_{1,y,Rd}; N_{2,y,Rd})$	SI forza assiale		$N_{V,Rd} = A_v \cdot (1-\rho) \cdot f_y =$	2310 kN
per classe <=2	$[M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd}]^\alpha + [M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd}]^\beta$	$\alpha = 1,000$	$\beta = 1,000$	verif. 1
per classe <=4	$[N_{Ed}/A + (M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}) / W_y + (M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}) / W_z] / f_d$		$R_{M,N} =$	0,938 < 1
per classe <=2	$[W_{pl,y} - 1 / (4 \cdot n_w \cdot t_w) \cdot (\rho \cdot A_v^2 + N_{Ed}^2 / (1-\rho) \cdot f_y^2)] \cdot f_d < M_{N,y,Rd}$			
per classe 3 o 4	$[W_{pl,y,fl} + (1-\rho) \cdot A_v^2 / (6 \cdot n_w \cdot t_w) - N_{Ed}^2 / ((1-\rho) \cdot f_y^2 \cdot 4 \cdot n_w \cdot t_w)] \cdot f_d$		$M_{NV,y,Rd} =$	----- kNcm
$N_{z,Rd} = n_w \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_d = 2200$	$N_{Ed} > N_{z,Rd}$		$M_{NV,z,Rd} =$	----- kNcm
se $V_{z,Ed} > 50\% V_{pl,Rd}$	resistenza dell'area di taglio ridotta del fattore (1- $\rho$ )		$R_{M,N,V} =$	----- < 1

Nel caso si voglia controllare l'effetto dei due diversi criteri di verifica sulla sezione, un pulsante consente di eseguire l'una o l'altra verifica lasciando al progettista la decisione sul livello di sicurezza che intende attribuire alla struttura.

Di seguito è proposta la verifica col criterio 2 che evidenzia la non idoneità della sezione con una differenza del 9 % circa rispetto al criterio 1.

per classe <=2	$[M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd}]^\alpha + [M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd}]^\beta$	$\alpha = 1,000$	$\beta = 1,000$	verif. 2
per classe <=4	$[N_{Ed}/A + (M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}) / W_y + (M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}) / W_z] / f_d$		$R_{M,N} =$	1,021 < 1
per classe <=2	$[W_{pl,y} - 1 / (4 \cdot n_w \cdot t_w) \cdot (\rho \cdot A_v^2 + N_{Ed}^2 / (1-\rho) \cdot f_y^2)] \cdot f_d < M_{N,y,Rd}$			
per classe 3 o 4	$[W_{pl,y,fl} + (1-\rho) \cdot A_v^2 / (6 \cdot n_w \cdot t_w) - N_{Ed}^2 / ((1-\rho) \cdot f_y^2 \cdot 4 \cdot n_w \cdot t_w)] \cdot f_d$		$M_{NV,y,Rd} =$	----- kNcm
$N_{z,Rd} = n_w \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_d = 2200$	$N_{Ed} > N_{z,Rd}$		$M_{NV,z,Rd} =$	----- kNcm
se $V_{z,Ed} > 50\% V_{pl,Rd}$	resistenza dell'area di taglio ridotta del fattore (1- $\rho$ )		$R_{M,N,V} =$	----- < 1

### 1.2.2 Verifica di stabilità

Deve essere definita la lunghezza L dell'elemento tra i vincoli torsionali nonchè se si tratta di vincolo pienamente efficace o parzialmente efficace

Anche le lunghezze libere di inflessione nei due piani devono essere predefinite insieme ai fattori di variazione della lunghezza ( $k$  e  $k_w$ ) per l'instabilità laterale e a svergolamento delle estremità.

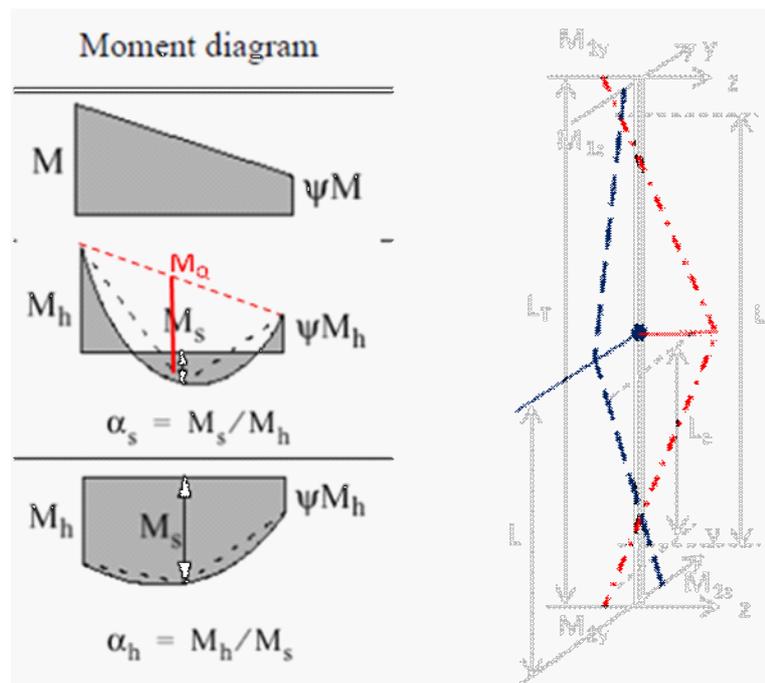
I momenti alle estremità dell'elemento, come anche l'eventuale momento

intermedio, si riferiscono alla combinazione sismica di progetto **senza alcuna maggiorazione**.

Distanza effettiva tra i vincoli torsionali :	$L = 460$ cm	vincolo effettivo	▼
Lunghezza libera nel piano principale :	$L_y = 460$ cm		
Momenti principali di estremità (+;-)	$M_{1y} = 52108$	$M_{2y} = -18884$	kNcm
Momenti laterali di estremità (+;-)	$M_{1z} = -4382$	$M_{2z} = 4362$	kNcm
(1) Mom. per carichi trasv. nel piano principale	$ M_{Qy}  = 0$	$\Delta M_y = 70992$	kNcm
(1) Mom. per carichi trasv. nel piano laterale	$ M_{Qz}  = 0$	$\Delta M_z = 8744$	kNcm
Diagramma del momento flettente (*) :	$(l,p,t,q)_y = I$	$(l,p,t,q)_z = I$	
Fattore di lunghezza effettiva $k$ (0,5-0,7-1)	$k = 0,5$	rotazione z-z impedita delle estremità	
Fattore di lunghezza effettiva $k_w$ (0,5-0,7-1)	$k_w = 0,5$	distorsione impedita delle estremità	
Fattore di distribuzione momenti estremi :	$\psi_y = -0,36$	$\psi_z = -1,00$	$-1 < \psi < 1$
Max. spostamento dell'elemento :	$ \delta x_y  =$	$ \delta x_z  =$	cm
		$M_{zEd max} = 1085$	kNcm

nota (1) : momento calcolato per trave semplicemente appoggiata

Schemi e diagrammi dei momenti lungo l'asta sono di seguito rappresentati :



Il carico trasversale può essere applicato a livello baricentrico, a livello del centro di taglio o sull'estradosso della sezione con conseguenze sul calcolo del momento critico elastico secondo EN.

Il momento critico elastico secondo NTC 2008, applicabile solo a sezioni a I a doppia simmetria con carico baricentrico e con rotazioni e distorsioni libere alle estremità, è dato dalla seguente espressione

$$M_{cr} = \psi \cdot \frac{\pi}{L_{cr}} \cdot \sqrt{EJ_y \cdot GJ_T} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{\pi}{L_{cr}}\right)^2 \cdot \frac{EJ_{\omega}}{GJ_T}}$$

Il momento critico secondo ENV 1993-1-1 Appendix F – item F1.3 è dato, per sezione a doppia simmetria, dalla seguente espressione :

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 E I_z}{(kL)^2} \left\{ \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(kL)^2 G I_t}{\pi^2 E I_z} + (C_2 z_g)^2} - C_2 z_g \right\}$$

La schermata che segue riporta il calcolo del Momento critico secondo EC3 :

Coeff. di forma (*) :	C1 =	3,093	C2 =	0,00	C3 =	1,546
(*) Fatt. di mom. unif. equival. nel piano princip.	$\beta_{My}$ =	2,054	diagramma lineare			
(*) Fatt. di mom. unif. equival. nel piano laterale	$\beta_{Mz}$ =	2,497	diagramma lineare			
$\beta_w = W_{calc}/W_{pl,y}$	$\beta_w$ =	1,00	per sez. di classe 1			
$I_w$ = costante di distorsione :	$I_w$ =	44083333	cm <sup>6</sup>	per sezione aperta		
$z_g$ = punto di applicazione del carico	baricentro					
<b>Momento critico elastico :</b>	<b><math>M_{cr}</math> =</b>	<b>24420764</b>	kNcm	<b>EN 1993-1-1</b>		

La seguente schermata illustra il calcolo di tutti i parametri adimensionali per la verifica di stabilità a presso-flessione e flesso-torsione in accordo con le seguenti espressioni della norma EN 1993-1-1 e NTC 2008

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

Lunghezza libera nel piano laterale :	$L_z =$	460	cm	EC3	▼		
Snellezze effettive per presso-flessione :	$\lambda_y =$	21		$\lambda_z =$	35		
Snellezze adimensionali corrispondenti :	$\bar{\lambda}_y =$	0,246		$\bar{\lambda}_z =$	0,404		
Snellezza per l'instabilità flessio-torsionale :	$\lambda_{LT} =$	9		$\lambda_0 =$	16,29126		
Snellezza adimensionale corrispondente :	$\bar{\lambda}_{LT} =$	0,107		$\bar{\lambda}_{LT,0} =$	0,4		
Rapporto altezza / larghezza sezione :	$h/b =$	1		$\bar{\lambda}_0 =$	0,187682		
Coeff. di imperfezione per presso-flessione :	$\alpha_y =$	0,34		$\alpha_z =$	0,49		
$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2)] + \bar{\lambda}^4$	$\phi_y =$	0,538		$\phi_z =$	0,632		
Coeff. di imperfezione per flessio-torsione :	$\alpha_{LT} =$	0,49	per sezione saldata	$\beta =$	0,75		
$\phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0})] + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2$	$\phi_{LT} =$	0,432					
Coeff. di riduzione per presso-flessione :	$\chi_y =$	0,984		$\chi_z =$	0,895		
Coeff. di riduzione per flessio-torsione :	$\chi_{LT} =$	1,000		$\chi_{min} =$	0,895		
$\mu_y =$	0,150	$k_y =$	0,989	$k_{yy} =$	0,457	$k_{yz} =$	0,244
$\mu_z =$	0,525	$k_z =$	0,958	$k_{zy} =$	0,274	$k_{zz} =$	0,407
$\mu_{LT} =$	-0,025	$k_{LT} =$	1,000	VERIFICA SECONDO EN 1993-1-1 - METODO 2 ▼			
fattore di correzione per distribuzione del momento tra i vincoli							
$f = 1 - 0,5 \cdot (1 - k_c) \cdot [1 - 2,0 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,8)^2]$	$f =$	0,994		$\gamma_{M1} =$	1,05		
$k_c = 0,690$	$\chi_{LT,mod} = \chi_{LT} / f =$	1,000		$f_d = f_y / \gamma_{M1} =$	26,19	kN/cm <sup>2</sup>	

## VERIFICA DI STABILITA' PER PRESSO-FLESSIONE

ENV 1993	$[N_{Ed} / (\chi_{min} \cdot A) + k_y \cdot (M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}) / W_y + k_z \cdot (M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}) / W_z] / f_d =$	
EN 1993-1-1	$[N_{Ed} / (\chi_y \cdot A) + k_{yy} \cdot (M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}) / (\chi_{LT} \cdot W_y) + k_{yz} \cdot (M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}) / W_z] / f_d =$	0,169 < 1

## VERIFICA DI STABILITA' PER FLESSIO-TORSIONE

ENV 1993	$[N_{Ed} / (\chi_z \cdot A) + k_{LT} \cdot (M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}) / (\chi_{LT} \cdot W_y) + k_z \cdot (M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}) / W_z] / f_d =$	
EN 1993-1-1	$[N_{Ed} / (\chi_z \cdot A) + k_{zy} \cdot (M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}) / (\chi_{LT} \cdot W_y) + k_{zz} \cdot (M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}) / W_z] / f_d =$	0,142 < 1

In grigio chiaro e neretto sono riportati parametri e criteri di verifica secondo la versione sperimentale della EN 1993 (ENV 1993-1-1)

Il calcolo è eseguito in base al metodo 2 della EN 1993-1-1 adottato anche dalle NTC 2008 i cui parametri di interazione k dei momenti, riferiti al caso in esame, sono di seguito esposti anche per il metodo 1 dell'EC3:

FATTORI DI INTERAZIONE kij - METODO 1

FATTORE DI INTERAZ.	SEZ. DI Classe 3 e 4	SEZ. DI Classe 1 e 2	
$k_{yy}$	$C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} = 0,71589$	$C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \frac{1}{C_{yy}} = 0,705387$	$k_{yy} = 0,705387$ $N_{cr,y} = 220412,9$
$k_{yz}$	$C_{mz} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} = 0,58216$	$C_{mz} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \frac{1}{C_{yz}} 0,6 \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} = 0,395257$	$k_{yz} = 0,395257$ $N_{cr,z} = 81654,6$
$k_{zy}$	$C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} = 0,715043$	$C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \frac{1}{C_{zy}} 0,6 \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} = 0,367137$	$k_{zy} = 0,367137$
$k_{zz}$	$C_{mz} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} = 0,581471$	$C_{mz} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \frac{1}{C_{zz}} = 0,802757$	$k_{zz} = 0,802757$
<b>TERMINI AUSILIARI</b>			
$\mu_y = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}{1 - \chi_y \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} = 0,999928$		$C_{yy} = 1 + (w_y - 1) \left[ \left( 2 - \frac{1,6}{w_y} C_{my}^2 \bar{\lambda}_{max} - \frac{1,6}{w_y} C_{my}^2 \bar{\lambda}_{max}^2 \right) n_{pl} - b_{LT} \right] \geq \frac{W_{d,y}}{W_{pl,y}} = 1,014889$ $b_{LT} = 0,5 a_{LT} \frac{\bar{\lambda}_0^2}{\chi_{LT} M_{pl,y,Rd}} \frac{M_{y,Ed}}{M_{z,Ed}} = 2,82E-05$	
$\mu_z = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}{1 - \chi_z \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} = 0,998745$		$C_{yz} = 1 + (w_z - 1) \left[ \left( 2 - 14 \frac{C_{mz}^2 \bar{\lambda}_{max}^2}{w_z^5} \right) n_{pl} - c_{LT} \right] \geq 0,6 \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} \frac{W_{d,z}}{W_{pl,z}} = 1,021225$ $c_{LT} = 10 a_{LT} \frac{\lambda_0^2}{5 + \bar{\lambda}_z^4} \frac{M_{y,Ed}}{C_{my} \chi_{LT} M_{pl,y,Rd}} = 0,102047$	
$w_y = \frac{W_{pl,y}}{W_{el,y}} \leq 1,5 = 1,123249$ $w_z = \frac{W_{pl,z}}{W_{el,z}} \leq 1,5 = 1,5$		$C_{zy} = 1 + (w_y - 1) \left[ \left( 2 - 14 \frac{C_{my}^2 \bar{\lambda}_{max}^2}{w_y^5} \right) n_{pl} - d_{LT} \right] \geq 0,6 \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} \frac{W_{d,y}}{W_{pl,y}} = 1,011225$ $d_{LT} = 2 a_{LT} \frac{\bar{\lambda}_0}{0,1 + \bar{\lambda}_z^4} \frac{M_{y,Ed}}{C_{my} \chi_{LT} M_{pl,y,Rd}} \frac{M_{z,Ed}}{C_{mz} M_{pl,z,Rd}} = 0,011558$	
$n_{pl} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rk} / \gamma_{M1}} = 0,076042$ $C_{my}$ see Table A.2 $a_{LT} = 1 - \frac{I_T}{I_y} \geq 0 = 0,990018$		$C_{zz} = 1 + (w_z - 1) \left[ \left( 2 - \frac{1,6}{w_z} C_{mz}^2 \bar{\lambda}_{max} - \frac{1,6}{w_z} C_{mz}^2 \bar{\lambda}_{max}^2 \right) n_{pl} - e_{LT} \right] \geq \frac{W_{d,z}}{W_{pl,z}} = 0,724342$ $e_{LT} = 1,7 a_{LT} \frac{\bar{\lambda}_0}{0,1 + \bar{\lambda}_z^4} \frac{M_{y,Ed}}{C_{my} \chi_{LT} M_{pl,y,Rd}} = 0,688156$	
$N_{Rk} = 13343,99$ $N_{cr,T} = 81654,6$ $N_{cr,TF} = 81654,6$ $M_{pl,y,Rd} = 264797$ $M_{pl,z,Rd} = 132097,7$		$I_T \bar{\lambda}_0 \leq 0,2 \sqrt{C_1} \sqrt{\left( 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} \right) \left( 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,TF}} \right)}$ $N_{cr,TF} = \frac{N_{cr,y}}{2 \beta} \left[ 1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} - \sqrt{\left( 1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} \right)^2 + 4 \left( \frac{y_0}{i_0} \right)^2 \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}}} \right]$	$C_{my} = C_{my,0} = 0,712803$ $C_{mz} = C_{mz,0} = 0,575311$ $C_{mLT} = 1,0 = 1,000000$
$0,2 \sqrt{C_1} \sqrt{\left( 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} \right) \left( 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,TF}} \right)} = 0,349651$ $\bar{\lambda}_0 = 0,188$		If $\bar{\lambda}_0 > 0,2 \sqrt{C_1} \sqrt{\left( 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} \right) \left( 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,TF}} \right)}$ : $C_{my} = C_{my,0} + (1 - C_{my,0}) \frac{\sqrt{\epsilon_y} a_{LT}}{1 + \sqrt{\epsilon_y} a_{LT}} = 0,712803$ $C_{mz} = C_{mz,0} = 0,575311$ $C_{mLT} = C_{my}^2 \frac{a_{LT}}{\sqrt{\left( 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} \right) \left( 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,T}} \right)}} \geq 1 = 1,000000$	

$i_y = 21,53477$	$\beta_y = 1$	$\beta_y = 1 - (y_0 / i_0)^2$	$\epsilon_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} \frac{A}{W_{el,y}}$ for class 1, 2 and 3 cross-sections = 2,906806 $\epsilon_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} \frac{A_{eff}}{W_{eff,y}}$ for class 4 cross-sections = 2,906806
$i_z = 13,10727$	$\beta_z = 1$	$\beta_z = 1 - (z_0 / i_0)^2$	
$y_0 = 0$	$N_{cr,TF,y} = 81654,6$		
$z_0 = 0$	$N_{cr,TF,z} = 81654,6$		
$i_0^2 = 635,5467$		$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2$	
$I_x = 2246,311$			
$I_y = 44083333$			
$N_{cr,T} = 81654,6$			

Moment diagram	$C_{m,0}$	
	$C_{m,0} = 0,79 + 0,21\psi_1 + 0,36(\psi_1 - 0,33) \frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$	0,712803 0,575311
	$C_{m,0} = 1 + \left( \frac{\pi^2 EI_x  \delta_x }{L^3  M_{i,Ed}(X) } - 1 \right) \frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$	0,995616 0,988165
	$M_{i,Ed}(x)$ is the maximum moment $M_{y,Ed}$ or $M_{z,Ed}$ $ \delta_x $ is the maximum member displacement along the member	52108 1085
	$C_{m,0} = 1 - 0,18 \frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$	0,999211 0,99787
	$C_{m,0} = 1 + 0,03 \frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$	1,000132 1,000355

$C_{m,0} =$	0,712803
$C_{m,0} =$	0,575311

FATTORI DI INTERAZIONE  $k_{ij}$  - METODO 2

FATTORE DI INTERAZ.	SEZ. DI Classe 3 e 4	SEZ. DI Classe 1 e 2	
$k_{yy}$ $c_{my} = 0,9$	$C_{my} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,460234$ $0,910273$ $\leq C_{my} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,476147$ $0,941747$	$C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,456661$ $0,903206$ $\leq C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,483182$ $0,955662$	$k_{yy1} = 0,45666$ $k_{yy2} = 0,90321$
$k_{yz}$	$k_{zz} = 0,408244$ $k_{zz}$ con $C_{mz} = 0,9$ $0,918549$	$0,6 \cdot k_{zz} = 0,244254$ $0,6 \cdot k_{zz}$ con $C_{mz} = 0,9$ $0,549571$	$k_{yz1} = 0,24425$ $k_{yz2} = 0,54957$
$k_{zy}$	$0,8 \cdot k_{yy} = 0,368187$ $0,728219$	$0,6 \cdot k_{yy} = 0,273996$ $0,541924$	$k_{zy1} = 0,274$ $k_{zy2} = 0,54192$
$k_{zy} = k_{LT}$ $c_{mLT} = c_{my}$	$\left[ 1 - \frac{0,05 \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1}} \right] = 0,991624$ $0,991624$ $\geq \left[ 1 - \frac{0,05}{(C_{mLT} - 0,25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1}} \right] = 0,979282$ $0,979282$	$\left[ 1 - \frac{0,1 \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1}} \right] = 0,983247$ $0,983247$ $\geq \left[ 1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1}} \right] = 0,958565$ $0,958565$ for $\bar{\lambda}_z < 0,4$ : $k_{zy} = 0,6 + \bar{\lambda}_z \leq 1 - \frac{0,1 \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1}} = 0,983247$ $0,983247$	$k_{zy1} = 0,98325$ $k_{zy2} = 0,98325$
$k_{zz}$ $c_{mz} = 0,9$ Sezioni aperte	$C_{mz} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,408244$ $0,918549$ $\leq C_{mz} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,42039$ $0,945878$	$C_{mz} \left( 1 + (2 \bar{\lambda}_z - 0,6) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,40709$ $0,915951$ $\leq C_{mz} \left( 1 + 1,4 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,447577$ $1,007048$	$k_{zz1} = 0,40709$ $k_{zz2} = 0,91595$
$k_{zz}$ $c_{mz} = 0,9$ Sezioni chiuse	$C_{mz} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,408244$ $0,918549$ $\leq C_{mz} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,42039$ $0,945878$	$C_{mz} \left( 1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,406943$ $0,915622$ $\leq C_{mz} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,427187$ $0,96117$	$k_{zz1} = 0,40694$ $k_{zz2} = 0,91562$

Moment diagram	range	$C_{my}$ and $C_{mz}$ and $C_{mLT}$	
		uniform loading	concentrated load
	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$	
	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$0 \leq \alpha_b \leq 1$	$-1 \leq \psi < 0$	$0,1(1-\psi) - 0,8\alpha_b \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_b < 0$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2(-\psi) - 0,8\alpha_b \geq 0,4$
	$0 \leq \alpha_b \leq 1$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_b$
	$-1 \leq \alpha_b < 0$	$-1 \leq \psi < 0$	$0,95 + 0,05\alpha_b$
			$0,90 + 0,10\alpha_b$
			$0,90 + 0,10\alpha_b$
			$0,90 - 0,10\alpha_b(1+2\psi)$

For members with sway buckling mode the equivalent uniform moment factor should be taken  $C_{my} = 0,9$  or  $C_{mz} = 0,9$  respectively.

$C_{my}$ ,  $C_{mz}$  and  $C_{mLT}$  should be obtained according to the bending moment diagram between the relevant braced points as follows:

moment factor	bending axis	points braced in direction
$C_{my}$	y-y	z-z
$C_{mz}$	z-z	y-y
$C_{mLT}$	y-y	y-y

	$C_{my} - C_{mLT}$		$C_{mz}$	
	U.L.	C.L.	U.L.	C.L.
$M_x =$	16612		-10	
$M_y =$	52108		-4382	
	0,455039533			
			0,4	
$\alpha_x$	0,45504	0,45504	0,4	0,4
	0	0	0	0
	0,4	0,4	0,4	0,4
	0	0	0	0
	0,318799	0,4	0,4	0,4
	0	0	0	0
	1,106838	1,213877	22,88	44,72
	0	0	0	0
	1,106838	1,213877	22,88	44,72
	0	0	0	0
	3,136759	0,983182	0,813877	6,978381
	0	0	0	0
				438,2
				0

$C_{my} = 0,455039533$

$C_{mz} = 0,4$

$C_{mLT} = 0,455039533$

per verifica a svergolamento :

$C_{my} = 0,9$

$C_{mz} = 0,9$

$C_{mLT} = 0,455039533$