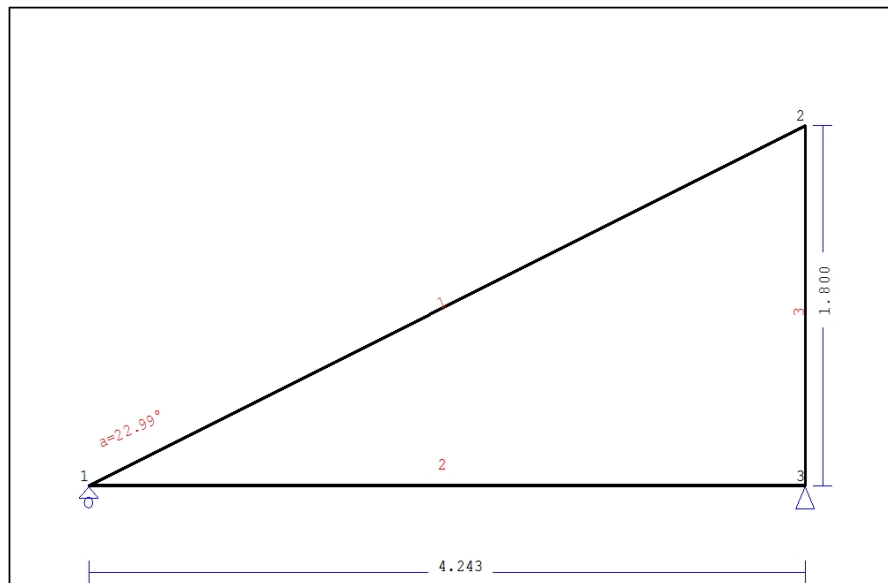


## 1. PADIGLIONE-04-2

Tetto con capriate monofalda



### 1.1. Descrizione tecnica

#### 1.1.1. Tipologia costruttiva

Tetto in legno D40. La tipologia della capriata è illustrata nel disegno soprastante.

Luce della capriata 4.243m, altezza 1.800m, inclinazione 22.99°, interasse delle capriate 1.061m

Assito costituito da legno di classe C22, spessore 20 mm

Travetti in legno di classe C22, con dimensioni 75x125 mm, ad interasse 0.300 m

Sezione degli elementi della capriata BxH [mm]

Elementi 1, sezione 75x225 [mm]

Elementi 2, sezione 75x225 [mm]

Elementi 3, sezione 75x225 [mm]

Volume della capriata =0.180 m<sup>3</sup>, peso proprio della capriata =0.970 kN

#### 1.1.2. Normative di calcolo

Norme Tecniche per le Costruzioni (DM2008)

UNI EN1990-1-1:2004, Eurocodice 0 Parte 1-1, Basi di calcolo

UNI EN1991-1-1:2004, Eurocodice 1 Parte 1-1, Azioni sulle strutture

DM2008, §3.4, Azioni della neve

DM2008, §3.3, Azioni del vento

UNI EN1995-1-1:2009, Eurocodice 5 Parte 1-1, Progettazione delle strutture di legno

#### 1.1.3. Metodo di calcolo

Gli sforzi interni alla capriata sono calcolati mediante analisi ad elementi finiti. La capriata è considerata come un elemento trave reticolare a due dimensioni. La rigidità delle unioni è modulata secondo il grado desiderato di rigidità. Per calcolare il valore di progetto degli sforzi interni, gli sforzi interni sono dapprima calcolati come sforzi unitari e successivamente, dalle loro combinazioni si ottengono gli sforzi interni nelle varie condizioni di carico. Tutte le combinazioni di carico previste dall'Eurocodice 5 sono considerate, e le verifiche sono svolte nelle condizioni di carico più sfavorevoli, per le combinazioni di carico, allo stato limite ultimo di progetto, secondo EN1995-1-1, §6. Le giunzioni sono considerate come unioni con bulloni con piastre metalliche e sono dimensionate secondo EN1995-1-1, §8. In aggiunta le deformazioni sono verificate nello stato limite di servizio, secondo UNI EN1995-1-1:2009, §7.

**1.1.4. Proprietà dei materiali (capriata) (NTC-DM2008, §4.4)**

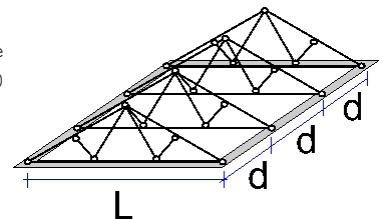
Classe del legno : D40

Classe di servizio : Classe 1, umidità  $\leq 12\%$  (DM2008 §4.4.5)Coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (DM2008 T.4.4.III)**Valori caratteristici del legname** $f_{mk} = 40.0 \text{ MPa}$ ,  $f_{t0k} = 24.0 \text{ MPa}$ ,  $f_{t90k} = 0.6 \text{ MPa}$  $f_{c0k} = 26.0 \text{ MPa}$ ,  $f_{c90k} = 8.3 \text{ MPa}$ ,  $f_{vk} = 4.0 \text{ MPa}$  $E_{0m} = 13000 \text{ MPa}$ ,  $E_{005} = 10900 \text{ MPa}$ ,  $E_{90m} = 860 \text{ MPa}$  $G_m = 810 \text{ MPa}$ ,  $\rho_k = 550 \text{ Kg/m}^3$ **1.1.5. Proprietà dei materiali (legname, finitura) (NTC-DM2008, §4.4)**

Classe del legno : C22

Classe di servizio : Classe 1, umidità  $\leq 12\%$  (DM2008 §4.4.5)Coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (DM2008 T.4.4.III)**Valori caratteristici del legname** $f_{mk} = 22.0 \text{ MPa}$ ,  $f_{t0k} = 13.0 \text{ MPa}$ ,  $f_{t90k} = 0.4 \text{ MPa}$  $f_{c0k} = 20.0 \text{ MPa}$ ,  $f_{c90k} = 2.4 \text{ MPa}$ ,  $f_{vk} = 3.8 \text{ MPa}$  $E_{0m} = 10000 \text{ MPa}$ ,  $E_{005} = 6700 \text{ MPa}$ ,  $E_{90m} = 330 \text{ MPa}$  $G_m = 630 \text{ MPa}$ ,  $\rho_k = 340 \text{ Kg/m}^3$ **1.1.6. Proprietà dei materiali (legname, travetti) (NTC-DM2008, §4.4)**

Classe del legno : C22

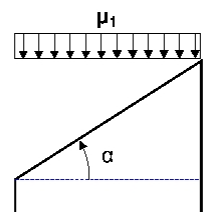
Classe di servizio : Classe 1, umidità  $\leq 12\%$  (DM2008 §4.4.5)Coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (DM2008 T.4.4.III)**Valori caratteristici del legname** $f_{mk} = 22.0 \text{ MPa}$ ,  $f_{t0k} = 13.0 \text{ MPa}$ ,  $f_{t90k} = 0.4 \text{ MPa}$  $f_{c0k} = 20.0 \text{ MPa}$ ,  $f_{c90k} = 2.4 \text{ MPa}$ ,  $f_{vk} = 3.8 \text{ MPa}$  $E_{0m} = 10000 \text{ MPa}$ ,  $E_{005} = 6700 \text{ MPa}$ ,  $E_{90m} = 330 \text{ MPa}$  $G_m = 630 \text{ MPa}$ ,  $\rho_k = 340 \text{ Kg/m}^3$ **1.1.7. Carichi distribuiti sulla copertura**Carico permanente del manto di copertura  $G_e = 0.450 \text{ kN/m}^2$  (Tegole)Travetti, assito, isolamento  $G_t = 0.100 \text{ kN/m}^2$   $G_e + G_t = 0$ Peso del controsoffitto del tetto  $G_c = 0.100 \text{ kN/m}^2$ Carico della neve sul terreno  $S_k = 1.500 \text{ kN/m}^2$ Pressione del vento sulle superfici vert.  $Q_w = 0.754 \text{ kN/m}^2$ Carico (categoria H)  $Q_i = 0.500 \text{ kN/m}^2$ **1.2. Azioni della neve (DM2008, §3.4)**Carico neve al suolo  $S_k$  (DM2008, §3.4.2)

Classe di importanza 1, vita utile 50 anni, periodo di ritorno 500 anni (§3.3.2)

Zona climatica : I , altitudine del suolo sul livello del mare = 200 m

 $s_{sk} = 1.500 \text{ kN/m}^2$  ( $s_s = 200 \leq 200 \text{ m}$ )Valore di riferimento del carico neve al suolo:  $s_k = q_{ref}(T) = 1.500 \text{ kN/m}^2$ 

Carico neve sulla copertura (DM2008, §3.4.5)

Inclinazione del tetto :  $\alpha = 22.988^\circ$ Coefficiente di esposizione :  $C_e = 1.000$  (DM2008 §5.2(7))Coefficiente termico :  $C_t = 1.000$  (DM2008 §5.2(8))Fattori di forma,  $\alpha = 22.99^\circ$ ,  $\mu_1 = 0.800$  (Tab. 3.4.II)

Azioni della neve (DM2008, §3.4.8.2)

 $S_1 = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0.800 \times 1.000 \times 1.000 \times 1.500 = 1.200 \text{ kN/m}^2$

**1.3. Azioni del vento (DM2008 §3.3)**

Pressione del vento  $q_b(z)=C_e(z) \cdot V_b^2/1.6$  (DM2008 §3.3.6)

Classe di importanza I, vita utile 50 anni, periodo di ritorno 500 anni (§3.3.2)

Zona: I,  $V_b=25.00\text{m/s}$  ( $a_s=500 < a_o=1000\text{m}$ ),  $V_b=25\text{m/s}$ ,  $a_o=1000\text{m}$ ,  $K_a=0.012(1/\text{s})$  (Tab. 3.3.I)

Velocità di riferimento,  $T_r=500$  anni (§3.3.2)

Classe di rugosità del terreno= D,  $10\text{km} < \text{distanza costa} \leq 30\text{km}$ , altitudine di riferimento=500m

Categorie di esposizione del sito: II,  $k_r=0.19$ ,  $z_o=0.05\text{m}$ ,  $z_{\min}=4.00\text{m}$  (Tab.3.3.II)

Coefficiente di topografia :  $C_t=1.000$  (§3.3.7)

Coefficiente di esposizione:  $C_e=0.19^2 \times 1.000 \times \ln(5/0.05) \times [7 + 1.000 \times \ln(5/0.05)] = 1.929$  (§3.3.7)

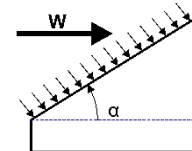
Pressione del vento sulla superficie verticale:  $Q_{\text{ref}} \cdot C_e = 0.001 \times (25.00^2/1.6) \times 1.929 = 0.754\text{kN/m}^2$

Pressione del vento  $p_f=C_p \cdot q_b$  (DM2008, §3.3.7.1)

Coefficiente di forma  $C_p$  (DM2008 §3.3.7.1)

Con inclinazione  $\alpha=22.99^\circ$ ,  $C_p=-0.31$

Pressione del vento  $p_f=-0.234\text{ kN/m}^2$



#### 1.4. Progettazione della capriata

##### Caratteristiche geometriche della capriata

Lunghezza  $L=4.243$  m, altezza  $H=1.800$  m, interasse capriate  $d=1.061$  m  
 Inclinazione  $=42.42\%$ , angolo  $\alpha=22.99^\circ$ ,  $\tan\alpha=0.424$ ,  $\sin\alpha=0.391$ ,  $\cos\alpha=0.921$   
 Numero dei nodi = 3, numero degli elementi =3, numero degli appoggi =2

##### Coordinate dei nodi

##### Caratteristiche degli elementi della capriata

Nodo	x[m]	y[m]	Sup.	Elemento	K1	K2	b x h [mm]	L [m]	A [mm <sup>2</sup> ]	I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ]	W <sub>y</sub> [mm <sup>3</sup> ]
1	0.000	0.000	01	1	1	2	75x225	4.609	1.688E+004	7.119E+007	6.328E+005
2	4.243	1.800		2	1	3	75x225	4.243	1.688E+004	7.119E+007	6.328E+005
3	4.243	0.000	11	3	3	2	75x225	1.800	1.688E+004	7.119E+007	6.328E+005

##### Carico lineare per capriata

Massa volumica del legname =550.00 kg/m<sup>3</sup>, peso proprio della capriata =0.970 kN  
 Interasse delle capriate  $d=1.06$  m, peso delle unioni delle capriate =0.097 kN

##### Carico lineare permanente (kN/m) sulle capriate

Manto di copertura +peso proprio  $Gk1= 0.835$  kN/m  
 Controsoffitto del tetto  $Gk2= 0.106$  kN/m

##### Carichi lineari variabili di breve durata (kN/m) sulla capriata

Sovraccario  $Qki= 0.50 \times 1.061 = 0.530$  kN/m  
 Carico neve  $Qk1= 1.273$  kN/m  
 Carico da vento  $Qk2=-0.248$  kN/m

##### Azioni sismiche dovute alle azioni accidentali (kN/m), sulle capriate

$AeX$  Sismica  $qh=0.053 \times (G+0.20 \times Qk1)$   
 $AeY$  Sismica  $qv=0.006 \times (G+0.20 \times Qk1)$

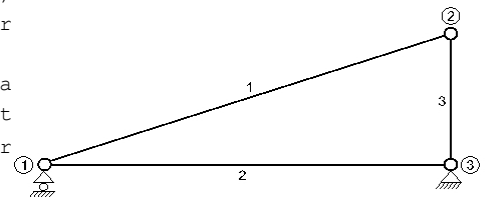
##### Combinazioni di carico di progetto

( $\gamma_g=1.30$ ,  $\gamma_q=1.50$ ,  $\psi_0$ (di esercizio  $Qf$ )=0.70,  $\psi_0$ (neve  $Q1$ )=0.70,  $\psi_0$ (vento  $Q2$ )=0.60)

L.C.	Azioni permanenti-Variabili	Classe di durata
1	$\gamma_g.Gk$	Permanente
2	$\gamma_g.Gk+\gamma_q.Qk1$	Breve
3	$\gamma_g.Gk+\gamma_q.Qk2$	Breve
4	$\gamma_g.Gk+\gamma_q.Qki$	Breve
5	$\gamma_g.Gk+\gamma_q.Qk1+\gamma_q.\psi_0.Qk2$	Breve
6	$\gamma_g.Gk+\gamma_q.Qk2+\gamma_q.\psi_0.Qk1$	Breve
7	$\gamma_g.Gk+\gamma_q.Qki+\gamma_q.\psi_0.Qk1+\gamma_q.\psi_0.Qk2$	Breve
8	$Gk + \psi_2.Qk1 + AeX$	Accidental
9	$Gk + \psi_2.Qk1 + AeY$	Accidental

### 1.5. Analisi statica della capriata

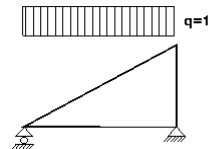
Progettazione di unioni con rigidezza ridotta (fattore 0.20)  
 La capriata è progettata come struttura reticolare con una  $r$  di rigidezza delle unioni secondo il fattore sopraindicato.  
 e la catena sono considerati come aste continue. La capriata viene calcolata dapprima per varie condizioni di carico unit e sulla base di questi sono calcolati gli sforzi interni per le varie condizioni di carico e combinazioni di carichi.  
 Numero dei nodi = 3, numero degli elementi = 3, numero degli



#### 1.5.1. Analisi statica per carichi unitari

##### Sforzi interni per carichi unitari (1 kN/m puntone sinistro verso il basso)

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]
1	1	2	-0.85	1.95	0.07	0.81	-1.96	0.06
2	1	3	0.02	-0.01	0.02	0.02	-0.01	0.00
3	3	2	-2.12	0.02	0.00	-2.12	0.02	0.03



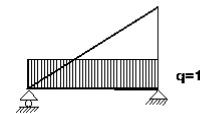
##### Sforzi alle estremità dell'elemento per carichi unitari (1 kN/m puntone sinistro verso il basso)

elem.	nodo-1	nodo-2	F1x[kN]	F1y[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	2	0.02	2.13	0.07	-0.02	2.12	-0.06
2	1	3	-0.02	-0.01	0.02	0.02	0.01	0.00
3	3	2	-0.02	2.12	0.00	0.02	-2.12	-0.03

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

##### Sforzi interni per carichi unitari (1 kN/m catena verso il basso)

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]
1	1	2	-0.02	0.00	0.02	-0.02	0.00	0.00
2	1	3	0.02	2.12	0.07	0.02	-2.12	0.06
3	3	2	0.00	0.02	-0.03	0.00	0.02	0.00



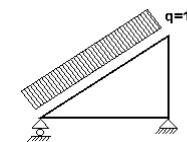
##### Sforzi alle estremità dell'elemento per carichi unitari (1 kN/m catena verso il basso)

elem.	nodo-1	nodo-2	F1x[kN]	F1y[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	2	0.02	0.00	0.02	-0.02	0.00	0.00
2	1	3	-0.02	2.12	0.07	0.02	2.12	-0.06
3	3	2	-0.02	0.00	-0.03	0.02	0.00	0.00

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

##### Sforzi interni per carichi unitari (1 kN/m pressione nel puntone sinistro)

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]
1	1	2	0.95	2.30	0.08	0.95	-2.31	0.07
2	1	3	-1.78	-0.01	0.03	-1.78	-0.01	0.00
3	3	2	-2.50	0.02	0.00	-2.50	0.02	0.04



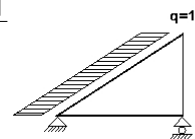
##### Sforzi alle estremità dell'elemento per carichi unitari (1 kN/m pressione nel puntone sinistro)

elem.	nodo-1	nodo-2	F1x[kN]	F1y[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	2	-1.78	1.75	0.08	-0.02	2.50	-0.07
2	1	3	1.78	-0.01	0.03	-1.78	0.01	0.00
3	3	2	-0.02	2.50	0.00	0.02	-2.50	-0.04

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

**Sforzi interni per carichi unitari (1 kN/m seismic load)**

elem.	nodo-1	nodo-2	N1 [kN]	V1 [kN]	M1 [kNm]	N2 [kN]	V2 [kN]	M2 [kNm]
1	1	2	4.62	0.90	0.03	0.37	-0.90	0.03
2	1	3	-4.60	0.00	0.01	-4.60	0.00	0.00
3	3	2	-0.98	0.01	0.00	-0.98	0.01	0.02

**Sforzi alle estremità dell'elemento per carichi unitari (1 kN/m seismic load)**

elem.	nodo-1	nodo-2	F1x [kN]	F1y [kN]	M1 [kNm]	F2x [kN]	F2y [kN]	M2 [kNm]
1	1	2	-4.60	-0.97	0.03	-0.01	0.97	-0.03
2	1	3	4.60	0.00	0.01	-4.60	0.00	0.00
3	3	2	-0.01	0.98	0.00	0.01	-0.98	-0.02

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

**1.5.2. Forze interne****Forze interne, Carico, : ( Gk) Proprio Gk1 = 0.835, Gk2 = 0.106 [kN/m]**

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]	Nm[kN]	VQm[kN]	Mm[kNm]
1	1	2	-0.77	1.77	0.06	0.73	-1.77	0.05	-0.02	0.00	2.10
2	1	3	0.02	0.22	0.03	0.02	-0.23	0.01	0.02	0.00	0.26
3	3	2	-1.92	0.02	0.00	-1.92	0.02	0.03	-1.92	0.02	0.01

(m punto del momento massimo per il carico permanente, o punto medio dell'elemento)

**Forze interne, Carico, : (Qk1) Neve Qks = 1.273 [kN/m]**

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]	Nm[kN]	VQm[kN]	Mm[kNm]
1	1	2	-1.08	2.48	0.08	1.03	-2.49	0.07	-0.03	0.00	2.94
2	1	3	0.02	-0.01	0.03	0.02	-0.01	0.00	0.02	-0.01	0.02
3	3	2	-2.69	0.02	0.00	-2.69	0.02	0.04	-2.69	0.02	0.02

(m punto del momento massimo per il carico permanente, o punto medio dell'elemento)

**Forze interne, Carico, : (Qk2) Vento Qkw = -0.248 [kN/m]**

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]	Nm[kN]	VQm[kN]	Mm[kNm]
1	1	2	-0.24	-0.57	-0.02	-0.24	0.57	-0.02	-0.24	0.00	-0.68
2	1	3	0.44	0.00	-0.01	0.44	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00
3	3	2	0.62	-0.01	0.00	0.62	-0.01	-0.01	0.62	-0.01	0.00

(m punto del momento massimo per il carico permanente, o punto medio dell'elemento)

**Forze interne, Carico, : (Qki) Sovraccario (H) Qi = 0.530 [kN/m]**

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]	Nm[kN]	VQm[kN]	Mm[kNm]
1	1	2	-0.45	1.04	0.03	0.43	-1.04	0.03	-0.01	0.00	1.23
2	1	3	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
3	3	2	-1.12	0.01	0.00	-1.12	0.01	0.02	-1.12	0.01	0.01

(m punto del momento massimo per il carico permanente, o punto medio dell'elemento)

**Forze interne, Carico, : (Aex) AeX Sismica qh=0.053x(G+0.20xQk1) [kN/m]**

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]	Nm[kN]	VQm[kN]	Mm[kNm]
1	1	2	0.28	0.06	0.00	0.02	-0.06	0.00	0.15	0.00	0.07
2	1	3	-0.28	0.00	0.00	-0.28	0.00	0.00	-0.28	0.00	0.00
3	3	2	-0.06	0.00	0.00	-0.06	0.00	0.00	-0.06	0.00	0.00

(m punto del momento massimo per il carico permanente, o punto medio dell'elemento)

**Forze interne, Carico, : (Aey) AeY Sismica qv=0.006x(G+0.20xQk1) [kN/m]**

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]	Nm[kN]	VQm[kN]	Mm[kNm]
1	1	2	-0.01	0.01	0.00	0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.02
2	1	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	3	2	-0.02	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00

(m punto del momento massimo per il carico permanente, o punto medio dell'elemento)

**1.5.3. Sforzi all'estremità dell'elemento**

**Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: ( Gk) Proprio Gk1 = 0.835, Gk2 = 0.106[kN/m]**

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx[kN]	Fly[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	2	0.02	1.93	0.06	-0.02	1.92	-0.05
2	1	3	-0.02	0.22	0.03	0.02	0.23	-0.01
3	3	2	-0.02	1.92	0.00	0.02	-1.92	-0.03

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

**Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Qk1) Neve Qks = 1.273[kN/m]**

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx[kN]	Fly[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	2	0.02	2.71	0.08	-0.02	2.69	-0.07
2	1	3	-0.02	-0.01	0.03	0.02	0.01	0.00
3	3	2	-0.02	2.69	0.00	0.02	-2.69	-0.04

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

**Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Qk2) Vento Qkw = -0.248[kN/m]**

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx[kN]	Fly[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	2	0.44	-0.43	-0.02	0.01	-0.62	0.02
2	1	3	-0.44	0.00	-0.01	0.44	0.00	0.00
3	3	2	0.01	-0.62	0.00	-0.01	0.62	0.01

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

**Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Qki) Sovraccario (H) Qi = 0.530[kN/m]**

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx[kN]	Fly[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	2	0.01	1.13	0.03	-0.01	1.12	-0.03
2	1	3	-0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
3	3	2	-0.01	1.12	0.00	0.01	-1.12	-0.02

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

**Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Aex) AeX Sismica qh=0.053x(G+0.20xQk1) [kN/m]**

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx[kN]	Fly[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	2	-0.28	-0.06	0.00	0.00	0.06	0.00
2	1	3	0.28	0.00	0.00	-0.28	0.00	0.00
3	3	2	0.00	0.06	0.00	0.00	-0.06	0.00

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

**Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Aey) AeY Sismica qv=0.006x(G+0.20xQk1) [kN/m]**

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx[kN]	Fly[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	2	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00
2	1	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	3	2	0.00	0.02	0.00	0.00	-0.02	0.00

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

**1.5.4. spostamenti verticali dei nodi (in mm)**

nodo	Gk	Qk1	Qk2	Qki
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.02	-0.02	0.01	-0.01
3	0.00	0.00	0.00	0.00



**1.5.5. Reazioni agli appoggi (kN)**

nodo	reaz.	Gk	Qk1	Qk2	Qki
1	Fx	0.00	0.00	0.00	0.00
1	Fy	2.15	2.70	-0.43	1.13
3	Fx	0.00	0.00	0.45	0.00
3	Fy	2.15	2.70	-0.62	1.13

**1.6. Reazioni agli appoggi combinazione di carichi (kN)**

Carico [kN/m]	Azione	$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\psi_0$	
( Gk) Proprio $G_{k1} = 0.835$ , $G_{k2} = 0.106$	Permanente		1.30	0.00	1.00
(Qk1) Neve $Q_{ks} = 1.273$	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk2) Vento $Q_{kw} = -0.248$	Breve		0.00	1.50	0.60
(Qki) Sovraccario (H) $Q_i = 0.530$	Breve		0.00	1.50	0.00
(Aex) AeX Sismica $q_h = 0.053x(G + 0.20xQ_{k1})$	Accidental				
(Aey) AeY Sismica $q_v = 0.006x(G + 0.20xQ_{k1})$	Accidental				

**1.6.1. Reazioni nel nodo : 3 (kN)**

L.C.	Combinazione di carichi	classe di	durata	kmod	Fx	Fy	Fx/Kmod	Fy/Kmod
1	$\gamma_g.G_k$	Permanente	0.60	0.000	2.794	0.000	4.657	
2	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{k1}$	Breve	0.90	0.000	6.846	0.000	7.607	
3	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{k2}$	Breve	0.90	0.670	1.862	0.745	2.069	
4	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{ki}$	Breve	0.90	0.000	4.482	0.000	4.980	
5	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{k1} + \gamma_q.\psi_0.Q_{k2}$	Breve	0.90	0.402	6.287	0.447	6.985	
6	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{k2} + \gamma_q.\psi_0.Q_{k1}$	Breve	0.90	0.670	4.698	0.745	5.220	
7	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{ki} + \gamma_q.\psi_0.Q_{k1} + \gamma_q.\psi_0.Q_{k4}$	Breve	0.90	0.402	6.759	0.446	7.510	
8	$G_k + 0.2xQ_{k1} + A_{edX}$	Accidental	1.00	0.296	2.750	0.329	3.055	
9	$G_k + 0.2xQ_{k1} + A_{edY}$	Accidental	1.00	0.000	2.707	0.000	3.008	
	Valori massimi				0.670	6.846	0.745	7.607
10	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{k2} = 0.9G_k + 1.5Q_{k2}$ , (EQU)	Breve	0.90	0.670	1.002	0.745	1.113	

**1.6.2. Reazioni nel nodo : 1 (kN)**

L.C.	Combinazione di carichi	classe di	durata	kmod	Fx	Fy	Fx/Kmod	Fy/Kmod
1	$\gamma_g.G_k$	Permanente	0.60	0.000	2.794	0.000	4.657	
2	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{k1}$	Breve	0.90	0.001	6.846	0.001	7.607	
3	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{k2}$	Breve	0.90	0.000	2.146	0.000	2.385	
4	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{ki}$	Breve	0.90	0.000	4.482	0.000	4.981	
5	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{k1} + \gamma_q.\psi_0.Q_{k2}$	Breve	0.90	0.001	6.457	0.001	7.175	
6	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{k2} + \gamma_q.\psi_0.Q_{k1}$	Breve	0.90	0.000	4.983	0.001	5.536	
7	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{ki} + \gamma_q.\psi_0.Q_{k1} + \gamma_q.\psi_0.Q_{k4}$	Breve	0.90	0.001	6.930	0.001	7.700	
8	$G_k + 0.2xQ_{k1} + A_{edX}$	Accidental	1.00	0.000	2.750	0.000	3.055	
9	$G_k + 0.2xQ_{k1} + A_{edY}$	Accidental	1.00	0.000	2.707	0.000	3.008	
	Valori massimi				0.001	6.930	0.001	7.700
10	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{k2} = 0.9G_k + 1.5Q_{k2}$ , (EQU)	Breve	0.90	0.000	1.287	0.000	1.430	

**1.7. Stato limite di servizio****1.7.1. Stato limite di servizio** (UNI EN1995-1-1:2009, §2.2.3, §7)**Deformazione a flessione a metà asta 1** (EC5 §7.2)

Carico [kN/m]		u[mm]	Azione	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	Kdef	
(Gk) Proprio	$G_{k1} = 0.835$ , $G_{k2} = 0.106$	4.880	Permanente		1.00	1.00	1.00	0.60
(Qk1) Neve	$Q_{ks} = 1.273$	7.442	Breve		0.70	0.50	0.20	0.00
(Qk2) Vento	$Q_{kw} = -0.248$	0.000	Breve		0.60	0.20	0.00	0.00

Combinazione di carico	w.inst	w.fin [mm]
1 Gk	4.880	7.808
2 Gk + Qk1	12.322	16.143
3 Gk + Qk2	4.880	7.808
4 Gk + Qk1 + $\psi_0 \cdot Q_{k2}$	12.322	16.143
5 Gk + Qk2 + $\psi_0 \cdot Q_{k1}$	10.089	13.911

$w_{fin,g} = w_{inst,g}(1+k_{def})$ ,  $w_{fin,q} = w_{inst,q}(1+\psi_2 \cdot k_{def})$  (EC5 §2.2.3, Eq.2.3, Eq.2.4)

**Massimi valori della freccia a metà asta 1**

$w_{inst} = 12.322$  mm,  $w_{fin} = 16.143$  mm

**Verifica secondo UNI EN1995-1-1:2009 §7.2, Tab.7.2**Deformazioni finali a metà asta 1

$w_{inst} = 12.322$  mm <  $L/300 = 4609/300 = 15.363$  mm

$w_{net,fin} = 16.143$  mm <  $L/250 = 4609/250 = 18.436$  mm

$w_{fin} = 16.143$  mm <  $L/150 = 4609/150 = 30.727$  mm

La verifica è soddisfatta

**1.7.2. Stato limite di servizio** (UNI EN1995-1-1:2009, §2.2.3, §7)**Deformazione a flessione a metà asta 2** (EC5 §7.2)

Carico [kN/m]		u[mm]	Azione	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	Kdef	
(Gk) Proprio	Gk1 = 0.835, Gk2 = 0.106		0.484	Permanente	1.00	1.00	1.00	0.60
(Qk1) Neve	Qks = 1.273		0.000	Breve	0.70	0.50	0.20	0.00
(Qk2) Vento	Qkw = -0.248		0.000	Breve	0.60	0.20	0.00	0.00

Combinazione di carico	w.inst	w.fin [mm]
1 Gk	0.484	0.774
2 Gk + Qk1	0.484	0.774
3 Gk + Qk2	0.484	0.774
4 Gk + Qk1 + $\psi_0 \cdot Qk2$	0.484	0.774
5 Gk + Qk2 + $\psi_0 \cdot Qk1$	0.484	0.774

 $w_{fin,g} = w_{inst,g}(1+k_{def})$ ,  $w_{fin,q} = w_{inst,q}(1+\psi_2 \cdot k_{def})$  (EC5 §2.2.3, Eq.2.3, Eq.2.4)
**Massimi valori della freccia a metà asta 2**
 $w_{inst} = 0.484 \text{ mm}$ ,  $w_{fin} = 0.774 \text{ mm}$ 
**Verifica secondo UNI EN1995-1-1:2009 §7.2, Tab.7.2**

Deformazioni finali a metà asta 2

 $w_{inst} = 0.484 \text{ mm} < L/300 = 4243/300 = 14.143 \text{ mm}$ 
 $w_{net,fin} = 0.774 \text{ mm} < L/250 = 4243/250 = 16.972 \text{ mm}$ 
 $w_{fin} = 0.774 \text{ mm} < L/150 = 4243/150 = 28.287 \text{ mm}$ 

La verifica è soddisfatta

**1.8. Frequenze strutturali naturali caratteristiche (peso proprio + carichi permanenti)**

Dopo un'analisi dinamica vengono calcolate le frequenze naturali di base della struttura.  
Per il calcolo delle frequenze naturali si considera una massa corrispondente

No.	Frequenza[Hz]	Periodo[sec]
1	15.62656	0.06399
2	36.88939	0.02711
3	51.20247	0.01953

**1.8.1. Stato limite ultimo** (UNI EN1995-1-1:2009, §6)**Puntone, elementi: 1**

Carico [kN/m]	Azione	$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\psi_o$	
(Gk) Proprio Gk1 = 0.835, Gk2 = 0.106	Permanente		1.30	0.00	1.00
(Qk1) Neve Qks = 1.273	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk2) Vento Qkw = -0.248	Breve		0.00	1.50	0.60
(Qki) Sovraccario (H) Qi = 0.530	Breve		0.00	1.50	0.00
(Aex) AeX Sismica qh=0.053x(G+0.20xQk1)	Accidental				
(Aey) AeY Sismica qv=0.006x(G+0.20xQk1)	Accidental				

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	-N/Kmod	+N/Kmod	V/Kmod	M/Kmod
1	$\gamma_g \cdot Gk$	Permanente	0.60	-1.671	1.586	3.843	4.544
2	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1$	Breve	0.90	-2.913	2.774	6.711	7.933
3	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2$	Breve	0.90	-1.114	1.057	2.562	3.029
4	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki$	Breve	0.90	-1.863	1.773	4.291	5.072
5	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_o \cdot Qk2$	Breve	0.90	-2.913	2.774	6.711	7.933
6	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_o \cdot Qk1$	Breve	0.90	-2.373	2.259	5.466	6.462
7	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_o \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_o \cdot Qk4$	Breve	0.90	-3.123	2.974	7.195	8.505
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-0.468	0.641	1.551	1.834
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-0.662	0.629	1.524	1.802
	Valori massimi			-3.123	2.974	7.195	8.505

**1.8.2. Verifica della sezione Puntone, elementi: 1****Puntone, elementi: 1 , combinazione di carico No 7****Trazione parallela alla fibratura, Ft0d=2.677 kN** (EC5 §6.1.2)Sezione rettangolare, b=75 mm, h=225 mm, A= 16 875 mm<sup>2</sup>Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (Tab.3.1), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (Tab. 2.3)ft0k=24.00 N/mm<sup>2</sup>, ft0d=Kmod·ft0k/ $\gamma_M=0.90 \times 24.00 / 1.50 = 14.40$  N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)Ft0d=2.677 kN,  $\sigma_{t0d} = Ft0d / A_{netto} = 1000 \times 2.677 / 16875 = 0.16$  N/mm<sup>2</sup> < 14.40 N/mm<sup>2</sup> = ft0d (Eq.6.1)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 1 , combinazione di carico No 7****Compressione parallela alla fibratura, Fc0d=-2.811 kN** (EC5 §6.1.4)Sezione rettangolare, b=75 mm, h=225 mm, A= 16 875 mm<sup>2</sup>Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (Tab.3.1), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (Tab. 2.3)fc0k=26.00 N/mm<sup>2</sup>, fc0d=Kmod·fc0k/ $\gamma_M=0.90 \times 26.00 / 1.50 = 15.60$  N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)Fc0d=-2.811 kN,  $\sigma_{c0d} = Fc0d / A_{netto} = 1000 \times 2.811 / 16875 = 0.17$  N/mm<sup>2</sup> < 15.60 N/mm<sup>2</sup> = fc0d (Eq.6.2)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 1 , combinazione di carico No 7****Taglio, Fv=6.475 kN** (EC5 §6.1.7)Sezione rettangolare, bef=0.67x75=50 mm, h=225 mm, A= 11 250 mm<sup>2</sup>Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (Tab.3.1), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (Tab. 2.3)fvk=4.00 N/mm<sup>2</sup>, fvd=Kmod·fvk/ $\gamma_M=0.90 \times 4.00 / 1.50 = 2.40$  N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)Fv=6.475 kN,  $\tau_{v0d} = 1.50 Fv0d / A_{netto} = 1000 \times 1.50 \times 6.475 / 11250 = 0.86$  N/mm<sup>2</sup> < 2.40 N/mm<sup>2</sup> = fv0d (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 1 , combinazione di carico No 7****Flessione, Myd=7.655 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.1.6)Sezione rettangolare, b=75mm, h=225mm, A=1.688E+004mm<sup>2</sup>, Wy=6.328E+005mm<sup>3</sup>, Wz=2.109E+005mm<sup>3</sup>Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (DM2008fmyk=40.00 N/mm<sup>2</sup>, fmyd=Kmod·fmyk/ $\gamma_M=0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00$  N/mm<sup>2</sup>fmzk=40.00 N/mm<sup>2</sup>, fmzd=Kmod·fmzk/ $\gamma_M=0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00$  N/mm<sup>2</sup>

Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))  
 $\sigma_{myd} = M_{yd}/W_{my,netto} = 1E+06 \times 7.655 / 6.328E+005 = 12.10 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{mzd} = M_{zd}/W_{mz,netto} = 1E+06 \times 0.000 / 2.109E+005 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}/f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.504 + 0.000 = 0.50 < 1$  (EC5 Eq.6.11)

$K_m \cdot \sigma_{myd}/f_{myd} + \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.353 + 0.000 = 0.35 < 1$  (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

#### **Puntone, elementi: 1 , combinazione di carico No 7**

**Flessione e compressione assiale combinate,  $F_{c0d} = -2.811 \text{ kN}$ ,  $M_{yd} = 7.655 \text{ kNm}$ ,  $M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$**  (§6.2.4)

Sezione rettangolare,  $b=75 \text{ mm}$ ,  $h=225 \text{ mm}$ ,  $A=1.688E+004 \text{ mm}^2$ ,  $W_y=6.328E+005 \text{ mm}^3$ ,  $W_z=2.109E+005 \text{ mm}^3$

Coefficiente di correzione  $K_{mod}=0.90$  (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (DM2008)

$f_{c0k} = 26.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d} = K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.90 \times 26.00 / 1.50 = 15.60 \text{ N/mm}^2$

$f_{myk} = 40.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd} = K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00 \text{ N/mm}^2$

$f_{mzk} = 40.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd} = K_{mod} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00 \text{ N/mm}^2$

Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d} = F_{c0d}/A_{netto} = 1000 \times 2.811 / 16875 = 0.17 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd} = M_{yd}/W_{my,netto} = 1E+06 \times 7.655 / 6.328E+005 = 12.10 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd} = M_{zd}/W_{mz,netto} = 1E+06 \times 0.000 / 2.109E+005 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

$(\sigma_{c0d}/f_{c0d})^2 + \sigma_{myd}/f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.000 + 0.504 + 0.000 = 0.50 < 1$  (EC5 Eq.6.19)

$(\sigma_{c0d}/f_{c0d})^2 + K_m \cdot \sigma_{myd}/f_{myd} + \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.000 + 0.353 + 0.000 = 0.35 < 1$  (EC5 Eq.6.20)

La verifica è soddisfatta

#### **Puntone, elementi: 1 , combinazione di carico No 7**

**Stabilità a pressoflessione,  $F_{c0d} = -2.811 \text{ kN}$ ,  $M_{yd} = 7.655 \text{ kNm}$ ,  $M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$**  (EC5 §6.3.2)

Sezione rettangolare,  $b=75 \text{ mm}$ ,  $h=225 \text{ mm}$ ,  $A=1.688E+004 \text{ mm}^2$ ,  $W_y=6.328E+005 \text{ mm}^3$ ,  $W_z=2.109E+005 \text{ mm}^3$

Coefficiente di correzione  $K_{mod}=0.90$ , coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$ ,  $E_{005}=10900 \text{ N/mm}^2$

$f_{c0k} = 26.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d} = K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.90 \times 26.00 / 1.50 = 15.60 \text{ N/mm}^2$

$f_{myk} = 40.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd} = K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00 \text{ N/mm}^2$

$f_{mzk} = 40.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd} = K_{mod} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00 \text{ N/mm}^2$

Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d} = F_{c0d}/A_{netto} = 1000 \times 2.811 / 16875 = 0.17 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd} = M_{yd}/W_{my,netto} = 1E+06 \times 7.655 / 6.328E+005 = 12.10 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd} = M_{zd}/W_{mz,netto} = 1E+06 \times 0.000 / 2.109E+005 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

Lunghezza libera di inflessione  $S_k$

$S_{ky} = 1.00 \times 4.609 = 4.609 \text{ m} = 4609 \text{ mm}$  (più sfavorevole)

$S_{kz} = 0.07 \times 4.609 = 0.300 \text{ m} = 300 \text{ mm}$  (lunghezza efficace/lunghezza totale =  $0.30/4.61 = 0.07$ )

Snellezza

$i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 225 = 65 \text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 4609 / 65 = 70.91$

$i_z = \sqrt{I_z/A} = 0.289 \times 75 = 22 \text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 300 / 22 = 13.64$

Tensioni critiche

$\sigma_{c,crity} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 21.39 \text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c0k}/\sigma_{c,crity}} = 1.10$  (EC5 Eq.6.21)

$\sigma_{c,critz} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 578.23 \text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c0k}/\sigma_{c,critz}} = 0.21$  (EC5 Eq.6.22)

$\beta_c = 0.20$  (legno lamellare)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 1.19$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 0.613$  (Eq.6.27 6.25)

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0.50$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1.000$  (Eq.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.017 + 0.504 + 0.000 = 0.52 < 1$  (EC5 Eq.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.011 + 0.353 + 0.000 = 0.36 < 1$  (EC5 Eq.6.24)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 1 , combinazione di carico No 7****Stabilità laterale, Myd=7.655 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.3.3)

Sezione rettangolare,  $b=75\text{mm}$ ,  $h=225\text{mm}$ ,  $A=1.688\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=6.328\text{E}+005\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.109\text{E}+005\text{mm}^3$   
 Coefficiente di correzione  $K_{mod}=0.90$  (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (DM2008)  
 $f_{c0k}=26.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.90 \times 26.00 / 1.50 = 15.60\text{ N/mm}^2$   
 $f_{myk}=40.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00\text{ N/mm}^2$   
 $f_{mk}=40.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00\text{ N/mm}^2$

Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))  
 $\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1\text{E}+06 \times 7.655 / 6.328\text{E}+005 = 12.10\text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.109\text{E}+005 = 0.00\text{ N/mm}^2$

Lunghezza libera di inflessione  $S_k$  $S_{ky} = 1.00 \times 4.609 = 4.609\text{ m} = 4609\text{ mm}$  (più sfavorevole) $S_{kz} = 0.07 \times 4.609 = 0.300\text{ m} = 300\text{ mm}$  (lunghezza efficace/lunghezza totale =  $0.30 / 4.61 = 0.07$ )Snellezza $i_y = \sqrt{I_y / A} = 0.289 \times 225 = 65\text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 4609 / 65 = 70.91$  $i_z = \sqrt{I_z / A} = 0.289 \times 75 = 22\text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 300 / 22 = 13.64$  $\sigma_{m, crit} = M_{ycrit} / W_y = n \sqrt{(E_{005} \cdot I_z \cdot G_{005} \cdot I_{tor}) / (L_{ef} \cdot W_y)} = 45.86\text{ N/mm}^2$  (EC5 Eq.6.31) $\sigma_{m, crit} = M_{ycrit} / W_y = n \sqrt{(E_{005} \cdot I_z \cdot G_{005} \cdot I_{tor}) / (L_{ef} \cdot W_y)} = 5707.56\text{ N/mm}^2$  (EC5 Eq.6.31)Tensioni critiche $\sigma_{m, crity} = 45.86\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, my} = \sqrt{f_{myk} / \sigma_{m, crity}} = 0.93$  (EC5 Eq.6.30) $\sigma_{m, critz} = 5707.56\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, mz} = \sqrt{f_{mk} / \sigma_{m, critz}} = 0.08$  (EC5 Eq.6.30) $\lambda_{rel, my} = 0.93$ , ( $0.75 < \lambda_{rel} \leq 1.40$ ,  $K_{crit} = 1.56 - 0.75 \lambda_{relm}$ ),  $K_{crity} = 0.86$  (EC5 Eq.6.34) $\lambda_{rel, mz} = 0.08$ , ( $\lambda_{rel} \leq 0.75$ ),  $K_{critz} = 1.00$  (EC5 Eq.6.34) $\sigma_{myd} / (K_{crity} \cdot f_{myd}) + K_m \cdot \sigma_{mzd} / (K_{critz} \cdot f_{mzd}) = 0.586 + 0.000 = 0.59 < 1$  (EC5 Eq.6.33) $K_m \cdot \sigma_{myd} / (K_{crity} \cdot f_{myd}) + \sigma_{mzd} / (K_{critz} \cdot f_{mzd}) = 0.410 + 0.000 = 0.41 < 1$  (EC5 Eq.6.33)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 1 , combinazione di carico No 7****Flessione e trazione assiale combinate, Ft0d=2.677kN, Myd=7.655kNm, Mzd=0.000kNm** (EC5 §6.2.3)

Sezione rettangolare,  $b=75\text{mm}$ ,  $h=225\text{mm}$ ,  $A=1.688\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=6.328\text{E}+005\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.109\text{E}+005\text{mm}^3$   
 Coefficiente di correzione  $K_{mod}=0.90$  (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (DM2008)  
 $f_{t0k}=24.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{t0d}=K_{mod} \cdot f_{t0k} / \gamma_M = 0.90 \times 24.00 / 1.50 = 14.40\text{ N/mm}^2$   
 $f_{myk}=40.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00\text{ N/mm}^2$   
 $f_{mk}=40.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00\text{ N/mm}^2$

Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2)) $\sigma_{t0d} = F_{t0d} / A_{netto} = 1000 \times 2.677 / 16875 = 0.16\text{ N/mm}^2$  $\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1\text{E}+06 \times 7.655 / 6.328\text{E}+005 = 12.10\text{ N/mm}^2$  $\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1\text{E}+06 \times 0.000 / 2.109\text{E}+005 = 0.00\text{ N/mm}^2$  $\sigma_{t0d} / f_{t0d} + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.011 + 0.504 + 0.000 = 0.52 < 1$  (EC5 Eq.6.17) $\sigma_{t0d} / f_{t0d} + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.011 + 0.353 + 0.000 = 0.36 < 1$  (EC5 Eq.6.18)

La verifica è soddisfatta



**1.8.3. Stato limite ultimo** (UNI EN1995-1-1:2009, §6)**Catena, elementi: 2**

Carico [kN/m]	Azione	$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\psi_0$	
(Gk) Proprio Gk1 = 0.835, Gk2 = 0.106	Permanente		1.30	0.00	1.00
(Qk1) Neve Qks = 1.273	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk2) Vento Qkw = -0.248	Breve		0.00	1.50	0.60
(Qki) Sovraccario (H) Qi = 0.530	Breve		0.00	1.50	0.00
(Aex) AeX Sismica qh=0.053x(G+0.20xQk1)	Accidental				
(Aey) AeY Sismica qv=0.006x(G+0.20xQk1)	Accidental				

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	-N/Kmod	+N/Kmod	V/Kmod	M/Kmod
1	$\gamma_g \cdot Gk$	Permanente	0.60	0.000	0.041	0.500	0.556
2	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1$	Breve	0.90	0.000	0.067	0.345	0.397
3	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2$	Breve	0.90	0.000	0.027	0.333	0.371
4	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki$	Breve	0.90	0.000	0.044	0.338	0.382
5	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2$	Breve	0.90	0.000	0.067	0.345	0.397
6	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1$	Breve	0.90	0.000	0.055	0.342	0.389
7	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$	Breve	0.90	0.000	0.072	0.347	0.400
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-0.173	0.000	0.155	0.173
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	0.000	0.016	0.156	0.174
	Valori massimi			-0.173	0.072	0.500	0.556

**1.8.4. Verifica della sezione Catena, elementi: 2****Catena, elementi: 2 , combinazione di carico No 7****Trazione parallela alla fibratura, Ft0d=0.064 kN** (EC5 §6.1.2)Sezione rettangolare, b=75 mm, h=225 mm, A= 16 875 mm<sup>2</sup>Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (Tab.3.1), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (Tab. 2.3)ft0k=24.00 N/mm<sup>2</sup>, ft0d=Kmod·ft0k/ $\gamma_M=0.90 \times 24.00 / 1.50 = 14.40$  N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)Ft0d=0.064 kN,  $\sigma_{t0d} = Ft0d / A_{netto} = 1000 \times 0.064 / 16875 = 0.0038$  N/mm<sup>2</sup> < 14.40 N/mm<sup>2</sup> = ft0d (Eq.6.1)

La verifica è soddisfatta

**Catena, elementi: 2 , combinazione di carico No 8****Compressione parallela alla fibratura, Fc0d=-0.260 kN** (EC5 §6.1.4)Sezione rettangolare, b=75 mm, h=225 mm, A= 16 875 mm<sup>2</sup>Coefficiente di correzione Kmod=1.00 (Tab.3.1), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.00$  (Tab. 2.3)fc0k=26.00 N/mm<sup>2</sup>, fc0d=Kmod·fc0k/ $\gamma_M=1.00 \times 26.00 / 1.00 = 26.00$  N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)Fc0d=-0.260 kN,  $\sigma_{c0d} = Fc0d / A_{netto} = 1000 \times -0.260 / 16875 = -0.0154$  N/mm<sup>2</sup> < 26.00 N/mm<sup>2</sup> = fc0d (Eq.6.2)

La verifica è soddisfatta

**Tensione di taglio trascurabile, verifica a taglio non necessaria** (EC5 §6.1.7)**Catena, elementi: 2 , combinazione di carico No 1****Flessione, Myd=0.334 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.1.6)Sezione rettangolare, b=75mm, h=225mm, A=1.688E+004mm<sup>2</sup>, Wy=6.328E+005mm<sup>3</sup>, Wz=2.109E+005mm<sup>3</sup>Coefficiente di correzione Kmod=0.60 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (DM2008fmyk=40.00 N/mm<sup>2</sup>, fmyd=Kmod·fmyk/ $\gamma_M=0.60 \times 40.00 / 1.50 = 16.00$  N/mm<sup>2</sup>fmzk=40.00 N/mm<sup>2</sup>, fmzd=Kmod·fmzk/ $\gamma_M=0.60 \times 40.00 / 1.50 = 16.00$  N/mm<sup>2</sup>

Sezione rettangolare Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

 $\sigma_{myd} = Myd / W_{my,netto} = 1E+06 \times 0.334 / 6.328E+005 = 0.53$  N/mm<sup>2</sup> $\sigma_{mzd} = Mzd / W_{mz,netto} = 1E+06 \times 0.000 / 2.109E+005 = 0.00$  N/mm<sup>2</sup> $\sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.033 + 0.000 = 0.03 < 1$  (EC5 Eq.6.11) $K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.023 + 0.000 = 0.02 < 1$  (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

**Tensione di compress. trascurabile, verifica fless.-compress. combinate non necessaria** (EC5 §6.2.4)

**Catena, elementi: 2 , combinazione di carico No 8**

**Stabilità a pressoflessione,  $F_{c0d}=-0.260\text{kN}$ ,  $M_{yd}=0.260\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$**  (EC5 §6.3.2)

Sezione rettangolare,  $b=75\text{mm}$ ,  $h=225\text{mm}$ ,  $A=1.688\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=6.328\text{E}+005\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.109\text{E}+005\text{mm}^3$

Coefficiente di correzione  $K_{mod}=1.00$ , coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.00$ ,  $E_{005}=10900\text{N/mm}^2$

$f_{c0k}=26.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod}\cdot f_{c0k}/\gamma_M=1.00\times 26.00/1.00=26.00\text{N/mm}^2$

$f_{myk}=40.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod}\cdot f_{myk}/\gamma_M=1.00\times 40.00/1.00=40.00\text{N/mm}^2$

$f_{mk}=40.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod}\cdot f_{mk}/\gamma_M=1.00\times 40.00/1.00=40.00\text{N/mm}^2$

Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{netto}=1000\times 0.260/16875= 0.02\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,netto}=1\text{E}+06\times 0.260/6.328\text{E}+005= 0.41\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,netto}=1\text{E}+06\times 0.000/2.109\text{E}+005= 0.00\text{ N/mm}^2$

Lunghezza libera di inflessione  $S_k$

$S_{ky}=1.00\times 4.243=4.243\text{ m}=4243\text{ mm}$  (più sfavorevole)

$S_{kz}=0.07\times 4.243=0.300\text{ m}=300\text{ mm}$  (lunghezza efficace/lunghezza totale= $0.30/4.24=0.07$ )

Snellezza

$i_y=\sqrt{I_y/A}=0.289\times 225=65\text{ mm}$ ,  $\lambda_y=4243/65=65.28$

$i_z=\sqrt{I_z/A}=0.289\times 75=22\text{ mm}$ ,  $\lambda_z=300/22=13.64$

Tensioni critiche

$\sigma_{c,crity}=\pi^2 E_{005}/\lambda_y^2=25.24\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,y}=\sqrt{f_{c0k}/\sigma_{c,crity}}=1.01$  (EC5 Eq.6.21)

$\sigma_{c,critz}=\pi^2 E_{005}/\lambda_z^2=578.23\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,z}=\sqrt{f_{c0k}/\sigma_{c,critz}}=0.21$  (EC5 Eq.6.22)

$\beta_c=0.20$  (legno lamellare)

$k_y=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel,y}-0.3)+\lambda_{rel,y}^2]=1.09$ ,  $K_{cy}=1/(k_y+\sqrt{k_y^2-\lambda_{rel,y}^2})=0.678$  (Eq.6.27 6.25)

$k_z=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel,z}-0.3)+\lambda_{rel,z}^2]=0.50$ ,  $K_{cz}=1/(k_z+\sqrt{k_z^2-\lambda_{rel,z}^2})=1.000$  (Eq.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d}/(K_{cy}\cdot f_{c0d})+\sigma_{myd}/f_{myd}+K_m\cdot\sigma_{mzd}/f_{mzd}=0.001+0.010+0.000=0.01 < 1$  (EC5 Eq.6.23)

$\sigma_{c0d}/(K_{cz}\cdot f_{c0d})+K_m\cdot\sigma_{myd}/f_{myd}+\sigma_{mzd}/f_{mzd}=0.001+0.007+0.000=0.01 < 1$  (EC5 Eq.6.24)

La verifica è soddisfatta

**Tensione di traz. trascurabile, verifica flessi.-trazione combinate non necessaria** (EC5 §6.2.3)

**1.8.5. Stato limite ultimo** (UNI EN1995-1-1:2009, §6)**Elementi: 3**

Carico [kN/m]	Azione	$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\psi_0$	
(Gk) Proprio Gk1 = 0.835, Gk2 = 0.106	Permanente		1.30	0.00	1.00
(Qk1) Neve Qks = 1.273	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk2) Vento Qkw = -0.248	Breve		0.00	1.50	0.60
(Qki) Sovraccario (H) Qi = 0.530	Breve		0.00	1.50	0.00
(Aex) AeX Sismica qh=0.053x(G+0.20xQk1)	Accidental				
(Aey) AeY Sismica qv=0.006x(G+0.20xQk1)	Accidental				

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	-N/Kmod	+N/Kmod	V/Kmod	M/Kmod
1	$\gamma_g \cdot Gk$	Permanente	0.60	-4.157	0.000	0.041	0.067
2	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1$	Breve	0.90	-7.261	0.000	0.067	0.117
3	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2$	Breve	0.90	-2.772	0.000	0.027	0.044
4	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki$	Breve	0.90	-4.642	0.000	0.044	0.074
5	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2$	Breve	0.90	-7.261	0.000	0.067	0.117
6	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1$	Breve	0.90	-5.914	0.000	0.055	0.095
7	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$	Breve	0.90	-7.785	0.000	0.072	0.125
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-1.678	0.000	0.016	0.027
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-1.649	0.000	0.016	0.026
	Valori massimi			-7.785	0.000	0.072	0.125

**1.8.6. Verifica della sezione Elementi: 3****Elementi: 3 , combinazione di carico No 7****Compressione parallela alla fibratura,  $F_{c0d} = -7.006$  kN** (EC5 §6.1.4)Sezione rettangolare,  $b=75$  mm,  $h=225$  mm,  $A=16\,875$  mm<sup>2</sup>Coefficiente di correzione  $K_{mod}=0.90$  (Tab.3.1), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (Tab. 2.3) $f_{c0k}=26.00$  N/mm<sup>2</sup>,  $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.90 \times 26.00 / 1.50 = 15.60$  N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14) $F_{c0d} = -7.006$  kN,  $\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 7.006 / 16875 = 0.42$  N/mm<sup>2</sup> < 15.60 N/mm<sup>2</sup> =  $f_{c0d}$  (Eq.6.2)

La verifica è soddisfatta

**Tensione di taglio trascurabile, verifica a taglio non necessaria** (EC5 §6.1.7)**Elementi: 3 , combinazione di carico No 7****Flessione,  $M_{yd}=0.112$  kNm,  $M_{zd}=0.000$  kNm** (EC5 §6.1.6)Sezione rettangolare,  $b=75$  mm,  $h=225$  mm,  $A=1.688E+004$  mm<sup>2</sup>,  $W_y=6.328E+005$  mm<sup>3</sup>,  $W_z=2.109E+005$  mm<sup>3</sup>Coefficiente di correzione  $K_{mod}=0.90$  (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (DM2008 $f_{yk}=40.00$  N/mm<sup>2</sup>,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{yk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00$  N/mm<sup>2</sup> $f_{mk}=40.00$  N/mm<sup>2</sup>,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00$  N/mm<sup>2</sup>Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2)) $\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my,netto} = 1E+06 \times 0.112 / 6.328E+005 = 0.18$  N/mm<sup>2</sup> $\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz,netto} = 1E+06 \times 0.000 / 2.109E+005 = 0.00$  N/mm<sup>2</sup> $\sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.007 + 0.000 = 0.01 < 1$  (EC5 Eq.6.11) $K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.005 + 0.000 = 0.01 < 1$  (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

**Elementi: 3 , combinazione di carico No 7****Flessione e compressione assiale combinate,  $F_{c0d} = -7.006$  kN,  $M_{yd}=0.112$  kNm,  $M_{zd}=0.000$  kNm** (§6.2.4)Sezione rettangolare,  $b=75$  mm,  $h=225$  mm,  $A=1.688E+004$  mm<sup>2</sup>,  $W_y=6.328E+005$  mm<sup>3</sup>,  $W_z=2.109E+005$  mm<sup>3</sup>Coefficiente di correzione  $K_{mod}=0.90$  (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (DM2008 $f_{c0k}=26.00$  N/mm<sup>2</sup>,  $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.90 \times 26.00 / 1.50 = 15.60$  N/mm<sup>2</sup> $f_{yk}=40.00$  N/mm<sup>2</sup>,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{yk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00$  N/mm<sup>2</sup> $f_{mk}=40.00$  N/mm<sup>2</sup>,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00$  N/mm<sup>2</sup>

Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))  
 $\sigma_{c0d} = F_{c0d}/A_{netto} = 1000 \times 7.006 / 16875 = 0.42 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{myd} = M_{yd}/W_{my,netto} = 1E+06 \times 0.112 / 6.328E+005 = 0.18 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{mzd} = M_{zd}/W_{mz,netto} = 1E+06 \times 0.000 / 2.109E+005 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

$$(\sigma_{c0d}/f_{c0d})^2 + \sigma_{myd}/f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.001 + 0.007 + 0.000 = 0.01 < 1 \quad (\text{EC5 Eq.6.19})$$

$$(\sigma_{c0d}/f_{c0d})^2 + K_m \cdot \sigma_{myd}/f_{myd} + \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.001 + 0.005 + 0.000 = 0.01 < 1 \quad (\text{EC5 Eq.6.20})$$

La verifica è soddisfatta

### **Elementi: 3 , combinazione di carico No 7**

**Stabilità a pressoflessione,  $F_{c0d} = -7.006 \text{ kN}$ ,  $M_{yd} = 0.112 \text{ kNm}$ ,  $M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$**  (EC5 §6.3.2)

Sezione rettangolare,  $b=75 \text{ mm}$ ,  $h=225 \text{ mm}$ ,  $A=1.688E+004 \text{ mm}^2$ ,  $W_y=6.328E+005 \text{ mm}^3$ ,  $W_z=2.109E+005 \text{ mm}^3$   
 Coefficiente di correzione  $K_{mod}=0.90$ , coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$ ,  $E_{005}=10900 \text{ N/mm}^2$   
 $f_{c0k}=26.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k}/\gamma_M = 0.90 \times 26.00 / 1.50 = 15.60 \text{ N/mm}^2$   
 $f_{myk}=40.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk}/\gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00 \text{ N/mm}^2$   
 $f_{mzk}=40.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mzk}/\gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00 \text{ N/mm}^2$

Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))  
 $\sigma_{c0d} = F_{c0d}/A_{netto} = 1000 \times 7.006 / 16875 = 0.42 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{myd} = M_{yd}/W_{my,netto} = 1E+06 \times 0.112 / 6.328E+005 = 0.18 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{mzd} = M_{zd}/W_{mz,netto} = 1E+06 \times 0.000 / 2.109E+005 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

### Lunghezza libera di inflessione $S_k$

$$S_{ky} = 1.00 \times 1.800 = 1.800 \text{ m} = 1800 \text{ mm} \text{ (più sfavorevole)}$$

$$S_{kz} = 1.00 \times 1.800 = 1.800 \text{ m} = 1800 \text{ mm} \text{ (più sfavorevole)}$$

### Snellezza

$$i_y = \sqrt{(I_y/A)} = 0.289 \times 225 = 65 \text{ mm}, \lambda_y = 1800 / 65 = 27.69$$

$$i_z = \sqrt{(I_z/A)} = 0.289 \times 75 = 22 \text{ mm}, \lambda_z = 1800 / 22 = 81.82$$

### Tensioni critiche

$$\sigma_{c,crity} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 140.31 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel,y} = \sqrt{(f_{c0k}/\sigma_{c,crity})} = 0.43 \quad (\text{EC5 Eq.6.21})$$

$$\sigma_{c,critz} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 16.07 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel,z} = \sqrt{(f_{c0k}/\sigma_{c,critz})} = 1.27 \quad (\text{EC5 Eq.6.22})$$

$\beta_c = 0.20$  (legno lamellare)

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0.61, K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)}) = 0.969 \quad (\text{Eq.6.27 6.25})$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 1.41, K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)}) = 0.499 \quad (\text{Eq.6.28 6.26})$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.027 + 0.007 + 0.000 = 0.03 < 1 \quad (\text{EC5 Eq.6.23})$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.053 + 0.005 + 0.000 = 0.06 < 1 \quad (\text{EC5 Eq.6.24})$$

La verifica è soddisfatta

### 1.9. Progetto delle unioni

#### 1.9.1. Resistenza di giunzioni (UNI EN1995-1-1:2009, §8)

##### Bulloni del giunto e piastre del giunto

Diametro dei bulloni  $d=4.0$  mm. Piastre del giunto  $t=2.0$  mm.

Res. snervamento piastre in acciaio  $f_y=240\text{N/mm}^2$ . Superficie netta piastra  $A_{net}=(0.75) \cdot b \cdot t$

##### Proprietà della sezione

Spessore del legname  $d=75.0$  mm, spessore della piastra in acciaio  $t=2.0$  mm

**Proprietà dei bulloni** (EC5 §8.5.1)

Diametro dei bulloni  $d=4.0$  mm, diametro rondella  $\geq 12.0$  mm spessore  $\geq 1.2$  mm.

**Distanza tra i bulloni** (EC5 Table 8.4)

come maggiormente sfavorevole viene scelta  $a_1=7d=7 \times 4.0=28$  mm,  $a_2=4d=16$  mm

##### Momento caratteristico di snervamento (EC5 §8.5.1.1)

$M_{yk}=0.30 f_{yk} \cdot d^2 \cdot b=0.30 \times 400 \times 4.0^2 \cdot 28=4411$  Nmm ( $f_{yk}=400\text{N/mm}^2$ ) (EN1995-1-1 Eq.8.30)

##### Valori caratteristici della resistenza a rifollamento (EC5 §8.3.1.1)

$f_{hk}=0.082(1-0.01d) \rho_k=43.30\text{N/mm}^2$ , ( $\rho_k=550\text{kg/m}^3$ ,  $d=4.0$  mm) (EN1995-1-1 Eq.8.32)

##### Azione permanente

##### Resistenza caratteristica a taglio dei bulloni -Unione a doppia sezione resistente (EC5 §8.2.3)

$t_2=75.0$  mm, Spessore della piastra in acciaio  $t=2.0 \leq 0.5d=0.5 \times 4.0=2.0$  mm

$R_d$ =il minore tra i valori (UNI EN1995-1-1:2009 Eq.8.12(j), 8.12(k))

$0.50 f_{hk} \cdot t_2 \cdot d=6.495$  kN

$1.15 \sqrt{2 M_{yk} \cdot f_{hk} \cdot d}=1.422$  kN

Resistenza di progetto del bullone  $R_d=2 K_{mod} \cdot F_{vrk} / \gamma_M=2 \times 0.60 \times 1.422 / 1.50=1.137$  kN

##### Azione di lunga durata

##### Resistenza caratteristica a taglio dei bulloni -Unione a doppia sezione resistente (EC5 §8.2.3)

$t_2=75.0$  mm, Spessore della piastra in acciaio  $t=2.0 \leq 0.5d=0.5 \times 4.0=2.0$  mm

$R_d$ =il minore tra i valori (UNI EN1995-1-1:2009 Eq.8.12(j), 8.12(k))

$0.50 f_{hk} \cdot t_2 \cdot d=6.495$  kN

$1.15 \sqrt{2 M_{yk} \cdot f_{hk} \cdot d}=1.422$  kN

Resistenza di progetto del bullone  $R_d=2 K_{mod} \cdot F_{vrk} / \gamma_M=2 \times 0.80 \times 1.422 / 1.50=1.516$  kN

##### Azione di breve durata

##### Resistenza caratteristica a taglio dei bulloni -Unione a doppia sezione resistente (EC5 §8.2.3)

$t_2=75.0$  mm, Spessore della piastra in acciaio  $t=2.0 \leq 0.5d=0.5 \times 4.0=2.0$  mm

$R_d$ =il minore tra i valori (UNI EN1995-1-1:2009 Eq.8.12(j), 8.12(k))

$0.50 f_{hk} \cdot t_2 \cdot d=6.495$  kN

$1.15 \sqrt{2 M_{yk} \cdot f_{hk} \cdot d}=1.422$  kN

Resistenza di progetto del bullone  $R_d=2 K_{mod} \cdot F_{vrk} / \gamma_M=2 \times 0.90 \times 1.422 / 1.50=1.706$  kN

##### Azione Accidentale

Resistenza di progetto del bullone  $R_d=2 K_{mod} \cdot F_{vrk} / \gamma_M=2 \times 1.00 \times 1.422 / 1.00=2.843$  kN

##### Ipotesi per la progettazione di unioni con bulloni

La progettazione dell'unione è basata sull'analisi plastica. Gli sforzi sui bullone raggiungono tutti lo stesso valore limite. La resistenza della piastra metallica è basata sulla sezione resistente plastica. Lo sforzo resistente a compressione è ridotto a  $0.50 \times F_d$

**1.9.2. Stato limite ultimo****Progettazione di unione con bulloni al nodo : 2** (UNI EN1995-1-1:2009, §8.5)

Unione con due (2) piastre metalliche.

**Verifica dell'unione tra gli elementi 1 e 3, al nodo 2**

Caratteristiche della ferramenta:

Due(2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni

BxH=110mmx70mm, e di spessore 2.0mm

Diametro dei bulloni d=4.0mm,

6 bulloni su ogni elemento collegato

Distanza tra i bulloni a1=28 mm, a2=16 mm

Res. snervamento piastre in acciaio  $f_y=240\text{N/mm}^2$ Superficie netta piastra  $A_{net}=(0.75) \cdot b \cdot t$ 

Fa= forza al centro dell'unione

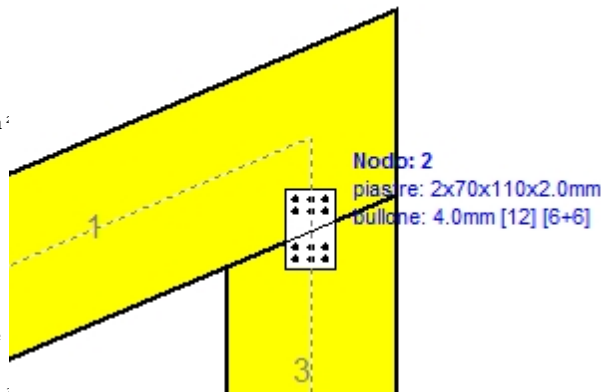
Ma= momento al centro dell'unione

Sforzo max bullone d'angolo  $F_n=Fa/n+Ma/W_p$ 

n: numero di bulloni, a: sezione del bullone

 $A=n \cdot a$ : area totale bullone

r :distanza bullone d'angolo dal centro unione

 $W_p$ : modulo di resistenza del collegamenton= 6, ( $n_{ef}=1.30n$ ),  $A=75\text{mm}^2$ ,  $r=25\text{mm}$ ,  $W_p=1485\text{mm}^3$  $\sigma$  e  $\sigma_d$  tens. normale e di esercizio piastra  $\text{N/mm}^2$ **Sforzi nel nodo 2 ,dall'elemento 1, al centro della unione F(forza) M(momento)****Verifica resistenza della unione**

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	Fa (kN)	Ma (kNm)	$F_n$ (kN)	$R_d$ (kN)
1	yg.Gk	Permanente	0.60	-2.495	-0.089	0.541 <	1.137
2	yg.Gk+yg.Qk1	Breve	0.90	-6.535	-0.232	1.418 <	1.706
3	yg.Gk+yg.Qk2	Breve	0.90	-2.495	-0.089	0.541 <	1.706
4	yg.Gk+yg.Qki	Breve	0.90	-4.178	-0.149	0.906 <	1.706
5	yg.Gk+yg.Qk1+yg.ψo.Qk2	Breve	0.90	-6.535	-0.232	1.418 <	1.706
6	yg.Gk+yg.Qk2+yg.ψo.Qk1	Breve	0.90	-5.323	-0.189	1.155 <	1.706
7	yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk1+yg.ψo.Qk2	Breve	0.90	-7.007	-0.249	1.520 <	1.706
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-2.518	-0.089	0.546 <	2.843
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-2.473	-0.088	0.537 <	2.843

**Verifica la resistenza della piastra di unione**

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	Fa (kN)	Ma (kNm)	$\sigma$	$\sigma_d$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	yg.Gk	Permanente	0.60	-2.495	-0.089	18 <	131
2	yg.Gk+yg.Qk1	Breve	0.90	-6.535	-0.232	47 <	196
3	yg.Gk+yg.Qk2	Breve	0.90	-2.495	-0.089	18 <	196
4	yg.Gk+yg.Qki	Breve	0.90	-4.178	-0.149	30 <	196
5	yg.Gk+yg.Qk1+yg.ψo.Qk2	Breve	0.90	-6.535	-0.232	47 <	196
6	yg.Gk+yg.Qk2+yg.ψo.Qk1	Breve	0.90	-5.323	-0.189	38 <	196
7	yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk1+yg.ψo.Qk2	Breve	0.90	-7.007	-0.249	51 <	196
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-2.518	-0.089	18 <	240
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-2.473	-0.088	18 <	240

**1.9.3. Stato limite ultimo****Progettazione di unione con bulloni al nodo : 1** (UNI EN1995-1-1:2009, §8.5)

Unione con due (2) piastre metalliche.

**Verifica dell'unione tra gli elementi 1 e 2, al nodo 1**

Caratteristiche della ferramenta:

Due(2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni

BxH=75mmx100mm, e di spessore 2.0mm

Diametro dei bulloni d=4.0mm,

5 bulloni su ogni elemento collegato

Distanza tra i bulloni a1=28 mm, a2=16 mm

Res. snervamento piastre in acciaio  $f_y=240\text{N/mm}^2$ Superficie netta piastra  $A_{net}=(0.75) \cdot b \cdot t$ 

Fa= forza al centro dell'unione

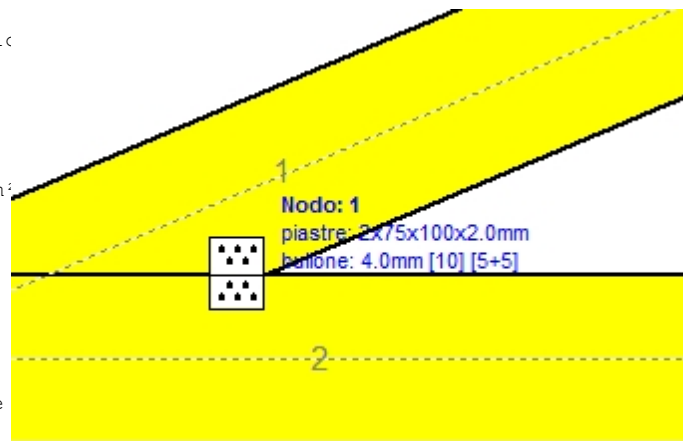
Ma= momento al centro dell'unione

Sforzo max bullone d'angolo  $F_n=Fa/n+Ma/W_p$ 

n: numero di bulloni, a: sezione del bullone

 $A=n \cdot a$ : area totale bullone

r :distanza bullone d'angolo dal centro unione

 $W_p$ : modulo di resistenza del collegamenton= 5, ( $n_{ef}=1.30n$ ),  $A=63\text{mm}^2$ ,  $r=24\text{mm}$ ,  $W_p=1477\text{mm}^3$  $\sigma$  e  $\sigma_d$  tens. normale e di esercizio piastra  $\text{N/mm}^2$ **Sforzi nel nodo 1 ,dall'elemento 1, al centro della unione F(forza) M(momento)****Verifica resistenza della unione**

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	Fa (kN)	Ma (kNm)	$F_n$ (kN)	$R_d$ (kN)
1	yg.Gk	Permanente	0.60	-2.509	0.080	0.539 <	1.137
2	yg.Gk+yg.Qk1	Breve	0.90	-6.571	0.203	1.392 <	1.706
3	yg.Gk+yg.Qk2	Breve	0.90	-2.509	0.080	0.539 <	1.706
4	yg.Gk+yg.Qki	Breve	0.90	-4.202	0.131	0.894 <	1.706
5	yg.Gk+yg.Qk1+yg.ψo.Qk2	Breve	0.90	-6.571	0.203	1.392 <	1.706
6	yg.Gk+yg.Qk2+yg.ψo.Qk1	Breve	0.90	-5.353	0.166	1.136 <	1.706
7	yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk1+yg.ψo.Qk2	Breve	0.90	-7.045	0.218	1.491 <	1.706
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-2.425	0.084	0.535 <	2.843
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-2.487	0.078	0.532 <	2.843

**Verifica la resistenza della piastra di unione**

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	Fa (kN)	Ma (kNm)	$\sigma$	$\sigma_d$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	yg.Gk	Permanente	0.60	-2.509	0.080	15 <	131
2	yg.Gk+yg.Qk1	Breve	0.90	-6.571	0.203	39 <	196
3	yg.Gk+yg.Qk2	Breve	0.90	-2.509	0.080	15 <	196
4	yg.Gk+yg.Qki	Breve	0.90	-4.202	0.131	25 <	196
5	yg.Gk+yg.Qk1+yg.ψo.Qk2	Breve	0.90	-6.571	0.203	39 <	196
6	yg.Gk+yg.Qk2+yg.ψo.Qk1	Breve	0.90	-5.353	0.166	32 <	196
7	yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk1+yg.ψo.Qk2	Breve	0.90	-7.045	0.218	41 <	196
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-2.425	0.084	15 <	240
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-2.487	0.078	15 <	240

**1.9.4. Stato limite ultimo****Progettazione di unione con bulloni al nodo : 3 (UNI EN1995-1-1:2009, §8.5)**

Unione con due (2) piastre metalliche.

**Verifica dell'unione tra gli elementi 3 e 2, al nodo 3**

Caratteristiche della ferramenta:

Due(2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni

BxH=100mmx45mm, e di spessore 2.0mm

Diametro dei bulloni d=4.0mm,

4 bulloni su ogni elemento collegato

Distanza tra i bulloni a1=28 mm, a2=16 mm

Res. snervamento piastre in acciaio  $f_y=240\text{N/mm}^2$ Superficie netta piastra  $A_{net}=(0.75) \cdot b \cdot t$ 

Fa= forza al centro dell'unione

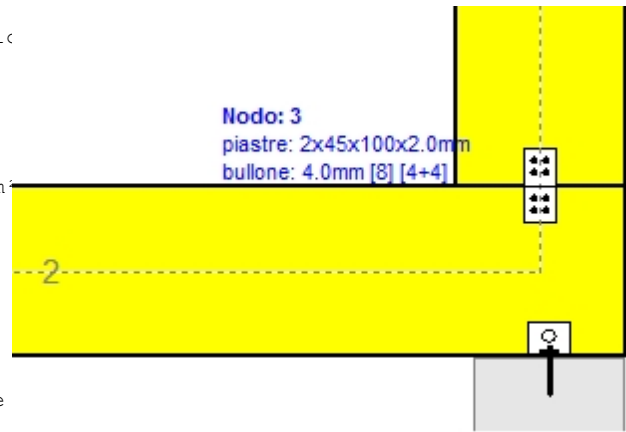
Ma= momento al centro dell'unione

Sforzo max bullone d'angolo  $F_n=Fa/n+Ma/W_p$ 

n: numero di bulloni, a: sezione del bullone

 $A=n \cdot a$ : area totale bullone

r :distanza bullone d'angolo dal centro unione

 $W_p$ : modulo di resistenza del collegamenton= 4, ( $n_{ef}=1.00n$ ),  $A=50\text{mm}^2$ ,  $r=13\text{mm}$ ,  $W_p=569\text{mm}^3$  $\sigma$  e  $\sigma_d$  tens. normale e di esercizio piastra  $\text{N/mm}^2$ **Sforzi nel nodo 3 ,dall'elemento 3, al centro della unione F(forza) M(momento)****Verifica resistenza della unione**

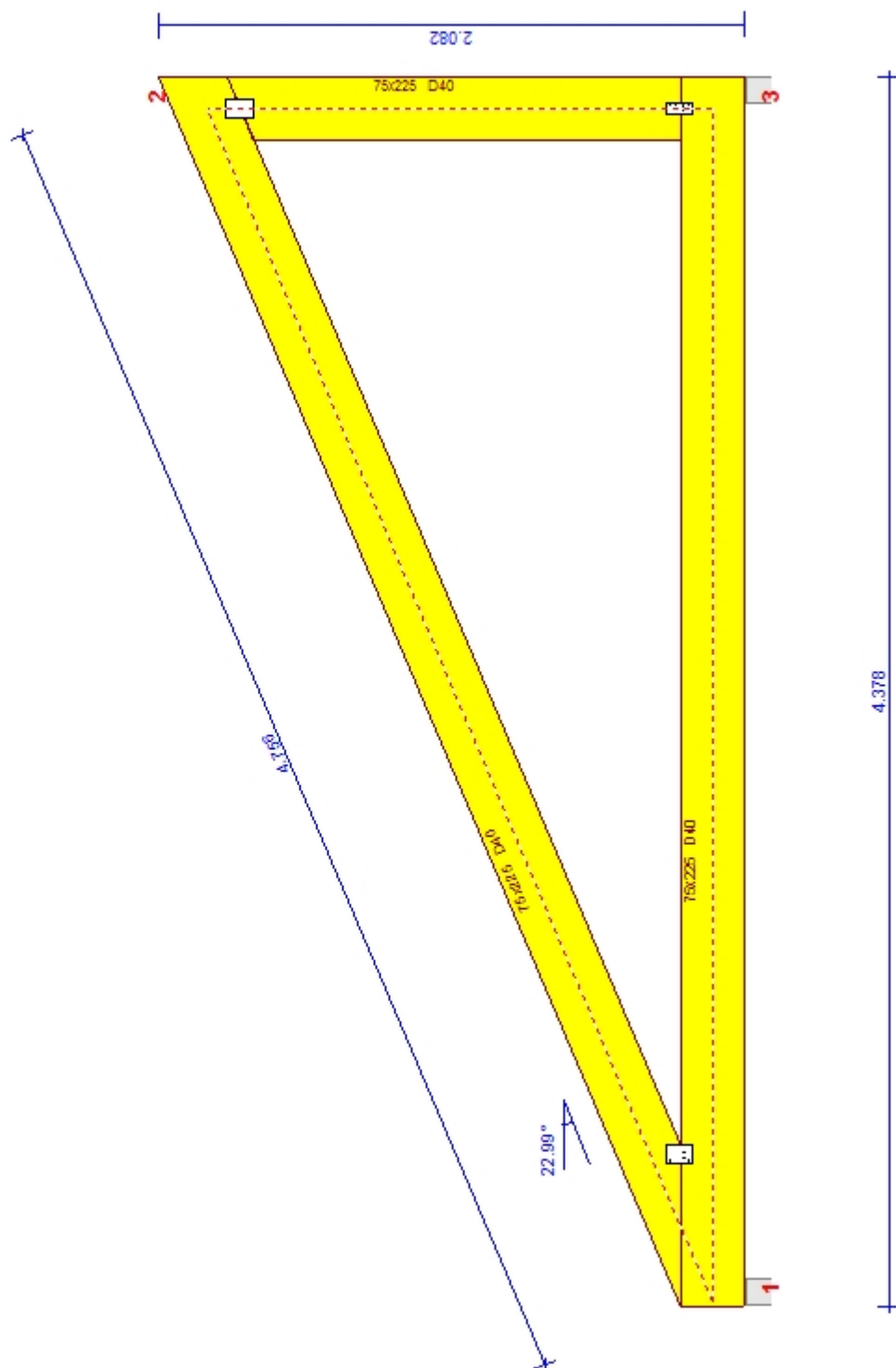
L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	Fa (kN)	Ma (kNm)	F <sub>n</sub> (kN)	R <sub>d</sub> (kN)
1	yg.Gk	Permanente	0.60	-2.495	-0.004	0.344 <	1.137
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	-6.535	-0.003	0.840 <	1.706
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	-2.495	-0.004	0.344 <	1.706
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	-4.178	-0.004	0.550 <	1.706
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-6.535	-0.003	0.840 <	1.706
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-5.323	-0.003	0.691 <	1.706
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-7.007	-0.003	0.898 <	1.706
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-2.518	-0.003	0.338 <	2.843
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-2.473	-0.003	0.332 <	2.843

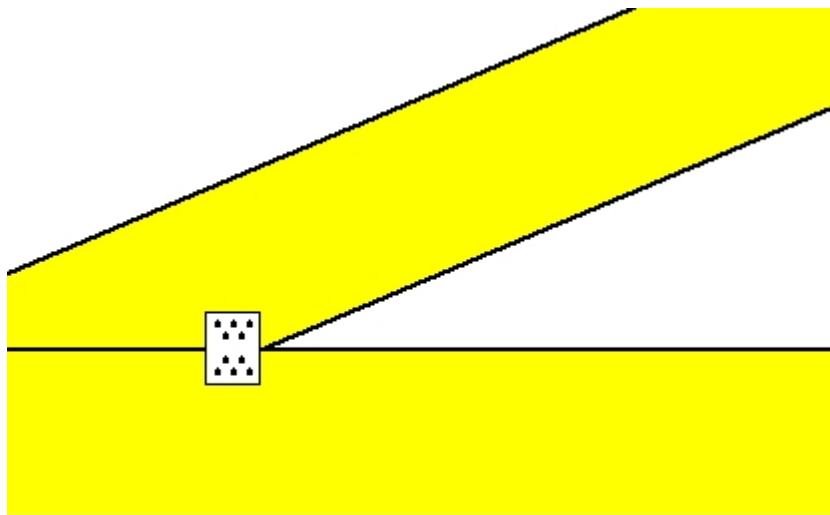
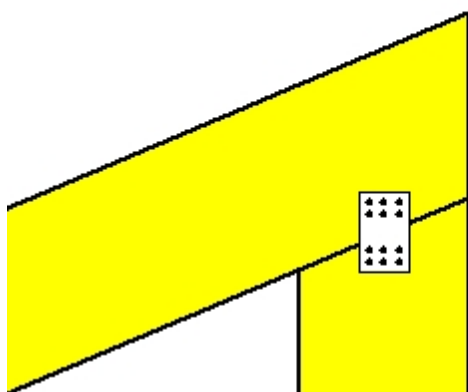
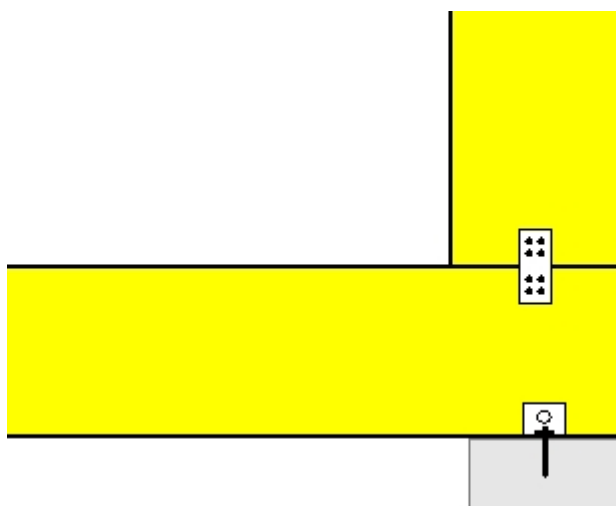
**Verifica la resistenza della piastra di unione**

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	Fa (kN)	Ma (kNm)	$\sigma$	$\sigma_d$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	yg.Gk	Permanente	0.60	-2.495	-0.004	11 <	131
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	-6.535	-0.003	25 <	196
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	-2.495	-0.004	11 <	196
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	-4.178	-0.004	17 <	196
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-6.535	-0.003	25 <	196
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-5.323	-0.003	21 <	196
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-7.007	-0.003	27 <	196
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-2.518	-0.003	10 <	240
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-2.473	-0.003	10 <	240



Scala 1:25



**Unione chiodata al nodo 1**(nodo a  $x=0.516$  m,  $y=0.112$  m)**piastre:** 2x75x100x2.0mm**bullone:** 4.0mm [10] [5+5]**Unione chiodata al nodo 2**(nodo a  $x=4.243$  m,  $y=1.800$  m)**piastre:** 2x70x110x2.0mm**bullone:** 4.0mm [12] [6+6]**Unione chiodata al nodo 3**(nodo a  $x=4.243$  m,  $y=0.000$  m)**piastre:** 2x45x100x2.0mm**bullone:** 4.0mm [8] [4+4]