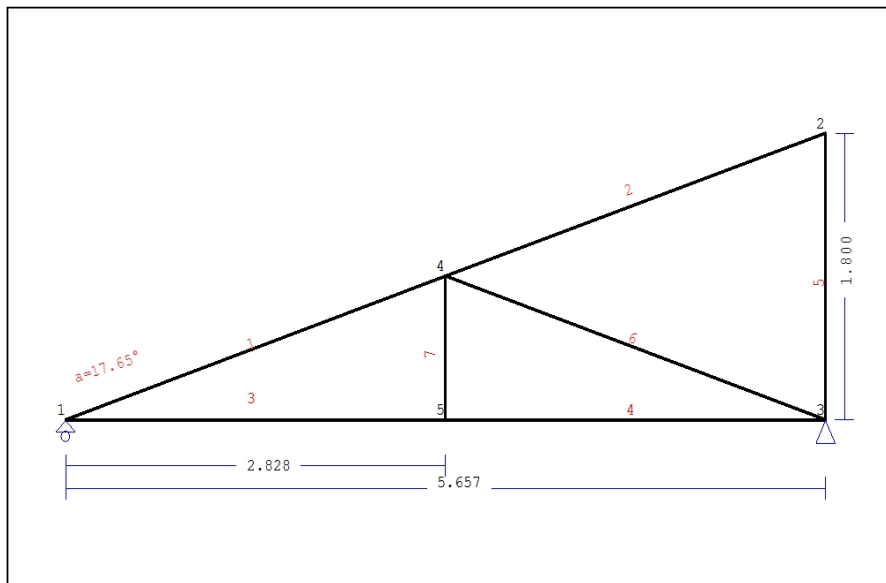


## 1. PADIGLIONE-03-3

Tetto con capriate di tipo N (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 5.657m, altezza 1.800m, inclinazione 17.65°, interasse delle capriate 1.414m

Travetti in legno di classe C22, con dimensioni 75x120 mm, ad interasse 0.300 m

Sezione degli elementi della capriata BxH [mm]

Elementi 1, 2, sezione 75x225 [mm]

Elementi 3, 4, sezione 75x225 [mm]

Elementi 5, sezione 75x225 [mm]

Elementi 6, 7, sezione 75x225 [mm]

Volume della capriata = 0.291 m<sup>3</sup>, peso proprio della capriata = 1.572 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

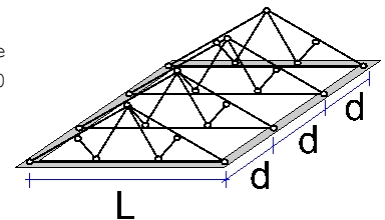
Gli sforzi interni alla capriata sono calcolati mediante analisi ad elementi finiti. La capriata è considerata come un elemento trave reticolare a due dimensioni. La rigidezza delle unioni è modulata secondo il grado desiderato di rigidezza. Per calcolare il valore di progetto degli sforzi interni, gli 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<sub>mk</sub> = 40.0 MPa, f<sub>t0k</sub> = 24.0 MPa, f<sub>t90k</sub> = 0.6 MPaf<sub>c0k</sub> = 26.0 MPa, f<sub>c90k</sub> = 8.3 MPa, f<sub>vk</sub> = 4.0 MPaE<sub>0m</sub> = 13000 MPa, E<sub>005</sub> = 10900 MPa, E<sub>90m</sub> = 860 MPaG<sub>m</sub> = 810 MPa,  $\rho_k$  = 550 Kg/m<sup>3</sup>**1.1.5. Proprietà dei materiali (legname, travetti) (NTC-DM2008, §4.4)**

Classe del legno : C22

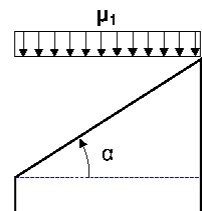
Classe di servizio : Classe 1, umidità  $\leq 12\%$  (DM2008 §4.4.5)Coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (DM2008 T.4.4.III)**Valori caratteristici del legname**f<sub>mk</sub> = 22.0 MPa, f<sub>t0k</sub> = 13.0 MPa, f<sub>t90k</sub> = 0.4 MPaf<sub>c0k</sub> = 20.0 MPa, f<sub>c90k</sub> = 2.4 MPa, f<sub>vk</sub> = 3.8 MPaE<sub>0m</sub> = 10000 MPa, E<sub>005</sub> = 6700 MPa, E<sub>90m</sub> = 330 MPaG<sub>m</sub> = 630 MPa,  $\rho_k$  = 340 Kg/m<sup>3</sup>**1.1.6. Carichi distribuiti sulla copertura**Carico permanente del manto di copertura G<sub>e</sub> = 0.500 kN/m<sup>2</sup> (Tegole)Travetti, assito, isolamento G<sub>t</sub> = 0.100 kN/m<sup>2</sup> G<sub>e</sub>+G<sub>t</sub>=0Peso del controsoffitto del tetto G<sub>c</sub> = 0.100 kN/m<sup>2</sup>Carico della neve sul terreno S<sub>k</sub> = 1.500 kN/m<sup>2</sup>Pressione del vento sulle superfici vert. Q<sub>w</sub> = 0.754 kN/m<sup>2</sup>Carico (categoria H) Q<sub>i</sub> = 0.500 kN/m<sup>2</sup>**1.2. Azioni della neve (DM2008, §3.4)**Carico neve al suolo S<sub>k</sub> (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

q<sub>sk</sub> = 1.500 kN/m<sup>2</sup> (as=200  $\leq$  200m)Valore di riferimento del carico neve al suolo: s<sub>k</sub>=q<sub>ref</sub>(T)=1.500 kN/m<sup>2</sup>

Carico neve sulla copertura (DM2008, §3.4.5)

Inclinazione del tetto :  $\alpha=17.651^\circ$ Coefficiente di esposizione : C<sub>e</sub>=1.000 (DM2008 §5.2(7))Coefficiente termico : C<sub>t</sub>=1.000 (DM2008 §5.2(8))Fattori di forma,  $\alpha=17.65^\circ$ ,  $\mu_1=0.800$  (Tab. 3.4.II)

Azioni della neve (DM2008, §3.4.8.2)

S<sub>1</sub>= $\mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0.800 \times 1.000 \times 1.000 \times 1.500 = 1.200$  kN/m<sup>2</sup>**1.3. Azioni del vento (DM2008 §3.3)**Pressione del vento q<sub>b</sub>(z)=C<sub>e</sub>(z) · V<sub>b</sub><sup>2</sup>/1.6 (DM2008 §3.3.6)

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

Zona:1, V<sub>b</sub>=25.00m/s (as=500<ao=1000m), V<sub>b</sub>=25m/s, ao=1000m, K<sub>a</sub>=0.012(1/s) (Tab. 3.3.I)

Velocità di riferimento , Tr=500 anni (§3.3.2)

Classe di rugosità del terreno= D, 10km&lt;distanza costa&lt;=30km, altitudine di riferimento=500m

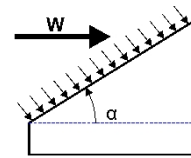
Categorie di esposizione del sito: II, k<sub>r</sub>=0.19, z<sub>o</sub>=0.05m, z<sub>min</sub>=4.00m (Tab.3.3.II)Coefficiente di topografia : C<sub>t</sub>=1.000 (§3.3.7)Coefficiente di esposizione: C<sub>e</sub>=0.19<sup>2</sup> × 1.000 × ln(5/0.05) × [7+1.000 × ln(5/0.05)] = 1.929 (§3.3.7)Pressione del vento sulla superficie verticale: Q<sub>ref</sub>·C<sub>e</sub>:=0.001 × (25.00<sup>2</sup>/1.6) × 1.929 = 0.754 kN/m<sup>2</sup>

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  $\alpha = 17.65^\circ$ ,  $C_p = -0.40$

Pressione del vento  $p_f = -0.302 \text{ kN/m}^2$



**1.4. Progettazione della capriata****Caratteristiche geometriche della capriata**

Lunghezza  $L=5.657$  m, altezza  $H=1.800$  m, interasse capriate  $d=1.414$  m  
 Inclinazione  $=31.82\%$ , angolo  $\alpha=17.65^\circ$ ,  $\tan\alpha=0.318$ ,  $\sin\alpha=0.303$ ,  $\cos\alpha=0.953$   
 Numero dei nodi = 5, numero degli elementi =7, 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	4	75x225	2.968	1.688E+004	7.119E+007	6.328E+005
2	5.657	1.800		2	4	2	75x225	2.969	1.688E+004	7.119E+007	6.328E+005
3	5.657	0.000	11	3	1	5	75x225	2.828	1.688E+004	7.119E+007	6.328E+005
4	2.828	0.900		4	5	3	75x225	2.829	1.688E+004	7.119E+007	6.328E+005
5	2.828	0.000		5	3	2	75x225	1.800	1.688E+004	7.119E+007	6.328E+005
				6	4	3	75x225	2.969	1.688E+004	7.119E+007	6.328E+005
				7	5	4	75x225	0.900	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 =1.572 kN  
 Interasse delle capriate  $d=1.41$  m, peso delle unioni delle capriate =0.157 kN

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

Manto di copertura +peso proprio  $Gk1= 1.154$  kN/m  
 Controsoffitto del tetto  $Gk2= 0.141$  kN/m

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

Sovraccario  $Qk1= 0.50 \times 1.414 = 0.707$  kN/m  
 Carico neve  $Qk1= 1.697$  kN/m  
 Carico da vento  $Qk2=-0.426$  kN/m

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

AeX Sismica  $q_h=0.053 \times (G+0.20 \times Qk1)$   
 AeY Sismica  $q_v=0.006 \times (G+0.20 \times Qk1)$

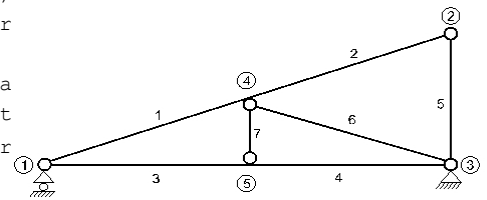
**Combinazioni di carico di progetto**

( $\gamma_g=1.30$ ,  $\gamma_q=1.50$ ,  $\psi_0$ (di esercizio  $Q_f$ )=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	$Gk + \psi_2.Qk1 + Ae_x$	Accidental
9	$Gk + \psi_2.Qk1 + Ae_y$	Accidental

### 1.5. Analisi statica della capriata

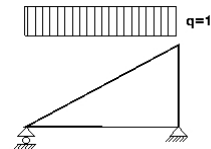
Progettazione di unioni con rigidezza ridotta (fattore 0.20)  
 La capriata è progettata come struttura reticolare con una  $r$  di rigidezza delle unioni secondo il fattore sopraindicato.  
 e la catena sono considerati come aste continue. La capriata viene calcolata dapprima per varie condizioni di 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 = 5, numero degli elementi = 7, 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	4	-5.94	1.03	0.02	-5.09	-1.67	-0.92
2	4	2	-0.54	1.67	-0.92	0.32	-1.03	0.02
3	1	5	5.35	0.05	0.01	5.35	0.05	0.14
4	5	3	5.35	-0.05	0.14	5.35	-0.05	0.00
5	3	2	-1.08	0.01	0.00	-1.08	0.01	0.01
6	4	3	-5.61	0.00	0.00	-5.61	0.00	0.00
7	5	4	-0.09	0.00	0.00	-0.09	0.00	0.00



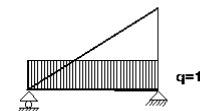
**Sforzi alle estremità dell'elemento per carichi unitari (1 kN/m puntone sinistro verso il basso)**

elem.	nodo-1	nodo-2	F1x[kN]	F1y[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	4	5.35	2.78	0.02	-5.35	0.04	0.92
2	4	2	0.01	1.75	-0.92	-0.01	1.08	-0.02
3	1	5	-5.35	0.05	0.01	5.35	-0.05	-0.14
4	5	3	-5.35	-0.05	0.14	5.35	0.05	0.00
5	3	2	-0.01	1.08	0.00	0.01	-1.08	-0.01
6	4	3	5.35	-1.70	0.00	-5.35	1.70	0.00
7	5	4	0.00	0.09	0.00	0.00	-0.09	0.00

(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	4	-5.62	0.04	0.01	-5.62	0.04	0.13
2	4	2	0.01	-0.04	0.13	0.01	-0.04	0.00
3	1	5	5.34	1.09	0.02	5.34	-1.74	-0.90
4	5	3	5.34	1.74	-0.90	5.34	-1.09	0.02
5	3	2	-0.04	0.00	-0.01	-0.04	0.00	0.00
6	4	3	-5.60	0.00	0.00	-5.60	0.00	0.00
7	5	4	3.48	0.00	0.00	3.48	0.00	0.00



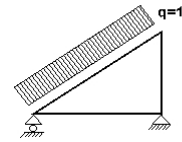
**Sforzi alle estremità dell'elemento per carichi unitari (1 kN/m catena verso il basso)**

elem.	nodo-1	nodo-2	F1x[kN]	F1y[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	4	5.34	1.74	0.01	-5.34	-1.74	-0.13
2	4	2	0.00	-0.04	0.13	0.00	0.04	0.00
3	1	5	-5.34	1.09	0.02	5.34	1.74	0.90
4	5	3	-5.34	1.74	-0.90	5.34	1.09	-0.02
5	3	2	0.00	0.04	-0.01	0.00	-0.04	0.00
6	4	3	5.34	-1.70	0.00	-5.34	1.70	0.00
7	5	4	0.00	-3.48	0.00	0.00	3.48	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	4	-4.73	1.12	0.02	-4.73	-1.84	-1.05
2	4	2	0.35	1.84	-1.05	0.35	-1.12	0.02
3	1	5	4.16	0.04	0.01	4.16	0.04	0.12
4	5	3	4.16	-0.04	0.12	4.16	-0.04	0.00
5	3	2	-1.18	0.01	0.00	-1.18	0.01	0.01
6	4	3	-6.25	0.00	0.00	-6.25	0.00	0.00
7	5	4	-0.08	0.00	0.00	-0.08	0.00	0.00

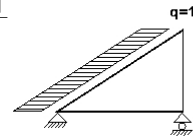
**Sforzi alle estremità dell'elemento per carichi unitari (1 kN/m pressione nel puntone sinistro)**

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx [kN]	Fly [kN]	M1 [kNm]	F2x [kN]	F2y [kN]	M2 [kNm]
1	1	4	4.16	2.50	0.02	-5.06	0.32	1.05
2	4	2	-0.89	1.65	-1.05	-0.01	1.18	-0.02
3	1	5	-4.16	0.04	0.01	4.16	-0.04	-0.12
4	5	3	-4.16	-0.04	0.12	4.16	0.04	0.00
5	3	2	-0.01	1.18	0.00	0.01	-1.18	-0.01
6	4	3	5.96	-1.90	0.00	-5.96	1.90	0.00
7	5	4	0.00	0.08	0.00	0.00	-0.08	0.00

(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	4	4.01	0.31	0.01	1.18	-0.59	-0.41
2	4	2	2.93	0.59	-0.41	0.10	-0.31	0.01
3	1	5	-3.92	-0.02	0.00	-3.92	-0.02	-0.06
4	5	3	-3.92	0.02	-0.06	-3.92	0.02	0.00
5	3	2	-0.32	0.00	0.00	-0.32	0.00	0.00
6	4	3	-2.12	0.00	0.00	-2.12	0.00	0.00
7	5	4	0.05	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00

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

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx [kN]	Fly [kN]	M1 [kNm]	F2x [kN]	F2y [kN]	M2 [kNm]
1	1	4	-3.92	-0.92	0.01	0.95	0.92	0.41
2	4	2	-2.97	-0.32	-0.41	0.00	0.32	-0.01
3	1	5	3.92	-0.02	0.00	-3.92	0.02	0.06
4	5	3	3.92	0.02	-0.06	-3.92	-0.02	0.00
5	3	2	0.00	0.32	0.00	0.00	-0.32	0.00
6	4	3	2.02	-0.64	0.00	-2.02	0.64	0.00
7	5	4	0.00	-0.05	0.00	0.00	0.05	0.00

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

**1.5.2. Forze interne****Forze interne, Carico, : ( Gk) Proprio Gk1 = 1.154, Gk2 = 0.141 [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	4	-7.99	1.25	0.03	-6.95	-2.01	-1.10	-7.59	0.00	0.74
2	4	2	-0.65	2.01	-1.10	0.39	-1.25	0.03	-0.01	0.00	0.74
3	1	5	7.24	0.21	0.01	7.24	-0.19	0.04	7.24	0.00	0.17
4	5	3	7.24	0.19	0.04	7.24	-0.21	0.00	7.24	0.00	0.16
5	3	2	-1.31	0.01	0.00	-1.31	0.01	0.01	-1.31	0.01	0.01
6	4	3	-7.59	0.00	0.00	-7.59	0.00	0.00	-7.59	0.00	0.00
7	5	4	0.38	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00

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

**Forze interne, Carico, : (Qk1) Neve Qks = 1.697 [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	4	-10.09	1.75	0.04	-8.63	-2.83	-1.56	-9.53	-0.01	1.03
2	4	2	-0.91	2.83	-1.56	0.55	-1.75	0.04	-0.01	0.01	1.03
3	1	5	9.08	0.08	0.02	9.08	0.08	0.23	9.08	0.08	0.13
4	5	3	9.08	-0.08	0.23	9.08	-0.08	0.00	9.08	-0.08	0.12
5	3	2	-1.83	0.01	0.00	-1.83	0.01	0.02	-1.83	0.01	0.01
6	4	3	-9.52	0.00	0.00	-9.52	0.00	0.00	-9.52	0.00	0.00
7	5	4	-0.16	0.00	0.00	-0.16	0.00	0.00	-0.16	0.00	0.00

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

**Forze interne, Carico, : (Qk2) Vento Qkw = -0.426 [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	4	2.02	-0.48	-0.01	2.02	0.79	0.45	2.02	0.01	-0.28
2	4	2	-0.15	-0.79	0.45	-0.15	0.48	-0.01	-0.15	-0.01	-0.28
3	1	5	-1.78	-0.02	0.00	-1.78	-0.02	-0.05	-1.78	-0.02	-0.03
4	5	3	-1.78	0.02	-0.05	-1.78	0.02	0.00	-1.78	0.02	-0.03
5	3	2	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00
6	4	3	2.67	0.00	0.00	2.67	0.00	0.00	2.67	0.00	0.00
7	5	4	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00

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

**Forze interne, Carico, : (Qki) Sovraccario (H) Qi = 0.707 [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	4	-4.20	0.73	0.02	-3.60	-1.18	-0.65	-3.97	0.00	0.43
2	4	2	-0.38	1.18	-0.65	0.23	-0.73	0.01	-0.01	0.00	0.43
3	1	5	3.78	0.03	0.01	3.78	0.03	0.10	3.78	0.03	0.05
4	5	3	3.78	-0.03	0.10	3.78	-0.03	0.00	3.78	-0.03	0.05
5	3	2	-0.76	0.00	0.00	-0.76	0.00	0.01	-0.76	0.00	0.00
6	4	3	-3.97	0.00	0.00	-3.97	0.00	0.00	-3.97	0.00	0.00
7	5	4	-0.07	0.00	0.00	-0.07	0.00	0.00	-0.07	0.00	0.00

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

**Forze interne, Carico, : (Aex) AeX Sismica  $q_h=0.053x(G+0.20xQ_k1)$  [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	4	0.33	0.03	0.00	0.10	-0.05	-0.03	0.24	0.00	0.01
2	4	2	0.24	0.05	-0.03	0.01	-0.03	0.00	0.10	0.00	0.01
3	1	5	-0.32	0.00	0.00	-0.32	0.00	-0.01	-0.32	0.00	0.00
4	5	3	-0.32	0.00	-0.01	-0.32	0.00	0.00	-0.32	0.00	0.00
5	3	2	-0.03	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.00
6	4	3	-0.17	0.00	0.00	-0.17	0.00	0.00	-0.17	0.00	0.00
7	5	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

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

**Forze interne, Carico, : (Aey) AeY Sismica  $q_v=0.006x(G+0.20xQ_k1)$  [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	4	-0.06	0.01	0.00	-0.06	-0.02	-0.01	-0.06	0.00	0.01
2	4	2	-0.01	0.02	-0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
3	1	5	0.06	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00
4	5	3	0.06	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00
5	3	2	-0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00
6	4	3	-0.06	0.00	0.00	-0.06	0.00	0.00	-0.06	0.00	0.00
7	5	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	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  $G_{k1} = 1.154$ ,  $G_{k2} = 0.141$  [kN/m]**

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx [kN]	Fly [kN]	M1 [kNm]	F2x [kN]	F2y [kN]	M2 [kNm]
1	1	4	7.24	3.62	0.03	-7.24	-0.19	1.10
2	4	2	0.01	2.11	-1.10	-0.01	1.31	-0.03
3	1	5	-7.24	0.21	0.01	7.24	0.19	-0.04
4	5	3	-7.24	0.19	0.04	7.24	0.21	0.00
5	3	2	-0.01	1.31	0.00	0.01	-1.31	-0.01
6	4	3	7.23	-2.30	0.00	-7.23	2.30	0.00
7	5	4	0.00	-0.38	0.00	0.00	0.38	0.00

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

**Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Qk1) Neve  $Q_{ks} = 1.697$  [kN/m]**

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx [kN]	Fly [kN]	M1 [kNm]	F2x [kN]	F2y [kN]	M2 [kNm]
1	1	4	9.08	4.72	0.04	-9.08	0.08	1.56
2	4	2	0.01	2.97	-1.56	-0.01	1.83	-0.04
3	1	5	-9.08	0.08	0.02	9.08	-0.08	-0.23
4	5	3	-9.08	-0.08	0.23	9.08	0.08	0.00
5	3	2	-0.01	1.83	0.00	0.01	-1.83	-0.02
6	4	3	9.07	-2.89	0.00	-9.07	2.89	0.00
7	5	4	0.00	0.16	0.00	0.00	-0.16	0.00

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

**Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Qk2) Vento  $Q_{kw} = -0.426$  [kN/m]**

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx [kN]	Fly [kN]	M1 [kNm]	F2x [kN]	F2y [kN]	M2 [kNm]
1	1	4	-1.78	-1.07	-0.01	2.16	-0.14	-0.45
2	4	2	0.38	-0.70	0.45	0.00	-0.50	0.01
3	1	5	1.78	-0.02	0.00	-1.78	0.02	0.05
4	5	3	1.78	0.02	-0.05	-1.78	-0.02	0.00
5	3	2	0.00	-0.50	0.00	0.00	0.50	0.00
6	4	3	-2.54	0.81	0.00	2.54	-0.81	0.00
7	5	4	0.00	-0.03	0.00	0.00	0.03	0.00

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



**Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Qki) Sovraccario (H) Qi = 0.707[kN/m]**

elem.	nodo-1	nodo-2	Flx[kN]	Fly[kN]	M1[kNm]	F2x[kN]	F2y[kN]	M2[kNm]
1	1	4	3.78	1.97	0.02	-3.78	0.03	0.65
2	4	2	0.00	1.24	-0.65	0.00	0.76	-0.01
3	1	5	-3.78	0.03	0.01	3.78	-0.03	-0.10
4	5	3	-3.78	-0.03	0.10	3.78	0.03	0.00
5	3	2	0.00	0.76	0.00	0.00	-0.76	-0.01
6	4	3	3.78	-1.20	0.00	-3.78	1.20	0.00
7	5	4	0.00	0.07	0.00	0.00	-0.07	0.00

(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	4	-0.32	-0.08	0.00	0.08	0.08	0.03
2	4	2	-0.24	-0.03	-0.03	0.00	0.03	0.00
3	1	5	0.32	0.00	0.00	-0.32	0.00	0.01
4	5	3	0.32	0.00	-0.01	-0.32	0.00	0.00
5	3	2	0.00	0.03	0.00	0.00	-0.03	0.00
6	4	3	0.17	-0.05	0.00	-0.17	0.05	0.00
7	5	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	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	4	0.06	0.03	0.00	-0.06	0.00	0.01
2	4	2	0.00	0.02	-0.01	0.00	0.01	0.00
3	1	5	-0.06	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00
4	5	3	-0.06	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00
5	3	2	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00
6	4	3	0.06	-0.02	0.00	-0.06	0.02	0.00
7	5	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	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	-0.01	-0.02	0.00	-0.01
3	0.00	0.00	0.00	0.00
4	-0.64	-0.80	0.18	-0.33
5	-0.64	-0.80	0.18	-0.33

**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	3.83	4.80	-1.08	2.00
3	Fx	0.00	0.00	0.77	0.00
3	Fy	3.83	4.80	-1.33	2.00

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

Carico [kN/m]	Azione	$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\psi_0$	
( Gk) Proprio $G_{k1} = 1.154$ , $G_{k2} = 0.141$	Permanente		1.30	0.00	1.00
(Qk1) Neve $Q_{ks} = 1.697$	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk2) Vento $Q_{kw} = -0.426$	Breve		0.00	1.50	0.60
(Qki) Sovraccario (H) $Q_i = 0.707$	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	4.973	0.000	8.288	
2	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{k1}$	Breve	0.90	0.000	12.172	0.000	13.525	
3	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{k2}$	Breve	0.90	1.151	2.980	1.279	3.312	
4	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{ki}$	Breve	0.90	0.000	7.973	0.000	8.858	
5	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{k1} + \gamma_q.\psi_0.Q_{k2}$	Breve	0.90	0.691	10.977	0.768	12.196	
6	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{k2} + \gamma_q.\psi_0.Q_{k1}$	Breve	0.90	1.151	8.020	1.279	8.911	
7	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{ki} + \gamma_q.\psi_0.Q_{k1} + \gamma_q.\psi_0.Q_{k4}$	Breve	0.90	0.691	11.816	0.768	13.129	
8	$G_k + 0.2xQ_{k1} + A_{edX}$	Accidental	1.00	0.489	4.863	0.543	5.403	
9	$G_k + 0.2xQ_{k1} + A_{edY}$	Accidental	1.00	0.000	4.816	0.000	5.351	
	Valori massimi				1.151	12.172	1.279	13.525
10	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{k2} = 0.9G_k + 1.5Q_{k2}$ , (EQU)	Breve	0.90	1.151	1.450	1.279	1.611	

**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	4.973	0.000	8.288	
2	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{k1}$	Breve	0.90	0.001	12.172	0.001	13.524	
3	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{k2}$	Breve	0.90	0.000	3.347	0.000	3.719	
4	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{ki}$	Breve	0.90	0.000	7.973	0.000	8.858	
5	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{k1} + \gamma_q.\psi_0.Q_{k2}$	Breve	0.90	0.001	11.196	0.001	12.440	
6	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{k2} + \gamma_q.\psi_0.Q_{k1}$	Breve	0.90	0.000	8.386	0.000	9.318	
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	12.036	0.001	13.374	
8	$G_k + 0.2xQ_{k1} + A_{edX}$	Accidental	1.00	0.000	4.863	0.000	5.403	
9	$G_k + 0.2xQ_{k1} + A_{edY}$	Accidental	1.00	0.000	4.816	0.000	5.351	
	Valori massimi				0.001	12.172	0.001	13.524
10	$\gamma_g.G_k + \gamma_q.Q_{k2} = 0.9G_k + 1.5Q_{k2}$ , (EQU)	Breve	0.90	0.000	1.817	0.000	2.018	

**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 nel nodo 5** (EC5 §7.2)

Carico [kN/m]		u[mm]	Azione	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	Kdef	
(Gk) Proprio	Gk1 = 1.154, Gk2 = 0.141	-0.639	Permanente	1.00	1.00	1.00	0.60	
(Qk1) Neve	Qks = 1.697	-0.799	Breve		0.70	0.50	0.20	0.00
(Qk2) Vento	Qkw = -0.426	0.179	Breve		0.60	0.20	0.00	0.00

Combinazione di carico	w.inst	w.fin [mm]
1 Gk	0.639	1.022
2 Gk + Qk1	1.438	1.917
3 Gk + Qk2	0.639	1.022
4 Gk + Qk1 + $\psi_0 \cdot Qk2$	1.438	1.917
5 Gk + Qk2 + $\psi_0 \cdot Qk1$	1.198	1.677

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

**Massimi valori della freccia nel nodo 5**

$w_{inst} = 1.438$  mm,  $w_{fin} = 1.917$  mm

**Verifica secondo UNI EN1995-1-1:2009 §7.2, Tab.7.2**Deformazioni finali nel nodo 5

$w_{inst} = 1.438$  mm <  $L/300 = 5657/300 = 18.857$  mm

$w_{net,fin} = 1.917$  mm <  $L/250 = 5657/250 = 22.628$  mm

$w_{fin} = 1.917$  mm <  $L/150 = 5657/150 = 37.713$  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 = 1.154, Gk2 = 0.141		0.500	Permanente	1.00	1.00	1.00	0.60
(Qk1) Neve	Qks = 1.697		0.735	Breve	0.70	0.50	0.20	0.00
(Qk2) Vento	Qkw = -0.426		0.000	Breve	0.60	0.20	0.00	0.00

Combinazione di carico	w.inst	w.fin [mm]
1 Gk	0.500	0.800
2 Gk + Qk1	1.235	1.623
3 Gk + Qk2	0.500	0.800
4 Gk + Qk1 + $\psi_0 \cdot Qk2$	1.235	1.623
5 Gk + Qk2 + $\psi_0 \cdot Qk1$	1.015	1.403

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

**Massimi valori della freccia a metà asta 2**

$w_{inst} = 1.235$  mm,  $w_{fin} = 1.623$  mm

**Verifica secondo UNI EN1995-1-1:2009 §7.2, Tab.7.2**Deformazioni finali a metà asta 2

$w_{inst} = 1.235$  mm <  $L/300 = 2969/300 = 9.896$  mm

$w_{net,fin} = 1.623$  mm <  $L/250 = 2969/250 = 11.875$  mm

$w_{fin} = 1.623$  mm <  $L/150 = 2969/150 = 19.792$  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	22.61637	0.04422
2	33.20597	0.03012
3	40.00871	0.02499
4	71.04028	0.01408
5	86.15391	0.01161

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

Carico [kN/m]	Azione	$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\psi_0$	
(Gk) Proprio Gk1 = 1.154, Gk2 = 0.141	Permanente		1.30	0.00	1.00
(Qk1) Neve Qks = 1.697	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk2) Vento Qkw = -0.426	Breve		0.00	1.50	0.60
(Qki) Sovraccario (H) Qi = 0.707	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	-17.317	0.848	4.358	2.379
2	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1$	Breve	0.90	-28.354	1.476	7.616	4.192
3	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2$	Breve	0.90	-11.545	0.565	2.905	1.586
4	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki$	Breve	0.90	-18.548	0.945	4.868	2.672
5	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2$	Breve	0.90	-28.354	1.476	7.616	4.192
6	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1$	Breve	0.90	-23.311	1.202	6.203	3.411
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	-30.315	1.582	8.165	4.497
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-6.453	0.339	1.750	0.963
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-6.716	0.336	1.729	0.947
	Valori massimi			-30.315	1.582	8.165	4.497

**1.8.2. Verifica della sezione Puntone, elementi: 1, 2****Puntone, elementi: 1, 2, combinazione di carico No 7****Trazione parallela alla fibratura, Ft0d=1.424 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=1.424 kN,  $\sigma_{t0d} = Ft0d / A_{netto} = 1000 \times 1.424 / 16875 = 0.084$  N/mm<sup>2</sup> < 14.40 N/mm<sup>2</sup> = ft0d (Eq.6.1)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 1, 2, combinazione di carico No 7****Compressione parallela alla fibratura, Fc0d=-27.283 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=-27.283 kN,  $\sigma_{c0d} = Fc0d / A_{netto} = 1000 \times 27.283 / 16875 = 1.62$  N/mm<sup>2</sup> < 15.60 N/mm<sup>2</sup> = fc0d (Eq.6.2)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 1, 2, combinazione di carico No 7****Taglio, Fv=7.349 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=7.349 kN,  $\tau_{v0d} = 1.50 Fv0d / A_{netto} = 1000 \times 1.50 \times 7.349 / 11250 = 0.98$  N/mm<sup>2</sup> < 2.40 N/mm<sup>2</sup> = fv0d (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 1, 2, combinazione di carico No 7****Flessione, Myd=4.047 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))  
 $\sigma_{myd} = M_{yd}/W_{my,netto} = 1E+06 \times 4.047 / 6.328E+005 = 6.40 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{mzd} = M_{zd}/W_{mz,netto} = 1E+06 \times 0.000 / 2.109E+005 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}/f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.266 + 0.000 = 0.27 < 1$  (EC5 Eq.6.11)

$K_m \cdot \sigma_{myd}/f_{myd} + \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.187 + 0.000 = 0.19 < 1$  (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

#### **Puntone, elementi: 1, 2, combinazione di carico No 7**

**Flessione e compressione assiale combinate,  $F_{c0d} = -27.283 \text{ kN}$ ,  $M_{yd} = 4.046 \text{ kNm}$ ,  $M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$**  (§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))

$\sigma_{c0d} = F_{c0d}/A_{netto} = 1000 \times 27.283 / 16875 = 1.62 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd} = M_{yd}/W_{my,netto} = 1E+06 \times 4.046 / 6.328E+005 = 6.39 \text{ N/mm}^2$

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

$(\sigma_{c0d}/f_{c0d})^2 + \sigma_{myd}/f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.011 + 0.266 + 0.000 = 0.28 < 1$  (EC5 Eq.6.19)

$(\sigma_{c0d}/f_{c0d})^2 + K_m \cdot \sigma_{myd}/f_{myd} + \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.011 + 0.187 + 0.000 = 0.20 < 1$  (EC5 Eq.6.20)

La verifica è soddisfatta

#### **Puntone, elementi: 1, 2, combinazione di carico No 7**

**Stabilità a pressoflessione,  $F_{c0d} = -27.283 \text{ kN}$ ,  $M_{yd} = 4.046 \text{ kNm}$ ,  $M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$**  (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))

$\sigma_{c0d} = F_{c0d}/A_{netto} = 1000 \times 27.283 / 16875 = 1.62 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd} = M_{yd}/W_{my,netto} = 1E+06 \times 4.046 / 6.328E+005 = 6.39 \text{ N/mm}^2$

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

Lunghezza libera di inflessione  $S_k$

$S_{ky} = 1.00 \times 2.968 = 2.968 \text{ m} = 2968 \text{ mm}$  (più sfavorevole)

$S_{kz} = 0.10 \times 2.968 = 0.300 \text{ m} = 300 \text{ mm}$  (lunghezza efficace/lunghezza totale =  $0.30/2.97 = 0.10$ )

Snellezza

$i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 225 = 65 \text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2968 / 65 = 45.66$

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

Tensioni critiche

$\sigma_{c,crity} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 51.60 \text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c0k}/\sigma_{c,crity}} = 0.71$  (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)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0.79$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)}) = 0.872$  (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)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.119 + 0.266 + 0.000 = 0.39 < 1$  (EC5 Eq.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.104 + 0.187 + 0.000 = 0.29 < 1$  (EC5 Eq.6.24)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 1, 2 , combinazione di carico No 7****Stabilità laterale, Myd=4.047 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))  
 $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,netto}=1\text{E}+06\times 4.047/6.328\text{E}+005= 6.40\text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,netto}=1\text{E}+06\times 0.000/2.109\text{E}+005= 0.00\text{ N/mm}^2$

Lunghezza libera di inflessione  $S_k$  $S_{ky}= 1.00\times 2.968=2.968\text{ m}= 2968\text{ mm}$  (più sfavorevole) $S_{kz}= 0.10\times 2.968=0.300\text{ m}= 300\text{ mm}$  (lunghezza efficace/lunghezza totale= $0.30/2.97=0.10$ )Snellezza $i_y=\sqrt{(I_y/A)}=0.289\times 225= 65\text{ mm}$ ,  $\lambda_y= 2968/ 65= 45.66$  $i_z=\sqrt{(I_z/A)}=0.289\times 75= 22\text{ mm}$ ,  $\lambda_z= 300/ 22= 13.64$  $\sigma_{m,crit}=M_{ycrit}/W_y=n\sqrt{(E005\cdot I_z\cdot G005\cdot I_{tor})/(L_{ef}\cdot W_y)}= 71.23\text{N/mm}^2$  (EC5 Eq.6.31) $\sigma_{m,crit}=M_{zcrit}/W_z=n\sqrt{(E005\cdot I_z\cdot G005\cdot I_{tor})/(L_{ef}\cdot W_z)}=5707.56\text{N/mm}^2$  (EC5 Eq.6.31)Tensioni critiche $\sigma_{m,crity}= 71.23\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,my}= \sqrt{(f_{myk}/\sigma_{m,crity})}= 0.75$  (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) $\lambda_{rel,my}=0.75$ , ( $\lambda_{rel}\leq 0.75$ ),  $K_{cricity}=1.00$  (EC5 Eq.6.34) $\lambda_{rel,mz}=0.08$ , ( $\lambda_{rel}\leq 0.75$ ),  $K_{critz}=1.00$  (EC5 Eq.6.34) $\sigma_{myd}/(K_{cricity}\cdot f_{myd})+K_m\cdot \sigma_{mzd}/(K_{critz}\cdot f_{mzd})=0.266+0.000= 0.27 < 1$  (EC5 Eq.6.33) $K_m\cdot \sigma_{myd}/(K_{cricity}\cdot f_{myd})+\sigma_{mzd}/(K_{critz}\cdot f_{mzd})=0.187+0.000= 0.19 < 1$  (EC5 Eq.6.33)

La verifica è soddisfatta

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



**1.8.3. Stato limite ultimo** (UNI EN1995-1-1:2009, §6)**Catena, elementi: 3, 4**

Carico [kN/m]	Azione	$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\psi_0$	
(Gk) Proprio Gk1 = 1.154, Gk2 = 0.141	Permanente		1.30	0.00	1.00
(Qk1) Neve Qks = 1.697	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk2) Vento Qkw = -0.426	Breve		0.00	1.50	0.60
(Qki) Sovraccario (H) Qi = 0.707	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	15.679	0.461	0.365
2	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1$	Breve	0.90	0.000	25.588	0.444	0.459
3	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2$	Breve	0.90	0.000	10.453	0.307	0.243
4	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki$	Breve	0.90	0.000	16.759	0.364	0.333
5	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2$	Breve	0.90	0.000	25.588	0.444	0.459
6	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1$	Breve	0.90	0.000	21.047	0.403	0.394
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	27.354	0.460	0.492
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	0.000	5.820	0.151	0.128
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	0.000	6.074	0.154	0.130
	Valori massimi				0.000	27.354	0.461 0.492

**1.8.4. Verifica della sezione Catena, elementi: 3, 4****Catena, elementi: 3, 4, combinazione di carico No 7****Trazione parallela alla fibratura, Ft0d=24.619 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=24.619 kN,  $\sigma_{t0d} = Ft0d / A_{netto} = 1000 \times 24.619 / 16875 = 1.46$  N/mm<sup>2</sup> < 14.40 N/mm<sup>2</sup> = ft0d (Eq.6.1)

La verifica è soddisfatta

**Tensione di taglio trascurabile, verifica a taglio non necessaria** (EC5 §6.1.7)**Catena, elementi: 3, 4, combinazione di carico No 7****Flessione, Myd=0.442 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 Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

 $\sigma_{myd} = Myd / W_{my, netto} = 1E+06 \times 0.442 / 6.328E+005 = 0.70$  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> $\sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.029 + 0.000 = 0.03 < 1$  (EC5 Eq.6.11) $K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.020 + 0.000 = 0.02 < 1$  (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

**Catena, elementi: 3, 4, combinazione di carico No 7****Flessione e trazione assiale combinate, Ft0d=24.619kN, Myd=0.442kNm, Mzd=0.000kNm** (EC5 §6.2.3)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  $\gamma_M=1.50$  (DM2008ft0k=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>fmyk=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))  
 $\sigma_{t0d}=F_{t0d}/A_{netto}=1000 \times 24.619 / 16875 = 1.46 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,netto}=1 \times 10^6 \times 0.442 / 6.328 \times 10^5 = 0.70 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,netto}=1 \times 10^6 \times 0.000 / 2.109 \times 10^5 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{t0d}/f_{t0d} + \sigma_{myd}/f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.101 + 0.029 + 0.000 = 0.13 < 1$  (EC5 Eq.6.17)

$\sigma_{t0d}/f_{t0d} + K_m \cdot \sigma_{myd}/f_{myd} + \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.101 + 0.020 + 0.000 = 0.12 < 1$  (EC5 Eq.6.18)

La verifica è soddisfatta

#### **Catena, elementi: 3, 4, combinazione di carico No 7**

**Flessione e trazione assiale combinate,  $F_{t0d}=24.619 \text{ kN}$ ,  $M_{yd}=0.442 \text{ kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000 \text{ kNm}$**  (EC5 §6.2.3)

Sezione rettangolare,  $b=75 \text{ mm}$ ,  $h=225 \text{ mm}$ ,  $A=1.688 \times 10^4 \text{ mm}^2$ ,  $W_y=6.328 \times 10^5 \text{ mm}^3$ ,  $W_z=2.109 \times 10^5 \text{ mm}^3$

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

$f_{t0k}=24.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{t0d}=K_{mod} \cdot f_{t0k}/\gamma_M=0.90 \times 24.00 / 1.50 = 14.40 \text{ N/mm}^2$

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

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

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

$\sigma_{t0d}=F_{t0d}/A_{netto}=1000 \times 24.619 / 16875 = 1.46 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,netto}=1 \times 10^6 \times 0.442 / 6.328 \times 10^5 = 0.70 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,netto}=1 \times 10^6 \times 0.000 / 2.109 \times 10^5 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{t0d}/f_{t0d} + \sigma_{myd}/f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.101 + 0.029 + 0.000 = 0.13 < 1$  (EC5 Eq.6.17)

$\sigma_{t0d}/f_{t0d} + K_m \cdot \sigma_{myd}/f_{myd} + \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.101 + 0.020 + 0.000 = 0.12 < 1$  (EC5 Eq.6.18)

La verifica è soddisfatta

**1.8.5. Stato limite ultimo** (UNI EN1995-1-1:2009, §6)**Elementi: 5**

Carico [kN/m]	Azione	$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\psi_0$	
(Gk) Proprio Gk1 = 1.154, Gk2 = 0.141	Permanente		1.30	0.00	1.00
(Qk1) Neve Qks = 1.697	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk2) Vento Qkw = -0.426	Breve		0.00	1.50	0.60
(Qki) Sovraccario (H) Qi = 0.707	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	-2.846	0.000	0.016	0.026
2	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1$	Breve	0.90	-4.951	0.000	0.027	0.045
3	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2$	Breve	0.90	-1.897	0.000	0.011	0.017
4	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki$	Breve	0.90	-3.170	0.000	0.017	0.029
5	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2$	Breve	0.90	-4.951	0.000	0.027	0.045
6	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1$	Breve	0.90	-4.035	0.000	0.022	0.037
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	-5.307	0.000	0.029	0.048
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-1.138	0.000	0.006	0.010
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-1.127	0.000	0.006	0.010
	Valori massimi			-5.307	0.000	0.029	0.048

**1.8.6. Verifica della sezione Elementi: 5****Elementi: 5 , combinazione di carico No 7****Compressione parallela alla fibratura,  $F_{c0d} = -4.776$  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) $f_{c0k}=26.00$  N/mm<sup>2</sup>,  $f_{c0d}=Kmod \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.90 \times 26.00 / 1.50 = 15.60$  N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14) $F_{c0d} = -4.776$  kN,  $\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 4.776 / 16875 = 0.28$  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)**Momento flessionale trascurabile, verifica a flessione non necessaria** (EC5 §6.1.6)**Momento fless. trascurabile, verifica flessione-compressione combinate non necessaria** (EC5 §6.2.4)**Elementi: 5 , combinazione di carico No 7****Stabilità,  $F_{c0d} = -4.776$  kN** (EC5 §6.3.2)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 , coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$ , E005=10900N/mm<sup>2</sup>) $f_{c0k}=26.00$  N/mm<sup>2</sup>,  $f_{c0d}=Kmod \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.90 \times 26.00 / 1.50 = 15.60$  N/mm<sup>2</sup> $f_{myk}=40.00$  N/mm<sup>2</sup>,  $f_{myd}=Kmod \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00$  N/mm<sup>2</sup> $f_{mzk}=40.00$  N/mm<sup>2</sup>,  $f_{mzd}=Kmod \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00$  N/mm<sup>2</sup>

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

 $\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 4.776 / 16875 = 0.28$  N/mm<sup>2</sup>

Lunghezza libera di inflessione Sk

Sky= 1.00x1.800=1.800 m= 1800 mm (più sfavorevole)

Skz= 1.00x1.800=1.800 m= 1800 mm (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

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

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

$$\beta_c = 0.20 \text{ (legno lamellare)}$$

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

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

$$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) = 0.02 < 1 \text{ (EC5 Eq.6.23)}$$

$$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) = 0.04 < 1 \text{ (EC5 Eq.6.24)}$$

La verifica è soddisfatta

**Momento flessionale trascurabile, verifica di stabilità laterale non necessaria** (EC5 §6.3.3)

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

Carico [kN/m]	Azione	$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\psi_o$	
(Gk) Proprio Gk1 = 1.154, Gk2 = 0.141	Permanente		1.30	0.00	1.00
(Qk1) Neve Qks = 1.697	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk2) Vento Qkw = -0.426	Breve		0.00	1.50	0.60
(Qki) Sovraccario (H) Qi = 0.707	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	-16.436	0.000	0.000	0.002
2	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1$	Breve	0.90	-26.823	0.000	0.000	0.002
3	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2$	Breve	0.90	-10.957	0.000	0.000	0.001
4	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki$	Breve	0.90	-17.568	0.000	0.000	0.001
5	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_o \cdot Qk2$	Breve	0.90	-26.823	0.000	0.000	0.002
6	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_o \cdot Qk1$	Breve	0.90	-22.063	0.000	0.000	0.001
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	-28.674	0.000	0.000	0.002
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-6.442	0.000	0.000	0.001
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-6.367	0.000	0.000	0.001
	Valori massimi			-28.674	0.000	0.000	0.002

**1.8.8. Verifica della sezione Elementi: 6****Elementi: 6 , combinazione di carico No 7****Compressione parallela alla fibratura, Fc0d=-25.806 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=-25.806 kN,  $\sigma_{c0d} = Fc0d / A_{netto} = 1000 \times 25.806 / 16875 = 1.53$  N/mm<sup>2</sup> < 15.60 N/mm<sup>2</sup> = fc0d (Eq.6.2)

La verifica è soddisfatta

**Elementi: 6 , combinazione di carico No 7****Stabilità, Fc0d=-25.806 kN** (EC5 §6.3.2)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 , coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$ , E005=10900N/mm<sup>2</sup>)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>fmyk=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 Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

 $\sigma_{c0d} = Fc0d / A_{netto} = 1000 \times 25.806 / 16875 = 1.53$  N/mm<sup>2</sup>

Lunghezza libera di inflessione Sk

Sky= 1.00x2.969=2.969 m= 2969 mm (più sfavorevole)

Skz= 1.00x2.969=2.969 m= 2969 mm (più sfavorevole)

Snellezza $i_y = \sqrt{I_y / A} = 0.289 \times 225 = 65$  mm,  $\lambda_y = 2969 / 65 = 45.67$  $i_z = \sqrt{I_z / A} = 0.289 \times 75 = 22$  mm,  $\lambda_z = 2969 / 22 = 134.94$ Tensioni critiche $\sigma_{c, crity} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 51.58$  N/mm<sup>2</sup>,  $\lambda_{rel, y} = \sqrt{fc0k / \sigma_{c, crity}} = 0.71$  (EC5 Eq.6.21) $\sigma_{c, critz} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 5.91$  N/mm<sup>2</sup>,  $\lambda_{rel, z} = \sqrt{fc0k / \sigma_{c, critz}} = 2.10$  (EC5 Eq.6.22)

$\beta_c=0.20$  (legno lamellare)

$k_y=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel,y}-0.3)+\lambda_{rel,y}^2]=0.79$ ,  $K_{cy}=1/(k_y+\sqrt{k_y^2-\lambda_{rel,y}^2})=0.872$  (Eq. 6.27 6.25)

$k_z=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel,z}-0.3)+\lambda_{rel,z}^2]=2.88$ ,  $K_{cz}=1/(k_z+\sqrt{k_z^2-\lambda_{rel,z}^2})=0.206$  (Eq. 6.28 6.26)

$\sigma_{c0d}/(K_{cy} \cdot f_{c0d})=0.11 < 1$  (EC5 Eq. 6.23)

$\sigma_{c0d}/(K_{cz} \cdot f_{c0d})=0.48 < 1$  (EC5 Eq. 6.24)

La verifica è soddisfatta

**1.8.9. Stato limite ultimo** (UNI EN1995-1-1:2009, §6)**Elementi: 7**

Carico [kN/m]	Azione	$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\psi_o$	
(Gk) Proprio Gk1 = 1.154, Gk2 = 0.141	Permanente		1.30	0.00	1.00
(Qk1) Neve Qks = 1.697	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk2) Vento Qkw = -0.426	Breve		0.00	1.50	0.60
(Qki) Sovraccario (H) Qi = 0.707	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	$\gamma_g \cdot G_k$	Permanente	0.60	0.000	0.820	0.000	0.000
2	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k1}$	Breve	0.90	0.000	0.281	0.001	0.000
3	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k2}$	Breve	0.90	0.000	0.547	0.000	0.000
4	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{ki}$	Breve	0.90	0.000	0.436	0.000	0.000
5	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k1} + \gamma_q \cdot \psi_o \cdot Q_{k2}$	Breve	0.90	0.000	0.281	0.001	0.000
6	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k2} + \gamma_q \cdot \psi_o \cdot Q_{k1}$	Breve	0.90	0.000	0.361	0.000	0.000
7	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{ki} + \gamma_q \cdot \psi_o \cdot Q_{k1} + \gamma_q \cdot \psi_o \cdot Q_{k2}$	Breve	0.90	0.000	0.250	0.001	0.000
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	0.000	0.234	0.000	0.000
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	0.000	0.233	0.000	0.000
	Valori massimi				0.000	0.820	0.001 0.000

**1.8.10. Verifica della sezione Elementi: 7****Elementi: 7 , combinazione di carico No 1****Trazione parallela alla fibratura,  $F_{t0d}=0.492$  kN** (EC5 §6.1.2)Sezione rettangolare, b=75 mm, h=225 mm, A= 16 875 mm<sup>2</sup>Coefficiente di correzione Kmod=0.60 (Tab.3.1), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (Tab. 2.3) $f_{t0k}=24.00$  N/mm<sup>2</sup>,  $f_{t0d}=K_{mod} \cdot f_{t0k} / \gamma_M = 0.60 \times 24.00 / 1.50 = 9.60$  N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14) $F_{t0d}=0.492$  kN,  $\sigma_{t0d}=F_{t0d}/A_{netto}=1000 \times 0.492 / 16875 = 0.03$  N/mm<sup>2</sup> < 9.60 N/mm<sup>2</sup> =  $f_{t0d}$  (Eq.6.1)

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)

$M_{yk}=0.30 f_{yk} \cdot d^2 = 0.30 \times 400 \times 4.0^2 = 4411$  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 2 e 5, al nodo 2**

Caratteristiche della ferramenta:

Due (2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni

BxH=110mmx75mm, 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

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

r :distanza bullone d'angolo dal centro unione

Wp: modulo di resistenza del collegamento

n= 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 N/mm<sup>2</sup>**Sforzi nel nodo 2 ,dall'elemento 2, 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)	Rd (kN)
1	yg.Gk	Permanente	0.60	-1.708	-0.045	0.301 <	1.137
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	-4.456	-0.117	0.785 <	1.706
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	-1.708	-0.045	0.301 <	1.706
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	-2.853	-0.075	0.503 <	1.706
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-4.456	-0.117	0.785 <	1.706
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-3.631	-0.096	0.640 <	1.706
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-4.776	-0.126	0.842 <	1.706
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-1.707	-0.045	0.301 <	2.843
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-1.691	-0.044	0.298 <	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	-1.708	-0.045	9 <	131
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	-4.456	-0.117	24 <	196
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	-1.708	-0.045	9 <	196
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	-2.853	-0.075	15 <	196
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-4.456	-0.117	24 <	196
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-3.631	-0.096	19 <	196
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-4.776	-0.126	26 <	196
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-1.707	-0.045	9 <	240
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-1.691	-0.044	9 <	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 3, al nodo 1**

Caratteristiche della ferramenta:

Due(2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni

BxH=95mmx130mm, e di spessore 2.0mm

Diametro dei bulloni d=4.0mm,

11 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=nxa: area totale bullone

r :distanza bullone d'angolo dal centro unione

Wp: modulo di resistenza del collegamento

n=11, ( $n_{ef}=1.34n$ ),  $A=138\text{mm}^2$ ,  $r=42\text{mm}$ ,  $W_p=4515\text{mm}^3$  $\sigma$  e  $\sigma_d$  tens. normale e di esercizio piastra  $\text{N/mm}^2$ **Sforzi nel nodo 1 ,dall'elemento 1, al centro della unioni 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	-10.517	-0.113	0.626 <	1.137
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	-25.870	-0.273	1.534 <	1.706
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	-10.517	-0.113	0.626 <	1.706
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	-16.914	-0.180	1.004 <	1.706
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-25.870	-0.273	1.534 <	1.706
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-21.264	-0.225	1.262 <	1.706
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-27.661	-0.292	1.640 <	1.706
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-9.815	-0.103	0.581 <	2.843
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-10.202	-0.109	0.606 <	2.843

**Verifica la resistenza della piastra di unione**

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	Fa (kN)	Ma (kNm)	$\sigma$	$\sigma_d (\text{N/mm}^2)$
1	yg.Gk	Permanente	0.60	-10.517	-0.113	27 <	131
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	-25.870	-0.273	66 <	196
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	-10.517	-0.113	27 <	196
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	-16.914	-0.180	43 <	196
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-25.870	-0.273	66 <	196
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-21.264	-0.225	54 <	196
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-27.661	-0.292	70 <	196
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-9.815	-0.103	25 <	240
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-10.202	-0.109	26 <	240

**1.9.4. Stato limite ultimo****Progettazione di unione con bulloni al nodo : 4 (UNI EN1995-1-1:2009, §8.5)**

Unione con due (2) piastre metalliche.

**Verifica dell'unione tra gli elementi 1 e 2, con gli elementi 6 e 7, al nodo 4**

Caratteristiche della ferramenta:

Due(2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni

BxH=390mmx190mm, e di spessore 2.0mm

Diametro dei bulloni d=4.0mm,

10 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=nxa: area totale bullone

r :distanza bullone d'angolo dal centro unione

Wp: modulo di resistenza del collegamento

n=10, ( $n_{ef}=1.00n$ ),  $A=126\text{mm}^2$ ,  $r=40\text{mm}$ ,  $W_p=3528\text{mm}^3$  $\sigma$  e  $\sigma_d$  tens. normale e di esercizio piastra  $\text{N/mm}^2$ **Sforzi nel nodo 4 ,dagli elementi 6, 7, al centro della unioni 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	-9.724	0.131	0.571 <	1.137
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	-24.065	0.317	1.424 <	1.706
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	-9.724	0.131	0.571 <	1.706
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	-15.697	0.209	0.927 <	1.706
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-24.065	0.317	1.424 <	1.706
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-19.761	0.261	1.168 <	1.706
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-25.739	0.339	1.524 <	1.706
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-9.564	0.128	0.563 <	2.843
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-9.451	0.127	0.557 <	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	-9.724	0.131	5 <	131
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	-24.065	0.317	12 <	196
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	-9.724	0.131	5 <	196
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	-15.697	0.209	8 <	196
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-24.065	0.317	12 <	196
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-19.761	0.261	10 <	196
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-25.739	0.339	12 <	196
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-9.564	0.128	5 <	240
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-9.451	0.127	5 <	240

**Verifica dell'unione dell'elemento 6, con gli elementi 1, 2 e 7, al nodo 4**

Caratteristiche della ferramenta:

Due(2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni

BxH=390mmx190mm, e di spessore 2.0mm

Diametro dei bulloni d=4.0mm,

9 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=nxa: area totale bullone

r :distanza bullone d'angolo dal centro unione

Wp: modulo di resistenza del collegamento

n= 9, ( $n_{ef}=1.30n$ ),  $A=113\text{mm}^2$ ,  $r=26\text{mm}$ ,  $W_p=2746\text{mm}^3$  $\sigma$  e  $\sigma_d$  tens. normale e di esercizio piastra  $\text{N/mm}^2$ **Sforzi nel nodo 4 ,dall'elemento 6, al centro della unioni 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	-9.861	0.000	0.548 <	1.137
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	-24.140	0.001	1.342 <	1.706
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	-9.861	0.000	0.548 <	1.706
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	-15.811	0.000	0.879 <	1.706
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-24.140	0.001	1.342 <	1.706
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-19.857	0.001	1.104 <	1.706
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-25.806	0.001	1.435 <	1.706
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-9.664	0.000	0.537 <	2.843
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-9.550	0.000	0.531 <	2.843

**Verifica la resistenza della piastra di unione**

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	Fa (kN)	Ma (kNm)	$\sigma$	$\sigma_d (\text{N/mm}^2)$
1	yg.Gk	Permanente	0.60	-9.861	0.000	4 <	131
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	-24.140	0.001	10 <	196
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	-9.861	0.000	4 <	196
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	-15.811	0.000	7 <	196
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-24.140	0.001	10 <	196
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-19.857	0.001	8 <	196
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-25.806	0.001	11 <	196
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-9.664	0.000	4 <	240
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-9.550	0.000	4 <	240

**Verifica dell'unione dell'elemento 7, con gli elementi 1, 2 e 6, al nodo 4**

Caratteristiche della ferramenta:

Due(2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni

BxH=390mmx190mm, 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=nxa: area totale bullone

r :distanza bullone d'angolo dal centro unione

Wp: modulo di resistenza del collegamento

n= 4, ( $n_{ef}=1.00n$ ),  $A=50\text{mm}^2$ ,  $r=18\text{mm}$ ,  $W_p=811\text{mm}^3$  $\sigma$  e  $\sigma_d$  tens. normale e di esercizio piastra  $\text{N/mm}^2$ **Sforzi nel nodo 4 ,dall'elemento 7, al centro della unioni 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	0.492	0.000	0.124 <	1.137
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	0.253	0.000	0.065 <	1.706
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	0.492	0.000	0.124 <	1.706
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	0.393	0.000	0.099 <	1.706
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	0.253	0.000	0.065 <	1.706
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	0.325	0.000	0.083 <	1.706
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	0.225	0.000	0.058 <	1.706
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	0.350	0.000	0.088 <	2.843
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	0.349	0.000	0.088 <	2.843

**Verifica la resistenza della piastra di unione**

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	Fa (kN)	Ma (kNm)	$\sigma$	$\sigma_d (\text{N/mm}^2)$
1	yg.Gk	Permanente	0.60	0.492	0.000	1 <	131
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	0.253	0.000	0 <	196
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	0.492	0.000	1 <	196
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	0.393	0.000	1 <	196
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	0.253	0.000	0 <	196
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	0.325	0.000	1 <	196
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	0.225	0.000	0 <	196
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	0.350	0.000	1 <	240
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	0.349	0.000	1 <	240

**1.9.5. Stato limite ultimo****Progettazione di unione con bulloni al nodo : 5 (UNI EN1995-1-1:2009, §8.5)**

Unione con due (2) piastre metalliche.

**Verifica dell'unione dell'elemento 7, con gli elementi 3 e 4, al nodo 5**

Caratteristiche della ferramenta:

Due(2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni

BxH=45mmx125mm, 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=nxa: area totale bullone

r :distanza bullone d'angolo dal centro unione

Wp: modulo di resistenza del collegamento

n= 4, ( $n_{ef}=1.00n$ ),  $A=50\text{mm}^2$ ,  $r=18\text{mm}$ ,  $W_p=811\text{mm}^3$  $\sigma$  e  $\sigma_d$  tens. normale e di esercizio piastra  $\text{N/mm}^2$ **Sforzi nel nodo 5 ,dall'elemento 7, al centro della unioni 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	0.492	0.000	0.125 <	1.137
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	0.253	0.000	0.067 <	1.706
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	0.492	0.000	0.125 <	1.706
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	0.393	0.000	0.101 <	1.706
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	0.253	0.000	0.067 <	1.706
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	0.325	0.000	0.085 <	1.706
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	0.225	0.000	0.061 <	1.706
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	0.350	0.000	0.089 <	2.843
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	0.349	0.000	0.089 <	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	0.492	0.000	4 <	131
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	0.253	0.000	2 <	196
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	0.492	0.000	4 <	196
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	0.393	0.000	3 <	196
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	0.253	0.000	2 <	196
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	0.325	0.000	3 <	196
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	0.225	0.000	2 <	196
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	0.350	0.000	3 <	240
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	0.349	0.000	3 <	240

**1.9.6. 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 dell'elementor 5 e 6, con gli elemento 4, al nodo 3**

Caratteristiche della ferramenta:

Due(2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni

BxH=495mmx125mm, e di spessore 2.0mm

Diametro dei bulloni d=4.0mm,

12 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= forzo 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=nxa: area totale bullone

r :distanza bullone d'angolo dal centro unione

Wp: modulo di resistenza del collegamento

n=12, ( $n_{ef}=1.34n$ ),  $A=151\text{mm}^2$ ,  $r=51\text{mm}$ ,  $W_p=6143\text{mm}^3$  $\sigma$  e  $\sigma_d$  tens. normale e di esercizio piastra  $\text{N/mm}^2$ **Sforzi nel nodo 3 ,dagli elementi 5, 6, al centro della unioni 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	-10.514	0.223	0.616 <	1.137
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	-25.863	0.549	1.512 <	1.706
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	-10.514	0.223	0.616 <	1.706
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	-16.910	0.359	0.989 <	1.706
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-25.863	0.549	1.512 <	1.706
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-21.259	0.451	1.243 <	1.706
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-27.654	0.587	1.617 <	1.706
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-10.319	0.219	0.604 <	2.843
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-10.199	0.216	0.597 <	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	-10.514	0.223	4 <	131
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	-25.863	0.549	10 <	196
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	-10.514	0.223	4 <	196
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	-16.910	0.359	7 <	196
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-25.863	0.549	10 <	196
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-21.259	0.451	8 <	196
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-27.654	0.587	11 <	196
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-10.319	0.219	4 <	240
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-10.199	0.216	4 <	240

**Verifica dell'unione dell'elemento 6, con gli elementi 4 e 5, al nodo 3**

Caratteristiche della ferramenta:

Due(2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni

BxH=495mmx125mm, e di spessore 2.0mm

Diametro dei bulloni d=4.0mm,

9 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=nxa: area totale bullone

r :distanza bullone d'angolo dal centro unione

Wp: modulo di resistenza del collegamento

n= 9, ( $n_{ef}=1.30n$ ),  $A=113\text{mm}^2$ ,  $r=26\text{mm}$ ,  $W_p=2746\text{mm}^3$  $\sigma$  e  $\sigma_d$  tens. normale e di esercizio piastra  $\text{N/mm}^2$ **Sforzi nel nodo 3 ,dall'elemento 6, al centro della unioni 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	-9.861	-0.001	0.550 <	1.137
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	-24.140	-0.001	1.343 <	1.706
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	-9.861	-0.001	0.550 <	1.706
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	-15.811	-0.001	0.880 <	1.706
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-24.140	-0.001	1.343 <	1.706
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-19.857	-0.001	1.105 <	1.706
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-25.806	-0.001	1.436 <	1.706
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-9.664	-0.001	0.538 <	2.843
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-9.550	-0.001	0.532 <	2.843

**Verifica la resistenza della piastra di unione**

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	Fa (kN)	Ma (kNm)	$\sigma$	$\sigma_d (\text{N/mm}^2)$
1	yg.Gk	Permanente	0.60	-9.861	-0.001	13 <	131
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	-24.140	-0.001	32 <	196
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	-9.861	-0.001	13 <	196
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	-15.811	-0.001	21 <	196
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-24.140	-0.001	32 <	196
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-19.857	-0.001	27 <	196
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-25.806	-0.001	34 <	196
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-9.664	-0.001	13 <	240
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-9.550	-0.001	13 <	240



**Verifica dell'unione dell'elemento 5, con gli elementi 4 e 6, al nodo 3**

Caratteristiche della ferramenta:

Due(2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni

BxH=495mmx125mm, 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=nxa: area totale bullone

r :distanza bullone d'angolo dal centro unione

Wp: modulo di resistenza del collegamento

n= 4, ( $n_{ef}=1.00n$ ),  $A=50\text{mm}^2$ ,  $r=18\text{mm}$ ,  $W_p=811\text{mm}^3$  $\sigma$  e  $\sigma_d$  tens. normale e di esercizio piastra  $\text{N/mm}^2$ **Sforzi nel nodo 3 ,dall'elemento 5, al centro della unioni 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	-1.708	-0.002	0.224 <	1.137
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	-4.456	-0.002	0.571 <	1.706
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	-1.708	-0.002	0.224 <	1.706
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	-2.853	-0.002	0.369 <	1.706
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-4.456	-0.002	0.571 <	1.706
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-3.631	-0.002	0.467 <	1.706
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-4.776	-0.002	0.612 <	1.706
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-1.707	-0.001	0.222 <	2.843
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-1.691	-0.001	0.220 <	2.843

**Verifica la resistenza della piastra di unione**

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	Fa (kN)	Ma (kNm)	$\sigma$	$\sigma_d (\text{N/mm}^2)$
1	yg.Gk	Permanente	0.60	-1.708	-0.002	1 <	131
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	-4.456	-0.002	2 <	196
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	-1.708	-0.002	1 <	196
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	-2.853	-0.002	1 <	196
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-4.456	-0.002	2 <	196
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-3.631	-0.002	1 <	196
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-4.776	-0.002	2 <	196
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-1.707	-0.001	1 <	240
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-1.691	-0.001	1 <	240

**1.9.7. Stato limite ultimo**

**Progettazione di unione con bulloni dell'elementor : 2** (UNI EN1995-1-1:2009, §8.5)

Unione con due (2) piastre metalliche.

**Verifica dell'unione dell'elementor 2**

Caratteristiche della ferramenta:

Due(2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni

BxH=125mmx65mm, 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= forzo al centro dell'unione

Ma= momento al centro dell'unione

Sforzo max bullone d'angolo  $F_n=F_a/n+M_a/W_p$

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 collegamento

$n=6$ , ( $n_{ef}=1.00n$ ),  $A=75\text{mm}^2$ ,  $r=24\text{mm}$ ,  $W_p=1772\text{mm}^3$

$\sigma$  e  $\sigma_d$  tens. normale e di esercizio piastra  $\text{N/mm}^2$

**Forze alla giunzione dell'elemento 2 , al centro della unioni F(forza) M(momento)****Verifica resistenza della unione**

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	$F_n$ (kN)	$F_v$ (kN)	$M_a$ (kNm)	$F_n$	$R_d$ (kN)
1	yg.Gk	Permanente	0.60	-0.569	1.756	-0.116	0.379	<1.137
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	-1.491	4.608	-0.335	1.092	<1.706
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	-0.569	1.756	-0.116	0.379	<1.706
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	-0.953	2.944	-0.208	0.676	<1.706
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-1.491	4.608	-0.335	1.092	<1.706
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-1.215	3.752	-0.269	0.878	<1.706
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-1.599	4.941	-0.361	1.175	<1.706
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-0.367	1.765	-0.128	0.423	<2.843
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-0.564	1.742	-0.119	0.389	<2.843

**Verifica la resistenza della piastra di unione**

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	$F_a$ (kN)	$M_a$ (kNm)	$\sigma$	$\sigma_d$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	yg.Gk	Permanente	0.60	-1.846	-0.078	17 <	131
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	-4.843	-0.234	49 <	196
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	-1.846	-0.078	17 <	196
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	-3.095	-0.143	30 <	196
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-4.843	-0.234	49 <	196
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-3.944	-0.187	40 <	196
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-5.193	-0.252	53 <	196
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-1.802	-0.089	19 <	240
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-1.831	-0.081	18 <	240

**1.9.8. Stato limite ultimo**

**Progettazione di unione con bulloni dell'elementor : 3** (UNI EN1995-1-1:2009, §8.5)

Unione con due (2) piastre metalliche.

**Verifica dell'unione dell'elementor 3**

Caratteristiche della ferramenta:

Due(2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni

BxH=180mmx130mm, e di spessore 2.0mm

Diametro dei bulloni d=4.0mm,

21 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= forzo al centro dell'unione

Ma= momento al centro dell'unione

Sforzo max bullone d'angolo  $F_n=F_a/n+M_a/W_p$

n: numero di bulloni, a: sezione del bullone

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

r :distanza bullone d'angolo dal centro unione

$W_p$ : modulo di resistenza del collegamento

$n=21$ , ( $n_{ef}=1.30n$ ),  $A=264\text{mm}^2$ ,  $r=64\text{mm}$ ,  $W_p=12784\text{mm}^3$

$\sigma$  e  $\sigma_d$  tens. normale e di esercizio piastra  $\text{N/mm}^2$

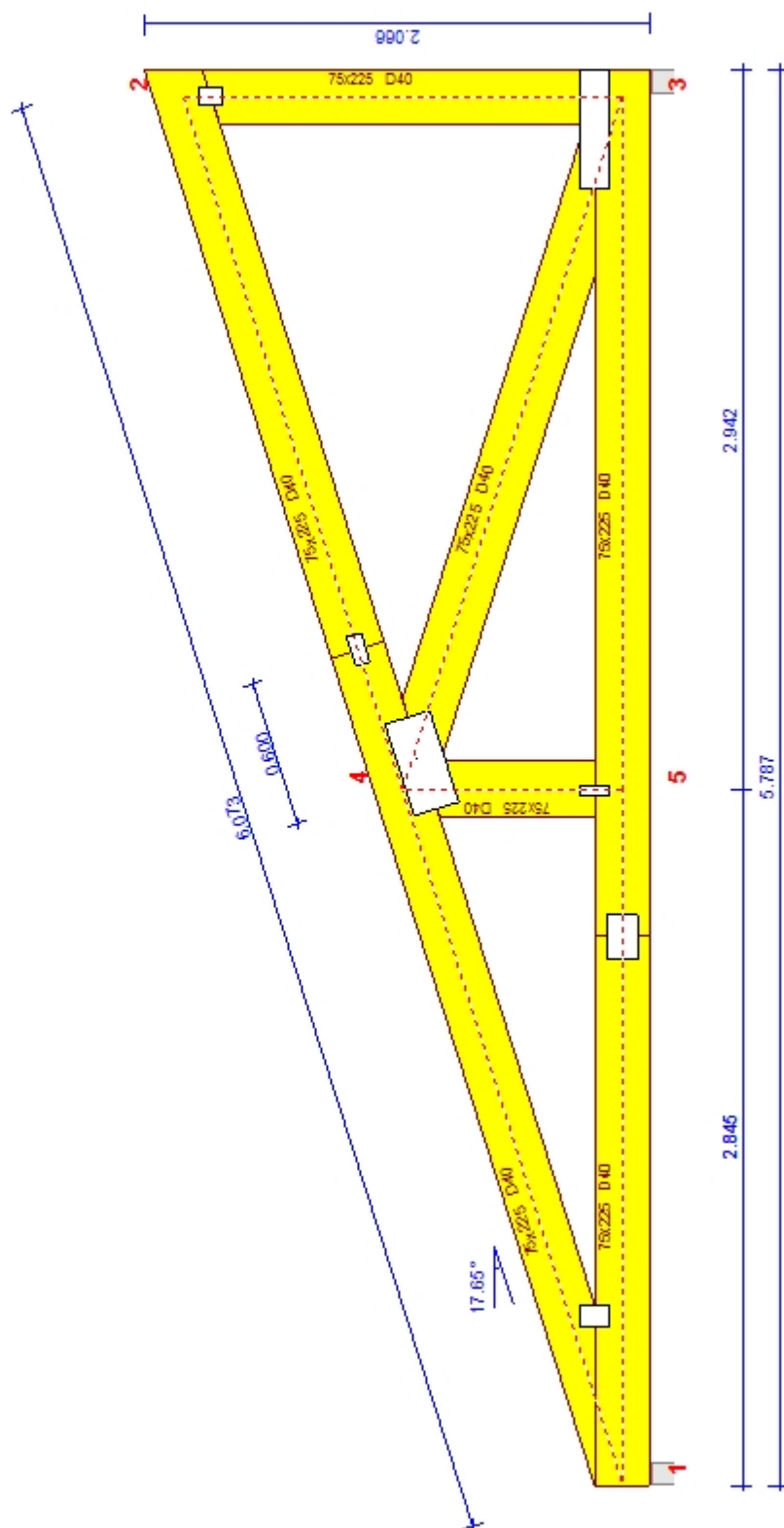
**Forze alla giunzione dell'elemento 3 , al centro della unioni F(forza) M(momento)****Verifica resistenza della unione**

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	F <sub>n</sub> (kN)	F <sub>v</sub> (kN)	M <sub>a</sub> (kNm)	F <sub>n</sub>	R <sub>d</sub> (kN)
1	yg.Gk	Permanente	0.60	9.407	-0.138	0.167	0.553	<1.137
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	23.029	-0.022	0.448	1.373	<1.706
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	9.407	-0.138	0.167	0.553	<1.706
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	15.083	-0.090	0.284	0.895	<1.706
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	23.029	-0.022	0.448	1.373	<1.706
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	18.943	-0.057	0.364	1.127	<1.706
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	24.619	-0.009	0.480	1.468	<1.706
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	8.731	-0.093	0.162	0.517	<2.843
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	9.111	-0.091	0.167	0.538	<2.843

**Verifica la resistenza della piastra di unione**

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	F <sub>a</sub> (kN)	M <sub>a</sub> (kNm)	σ	σ <sub>d</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
1	yg.Gk	Permanente	0.60	9.408	0.170	38 <	131
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	23.029	0.448	94 <	196
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	9.408	0.170	38 <	196
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	15.083	0.286	61 <	196
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	23.029	0.448	94 <	196
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	18.943	0.365	77 <	196
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	24.619	0.481	101 <	196
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	8.731	0.164	35 <	240
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	9.111	0.169	37 <	240

**Scala 1:30**



**Unione chiodata al nodo 1**

(nodo a x=0.677 m, y=0.112 m)

**piastre: 2x95x130x2.0mm**

**bullone: 4.0mm [22] [11+11]**

**Unione chiodata al nodo 2**

(nodo a x=5.657 m, y=1.800 m)

**piastre: 2x75x110x2.0mm**

**bullone: 4.0mm [12] [6+6]**

**Unione chiodata al nodo 3**

(nodo a x=5.657 m, y=0.000 m)

**piastre: 2x495x125x2.0mm**

**bullone: 4.0mm [25] [9+12+4]**

**Unione chiodata al nodo 4**

(nodo a x=2.960 m, y=0.745 m)

**piastre: 2x390x190x2.0mm**

**bullone: 4.0mm [23] [10+4+9]**

**Unione chiodata al nodo 5**

(nodo a x=2.828 m, y=0.112 m)

**piastre: 2x45x125x2.0mm**

**bullone: 4.0mm [8] [4+4]**

**Giunto nell'elemento**

(a x=3.400 m, y=1.082 m)

**piastre: 2x125x65x2.0mm**

**bullone: 4.0mm [12] [6+6]**

**Giunto nell'elemento**

(a x=2.228 m, y=0.000 m)

**piastre: 2x180x130x2.0mm**

**bullone: 4.0mm [42] [21+21]**