

**Ing. Giuseppe Margani**

---

**Ditta: Giorgione Luricella Marco**

---

**Ubicazione: Latina - contrada Petrusa**

---

**Relazione di calcolo tetto di copertura**

# **RELAZIONE DI CALCOLO COPERTURA CON TRAVI ORIZZONTALI**

il calcolista

la ditta

l'impresa esecutrice

il dir. dei lav.

## CALCOLO DELL' AZIONE DEL VENTO

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo provocando, in generale, effetti dinamici. Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti definite al § 3.3.4 delle Nct 2018 di seguito riportato.

Risulta particolarmente utile fare riferimento anche alla normativa CNR-DT 207/2008 avente per oggetto: **"Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni"**.

La pressione, che agisce in direzione orizzontale, viene calcolata con la seguente espressione riportata nelle Nct 2018.

$$p = q_r * c_e * c_p * c_d$$

con :

$q_r$  e' la pressione cinetica di riferimento di cui al § 3.3.6;

$c_e$  e' coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7;

$c_p$  e' il coefficiente di pressione di cui al § 3.3.8;

$c_d$  e' il coefficiente dinamico di cui al § 3.3.9

## CALCOLO DELLA VELOCITA' DI RIFERIMENTO



Fig. 3.3.1 - Mappa delle zone in cui è suddiviso

il territorio italiano

Si definisce velocità base di riferimento  $v_b$  il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II), riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni. In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche  $v_b$  e' data dall'espressione:

$$v_b = v_{b,0} * c_a \quad [3.3.1]$$

$v_{b,0}$  e' la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab. 3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione (Fig. 3.3.1);

$c_a$  e' il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione:

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s * (a_s / a_0) - 1 \quad \text{per } a_0 < a_s << 1500 \text{ m}$$

dove:

$a_s$  e  $k_s$  sono parametri forniti nella Tab. 3.3.1 in funzione della zona in cui sorge la costruzione

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_s$

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

### Calcolo della velocità di riferimento secondo le Nct 2018

La velocità di riferimento  $v_r$  e' il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II), riferito al periodo di ritorno di progetto  $T_R$ . Tale velocità e' definita dalla relazione:

$$v_r = v_b * c_r$$

dove:

$v_b$  e' la velocità base di riferimento, di cui al § 3.3.1;

$c_r$  e' il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto  $T_R$

$$c_r = 0.75 + \sqrt{1 - 0.2 * \ln[-\ln(1 - 1/T_R)]} \quad \text{per tutti i valori di } T_R \quad [3.3.3]$$

$$c_r = 1 \quad \text{per } T_R = 50 \text{ anni}$$

dove  $T_R$  e' il periodo di ritorno di progetto espresso in anni.

La pressione cinetica di riferimento viene calcolata con l'espressione riportata al punto 3.3.6 (Nct 2018)

$$q_r = \frac{1}{2} * \rho * v_r^2 \quad (3.3.6)$$

$v_r$  e' la velocità di riferimento del vento di cui al § 3.3.2;

$\rho$  e' la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 kg/m<sup>3</sup>;

### COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE

Il coefficiente di esposizione  $c_e$  dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di  $z = 200 \text{ m}$ , esso e' dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 * c_t * \ln(z/z_0) * [ 7 + c_t * \ln(z/z_0) ] \quad \text{per } Z_{min} < z \leq 200 \text{ m} \quad [3.3.7]$$

$$c_e(z) = c_e(Z_{min}) \quad \text{per } z \leq Z_{min}$$

dove:

$k_r, z_0, Z_{min}$  sono assegnati in Tab. 3.3.II in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione;

$c_t$  e' il coefficiente di topografia.

$z$  altezza della costruzione in metri.

**Tabella 3.3.II – Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione**

Categoria di esposizione del sito	$k_r$	$z_0$ [m]	$Z_{min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Il coefficiente di topografia  $c_t$  e' posto generalmente pari a **I**, sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose e montane.

**Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno**

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ....)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

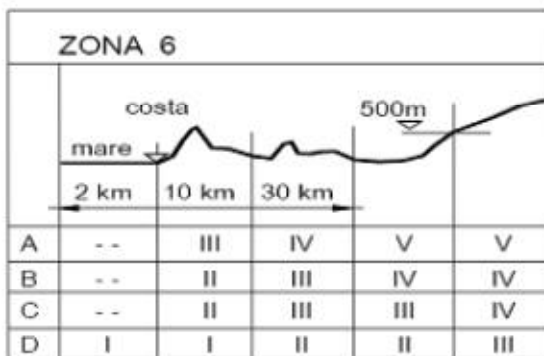
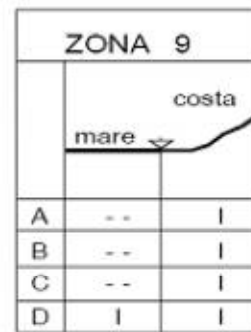
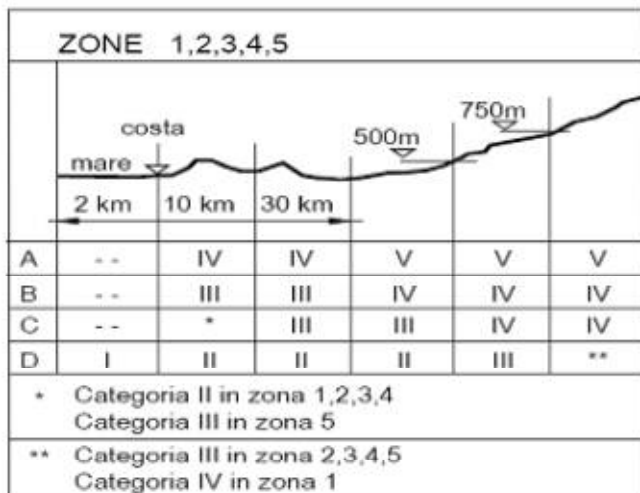


Figura 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione

### COEFFICIENTE DI FORMA $C_p$ (CNR-DT 207/2008)

La predetta norma stabilisce:

- per elementi sopravento (cioè direttamente investiti dal vento), con inclinazione sull'orizzontale  $> 60^\circ$ ,  $c_p = + 0,8$

### COEFFICIENTE DINAMICO $C_d$ (3.3.9 Nct 2018)

Il coefficiente dinamico tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura. Esso può essere assunto cautelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

## RISULTATI DI CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO

Comune interessato :	Latina
Indirizzo :	contrada PETRUSA
Altitudine s.l.m. m. :	50.00
Altezza gronda n.1 m. :	6.00
Angolo di inclinaz. falda investita dal vento :	20.00
Angolo di inclinaz. falda sottovento :	20.00
Distanza dalla costa [Km] :	13
Tempo di ritorno in anni ( $T_R$ ) :	30
Zona di appartenenza 4:	

- Sicilia e provincia di Reggio Calabria

Dalla **Tab.3.3.I** si ricava:

$$v_{b,0}=28 \text{ [m/s]; } a_0=500 \text{ [m]; } k_a=0.36 \text{ [1/s]}$$

Classe di rugosità del terreno: 'B'.

Corrispondente ad: Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive

Categoria di esposizione del sito : III

$$K_r=0.20; Z_0=0.10 \text{ [m]; } Z_{\min}=5 \text{ [m]}$$

$$\text{Velocità base di riferimento } v_b = v_{b,0} * c_a = 27.00$$

$$\text{Coefficiente dinamico } C_d : 1$$

$$\text{Coefficiente di forma } C_p = 0.8 \text{ per pareti verticali : } 0.8$$

$$\text{Velocità di riferimento } v_r = 27.02$$

$$\text{Coefficiente di altitudine } c_a : 1.00$$

$$\text{Pressione cinetica di riferimento } q_r : 45.63$$

$$\text{Coefficiente di topografia } c_t : 1.00$$

$$\text{Coefficiente di esposizione } C_e : 1.82$$

### ***Pressione del vento e valori di $C_e$ in corrispondenza di $z_{\min}$ e dell'altezza massima***

$C(z_{\min})_e$	$p(z_{\min})$ (kg/m <sup>2</sup> )	$C(z)_e$	$p(z)$ (kg/m <sup>2</sup> )
1.71	62.33	1.82	66.33

con  $z$  altezza della costruzione e  $z_{\min}$  punto di inizio del tratto parabolico nel caso in cui l'altezza della costruzione risulta maggiore di  $z_{\min}$ .

$$\text{Pressione esercitata dal vento nella falda direttamente investita (kg/m}^2\text{)} \quad \mathbf{22.11}$$

$$\text{Pressione esercitata dal vento nella falda dsottovento (kg/m}^2\text{)} \quad \mathbf{-33.62}$$

## CALCOLO DELL' AZIONE DELLA NEVE

Il carico provocato dalla neve si assume che agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura come stabilito al 3.4.1 delle Nct 2018.

Il carico della neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilita' delle precipitazioni nevose da zona a zona.

Le norme, per localita' poste ad altezza minore di 1500 metri s.l.m, riportano le espressioni da usare per il calcolo del carico di riferimento della neve al suolo il cui valore si riferisce ad un tempo di ritorno pari a 50 anni.

Il territorio nazionale viene diviso in 4 zone di carico:

- **Zona I - Alpina**
- **Zona I - Mediterranea**
- **Zona II**
- **Zona III**

Il carico provocato dalla neve sulle coperture sara' valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = q_{sk} * \mu_1 * C_E * C_t$$

dove :

$q_{sk}$  e' il valore di riferimento del carico della neve al suolo, di cui al § 3.4.2;

$\mu_1$  e' il coefficiente di forma della copertura, di cui al § 3.4.3;

$C_E$  e' il coefficiente di esposizione di cui al § 3.4.4;

$C_t$  e' il coefficiente termico di cui al § 3.4.5.





I coefficienti di forma delle coperture dipendono dalla forma stessa della copertura e dall'inclinazione sull'orizzontale delle sue parti componenti e dalle condizioni climatiche locali del sito ove sorge la costruzione.

I valori nominali del coefficiente di forma  $\mu_1$  delle coperture ad una o a due falde possono essere ricavati dalla Tab. 3.4.II, essendo  $\alpha$ , espresso in gradi sessagesimali, l'angolo formato dalla falda con l'orizzontale.

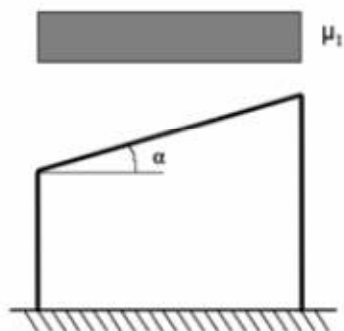


Fig. 3.4.2 - Condizioni di carico per coperture ad una falda

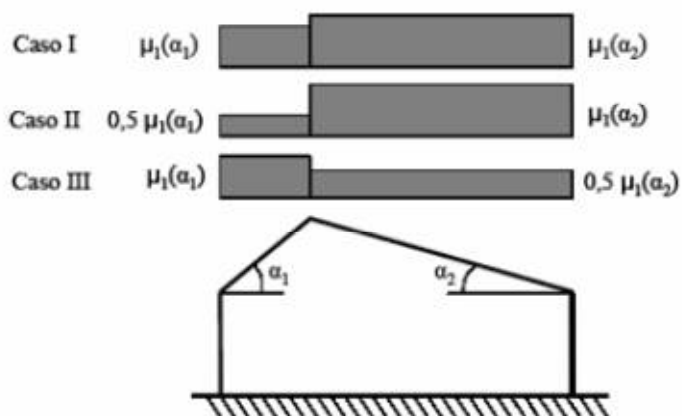


Fig. 3.4.3 - Condizioni di carico per coperture a due falde

Il **coefficiente di esposizione**  $C_E$  tiene conto delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Valori consigliati di questo coefficiente sono forniti in Tab. 3.4.I per diverse classi di esposizione.

Il **coefficiente termico** tiene conto della riduzione del carico della neve, a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente dipende dalle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura.

In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere posto  $C_t = 1$

**Tab. 3.4.I** – Valori di  $C_E$  per diverse classi di esposizione

Topografia	Descrizione	$C_E$
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

## **RISULTATI DI CALCOLO DELL'AZIONE DELLA NEVE**

Comune interessato : Latina  
Indirizzo : contrada PETRUSA  
Altitudine s.l.m. m. : 50.00  
Zona di appartenenza: Zona III  
Tempo di ritorno in anni ( $T_R$ ) : 50

### **Zona III**

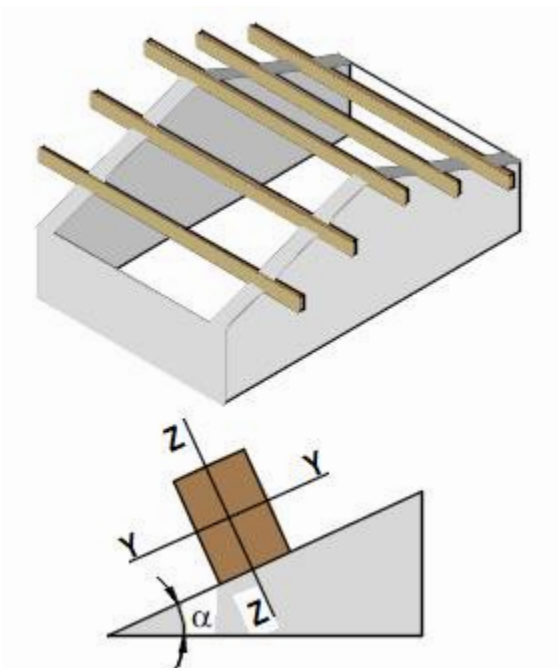
Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia-Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo  
 $q_{sk} = 60.00$

Topografia della zona: **Normale**

Aree in cui non e' presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi

Coefficiente di esposizione  $q_E = 1.00$   
Coefficiente temico  $C_t : 1$   
Angolo di inclinazione falda  $\alpha_1 : 20.0$   
Angolo di inclinazione falda  $\alpha_2 : 20.0$   
Carico provocato dalla neve su falda inclinata  $\alpha_1$ :  $q_s = 48.00$   
Carico provocato dalla neve su falda inclinata  $\alpha_2$ :  $q_s = 48.00$

## VERIFICA TETTO DI COPERURA



### MATERIALE UTILIZZATO PER LE TRAVI:

Classe:	G32h	
Descrizione :		lamellare G32h
Resistenza a Flessione $f_{m,k}$	daN/cm <sup>2</sup>	320
Trazione parallela $f_{t,0,k}$	daN/cm <sup>2</sup>	256
Trazione perpendicolare $f_{t,90,k}$	daN/cm <sup>2</sup>	5
Compressione parallela $f_{tc,0,k}$	daN/cm <sup>2</sup>	320
Compressione perpendicolare $f_{c,90,k}$	daN/cm <sup>2</sup>	25
Taglio $f_{v,k}$	daN/cm <sup>2</sup>	35
Modulo di elasticità medio parall. $E_{0,mean}$	daN/cm <sup>2</sup>	142000
Modulo di elasticità parall. al 5% $E_{0,05}$	daN/cm <sup>2</sup>	118000
Modulo di elast. medio pert. $E_{90,mean}$	daN/cm <sup>2</sup>	3000
Modulo di taglio Taglio medio $R_{mean}$	daN/cm <sup>2</sup>	5400
Massa volumetrica caratteristica $\rho_k$	daN/cm <sup>3</sup>	440
Massa volumetrica media $\rho_{mean}$	daN/cm <sup>3</sup>	490

### Caratteristiche geometriche tetto:

Luce tetto $l$	m. 5.0
Spessore muratura $t$	m. 0.3
Sbalzo destro $dx$	m. 0.1
Sbalzo sinistro $sx$	m. 0.1
Base trave $b$	m. 0.14

Altezza trave $h$	m. 0.22
Interasse trave $i$	m. 0.65
Angolo di inclinazione copertura $\alpha$ °	20

### Analisi dei carichi:

Peso tegole ( $G_2$ )	daN/m <sup>2</sup>	25.0
Peso listelli ( $G_2$ )	daN/m <sup>2</sup>	15.0
Peso controlistelli ( $G_2$ )	daN/m <sup>2</sup>	45.0
' pannello di sughero' ( $G_2$ )	daN/m <sup>2</sup>	20.0
' pannello di poliestere' ( $G_2$ )	daN/m <sup>2</sup>	30.0

Peso tavolato ( $G_2$ ) =  $1.00 * 1.00 * 0.03 * 490 = \text{daN/m}^2$  14.7

Peso travi ( $G_1$ ) =  $1.00 * b * h * \rho_{mean} = 1.00 * 0.14 * 0.22 * 490 = \text{daN/ml}$  15.09

Totale carichi ( $G_2$ ) =  $25.0 + 15.0 + 45.0 + 20.0 + 30.0 + 14.7 = \text{daN/m}^2$  149.7

Totale carichi ( $G_1$ ) daN/ml 15.09

**Tab. 2.5.I** – Valori dei coefficienti di combinazione dei carichi per verifiche agli SLU- DM/2018

Categoria	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Vento	0.6	0.2	0.0
Neve (a quota $\leq$ 1000 m. s.l.m.)	0.5	0.2	0.0
Neve (a quota $>$ 1000 m. s.l.m.)	0.7	0.5	0.2
Categoria H -Coperture accessibili per sola manutenzione	0	0	0

La verifica agli stati limiti ultimi (SLU) per carichi gravitazionali si esegue con la seguente espressione

$$F_d = \gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q1} * [\sum(Q_{ki} * \Psi_{ij})]$$

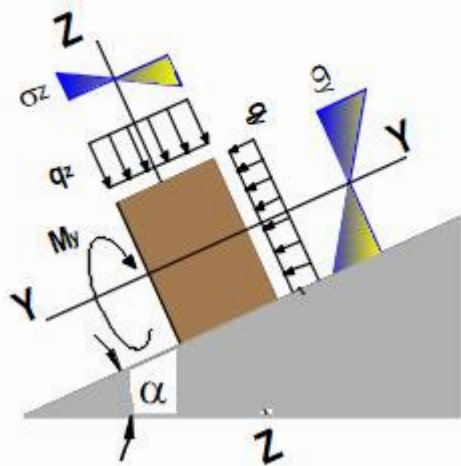
dove:

- $G_k$  = Valore caratteristico dei carichi permanenti
- $Q_{k1}$  = Valore caratteristico del carico variabile predominante
- $Q_i$  = Valore caratteristico delle azioni variabili
- $\Psi_{ij}$  = Valore dei coefficienti di combinazione (tab. 2.5.I)
- $\gamma_{Gi}$  = Coefficiente di maggiorazione dei carichi permanenti
- $\gamma_{Qi}$  = Coefficiente di maggiorazione dei carichi variabili

Tipo	valore daN/m <sup>2</sup>	valore*i	Carico sulla trave
Strutturali G <sub>1</sub>	15.09		15.09
Strutturali G <sub>2</sub>	149.7	149.7*0.65	97.31
Sovraccarico Q <sub>k1</sub>	50.0	50.0*0.65	32.5
Carico neve	48.0	48.0*0.65	31.2
Carico vento	22.11	22.11*0.65 / cos (20 )	15.29

I carichi agenti sulle travi principali devono essere inclinati di un angolo  $\alpha=20$  considerati per un interasse  $i=0.65$ . Poiche' la durata dell'azione influenza la resistenza del materiale, ad ogni azione viene attribuita una classe di durata come riportata nella tab 4.4.I delle Nct/2018. Le combinazioni significative sono di seguito riportate.

## TRAVE IN LEGNO



### Combinazione I

Durata del carico: **permanente**

$$F_{d,I} = \gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_{Q1} * Q_{k1} = 1.3 * 15.09 + 1.5 * 97.31 + 1.5 * 32.5 = 214.33 \text{ daN/ml}$$

### Combinazione II

Durata del carico: **breve (con carico di esercizio dominante, neve e vento)**

$$F_{d,II,1} = \gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_Q * (Q_{k2} \Psi_{02} + Q_{k3} \Psi_{03}) = 1.3 * 15.09 + 1.5 * 97.31 + 1.5 * 32.5 + 1.5 * (31.2 * 0.5 + 15.29 * 0.6) = 251.49 \text{ daN/ml}$$

### Combinazione III

Durata del carico: **breve (con carico neve dominante e vento)**

$$F_{d,II,2} = \gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_{Q1} * Q_{k2} + \gamma_Q * (Q_{k1} \Psi_{02} + Q_{k3} \Psi_{03}) = 1.3 * 15.09 + 1.5 * 97.31 + 1.5 * 31.2 + 1.5 * (32.5 * 0.0 + 15.29 * 0.6) = 226.14 \text{ daN/ml}$$

### Combinazione VI

Durata del carico: **istantanea (con carico vento dominante e neve)**

$$F_{d,II,3} = \gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_{Q3} * Q_{k3} + \gamma_Q * (Q_{k1} \Psi_{01} + Q_{k3} \Psi_{02}) = 1.3 * 15.09 + 1.5 * 97.31 + 1.5 * 15.29$$

$$+ 1.5 * (32.5 * 0.0 + 31.2 * 0.5) = 211.92 \text{ daN/ml}$$

**Caratteristiche di resistenza delle travi:**

$I_y$	$\text{cm}^4$	12422
$I_z$	$\text{cm}^4$	5030
$W_y$	$\text{cm}^3$	1129.33
$W_z$	$\text{cm}^3$	718.67

Resistenza caratteristica a flessione  $f_{m,k}$  daN/cm<sup>2</sup> 320

**Classe di durata del carico: permanente**

Valore del carico = 214.33 daN/ml

Classe di esposizione: 0.6

Coefficiente correttivo  $k_{mod} = 0.6$

Resistenza di calcolo  $f_{m,yd} = f_{m,k} * k_{mod} / \gamma_M = 320 * 0.6 / 1.5 = 128.0 \text{ daN/cm}^2$

La trave e' soggetta a flessione deviata, le caratteristiche di sollecitazioni e i carichi vanno scomposti secondo gli assi principali di inerzia y e z, le azioni e le caratteristiche di sollecitazioni sono di seguito riportate

$$q_z = F_{d,I} * \cos \alpha = 214.33 * \cos ( 20 ) = 201.4 \text{ daN/ml}$$

$$q_y = F_{d,I} * \sin \alpha = 214.33 * \sin ( 20 ) = 73.3 \text{ daN/ml}$$

$$M_y = q_z * l^2 * 100 / 8 = 201.4 * 5.0^2 * 100 / 8 = 62938.0 \text{ daN*cm}$$

$$M_z = q_y * l^2 * 100 / 8 = 73.3 * 5.0^2 * 100 / 8 = 22907.56 \text{ daN*cm}$$

$$\sigma_y = M_y * W_y = 62938.0 / 1129.33 = 55.73 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma_z = M_z * W_z = 22907.56 / 718.67 = 31.88 \text{ daN/cm}^2$$

$$k_m = 0.7$$

**Per la verifica devono essere rispettate le seguenti condizioni:**

$$\sigma_y / f_{m,yd} + k_m * \sigma_z / f_{m,yd} = 55.73 / 128.0 + 0.7 * 31.88 / 128.0 = 0.61 \leq 1$$

$$k_m * \sigma_y / f_{m,yd} + \sigma_z / f_{m,yd} = 0.7 * 55.73 / 128.0 + 31.88 / 128.0 = 0.55 \leq 1$$

**Classe di durata del carico: breve durata**

Valore del carico = 251.49 daN/ml

Classe di esposizione: 1

Coefficiente correttivo  $k_{mod} = 0.8$

Resistenza di calcolo  $f_{m,yd} = f_{m,k} * k_{mod} / \gamma_M = 320 * 0.8 / 1.5 = 170.7 \text{ daN/cm}^2$

$$q_z = F_{d,II} * \cos \alpha = 251.49 * \cos ( 20 ) = 236.32 \text{ daN/ml}$$

$$q_y = F_{d,II} * \sin \alpha = 251.49 * \sin ( 20 ) = 86.01 \text{ daN/ml}$$

$$M_y = q_z * l^2 * 100 / 8 = 236.32 * 5.0^2 * 100 / 8 = 73851.03 \text{ daN*cm}$$

$$M_z = q_y * l^2 * 100 / 8 = 86.01 * 5.0^2 * 100 / 8 = 26879.58 \text{ daN*cm}$$

$$\sigma_y = M_y * W_y = 73851.03 / 1129.33 = 65.39 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma_z = M_z * W_z = 26879.58 / 718.67 = 37.4 \text{ daN/cm}^2$$

$$k_m = 0.7$$

**Per la verifica devono essere rispettate le seguenti condizioni:**

$$\sigma_y / f_{m,yd} + k_m * \sigma_z / f_{m,yd} = 65.39 / 170.7 + 0.7 * 37.4 / 170.7 = 0.48 \leq 1$$

$$k_m * \sigma_y / f_{m,yd} + \sigma_z / f_{m,yd} = 0.7 * 65.39 / 192.0 + 37.4 / 192.0 = 0.43 \leq 1$$

**Classe di durata del carico: breve durata**

Valore del carico = 226.14 daN/ml

Classe di esposizione: 1

Coefficiente correttivo  $k_{mod} = 0.8$

Resistenza di calcolo  $f_{m,yd} = f_{m,k} * k_{mod} / \gamma_M = 320 * 0.8 / 1.5 = 192.0 \text{ daN/cm}^2$

$$q_z = F_{d,III} * \cos \alpha = 226.14 * \cos ( 20 ) = 212.5 \text{ daN/ml}$$

$$q_y = F_{d,III} * \sin \alpha = 226.14 * \sin ( 20 ) = 77.34 \text{ daN/ml}$$

$$M_y = q_z * l^2 * 100 / 8 = 212.5 * 5.0^2 * 100 / 8 = 66406.9 \text{ daN*cm}$$

$$M_z = q_y * l^2 * 100 / 8 = 77.34 * 5.0^2 * 100 / 8 = 24170.14 \text{ daN*cm}$$

$$\sigma_y = M_y * W_z = 66406.9 / 1129.33 = 58.8 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma_z = M_z * W_y = 24170.14 / 718.67 = 33.63 \text{ daN/cm}^2$$

$$k_m = 0.7$$

**Per la verifica devono essere rispettate le seguenti condizioni:**

$$\sigma_y / f_{m,yd} + k_m * \sigma_z / f_{m,yd} = 58.8 / 192.0 + 0.7 * 33.63 / 192.0 = 0.43 \leq 1$$

$$k_m * \sigma_y / f_{m,yd} + \sigma_z / f_{m,yd} = 0.7 * 58.8 / 192.0 + 33.63 / 192.0 = 0.39 \leq 1$$

**Classe di durata del carico: Istantanea**

Valore del carico = 211.92 daN/ml

Classe di esposizione: 1

Coefficiente correttivo  $k_{mod} = 1.1$

Resistenza di calcolo  $f_{m,yd} = f_{m,k} * k_{mod} / \gamma_M = 320 * 1.1 / 1.5 = 234.67 \text{ daN/cm}^2$

$$q_z = F_{d,IV} * \cos \alpha = 211.92 * \cos ( 20 ) = 199.14 \text{ daN/ml}$$

$$q_y = F_{d,IV} * \sin \alpha = 211.92 * \sin ( 20 ) = 72.48 \text{ daN/ml}$$

$$M_y = q_z * l^2 * 100 / 8 = 199.14 * 5.0^2 * 100 / 8 = 62231.14 \text{ daN*cm}$$

$$M_z = q_y * l^2 * 100 / 8 = 72.48 * 5.0^2 * 100 / 8 = 22650.28 \text{ daN*cm}$$

$$\sigma_y = M_y * W_z = 62231.14 / 1129.33 = 55.1 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma_z = M_z * W_y = 22650.28 / 718.67 = 31.52 \text{ daN/cm}^2$$

$$k_m = 0.7$$

**Per la verifica devono essere rispettate le seguenti condizioni:**

$$\sigma_y / f_{m,yd} + k_m * \sigma_z / f_{m,yd} = 55.1 / 234.67 + 0.7 * 31.52 / 234.67 = 0.33 \leq 1$$

$$k_m * \sigma_y / f_{m,yd} + \sigma_z / f_{m,yd} = 0.7 * 55.1 / 234.67 + 31.52 / 234.67 = 0.3 \leq 1$$



## VERIFICA A TAGLIO

Per la verifica si terra' conto del massimo valore del carico che si ottiene per le quattro combinazioni di carico esaminate. Taglio Massimo per combinazione II, Durata del carico: BREVE (con carico di esercizio dominante, neve e vento)

$$F_d = \text{daN/ml} \quad 251.49$$

$$Q_z = F_d * \cos \alpha = 251.49 * \cos ( 20 ) = \text{daN/ml} \quad 236.32$$

$$Q_y = F_d * \sin \alpha = 251.49 * \sin ( 20 ) = \text{daN/ml} \quad 86.02$$

$$V_y = Q_y * 1/2 = 86.02 * 5.0 / 2 = \text{daN} \quad 215.04$$

$$V_z = Q_z * 1/2 = 236.32 * 5.0 / 2 = \text{daN} \quad 590.81$$

$$\tau_y = 1.5 * V_y / (b*h*100) = 1.5 * 215.04 / (0.14 * 0.22 * 100 ) = \text{daN/cm}^2 \quad 1.05$$

$$\tau_z = 1.5 * V_z / (b*h*100) = 1.5 * 590.81 / (0.14 * 0.22 * 100 ) = \text{daN/cm}^2 \quad 2.88$$

$$f_{vd} = f_{vk} * k_{mod} / \gamma_M = 35 * 1.1 / 1.5 = 234.67 = \text{daN/cm}^2 \quad 21.0$$

$$\tau_d = \sqrt{(\tau_y^2 + \tau_z^2)} = \sqrt{(1.05^2 + 2.88^2)} = \text{daN/cm}^2 \quad 3.06$$

Poiche'  $\tau_d < f_{vd}$

**la sezione risulta verificata**

## VERIFICA STATI LIMITI DI ESERCIZIO

Per travi semplicemente appoggiate la freccia massima viene calcolata utilizzando la formula:

$$f = 5 * q * l^4 / 384 * E * I$$

In primo luogo si controlla che l'abbassamento istantaneo per effetto della combinazione di carico rara sia minore o uguale ad 1/300. Il secondo controllo consiste che l'abbassamento massimo finale, per carichi a lungo termine, indotto dalla combinazione di carico quasi permanente sia inferiore a 1/200. La combinazione di carico quasi permanente e' data da:

$$F_{qp} = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k1} * \Psi_{21} + Q_{k2} * \Psi_{22} + Q_{k3} * \Psi_{23} = 15.09 + 97.31 + 32.5 * 0 + 31.2 * 0 + 15.29 * 0 = 112.4 \text{ daN/ml}$$

*Valori dei coefficienti di combinazione dei carichi per verifiche agli SLE*

### Quasi permanente

vento	$\Psi_{23}$	0.0
Neve (a quota $\leq$ 1000 m. s.l.m.)	$\Psi_{22}$	0.0
Neve (a quota $>$ 1000 m. s.l.m.)	$\Psi_{22}$	0.2
Categoria H -Coperture accessibili per sola manutenzione	$\Psi_{21}$	0.0

### Combinazione di carico rara

*Valori dei coefficienti di combinazione dei carichi rara SLE*

vento	$\Psi_{03}$	0.6
Neve (a quota $\leq$ 1000 m. s.l.m.)	$\Psi_{02}$	0.5
Neve (a quota $>$ 1000 m. s.l.m.)	$\Psi_{02}$	0.7
Categoria H -Coperture accessibili per sola manutenzione	$\Psi_{01}$	0.0

### Combinazione di carico I (carico variabile predominante)

$$F_{rara,1} = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k1} + Q_{k2} * \Psi_{02} + Q_{k3} * \Psi_{03} = 15.09 + 97.31 + 32.5 + 31.2 * 0.6 + 15.29 * 0.6 = 169.67 \text{ daN/ml}$$

### Combinazione di carico II (carico neve predominante)

$$F_{rara,2} = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k1} + Q_{k2} * \Psi_{01} + Q_{k3} * \Psi_{03} = 15.09 + 97.31 + 31.2 + 32.5 * 0 + 15.29 * 0.6 = 152.77 \text{ daN/ml}$$

### Combinazione di carico III (carico vento predominante)

$$F_{rara,3} = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k1} + Q_{k2} * \Psi_{01} + Q_{k3} * \Psi_{02} = 15.09 + 97.31 + 15.29 + 32.5 * 0 + 31.2 * 0.5 =$$

143.29 daN/ml

La massima sollecitazione si ottiene:

Taglio Massimo per combinazione II, Durata del carico: BREVE (con carico di esercizio dominante, neve e vento)

Carico max = 169.6733 daN/ml

Le componenti di carico distribuito secondo y e secondo z sono :

$$q_z = F_d * \cos \alpha = 169.6733 * \cos ( 20 ) = \text{daN/ml} \quad 159.44$$

$$q_y = F_d * \sin \alpha = 169.6733 * \sin ( 20 ) = \text{daN/ml} \quad 58.03$$

$$\text{Carico } Q_z \text{ totale agente nella trave; } Q_z = q_z * l = 159.44 * 5.0 = \text{daN} \quad 797.2$$

$$\text{Carico } Q_y \text{ totale agente nella trave; } Q_y = q_y * l = 58.03 * 5.0 = \text{daN} \quad 290.16$$

$$W_{\text{rara,y}} = 5 * 290.16 * 500.0^3 / (384 * 142000 * 12422) = 0.6611 \quad \text{cm}$$

$$W_{\text{rara,z}} = 5 * 797.2 * 500.0^3 / (384 * 142000 * 5030) = 0.7356 \quad \text{cm}$$

$$W_{\text{rara,ist}} = \sqrt{ W_{\text{rara,y}}^2 + W_{\text{rara,z}}^2 } = \sqrt{ 0.6611^2 + 0.7356^2 } = 0.989 \quad \text{cm}$$

Il valore della freccia deve risultare minore di 1.67 cm pari ad 1/300 della luce

Il valore della freccia istantanea dovuta alla combinazione di carico **quasi permanente vale:**

$$F_{\text{qp}} = \text{daN/ml} \quad 112.4$$

$$q_z = F_{\text{qp}} * \cos \alpha = 112.4 * \cos ( 20 ) = \text{daN/ml} \quad 105.62$$

$$q_y = F_{\text{qp}} * \sin \alpha = 112.4 * \sin ( 20 ) = \text{daN/ml} \quad 38.44$$

$$\text{Carico } Q_z \text{ totale agente nella trave; } Q_z = q_z * l = 105.62 * 5.0 = \text{daN} \quad 528.09$$

$$\text{Carico } Q_y \text{ totale agente nella trave; } Q_y = q_y * l = 38.44 * 5.0 = \text{daN} \quad 192.21$$

$$W_y = 5 * 192.21 * 5.0^3 / (384 * 142000 * 12422) = 0.4379 \quad \text{cm}$$

$$W_z = 5 * 528.09 * 5.0^3 / (384 * 142000 * 5030) = 0.4873 \quad \text{cm}$$

$$W_{\text{ist,qp}} = \sqrt{ W_y^2 + W_z^2 } = \sqrt{ 0.4379^2 + 0.4873^2 } = 0.6551 \quad \text{cm}$$

La deformazione massima finale della trave è data dalla relazione:

$$W_{\text{fin}} = W_{\text{ist,rara}} + k_{\text{def}} * W_{\text{ist,qp}} = 0.989 + 0.6 * 0.6551 = 1.3821 \quad \text{cm}$$

Il valore della freccia deve risultare minore di 2.5 cm pari ad 1/200 della luce

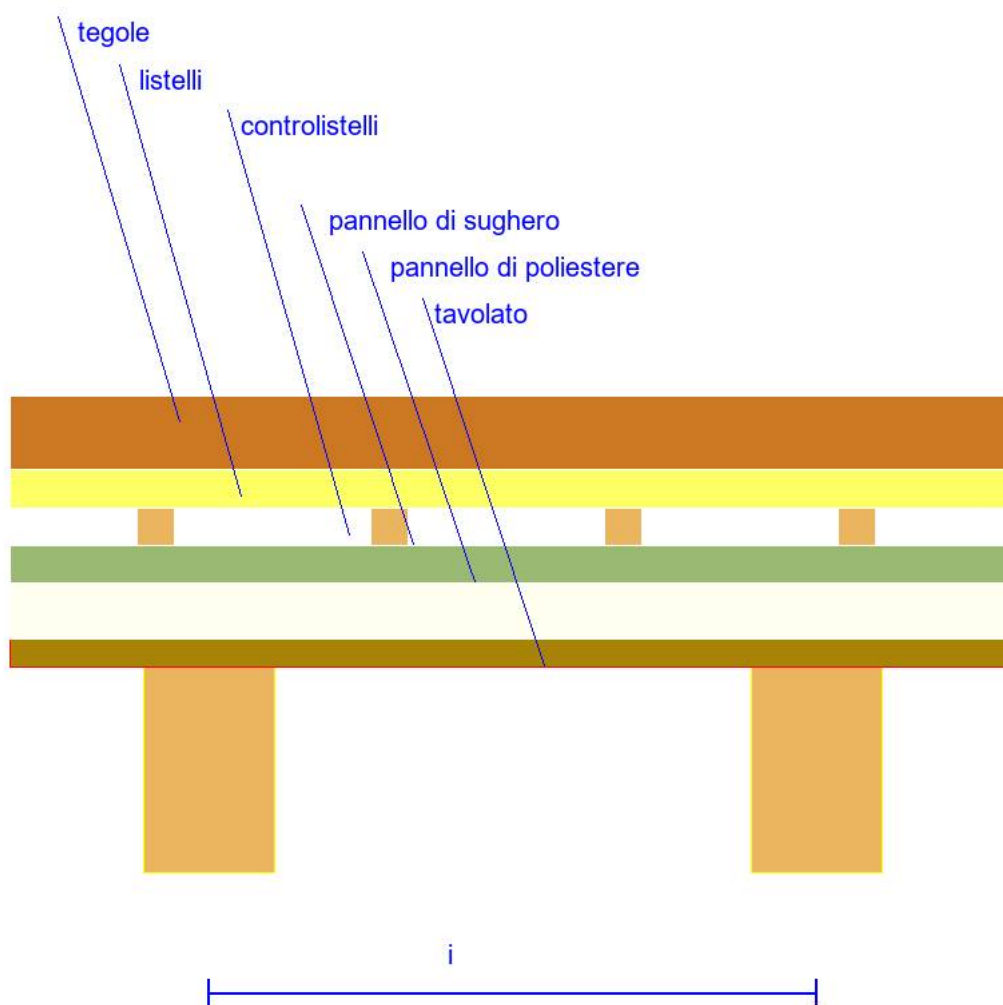
**La verica agli SLE risulta soddisfatta**

%s

## VERIFICA TAVOLATO

Calcolista: Ing. Giuseppe Margani

### SEZIONE TETTO COPERTURA



#### MATERIALE UTILIZZATO PER IL TAVOLATO:

Classe:	G24h	
Descrizione :		lamellare G24h
Resistenza a Flessione $f_{m,k}$	daN/cm <sup>2</sup>	240
Trazione parallela $f_{t,0,k}$	daN/cm <sup>2</sup>	192
Trazione perpendicolare $f_{t,90,k}$	daN/cm <sup>2</sup>	5
Compressione parallela $f_{c,0,k}$	daN/cm <sup>2</sup>	240
Compressione perpendicolare $f_{c,90,k}$	daN/cm <sup>2</sup>	25

Taglio $f_{v,k}$ daN/cm <sup>2</sup>	35	
Modulo di elasticità medio parall. $E_{0,mean}$ daN/cm <sup>2</sup>	115000	
Modulo di elasticità parall. al 5% $E_{0.05}$	daN/cm <sup>2</sup>	96000
Modulo di elast. medio pert. $E_{90,mean}$	daN/cm <sup>2</sup>	3000
Mogulo di taglio Taglio medio $R_{mean}$	daN/cm <sup>2</sup>	5400
Massa volumetrica caratteristica $\rho_k$	daN/cm <sup>3</sup>	385
Massa volumetrica media $\rho_{mean}$	daN/cm <sup>3</sup>	420

### Analisi dei carichi:

Peso tegole ( $G_2$ )	daN/m <sup>2</sup>	25.0
Peso listelli ( $G_2$ )	daN/m <sup>2</sup>	15.0
Peso controlistelli ( $G_2$ )	daN/m <sup>2</sup>	45.0
' pannello di sughero' ( $G_2$ )	daN/m <sup>2</sup>	20.0
' pannello di poliestere' ( $G_2$ )	daN/m <sup>2</sup>	30.0

Peso tavolato ( $G_1$ ) =  $i*B*H*\rho_{mean} = 0.65 * 0.3 * 0.03*420 =$  daN/ml 2.46

Totale carichi ( $G_2$ ) =  $(25.0 + 15.0 + 45.0 + 20.0 + 30.0) * (0.65 * 0.3) =$  daN/ml 26.32

Totale carichi ( $G_1$ ) daN/ml 2.46

**Tab. 2.5.I** – Valori dei coefficienti di combinazione dei carichi per verifiche agli SLU- DM/2018

Categoria	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
vento	0.6	0.2	0.0
Neve (a quota $\leq 1000$ m. s.l.m.)	0.5	0.2	0.0
Neve (a quota $> 1000$ m. s.l.m.)	0.7	0.5	0.2
Categoria H -Coperture accessibili per sola manutenzione	0	0	0

La verifica agli stati limiti ultimi (SLU) per carichi gravitazionali si esegue con la seguente espressione

$$F_d = \gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q1} * [\sum(Q_{ki} * \Psi_{0j})]$$

dove:

- $G_k$  = Valore caratteristico dei carichi permanenti
- $Q_{k1}$  = Valore caratteristico del carico variabile predominante
- $Q_i$  = Valore caratteristico delle azioni variabili
- $\Psi_{0j}$  = Valore dei coefficienti di combinazione (tab. 2.5.I)
- $\gamma_{Gi}$  = Coefficiente di maggiorazione dei carichi permanenti
- $\gamma_{Qi}$  = Coefficiente di maggiorazione dei carichi variabili

Tipo	valore	valore* $\gamma$ *B	Carico sulla trave
Strutturali G <sub>1</sub>	2.46		2.46
Strutturali G <sub>2</sub>	135.0	135.0*0.65*0.3	26.32
Sovraccarico Q <sub>k1</sub>	50.0	50.0*0.65*0.3	9.75
Carico neve	48.0	48.0*0.65*0.3	9.36
Carico vento	22.11	22.11*0.65*0.3 / cos (20 )	4.59

### Combinazione I

Durata del carico: **permanente**

$$F_{d,I} = \gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_{Q1} * Q_{k1} = 1.3 * 2.46 + 1.5 * 26.32 + 1.5 * 9.75 = 57.31 \text{ daN/ml}$$

### Combinazione II

Durata del carico: **breve (con carico di esercizio dominante, neve e vento)**

$$F_{d,II,1} = \gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_Q * (Q_{k2} \Psi_{02} + Q_{k3} \Psi_{03}) = 1.3 * 2.46 + 1.5 * 26.32 + 1.5 * 9.75 + 1.5 * (9.36 * 0.5 + 4.59 * 0.6) = 68.46 \text{ daN/ml}$$

### Combinazione III

Durata del carico: **breve (con carico di carico neve dominante e vento)**

$$F_{d,II,2} = \gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_{Q1} * Q_{k2} + \gamma_Q * (Q_{k1} \Psi_{02} + Q_{k3} \Psi_{03}) = 1.3 * 2.46 + 1.5 * 26.32 + 1.5 * 9.36 + 1.5 * (9.75 * 0.0 + 4.59 * 0.6) = 60.85 \text{ daN/ml}$$

### Combinazione VI

Durata del carico: **breve (con carico di carico vento dominante e neve)**

$$F_{d,II,3} = \gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_{Q3} * Q_{k3} + \gamma_Q * (Q_{k1} \Psi_{01} + Q_{k3} \Psi_{02}) = 1.3 * 2.46 + 1.5 * 26.32 + 1.5 * 4.59 + 1.5 * (9.75 * 0.0 + 9.36 * 0.5) = 56.58 \text{ daN/ml}$$

Resistenza caratteristica a flessione  $f_{m,k}$  daN/cm<sup>2</sup> 240

**Classe di durata del carico: permanente**

-Valore del carico = 57.31 daN/ml

-Classe di esposizione: 0.6

-Coefficiente correttivo  $k_{mod} = 0.6$

-Resistenza di calcolo  $f_{yd} = f_{m,k} * k_{mod} / \gamma_M = 240 * 0.6 / 1.5 = 96.0 \text{ daN/cm}^2$

La trave e' soggetta a flessione deviata, le caratteristiche di sollecitazioni e i carichi vanno scomposti secondo gli assi principali di inerzia y e z, le azioni e le caratteristiche di sollecitazioni sono di seguito riportate

$$Q_y = F_{d,I} = 57.31 \text{ daN/ml}$$

$$M_{ed} = Q_y * i^2 * 100 / 8 = 57.31 * 0.65^2 * 100 / 8 = 302.65 \text{ daN*cm}$$

$$M_{rd} = W_y * f_{yd} = 45.0 * 96.0 = 4320.0 \text{ daN*cm}$$

SEZIONE VERIFICATA

**Classe di durata del carico: breve durata**

-Valore del carico = 68.46 daN/ml

- Classe di esposizione: 1
- Coefficiente correttivo  $k_{mod} = 0.9$
- Resistenza di calcolo  $f_{m,yd} = f_{m,k} * k_{mod} / \gamma_M = 320 * 0.9 / 1.5 = 144.0 \text{ daN/cm}^2$

$$Q_y = F_{d,II,1} = 68.46 \text{ daN/ml}$$

$$M_{ed} = Q_y * i^2 * 100 / 8 = 68.46 * 0.65^2 * 100 / 8 = 361.53 \text{ daN*cm}$$

$$M_{rd} = W_y * f_{yd} = 45.0 * 144.0 = 6480.0 \text{ daN*cm}$$

SEZIONE VERIFICATA

**Classe di durata del carico: breve durata**

- Valore del carico = 60.85 daN/ml
- Classe di esposizione: 1
- Coefficiente correttivo  $k_{mod} = 0.9$
- Resistenza di calcolo  $f_{yd} = f_{m,k} * k_{mod} / \gamma_M = 320 * 0.8 / 1.5 = 144.0 \text{ daN/cm}^2$

$$Q_y = F_{d,II,2} = 60.85 \text{ daN/ml}$$

$$M_{ed} = Q_y * i^2 * 100 / 8 = 60.85 * 0.65^2 * 100 / 8 = 321.37 \text{ daN*cm}$$

$$M_{rd} = W_y * f_{yd} = 45.0 * 144.0 = 6480.0 \text{ daN*cm}$$

SEZIONE VERIFICATA

**Classe di durata del carico: Istantanea**

- Valore del carico = 56.58 daN/ml
- Classe di esposizione: 1
- Coefficiente correttivo  $k_{mod} = 1.1$
- Resistenza di calcolo  $f_{m,yd} = f_{m,k} * k_{mod} / \gamma_M = 320 * 1.1 / 1.5 = 176.0 \text{ daN/cm}^2$

$$Q_y = F_{d,II,3} = 56.58 \text{ daN/ml}$$

$$M_{ed} = Q_y * i^2 * 100 / 8 = 56.58 * 0.65^2 * 100 / 8 = 298.83 \text{ daN*cm}$$

$$M_{rd} = W_y * f_{yd} = 45.0 * 176.0 = 7920.0 \text{ daN*cm}$$

SEZIONE VERIFICATA

## VERIFICA A TAGLIO

Per la verifica si terra' conto del massimo valore del carico che si ottiene per le quattro combinazioni di carico esaminate.

Taglio Massimo per combinazione II, Durata del carico: BREVE (con carico di esercizio dominante, neve e vento)

$$F_d = \text{daN/ml} \quad 68.46$$

$$V_d = F_d * i / 2 = 68.46 * 0.65 / 2 = \text{daN} \quad 22.25$$

$$f_{yd} = f_{yk} * k_{mod} / \gamma_M = 35 * 0.9 / 1.5 = \text{daN/cm}^2 \quad 21.0$$

$$t_v = 1.5 * V_d / (B * H * 10000) = 1.5 * 22.25 / (0.3 * 0.03 * 10000) = \text{daN/cm}^2 \quad 0.3708$$

La verifica e' soddisfatta per  $t_v < f_{yd}$

SEZIONE VERIFICATA



## VERIFICA STATI LIMITI DI ESERCIZIO

Per travi semplicemente appoggiate la freccia massima viene calcolata utilizzando la formula:

$$f = 5 * Q * l^4 / 384 * E * I$$

In primo luogo si controlla che l'abbassamento istantaneo per effetto della combinazione di carico rara sia minore o uguale ad 1/300. Il secondo controllo consiste che l'abbassamento massimo finale, per carichi a lungo termine, indotto dalla combinazione di carico quasi permanente sia inferiore a 1/200. La combinazione di carico quasi permanente è data da:

$$F_{qp} = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k1} * \Psi_{21} + Q_{k2} * \Psi_{22} + Q_{k3} * \Psi_{23} = 2.46 + 26.32 + 9.75 * 0 + 9.36 * 0 + 4.59 * 0 = 28.78 \text{ daN/ml}$$

*Valori dei coefficienti di combinazione dei carichi per verifiche agli SLE*

vento	$\Psi_{23}$	0.0
Neve (a quota $\leq$ 1000 m. s.l.m.)	$\Psi_{22}$	0.0
Neve (a quota $\leq$ 1000 m. s.l.m.)	$\Psi_{22}$	0.2
Categoria H -Coperture accessibili per sola manutenzione	$\Psi_{21}$	0.0

### Combinazione di carico rara

*Valori dei coefficienti di combinazione dei carichi rara SLE*

vento	$\Psi_{03}$	0.6
Neve (a quota $\leq$ 1000 m. s.l.m.)	$\Psi_{02}$	0.5
Neve (a quota $>$ 1000 m. s.l.m.)	$\Psi_{02}$	0.7
Categoria H -Coperture accessibili per sola manutenzione	$\Psi_{01}$	0.0

### Combinazione di carico I (carico variabile predominante)

$$F_{rara,1} = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k1} + Q_{k2} * \Psi_{02} + Q_{k3} * \Psi_{03} = 2.46 + 26.32 + 9.75 + 9.36 * 0.5 + 4.59 * 0.6 = 45.96 \text{ daN/ml}$$

### Combinazione di carico II (carico neve predominante)

$$F_{rara,2} = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k1} + Q_{k2} * \Psi_{01} + Q_{k3} * \Psi_{03} = 2.46 + 26.32 + 9.36 + 9.75 * 0 + 4.59 * 0.6 = 40.89 \text{ daN/ml}$$

### Combinazione di carico III (carico vento predominante)

$$F_{rara,3} = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k1} + Q_{k2} * \Psi_{01} + Q_{k3} * \Psi_{02} = 2.46 + 26.32 + 4.59 + 9.75 * 0 + 9.36 * 0.5 = 38.05 \text{ daN/ml}$$

La massima sollecitazione si ottiene:

Taglio Massimo per combinazione II, Durata del carico: BREVE (con carico di esercizio dominante, neve e vento)

-Carico max agente per combinazione di carico rara = 45.96 daN/ml

Carico Q totale agente sul tavolato per comb. di carico rara:  $Q = q * i = 45.96 * 0.65 = \text{daN}$   
29.87

$$W_{\text{rara,ist}} = 5 * 29.87 * 65.0^3 / (384 * 115000 * 67.5) = 0.0138 \text{ cm}$$

Il valore della freccia deve risultare minore di 0.2167 cm pari ad 1/300 dell'interasse

Il valore della freccia istantanea dovuta alla combinazione di carico **quasi permanente vale:**

Carico a ml  $F_{\text{qp}} = \text{daN/ml}$  45.96

Carico Q totale agente sul tavolato per comb. di carico quasi permanente:  $Q = q * i = 45.96 * 0.65 = \text{daN}$  18.71

$$W_{\text{qp}} = 5 * 18.71 * 65.0^3 / (384 * 142000 * 67.5) = 0.0086 \text{ cm}$$

La deformazione massima finale della trave è data dalla relazione:

$$W_{\text{fin}} = W_{\text{ist,rara}} + k_{\text{def}} * W_{\text{ist,qp}} = 0.0138 + 0.6 * 0.0086 = 0.0189 \text{ cm}$$

Il valore della freccia deve risultare minore di 0.325 cm pari ad 1/200 della luce

**La verifica agli SLE risulta soddisfatta**

### **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La normativa italiana cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione e' la seguente:

- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 gennaio 2018;
- CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP 'Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle 'Norme tecniche per le costruzioni' di cui al D.M. 17 gennaio 2018';
- Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo delle Strutture di Legno CNR DT 206-R1/2018.

*il calcolista*