

NOVATOP OPEN

Predimensionamento – esempi di calcolo

Gli esempi di calcolo integrano le tabelle di predimensionamento contenute nella documentazione tecnica NOVATOP OPEN. Nel presente documento viene illustrato un calcolo dettagliato per un elemento portante NOVATOP OPEN, nonché la relativa verifica eseguita secondo la norma ČSN EN 1995-1-1 + A1 + A2 (05/2015). Viene effettuata la verifica degli stati limite ultimi e di esercizio.

INDICE

Esempi di calcolo – verticali	2-9
Esempi di calcolo – orizzontali	10-17

Documentazione tecnica
NOVATOP OPEN



1. INFORMAZIONI GENERALI

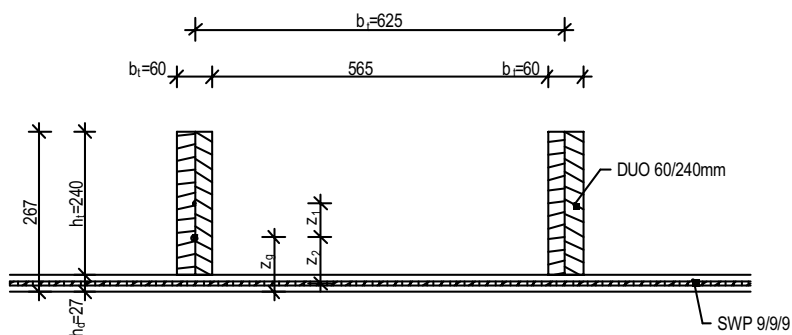
Nel seguente documento è illustrato un calcolo dettagliato e valutazione secondo la norma EN 1995-1-1 + A1 + A2 (05/2015) su un elemento portante (direzione delle fibre nella direzione della luce). È stata eseguita una valutazione di stati limite di portata e di servizio.

2. SISTEMA E CARICO

2.1. Materiali

NOVATOP OPEN – elemento portante – altezza 267 mm
Scheletro di supporto - lamellari DUO 60 x 240 mm (bt x ht)
Interasse dello scheletro $b_f = 625$ mm
Pannello inferiore - SWP 9/9/9 - $h_d = 27$ mm
Luce della trave base $L = 6,0$ m
Pendenza 30° (travi in direzione della pendenza)

Raffigurazione del pannello, spessore 267 mm:



NOVATOP OPEN

ESEMPI DI CALCOLO – VERTICALI

Pannello in legno massiccio:

Prestazione	---	Metodo di prova	Classe / Categoria dell'uso / Valore numerico ¹⁾
-------------	-----	-----------------	---

I pannelli vengono giunti testa a testa nello strato centrale

Comportamento meccanico in campo lineare del pannello SWP

Composizione delle lamelle			6/15/6	9/9/9	9/15/9	9/42/9
Resistenza alla flessione $f_{m,0}$	N/mm ²	ČSN EN 789	13,9	20,3	16,8	9,7
Resistenza alla flessione $f_{m,90}$			8,6	5,3	7,1	10,7
Resistenza a trazione $f_{t,0}$			9,3	13,6	11,2	6,5
Resistenza a trazione $f_{t,90}$			5,7	3,6	4,7	7,1
Resistenza a compressione $f_{c,0}$			13,9	20,3	16,8	9,7
Resistenza a compressione $f_{c,90}$			8,6	5,3	7,1	10,7
Resistenza al taglio f_v			3,0	3,0	3,0	3,0
Modulo di elasticità $E_{m,0}$			5300	7800	6400	3700
Modulo di elasticità $E_{m,90}$			3300	2050	2700	4100
Modulo di taglio G			600	600	600	600

Comportamento meccanico perpendicolare al piano del pannello SWP

Resistenza alla flessione $f_{m,0}$	N/mm ²	ČSN EN 789	25,0	28,9	27,3	20,1
Resistenza alla flessione $f_{m,90}$			5,4	3,1	4,1	7,8
Modulo di elasticità $E_{m,0}$			9600	11100	10500	7700
Modulo di elasticità $E_{m,90}$			1150	400	710	2100
Modulo di taglio G			90	90	90	90
Resistenza al taglio f_v			1,1	1,1	1,1	1,1

Il giunto incollato tra lo scheletro e bordo elemento

Resistenza al taglio $f_{v,k,glue,KVH}$	N/mm ²	ETAG 019	1,10
Resistenza al taglio $f_{v,k,glue,LVL}$			4,40
Resistenza al taglio $f_{v,k,DUO,TRIO,I-nosniky}$			1,10
Resistenza al taglio $f_{v,k,glue,BSH}$			3,50

Lamellari DUO:

		KVH	DUO-TRIO
Classe di qualità		S10TS	S10TS
Classe di resistenza secondo ČSN EN 1194: 1999		C24	C24
Valori caratteristici della resistenza N/mm²			
Resistenza alla flessione	$f_{m,k}$	24	24
Resistenza a trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,k}$	14	14
Resistenza a trazione perpendicolare alla fibratura	$f_{t,90,k}$	0,5	0,4
Resistenza a compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,k}$	21	21
Resistenza a compressione perpendicolare alla fibratura	$f_{c,90,k}$	2,5	2,5
Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	2,5	2
Valori caratteristici di elasticità in kN/mm²			
Valore medio del modulo di elasticità parallelo alla fibratura	$E_{0,mean}$	11	11,6
Valore di quinto percentile del modulo di elasticità	$E_{0,05}$	7,4	-
Valore medio del modulo di elasticità perpendicolare alla fibratura	$E_{90,mean}$	0,37	0,37
Valore medio del modulo di taglio	G_{mean}	0,69	0,69
Densità in kg/m³			
Densità	ρ_k	350	350

Caratteristiche della sezione trasversale:

Larghezza del pannello di coazione $b_1 = \min(b_f; L/10) = 0,6 \text{ m} = 600 \text{ mm}$

Sezione trasversale effettiva di sostituzione:

$$b_{eff} = (E_2/E_1) \cdot b_1 = (7800/11600) \times 0,6 = 0,403 \text{ m}$$

$$A_{t,eff} = 0,06 \times 0,24 = 0,0144 \text{ m}^2$$

$$A_{d,eff} = b_{eff} \times 0,027 = 0,010893 \text{ m}^2$$

$$z_g = (A_{t,eff} \times (h_d + h_t/2) + A_{d,eff} \times h_d/2) / (A_{t,eff} + A_{d,eff}) = (0,0144 \times 0,147 + 0,010893 \times 0,0135) / (0,0144 + 0,010893) = 0,090 \text{ m}$$

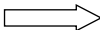
$$z_1 = 0,057 \text{ m}$$

$$z_2 = 0,076 \text{ m}$$

$$I_{y,eff} = \frac{1}{12} \times b_t \times h_t^3 + A_{t,eff} \times z_1^2 + \frac{1}{12} \times b_{eff} \times h_d^3 + A_{d,eff} \times z_2^2 = \frac{1}{12} \times 0,06 \times 0,24^3 + 0,0144 \times 0,057^2 + \frac{1}{12} \times 0,403 \times 0,027^3 + 0,010893 \times 0,076^2 = 180,3 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$i_{y,eff} = \sqrt{\frac{I_{y,eff}}{A_{eff}}} = \sqrt{\frac{180,3 \times 10^{-6}}{0,0253}} = 0,084 \text{ m}$$

2.2. Carico

Classe di gestione	1
Peso proprio dell'elemento	$g_1 = 0,25 \text{ kN/m}^2$
Altri carichi permanenti	$g_k = 1,00 \text{ kN/m}^2$
Carico utile	$g_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$
Carico da neve	$s_k = 1,00 \text{ kN/m}^2$
Carico da vento (pressione)	$w_k = 0,25 \text{ kN/m}^2$
	$k_{mod} = 0,9$
	$\Psi_2 = 0,60$

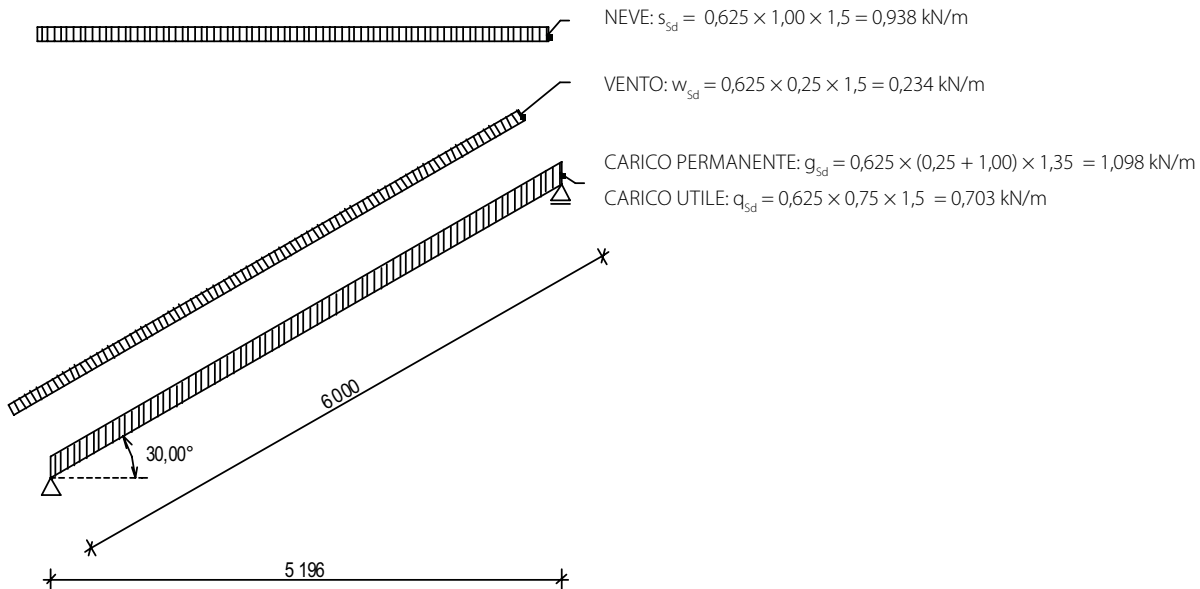
NOVATOP OPEN

ESEMPI DI CALCOLO – VERTICALI

2.3. Valutazione degli stati limite di capacità di carico

2.3.1 Diagramma statico

Carico in direzione perpendicolare al piano dell'elemento:



2.3.2 Forze interne massime

I valori delle forze interne massime sono calcolati, ad esempio utilizzando un software di analisi strutturale adeguato o mediante calcolo manuale:

$$M_{y,sd} = \frac{1}{8} \times (g_{sd} + q_{sd}) \times L \times L_p + \frac{1}{8} \times s_{sd} \times L_p^2 + \frac{1}{8} \times w_{sd} \times L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times (1,098 + 0,703) \times 6,0 \times 5,196 + \frac{1}{8} \times 0,938 \times 5,196^2 + \frac{1}{8} \times 0,234 \times 6,0^2 = 11,237 \text{ kNm}$$

$$V_{sd} = \frac{1}{2} \times (g_{sd} + q_{sd}) \times L \times \cos 30^\circ + \frac{1}{2} \times s_{sd} \times L_p \times \cos 30^\circ + \frac{1}{2} \times w_{sd} \times L$$

$$= \frac{1}{2} \times (1,098 + 0,703) \times 6,0 \times \cos 30^\circ + \frac{1}{2} \times 0,938 \times 5,196 \times \cos 30^\circ + \frac{1}{2} \times 0,234 \times 6,0 = 7,492 \text{ kN}$$

$$N_{sd} = (g_{sd} + q_{sd}) \times L \times \sin 30^\circ - s_{sd} \times L_p \times \sin 30^\circ$$

$$= - (1,098 + 0,703) \times 6,0 \times \sin 30^\circ - 0,938 \times 5,196 \times \sin 30^\circ = -7,840 \text{ kN}$$

(Nota: si tratta di pressione)

2.3.3 Valutazione della sollecitazione di flessione nelle fibre superiori a compressione

$$W_{y,d} = \frac{I_{y,eff}}{((h_t + h_d) - z_g)} = \frac{180,3 \times 10^{-6}}{((0,24 + 0,027) - 0,090)} = 1,019 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\sigma_{1,c} = \frac{M_{Sd}}{W_{y,h}} = \frac{11,237}{1,019 \times 10^{-3}} = 11027 \text{ kPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \times \frac{f_{c,0,k}}{Y_M} = 0,9 \times \frac{21000}{1,3} = 14538 \text{ kPa}$$

$$\frac{\sigma_{1,c}}{f_{c,0,d}} = \frac{11027}{14538} = 0,76 < 1,0$$

✓ SODDISFA

2.3.4 Valutazione delle sollecitazioni di flessione nelle fibre inferiori a trazione

$$W_{y,d} = \frac{I_{y,eff}}{z_g} = \frac{180,3 \times 10^{-6}}{0,090} = 2,003 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{Sd}}{W_{y,d}} = \frac{11,237}{2,003 \times 10^{-3}} = 5610 \text{ kPa}$$

$$f_{m,y,0,d} = k_{mod} \times \frac{f_{m,y,0,k}}{Y_M} = 0,9 \times \frac{20300}{1,3} = 14054 \text{ kPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,y,0,d}} = \frac{5610}{14054} = 0,40 < 1,0$$

✓ SODDISFA

2.3.5 Valutazione della combinazione di sollecitazioni di compressione e flessione (con effetto buckling)

Nota: per il calcolo del buckling perpendicolare all'asse z, si considera una sezione trasversale conservativa di 60 × 267 mm.

$$W_{y,min} = 1,019 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \times b^2}{h \times I_{ef}} \times E_{0,05} = \frac{0,78 \times 0,06^2}{0,267 \times 2,0} \times 7400000 = 38912 \text{ kPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24000}{38912}} = 0,785 \text{ m}$$

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75 \times \lambda_{rel,m} = 1,56 - 0,75 \times 0,785 = 0,97$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{Sd}}{W_{y,min}} = \frac{11,237}{1,019 \times 10^{-3}} = 11027 \text{ kPa}$$

Buckling:

$$\lambda_y = \frac{L_{y,eff}}{i_{y,eff}} = \frac{6,0}{0,084} = 71,428$$

$$\lambda_z = \frac{L_{z,eff}}{i_z} = \frac{2,0}{(0,06 / \sqrt{12})} = 115,5$$

NOVATOP OPEN

ESEMPI DI CALCOLO – VERTICALI

Il fattore determinante è la deviazione ortogonale rispetto all'asse „z“.

$$\lambda_{rel,z} = \frac{1}{\pi} \times \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{115,5}{\pi} \times \sqrt{\frac{21000}{7400000}} = 1,959$$

$$k_z = 0,5 \times (1 + \beta_c \times (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^{-2}) \\ = 0,5 \times (1 + \beta_c \times (1,959 - 0,3) + 1,959^2) = 2,584$$

$$k_{cz} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{2,584 + \sqrt{2,584^2 - 1,959^2}} = 0,234$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{s,d}}{A_c} = \frac{7,840}{0,267 \times 0,06} = 489,4 \text{ kPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \times f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} \times f_{c,0,d}} = \left(\frac{11027}{0,97 \times 14054} \right)^2 + \frac{489,4}{0,234 \times 14538} = 0,798$$

✓ SODDISFA

2.3.6 Valutazione della sollecitazione di trazione al baricentro del pannello inferiore

$$W_{y,2} = \frac{I_{y,eff}}{z_2} = \frac{180,3 \times 10^{-6}}{0,076} = 2,372 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\sigma_{m,2,d} = \frac{M_{y,5,d}}{W_{y,2}} = \frac{11,237}{2,372 \times 10^{-3}} = 4737 \text{ kPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \times \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \times \frac{13600}{1,3} = 9415 \text{ kPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{t,0,d}} = \frac{4737}{9415} = 0,50 < 1,0$$

✓ SODDISFA

2.3.7 Valutazione della sollecitazione di taglio al baricentro della sezione

$$S_1 = b_{eff} \times h_d \times z_2 + b_t \times (z_g - h_d)^2 \times 0,5 \\ = 0,403 \times 0,027 \times 0,076 + 0,06 \times (0,090 - 0,027)^2 \times 0,5 \\ = 9,460 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\tau_{v,d} = \frac{V_{s,d} \times S_1}{I_{eff} \times k_{cr} \times b_t} = \frac{7,492 \times 9,460 \times 10^{-4}}{180,3 \times 10^{-6} \times 0,67 \times 0,06} = 977,8 \text{ kPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \times \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,9 \times \frac{2000}{1,3} = 1385 \text{ kPa}$$

$$\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} = \frac{977,8}{1385} = 0,71 < 1,0$$

✓ SODDISFA

2.3.8 Valutazione della sollecitazione di taglio nel pannello in corrispondenza del giunto incollato

Nota: Metodo di rottura 1 a taglio secondo ETA-11/0310. Si ipotizza il cedimento delle lamelle in superficie adiacenti al giunto incollato.

$$S_2 = b_{\text{eff}} \times h_d \times (z_g - h_d \times 0,5) = 0,403 \times 0,027 \times (0,090 - 0,027 \times 0,5) = 8,279 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\tau_{v,d,2} = \frac{V_{s,d} \times S_2}{I_{\text{eff}} \times t_2} = \frac{7,492 \times 8,279 \times 10^{-4}}{180,3 \times 10^{-6} \times 2 \times 0,009} = 1911,2 \text{ kPa}$$

$$f_{v,d,2} = k_{\text{mod}} \times \frac{f_{v,k,2}}{\gamma_M} = 0,9 \times \frac{3000}{1,3} = 2076,92 \text{ kPa}$$

$$\frac{\tau_{v,d,2}}{f_{v,d,2}} = \frac{1911,2}{2076,92} = 0,92 < 1,0$$

✓ SODDISFA

2.3.9 Valutazione della sollecitazione di taglio nel giunto incollato

Nota: Modalità di cedimento 2 a taglio secondo ETA-11/0310.

$$S_2 = b_{\text{eff}} \times h_d \times (z_g - h_d \times 0,5) = 0,403 \times 0,027 \times (0,090 - 0,027 \times 0,5) = 8,279 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\tau_{v,d,3} = \frac{V_{s,d} \times S_2}{I_{\text{eff}} \times b_t} = \frac{7,492 \times 8,279 \times 10^{-4}}{180,3 \times 10^{-6} \times 0,06} = 573,36 \text{ kPa}$$

$$f_{v,d,glue} = k_{\text{mod}} \times \frac{f_{v,k,glue}}{\gamma_M} = 0,9 \times \frac{1100}{1,3} = 761,54 \text{ kPa}$$

$$\frac{\tau_{v,d,3}}{f_{v,d,glue}} = \frac{573,36}{761,54} = 0,75 < 1,0$$

✓ SODDISFA

2.4 Valutazione degli stati limite di servizio

2.4.1 Freccia elastica istantanea (combinazione caratteristica)

Valore di flessione:

$$w_{m,g,\text{inst}} = \frac{5}{384} \times \frac{g_{s,k} \times L^4}{E \times I_{\text{eff}}} = \frac{5}{384} \times \frac{0,781 \times 6,0^4}{11600000 \times 180,3 \times 10^{-6}} = 0,0063 \text{ m}$$

$$w_{m,q,\text{inst}} = \frac{5}{384} \times \frac{q_{s,k} \times L^4}{E \times I_{\text{eff}}} = \frac{5}{384} \times \frac{0,469 \times 6,0^4}{11600000 \times 180,3 \times 10^{-6}} = 0,0038 \text{ m}$$

$$w_{m,s,\text{inst}} = \frac{5}{384} \times \frac{s_{s,k} \times L^4}{E \times I_{\text{eff}}} = \frac{5}{384} \times \frac{0,625 \times 6,0^4}{11600000 \times 180,3 \times 10^{-6}} = 0,0050 \text{ m}$$

$$w_{m,w,\text{inst}} = \frac{5}{384} \times \frac{w_{s,k} \times L^4}{E \times I_{\text{eff}}} = \frac{5}{384} \times \frac{0,156 \times 6,0^4}{11600000 \times 180,3 \times 10^{-6}} = 0,0013 \text{ m}$$

NOVATOP OPEN

ESEMPI DI CALCOLO – VERTICALI

Valore di taglio:

$$W_{v,q,inst} = \frac{1}{8} \times \frac{g_{s,k} \times L^2}{G \times A} = \frac{1}{8} \times \frac{0,781 \times 6,0^2}{690000 \times 0,0144} = 0,0004 \text{ m}$$

$$W_{v,q,inst} = \frac{1}{8} \times \frac{q_{s,k} \times L^2}{G \times A} = \frac{1}{8} \times \frac{0,469 \times 6,0^2}{690000 \times 0,0144} = 0,0002 \text{ m}$$

$$W_{v,s,inst} = \frac{1}{8} \times \frac{s_{s,k} \times L^2}{G \times A} = \frac{1}{8} \times \frac{0,625 \times 6,0^2}{690000 \times 0,0144} = 0,0003 \text{ m}$$

$$W_{v,w,inst} = \frac{1}{8} \times \frac{q_{w,k} \times L^2}{G \times A} = \frac{1}{8} \times \frac{0,156 \times 6,0^2}{690000 \times 0,0144} = 0,0001 \text{ m}$$

Freccia istantanea dal carico permanente:

$$W_{g,inst} = W_{m,g,inst} + W_{v,g,inst} = 0,0063 + 0,0004 = 0,0067 \text{ m}$$

Freccia istantanea da carico applicato:

$$W_{q,inst} = W_{m,q,inst} + W_{v,q,inst} = 0,0038 + 0,0002 = 0,0040 \text{ m}$$

Freccia istantanea da neve:

$$W_{s,inst} = W_{m,s,inst} + W_{v,s,inst} = 0,0050 + 0,0003 = 0,0053 \text{ m}$$

Freccia istantanea dal vento:

$$W_{w,inst} = W_{m,w,inst} + W_{v,w,inst} = 0,0013 + 0,0001 = 0,0014 \text{ m}$$

Freccia istantanea elastica (combinazione caratteristica):

$$W_{inst} = W_{g,inst} + W_{q,inst} + W_{s,inst} + W_{w,inst} = 0,0067 + 0,0040 + 0,0053 + 0,0014 = 0,0174 \text{ m}$$

2.4.2 Deformazione finale (combinazione quasi stazionaria)

$$W_{fin} = W_{g,inst} \times (1 + k_{def}) + W_{q,inst} \times (1 + \psi_{2,1} \times k_{def}) + W_{s,inst} \times (1 + \psi_{2,2} \times k_{def}) + W_{w,inst} \times (1 + \psi_{2,3} \times k_{def}) =$$

$$0,0067 \times (1 + 0,6) + 0,0040 \times (1 + 0 \times 0,6) + 0,0053 \times (1 + 0 \times 0,6) + 0,0014 \times (1 + 0 \times 0,6) = 0,0214 \text{ m}$$

2.4.3 Verifica dei valori consigliati

$$W_{inst} = 0,0174 \text{ m} > \frac{L}{300} = \frac{6}{300} = 20,0 \rightarrow \text{✓ SODDISFA}$$

$$W_{fin} = 0,0214 \text{ m} > \frac{L}{250} = \frac{6}{250} = 24,0 \rightarrow \text{✓ SODDISFA}$$

Conclusione: la trave con una luce di 6,0 m soddisfa le richieste del carico previsto. Questa combinazione non è riportata nelle tabelle di progettazione preliminare, poiché esse considerano semplicisticamente tutti i carichi variabili in una sola direzione (il caso peggiore). Il calcolo di cui sopra è quindi più accurato.

1. INFORMAZIONI GENERALI

Nel seguente documento è illustrato un calcolo dettagliato e valutazione secondo la norma EN 1995-1-1 + A1 + A2 (05/2015) su un elemento portante (direzione delle fibre nella direzione della luce). È stata eseguita una valutazione di stati limite di portata e di servizio.

2. SISTEMA E CARICO

2.1. Materiale

NOVATOP OPEN – elemento portante – altezza 267 mm

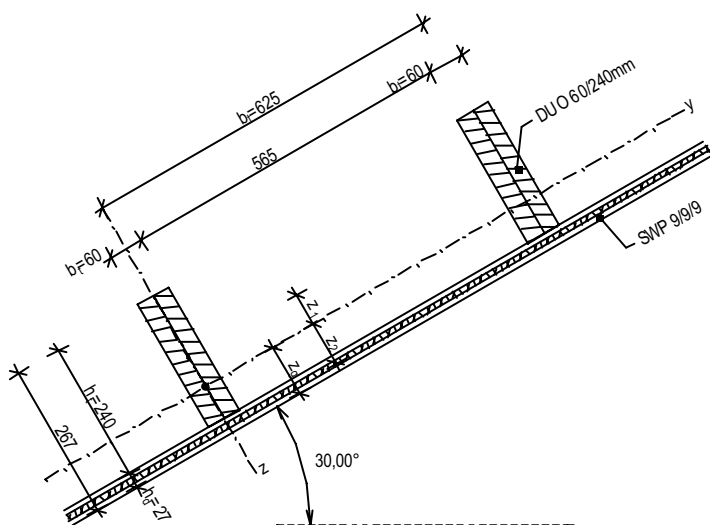
Scheletro di supporto - lamellari DUO 60 x 240 mm (bt x ht)

Interasse dello scheletro $b_f = 625$ mm

Pannello inferiore – SWP 9/9/9 – $h_d = 27$ mm

Luce della trave base $L = 6,0$ m Pendenza 30° (travi in direzione della pendenza)

Raffigurazione del pannello, spessore 267 mm:



NOVATOP OPEN

ESEMPI DI CALCOLO – ORIZZONTALI

Pannello in legno massiccio SWP:

Prestazione	---	Metodo di prova	Classe / Categoria dell'uso / Valore numerico ¹⁾
-------------	-----	-----------------	---

I pannelli vengono giunti testa a testa nello strato centrale.

Comportamento meccanico in campo lineare del pannello SWP

Composizione delle lamelle			6/15/6	9/9/9	9/15/9	9/42/9
Resistenza alla flessione $f_{m,0}$	N/mm ²	ČSN EN 789	13,9	20,3	16,8	9,7
Resistenza alla flessione $f_{m,90}$			8,6	5,3	7,1	10,7
Resistenza a trazione $f_{t,0}$			9,3	13,6	11,2	6,5
Resistenza a trazione $f_{t,90}$			5,7	3,6	4,7	7,1
Resistenza a compressione $f_{c,0}$			13,9	20,3	16,8	9,7
Resistenza a compressione $f_{c,90}$			8,6	5,3	7,1	10,7
Resistenza al taglio f_v			3,0	3,0	3,0	3,0
Modulo di elasticità $E_{m,0}$			5300	7800	6400	3700
Modulo di elasticità $E_{m,90}$			3300	2050	2700	4100
Modulo di taglio G			600	600	600	600

Comportamento meccanico perpendicolare al piano del pannello SWP

Resistenza alla flessione $f_{m,0}$	N/mm ²	ČSN EN 789	25,0	28,9	27,3	20,1
Resistenza alla flessione $f_{m,90}$			5,4	3,1	4,1	7,8
Modulo di elasticità $E_{m,0}$			9600	11100	10500	7700
Modulo di elasticità $E_{m,90}$			1150	400	710	2100
Modulo di taglio G			90	90	90	90
Resistenza al taglio f_v			1,1	1,1	1,1	1,1

Il giunto incollato tra lo scheletro e bordo elemento

Resistenza al taglio $f_{v,k,glue,KVH}$	N/mm ²	ETAG 019	1,10
Resistenza al taglio $f_{v,k,glue,LVL}$			4,40
Resistenza al taglio $f_{v,k,DUO,TRIO,I-nosniky}$			1,10
Resistenza al taglio $f_{v,k,glue,BSH}$			3,50

NOVATOP OPEN

ESEMPI DI CALCOLO – ORIZZONTALI

Nosníky DUO:

		KVH	DUO-TRIO
Classe di qualità		S10TS	S10TS
Classe di resistenza secondo ČSN EN 1194: 1999		C24	C24
Valori caratteristici della resistenza N/mm²			
Resistenza alla flessione	$f_{m,k}$	24	24
Resistenza a trazione parallela alla fibratura	$f_{t0,k}$	14	14
Resistenza a trazione perpendicolare alla fibratura	$f_{t90,k}$	0,5	0,4
Resistenza a compressione parallela alla fibratura	$f_{c0,k}$	21	21
Resistenza a compressione perpendicolare alla fibratura	$f_{c90,k}$	2,5	2,5
Resistenza a taglio	f_{vk}	2,5	2
Valori caratteristici di elasticità in kN/mm²			
Valore medio del modulo di elasticità parallelo alla fibratura	$E_{0,mean}$	11	11,6
Valore del 5% percentile del modulo di elasticità parallelo alla fibratura	$E_{0,05}$	7,4	-
Valore medio del modulo di elasticità perpendicolare alla fibratura	$E_{90,mean}$	0,37	0,37
Valore medio del modulo di taglio	G_{mean}	0,69	0,69
Densità in kg/m³			
Densità	ρ_k	350	350

Caratteristiche della sezione trasversale:

Larghezza del pannello di coazione $b_1 = \min(b_f; L/10) = 0,6 \text{ m} = 600 \text{ mm}$

Sezione trasversale effettiva di sostituzione:

$$b_{eff} = (E_z/E_t) \cdot b_1 = (7800/11600) \times 0,6 = 0,403 \text{ m}$$

$$A_{t,eff} = 0,06 \times 0,24 = 0,0144 \text{ m}^2$$

$$A_{d,eff} = b_{eff} \times 0,027 = 0,010893 \text{ m}^2$$

$$z_g = (A_{t,eff} \times (h_d + h_t/2) + A_{d,eff} \times h_d/2) / (A_{t,eff} + A_{d,eff}) = (0,0144 \times 0,147 + 0,010893 \times 0,0135) / (0,0144 + 0,010893) = 0,090 \text{ m}$$

$$z_1 = 0,057 \text{ m}$$

$$z_2 = 0,076 \text{ m}$$

$$i_{y,eff} = \sqrt{\frac{I_{y,eff}}{A_{eff}}} = \sqrt{\frac{180,3 \times 10^{-6}}{0,0253}} = 0,084 \text{ m}$$

$$I_{y,eff} = \frac{1}{12} \times h_t \times b_t^3 + \frac{1}{12} \times h_d \times b_{eff}^3 = \frac{1}{12} \times 0,24 \times 0,06^3 + \frac{1}{12} \times 0,027 \times 0,403^3 = 151,6 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$i_{z,eff} = \sqrt{\frac{I_{z,eff}}{A_{eff}}} = \sqrt{\frac{151,6 \times 10^{-6}}{0,0253}} = 0,077 \text{ m}$$

2.2. Carico

Classe di gestione	1
Peso proprio dell'elemento	$g_1 = 0,25 \text{ kN/m}^2$
Altri carichi permanenti	$g_k = 1,00 \text{ kN/m}^2$
Carico utile	$g_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$
Carico da neve	$s_k = 1,00 \text{ kN/m}^2$
Carico da vento (pressione)	$w_k = 0,25 \text{ kN/m}^2$
	$k_{mod} = 0,9$
	$\Psi_2 = 0,60$

NOVATOP OPEN

ESEMPI DI CALCOLO – ORIZZONTALI

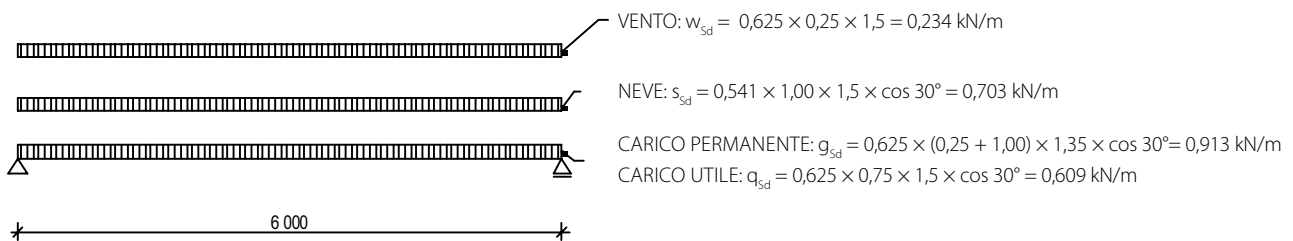
L'elemento è ruotato di 30°, quindi il carico è distribuito come segue:

- Peso proprio dell'elemento, altri carichi permanenti, carico utile - larghezza del carico 625 mm, distribuito in una direzione perpendicolare al piano dell'elemento e parallela al piano dell'elemento stesso
- Carico da neve - larghezza del carico 625 mm * cos 30° = 541 mm, distribuito in direzione perpendicolare al piano dell'elemento e parallelo al piano dell'elemento.
- Carico da vento - larghezza del carico 625 mm, applicato solo nella direzione perpendicolare al piano dell'elemento

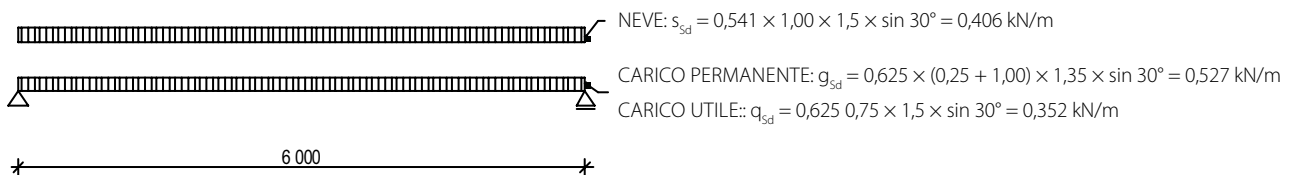
2.3. Valutazione degli stati limite di capacità di carico

2.3.1 Diagramma statico

Carico in direzione perpendicolare al piano dell'elemento:



Carico in campo lineare dell'elemento:



2.3.2 Forze interne massime

I valori delle forze interne massime sono calcolati, ad esempio utilizzando un software di analisi strutturale adeguato o mediante calcolo manuale:

$$M_{y, sd} = \frac{1}{8} \times f_{yd} \times L^2 = \frac{1}{8} \times 2,459 \times 6,0^2 = 11,066 \text{ kNm}$$

$$V_{y, sd} = \frac{1}{2} \times f_{yd} \times L = \frac{1}{2} \times 2,459 \times 6,0 = 7,377 \text{ kNm}$$

$$M_{z, sd} = \frac{1}{8} \times f_{zd} \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1,285 \times 6,0^2 = 5,783 \text{ kNm}$$

$$V_{z, sd} = \frac{1}{2} \times f_{zd} \times L = \frac{1}{2} \times 1,285 \times 6,0 = 3,855 \text{ kNm}$$

2.3.3 Valutazione della sollecitazione di flessione nelle fibre superiori a compressione – perpendicolare al piano dell'elemento

$$W_{y,d} = \frac{I_{y,eff}}{z_g} = \frac{180,3 \times 10^{-6}}{0,090} = 2,003 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Sd}}{W_{y,d}} = \frac{11,066}{2,003 \times 10^{-3}} = 5525 \text{ kPa}$$

$$f_{m,y,0,d} = k_{mod} \times \frac{f_{m,y,0,k}}{Y_M} = 0,9 \times \frac{20300}{1,3} = 14054 \text{ kPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,0,d}} = \frac{5525}{14054} = 0,39 < 1,0$$

✓ SODDISFA

2.3.4 Valutazione delle sollecitazioni di flessione nelle fibre inferiori a trazione – perpendicolare al piano dell'elemento (con influenza della stabilità)Distanza dei montanti trasversali – $L_{vz} = 2,0 \text{ m}$

$$W_{y,d} = 2,003 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \times b^2}{h \times I_{ef}} \times E_{0,05} = \frac{0,78 \times 0,06^2}{0,267 \times 2,0} \times 7400000 = 38912 \text{ kPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{2400}{38912}} = 0,785$$

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75 \times \lambda_{rel,m} = 1,56 - 0,75 \times 0,785 = 0,97$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Sd}}{W_{y,d}} = \frac{11,066}{2,003 \times 10^{-3}} = 5525 \text{ kPa}$$

$$f_{m,y,0,d} = k_{mod} \times \frac{f_{m,y,0,k}}{Y_M} = 0,9 \times \frac{20300}{1,3} = 14054 \text{ kPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \times f_{m,y,0,d}} = \frac{5525}{0,97 \times 14054} = 0,41$$

2.3.5 Valutazione della combinazione di sollecitazioni di compressione e flessione – parallelamente al piano dell'elemento

$$W_{z,d} = \frac{I_{y,eff}}{b_{eff}/2} = \frac{151,6 \times 10^{-6}}{0,202} = 7,523 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Sd}}{W_{z,d}} = \frac{5,783}{7,523 \times 10^{-4}} = 7687,1 \text{ kPa}$$

$$f_{m,z,0,d} = k_{mod} \times \frac{f_{m,z,0,k}}{Y_M} = 0,9 \times \frac{20300}{1,3} = 14054 \text{ kPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,0,d}} = \frac{7687,1}{14054} = 0,55 < 1,0$$

✓ SODDISFA

NOVATOP OPEN

ESEMPI DI CALCOLO – ORIZZONTALI

2.3.6 Valutazione della sollecitazione di flessione – combinazione di entrambe le direzioni principali

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \times f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{5525}{0,97 \times 14054} + \frac{7687,1}{14054} = 0,94 < 1,0$$

✓ SODDISFA

2.3.7 Valutazione della sollecitazione di trazione al baricentro del pannello inferiore

$$W_{y,2} = \frac{I_{y,eff}}{z_2} = \frac{180,3 \times 10^{-6}}{0,076} = 2,372 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\sigma_{m,2,d} = \frac{M_{y,5,d}}{W_{y,2}} = \frac{11,066}{2,372 \times 10^{-3}} = 4665,3 \text{ kPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \times \frac{f_{t,0,k}}{Y_M} = 0,9 \times \frac{13600}{1,3} = 9415 \text{ kPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{t,0,d}} = \frac{4665,3}{9415} = 0,50 < 1,0$$

✓ SODDISFA

2.3.8 Valutazione della sollecitazione di taglio al baricentro della sezione

$$S_y = b_{eff} \times h_d \times z_2 + b_t \times (z_g - h_d)^2 \times 0,5$$

$$= 0,403 \times 0,027 \times 0,076 + 0,06 \times (0,090 - 0,027)^2 \times 0,5$$

$$= 9,460 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\tau_{vy,d} = \frac{V_{s,y,d} \times S_y}{I_{y,eff} \times k_{cr} \times b_t} = \frac{7,377 \times 9,460 \times 10^{-4}}{180,3 \times 10^{-6} \times 0,67 \times 0,06} = 962,8 \text{ kPa}$$

$$S_z = h_d \times \frac{b_{eff}}{2} \times \frac{b_{eff}}{4} + h_t \times \frac{b_t}{2} \times \frac{b_t}{4} = 0,027 \times 0,202 \times 0,101 + 0,24 \times 0,03 \times 0,015$$

$$= 6,561 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\tau_{vz,d} = \frac{V_{s,z,d} \times S_z}{I_{z,eff} \times k_{cr} \times (h_t + h_d)} = \frac{3,855 \times 6,561 \times 10^{-4}}{151,6 \times 10^{-6} \times 0,67 \times 0,267} = 93,3 \text{ kPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \times \frac{f_{v,k}}{Y_M} = 0,9 \times \frac{2000}{1,3} = 1385 \text{ kPa}$$

$$\frac{\tau_{vy,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{vz,d}}{f_{v,d}} = \frac{962,8}{1385} + \frac{93,3}{1385} = 0,76 < 1,0$$

✓ SODDISFA

2.3.9 Valutazione della sollecitazione di taglio nel pannello in corrispondenza del giunto incollato

Nota: Metodo di rottura 1 a taglio secondo ETA-11/0310. Si ipotizza il cedimento delle lamelle in superficie adiacenti al giunto incollato.

$$S_2 = b_{\text{eff}} \times h_d \times (z_g - h_d \times 0,5) = 0,403 \times 0,027 \times (0,090 - 0,027 \times 0,5) = 8,279 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\tau_{v,d,2} = \frac{V_{s,d} \times S_2}{I_{\text{eff}} \times t_2} = \frac{7,377 \times 8,279 \times 10^{-4}}{180,3 \times 10^{-6} \times 2 \times 0,009} = 1881,9 \text{ kPa}$$

$$f_{v,d,2} = k_{\text{mod}} \times \frac{f_{v,k,2}}{\gamma_M} = 0,9 \times \frac{3000}{1,3} = 2076,92 \text{ kPa}$$

$$\frac{\tau_{v,d,2}}{f_{v,d,2}} = \frac{1881,9}{2076,92} = 0,91 < 1,0$$

✓ SODDISFA

2.3.10 Valutazione della sollecitazione di taglio nel giunto incollato

Nota: Modalità di cedimento 2 a taglio secondo ETA-11/0310.

$$S_2 = b_{\text{eff}} \times h_d \times (z_g - h_d \times 0,5) = 0,403 \times 0,027 \times (0,090 - 0,027 \times 0,5) = 8,279 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\tau_{v,d,3} = \frac{V_{y,s,d} \times S_2}{I_{y,\text{eff}} \times b_t} + \frac{V_{z,s,d}}{b_t} = \frac{7,377 \times 8,279 \times 10^{-4}}{180,3 \times 10^{-6} \times 0,06} + \frac{3,855}{0,06} = 628,8 \text{ kPa}$$

$$f_{v,d,\text{glue}} = k_{\text{mod}} \times \frac{f_{v,k,\text{glue}}}{\gamma_M} = 0,9 \times \frac{1100}{1,3} = 761,54 \text{ kPa}$$

$$\frac{\tau_{v,d,3}}{f_{v,d,\text{glue}}} = \frac{628,8}{761,54} = 0,83 < 1,0$$

✓ SODDISFA

2.4 Valutazione degli stati limite di servizio

(Per semplicità, si considera la deflessione perpendicolare al piano dell'elemento. Per calcolare la deflessione in coordinate globali, si consiglia di utilizzare un software appropriato)

2.4.1 Freccia elastica istantanea (combinazione caratteristica)

Contributo della flessione:

$$w_{m,g,\text{inst}} = \frac{5}{384} \times \frac{g_{s,k} \times L^4}{E \times I_{\text{eff}}} = \frac{5}{384} \times \frac{0,677 \times 6,0^4}{11600000 \times 180,3 \times 10^{-6}} = 0,0055 \text{ m}$$

$$w_{m,q,\text{inst}} = \frac{5}{384} \times \frac{q_{s,k} \times L^4}{E \times I_{\text{eff}}} = \frac{5}{384} \times \frac{0,406 \times 6,0^4}{11600000 \times 180,3 \times 10^{-6}} = 0,0033 \text{ m}$$

$$w_{m,s,\text{inst}} = \frac{5}{384} \times \frac{s_{s,k} \times L^4}{E \times I_{\text{eff}}} = \frac{5}{384} \times \frac{0,469 \times 6,0^4}{11600000 \times 180,3 \times 10^{-6}} = 0,0038 \text{ m}$$

$$w_{m,w,\text{inst}} = \frac{5}{384} \times \frac{w_{s,k} \times L^4}{E \times I_{\text{eff}}} = \frac{5}{384} \times \frac{0,156 \times 6,0^4}{11600000 \times 180,3 \times 10^{-6}} = 0,0013 \text{ m}$$

NOVATOP OPEN

ESEMPI DI CALCOLO – ORIZZONTALI

Contributo del taglio:

$$W_{v,g,inst} = \frac{1}{8} \times \frac{g_{s,k} \times L^2}{G \times A} = \frac{1}{8} \times \frac{0,677 \times 6,0^2}{690000 \times 0,0144} = 0,0003 \text{ m}$$

$$W_{v,q,inst} = \frac{1}{8} \times \frac{q_{s,k} \times L^2}{G \times A} = \frac{1}{8} \times \frac{0,406 \times 6,0^2}{690000 \times 0,0144} = 0,0002 \text{ m}$$

$$W_{v,s,inst} = \frac{1}{8} \times \frac{s_{s,k} \times L^2}{G \times A} = \frac{1}{8} \times \frac{0,469 \times 6,0^2}{690000 \times 0,0144} = 0,0002 \text{ m}$$

$$W_{v,w,inst} = \frac{1}{8} \times \frac{q_{w,k} \times L^2}{G \times A} = \frac{1}{8} \times \frac{0,156 \times 6,0^2}{690000 \times 0,0144} = 0,0001 \text{ m}$$

Freccia istantanea dal carico permanente:

$$W_{g,inst} = W_{m,g,inst} + W_{v,g,inst} = 0,0055 + 0,0003 = 0,0058 \text{ m}$$

Freccia istantanea da carico applicato:

$$W_{q,inst} = W_{m,q,inst} + W_{v,q,inst} = 0,0033 + 0,0002 = 0,0035 \text{ m}$$

Freccia istantanea da neve:

$$W_{s,inst} = W_{m,s,inst} + W_{v,s,inst} = 0,0038 + 0,0002 = 0,0040 \text{ m}$$

Freccia istantanea dal vento:

$$W_{w,inst} = W_{m,w,inst} + W_{v,w,inst} = 0,0013 + 0,0001 = 0,0014 \text{ m}$$

Freccia istantanea elastica (combinazione caratteristica):

$$W_{inst} = W_{g,inst} + W_{q,inst} + W_{s,inst} + W_{w,inst} = 0,0058 + 0,0035 + 0,0040 + 0,0014 = 0,0147 \text{ m}$$

2.4.2 Deformazione finale (combinazione quasi stazionaria)

$$W_{fin} = W_{g,inst} \times (1 + k_{def}) + W_{q,inst} \times (1 + \psi_{2,1} \times k_{def}) + W_{s,inst} \times (1 + \psi_{2,2} \times k_{def}) + W_{w,inst} \times (1 + \psi_{2,3} \times k_{def}) =$$

$$0,0058 \times (1 + 0,6) + 0,0035 \times (1 + 0 \times 0,6) + 0,0040 \times (1 + 0 \times 0,6) + 0,0014 \times (1 + 0 \times 0,6) = 0,0182 \text{ m}$$

2.4.3 Verifica dei valori consigliati

$$W_{inst} = 0,0147 \text{ m} > \frac{L}{300} = \frac{6}{300} = 20,0 \rightarrow \text{✓ SODDISFA}$$

$$W_{fin} = 0,0182 \text{ m} > \frac{L}{250} = \frac{6}{250} = 24,0 \rightarrow \text{✓ SODDISFA}$$

Conclusione: la trave con una luce di 6,0 m soddisfa le richieste del carico previsto.

www.novatop-system.it

Produttore: AGROP NOVA a.s.
Ptenský Dvůrek 99
798 43 Ptení
Repubblica Ceca
Tel.: +420 582 397 857
novatop@agrop.cz
novatop-system.it

Certificati dei prodotti:

