

**OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE - DREWNO**

Użytkownik: Biuro Inżynierskie SPECBUD

©2013 SPECBUD s.c. Gliwice

Autor: mg inż. Jan Kowalski

Tytuł: **Konstrukcje drewniane wg PN-EN**

**Belka**

**DANE:**

Geometria:

Belka dwuprzęsłowa

Rozpiętość przęsła  $l = 6,00$  m

Szerokość podpór  $b_p = 30,0$  cm

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość  $b = 18,0$  cm

Wysokość  $h = 45,0$  cm

Drewno:

Drewno klejone warstwowo jednorodne wg PN-EN 1194:2000, klasa wytrzymałości **GL32h**

Obciążenia belki:

Obciążenie stałe  $g_k = 4,32$  kN/m

- uwzględniono ciężar własny belki

Obciążenie zmienne  $q_k = 10,80$  kN/m;  $\Psi_2 = 0,30$

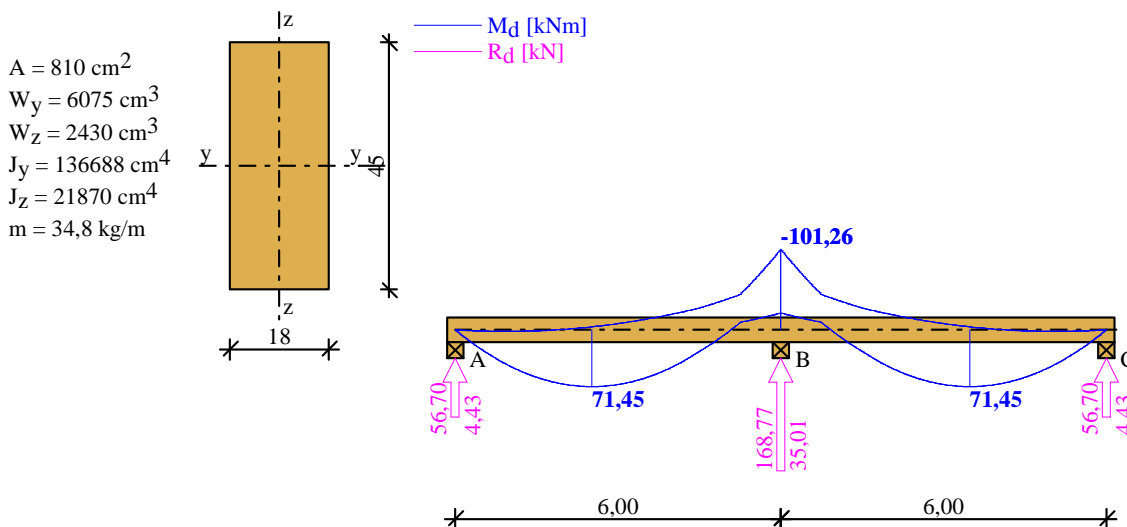
- klasa trwania obciążenia zmiennego: średiotrwała

- poziom przyłożenia obciążenia: na górnej powierzchni

**ZAŁOŻENIA:**

Klasa użytkowania konstrukcji: 1

**WYNIKI:**



Wytrzymałości obliczeniowe drewna:

$$f_{c,90,k} = 3,30 \text{ MPa}; f_{m,k} = 32,00 \text{ MPa}; f_{v,k} = 3,80 \text{ MPa}$$

$$\gamma_M = 1,25; k_{mod} = 0,80$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot f_{c,90,k} / \gamma_M = 2,11 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{h,y} \cdot (k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M) = 21,08 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 2,43 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 13,70 \text{ GPa}; E_{0,05} = 11,10 \text{ GPa}; G_{0,05} = 0,69 \text{ GPa}$$

Gęstość:

$$\rho_k = 430,0 \text{ kg/m}^3$$

Zginanie:

Warunek nośności:

przęsło:  $M_{max,d} = 71,45 \text{ kNm}; \sigma_{m,y,d} = 11,76 \text{ MPa}$

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,558 < 1$$

podpora:  $M_{max,d} = -101,26 \text{ kNm}; \sigma_{m,y,d} = 16,67 \text{ MPa}$

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,791 < 1$$

Warunek stateczności:

- zwichrzenie

współczynnik stateczności giętej (zwichrzenia)  $k_{crit} = 1,0$

$$\sigma_{m,y,d} = 11,76 \text{ MPa} < k_{crit} \cdot f_{m,y,d} = 21,08 \text{ MPa} \quad (55,8\%)$$

Ścinanie:

$$V_{max,d} = 84,38 \text{ kN}; S_y = 3600,00 \text{ cm}^3; k_{cr} = 0,67$$

$$\tau_d = V_{max,d} \cdot S_y / (J_y \cdot k_{cr} \cdot b) = 2,33 \text{ MPa} \text{ (wg wzoru Żurawskiego)}$$

$$\tau_d = 2,33 \text{ MPa} < f_{v,d} = 2,43 \text{ MPa} \quad (95,9\%)$$

Docisk na podporze:

$$R_{max,d} = R_{B,d} = 168,77 \text{ kN}; k_{c,90} = 1,00$$

$$\sigma_{c,90,d} = R_{max,d} / (b \cdot b_p) = 3,13 \text{ MPa} > k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 2,11 \text{ MPa} \quad (148,0\%)$$

← !!!

Ugięcie chwilowe:

$$w_{inst} = 9,49 \text{ mm} < w_{inst,lim} = l / 350 = 17,14 \text{ mm} \quad (55,4\%)$$

Ugięcie końcowe:

$$k_{def} = 0,60$$

$$w_{fin} = 12,01 \text{ mm} < w_{fin,lim} = l / 350 = 17,14 \text{ mm} \quad (70,0\%)$$

## Słup

### DANE:

#### Geometria:

Wysokość słupa  $l_{col} = 3,00$  m

Współczynniki długości wybocheniowej:

- względem osi y  $\mu_y = 1,00$

- względem osi z  $\mu_z = 0,50$

Wymiary przekroju: przekrój okrągły

Średnica  $d = 15,0$  cm

#### Drewno:

Drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2011, klasa wytrzymałości **C18**

#### Obciążenia:

Siła ściskająca  $N_c = 22,70$  kN

Moment zginający  $M_y = 1,23$  kNm

Moment zginający  $M_z = 0,00$  kNm

Klasa trwania obciążenia: średiotrwale

### ZAŁOŻENIA:

Klasa użytkowania konstrukcji: 3

Uwzględniono wpływ warunków okresowego występowania temperatur wyższych niż  $60^{\circ}\text{C}$  i nie przekraczających  $75^{\circ}\text{C}$   $\rightarrow k_{temp} = 0,8$

### WYNIKI:

$$A = 177 \text{ cm}^2$$

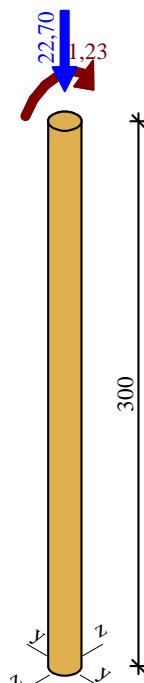
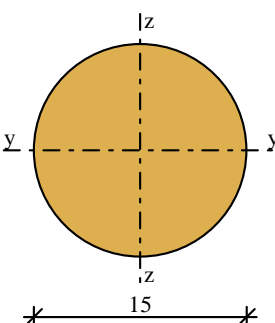
$$W_y = 331 \text{ cm}^3$$

$$W_z = 331 \text{ cm}^3$$

$$J_y = 2485 \text{ cm}^4$$

$$J_z = 2485 \text{ cm}^4$$

$$m = 5,65 \text{ kg/m}$$



#### Wytrzymałości obliczeniowe drewna:

$$f_{c,0,k} = 18,00 \text{ MPa}; f_{m,k} = 18,00 \text{ MPa}$$

$$\gamma_M = 1,3; k_{mod} = 0,65; k_{temp} = 0,8$$

$$f_{c,0,d} = k_{temp} \cdot (k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M) = 7,20 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{temp} \cdot (k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M) = 7,20 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 6,00 \text{ GPa}; G_{0,05} = 0,38 \text{ GPa}$$

Zginanie ze ściskaniem osiowym:

$$N_{c,d} = 22,70 \text{ kN}, \quad \sigma_{c,0,d} = 1,28 \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} = 1,23 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 3,71 \text{ MPa}$$

Warunek nośności przekroju:

$$k_m = 1,0$$

$$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,032 + 0,516 = 0,547 < 1$$

$$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + k_m \cdot \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,032 + 0,516 = 0,547 < 1$$

Warunek smukłości elementu:

$$\lambda_y = 80,00 < \lambda_{gr} = 150 \quad (53,3\%)$$

$$\lambda_z = 40,00 < \lambda_{gr} = 150 \quad (26,7\%)$$

Warunek stateczności elementu:

- wyboczenie

$$k_{c,y} = 0,429; \quad k_{c,z} = 0,878$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,416 + 0,516 = 0,931 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + k_m \cdot \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,203 + 0,516 = 0,719 < 1$$

- zwichrzenie

przekrój nie ulega zwichrzeniu

## Element ściskany i zginany

### DANE:

<u>Wymiary przekroju:</u>	przekrój prostokątny
Szerokość	$b = 12,0 \text{ cm}$
Wysokość	$h = 20,0 \text{ cm}$

### Drewno:

Drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2011, klasa wytrzymałości **C24**

### Obciążenia:

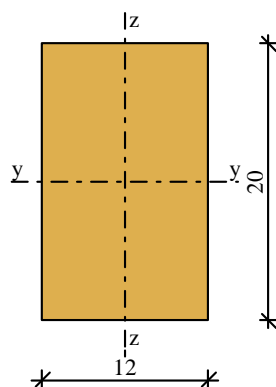
Siła ściskająca obliczeniowa	$N_{c,d} = 30,50 \text{ kN}$
Moment zginający obliczeniowy	$M_{y,d} = 5,12 \text{ kNm}$
Moment zginający obliczeniowy	$M_{z,d} = 2,04 \text{ kNm}$
Klasa trwania obciążenia:	długotrwałe
Zwicherungowa długość efektywna	$l_{ef} = 2,40 \text{ m}$
Długość wyboczeniowa	$l_{ey} = 4,80 \text{ m}$
Długość wyboczeniowa	$l_{ez} = 2,40 \text{ m}$

### ZAŁOŻENIA:

Klasa użytkowania konstrukcji: 2

### WYNIKI:

$A = 240 \text{ cm}^2$   
 $W_y = 800 \text{ cm}^3$   
 $W_z = 480 \text{ cm}^3$   
 $J_y = 8000 \text{ cm}^4$   
 $J_z = 2880 \text{ cm}^4$   
 $m = 8,40 \text{ kg/m}$



### Wytrzymałości obliczeniowe drewna:

$f_{c,0,k} = 21,00 \text{ MPa}$ ;  $f_{m,k} = 24,00 \text{ MPa}$   
 $\gamma_M = 1,3$ ;  $k_{mod} = 0,70$ ;  $k_{h,z} = 1,05$   
 $f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 11,31 \text{ MPa}$   
 $f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 12,92 \text{ MPa}$   
 $f_{m,z,d} = k_{h,z} \cdot (k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M) = 13,51 \text{ MPa}$   
 $E_{0,05} = 7,40 \text{ GPa}$ ;  $G_{0,05} = 0,46 \text{ GPa}$

### Zginanie ze ściskaniem osiowym:

$N_{c,d} = 30,50 \text{ kN}$ ,  $\sigma_{c,0,d} = 1,27 \text{ MPa}$   
 $M_{y,d} = 5,12 \text{ kNm}$ ,  $\sigma_{m,y,d} = 6,40 \text{ MPa}$   
 $M_{z,d} = 2,04 \text{ kNm}$ ,  $\sigma_{m,z,d} = 4,25 \text{ MPa}$

Warunek nośności przekroju:

$$k_m = 0,7$$

$$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,013 + 0,495 + 0,220 = 0,728 < 1$$

$$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + k_m \cdot \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,013 + 0,347 + 0,315 = 0,674 < 1$$

Warunek smukłości elementu:

$$\lambda_y = 83,14 < \lambda_{gr} = 150 \quad (55,4\%)$$

$$\lambda_z = 69,28 < \lambda_{gr} = 150 \quad (46,2\%)$$

Warunek stateczności elementu:

- wyboczenie

$$k_{c,y} = 0,422; \quad k_{c,z} = 0,562$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,266 + 0,495 + 0,220 = 0,982 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + k_m \cdot \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,200 + 0,347 + 0,315 = 0,861 < 1$$

- zwichrzenie

współczynnik stateczności giętej (zwichrzenia)  $k_{crit,y} = 1,0$

$$(\sigma_{m,y,d}/(k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d}))^2 + \sigma_{c,0,d}/(k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) = 0,245 + 0,200 = 0,445 < 1$$

## Ścinanie na podporze belki

### DANE:

#### Wymiary przekroju:

Szerokość

przekrój prostokątny

$b = 10,0 \text{ cm}$

Wysokość

$h = 16,0 \text{ cm}$

#### Drewno:

Drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2011, klasa wytrzymałości **C20**

#### Obciążenia:

Siła ścinająca obliczeniowa

$V_d = 5,67 \text{ kN}$

Klasa trwania obciążenia:

stałe

Belka oparta na podporze skrajnej:

- podcięcie od strony podpory

- efektywna wysokość przekroju

$h_e = 10,0 \text{ cm}$

- odległość od punktu przyłożenia reakcji do początku skosu  $x = 8,0 \text{ cm}$

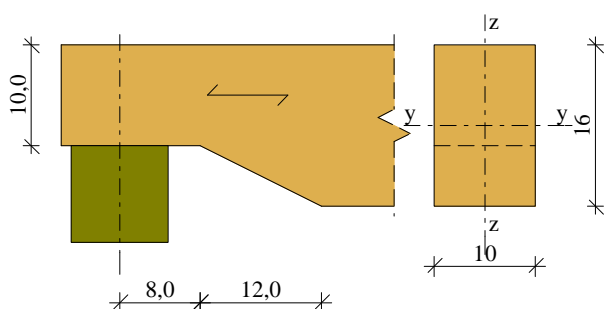
- długość skosu

$a = 12,0 \text{ cm}$

### ZAŁOŻENIA:

Klasa użytkowania konstrukcji: 2

### WYNIKI:



#### Wytrzymałości obliczeniowe drewna:

$f_{v,k} = 3,60 \text{ MPa}$

$\gamma_M = 1,3$ ;  $k_{mod} = 0,60$

$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 1,66 \text{ MPa}$

#### Ścinanie:

$V_d = 5,67 \text{ kN}$

$S_y = 125,00 \text{ cm}^3$ ;  $J_y = 833,33 \text{ cm}^4$ ;  $b_y = 10,00 \text{ cm}$

$\tau_d = V_d \cdot S_y / (J_y \cdot b_y) = 0,85 \text{ MPa}$  (wg wzoru Żurawskiego)

$k_v = 0,53$

$\tau_d = 0,85 \text{ MPa} < k_v \cdot f_{v,d} = 0,89 \text{ MPa}$  (96,0%)

## Złącze 1

### DANE:

#### Schemat obciążenia łącznika:

Łącznik obciążony poprzecznie w złączu drewno-drewno  
Złącze jednocięte

#### Element drewniany "1":

Drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2011, klasa wytrzymałości **C24**

→  $f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}$ ,  $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$ ,  $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$ ,  $f_{v,k} = 4 \text{ MPa}$ ,  $E_{0,mean} = 11 \text{ GPa}$ ,  $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$

Drewno wrażliwe na pękanie: nie

Grubość elementu drewnianego  $t_1 = 4,0 \text{ cm}$

Kąt nachylenia siły w stosunku do włókien elementu  $\alpha_1 = 0,0^\circ$

#### Element drewniany "2":

Drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2011, klasa wytrzymałości **C24**

→  $f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}$ ,  $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$ ,  $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$ ,  $f_{v,k} = 4 \text{ MPa}$ ,  $E_{0,mean} = 11 \text{ GPa}$ ,  $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$

Drewno wrażliwe na pękanie: nie

Grubość elementu drewnianego  $t_2 = 6,0 \text{ cm}$

Kąt nachylenia siły w stosunku do włókien elementu  $\alpha_2 = 30,0^\circ$

#### Charakterystyka łącznika:

Gwóźdź pierściový lub śrubowy (bez nawierconego otworu) 4,0x80 mm

Średnica główki  $d_h = 5,5 \text{ mm}$

Długość części profilowanej  $l_g = 70,0 \text{ mm}$

Moment charakterystyczny uplastycznienia gwoźdźa  $M_{y,Rk} = 6050 \text{ Nmm}$

Wytrzymałość charakterystyczna na wyciąganie w poprzek włókien  $f_{ax,k} = 8,68 \text{ N/mm}^2$

Wytrzymałość charakterystyczna na przeciąganie główki gwoźdźa  $f_{head,k} = 15,80 \text{ N/mm}^2$

Liczba łączników rozmieszczonych w szeregu wzdłuż włókien = 4

Rozstaw łączników wzdłuż włókien dla elementu 1  $a_1 = 45 \text{ mm}$

Rozstaw łączników wzdłuż włókien dla elementu 2  $a_1 = 45 \text{ mm}$

#### Obciążenie:

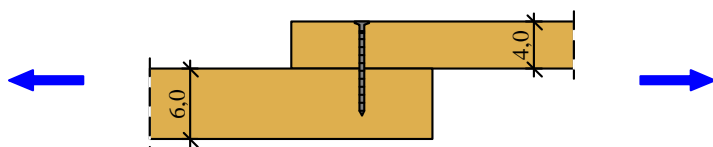
Klasa trwania obciążenia: średiotrwała

### ZAŁOŻENIA:

Klasa użytkowania konstrukcji: 2

Uwzględniono efekt linii w obliczaniu nośności poprzecznej łączników

### WYNIKI:



#### Obliczeniowa nośność łącznika w jednej płaszczyźnie ścinania:

$$F_{v,Rk} = 1,22 \text{ kN}$$

$$\gamma_M = 1,3; \quad k_{mod} = 0,80$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot F_{v,Rk} / \gamma_M = 0,75 \text{ kN}$$

#### Obliczeniowa nośność efektywna 4 łączników rozmieszczonych w szeregu wzdłuż włókien:

$$n_{ef} = 3,47$$

$$F_{v,ef,Rd} = n_{ef} \cdot F_{v,Rd} = 2,60 \text{ kN}$$



## Złącze 2

### DANE:

#### Schemat obciążenia łącznika:

Łącznik obciążony poprzecznie w złączu stal-drewno  
Złącze z dwiema zewnętrznymi płytkami stalowymi

#### Element drewniany "1":

Drewno klejone warstwowo jednorodne wg PN-EN 1194:2000, klasa wytrzymałości **GL24h**

→  $f_{t,0,k} = 16,5 \text{ MPa}$ ,  $f_{c,0,k} = 24 \text{ MPa}$ ,  $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$ ,  $f_{v,k} = 2,7 \text{ MPa}$ ,  $E_{0,\text{mean}} = 11,6 \text{ GPa}$ ,  $\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$

Grubość elementu drewnianego

$t_1 = 15,0 \text{ cm}$

Kąt nachylenia siły w stosunku do włókien elementu

$\alpha_1 = 25,0^\circ$

#### Płyta stalowa:

Grubość płyty stalowej

$t_s = 12,0 \text{ mm}$

#### Charakterystyka łącznika:

Śruba M20 kl.4.6

Liczba łączników rozmieszczonych w szeregu wzdłuż włókien = 3

Rozstaw łączników wzdłuż włókien dla elementu 1

$a_1 = 100 \text{ mm}$

#### Obciążenie:

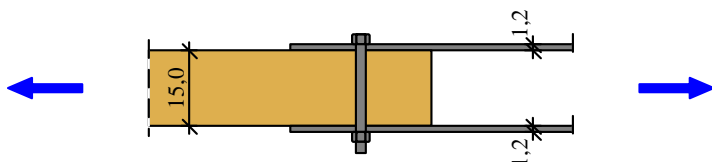
Klasa trwania obciążenia:

długotrwałe

### ZAŁOŻENIA:

Klasa użytkowania konstrukcji: 1

### WYNIKI:



#### Obliczeniowa nośność łącznika w jednej płaszczyźnie ścinania:

$$F_{v,Rk} = 21,50 \text{ kN}$$

$$\gamma_M = 1,3; \quad k_{\text{mod}} = 0,70$$

$$F_{v,Rd} = k_{\text{mod}} \cdot F_{v,Rk} / \gamma_M = 11,58 \text{ kN}$$

#### Obliczeniowa nośność efektywna 3 łączników rozmieszczonych w szeregu wzdłuż włókien:

$$n_{\text{ef}} = 2,36$$

$$F_{v,\text{ef},Rd} = n_{\text{ef}} \cdot F_{v,Rd} = 27,35 \text{ kN}$$

#### Uwaga:

- 1) Dla grupy łączników w połączeniu stal-drewno należy sprawdzić warunek ścinania blokowego wg Załącznika A normy PN-EN 1995-1-1.
- 2) Należy także sprawdzić nośność płyty stalowej.

### Złącze 3

#### DANE:

##### Schemat obciążenia łącznika:

Łącznik obciążony osiowo w złączu drewno-drewno

##### Element drewniany "1":

Drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2011, klasa wytrzymałości **C18**

→  $f_{t,0,k} = 11 \text{ MPa}$ ,  $f_{c,0,k} = 18 \text{ MPa}$ ,  $f_{m,k} = 18 \text{ MPa}$ ,  $f_{v,k} = 3,4 \text{ MPa}$ ,  $E_{0,mean} = 9 \text{ GPa}$ ,  $\rho_k = 320 \text{ kg/m}^3$

Drewno wrażliwe na pękanie: tak

Drewno o wilgotności równej lub bliskiej punktowi nasycenia włókien, które może ulec wysuszeniu pod obciążeniem

Grubość elementu drewnianego  $t_1 = 8,0 \text{ cm}$

##### Element drewniany "2":

Drewno lite liściaste wg PN-EN 338:2011, klasa wytrzymałości **D18**

→  $f_{t,0,k} = 11 \text{ MPa}$ ,  $f_{c,0,k} = 18 \text{ MPa}$ ,  $f_{m,k} = 18 \text{ MPa}$ ,  $f_{v,k} = 3,4 \text{ MPa}$ ,  $E_{0,mean} = 9,5 \text{ GPa}$ ,  $\rho_k = 475 \text{ kg/m}^3$

Drewno wrażliwe na pękanie: nie

Drewno o wilgotności równej lub bliskiej punktowi nasycenia włókien, które może ulec wysuszeniu pod obciążeniem

Grubość elementu drewnianego  $t_2 = 2,0 \text{ cm}$

##### Charakterystyka łącznika:

Wkręt stalowy z łbem stożkowym 6,0x70 mm

Średnica główki  $d_h = 9,0 \text{ mm}$

Średnica wewnętrzna gwintu  $d_1 = 5,2 \text{ mm}$

Długość części gwintowanej  $l_g = 40,0 \text{ mm}$

Wkręt osadzony w wstępnie nawierconym otworze

Moment charakterystyczny uplastycznienia wkręta  $M_{y,Rk} = 0 \text{ Nmm}$

Wytrzymałość charakterystyczna na wyciąganie w poprzek włókien  $f_{ax,k} = 8,48 \text{ N/mm}^2$

Wytrzymałość charakterystyczna na przeciąganie główki wkręta  $f_{head,k} = 18,32 \text{ N/mm}^2$

Wytrzymałość charakterystyczna na rozciąganie wkręta  $f_{tens,k} = 15,05 \text{ kN}$

Gęstość drewna związana z wytrzymałością na wyciąganie  $f_{ax,k}$   $\rho_a = 420 \text{ kg/m}^3$

Liczba wkrętów w połączeniu = 2

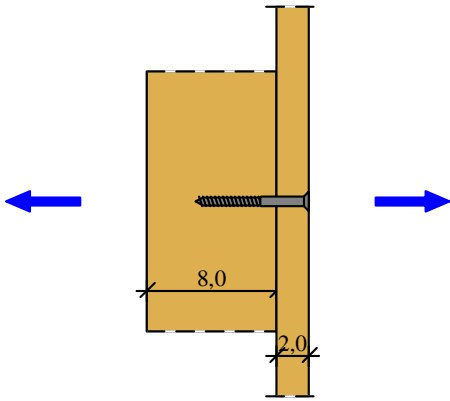
##### Obciążenie:

Klasa trwania obciążenia: krótkotrwałe

#### ZAŁOŻENIA:

Klasa użytkowania konstrukcji: 3

#### WYNIKI:



Nośność obliczeniowa łącznika na wyciąganie

$$F_{ax,Rk} = 1,02 \text{ kN}$$

$$\gamma_M = 1,3; k_{mod} = 0,70$$

$$F_{ax,Rd} = 0,55 \text{ kN}$$

----- koniec wydruku -----