

## Zginanie ze ściskaniem osiowym

### DANE:

#### Przekrój:

Typ przekroju: prostokątny  
Szerokość  $b = 120$  mm  
Wysokość  $h = 200$  mm

#### Materiał:

Drewno lite iglaste **C24** wg PN-EN 338:2016-06

#### Obciążenia:

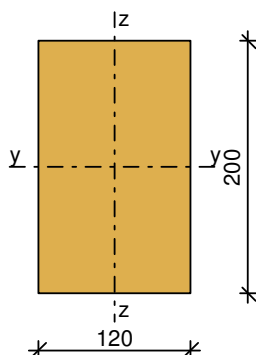
Siła ściskająca obliczeniowa  $N_{c,d} = 30,50$  kN  
Moment zginający obliczeniowy  $M_{y,d} = 5,12$  kNm  
Moment zginający obliczeniowy  $M_{z,d} = 2,04$  kNm  
Klasa trwania obciążenia: długotrwała  
Długość wyboczeniowa  $l_{ey} = 4,80$  m  
Długość wyboczeniowa  $l_{ez} = 2,40$  m  
Smukłość graniczna  $\lambda_{lim} = 150$   
Zwichrzeniowa długość efektywna  $l_{ef} = 2,40$  m

### ZAŁOŻENIA:

Załącznik krajowy: PN-EN (Polska)  
Sytuacja obliczeniowa: trwała  
Klasa użytkowania konstrukcji: 2

### WYNIKI wg PN-EN 1995-1-1:

$A = 240$  cm<sup>2</sup>  
 $W_y = 800$  cm<sup>3</sup>  
 $W_z = 480$  cm<sup>3</sup>  
 $J_y = 8000$  cm<sup>4</sup>  
 $J_z = 2880$  cm<sup>4</sup>  
 $m = 8,40$  kg/m



#### Wytrzymałości obliczeniowe drewna:

$f_{c,0,k} = 21,00$  MPa;  $f_{m,k} = 24,00$  MPa  
 $\gamma_M = 1,3$ ;  $k_{mod} = 0,70$ ;  $k_{h,z} = 1,046$   
 $f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 11,31$  MPa  
 $f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 12,92$  MPa  
 $f_{m,z,d} = k_{h,z} \cdot (k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M) = 13,51$  MPa  
 $E_{0,05} = 7,40$  GPa;  $G_{0,05} = 0,46$  GPa

#### Zginanie ze ściskaniem osiowym:

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

$\lambda_y = 83,14 < \lambda_{lim} = 150$  (55,4%)  
 $\lambda_z = 69,28 < \lambda_{lim} = 150$  (46,2%)

Warunek stateczności elementu:

- wyboczenie

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

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

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

- zwirzenie

$$k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/(k_{crit} \cdot f_{m,y,d}) + (\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d})^2 = 0,266 + 0,495 + 0,099 = 0,861 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + (\sigma_{m,y,d}/(k_{crit} \cdot f_{m,y,d}))^2 + \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,200 + 0,245 + 0,315 = 0,760 < 1$$

**Ściskanie w poprzek włókien****DANE:**Przekrój:

Typ przekroju: prostokątny  
 Szerokość  $b = 150$  mm  
 Wysokość  $h = 250$  mm

Materiał:

Drewno lite iglaste **C20** wg PN-EN 338:2016-06

Obciążenia:

Siła ściskająca obliczeniowa w poprzek włókien  $F_{c,90,d} = 38,50$  kN  
 Klasa trwania obciążenia: długotrwałe

Podparcie:

Odległość od krawędzi elementu  $a = 150$  mm  
 Rozstaw obciążonych odcinków  $l_1 = 600$  mm  
 Długość kontaktu  $l = 150$  mm  
 Szerokość kontaktu  $120$  mm

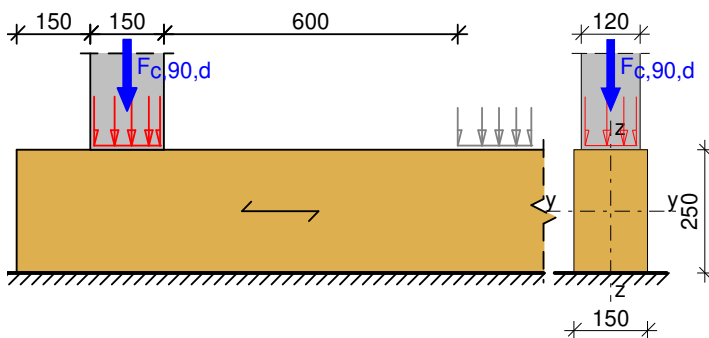
**ZAŁOŻENIA:**

Załącznik krajowy: PN-EN (Polska)

Sytuacja obliczeniowa: trwała

Klasa użytkowania konstrukcji: 2

Uwzględniono wpływ rozwiązania konstrukcyjnego umożliwiającego redystrybucję obciążeń  $\rightarrow k_{sys} = 1,10$

**WYNIKI wg PN-EN 1995-1-1:**Wytrzymałości obliczeniowe drewna:

$$f_{c,90,k} = 2,30 \text{ MPa}$$

$$\gamma_M = 1,3; k_{mod} = 0,70; k_{sys} = 1,10$$

$$f_{c,90,d} = k_{sys} \cdot (k_{mod} \cdot f_{c,90,k} / \gamma_M) = 1,36 \text{ MPa}$$

Ściskanie w poprzek włókien:

$$l_{ef} = 30 \text{ mm} + l + 30 \text{ mm} = 210 \text{ mm}; \quad A_{ef} = l_{ef} \cdot 120 \text{ mm} = 252,00 \text{ cm}^2$$

$$k_{c,90} = 1,25$$

$$\sigma_{c,90,d} = F_{c,90,d} / A_{ef} = 1,53 \text{ MPa} < k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 1,70 \text{ MPa} \quad (89,7\%)$$

**Ścinanie dwukierunkowe****DANE:**Przekrój:

Typ przekroju: okrągły ścięty dwustronnie  
 Średnica  $d = 300$  mm  
 Wysokość ścięcia  $c = 20$  mm

Materiał:

Drewno lite liściaste **D18** wg PN-EN 338:2016-06

Obciążenia:

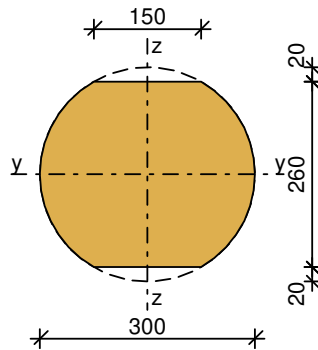
Siła ścinająca obliczeniowa  $V_{z,d} = 15,00$  kN  
 Siła ścinająca obliczeniowa  $V_{y,d} = 85,00$  kN  
 Klasa trwania obciążenia: krótkotrwałe

**ZAŁOŻENIA:**

Załącznik krajowy: PN-EN (Polska)  
 Sytuacja obliczeniowa: trwała  
 Klasa użytkowania konstrukcji: 2  
 Nie uwzględniono wpływu możliwych pęknięć na nośność na ścinanie elementu zginanego

**WYNIKI wg PN-EN 1995-1-1:**

$A = 666$  cm<sup>2</sup>  
 $W_y = 2468$  cm<sup>3</sup>  
 $W_z = 2615$  cm<sup>3</sup>  
 $J_y = 32088$  cm<sup>4</sup>  
 $J_z = 39226$  cm<sup>4</sup>  
 $m = 31,7$  kg/m

Wytrzymałości obliczeniowe drewna:

$f_{v,k} = 3,50$  MPa  
 $\gamma_M = 1,3$ ;  $k_{mod} = 0,90$   
 $f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 2,42$  MPa

Ścinanie:

$k_{cr} = 1,0$   
 $V_{z,d} = 15,00$  kN  
 $S_y = 1969,47$  cm<sup>3</sup>;  $J_y = 32087,91$  cm<sup>4</sup>;  $b_y = 299,98$  mm  
 $\tau_{z,d} = V_{z,d} \cdot S_y / [J_y \cdot (k_{cr} \cdot b_y)] = 0,31$  MPa  
 $V_{y,d} = 85,00$  kN  
 $S_z = 2187,47$  cm<sup>3</sup>;  $J_z = 39225,67$  cm<sup>4</sup>;  $b_z = 260,00$  mm  
 $\tau_{y,d} = V_{y,d} \cdot S_z / [J_z \cdot (k_{cr} \cdot b_z)] = 1,82$  MPa

Warunek nośności:

$$(\tau_{z,d} / f_{v,d})^2 + (\tau_{y,d} / f_{v,d})^2 = 0,016 + 0,566 = 0,582 < 1$$

**Ścinanie na podporze podciętej belki****DANE:**Geometria:

Belka oparta na podporze skrajnej:

- podcięcie od strony podpory
- efektywna wysokość przekroju  $h_e = 100$  mm
- odległość od punktu przyłożenia reakcji do początku skosu  $x = 60$  mm
- długość skosu  $a = 120$  mm

Przekrój:

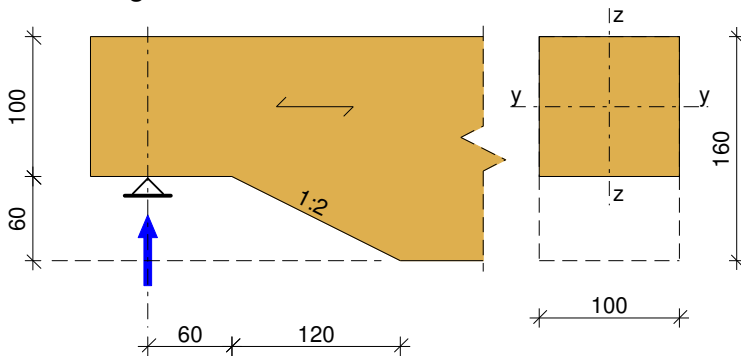
Typ przekroju: prostokątny  
 Szerokość  $b = 100$  mm  
 Wysokość  $h = 160$  mm

Materiał:Drewno lite iglaste **C20** wg PN-EN 338:2016-06Obciążenia:

Siła ścinająca obliczeniowa  $V_{z,d} = 4,17$  kN  
 Klasa trwania obciążenia: stała

**ZAŁOŻENIA:**

Załącznik krajowy: PN-EN (Polska)  
 Sytuacja obliczeniowa: trwała  
 Klasa użytkowania konstrukcji: 2

**WYNIKI wg PN-EN 1995-1-1:**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:

$$k_{cr} = 0,67$$

$$V_{z,d} = 4,17 \text{ kN}$$

$$S_y = 125,00 \text{ cm}^3; J_y = 833,33 \text{ cm}^4; b_y = 100,00 \text{ mm}$$

$$\tau_{z,d} = V_{z,d} \cdot S_y / [J_y \cdot (k_{cr} \cdot b_y)] = 0,93 \text{ MPa}$$

$$k_v = 0,605$$

## Warunek nośności:

$$\tau_{z,d} = 0,93 \text{ MPa} < k_v \cdot f_{v,d} = 1,01 \text{ MPa} \quad (92,9\%)$$

**Belka dwuprzęsłowa – SGN / SGU****DANE:**Geometria:

Belka dwuprzęsłowa  
 Rozpiętość przęsła  $l = 6,00 \text{ m}$   
 Szerokość podpór  $b_p = 350 \text{ mm}$

Przekrój:

Typ przekroju: prostokątny  
 Szerokość  $b = 200 \text{ mm}$   
 Wysokość  $h = 450 \text{ mm}$

Materiał:

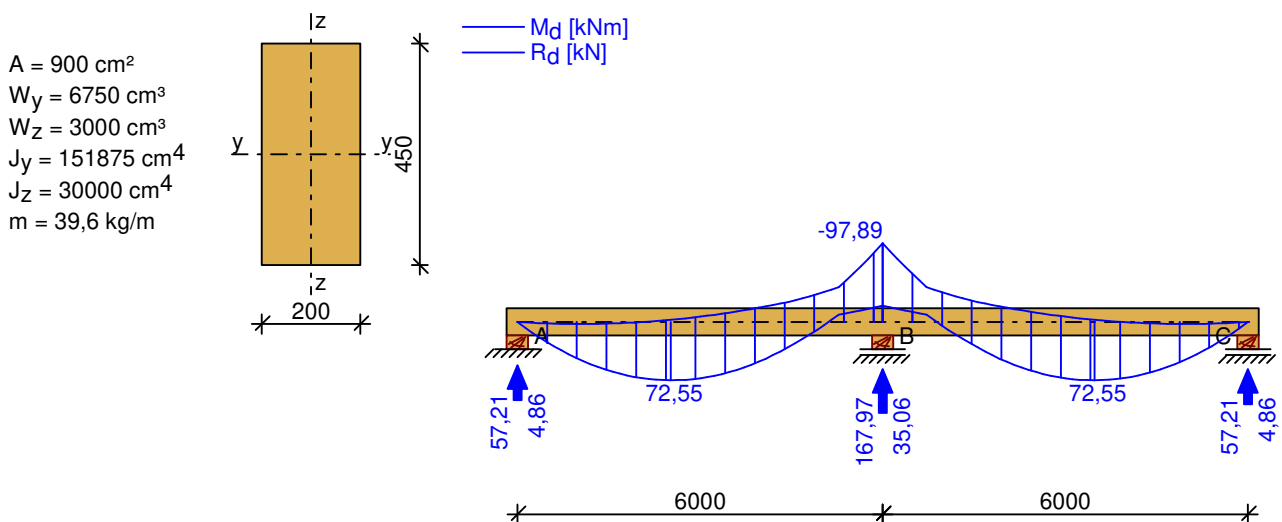
Drewno klejone warstwowo jednorodne **GL32h** wg PN-EN 14080:2013-07

Obciążenia:

Szerokość pasma obciążenia  $a = 1,00 \text{ m}$   
 Obciążenie stałe  $g_k = 4,32 \text{ kN/m}^2$   
 Uwzględniono ciężar własny  
 Obciążenie zmienne  $q_k = 10,80 \text{ kN/m}^2$ ;  $\psi_2 = 0,30$   
 Klasa trwania obciążenia zmiennego: średiotrwale  
 Poziom przyłożenia obciążenia: na górnej powierzchni

**ZAŁOŻENIA:**

Załącznik krajowy: PN-EN (Polska)  
 Sytuacja obliczeniowa: trwała  
 Klasa użytkowania konstrukcji: 1  
 Kombinacje SGN STR utworzono wg tablica A.1.2(B), wzór 6.10 normy EN 1990  
 Uwzględniono wpływ sił poprzecznych na przemieszczenia

**WYNIKI wg PN-EN 1995-1-1:**Właściwości materiałowe drewna:

$f_{c,90,k} = 2,50 \text{ MPa}$ ;  $f_{m,k} = 32,00 \text{ MPa}$ ;  $f_{v,k} = 3,50 \text{ MPa}$   
 $\gamma_M = 1,25$ ;  $k_{h,y} = 1,029$   
 $E_{0,mean} = 14,20 \text{ GPa}$ ;  $E_{0,05} = 11,80 \text{ GPa}$ ;  $G_{0,05} = 0,54 \text{ GPa}$   
 $\rho_k = 440,0 \text{ kg/m}^3$

Zginanie:

Decyduje kombinacja: **K3**: 1,35·stała+(1,5·zmiennie A-B+1,5·zmiennie B-C)  
 $k_{mod} = 0,80$ ;  $f_{m,y,d} = k_{h,y} \cdot (k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M) = 21,08 \text{ MPa}$   
 $M_d = -97,89 \text{ kNm}$ ;  $\sigma_{m,y,d} = 14,50 \text{ MPa}$   
 $\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,688 < 1$

Warunek stateczności - zwichrzenie:

$M_d = -97,89 \text{ kNm}$ ,  $\sigma_{m,y,d} = 14,50 \text{ MPa}$   
 $l_{ef} = 5,40 \text{ m}$ ,  $k_{crit} = 1,000$   
 $\sigma_{m,y,d} = 14,50 \text{ MPa} < k_{crit} \cdot f_{m,y,d} = 21,08 \text{ MPa}$  (68,8%)

Ścinanie:

Decyduje kombinacja: **K3**: 1,35·stałe+(1,5·zmiennie A-B+1,5·zmiennie B-C)

$$k_{\text{mod}} = 0,80; \quad f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 2,24 \text{ MPa}$$

$$V_{z,d} = -83,99 \text{ kN}; \quad S_y = 5062,50 \text{ cm}^3; \quad k_{cr} = 0,67$$

$$\tau_{z,d} = V_{z,d} \cdot S_y / (J_y \cdot k_{cr} \cdot b) = 2,09 \text{ MPa}$$

$$\tau_{z,d} = 2,09 \text{ MPa} < f_{v,d} = 2,24 \text{ MPa} \quad (93,3\%)$$

Docisk na podporze:

Decyduje kombinacja: **K3**: 1,35·stałe+(1,5·zmiennie A-B+1,5·zmiennie B-C)

$$k_{\text{mod}} = 0,80; \quad f_{c,90,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{c,90,k} / \gamma_M = 1,60 \text{ MPa}$$

$$R_d = R_{B,d} = 167,97 \text{ kN}; \quad k_{c,90} = 1,00$$

$$\sigma_{c,90,d} = R_d / (b \cdot b_p) = 2,40 \text{ MPa} > k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 1,60 \text{ MPa} \quad (150,0\%) \quad (!!!)$$

Ugięcie chwilowe:

Decyduje kombinacja: **K10**: stałe+zmiennie A-B

$$w_{\text{inst}} = 9,04 \text{ mm} < w_{\text{inst,lim}} = 6000 / 350 = 17,1 \text{ mm} \quad (52,7\%)$$

Ugięcie końcowe:

Decyduje kombinacja: **K14**: 1,6·stałe+1,18·zmiennie A-B

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

$$w_{\text{fin}} = 11,52 \text{ mm} < w_{\text{fin,lim}} = 6000 / 350 = 17,1 \text{ mm} \quad (67,2\%)$$

**Słup****DANE:**Geometria:

Wysokość słupa	$l_{col} = 3,00 \text{ m}$
Współczynniki długości wybocheniowej:	
- względem osi y	$\mu_y = 1,00$
- względem osi z	$\mu_z = 1,00$
Smukłość graniczna	$\lambda_{lim} = 150$

Przekrój:

Typ przekroju:	okrągły
Średnica	$d = 150 \text{ mm}$

Materiał:

Drewno lite iglaste **C18** wg PN-EN 338:2016-06

Obciążenia:

Siła ściskająca obliczeniowa	$N_{c,d} = 22,70 \text{ kN}$
Moment zginający obliczeniowy	$M_{y,d} = 1,23 \text{ kNm}$
Moment zginający obliczeniowy	$M_{z,d} = 0,00 \text{ kNm}$
Klasa trwania obciążenia:	średniotrwałe
Poziom przyłożenia obciążenia:	w osi środkowej

**ZAŁOŻENIA:**

Załącznik krajowy: PN-EN (Polska)

Klasa użytkowania konstrukcji: 3

Uwzględniono wpływ warunków okresowego występowania temperatur wyższych niż 60°C i nie przekraczających 75°C →  $k_{temp} = 0,8$

**WYNIKI wg PN-EN 1995-1-1:**

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

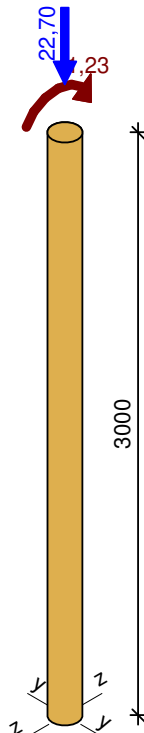
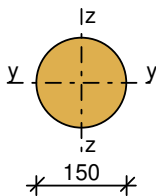
$$W_y = 331 \text{ cm}^3$$

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

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

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

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

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:

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

Warunek smukłości elementu:

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

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

Warunek stateczności elementu:

- wyboczenie

$$k_{c,y} = 0,429; \quad k_{c,z} = 0,429; \quad k_m = 1,0$$

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

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

- zwirzenie

element o przekroju kwadratowym/okrągłym nie ulega zwirzeniu

**Szereg łączników trzpieniowych obciążonych poprzecznie w złączu drewno-drewno****DANE:**Charakterystyka złącza:

Łącznik obciążony poprzecznie w złączu jednociętym drewno-drewno

Element drewniany "1":Drewno lite iglaste **C24** wg PN-EN 338:2016-06→  $f_{t,0,k} = 14,5 \text{ MPa}$ ,  $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$ ,  $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$ ,  $f_{v,k} = 4 \text{ MPa}$ ,  $E_{0,mean} = 11 \text{ GPa}$ ,  $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$ 

Drewno wrażliwe na pękanie: nie

Grubość elementu drewnianego  $t_1 = 40 \text{ mm}$ Kąt nachylenia siły w stosunku do włókien elementu  $\alpha_1 = 0,0^\circ$ Element drewniany "2":Drewno lite iglaste **C24** wg PN-EN 338:2016-06→  $f_{t,0,k} = 14,5 \text{ MPa}$ ,  $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$ ,  $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$ ,  $f_{v,k} = 4 \text{ MPa}$ ,  $E_{0,mean} = 11 \text{ GPa}$ ,  $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$ 

Drewno wrażliwe na pękanie: nie

Grubość elementu drewnianego  $t_2 = 60 \text{ mm}$ Kąt nachylenia siły w stosunku do włókien elementu  $\alpha_2 = 30,0^\circ$ Łącznik:

Gwóźdź pierścieniowy 4,0x90 mm

Średnica główki  $d_h = 7,5 \text{ mm}$ Długość części profilowanej  $l_g = 70,0 \text{ mm}$ 

Moment charakterystyczny uplastycznienia

Wytrzymałość charakterystyczna na wyciąganie w poprzek włókien

Wytrzymałość charakterystyczna na przeciąganie główki łącznika

Gwóźdź osadzony w wstępnie nawierconym otworze

Liczba łączników rozmieszczonych w szeregu wzdłuż włókien  $n = 4$ Rozstaw łączników wzdłuż włókien dla elementu "1"  $a_{1,1} = 45 \text{ mm}$ Rozstaw łączników wzdłuż włókien dla elementu "2"  $a_{1,2} = 45 \text{ mm}$  $M_{y,Rk} = 6050 \text{ Nmm}$  $f_{ax,k} = 8,68 \text{ N/mm}^2$  $f_{head,k} = 15,80 \text{ N/mm}^2$ Obciążenia:Siła obliczeniowa przypadająca na szereg łączników  $F_{v,Ed} = 3,20 \text{ kN}$ 

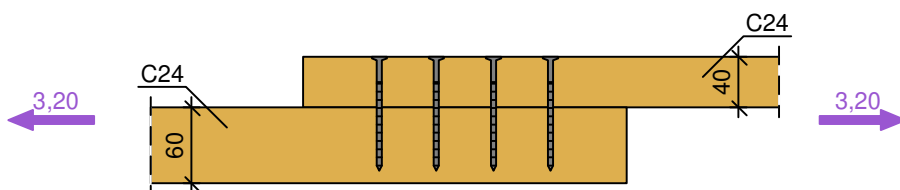
Klasa trwania obciążenia: średiotrwale

**ZAŁOŻENIA:**

Załącznik krajowy: PN-EN (Polska)

Klasa użytkowania konstrukcji: 2

Uwzględniono efekt liny w obliczaniu nośności poprzecznej łączników

**WYNIKI wg PN-EN 1995-1-1:**Nośność obliczeniowa łącznika w odniesieniu do jednej płaszczyzny ścinania: $F_{v,Rk} = 1,55 \text{ kN}$  $\gamma_M = 1,3$ ;  $k_{mod} = 0,80$  $F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot F_{v,Rk} / \gamma_M = 0,95 \text{ kN}$ Efektywna nośność obliczeniowa (w odniesieniu do jednej płaszczyzny ścinania) 4 łączników rozmieszczonych w szeregu wzdłuż włókien: $n_{ef} = 3,47$  $F_{v,ef,Rd} = n_{ef} \cdot F_{v,Rd} = 3,31 \text{ kN}$ Warunek nośności 4 łączników rozmieszczonych w szeregu: $F_{v,Ed} = 3,20 \text{ kN} < F_{v,ef,Rd} = 3,31 \text{ kN} \quad (96,7\%)$

**Szereg łączników trzpieniowych obciążonych poprzecznie w złączu stal-drewno-stal****DANE:**Charakterystyka złącza:

Łącznik obciążony poprzecznie w złączu dwuciętym stal-drewno z zewnętrznymi płytami stalowymi

Element drewniany "1":

Drewno klejone warstwowo kombinowane **GL24c** wg PN-EN 14080:2013-07

→  $f_{t,0,g,k} = 17 \text{ MPa}$ ,  $f_{c,0,g,k} = 21,5 \text{ MPa}$ ,  $f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$ ,  $f_{v,g,k} = 3,5 \text{ MPa}$ ,  $E_{0,g,mean} = 11 \text{ GPa}$ ,  $\rho_{g,k} = 365 \text{ kg/m}^3$

Grubość elementu drewnianego  $t_1 = 150 \text{ mm}$

Kąt nachylenia siły w stosunku do włókien elementu  $\alpha_1 = 25,0^\circ$

Płyta stalowa:

Grubość płyty stalowej  $t_s = 12 \text{ mm}$

Łącznik:

Śruba M20 kl.4.6

Podkładka okrągła 2,0x20 mm

Liczba łączników rozmieszczonych w szeregu wzdłuż włókien  $n = 3$

Rozstaw łączników wzdłuż włókien dla elementu "1"  $a_{1,1} = 100 \text{ mm}$

Obciążenia:

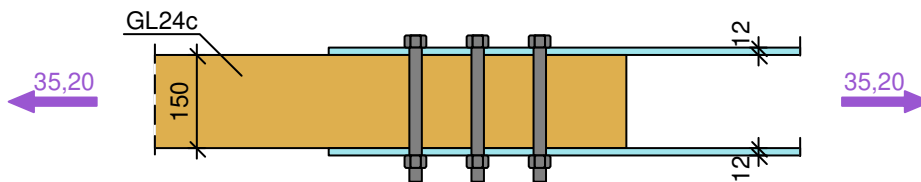
Siła obliczeniowa przypadająca na szereg łączników  $F_{v,Ed} = 35,20 \text{ kN}$

Klasa trwania obciążenia: długotrwałe

**ZAŁOŻENIA:**

Załącznik krajowy: PN-EN (Polska)

Klasa użytkowania konstrukcji: 1

**WYNIKI wg PN-EN 1995-1-1:**Nośność obliczeniowa łącznika w odniesieniu do jednej płaszczyzny ścinania:

$F_{v,Rk} = 19,63 \text{ kN}$

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

$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot F_{v,Rk} / \gamma_M = 10,57 \text{ kN}$

Efektywna nośność obliczeniowa (w odniesieniu do jednej płaszczyzny ścinania) 3 łączników rozmieszczonych w szeregu wzdłuż włókien:

$n_{ef} = 2,36$

$F_{v,ef,Rd} = n_{ef} \cdot F_{v,Rd} = 24,97 \text{ kN}$

Warunek nośności 3 łączników rozmieszczonych w szeregu:

$F_{v,Ed} = 35,20 \text{ kN} < 2 \cdot F_{v,ef,Rd} = 49,94 \text{ kN} \quad (70,5\%)$

## Uwaga:

1) Dla grupy łączników w złączu stal-drewno należy sprawdzić warunek ścinania blokowego wg Załącznika A normy EN 1995-1-1.

2) Należy także sprawdzić nośność płyty stalowej.

**Łącznik trzpieniowy obciążony osiowo w złączu drewno-drewno****DANE:**Charakterystyka złącza:

Łącznik obciążony osiowo w złączu drewno-drewno

Element drewniany "1":Drewno lite iglaste **C18** wg PN-EN 338:2016-06→  $f_{t,0,k} = 10 \text{ MPa}$ ,  $f_{c,0,k} = 18 \text{ MPa}$ ,  $f_{m,k} = 18 \text{ MPa}$ ,  $f_{v,k} = 3,4 \text{ MPa}$ ,  $E_{0,mean} = 9 \text{ GPa}$ ,  $\rho_k = 320 \text{ kg/m}^3$ 

Drewno wrażliwe na pękanie: tak

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

Grubość elementu drewnianego  $t_1 = 80 \text{ mm}$ Element drewniany "2":Drewno lite liściaste **D18** wg PN-EN 338:2016-06→  $f_{t,0,k} = 11 \text{ MPa}$ ,  $f_{c,0,k} = 18 \text{ MPa}$ ,  $f_{m,k} = 18 \text{ MPa}$ ,  $f_{v,k} = 3,5 \text{ MPa}$ ,  $E_{0,mean} = 9,5 \text{ GPa}$ ,  $\rho_k = 475 \text{ kg/m}^3$ 

Drewno wrażliwe na pękanie: nie

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

Grubość elementu drewnianego  $t_2 = 20 \text{ mm}$ Łącznik:

Wkręt stalowy z łbem stożkowym 6x70 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

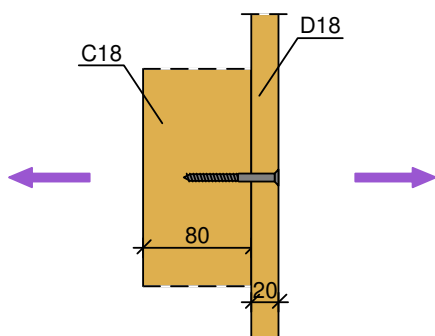
Wytrzymałość charakterystyczna na wyciąganie w poprzek włókien  $f_{ax,k} = 8,48 \text{ N/mm}^2$ Wytrzymałość charakterystyczna na przeciąganie główki łącznika  $f_{head,k} = 18,32 \text{ N/mm}^2$ Nośność charakterystyczna na rozciąganie wkręta  $f_{tens,k} = 15,05 \text{ kN}$ Gęstość drewna związana z wytrzymałością na wyciąganie  $f_{ax,k}$   $\rho_a = 420 \text{ kg/m}^3$ Liczba wkrętów w połączeniu  $n = 2$ Obciążenia:Rozciągająca siła obliczeniowa przypadająca na jeden łącznik  $F_{ax,Ed} = 0,00 \text{ kN}$ 

Klasa trwania obciążenia: krótkotrwałe

**ZAŁOŻENIA:**

Załącznik krajowy: PN-EN (Polska)

Klasa użytkowania konstrukcji: 3

**WYNIKI wg PN-EN 1995-1-1:**Nośność obliczeniowa łącznika na wyciąganie: $F_{ax,Rk} = 1,53 \text{ kN}$  $\gamma_M = 1,3$ ;  $k_{mod} = 0,70$  $F_{ax,Rd} = k_{mod} \cdot F_{ax,Rk} / \gamma_M = 0,82 \text{ kN}$ Warunek nośności łącznika: $F_{ax,Ed} = 0,00 \text{ kN} < F_{ax,Rd} = 0,82 \text{ kN} \quad (0,0\%)$

**Analiza pożarowa - Zginanie - Niezabezpieczona belka 120x260****DANE:**Przekrój:

Typ przekroju: prostokątny  
 Szerokość  $b = 120$  mm  
 Wysokość  $h = 260$  mm

Materiał:

Drewno lite iglaste **C24** wg PN-EN 338:2016-06

Warunki pożarowe:

Nośność ogniowa R30  
 → Czas oddziaływania pożaru  $t = 30$  min

Zabezpieczenie elementu przed oddziaływaniem pożaru:

Brak zabezpieczeń, oddziaływanie pożaru z 3 stron

Obciążenia w warunkach pożarowych:

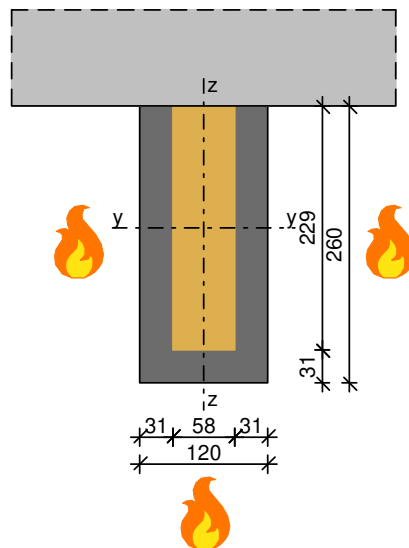
Moment zginający obliczeniowy  $M_{y,d,fi} = 17,00$  kNm  
 Moment zginający obliczeniowy  $M_{z,d,fi} = 0,00$  kNm  
 Zwichrzeniowa długość efektywna  $l_{ef} = 3,00$  m

**ZAŁOŻENIA:**

Załącznik krajowy: PN-EN (Polska)  
 Sytuacja obliczeniowa: wyjątkowa

**WYNIKI wg PN-EN 1995-1-2 / PN-EN 1995-1-1:**

$A_{fi} = 133$  cm<sup>2</sup>  
 $W_{y,fi} = 507$  cm<sup>3</sup>  
 $W_{z,fi} = 128$  cm<sup>3</sup>  
 $J_{y,fi} = 5804$  cm<sup>4</sup>  
 $J_{z,fi} = 372$  cm<sup>4</sup>

Efektywna głębokość zwęglenia:

$\beta_n = 0,8$  mm/min  
 $d_{char,n} = \beta_n \cdot t = 24,0$  mm;  $k_0 = 1$ ;  $d_0 = 7$  mm  
 $d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 = 31,0$  mm

Wytrzymałości obliczeniowe drewna w warunkach pożarowych:

$f_{m,k} = 24,00$  MPa  
 $\gamma_{M,fi} = 1,0$ ;  $k_{mod,fi} = 1,00$ ;  $k_{fi} = 1,25$   
 $f_{m,y,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi} = 30,00$  MPa  
 $E_{0,05} = 7,40$  GPa;  $G_{0,05} = 0,46$  GPa

Zginanie:

$M_{y,d,fi} = 17,00$  kNm,  $\sigma_{m,y,d,fi} = 33,54$  MPa

Warunek nośności przekroju:

$\sigma_{m,y,d,fi} / f_{m,y,d,fi} = 1,118 > 1$  (!!!)

Warunek stateczności elementu:

- zwichrzenie

$k_{crit} = 0,841$

$\sigma_{m,y,d,fi} = 33,54$  MPa  $>$   $k_{crit} \cdot f_{m,y,d,fi} = 25,22$  MPa (133,0%) (!!!)

**Analiza pożarowa - Zginanie - Zabezpieczona belka 120x260****DANE:**Przekrój:

Typ przekroju: prostokątny  
Szerokość  $b = 120$  mm  
Wysokość  $h = 260$  mm

Materiał:

Drewno lite iglaste **C24** wg PN-EN 338:2016-06

Warunki pożarowe:

Nośność ogniowa R30  
→ Czas oddziaływania pożaru  $t = 30$  min

Zabezpieczenie elementu przed oddziaływaniem pożaru:

Zabezpieczenie okładzinami, oddziaływanie pożaru z 3 stron  
Okładzina jedna warstwa płyt gipsowo-kartonowych  
Typ płyt gipsowo-kartonowych A  
Grubość płyty 15 mm  
Miejsce przyległe do połączeń o niewypełnionych szczelinach o szerokości większej niż 2 mm - nie

Obciążenia w warunkach pożarowych:

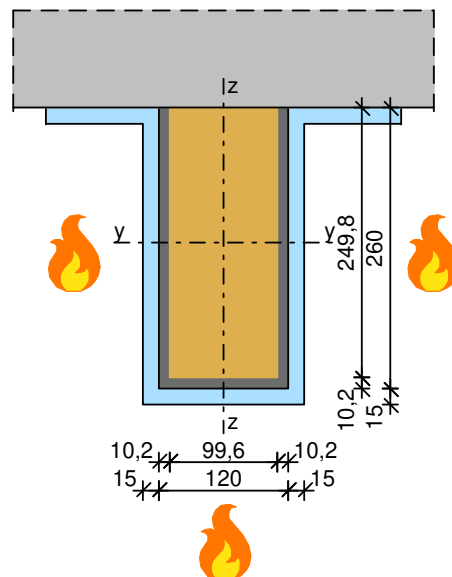
Moment zginający obliczeniowy  $M_{y,d,fi} = 17,00$  kNm  
Moment zginający obliczeniowy  $M_{z,d,fi} = 0,00$  kNm  
Zwchrzeniowa długość efektywna  $l_{ef} = 3,00$  m

**ZAŁOŻENIA:**

Załącznik krajowy: PN-EN (Polska)  
Sytuacja obliczeniowa: wyjątkowa

**WYNIKI wg PN-EN 1995-1-2 / PN-EN 1995-1-1:**

$A_{fi} = 249$  cm<sup>2</sup>  
 $W_{y,fi} = 1036$  cm<sup>3</sup>  
 $W_{z,fi} = 413$  cm<sup>3</sup>  
 $J_{y,fi} = 12938$  cm<sup>4</sup>  
 $J_{z,fi} = 2057$  cm<sup>4</sup>

Efektywna głębokość zwęglenia:

$\beta_n = 0,8$  mm/min;  $t_{ch} = t_f = 28,0$  min;  $t_a = 43,6$  min  
 $d_{char,n} = 3,2$  mm;  $k_0 = 1$ ;  $d_0 = 7$  mm  
 $d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 = 10,2$  mm

Wytrzymałość obliczeniowe drewna w warunkach pożarowych:

$f_{m,k} = 24,00$  MPa  
 $Y_{M,fi} = 1,0$ ;  $k_{mod,fi} = 1,00$ ;  $k_{fi} = 1,25$   
 $f_{m,y,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{m,k} / Y_{M,fi} = 30,00$  MPa  
 $E_{0,05} = 7,40$  GPa;  $G_{0,05} = 0,46$  GPa

Zginanie:

$$M_{y,d,fi} = 17,00 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d,fi} = 16,41 \text{ MPa}$$

Warunek nośności przekroju:

$$\sigma_{m,y,d,fi}/f_{m,y,d,fi} = 0,547 < 1$$

Warunek stateczności elementu:

- zwichrzenie

$$k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} = 16,41 \text{ MPa} < k_{crit} \cdot f_{m,y,d,fi} = 30,00 \text{ MPa} \quad (54,7\%)$$

**Analiza pożarowa - Ściskanie wzdłuż włókien - Niezabezpieczony słup 160x160****DANE:**Przekrój:

Typ przekroju: prostokątny  
 Szerokość  $b = 160$  mm  
 Wysokość  $h = 160$  mm

Materiał:

Drewno lite iglaste **C24** wg PN-EN 338:2016-06

Warunki pożarowe:

Nośność ogniowa R60  
 → Czas oddziaływania pożaru  $t = 60$  min

Zabezpieczenie elementu przed oddziaływaniem pożaru:

Brak zabezpieczeń, oddziaływanie pożaru z 4 stron

Obciążenia w warunkach pożarowych:

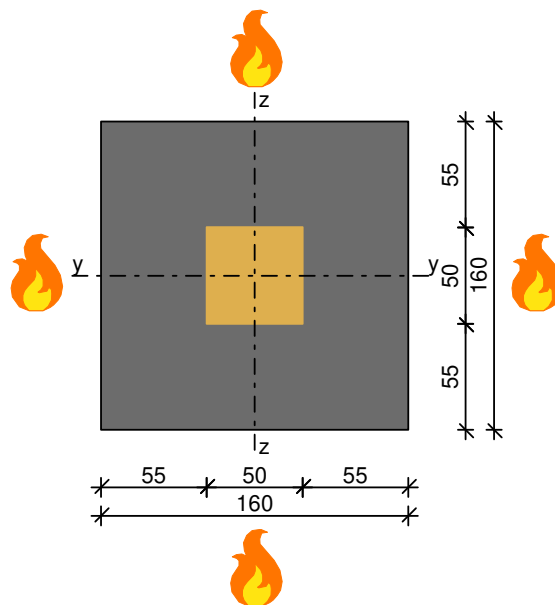
Siła ściskająca obliczeniowa  $N_{c,d,fi} = 34,00$  kN  
 Długość wybozeniowa  $l_{ey} = 3,00$  m  
 Długość wybozeniowa  $l_{ez} = 3,00$  m

**ZAŁOŻENIA:**

Załącznik krajowy: PN-EN (Polska)  
 Sytuacja obliczeniowa: wyjątkowa

**WYNIKI wg PN-EN 1995-1-2 / PN-EN 1995-1-1:**

$A_{fi} = 25,0$  cm<sup>2</sup>  
 $W_{y,fi} = 20,8$  cm<sup>3</sup>  
 $W_{z,fi} = 20,8$  cm<sup>3</sup>  
 $J_{y,fi} = 52,1$  cm<sup>4</sup>  
 $J_{z,fi} = 52,1$  cm<sup>4</sup>

Efektywna głębokość zwęglenia:

$\beta_n = 0,8$  mm/min  
 $d_{char,n} = \beta_n \cdot t = 48,0$  mm;  $k_0 = 1$ ;  $d_0 = 7$  mm  
 $d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 = 55,0$  mm

Wytrzymałości obliczeniowe drewna w warunkach pożarowych:

$f_{c,0,k} = 21,00$  MPa  
 $\gamma_{M,fi} = 1,0$ ;  $k_{mod,fi} = 1,00$ ;  $k_{fi} = 1,25$   
 $f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_{M,fi} = 26,25$  MPa  
 $E_{0,05} = 7,40$  GPa;  $G_{0,05} = 0,46$  GPa

Ściskanie wzdłuż włókien:

$N_{c,d,fi} = 34,00$  kN

## Warunek nośności przekroju:

$\sigma_{c,0,d,fi} = N_{c,d,fi} / A_{fi} = 13,60$  MPa <  $f_{c,0,d,fi} = 26,25$  MPa (51,8%)



Warunek stateczności elementu:

- wyboczenie względem osi y

$$k_{c,y} = 0,076$$

$$\sigma_{c,0,d,fi} / (k_{c,y} \cdot f_{c,0,d,fi}) = 6,797 > 1 \quad (!!!)$$

- wyboczenie względem osi z

$$k_{c,z} = 0,076$$

$$\sigma_{c,0,d,fi} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d,fi}) = 6,797 > 1 \quad (!!!)$$

**Analiza pożarowa - Ściskanie wzdłuż włókien - Zabezpieczony słup 160x160****DANE:**Przekrój:

Typ przekroju: prostokątny  
Szerokość  $b = 160$  mm  
Wysokość  $h = 160$  mm

Materiał:

Drewno lite iglaste **C24** wg PN-EN 338:2016-06

Warunki pożarowe:

Nośność ogniowa R60  
→ Czas oddziaływania pożaru  $t = 60$  min

Zabezpieczenie elementu przed oddziaływaniem pożaru:

Zabezpieczenie okładzinami, oddziaływanie pożaru z 4 stron  
Okładzina dwie warstwy płyt gipsowo-kartonowych  
Typ płyt gipsowo-kartonowych F  
Grubość płyty zewnętrznej 15 mm  
Grubość płyty wewnętrznej 12,5 mm  
Długość zagłębienia łączników w elemencie drewnianym 10 mm

Obciążenia w warunkach pożarowych:

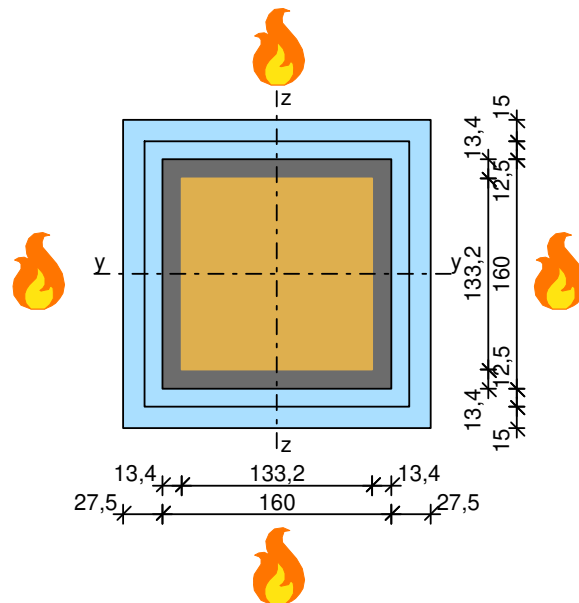
Siła ściskająca obliczeniowa  $N_{c,d,fi} = 34,00$  kN  
Długość wybozczeniowa  $l_{ey} = 3,00$  m  
Długość wybozczeniowa  $l_{ez} = 3,00$  m

**ZAŁOŻENIA:**

Załącznik krajowy: PN-EN (Polska)  
Sytuacja obliczeniowa: wyjątkowa

**WYNIKI wg PN-EN 1995-1-2 / PN-EN 1995-1-1:**

$A_{fi} = 177$  cm<sup>2</sup>  
 $W_{y,fi} = 394$  cm<sup>3</sup>  
 $W_{z,fi} = 394$  cm<sup>3</sup>  
 $J_{y,fi} = 2623$  cm<sup>4</sup>  
 $J_{z,fi} = 2623$  cm<sup>4</sup>

Efektywna głębokość zwęglenia:

$\beta_n = 0,8$  mm/min;  $t_{ch} = t_f = 56,0$  min;  $t_a = 71,6$  min  
 $d_{char,n} = 6,4$  mm;  $k_0 = 1$ ;  $d_0 = 7$  mm  
 $d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 = 13,4$  mm

Wytrzymałości obliczeniowe drewna w warunkach pożarowych:

$f_{c,0,k} = 21,00$  MPa  
 $\gamma_{M,fi} = 1,0$ ;  $k_{mod,fi} = 1,00$ ;  $k_{fi} = 1,25$   
 $f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_{M,fi} = 26,25$  MPa  
 $E_{0,05} = 7,40$  GPa;  $G_{0,05} = 0,46$  GPa

Ściskanie wzdłuż włókien:

$$N_{c,d,fi} = 34,00 \text{ kN}$$

Warunek nośności przekroju:

$$\sigma_{c,0,d,fi} = N_{c,d,fi} / A_{fi} = 1,92 \text{ MPa} < f_{c,0,d,fi} = 26,25 \text{ MPa} \quad (7,3\%)$$

Warunek stateczności elementu:

- wyboczenie względem osi y

$$k_{c,y} = 0,468$$

$$\sigma_{c,0,d,fi} / (k_{c,y} \cdot f_{c,0,d,fi}) = 0,156 < 1$$

- wyboczenie względem osi z

$$k_{c,z} = 0,468$$

$$\sigma_{c,0,d,fi} / (k_{c,z} \cdot f_{c,0,d,fi}) = 0,156 < 1$$

**Analiza pożarowa - Ściana szkieletowa z słupkami 60x100 z wypełnieniem wełną****DANE:**Przekrój:

Typ przekroju: prostokątny  
 Szerokość  $b = 60 \text{ mm}$   
 Wysokość  $h = 100 \text{ mm}$

Materiał:

Drewno lite iglaste **C20** wg PN-EN 338:2016-06

Warunki pożarowe:

Czas oddziaływania pożaru  $t = 60 \text{ min}$

Zabezpieczenie elementu przed oddziaływaniem pożaru:

Zestaw ścienny z przestrzeniami wypełnionymi całkowicie izolacją, oddziaływanie pożaru z 1 strony  
 Rozstaw elementów drewnianych  $\leq 625 \text{ mm}$   
 Izolacja skalna wełna mineralna  
 Okładzina dwie warstwy płyt gipsowo-kartonowych  
 Typ płyt gipsowo-kartonowych H  
 Grubość płyty zewnętrznej  $12,5 \text{ mm}$   
 Grubość płyty wewnętrznej  $12,5 \text{ mm}$

Obciążenia w warunkach pożarowych:

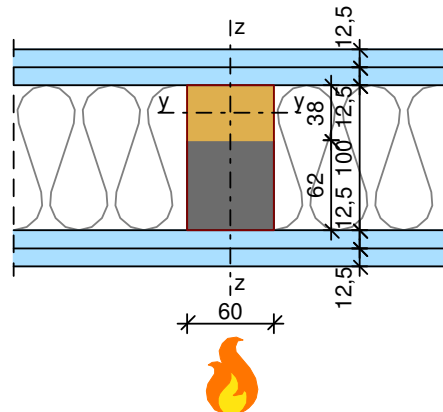
Siła ściskająca obliczeniowa  $N_{c,d,fi} = 41,58 \text{ kN}$

**ZAŁOŻENIA:**

Załącznik krajowy: PN-EN (Polska)  
 Sytuacja obliczeniowa: wyjątkowa

**WYNIKI wg PN-EN 1995-1-2 / PN-EN 1995-1-1:**

$A_{fi} = 22,8 \text{ cm}^2$   
 $W_{y,fi} = 14,4 \text{ cm}^3$   
 $W_{z,fi} = 22,8 \text{ cm}^3$   
 $J_{y,fi} = 27,4 \text{ cm}^4$   
 $J_{z,fi} = 68,4 \text{ cm}^4$

Efektywna głębokość zwęglenia:

$\beta_n = 2,56 \text{ mm/min}$  dla  $t \geq t_f = 38,5 \text{ min}$   
 $d_{char,n} = 55,0 \text{ mm}$ ;  $k_0 = 1$ ;  $d_0 = 7 \text{ mm}$   
 $d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 = 62,0 \text{ mm}$

Wytrzymałości obliczeniowe drewna w warunkach pożarowych:

$f_{c,0,k} = 19,00 \text{ MPa}$   
 $Y_{M,fi} = 1,0$ ;  $k_{mod,fi} = 1,00$ ;  $k_{fi} = 1,25$   
 $f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{c,0,k} / Y_{M,fi} = 23,75 \text{ MPa}$   
 $E_{0,05} = 6,40 \text{ GPa}$ ;  $G_{0,05} = 0,40 \text{ GPa}$

Ściskanie wzdłuż włókien:

$N_{c,d,fi} = 41,58 \text{ kN}$

## Warunek nośności przekroju:

$\sigma_{c,0,d,fi} = N_{c,d,fi} / A_{fi} = 18,25 \text{ MPa} < f_{c,0,d,fi} = 23,75 \text{ MPa} \quad (76,8\%)$

**Analiza pożarowa - Strop z belkami drewnianymi 100x200 bez wypełnienia****DANE:**Przekrój:

Typ przekroju: prostokątny  
 Szerokość  $b = 100 \text{ mm}$   
 Wysokość  $h = 200 \text{ mm}$

Materiał:

Drewno lite iglaste **C27** wg PN-EN 338:2016-06

Warunki pożarowe:

Czas oddziaływania pożaru  $t = 30 \text{ min}$

Zabezpieczenie elementu przed oddziaływaniem pożaru:

Zestaw stropowy z pustymi przestrzeniami, oddziaływanie pożaru z 2 stron  
 Rozstaw elementów drewnianych  $\leq 400 \text{ mm}$   
 Okładzina - płyta drewnopochodna inna niż sklejka  
 Łączna grubość wszystkich warstw  $h_p = 25 \text{ mm}$   
 Gęstość okładziny  $\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$

Obciążenia w warunkach pożarowych:

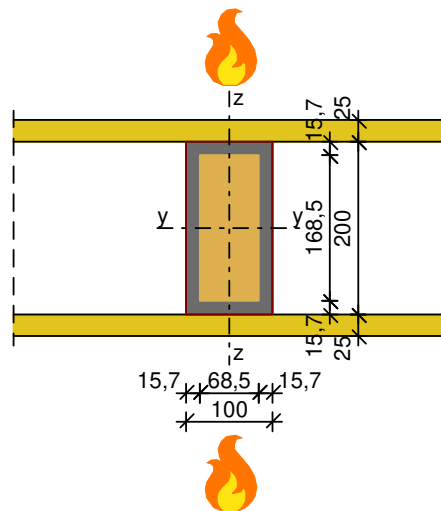
Moment zginający obliczeniowy  $M_{y,d,fi} = 10,29 \text{ kNm}$   
 Moment zginający obliczeniowy  $M_{z,d,fi} = 0,00 \text{ kNm}$   
 Zwichrzeniowa długość efektywna  $l_{ef} = 2,70 \text{ m}$

**ZAŁOŻENIA:**

Załącznik krajowy: PN-EN (Polska)  
 Sytuacja obliczeniowa: wyjątkowa

**WYNIKI wg PN-EN 1995-1-2 / PN-EN 1995-1-1:**

$A_{fi} = 115 \text{ cm}^2$   
 $W_{y,fi} = 324 \text{ cm}^3$   
 $W_{z,fi} = 132 \text{ cm}^3$   
 $J_{y,fi} = 2733 \text{ cm}^4$   
 $J_{z,fi} = 452 \text{ cm}^4$

Efektywna głębokość zwęglenia powierzchni od strony działania ognia:

$\beta_n = 0,8 \text{ mm/min}$ ;  $t_{ch} = t_f = 24,5 \text{ min}$ ;  $t_a = 40,2 \text{ min}$   
 $d_{char,n} = 8,7 \text{ mm}$ ;  $k_0 = 1$ ;  $d_0 = 7 \text{ mm}$   
 $d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 = 15,7 \text{ mm}$

Efektywna głębokość zwęglenia powierzchni bocznych:

$\beta_n = 0,8 \text{ mm/min}$ ;  $t_{ch} = t_f = 24,5 \text{ min}$ ;  $t_a = 40,2 \text{ min}$   
 $d_{char,n} = 8,7 \text{ mm}$ ;  $k_0 = 0$ ;  $d_0 = 7 \text{ mm}$   
 $d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 = 15,7 \text{ mm}$

Wytrzymałości obliczeniowe drewna w warunkach pożarowych:

$f_{m,k} = 27,00 \text{ MPa}$   
 $\gamma_{M,fi} = 1,0$ ;  $k_{mod,fi} = 1,00$ ;  $k_{fi} = 1,25$   
 $f_{m,y,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi} = 33,75 \text{ MPa}$   
 $E_{0,05} = 7,70 \text{ GPa}$ ;  $G_{0,05} = 0,48 \text{ GPa}$

Zginanie:

$$M_{y,d,fi} = 10,29 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d,fi} = 31,72 \text{ MPa}$$

Warunek nośności przekroju:

$$\sigma_{m,y,d,fi}/f_{m,y,d,fi} = 0,940 < 1$$

Warunek stateczności elementu:

- zwichrzenie

$$k_{crit} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} = 31,72 \text{ MPa} < k_{crit} \cdot f_{m,y,d,fi} = 33,75 \text{ MPa} \quad (94,0\%)$$