

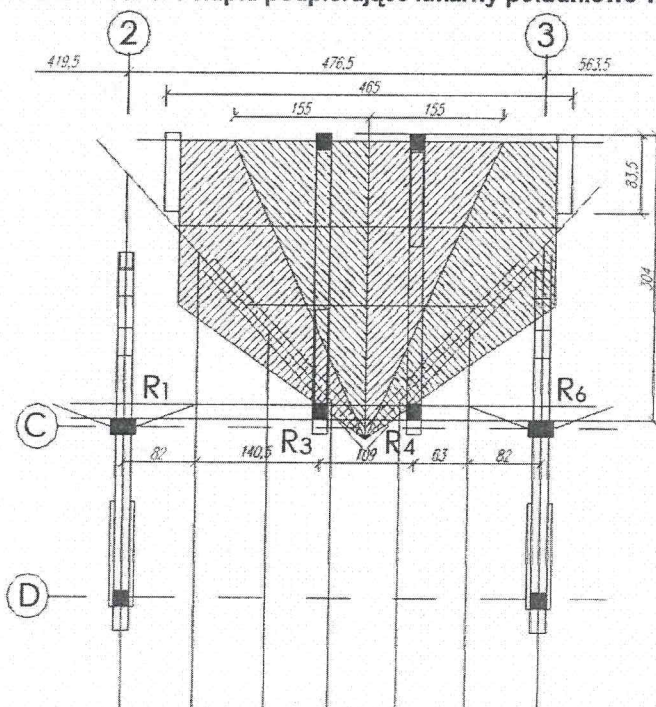
### 1.5 Reakcje z konstrukcji dachu na strop poddasza w kN

Z obliczeń komputerowych dla wiązarów pełnych dachu i kombinacji obciążeń : ciężar własny pokrycia z ociepleniem + śnieg i wiatr z lewej lub z prawej, uzyskano następujące wartości reakcji słupów konstrukcji dachu na istniejący strop poddasza:

	wiązar 2		wiązar 3		wiązar 4		wiązar 5	
	wiatr z lewej	wiatr z prawej	wiatr z lewej	wiatr z prawej	wiatr z lewej	wiatr z prawej	wiatr z lewej	wiatr z prawej
V <sub>1</sub>	18,18	<b>40,04</b>	21,42	<b>46,38</b>	21,51	<b>46,55</b>	18,25	<b>40,16</b>
H <sub>1</sub>	9,58	27,60	11,84	32,11	11,90	32,23	9,62	27,69
V <sub>5</sub>	16,29	<b>30,33</b>	18,13	<b>35,13</b>	18,18	<b>35,27</b>	16,34	<b>30,43</b>
H <sub>5</sub>	10,49	22,92	11,61	26,55	11,64	26,65	10,52	22,99
V <sub>9</sub>	<b>63,14</b>	31,12	<b>73,71</b>	36,83	<b>74,00</b>	36,98	<b>63,37</b>	31,24
V <sub>11</sub>	<b>75,09</b>	16,05	<b>87,60</b>	19,40	<b>87,94</b>	19,49	<b>75,35</b>	16,13
V <sub>26</sub>	21,68	<b>73,06</b>	26,02	<b>85,52</b>	26,14	<b>85,86</b>	21,76	<b>73,30</b>
V <sub>33</sub>	31,66	<b>68,42</b>	37,67	<b>79,59</b>	37,84	<b>79,90</b>	31,78	<b>68,65</b>
V <sub>35</sub>	<b>59,54</b>	6,52	<b>69,36</b>	9,01	<b>69,63</b>	9,07	<b>59,75</b>	15,12
H <sub>35</sub>	43,83	5,93	51,05	7,98	51,25	8,03	43,98	6,37

	wiązar 1 wiązar 2 x 0,472		wiązar 6 wiązar 5 x 0,470	
	wiatr z lewej	wiatr z prawej	wiatr z lewej	wiatr z prawej
V <sub>1</sub>	8,58	<b>18,90</b>	8,57	<b>18,87</b>
H <sub>1</sub>	4,52	13,03	4,52	13,01
V <sub>5</sub>	7,69	<b>14,32</b>	7,68	<b>14,30</b>
H <sub>5</sub>	4,95	10,82	4,94	10,80
V <sub>9</sub>	<b>29,80</b>	14,69	<b>29,78</b>	14,68
V <sub>11</sub>	<b>35,44</b>	7,58	<b>35,41</b>	7,58
V <sub>26</sub>	10,23	<b>34,48</b>	10,23	<b>34,45</b>
V <sub>33</sub>	14,94	<b>32,29</b>	14,94	<b>32,26</b>
V <sub>35</sub>	<b>28,10</b>	3,08	<b>28,08</b>	7,11
H <sub>35</sub>	20,68	2,80	20,67	2,99

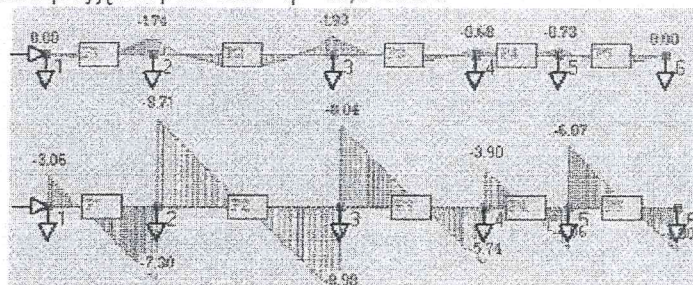
### 1.6 Płatów pośrednia w osi C i słupki podpierające lukarny południowo-wschodnie



Szkic nr 4 Rzut płatwi pośredniej, słupów podpierających i krokwi lukarn



obciążenie na płatew przyjęto z poz. 1.3.2  $q = 12,64 \text{ kN/m}$



siły w słupkach pośrednich podpierających płatew i lukarnę

$$R_1 = 3,06 \text{ kN} \quad R_3 = 17,02 \text{ kN} \quad R_4 = 9,64 \text{ kN} \quad R_6 = 4,30 \text{ kN}$$

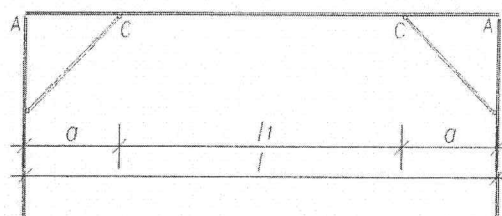
## 1.7.0 Płatwie pośrednie w osiach D i E

### 1.7.1 Płatew pośrednia w osi D w przęsłach 1-2 i 5-6 $o l = 4,22 \text{ m}$

obciążenie na płatew przyjęto z poz. 1.3.1

- pionowe  $q' = 21,05 \text{ kN/m}$  ; - poziome  $q'' = 3,46 \text{ kN/m}$

schemat statyczny



Płatew obliczamy jako belkę 3-przęsłową ( styki płatwi umieszczone nad słupkami ) wzorami uproszczonymi :

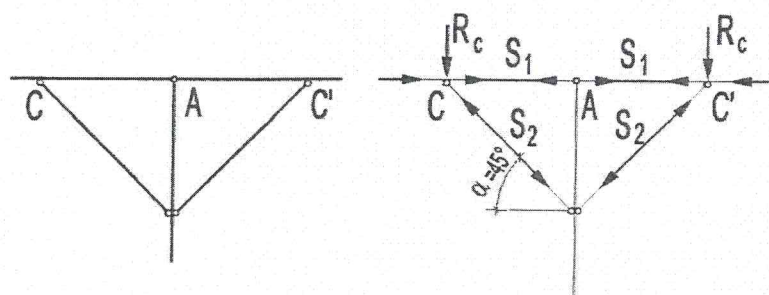
stosunek przęsła środkowego do skrajnego

$$m = \frac{l_1}{a} = \frac{2,52}{0,85} = 2,96$$

Moment podporowy nad mieczem

$$M_c = -\frac{q' \cdot a^2}{4} \cdot \frac{1+m^3}{2+3 \cdot m} = -\frac{21,05 \cdot 0,85^2}{4} \cdot \frac{1+2,96^3}{2+3 \cdot 2,96} = -9,41 \text{ kNm}$$

$$\text{Reakcja nad mieczem} \quad R_c = R + \frac{M_c}{a} = \frac{q' \cdot (a+l_1)}{2} + \frac{M_c}{a} = \frac{21,05 \cdot (0,85 + 2,52)}{2} + \frac{9,41}{0,85} = 46,53 \text{ kN}$$



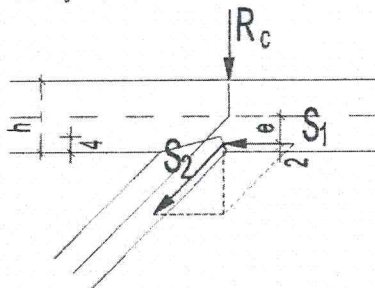
Siła ściskająca w mieczu

$$S_2 = \frac{R_c}{\sin \alpha} = \frac{46,53}{0,707} = 65,83 \text{ kN}$$

Siła ściskająca w przęśle środkowym płatwi

$$S_1 = R_c \cdot \cotg \alpha = 46,53 \cdot 1,0 = 46,53 \text{ kN}$$

Moment od mimośrodowego działania siły  $S_1$



$$M_0 = S_1 \cdot e_0 = S_1 \cdot \frac{h-c}{2} = 46,53 \cdot \frac{0,20-0,04}{2} = 3,72 \text{ kNm}$$

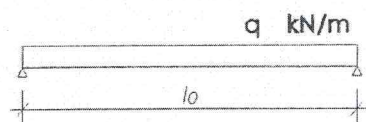
Moment w przęśle  $I_1$  płatwi

$$M_1 = \frac{q \cdot l^2}{8} - R_c \cdot a = \frac{21,05 \cdot 4,22^2}{8} - 46,53 \cdot 0,85 = 7,31 \text{ kNm}$$

Rzeczywisty moment w przęśle  $M = M_1 - M_0 = 7,31 - 3,72 = 3,59 \text{ kNm}$

Moment przęsłowy w płatwi od obciążenia poziomego

schemat statyczny



$$M_H = 0,125 \cdot 3,46 \cdot 4,22^2 = 7,70 \text{ kNm}$$

$$R = 3,46 \cdot 4,22 \cdot 0,5 = 7,30 \text{ kN}$$

## Wymiarowanie

Dane materiałowe:

elementy z drewna sosnowego klasy C30

z załącznika Z-2.2.3 – str. 127

$$f_{c,0,k} = 23,0 \text{ MPa}$$

$$f_{m,k} = 30,0 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 18,0 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 12 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

$$E_{0,0,5} = 8 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

częściowy współczynnik bezpieczeństwa  $\gamma_M = 1,3 \rightarrow$  tabl. 3.2.2 str. 35

częściowy współczynnik modyfikacyjny  $k_{mod} = 0,9 \rightarrow$  tabl. 3.2.5 str. 38

(obciążenie krótkotrwałe, I klasa użytkowania)

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{t,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{t,0,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{c,0,d} = \frac{0,9 \cdot 23,0}{1,3} = 15,92 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = \frac{0,9 \cdot 18,0}{1,3} = 12,46 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = \frac{0,9 \cdot 30,0}{1,3} = 20,77 \text{ MPa}$$



- pławek o przekroju 18 / 20 cm

- rozpiętość pławki pomiędzy mieczami  $l_y = l_1 = 252 \text{ cm}$   $\mu = 1,0$

- rozpiętość pławki pomiędzy kleszczami  $l_z = l_2 = 422 \text{ cm}$   $\mu = 1,0$

- siła ściskająca pławek  $S_1 = -46,53 \text{ kN} = N$

- moment przęsłowy w pławce  $M_{y1} = 3,59 \text{ kNm}$

- moment podporowy w pławce  $M_{yC} = -9,41 \text{ kNm}$

- moment przęsłowy w pławce od obciążenia poziomego  $M_H = M_{z1} = 7,70 \text{ kNm}$

- moment w punkcie C od obciążenia poziomego:  $M_{zC} = 7,30 \cdot 0,85 - 3,46 \cdot 0,85^2 \cdot 0,5 = 4,96 \text{ kNm}$

$$A_d = 18 \cdot 20 = 360 \text{ cm}^2 = 0,036 \text{ m}^2 \quad h = 20 \text{ cm} ; b = 18 \text{ cm}$$

$$A_n = 18 \cdot (20 - 3) = 306 \text{ cm}^2 = 0,0306 \text{ m}^2$$

$$W_y = \frac{18 \cdot 20^2}{6} = 1200 \text{ cm}^3 = 0,0012 \text{ m}^3 \quad W_{yn} = \frac{18 \cdot 17^2}{6} = 867 \text{ cm}^3 = 0,000867 \text{ m}^3$$

$$W_z = \frac{20 \cdot 18^2}{6} = 1080 \text{ cm}^3 = 0,00108 \text{ m}^3 \quad W_{zn} = \frac{17 \cdot 18^2}{6} = 918 \text{ cm}^3 = 0,000918 \text{ m}^3$$

$$i_y = 0,289 \cdot h = 0,289 \cdot 20 = 5,78 \text{ cm}$$

$$i_z = 0,289 \cdot b = 0,289 \cdot 18 = 5,20 \text{ cm}$$

→ wyboczenie może wystąpić w kierunku osi z

$l_{c,z}$  – długość wyboczeniowa elementu ściskanego

$$l_{c,z} = \mu_z \cdot l_z \quad ; \quad \text{smukłości względem osi y} \quad \lambda_z = \frac{l_z \cdot \mu}{i_z} = \frac{422 \cdot 1,0}{5,20} = 81,15 < \lambda_c = 150$$

współczynnik wyboczeniowy  $k_c$  dla wyboczenia w kierunku osi z

$\sigma_{c,crit,z}$  – naprężenie krytyczne przy ściskaniu

$$\sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05}}{\lambda_z^2} = \frac{3,14^2 \cdot 8000}{81,15^2} = 11,97 \text{ MPa}$$

$E_{0,05}$  – 5% kwantyl modułu sprężystości wzdłuż włókien =  $8,0 \cdot 10^3 \text{ MPa}$

$\lambda_{rel,z}$  – smukłość sprowadzona przy ściskaniu dla kierunku z

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \sqrt{\frac{23,0}{11,97}} = 1,39$$

współczynnik wyboczeniowy dla kierunku z

$$k_z = 0,5 \left[ 1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2 \right] = 0,5 \left[ 1 + 0,2(1,39 - 0,5) + 1,39^2 \right] = 1,56$$

$\beta_c$  – współczynnik prostoliniowości elementów - dla drewna litego  $\beta_c = 0,2$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1,56 + \sqrt{1,56^2 - 1,39^2}} = 0,44$$

naprężenie obliczeniowe ściskające w kierunku wzdłuż włókien

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A_d} = \frac{46,53}{0,0360} = 1293 \text{ kN/m}^2 = 1,29 \text{ MPa}$$

naprężenie obliczeniowe zginające w przęśle od obciążenia pionowego

$$\sigma_{m,y,d,1} = \frac{M_1}{W_y} = \frac{3,59}{0,0012} = 2992 \text{ kN/m}^2 = 3,00 \text{ MPa}$$

naprężenie obliczeniowe zginające w przęśle od obciążenia poziomego

$$\sigma_{m,z,d,1} = \frac{M_{z1}}{W_z} = \frac{7,70}{0,00108} = 7130 \text{ kN/m}^2 = 7,13 \text{ MPa}$$

naprężenie obliczeniowe ściskające w kierunku wzdłuż włókien na podporze

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A_n} = \frac{46,53}{0,0306} = 1520 \text{ kN/m}^2 = 1,52 \text{ MPa}$$

naprężenie obliczeniowe zginające na podporze od obciążenia pionowego

$$\sigma_{m,y,d,C} = \frac{M_C}{W_{ym}} = \frac{9,41}{0,000867} = 10853 \text{ kN/m}^2 = 10,85 \text{ MPa}$$

naprężenie obliczeniowe zginające na podporze od obciążenia poziomego

$$\sigma_{m,z,d,C} = \frac{M_{zC}}{W_{ym}} = \frac{4,96}{0,000918} = 5403 \text{ kN/m}^2 = 5,40 \text{ MPa}$$

warunek na naprężenia w przęśle

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad k_m - \text{współczynnik przekroju} \quad ; \quad \text{dla przekrojów prostokątnych} \quad k_m = 0,7$$

$$\frac{1,29}{0,44 \cdot 15,92} + 0,7 \cdot \frac{3,00}{20,77} + \frac{7,13}{20,77} = 0,24 + 0,18 + 0,34 = 0,68 < 1$$

warunek na naprężenia na podporze

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{1,52}{15,92} + \frac{10,85}{20,77} + 0,7 \cdot \frac{5,40}{20,77} = 0,10 + 0,52 + 0,18 = 0,80 < 1$$

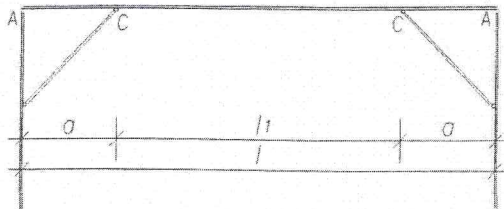
Przekrój płatwi przenosi projektowane obciążenia i nie wymaga wzmocnienia.

### 1.7.2 Płatew pośrednia w osi C w przęsłach 1-2 i 5-6 o l = 4,22 m

obciążenie na płatew przyjęto z poz. 1.3.2

- pionowe  $q' = 12,64 \text{ kN/m}$  ; - poziome  $q'' = 2,06 \text{ kN/m}$

schemat statyczny





Platew obliczamy jako belkę 3-przęslową ( styki platwi umieszczone nad słupkami ) wzorami uproszczonymi :

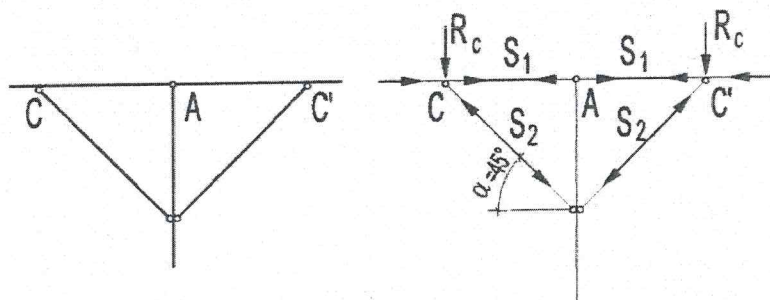
stosunek przęsła środkowego do skrajnego

$$m = \frac{l_1}{a} = \frac{2,52}{0,85} = 2,96$$

Moment podporowy nad mieczem

$$M_c = -\frac{q \cdot a^2}{4} \cdot \frac{1+m^3}{2+3 \cdot m} = -\frac{12,64 \cdot 0,85^2}{4} \cdot \frac{1+2,96^3}{2+3 \cdot 2,96} = -5,65 \text{ kNm}$$

Reakcja nad mieczem  $R_c = R + \frac{M_c}{a} = \frac{q \cdot (a+l_1)}{2} + \frac{M_c}{a} = \frac{12,64 \cdot (0,85 + 2,52)}{2} + \frac{5,65}{0,85} = 27,94 \text{ kN}$



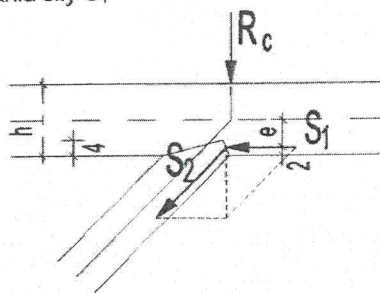
Sila ściskająca miecz

$$S_2 = \frac{R_c}{\sin \alpha} = \frac{27,94}{0,707} = 39,53 \text{ kN}$$

Sila ściskająca w przęśle środkowym platwi

$$S_1 = R_c \cdot \text{ctg } \alpha = 27,94 \cdot 1,0 = 27,94 \text{ kN}$$

Moment od mimośrodowego działania siły  $S_1$



$$M_0 = S_1 \cdot e_0 = S_1 \cdot \frac{h-c}{2} = 27,94 \cdot \frac{0,18 - 0,04}{2} = 1,95 \text{ kNm}$$

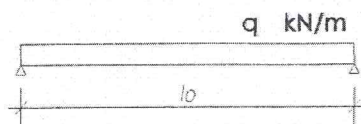
Moment w przęśle  $l_1$  platwi

$$M_1 = \frac{q \cdot l^2}{8} - R_c \cdot a = \frac{12,64 \cdot 4,22^2}{8} - 27,94 \cdot 0,85 = 4,39 \text{ kNm}$$

Rzeczywisty moment w przęśle  $M = M_1 - M_0 = 4,39 - 1,95 = 2,44 \text{ kNm}$

Moment przęsłowy w platwi od obciążenia poziomego

schemat statyczny



$$M_H = 0,125 \cdot 2,06 \cdot 4,22^2 = 4,58 \text{ kNm}$$

$$R = 2,06 \cdot 4,22 \cdot 0,5 = 4,35 \text{ kN}$$

### Wymiarowanie

Dane materiałowe:

elementy z drewna sosnowego klasy C30

z załącznika Z-2.2.3 – str. 127

$$f_{c,0,k} = 23,0 \text{ MPa}$$

$$f_{m,k} = 30,0 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 18,0 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 12 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

$$E_{0,0,5} = 8 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

częściowy współczynnik bezpieczeństwa  $\gamma_M = 1,3 \rightarrow$  tabl. 3.2.2 str. 35

częściowy współczynnik modyfikacyjny  $k_{mod} = 0,9 \rightarrow$  tabl. 3.2.5 str. 38

(obciążenie krótkotrwałe, I klasa użytkowania)

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{t,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{t,0,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{c,0,d} = \frac{0,9 \cdot 23,0}{1,3} = 15,92 \text{ MPa} \quad f_{t,0,d} = \frac{0,9 \cdot 18,0}{1,3} = 12,46 \text{ MPa} \quad f_{m,d} = \frac{0,9 \cdot 30,0}{1,3} = 20,77 \text{ MPa}$$

- płatew o przekroju 15 / 18 cm

- rozpiętość płatwi pomiędzy mieczami  $l_y = l_1 = 252 \text{ cm} \quad \mu = 1,0$

- rozpiętość płatwi pomiędzy kleszczami  $l_z = l = 422 \text{ cm} \quad \mu = 1,0$

- siła ściskająca płatew  $S_1 = -46,53 \text{ kN} = N$

- moment przęsłowy w płatwi  $M_{y1} = 3,59 \text{ kNm}$

- moment podporowy w płatwi  $M_{yC} = -9,41 \text{ kNm}$

- moment przęsłowy w płatwi od obciążenia poziomego  $M_H = M_{z1} = 7,70 \text{ kNm}$

- moment w punkcie C od obciążenia poziomego:  $M_{zC} = 4,35 \cdot 0,85 - 2,06 \cdot 0,85^2 \cdot 0,5 = 2,95 \text{ kNm}$

$$A_d = 15 \cdot 18 = 270 \text{ cm}^2 = 0,027 \text{ m}^2 \quad h = 18 \text{ cm} ; b = 15 \text{ cm}$$

$$A_n = 15 \cdot (18 - 3) = 225 \text{ cm}^2 = 0,0225 \text{ m}^2$$

$$W_y = \frac{15 \cdot 18^2}{6} = 810 \text{ cm}^3 = 0,00081 \text{ m}^3$$

$$W_{yn} = \frac{15 \cdot 15^2}{6} = 562 \text{ cm}^3 = 0,000562 \text{ m}^3$$

$$W_z = \frac{18 \cdot 15^2}{6} = 675 \text{ cm}^3 = 0,000675 \text{ m}^3$$

$$W_{zn} = \frac{15 \cdot 15^2}{6} = 562 \text{ cm}^3 = 0,000562 \text{ m}^3$$

$$i_z = 0,289 \cdot h = 0,289 \cdot 18 = 4,33 \text{ cm}$$

$$i_y = 0,289 \cdot b = 0,289 \cdot 15 = 4,33 \text{ cm}$$

$\rightarrow$  wyboczenie może wystąpić w kierunku osi z

$l_{c,z}$  – długość wyboczeniowa elementu ściskanego

$$l_{c,z} = \mu_z \cdot l_z \quad ; \quad \text{smukłości względem osi y} \quad \lambda_z = \frac{l_z \cdot \mu}{i_z} = \frac{422 \cdot 1,0}{4,33} = 97,45 < \lambda_c = 150$$

20  
44.96



współczynnik wybowoczeniowy  $k_c$  dla wybowoczenia w kierunku osi  $z$

$\sigma_{c, \text{crit}, z}$  - naprężenie krytyczne przy ściskaniu

$$\sigma_{c, \text{crit}, z} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05}}{\lambda_z^2} = \frac{3,14^2 \cdot 8000}{97,45^2} = 8,30 \text{ MPa}$$

$E_{0,05}$  - 5% kwantyl modułu sprężystości wzdłuż włókien =  $8,0 \cdot 10^3$  MPa

$\lambda_{\text{rel}, z}$  - smukłość sprowadzona przy ściskaniu dla kierunku  $z$

$$\lambda_{\text{rel}, z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c, \text{crit}, z}}} = \sqrt{\frac{23,0}{8,30}} = 1,66$$

współczynnik wybowoczeniowy dla kierunku  $z$

$$k_z = 0,5 \left[ 1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel}, z} - 0,5) + \lambda_{\text{rel}, z}^2 \right] = 0,5 \left[ 1 + 0,2(1,66 - 0,5) + 1,66^2 \right] = 1,99$$

$\beta_c$  - współczynnik prostoliniowości elementów - dla drewna litego  $\beta_c = 0,2$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel}, z}^2}} = \frac{1}{1,99 + \sqrt{1,99^2 - 1,66^2}} = 0,32$$

naprężenie obliczeniowe ściskające w kierunku wzdłuż włókien

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A_d} = \frac{27,94}{0,027} = 1035 \text{ kN/m}^2 = 1,04 \text{ MPa}$$

naprężenie obliczeniowe zginające w przęśle od obciążenia pionowego

$$\sigma_{m,y,d,1} = \frac{M_1}{W_y} = \frac{2,44}{0,00081} = 3012 \text{ kN/m}^2 = 3,00 \text{ MPa}$$

naprężenie obliczeniowe zginające w przęśle od obciążenia poziomego

$$\sigma_{m,z,d,1} = \frac{M_{z1}}{W_z} = \frac{4,58}{0,000675} = 6785 \text{ kN/m}^2 = 6,80 \text{ MPa}$$

naprężenie obliczeniowe ściskające w kierunku wzdłuż włókien na podporze

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A_n} = \frac{27,94}{0,0225} = 1242 \text{ kN/m}^2 = 1,24 \text{ MPa}$$

naprężenie obliczeniowe zginające na podporze od obciążenia pionowego

$$\sigma_{m,y,d,C} = \frac{M_C}{W_{yn}} = \frac{5,65}{0,000562} = 10053 \text{ kN/m}^2 = 10,05 \text{ MPa}$$

naprężenie obliczeniowe zginające na podporze od obciążenia poziomego

$$\sigma_{m,z,d,C} = \frac{M_{zC}}{W_{yn}} = \frac{2,95}{0,000562} = 5249 \text{ kN/m}^2 = 5,25 \text{ MPa}$$

warunek na naprężenia w przęśle

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$k_m$  - współczynnik przekroju ; dla przekrojów prostokątnych  $k_m = 0,7$



$$\frac{1,04}{0,32 \cdot 15,92} + 0,7 \cdot \frac{3,00}{20,77} + \frac{6,80}{20,77} = 0,20 + 0,10 + 0,33 = 0,63 < 1$$

warunek na naprężenia na podporze

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{1,24}{15,92} + \frac{10,05}{20,77} + 0,7 \cdot \frac{5,25}{20,77} = 0,08 + 0,48 + 0,18 = 0,74 < 1$$

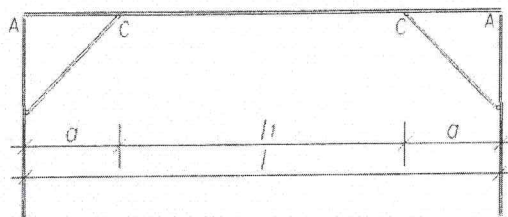
Przekrój płatwi przenosi projektowane obciążenia i nie wymaga wzmocnienia.

### 1.7.3 Pławek pośrednia w osi E w przęsłach 1-2 i 5-6 o l = 4,22 m

obciążenie na płatek przyjęto z poz. 1.3.5

- pionowe  $q' = 22,36 \text{ kN/m}$  ; - poziome  $q'' = 3,19 \text{ kN/m}$

schemat statyczny



Pławek obliczamy jako belkę 3-przęsłową ( styki płatwi umieszczone nad słupkami ) wzorami uproszczonymi :

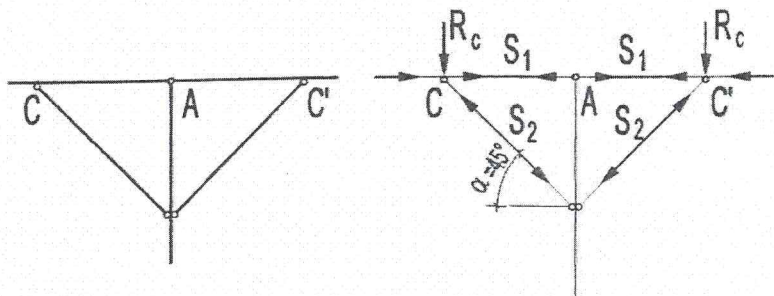
stosunek przęsła środkowego do skrajnego

$$m = \frac{l_1}{a} = \frac{2,52}{0,85} = 2,96$$

Moment podporowy nad mieczem

$$M_C = -\frac{q' \cdot a^2}{4} \cdot \frac{1+m^3}{2+3 \cdot m} = -\frac{22,36 \cdot 0,85^2}{4} \cdot \frac{1+2,96^3}{2+3 \cdot 2,96} = -9,99 \text{ kNm}$$

Reakcja nad mieczem  $R_C = R + \frac{M_C}{a} = \frac{q' \cdot (a+l_1)}{2} + \frac{M_C}{a} = \frac{22,36 \cdot (0,85+2,52)}{2} + \frac{9,99}{0,85} = 49,42 \text{ kN}$



Siła ściskająca w mieczu

$$S_2 = \frac{R_C}{\sin \alpha} = \frac{49,42}{0,707} = 69,91 \text{ kN}$$

Siła ściskająca w przęśle środkowym płatwi

22  
44 98

- moment przęsłowy w płatwi od obciążenia poziomego  $M_H = M_{z1} = 7,70 \text{ kNm}$
- moment w punkcie C od obciążenia poziomego:  $M_{zC} = 6,73 \cdot 0,85 - 3,19 \cdot 0,85^2 \cdot 0,5 = 4,56 \text{ kNm}$

$$A_d = 18 \cdot 20 = 360 \text{ cm}^2 = 0,036 \text{ m}^2 \quad h = 20 \text{ cm} ; b = 18 \text{ cm}$$

$$A_n = 18 \cdot (20 - 3) = 306 \text{ cm}^2 = 0,0306 \text{ m}^2$$

$$W_y = \frac{18 \cdot 20^2}{6} = 1200 \text{ cm}^3 = 0,0012 \text{ m}^3 \quad W_{yn} = \frac{18 \cdot 17^2}{6} = 867 \text{ cm}^3 = 0,000867 \text{ m}^3$$

$$W_z = \frac{20 \cdot 18^2}{6} = 1080 \text{ cm}^3 = 0,00108 \text{ m}^3 \quad W_{zn} = \frac{17 \cdot 18^2}{6} = 918 \text{ cm}^3 = 0,000918 \text{ m}^3$$

$$i_y = 0,289 \cdot h = 0,289 \cdot 20 = 5,78 \text{ cm}$$

$$i_z = 0,289 \cdot b = 0,289 \cdot 18 = 5,20 \text{ cm}$$

→ wyboczenie może wystąpić w kierunku osi z

$l_{c,z}$  – długość wyboczeniowa elementu ściskanego

$$l_{c,z} = \mu_z \cdot l_z \quad ; \quad \text{smukłości względem osi y} \quad \lambda_z = \frac{l_z \cdot \mu}{i_z} = \frac{422 \cdot 1,0}{5,20} = 81,15 < \lambda_c = 150$$

współczynnik wyboczeniowy  $k_c$  dla wyboczenia w kierunku osi z

$\sigma_{c,crit,z}$  – naprężenie krytyczne przy ściskaniu

$$\sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05}}{\lambda_z^2} = \frac{3,14^2 \cdot 8000}{81,15^2} = 11,97 \text{ MPa}$$

$E_{0,05}$  – 5% kwantyl modułu sprężystości wzdłuż włókien =  $8,0 \cdot 10^3 \text{ MPa}$

$\lambda_{rel,z}$  – smukłość sprowadzona przy ściskaniu dla kierunku z

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \sqrt{\frac{23,0}{11,97}} = 1,39$$

współczynnik wyboczeniowy dla kierunku z

$$k_z = 0,5 \left[ 1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2 \right] = 0,5 \left[ 1 + 0,2(1,39 - 0,5) + 1,39^2 \right] = 1,56$$

$\beta_c$  – współczynnik prostoliniowości elementów – dla drewna litego  $\beta_c = 0,2$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1,56 + \sqrt{1,56^2 - 1,39^2}} = 0,44$$

naprężenie obliczeniowe ściskające w kierunku wzdłuż włókien

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A_d} = \frac{49,42}{0,0360} = 1373 \text{ kN/m}^2 = 1,37 \text{ MPa}$$

naprężenie obliczeniowe zginające w przęśle od obciążenia pionowego

$$\sigma_{m,y,d,1} = \frac{M_1}{W_y} = \frac{3,82}{0,0012} = 3183 \text{ kN/m}^2 = 3,18 \text{ MPa}$$

naprężenie obliczeniowe zginające w przęśle od obciążenia poziomego

$$\sigma_{m,z,d,1} = \frac{M_{z1}}{W_z} = \frac{7,10}{0,00108} = 6574 \text{ kN/m}^2 = 6,57 \text{ MPa}$$



współczynnik wybozeniowy dla kierunku z

$$k_z = 0,5 \left[ 1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2 \right] = 0,5 \left[ 1 + 0,2(1,66 - 0,5) + 1,66^2 \right] = 1,99$$

$\beta_c$  – współczynnik prostoliniowości elementów - dla drewna litego  $\beta_c = 0,2$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1,99 + \sqrt{1,99^2 - 1,66^2}} = 0,32$$

naprężenie obliczeniowe ściskające w kierunku wzdłuż włókien

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A_d} = \frac{30,66}{0,027} = 1136,5 \text{ kN/m}^2 = 1,14 \text{ MPa}$$

naprężenie obliczeniowe zginające w przęśle od obciążenia pionowego

$$\sigma_{m,y,d,1} = \frac{M_1}{W_y} = \frac{2,66}{0,00081} = 3284 \text{ kN/m}^2 = 3,28 \text{ MPa}$$

naprężenie obliczeniowe zginające w przęśle od obciążenia poziomego

$$\sigma_{m,z,d,1} = \frac{M_{z1}}{W_z} = \frac{3,05}{0,000675} = 4519 \text{ kN/m}^2 = 4,52 \text{ MPa}$$

naprężenie obliczeniowe ściskające w kierunku wzdłuż włókien na podporze

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A_n} = \frac{30,66}{0,0225} = 1363 \text{ kN/m}^2 = 1,36 \text{ MPa}$$

naprężenie obliczeniowe zginające na podporze od obciążenia pionowego

$$\sigma_{m,y,d,C} = \frac{M_C}{W_{yn}} = \frac{6,20}{0,000562} = 11032 \text{ kN/m}^2 = 11,03 \text{ MPa}$$

naprężenie obliczeniowe zginające na podporze od obciążenia poziomego

$$\sigma_{m,z,d,C} = \frac{M_{zC}}{W_{zn}} = \frac{1,96}{0,000562} = 3487 \text{ kN/m}^2 = 3,49 \text{ MPa}$$

warunek na naprężenia w przęśle

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad k_m - \text{współczynnik przekroju} \quad ; \quad \text{dla przekrojów prostokątnych } k_m = 0,7$$

$$\frac{1,14}{0,32 \cdot 15,92} + 0,7 \cdot \frac{3,28}{20,77} + \frac{4,52}{20,77} = 0,22 + 0,11 + 0,22 = 0,55 < 1$$

warunek na naprężenia na podporze

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$
$$\frac{1,36}{15,92} + \frac{11,03}{20,77} + 0,7 \cdot \frac{3,49}{20,77} = 0,08 + 0,53 + 0,12 = 0,73 < 1$$

Przekrój płatwi przenosi projektowane obciążenia i nie wymaga wzmocnienia.