

#### IV. BUDYNEK SZKOŁY PODSTAWOWEJ I DOMU KULTURY - Obliczenia statyczne elementu dachu w części południowej w stanie projektowanym.

Kąt nachylenia połaci dachowych:  $\alpha := 35\text{-deg}$

$$\alpha = 35\text{-deg}$$

$$\cos(\alpha) = 0.819$$

$$\sin(\alpha) = 0.574$$

##### Obciążenie śniegiem.

Lokalizacja w III strefie śniegowej:  $A_{\text{ww}} := 300\text{-mn.p.m}$

$C_e := 1.0$  -współczynnik ekspozycji

$C_t := 1.0$  -współczynnik termiczny

$$0.006 \cdot \frac{A}{m} - 0.6 = 1.2$$

$$s_k := 1.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

-obciążenie charakterystyczne śniegiem

$$\mu_1 := 0.8 \cdot \frac{60\text{-deg} - (\alpha)}{30\text{-deg}}$$

$$\mu_1 = 0.667$$

-współczynnik kształtu dachu dla kąta  $> 30^\circ$

$$\text{Obciążenie charakterystyczne śniegiem połaci dachowej: } S_k := s_k \cdot \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \quad S_k = 0.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

##### Obciążenie wiatrem:

Lokalizacja w strefie wiatrowej I:

$$q_k := 0.25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_k = 0.25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

-char. ciśnienie prędkości wiatru

Teren otwarty A.

$$C_{e\text{ww}} := 1.0$$

-współczynnik ekspozycji

$$\beta := 1.8$$

-budowla niepodatna na dynamiczne działanie wiatru.

$$C_{zp1} := 0.015 \cdot \alpha - 0.2\text{-deg}$$

$$C_{zp1} = 0.325\text{-deg}$$

-wpółczynnik aerodynamiczny dla parcia

dla połaci o kącie nachylenia

$$C_{zs1} := [-0.045 \cdot (40\text{-deg} - \alpha)]$$

$$C_{zs1} = -0.225\text{-deg}$$

-wpółczynnik aerodynamiczny dla ssania połaci nawietrznej

$\alpha = 35\text{-deg}$

$$C_{zs2} := -0.4\text{-deg}$$

$$C_{zs2} = -0.4\text{-deg}$$

-wpółczynnik aerodynamiczny dla ssania połaci zawietrznej

Charakterystyczne obciążenie wiatrem połaci dachowej:

$$w_{kp1} := q_k \cdot C_e \cdot C_{zp1} \cdot \frac{\beta}{\text{deg}}$$

$$w_{kp1} = 0.146 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

-parcie

dla połaci nawietrznej o kącie nachylenia

$$w_{ks1} := q_k \cdot C_e \cdot C_{zs1} \cdot \frac{\beta}{\text{deg}}$$

$$w_{ks1} = -0.101 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

-ssanie

$\alpha = 35\text{-deg}$

$$w_{ks2} := q_k \cdot C_e \cdot C_{zs2} \cdot \frac{\beta}{\text{deg}}$$

$$w_{ks2} = -0.18 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

-ssanie

dla połaci zawietrznej o kącie nachylenia

$\alpha = 35\text{-deg}$

## 1.1. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ NA POŁAĆ DACHOWĄ - SYTUACJA ISTNIEJĄCA

	Wartość charakterystyczna.	Wsp. obciążenia.	Wartość obliczeniowa.		
Blacha trapezowa TR35, gr. 0.75mm:					
	$g_{1k} := 0.0721 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$g_{1k} = 0.072 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$\gamma_f := 1.35$	$g_l := g_{1k} \cdot \gamma_f$	$g_l = 0.097 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Śnieg					
	$g_{sk} := S_k$	$g_{sk} = 0.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$\gamma_{fs} := 1.5$	$g_s := g_{sk} \cdot \gamma_f$	$g_s = 1.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Wiatr					
dla parcia					
	$g_{wpk} := w_{kp1}$	$g_{wpk} = 0.146 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$\gamma_{fw} := 1.5$	$g_{wp} := g_{wpk} \cdot \gamma_f$	$g_{wp} = 0.219 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
dla ssania					
	$g_{ws1k} := w_{ks1}$	$g_{ws1k} = -0.101 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$\gamma_{fw} := 1.5$	$g_{ws1} := g_{ws1k} \cdot \gamma_f$	$g_{ws1} = -0.152 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
dla ssania połac zawietrzna					
	$g_{ws2k} := w_{ks2}$	$g_{ws2k} = -0.18 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$\gamma_{fw} := 1.5$	$g_{ws2} := g_{ws2k} \cdot \gamma_f$	$g_{ws2} = -0.27 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

### RAZEM OBC. Z DACHU NA POŁAĆ:

$$q_{kdach} := g_{1k} + g_{sk} \cdot \cos(\alpha) \quad q_{kdach} = 0.727 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{dach} := g_1 + g_s \cdot \cos(\alpha) \quad q_{dach} = 1.08 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

### RAZEM OBC. Z DACHU NARZUT POŁACI:

$$q_{kdachrz} := \frac{g_{1k}}{\cos(\alpha)} + g_{sk} + g_{wpk} \quad q_{kdachrz} = 1.034 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{dachrz} := \frac{g_1}{\cos(\alpha)} + g_s + g_{wp} \quad q_{dachrz} = 1.538 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

#### 1.1.1. SPRAWDZENIE WARUNKU NOŚNOŚCI I UŻYTKOWANIA DLA BLACHY TRAPEZOWEJ TR35 gr. 0.75mm

Rozpiętość przęsła:  $L_{bg} := 250 \cdot \text{cm}$

Obciążenie dopuszczalne z uwagi na nośność:  $q_1 := 1.34 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} > q_{dach} = 1.08 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$  **WARUNEK SPEŁNIONY**

Obciążenie dopuszczalne z uwagi na ugięcie:  $q_2 := 0.58 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} < q_{kdach} = 0.727 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$  **WARUNEK NISPEŁNIONY**

## 1.2. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ NA POŁĄC DACHOWĄ - SYTUACJA DOCELOWA

	Wartość charakterystyczna.	Wsp. obciążenia.	Wartość obliczeniowa.
Blacha dachowa:			
$g_{1k} := 0.10 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$g_{1k} = 0.1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$\gamma_f := 1.35$	$g_1 = 0.135 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Łaty :			
$g_{2k} := \left( 6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0.04 \cdot \text{m} \cdot 0.05 \right) \cdot 3.5$	$g_{2k} = 0.042 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$\gamma_f := 1.35$	$g_2 = 0.057 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Krokwie+kontrłaty 8x20 :			
$g_{3k} := \left( 6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0.10 \cdot \text{m} \cdot 0.20 \right) \cdot 0.2$	$g_{3k} = 0.024 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$\gamma_f := 1.35$	$g_3 = 0.032 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Wełna mineralna - 20cm:			
$g_{4k} := 1.0 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0.20 \cdot \text{m}$	$g_{4k} = 0.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$\gamma_f := 1.35$	$g_4 = 0.27 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Folia paroprzepuszczalna x2:			
$g_{5k} := 0.02 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$g_{5k} = 0.02 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$\gamma_f := 1.35$	$g_5 = 0.027 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Płyta g-k na ruszcie gr. 2x12.5mm:			
$g_{6k} := 8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0.025 \cdot \text{m}$	$g_{6k} = 0.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$\gamma_f := 1.35$	$g_6 = 0.27 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Ciężar baterii:			
$g_{7k} := 0.15 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$g_{7k} = 0.15 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$\gamma_f := 1.1$	$g_7 = 0.165 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Śnieg			
$g_{sk} := S_k$	$g_{sk} = 0.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$\gamma_f := 1.5$	$g_s = 1.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Wiatr			
dla parcia			
$g_{wpk} := w_{kp1}$	$g_{wpk} = 0.146 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$\gamma_f := 1.5$	$g_{wp} = 0.219 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
dla ssania			
$g_{ws1k} := w_{ks1}$	$g_{ws1k} = -0.101 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$\gamma_f := 1.5$	$g_{ws1} = -0.152 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
dla ssania połac zawietrzna			
$g_{ws2k} := w_{ks2}$	$g_{ws2k} = -0.18 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$\gamma_f := 1.5$	$g_{ws2} = -0.27 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

**RAZEM OBC. Z DACHU NA POŁAĆ:**

$$q_{kdach} := g_{1k} + g_{2k} + g_{3k} + g_{4k} + g_{5k} + g_{6k} + g_{7k} + g_{sk} \cdot \cos(\alpha)$$

$$q_{kdach} = 1.391 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{dach} := g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5 + g_6 + g_7 + g_s \cdot \cos(\alpha)$$

$$q_{dach} = 1.939 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

**RAZEM OBC. Z DACHU NARZUT POŁACI:**

$$q_{kdachrz} := \frac{g_{1k} + g_{2k} + g_{3k} + g_{4k} + g_{5k} + g_{6k} + g_{7k}}{\cos(\alpha)} + g_{sk} + g_{wpk}$$

$$q_{kdachrz} = 1.845 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{dachrz} := \frac{g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5 + g_6 + g_7}{\cos(\alpha)} + g_s + g_{wp}$$

$$q_{dachrz} = 2.587 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

### 1.3. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ NA PŁATEW:

PŁATEW dachowa:  $\alpha = 35 \cdot \text{deg}$   $\cos(\alpha) = 0.819$   $\sin(\alpha) = 0.574$

Wymiary płatwi:  $b := 14 \cdot \text{cm}$   $h := 14 \cdot \text{cm}$

Obciążenie z dachu na rzut:  $q_{\text{dach}} = 1.939 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Pas połaci dachowej przypadającej na płytę:  $l_{\text{dach}} := \frac{2.0 \cdot \text{m}}{\cos(\alpha)}$   $l_{\text{dach}} = 2.442 \text{ m}$

Wartość charakterystyczna obciążeń:

$$q_{ky} := (g_{1k} + g_{2k} + g_{3k} + g_{4k} + g_{5k} + g_{6k} + g_{7k} + g_{sk} \cdot \cos(\alpha) + g_{wpk} \cdot \cos(\alpha)) \cdot l_{\text{dach}} \quad q_{ky} = 3.689 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{kx} := (g_{wpk} \cdot \sin(\alpha)) \cdot l_{\text{dach}} \quad q_{kx} = 0.205 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Wartość obliczeniowa obciążeń:

$$q_y := (g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5 + g_6 + g_7 + g_s \cdot \cos(\alpha) + g_{wp} \cdot \cos(\alpha)) \cdot l_{\text{dach}} \quad q_y = 5.027 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_x := (g_{wp} \cdot \sin(\alpha)) \cdot l_{\text{dach}} \quad q_x = 0.307 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Rozpiętość:  $l_m := 2.05 \cdot \text{m}$   $l_{\text{slu}} := 2.05 \cdot \text{m}$

$$M_x := \frac{q_y \cdot l_m^2}{8} \quad M_x = 2.641 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_y := \frac{q_x \cdot l_{\text{slu}}^2}{8} \quad M_y = 0.161 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Przyjęto wymiary płatwi:  $b = 14 \cdot \text{cm}$   $h = 14 \cdot \text{cm}$

$$W_x := \frac{b \cdot h^2}{6} \quad W_x = 457.333 \cdot \text{cm}^3 \quad W_y := \frac{h \cdot b^2}{6} \quad W_y = 457.333 \cdot \text{cm}^3$$

$$J_x := \frac{b \cdot h^3}{12} \quad J_x = 3.201 \times 10^3 \cdot \text{cm}^4 \quad J_y := \frac{h \cdot b^3}{12} \quad J_y = 3.201 \times 10^3 \cdot \text{cm}^4$$

Przyjęto drewno sosnowe klasy K21:

$R_{dm} := 10 \cdot \text{MPa}$   $R_{dv} := 1.4 \cdot \text{MPa}$   $m_1 := 1.0$  -wilgotność < 80%  $m_3 := 1.0$  -sosna  
 $R_{dc} := 9.5 \cdot \text{MPa}$   $E_m := 8000 \cdot \text{MPa}$   $m_2 := 1.0$   $m_4 := 1.0$  -wstępne wygięcie

$$m_w := m_1 \cdot m_2 \cdot m_3 \cdot m_4 \quad m_w = 1$$

$$\sigma := \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \quad \sigma = 6.127 \cdot \text{MPa} < m_w \cdot R_{dm} = 10 \cdot \text{MPa}$$

**Ugięcie płatwi:**

Współczynnik zależny od schematu podparcia:  $\alpha_g := \frac{5}{48}$   $f_{dop} := \frac{l_m}{200}$

$$M_{kx} := \frac{q_{ky} \cdot l_m^2}{8} \quad M_{kx} = 1.938 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad M_{ky} := \frac{q_{kx} \cdot l_{slu}^2}{8} \quad M_y = 0.161 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$f_x := \alpha_g \cdot \left( \frac{M_{kx} \cdot l_m^2}{E_m \cdot J_x} \right) \quad f_x = 0.331 \cdot \text{cm} \quad f_y := \alpha_g \cdot \left( \frac{M_{ky} \cdot l_{slu}^2}{E_m \cdot J_y} \right) \quad f_y = 0.018 \cdot \text{cm}$$

$$f := \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad f = 0.332 \cdot \text{cm} \quad < \quad f_{dop} = 1.025 \cdot \text{cm}$$

#### 1.4 ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ NA KROKIEW KOSZOWĄ:

$$\text{Rozstaw krokwi: } a_k := 300 \cdot \text{cm} \quad \alpha_1 := \text{atan}\left(\frac{120}{250}\right) \quad \alpha_1 = 25.641 \cdot \text{deg}$$

$$\alpha = 35 \cdot \text{deg}$$

$$\cos(\alpha) = 0.819$$

$$\sin(\alpha) = 0.574$$

$$\text{Rozpiętość krokwi } l_k := \frac{300 \cdot \text{cm}}{\cos(\alpha_1)} \quad l_k = 3.328 \text{ m}$$

Wartość charakterystyczna obciążeń:

$$q_{kkr} := \left( g_{1k} + g_{2k} + g_{3k} + g_{4k} + g_{5k} + g_{6k} + g_{7k} + g_{8k} \cdot \cos(\alpha)^2 + g_{wpk} \right) \cdot a_k$$

$$q_{kkr} = 4.257 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Wartość obliczeniowa obciążeń:

$$q_{kr} := \left( g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5 + g_6 + g_7 + g_8 \cdot \cos(\alpha)^2 + g_{wp} \right) \cdot a_k$$

$$q_{kr} = 5.942 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{kr} := \frac{q_{kr} \cdot l_k^2}{8}$$

$$M_{kr} = 8.225 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{kkr} := \frac{q_{kkr} \cdot l_k^2}{8}$$

$$M_{kkr} = 5.893 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{kr} := \frac{q_{kr} \cdot l_k}{2}$$

$$V_{kr} = 9.887 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Przyjęto wymiary krokwi: } \underline{b} := 14 \cdot \text{cm} \quad \underline{h} := 14 \cdot \text{cm}$$

$$\underline{W}_x := \frac{b \cdot h^2}{6}$$

$$W_x = 457.333 \cdot \text{cm}^3$$

$$\underline{J}_x := \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$J_x = 3.201 \times 10^3 \cdot \text{cm}^4$$

Naprężenia:

$$\underline{\sigma} := \frac{M_{kr}}{W_x}$$

$$\sigma = 17.985 \cdot \text{MPa} >$$

$$m_w \cdot R_{dm} = 10 \cdot \text{MPa}$$

**Warunek niespełniony**

$$\tau := \frac{1.5 \cdot V_{kr}}{b \cdot h}$$

$$\tau = 0.757 \cdot \text{MPa} <$$

$$m_w \cdot R_{dv} = 1.4 \cdot \text{MPa}$$

Ugięcia:

$$f_{kr} := \frac{5 \cdot M_{kkr} \cdot l_k^2}{48 \cdot E_m \cdot J_x}$$

$$f_{kr} = 2.654 \cdot \text{cm} >$$

$$\frac{l_k}{200} = 1.664 \cdot \text{cm}$$

**Warunek niespełniony**

### 1.5 ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ NA SŁUPEK S1:

Obciążenie na rzut dachu:  $q_{dach} = 1.939 \cdot \frac{kN}{m^2}$

Wymiary przekroju:  $b := 14 \cdot cm$   $h := 14 \cdot cm$

Wysokość słupa:  $l_s := 430 \cdot cm$

$$P_{s1} := q_{dach} \cdot 2.0 \cdot m \cdot 3.0 \cdot m + \left( l_s \cdot b \cdot h \cdot 6 \cdot \frac{kN}{m^3} \right) \cdot 1.1$$

$$P_{s1} = 12.191 \cdot kN \quad P_s := P_{s1}$$

$$P_{ks1} := q_{kdach} \cdot 2.0 \cdot m \cdot 3.0 \cdot m + \left( l_s \cdot b \cdot h \cdot 6 \cdot \frac{kN}{m^3} \right) \cdot 1.1$$

$$P_{ks1} = 8.904 \cdot kN$$

Pole przekroju:  $A := b \cdot h$   $A = 196 \cdot cm^2$

Pole przekroju netto:  $A_n := b \cdot (h - 0 \cdot cm)$   $A_n = 196 \cdot cm^2$

Promień bezwładności:  $i := \sqrt{\frac{h^2}{12}}$   $i = 4.041 \cdot cm$   $\mu := 1.2$

Smukłość słupa:  $\lambda_c := \frac{l_s \cdot \mu}{i}$   $\lambda_c = 127.677 < 150$

Wsp. wyboczeniowy  $k_w := 0.15$

Przyjęto drewno sosnowe klasy K21:

$R_{dm} := 10 \cdot MPa$	$R_{dc} := 1.4 \cdot MPa$	$m_1 := 1.0$ -wilgotność<80%	$m_2 := 1.0$ -sosna
$R_{dc} := 9.5 \cdot MPa$	$E_w := 8000 \cdot MPa$	$m_3 := 1.0$	$m_4 := 1.0$ -wstępne wygięcie

$$m_w := m_1 \cdot m_2 \cdot m_3 \cdot m_4 \quad m_w = 1$$

Maxymalna siła osiowa i naprężenie jaką może przenieść element :

$$P_{max} := m_w \cdot R_{dc} \cdot A_n \cdot k_w \quad P_{max} = 27.93 \cdot kN$$

$$P_s = 12.191 \cdot kN < P_{max} = 27.93 \cdot kN$$

$$\sigma := \frac{P_s}{A_n \cdot k_w} \quad \sigma = 4.147 \cdot MPa < m \cdot R_{dc} = 9.5 \cdot MPa$$

KONIEC OBLICZEŃ