

| | | |
|-------------|--|----------|
| ZAŁĄCZNIK 1 | OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE WIĘŻBY DREWNIANEJ | Strona 1 |
|-------------|--|----------|

ZAŁĄCZNIK 1

OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE WIĘŻBY DREWNIANEJ URZĘDU GMINY GOLESZÓW

AUTOR OPRACOWANIA:

| | |
|---|--|
| PROJEKTANT: mgr inż. Dawid Skorupski SLK/46371/POOK/12 | |
|---|--|

GLIWICE 02-2017

| | | |
|-------------|--|----------|
| ZAŁĄCZNIK 1 | OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE WIĘŻBY DREWNIANEJ | Strona 2 |
|-------------|--|----------|

OPIS TECHNICZNY

| | | |
|--------------------|--|------------------|
| <u>1.</u> | <u>ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ.....</u> | <u>3</u> |
| <u>1.1.</u> | <u>OBCIĄŻENIA STAŁE</u> | <u>3</u> |
| <u>1.2.</u> | <u>OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM WG PN-80/B-02010/AZ1 / Z1-1.....</u> | <u>3</u> |
| <u>1.3.</u> | <u>OBCIĄŻENIE WIATREM WG PN-B-02011:1977/AZ1 / Z1-3</u> | <u>4</u> |
| <u>2.</u> | <u>ANALIZA STATYCZNA.....</u> | <u>5</u> |
| <u>2.1.</u> | <u>SIŁY WEWNĘTRZNE</u> | <u>5</u> |
| <u>2.2.</u> | <u>DESKOWANIE.....</u> | <u>10</u> |
| <u>2.3.</u> | <u>KROKIEW - ROZSTAW 0,9 M.....</u> | <u>11</u> |
| <u>3.</u> | <u>KROKIEW - ROZSTAW 1,2</u> | <u>12</u> |
| <u>4.</u> | <u>PŁATEW</u> | <u>13</u> |
| <u>5.</u> | <u>SŁUP</u> | <u>14</u> |

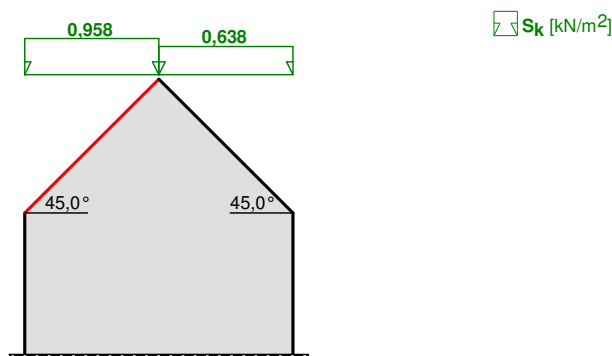
1. Zestawienie obciążeń

1.1. Obciążenia stałe

Tablica 1. Zestawienie obciążeń stałych działających na więźbę

| Lp | Opis obciążenia | Obc. char. kN/m ² | γ_f | k_d | Obc. obl. kN/m ² |
|------------|---|---------------------------------|------------|-------|--------------------------------|
| 1. | Blacha stalowa, cynkowa lub miedziana o grubości 0,55 mm na deskowaniu pełnym 25 mm [0,350kN/m ²] | 0,35 | 1,30 | -- | 0,45 |
| Σ : | | 0,35 | 1,30 | -- | 0,45 |

1.2. Obciążenie śniegiem wg PN-80/B-02010/Az1 / Z1-1



Połąć bardziej obciążona:

- Dach dwuspadowy
- Obciążenie charakterystyczne śniegiem gruntu:
 - strefa obciążenia śniegiem 3; $A = 366$ m n.p.m. $\rightarrow Q_k = 0,006 \cdot A - 0,6 = 1,596$ kN/m²
- Współczynnik kształtu dachu:

nachylenie połaci $\alpha = 45,0^\circ$

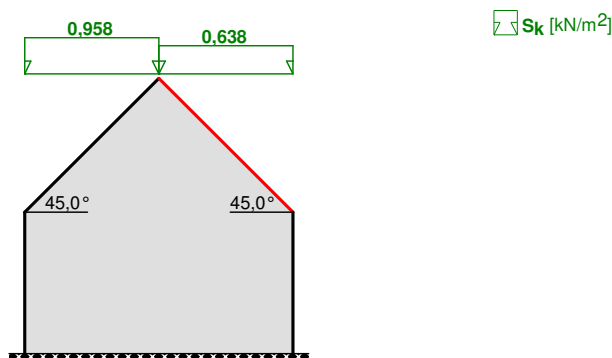
$$C_2 = 1,2 \cdot (60^\circ - \alpha) / 30^\circ = 1,2 \cdot (60^\circ - 45,0^\circ) / 30^\circ = 0,600$$

Obciążenie charakterystyczne dachu:

$$S_k = Q_k \cdot C = 1,596 \cdot 0,600 = \mathbf{0,958 \text{ kN/m}^2}$$

Obciążenie obliczeniowe:

$$S = S_k \cdot \gamma_f = 0,958 \cdot 1,5 = \mathbf{1,436 \text{ kN/m}^2}$$

**Połąć mniej obciążona:**

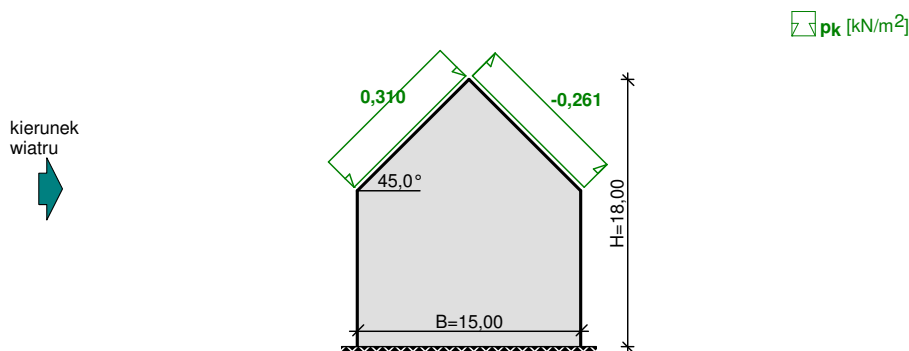
- Dach dwuspadowy
- Obciążenie charakterystyczne śniegiem gruntu:
 - strefa obciążenia śniegiem 3; $A = 366 \text{ m n.p.m.} \rightarrow Q_k = 0,006 \cdot A - 0,6 = 1,596 \text{ kN/m}^2$
- Współczynnik kształtu dachu:
 - nachylenie połaci $\alpha = 45,0^\circ$
 - $C_1 = 0,8 \cdot (60^\circ - \alpha) / 30^\circ = 0,8 \cdot (60^\circ - 45,0^\circ) / 30^\circ = 0,400$

Obciążenie charakterystyczne dachu:

$$S_k = Q_k \cdot C = 1,596 \cdot 0,400 = \mathbf{0,638 \text{ kN/m}^2}$$

Obciążenie obliczeniowe:

$$S = S_k \cdot \gamma_f = 0,638 \cdot 1,5 = \mathbf{0,958 \text{ kN/m}^2}$$

1.3. Obciążenie wiatrem wg PN-B-02011:1977/Az1 / Z1-3

- Budynek o wymiarach: $B = 15,00 \text{ m}$, $L = 24,00 \text{ m}$, $H = 18,00 \text{ m}$
- Dach dwuspadowy, kąt nachylenia połaci $\alpha = 45,0^\circ$
- Charakterystyczne ciśnienie prędkości wiatru:
 - strefa obciążenia wiatrem III; $H = 366 \text{ m n.p.m.} \rightarrow q_k = 300 \cdot [1 + 0,0006 \cdot (H - 300)]^2 \cdot [20000 - H / 20000 + H] = 313 \text{ Pa}$
 - $q_k = 0,313 \text{ kN/m}^2$
- Współczynnik ekspozycji:
 - rodzaj terenu: A; $z = H = 18,0 \text{ m} \rightarrow C_e(z) = 0,8 + 0,02 \cdot 18,0 = 1,16$
- Współczynnik działania porywów wiatru:
 - $\beta = 1,80$
- Współczynnik ciśnienia wewnętrznego:
 - budynek zamknięty $\rightarrow C_w = 0$

Połąć nawietrzna:

| | | |
|-------------|--|----------|
| ZAŁĄCZNIK 1 | OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE WIĘŻBY DREWNIANEJ | Strona 5 |
|-------------|--|----------|

- Współczynnik ciśnienia zewnętrznego:

$$C_z = 0,015 \cdot \alpha - 0,2 = 0,015 \cdot 45,0^\circ - 0,2 = 0,475$$

- Współczynnik aerodynamiczny C:

$$C = C_z - C_w = 0,475 - 0 = 0,475$$

Obciążenie charakterystyczne:

$$p_k = q_k \cdot C_e \cdot C \cdot \beta = 0,313 \cdot 1,16 \cdot 0,475 \cdot 1,80 = \mathbf{0,310 \text{ kN/m}^2}$$

Obciążenie obliczeniowe:

$$p = p_k \cdot \gamma_f = 0,310 \cdot 1,5 = \mathbf{0,465 \text{ kN/m}^2}$$

Połać zawietrzna:

- Współczynnik ciśnienia zewnętrznego:

$$C_z = -0,4$$

- Współczynnik aerodynamiczny C:

$$C = C_z - C_w = -0,4 - 0 = -0,4$$

Obciążenie charakterystyczne:

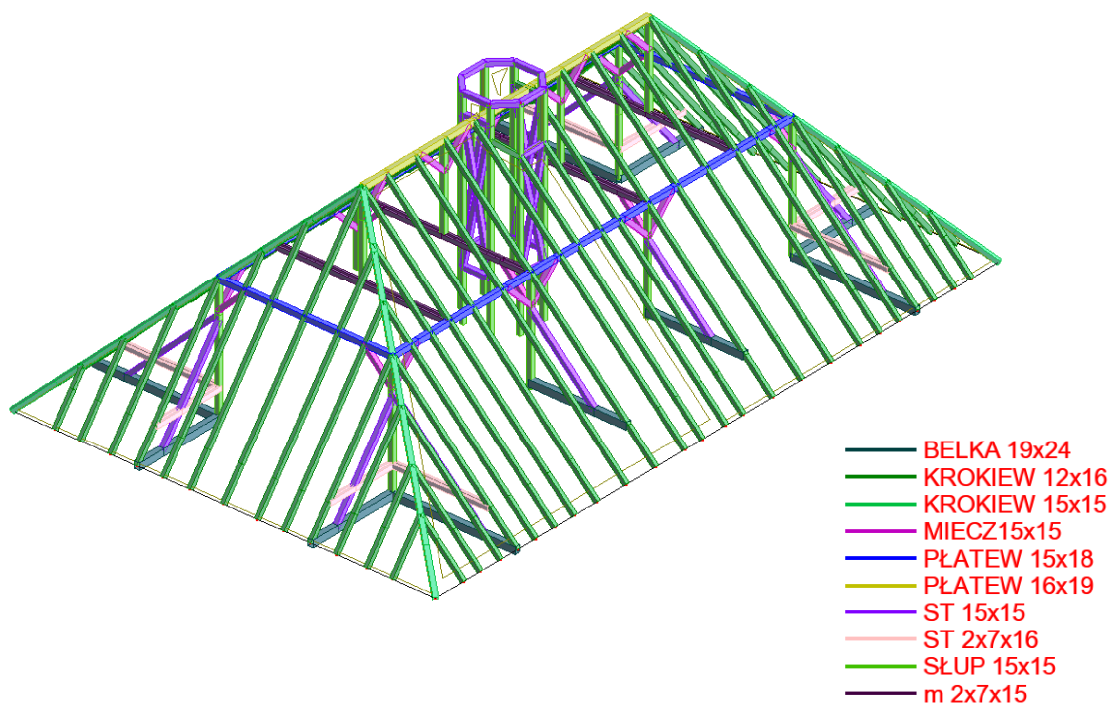
$$p_k = q_k \cdot C_e \cdot C \cdot \beta = 0,313 \cdot 1,16 \cdot (-0,4) \cdot 1,80 = \mathbf{-0,261 \text{ kN/m}^2}$$

Obciążenie obliczeniowe:

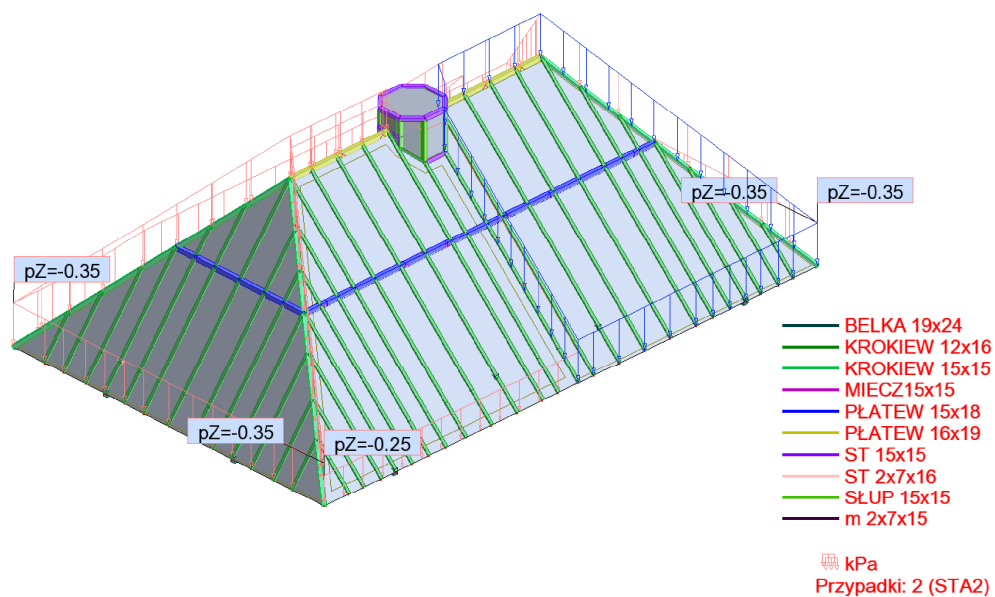
$$p = p_k \cdot \gamma_f = (-0,261) \cdot 1,5 = \mathbf{-0,392 \text{ kN/m}^2}$$

2. Analiza statyczna

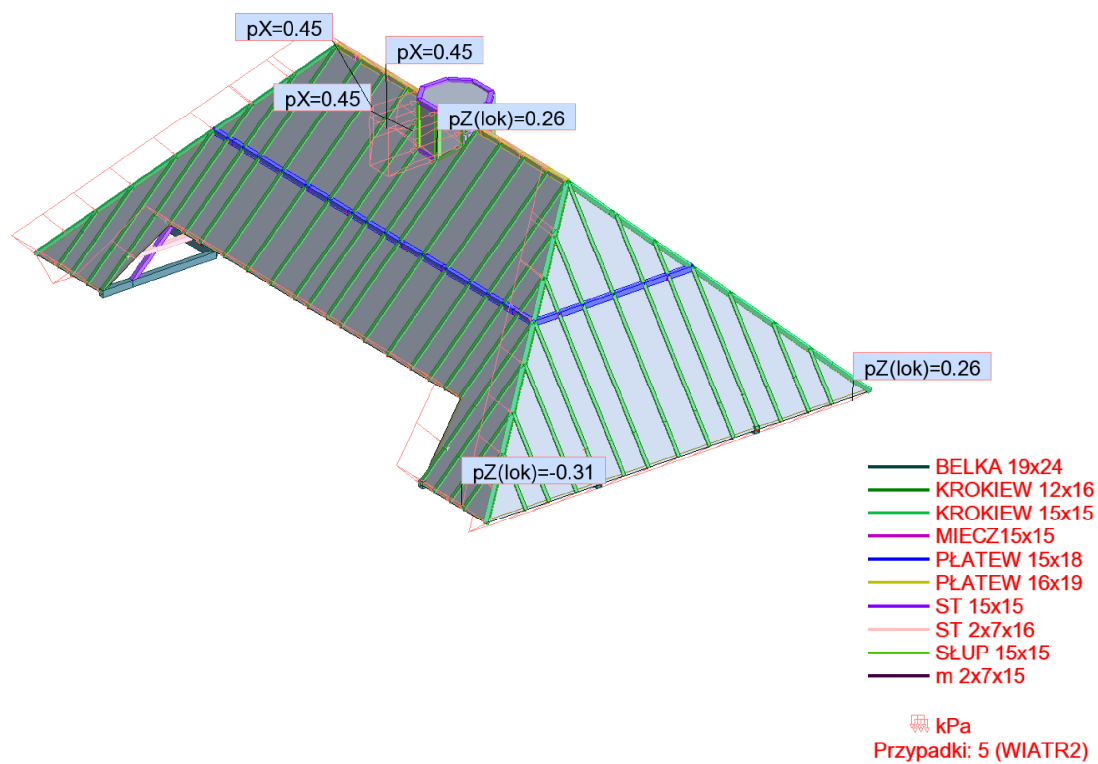
2.1. Siły wewnętrzne



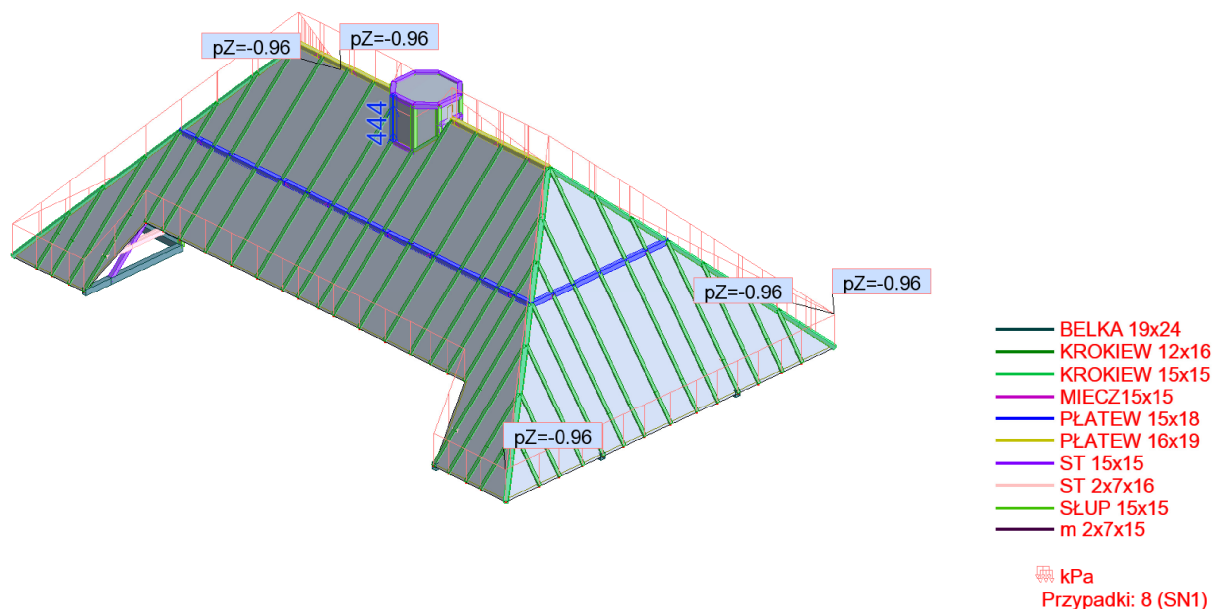
Widok ogólny modelu



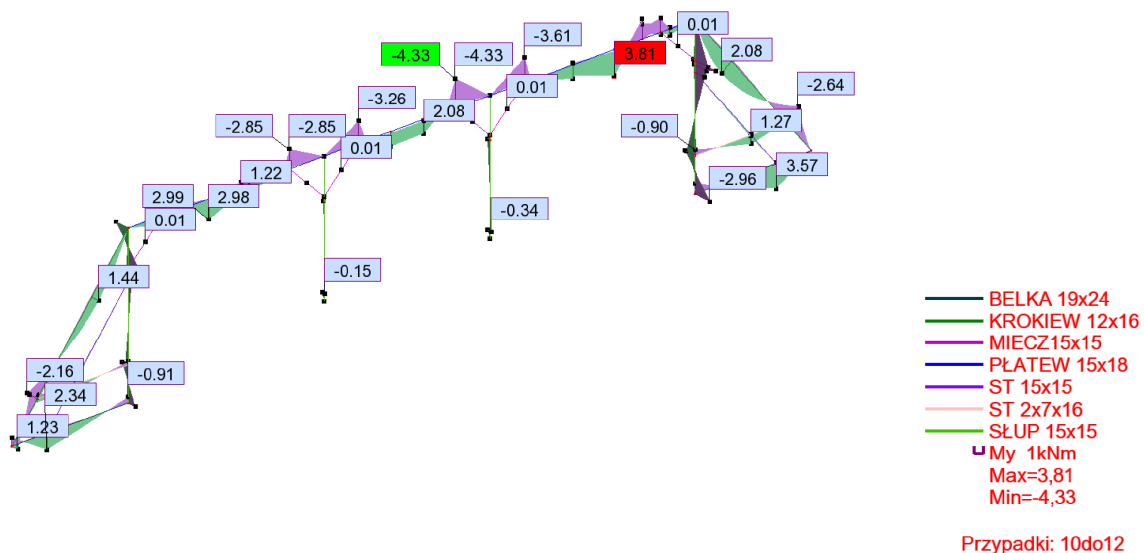
Sposób przyłożenia obciążeń - przypadek obciążenia stałe (STA2)



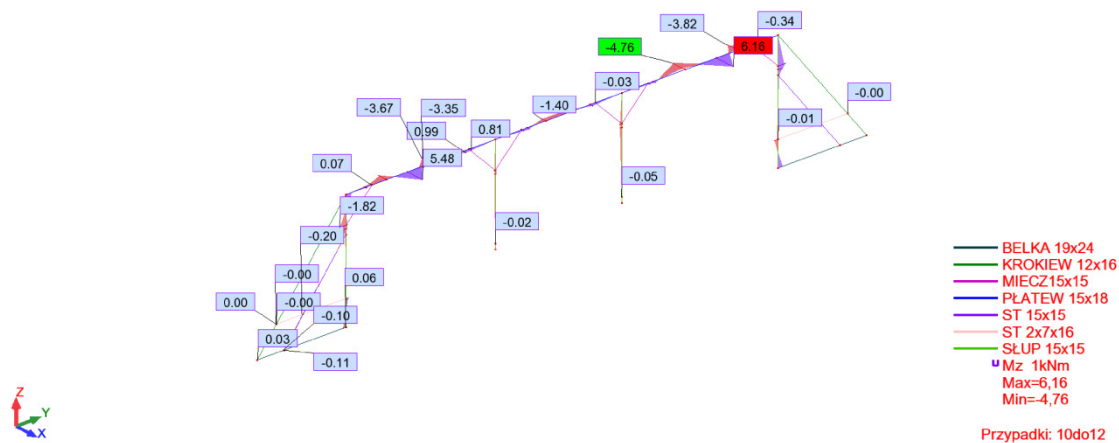
Sposób przyłożenia obciążeń - przypadek obciążenia stałe (WIATR2)



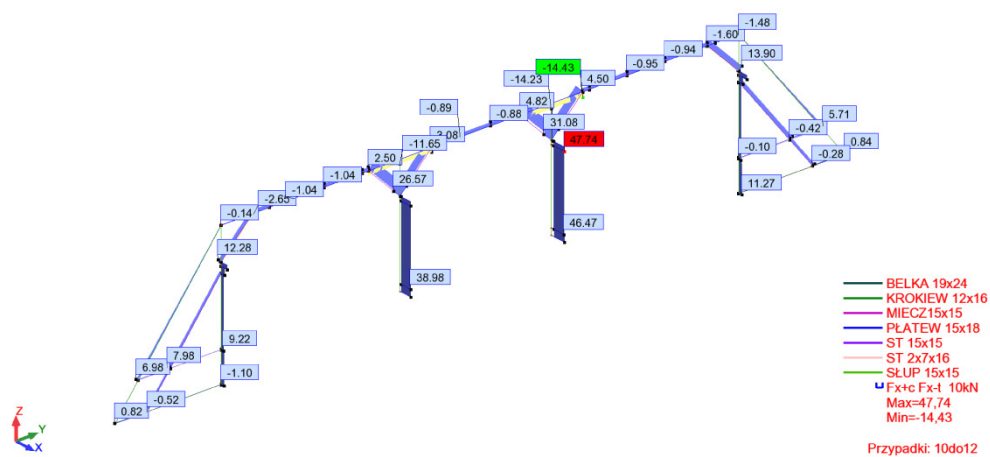
Sposób przyłożenia obciążeń - przypadek obciążenia śniegiem (SN1)



Rama 1 - siły wewnętrzne w płatwiach i słupach - momentY MY; SGN



Rama 1 - siły wewnętrzne w płatwiach i słupach - momenty MZ; SGN



Rama 1 - siły wewnętrzne w płatwiach i słupach - siły osiowe Fx; SGN



Rama 1 - siły wewnętrzne w płatwiach i słupach - Def.dokładna SGU;

| | | |
|-------------|--|-----------|
| ZAŁĄCZNIK 1 | OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE WIĘŻBY DREWNIANEJ | Strona 10 |
|-------------|--|-----------|

2.2. Deskowanie

DANE:

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość $b = 15,0 \text{ cm}$

Wysokość $h = 2,5 \text{ cm}$

Drewno:

drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C24**

→ $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$, $f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}$, $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$, $f_{v,k} = 2,5 \text{ MPa}$, $E_{0,mean} = 11 \text{ GPa}$, $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Geometria:

Kąt nachylenia połaci dachowej $\alpha = 45,0^\circ$

Rozstaw łąt $a_1 = 0,15 \text{ m}$

Rozstaw podparć $a = 1,20 \text{ m}$

Schemat: belka dwuprzęsłowa

element w remontowanym obiekcie starym

Obciążenia:

- obciążenie stałe $g_k = 0,350 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej; $\gamma_f = 1,10$

- obciążenie śniegiem (wg PN-80/B-02010/Az1/Z1: strefa 3, $A = 365,0 \text{ m n.p.m.}$):

$S_k = 0,954 \text{ kN/m}^2$ rzutu połaci dachowej, $\gamma_f = 1,50$

- obciążenie parciem wiatru (wg PN-B-02011:1977/Az1:2009/Z1-3: strefa III, teren A, wys. budynku $z = 18,0 \text{ m}$):

$p_k = 0,310 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej, $\gamma_f = 1,50$

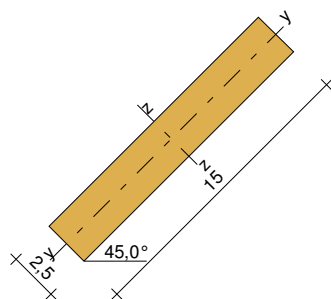
- obciążenie ssaniem wiatru (wg PN-B-02011:1977/Az1:2009/Z1-3: strefa III, teren A, wys. budynku $z = 18,0 \text{ m}$):

$p_k = -0,261 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej, $\gamma_f = 1,50$

- obciążenie skupione $F_k = 1,00 \text{ kN}$; $\gamma_f = 1,20$

WYNIKI:

$A = 37,5 \text{ cm}^2$
 $W_y = 15,6 \text{ cm}^3$
 $W_z = 93,8 \text{ cm}^3$
 $J_y = 19,5 \text{ cm}^4$
 $J_z = 703 \text{ cm}^4$
 $m = 1,31 \text{ kg/m}$



Zginanie:

decyduje kombinacja: E (obc.stałe max.+obc.montażowe)

Momenty obliczeniowe:

$M_y = 0,21 \text{ kNm}$; $M_z = 0,21 \text{ kNm}$

Warunek nośności:

$k_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 0,587 < 1$

$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 0,756 < 1$

Warunek stateczności:

współczynniki zwichrzenia $k_{crit,y} = 1,000$; $k_{crit,z} = 0,808$

$\sigma_{m,y,d} = 13,75 \text{ MPa} < k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d} = 20,31 \text{ MPa} \quad (67,7\%)$

$\sigma_{m,z,d} = 2,29 \text{ MPa} < k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d} = 16,42 \text{ MPa} \quad (14,0\%)$

Ugięcie:

decyduje kombinacja: E (obc.stałe+obc.montażowe)

$u_{fin} = 11,55 \text{ mm} > u_{net,fin} = 1,5 \cdot a / 200 = 9,00 \text{ mm} \quad (128,3\%)$

(!!!)

Ugięcie przekroczone na rozpiętości 1,2 wyłącznie w fazie montażowej - pomijalne

2.3. Krokiew - rozstaw 0,9 m

DANE:

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość $b = 12,0$ cm

Wysokość $h = 16,0$ cm

Zacios na podporach $t_k = 3,0$ cm

Drewno:

drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C16**

→ $f_{m,k} = 16$ MPa, $f_{t,0,k} = 10$ MPa, $f_{c,0,k} = 17$ MPa, $f_{v,k} = 1,8$ MPa, $E_{0,mean} = 8$ GPa, $\rho_k = 310$ kg/m³

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Geometria:

Kąt nachylenia połaci dachowej $\alpha = 45,0^\circ$

Rozstaw krokwi $a = 0,90$ m

Długość wspornika $l_w = 0,10$ m

Długość odcinka środkowego $l_d = 4,77$ m

Długość odcinka górnego $l_g = 4,40$ m

element w remontowanym obiekcie starym

Obciążenia dachu:

- obciążenie stałe $g_k = 0,350$ kN/m² połaci dachowej; $\gamma_f = 1,10$

- uwzględniono ciężar własny krokwi

- obciążenie śniegiem (wg PN-80/B-02010/Az1/Z1: strefa 3, $A = 365,0$ m n.p.m.):

$S_k = 0,954$ kN/m² rzutu połaci dachowej, $\gamma_f = 1,50$

- obciążenie parciem wiatru (wg PN-B-02011:1977/Az1:2009/Z1-3: strefa III, teren A, wys. budynku $z = 18,0$ m):

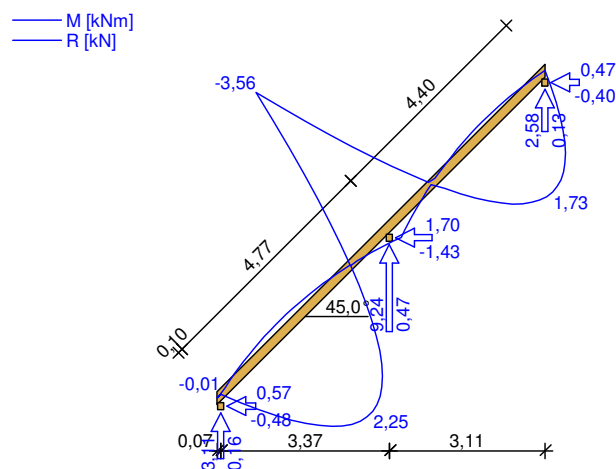
$p_k = 0,310$ kN/m² połaci dachowej, $\gamma_f = 1,50$

- obciążenie ssaniem wiatru (wg PN-B-02011:1977/Az1:2009/Z1-3: strefa III, teren A, wys. budynku $z = 18,0$ m):

$p_k = -0,261$ kN/m² połaci dachowej, $\gamma_f = 1,50$

- obciążenie ociepleniem $g_{kk} = 0,000$ kN/m² połaci dachowej

WYNIKI:



| | | |
|-------------|--|-----------|
| ZAŁĄCZNIK 1 | OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE WIĘŻBY DREWNIANEJ | Strona 12 |
|-------------|--|-----------|

Zginanie:

decyduje kombinacja A (obc.stałe max.+śnieg+wiatr)

Moment obliczeniowy:

$$M_{\text{podp}} = -3,56 \text{ kNm}$$

Warunek nośności - podpora:

$$\sigma_{m,y,d} = 10,53 \text{ MPa}, f_{m,y,d} = 9,85 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 1,069 > 1 \quad (!!!)$$

Ugięcie (wspornik):

$$u_{\text{fin}} = (-) 0,74 \text{ mm} < u_{\text{net,fin}} = 1,5 \cdot 2,0 \cdot l / 200 = 1,50 \text{ mm} \quad (49,3\%)$$

Ugięcie (odcinek środkowy):

$$u_{\text{fin}} = 9,41 \text{ mm} < u_{\text{net,fin}} = 1,5 \cdot l / 200 = 35,77 \text{ mm} \quad (26,3\%)$$

3. Krokiew - rozstaw 1,2

DANE:

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość $b = 12,0 \text{ cm}$

Wysokość $h = 16,0 \text{ cm}$

Zacios na podporach $t_k = 3,0 \text{ cm}$

Drewno:

drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C16**

$$\rightarrow f_{m,k} = 16 \text{ MPa}, f_{t,0,k} = 10 \text{ MPa}, f_{c,0,k} = 17 \text{ MPa}, f_{v,k} = 1,8 \text{ MPa}, E_{0,\text{mean}} = 8 \text{ GPa}, \rho_k = 310 \text{ kg/m}^3$$

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Geometria:

Kąt nachylenia połaci dachowej $\alpha = 45,0^\circ$

Rozstaw krokwi $a = 1,20 \text{ m}$

Długość wspornika $l_w = 0,10 \text{ m}$

Długość odcinka środkowego $l_d = 4,77 \text{ m}$

Długość odcinka górnego $l_g = 4,40 \text{ m}$

element w remontowanym obiekcie starym

Obciążenia dachu:

- obciążenie stałe $g_k = 0,350 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej; $\gamma_f = 1,10$

- uwzględniono ciężar własny krokwi

- obciążenie śniegiem (wg PN-80/B-02010/Az1/Z1: strefa 3, $A = 365,0 \text{ m n.p.m.}$):

$$S_k = 0,954 \text{ kN/m}^2 \text{ rzutu połaci dachowej}, \gamma_f = 1,50$$

- obciążenie parciem wiatru (wg PN-B-02011:1977/Az1:2009/Z1-3: strefa III, teren A, wys. budynku $z = 18,0 \text{ m}$):

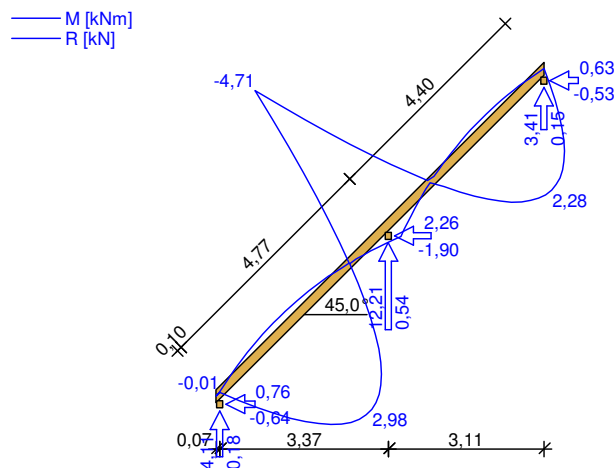
$$p_k = 0,310 \text{ kN/m}^2 \text{ połaci dachowej}, \gamma_f = 1,50$$

- obciążenie ssaniem wiatru (wg PN-B-02011:1977/Az1:2009/Z1-3: strefa III, teren A, wys. budynku $z = 18,0 \text{ m}$):

$$p_k = -0,261 \text{ kN/m}^2 \text{ połaci dachowej}, \gamma_f = 1,50$$

- obciążenie ociepleniem $g_{kk} = 0,000 \text{ kN/m}^2$ połaci dachowej

WYNIKI:

Zginanie:

decyduje kombinacja A (obc.stałe max.+śnieg+wiatr)

Moment obliczeniowy:

$$M_{\text{podp}} = -4,71 \text{ kNm}$$

Warunek nośności - podpora:

$$\sigma_{m,y,d} = 13,93 \text{ MPa}, f_{m,y,d} = 9,85 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 1,415 > 1 \quad (!!!)$$

Ugięcie (wspornik):

$$u_{\text{fin}} = (-) 0,97 \text{ mm} < u_{\text{net,fin}} = 1,5 \cdot 2,0 \cdot l / 200 = 1,50 \text{ mm} \quad (64,7\%)$$

Ugięcie (odcinek środkowy):

$$u_{\text{fin}} = 12,33 \text{ mm} < u_{\text{net,fin}} = 1,5 \cdot l / 200 = 35,77 \text{ mm} \quad (34,5\%)$$

4. Płatew**DANE:**Wymiary przekroju: przekrój prostokątnySzerokość $b = 15,0 \text{ cm}$ Wysokość $h = 18,0 \text{ cm}$ Drewno:drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C16**

$$\rightarrow f_{m,k} = 16 \text{ MPa}, f_{t,0,k} = 10 \text{ MPa}, f_{c,0,k} = 17 \text{ MPa}, f_{v,k} = 1,8 \text{ MPa}, E_{0,mean} = 8 \text{ GPa}, \rho_k = 310 \text{ kg/m}^3$$

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

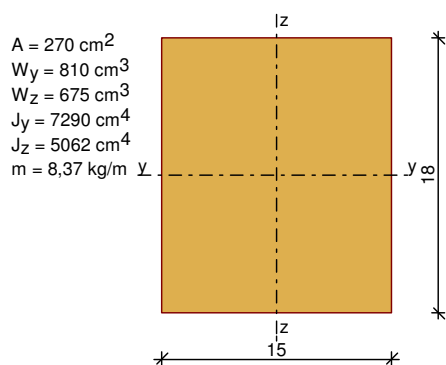
Obciążenia:Moment zginający $M_y = 3,06 \text{ kNm}$ Moment zginający $M_z = 6,62 \text{ kNm}$

Klasa trwania obciążenia: średniotrwałe

Długość obliczeniowa $l_d = 5,70 \text{ m}$

Poziom przyłożenia obciążenia: na górnej (ściskanej) powierzchni

WYNIKI:

Zginanie:

$$M_y = 3,06 \text{ kNm}; \quad M_z = 6,62 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,y,d} = 3,78 \text{ MPa}, \quad f_{m,y,d} = 9,85 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = 9,81 \text{ MPa}, \quad f_{m,z,d} = 9,85 \text{ MPa}$$

Warunek nośności:

$$k_m = 0,70$$

$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,384 + 0,697 = 1,081 > 1 \quad (!!!)$$

$$k_m \cdot \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,269 + 0,996 = 1,265 > 1 \quad (!!!)$$

Warunek stateczności:

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

$$\sigma_{m,y,d} = 3,78 \text{ MPa} < k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d} = 9,85 \text{ MPa} \quad (38,4\%)$$

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

$$\sigma_{m,z,d} = 9,81 \text{ MPa} < k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d} = 9,85 \text{ MPa} \quad (99,6\%)$$

5. Słup**DANE:**

Wymiary przekroju: przekrój prostokątny

Szerokość $b = 15,0 \text{ cm}$

Wysokość $h = 15,0 \text{ cm}$

Drewno:

drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C16**

$$\rightarrow f_{m,k} = 16 \text{ MPa}, f_{t,0,k} = 10 \text{ MPa}, f_{c,0,k} = 17 \text{ MPa}, f_{v,k} = 1,8 \text{ MPa}, E_{0,mean} = 8 \text{ GPa}, \rho_k = 310 \text{ kg/m}^3$$

Klasa użytkowania konstrukcji: klasa 2

Geometria:

Wysokość słupa $l_{col} = 3,26 \text{ m}$

Współczynniki długości wyboczeniowej:

- względem osi y $\mu_y = 1,00$

- względem osi z $\mu_z = 1,00$

Obciążenia:

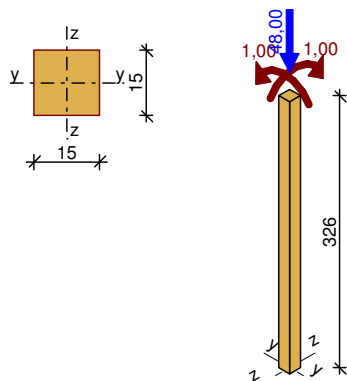
Siła ściskająca $N_c = 48,00 \text{ kN}$

Moment zginający $M_y = 1,00 \text{ kNm}$

Moment zginający $M_z = 1,00 \text{ kNm}$

Klasa trwania obciążenia: stałe

WYNIKI:

Zginanie ze ściskaniem:

$$N_c = 48,00 \text{ kN}; \quad M_y = 1,00 \text{ kNm}; \quad M_z = 1,00 \text{ kNm}$$

Warunek smukłości:

$$\lambda_y = 75,29 < \lambda_c = 150 \quad (50,2\%)$$

$$\lambda_z = 75,29 < \lambda_c = 150 \quad (50,2\%)$$

Warunek nośności:

$$k_{c,y} = 0,470; \quad k_{c,z} = 0,470$$

$$\sigma_{c,0,d} = 2,13 \text{ MPa}, \quad f_{c,0,d} = 7,85 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = 1,78 \text{ MPa}, \quad f_{m,y,d} = 7,38 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = 1,78 \text{ MPa}, \quad f_{m,z,d} = 7,38 \text{ MPa}$$

$$k_m = 0,70$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,578 + 0,241 + 0,169 = 0,988 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + k_m \cdot \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,578 + 0,169 + 0,241 = 0,988 < 1$$

Warunek stateczności:

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

$$\sigma_{m,y,d} = 1,78 \text{ MPa} < k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d} = 7,38 \text{ MPa} \quad (24,1\%)$$

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

$$\sigma_{m,z,d} = 1,78 \text{ MPa} < k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d} = 7,38 \text{ MPa} \quad (24,1\%)$$