

I. Założenia wyjściowe do projektowania:

Założone materiały konstrukcyjne:

- Beton konstrukcyjny żwirowy **C20/25** (fundamenty);
- Stal kształtowa **S355 cynkowana ogniowo**;
- Szkło hartowane ESG 4.4.2 **gr. 8mm**;

Obciążenia działające na konstrukcję:

Obciążenia klimatyczne działające na konstrukcje przyjęto wg odpowiednich norm:

PN-EN 1991-1-3:2005 „Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-3: Oddziaływania ogólne - Obciążenie śniegiem”, założenia podstawowe:
(lub równoważne)

strefy obciążenia śniegiem: **1, 2, 4 oraz 3 do wys. 400 m.n.p.m**

charakterystyczne obciążenie dachu śniegiem: **1,4kN/m²**

PN-EN 1991-1-4:2008 „Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-4: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wiatru”, założenia podstawowe:
(lub równoważne)

strefa wiatrowa: **1,2 i 3 do wys. 840 m.n.p.m.**

kategoria terenu: **II**

bazowe ciśnienie prędkości wiatru: **0,48 kPa** bazowa

prędkość wiatru: **29,13 m/s** szczytowe ciśnienie prędkości

wiatru: **0,79 kPa**

Dokładne obliczenia związane z zestawieniem obciążeń znajdują się w załączniku A.

Normy i przepisy związane:

- PN-EN 1990:2004+Ap1/Ap2/AC „Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji:(lub równoważna)
- PN-EN 1991-1-1:2004 „Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-1: Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach”(lub równoważna)
- PN-EN 1991-1-3:2005 „Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-3: Oddziaływania ogólne - Obciążenie śniegiem” (lub równoważna)
- PN-EN 1991-1-4:2008 „Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-4: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wiatru” (lub równoważna)
- PN-EN 1992-1-1:2008 „Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu - Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków”(lub równoważna)
- PN-EN 1993-1-1:2006 „Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych - Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków”(lub równoważna)
- PN-EN 1993-1-3:2008 „Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych - Część 1-3: Elementy zimnogięte (lub równoważna)
- PN-EN 1993-1-8:2006 „Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych - Część 1-8: Projektowanie węzłów (lub równoważna)

II. Opis konstrukcji

Projektowana wiatra rowerowa jest obiektem budowlanym wolnostojącym, wykonanym w konstrukcji stalowej, przekrytym dachem o niewielkim 3° kącie nachylenia. Głównymi elementami nośnymi są słupy stalowe z profilu RK 80x3 spięte

płatwiami RK 80x3. Na ww. profilach spinających opierają się krokwie dachowe o przekroju RK 80x3.

Technologia wykonawstwa zakłada produkcję poszczególnych elementów w zakładzie i ich montaż na miejscu, stosując połączenia śrubowe.

Połączenie obiektu z gruntem zaprojektowano poprzez zabetonowanie lub przykręcenie elementów kotwiących do fundamentu betonowego i skręcenie ich z głównymi słupami nośnymi wiaty.

Pokrycie dachu przewidziano z szyb hartowanych zespolonych ESG 4.4.2 o łącznej grubości 8mm. Zespoleń z profilami nośnymi (krokwiemi) w dowolnym systemie uszczelnianych szyn montażowych.

Parametry geometryczne podstawowych zestawów wiaty:

a) Wiaty 15 stanowisk:

Długość całkowita: **6,38m;**

Szerokość całkowita: **2,35m;**

Wysokość: **2,40m;**

Powierzchnia zabudowy: **14,99m²**

III. Podstawowe wyniki obliczeń statycznych:

Przyjęte schematy statyczne:

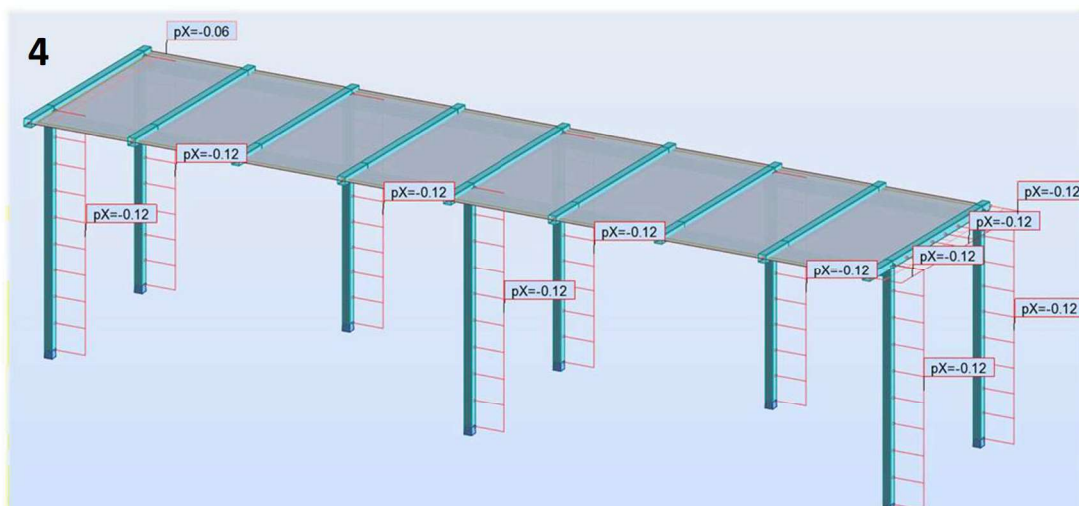
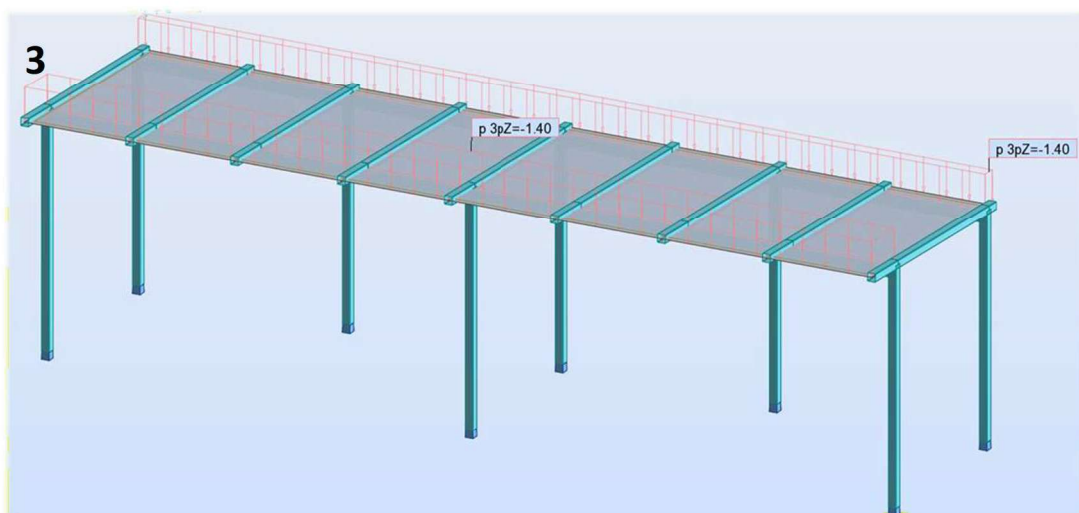
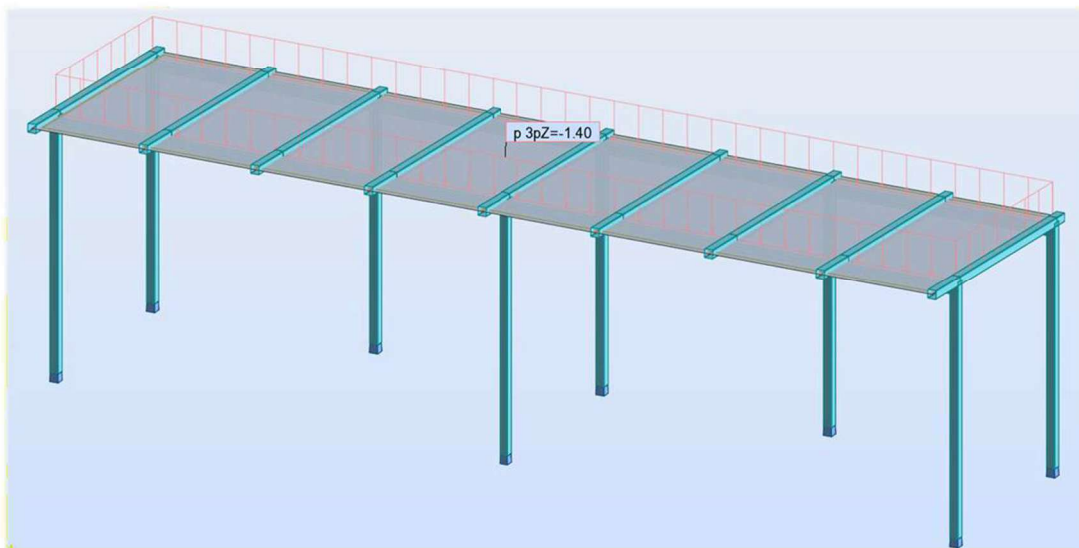
W celu sprawdzenia nośności profili stalowych wiaty przeprowadzono obliczenia statyczne oraz wymiarowanie dla obiektu dwumodułowego o długości przęsła równej 4,20m. Pozwala on uzyskać maksymalne możliwe siły osiowe w słupach oraz momenty zginające od wiatru w płaszczyźnie poprzecznej. Bez względu na to ile przęseł zostanie skręconych ze sobą, maksymalne obciążenia wiatrem i śniegiem na elementy konstrukcyjne pozostają takie same. Rozstawy maksymalne oraz rozpiętości poszczególnych prętów także nie ulegają zmianie, co w efekcie daje prawie identyczne siły wewnętrzne wymienione powyżej.

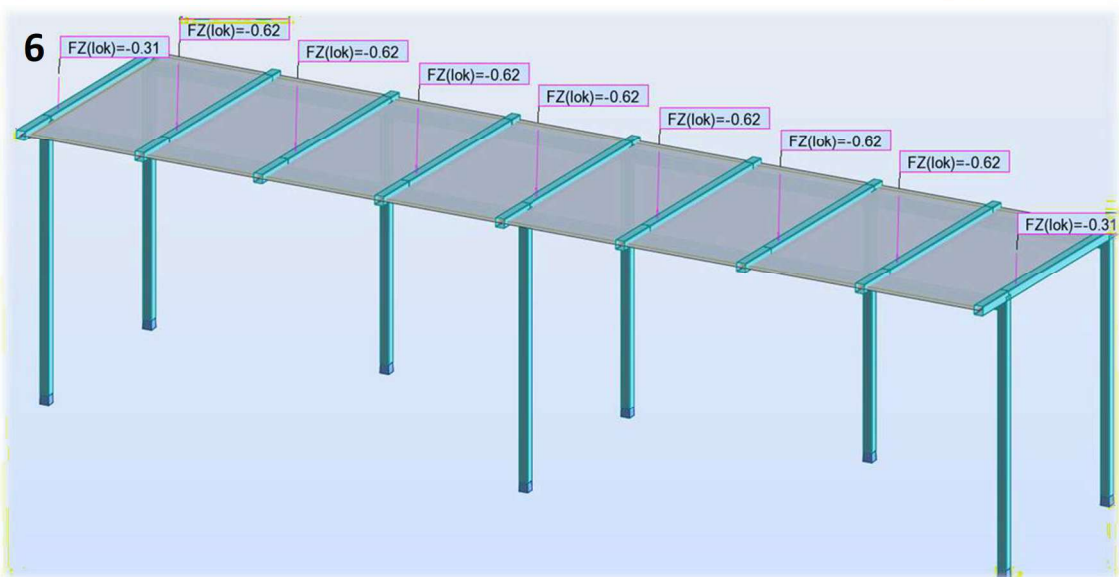
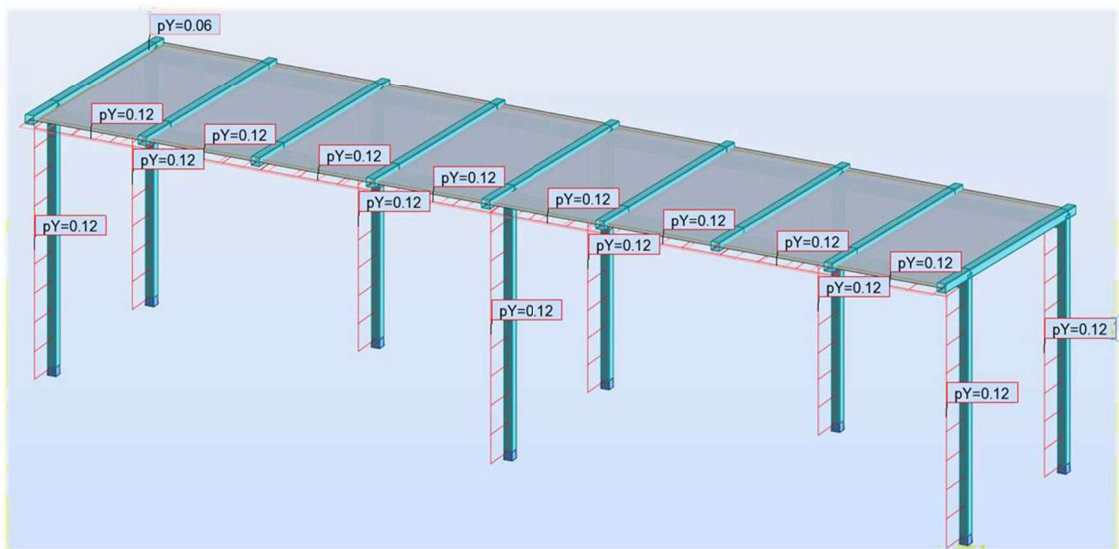
Tabela przypadków obciążeń zastosowanych w modelu:

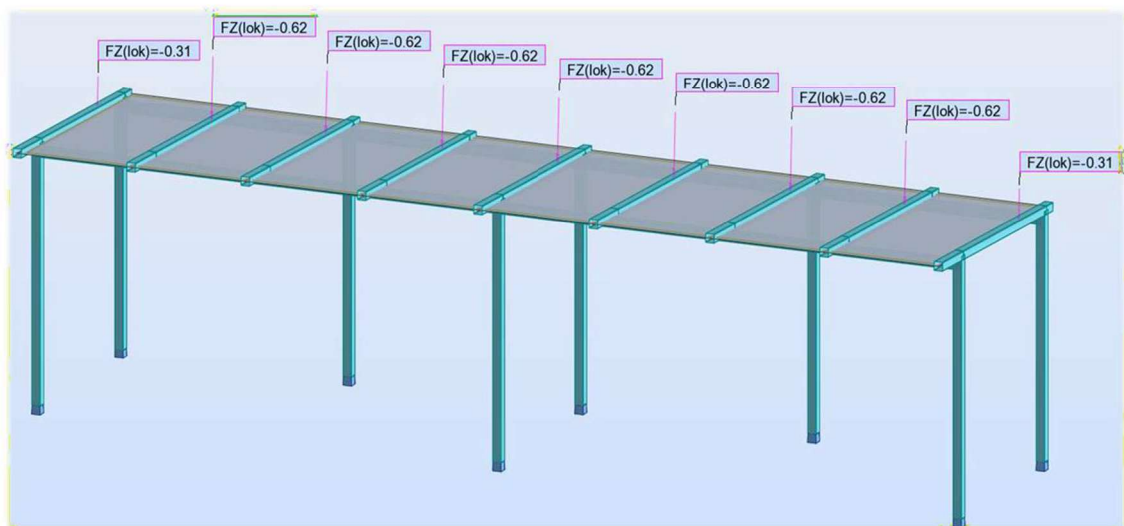
| Przypadek | Etykieta | Nazwa | Natura |
|-----------|----------|-----------------------------|------------------------------|
| 1 | STA1 | ciężar własny i c. pokrycia | Konstrukcyjne |
| 2 | SN1 | śnieg przęsło | śnieg |
| 3 | SN2 | śnieg wsporniki | śnieg |
| 4 | WIATR1 | wiatr X- | wiatr |
| 5 | WIATR2 | wiatr Y+ | wiatr |
| 6 | WIATR3 | wiatr 1 | wiatr |
| 7 | WIATR4 | wiatr 2 | wiatr |
| 8 | WIATR5 | wiatr 3 | wiatr |
| 9 | WIATR6 | wiatr 4 | wiatr |
| 10 | | SGN | kombinacja obc. |
| 11 | | SGN+ | kombinacja obc. |
| 12 | | SGN- | kombinacja obc. |
| 13 | | SGU | kombinacja obc. ugięć krokwi |

Kombinacje obciążeń zostały wygenerowane automatycznie przez program obliczeniowy i uwzględniają wszelkie możliwe układy sił działających na konstrukcję. Nadano odpowiednie relacje dla przypadków wiatrowych i śniegowych, tak aby obciążenia na dach nie powieły się oraz aby uwzględnić możliwość parcia na profile nośne wiaty wraz z tarciem wiatru o powierzchnię dachu.

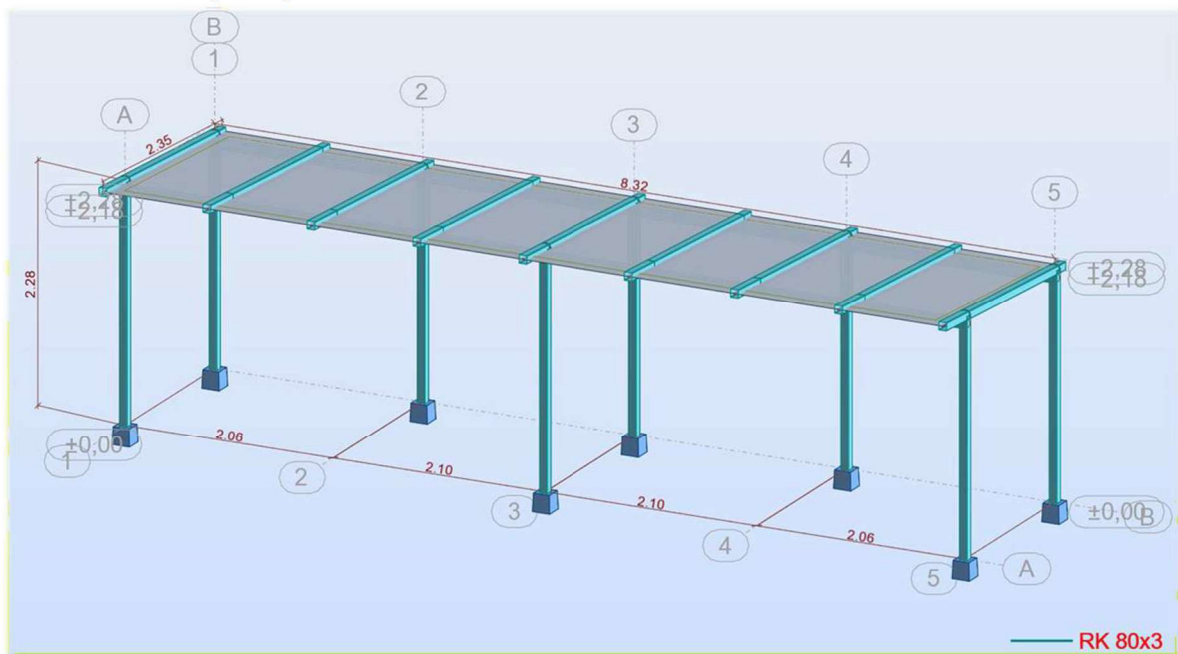
Przypadki obciążenia zmiennego zastosowane w programie obliczeniowym:



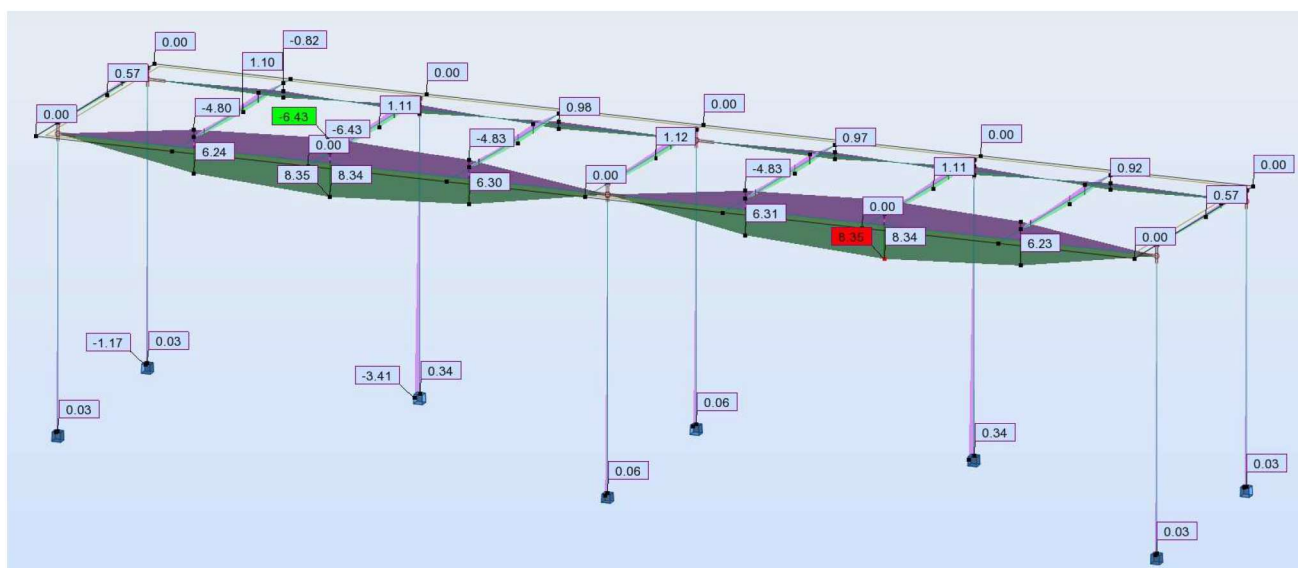




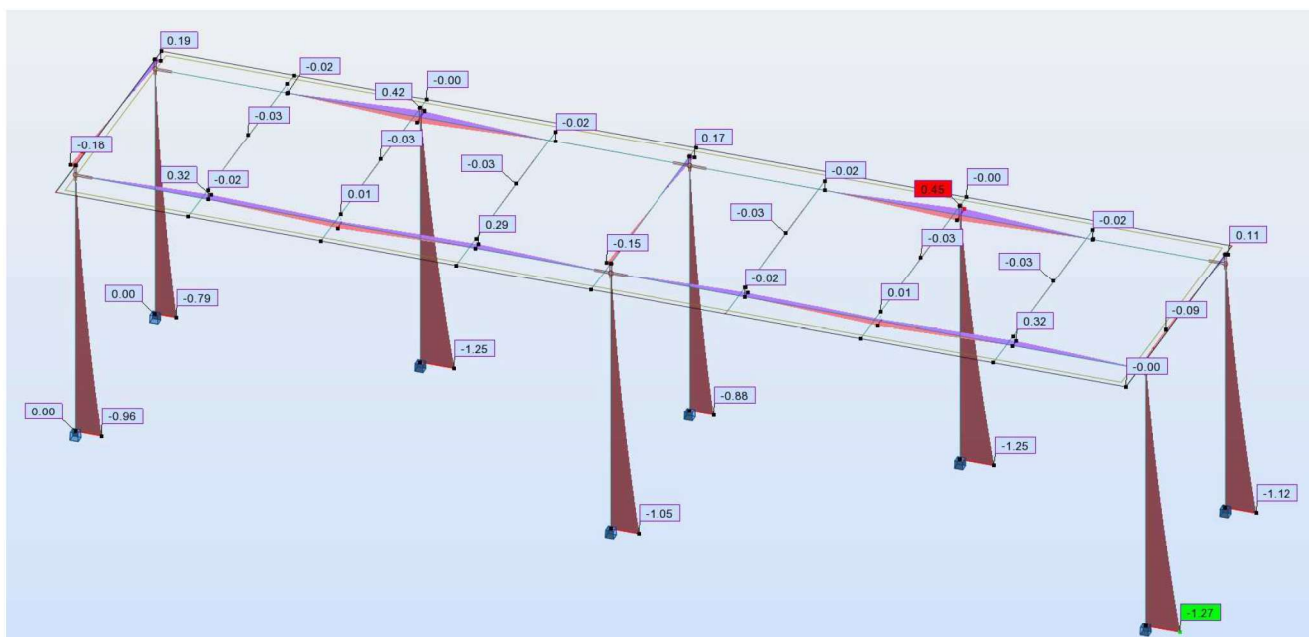
Schemat statyczny:



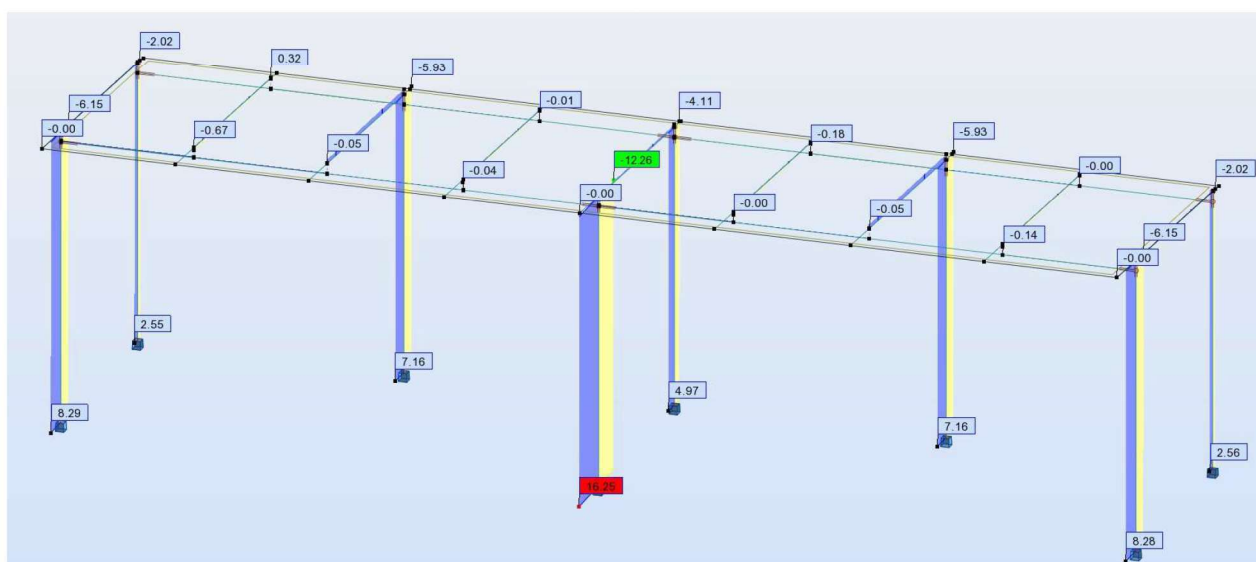
Podstawowe obwiednie sił wewnętrznych:



Rys. 2 – obwiednia momentów zginających M_y [kNm]



Rys. 3 – obwiednia momentów zginających M_z [kNm]



Rys. 4 – obwiednia sił osiowych F_x [kN]

Dla poszczególnych elementów konstrukcyjnych przyjęto następujące schematy statyczne:

- **Słupy stalowe:** profil RK 80x3, elementy prętowe utwierdzone w fundamencie. Kształtowniki spięte przegubowo w górnej części płatwiami oraz krokwiami.
- **Płatwie:** profil RK 80x3, frontowe to elementy jednoprzęsłowe, tylne pracują jak belka dwuprzęsłowa, oparte przegubowo na słupach, podtrzymujące krokwie dachowe
- **Krokwie dachowe:** profil RK 80x3, elementy jednoprzęsłowe, oparte przegubowo na płatwiach z wspornikowym przewieszeniem od strony frontowej wiaty, przenoszące obciążenie śniegiem oraz wiatrem z dachowych płyt poliwęglanowych

IV. Podstawowe wyniki obliczeń nośności profili stalowych:

Poniżej przedstawiono wyniki wymiarowania dla najbardziej wyężonego słupa, płatwi oraz krokwi. Pozostałe, szczegółowe raporty znajdują się w załączniku B.

NORMA: *PN-EN 1993-1:2006/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

GRUPA:

PRĘT: 55 słup oś 2-B

PUNKT: 1

WSPÓŁRZĘDNA: $x = 0.00$ $L = 0.00$ m

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 10 SGN /107/ $1*1.15 + 2*0.75 + 3*0.75 + 5*1.50 + 7*1.50$

MATERIAŁ:

S 355 (S 355) $f_y = 355.00$ MPa



PARAMETRY PRZEKROJU: RK 80x3

| | | | |
|--------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| $h=8.0$ cm | $gM0=1.00$ | $gM1=1.00$ | |
| $b=8.0$ cm | $A_y=4.50$ cm ² | $A_z=4.50$ cm ² | $A_x=9.01$ cm ² |
| $t_w=0.3$ cm | $I_y=87.84$ cm ⁴ | $I_z=87.84$ cm ⁴ | $I_x=139.93$ cm ⁴ |
| $t_f=0.3$ cm | $W_{ply}=25.78$ cm ³ | $W_{plz}=25.78$ cm ³ | |

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

| | | | |
|------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|
| $N_{Ed} = 2.65$ kN | $M_{y,Ed} = -3.41$ kN*m | $M_{z,Ed} = 0.00$ kN*m | $V_{y,Ed} = 0.00$ kN |
| $N_{c,Rd} = 319.86$ kN | $M_{y,Ed,max} = -3.41$ kN*m | $M_{z,Ed,max} = 0.00$ kN*m | $V_{y,T,Rd} = 91.49$ kN |
| $N_{b,Rd} = 84.10$ kN | $M_{y,c,Rd} = 9.15$ kN*m | $M_{z,c,Rd} = 9.15$ kN*m | $V_{z,Ed} = 1.76$ kN |
| | $MN_{y,Rd} = 9.15$ kN*m | $MN_{z,Rd} = 9.15$ kN*m | $V_{z,T,Rd} = 91.49$ kN |
| | | | $T_{t,Ed} = -0.07$ kN*m |
| | | | KLASA PRZEKROJU = 1 |

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:

| | |
|---|---|
|  względem osi y: |  względem osi z: |
| $L_y = 2.18$ m | $L_z = 2.18$ m |
| $L_{cr,y} = 4.36$ m | $L_{cr,z} = 4.36$ m |
| $\lambda_{my} = 139.64$ | $\lambda_{mz} = 139.64$ |
| $\lambda_{my} = 1.83$ | $\lambda_{mz} = 1.83$ |
| $\chi_y = 0.26$ | $\chi_z = 0.26$ |
| $\eta_{yy} = 0.92$ | $\eta_{yz} = 0.55$ |

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

Kontrola wytrzymałości przekroju:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.66} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.66} = 0.19 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.02 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{xy,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.01 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{xz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.01 < 1.00$ (6.2.6)

Kontrola stateczności globalnej pręta:

$\lambda_{y} = 139.64 < \lambda_{y,max} = 210.00$ $\lambda_{z} = 139.64 < \lambda_{z,max} = 210.00$ STABILNY
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.37 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.24 < 1.00$ (6.3.3.(4))

NORMA: PN-EN 1993-1:2006/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

GRUPA:

PRĘT: 58 płatew oś A

PUNKT: 3

WSPÓŁRZĘDNA: x = 0.50 L = 2.06 m

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 10 SGN /131/ 1*1.15 + 2*1.50 + 3*1.50 + 4*0.90 + 6*0.90

MATERIAŁ:

S 355 (S 355) $f_y = 355.00$ MPa



PARAMETRY PRZEKROJU: RK 80x3

| | | | |
|-----------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| h=8.0 cm | $g_{M0}=1.00$ | $g_{M1}=1.00$ | |
| b=8.0 cm | $A_y=4.50$ cm ² | $A_z=4.50$ cm ² | $A_x=9.01$ cm ² |
| tw=0.3 cm | $I_y=87.84$ cm ⁴ | $I_z=87.84$ cm ⁴ | $I_x=139.93$ cm ⁴ |
| tf=0.3 cm | $W_{ply}=25.78$ cm ³ | $W_{plz}=25.78$ cm ³ | |

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

| | | | |
|------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| $N_{Ed} = 0.14$ kN | $M_{y,Ed} = 8.35$ kN*m | $M_{z,Ed} = -0.31$ kN*m | $V_{y,Ed} = 0.29$ kN |
| $N_{c,Rd} = 319.86$ kN | $M_{y,Ed,max} = 8.35$ kN*m | $M_{z,Ed,max} = -0.31$ kN*m | $V_{y,T,Rd} = 92.05$ kN |
| $N_{b,Rd} = 91.53$ kN | $M_{y,c,Rd} = 9.15$ kN*m | $M_{z,c,Rd} = 9.15$ kN*m | $V_{z,Ed} = 2.01$ kN |
| | $M_{N,y,Rd} = 9.15$ kN*m | $M_{N,z,Rd} = 9.15$ kN*m | $V_{z,T,Rd} = 92.05$ kN |
| | | | $T_{t,Ed} = -0.02$ kN*m |
| | | | KLASA PRZEKROJU = 1 |

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi y:

$L_y = 4.16$ m $\lambda_{m,y} = 1.74$
 $L_{cr,y} = 4.16$ m $X_y = 0.29$
 $\lambda_{m,y} = 133.23$ $k_{yy} = 0.90$



względem osi z:

$L_z = 4.16$ m $\lambda_{m,z} = 1.74$
 $L_{cr,z} = 4.16$ m $X_z = 0.29$
 $\lambda_{m,z} = 133.23$ $k_{yz} = 0.54$

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

Kontrola wytrzymałości przekroju:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.66} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.66} = 0.86 < 1.00$ (6.2.9.1.(6))
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.02 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{xy,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{xz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot g_{M0})) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)

Kontrola stateczności globalnej pręta:

$\lambda_y = 133.23 < \lambda_{y,max} = 210.00$ $\lambda_z = 133.23 < \lambda_{z,max} = 210.00$ STABILNY
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.84 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/g_{M1}) = 0.53 < 1.00$ (6.3.3.(4))

NORMA: PN-EN 1993-1:2006/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

GRUPA:

PRĘT: 64 krokiew oś 3

PUNKT: 1

WSPÓŁRZĘDNA: $x = 0.28 L = 0.50 \text{ m}$

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: $10 \text{ SGN} / 130 / 1 * 1.00 + 3 * 0.75 + 5 * 1.50 + 9 * 1.50$

MATERIAŁ:

S 355 (S 355) $f_y = 355.00 \text{ MPa}$



PARAMETRY PRZĘKROJU: RK 80x3

| | | | |
|----------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| $h=8.0 \text{ cm}$ | $gM0=1.00$ | $gM1=1.00$ | |
| $b=8.0 \text{ cm}$ | $A_y=4.50 \text{ cm}^2$ | $A_z=4.50 \text{ cm}^2$ | $A_x=9.01 \text{ cm}^2$ |
| $t_w=0.3 \text{ cm}$ | $I_y=87.84 \text{ cm}^4$ | $I_z=87.84 \text{ cm}^4$ | $I_x=139.93 \text{ cm}^4$ |
| $t_f=0.3 \text{ cm}$ | $W_{ply}=25.78 \text{ cm}^3$ | $W_{plz}=25.78 \text{ cm}^3$ | |

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

| | | |
|--------------------------------|--|---------------------------------|
| $N_{Ed} = 0.38 \text{ kN}$ | $M_{y,Ed} = -1.40 \text{ kN}\cdot\text{m}$ | |
| $N_{c,Rd} = 319.86 \text{ kN}$ | $M_{y,Ed,max} = -1.40 \text{ kN}\cdot\text{m}$ | |
| $N_{b,Rd} = 264.39 \text{ kN}$ | $M_{y,c,Rd} = 9.15 \text{ kN}\cdot\text{m}$ | $V_{z,Ed} = 1.13 \text{ kN}$ |
| | $M_{N,y,Rd} = 9.15 \text{ kN}\cdot\text{m}$ | $V_{z,c,Rd} = 92.33 \text{ kN}$ |
| | | KLASA PRZĘKROJU = 1 |

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi y:

| | |
|-----------------------------|------------------------|
| $L_y = 1.77 \text{ m}$ | $\lambda_{m,y} = 0.74$ |
| $L_{cr,y} = 1.77 \text{ m}$ | $\chi_y = 0.83$ |
| $\lambda_{m,y} = 56.78$ | $\chi_{yy} = 0.90$ |



względem osi z:

| | |
|-----------------------------|------------------------|
| $L_z = 1.77 \text{ m}$ | $\lambda_{m,z} = 0.74$ |
| $L_{cr,z} = 1.77 \text{ m}$ | $\chi_z = 0.83$ |
| $\lambda_{m,z} = 56.78$ | $\chi_{zy} = 0.00$ |

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

Kontrola wytrzymałości przekroju:

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.15 < 1.00 \quad (6.2.5.(1))$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

Kontrola stateczności globalnej pręta:

$$\lambda_{m,y} = 56.78 < \lambda_{m,max} = 210.00 \quad \lambda_{m,z} = 56.78 < \lambda_{m,max} = 210.00 \quad \text{STABILNY}$$

$$N_{Ed}/(\chi_y N_{c,Rd}/gM1) + \chi_{yy} M_{y,Ed,max}/(XLT M_{y,Rd}/gM1) = 0.14 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(\chi_z N_{c,Rd}/gM1) + \chi_{zy} M_{y,Ed,max}/(XLT M_{y,Rd}/gM1) = 0.00 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

PRZEMIESZCZENIA GRANICZNE



Ugięcia

$$u_z = 0.7 \text{ mm} < u_{z,max} = L/500.00 = 3.5 \text{ mm}$$

Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: 20 SGU ugięcia śnieg $1 * 1.00 + 2 * 0.50$