

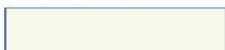


Lokalizacja : dz. nr 2379/7, 2378/2, 2382/1, 2384/1,
obr. 0001 Górno
jedn. ewid. 181611_5 Sokołów Małopolski
obszar wiejski

Obliczenia statyczno – wytrzymałościowe wiat boiskowych**WBM2-13.00.00 oraz WBM2med.00.00**

Obiekt:

Wiaty boiskowe WBM2-13.00.00 (10-13 miejsc
siedzących, długość 6,3 m) oraz WBM2med.00.00 (2-4
miejsc siedzących, długość 2,1 m)



Producent:

WAMAT Sp. z o.o.

Nazwa i adres zleceniodawcy:

WAMAT Sp. z o.o.
Podleszany 186, 39 – 300 Mielec

Podmiot wykonujący:

PROJMONTECH Marcin Hurkała
Zręczyce 244, 32-420 Gdów

ADAPTACJA :

Opracował:

mgr inż. Marcin Hurkała

mgr inż. Marcin Hurkała
UPRAWNIENIA BUDOWLANE
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej
do projektowania bez ograniczeń:
nr ewid. MAP/0364/PÓOK/13
do kierowania robotami budowlanymi
bez ograniczeń: nr ewid. MAP/0370/ÓWOK/12

OPIS TECHNICZNY

SPIS TREŚCI

1. Podstawa i zakres opracowania.....	2
1.1 Dane ogólne.....	2
1.2 Podstawa opracowania.....	2
1.3 Cel opracowania.....	2
1.4 Zakres opracowania.....	2
2. Podstawowe dane techniczne obiektu.....	2
2.1 Usytuowanie.....	2
2.2 Podstawowe dane techniczne konstrukcji.....	2
3. Obliczenia statyczno – wytrzymałościowe	3
3.1 Założenia przyjęte do obliczeń	3
3.2 Obliczenia elementów konstrukcji wiaty WBM2-13.00.00.....	5
3.3 Obliczenie elementów konstrukcji wiaty WBM2med.00.00.....	13
4. Reakcje podporowe.....	23
5. Normy i literatura.....	26

Załącz. nr 1 - Kopia uprawnień budowlanych

Załącz. nr 2 - Kopia potwierdzenia wpisu do Izby Inżynierów Budownictwa

1. Podstawa i zakres opracowania

1.1 Dane ogólne

- Zleceniodawca: WAMAT Sp. z o.o., ul. Podleszany 186, 39 – 300 Mielec
- Obiekt: wiaty boiskowe WBM2-13.00.00 (10-13 miejsc siedzących, długość 6,3 m) oraz WBM2med.00.00 (2-4 miejsc siedzących, długość 2,1 m)

1.2 Podstawa opracowania

Podstawę opracowania stanowią:

- materiały przekazane przez zleceniodawcę: model 3D przedmiotowej konstrukcji
- zlecenie wykonanie prac objętych opracowaniem przez WAMAT Sp. z o.o. reprezentowanym przez Waldemara Burkiewicza – Prezesa Zarządu, firmie PROJMONTECH reprezentowanej przez właściciela Marcina Hurkałę

1.3 Cel opracowania

Celem niniejszego opracowania jest weryfikacja obliczeniowa w zakresie statyki oraz wykorzystania nośności przekrojów, elementów konstrukcji wiat boiskowych WBM2-13.00.00 (10-13 miejsc siedzących, długość 6,3 m) oraz WBM2med.00.00 (2-4 miejsc siedzących, długość 2,1 m)

1.4 Zakres opracowania

W zakres opracowania wchodzi skrócony opis techniczny z obliczeniami statycznymi – wytrzymałościowymi zastosowanych profili stalowych.

2. Podstawowe dane techniczne obiektu

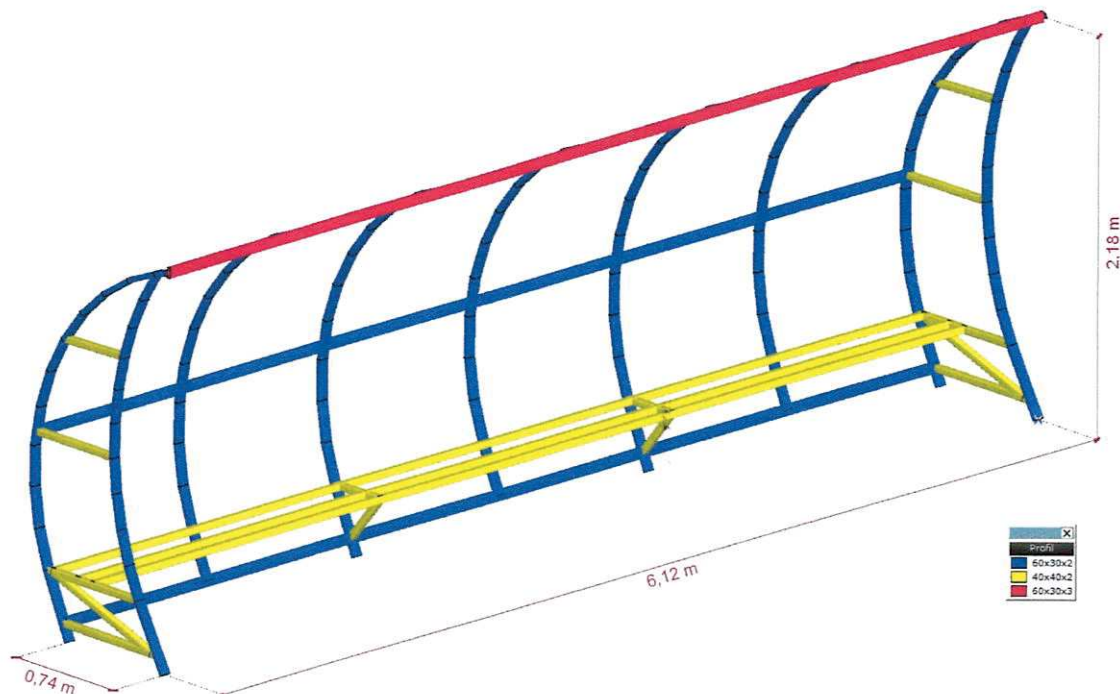
2.1 Usytuowanie

Przedmiotowe trybuny zadaszone, zostaną zamontowane przy boisku sportowym w Trzebusce, woj. Podkarpackie, Polska

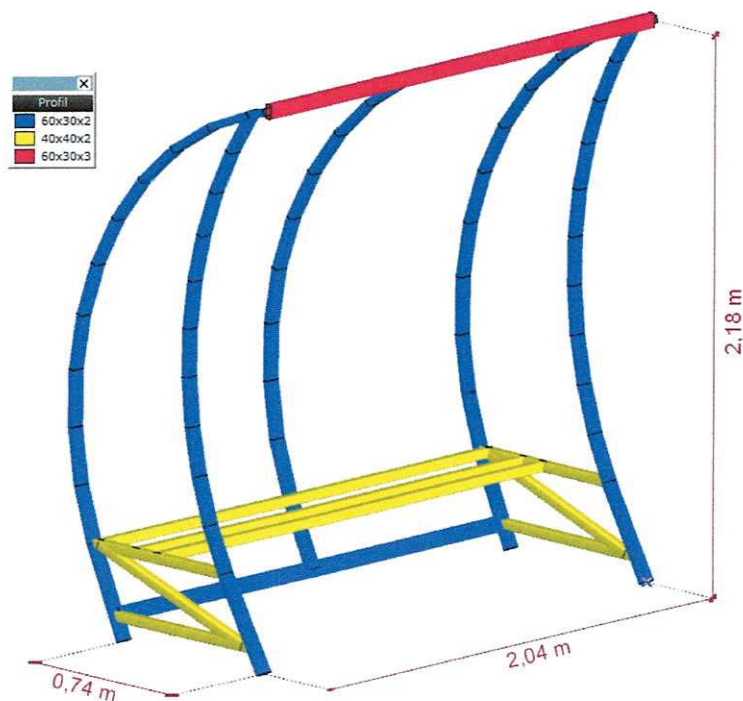
2.2 Podstawowe dane techniczne konstrukcji

Przedmiotowe wiaty boiskowe zaprojektowano jako stalowe (stal gat. S235), zadaszone oraz wyposażonych w siedziska z wariantowym układem mocowań (2-4 oraz 10-13 miejsc siedzących). Układ nośny wiat to podpory końcowe oraz pośrednie, wykonane jako zakrzywione ramy bądź pojedyncze elementy z profili RP 60x30x2, belka czołowa zadaszenia wykonana z profilu RP 60x30x3 oraz belki podpierające siedziska wykonane z profili RK 40x2.

Uzupełnieniem całości są stężenia oraz poprzeczki ramek skrajnych wykonane z profili RK40x2 nadające wiacie dodatkową sztywność. Całość oparta jest na podłożu poprzez stopki słupków ram, które wyposażone są w otwory do mocowania kotw.



Widok konstrukcji wiaty boiskowej WBM2-13.00.00 w obliczanej konfiguracji



Widok konstrukcji wiaty boiskowej WBM2med.00.00 w obliczanej konfiguracji

3. Obliczenia statyczno – wytrzymałościowe

3.1. Założenia przyjęte do obliczeń

W celu przeprowadzenia obliczeń statycznych oraz sprawdzenia nośności elementów konstrukcji wiat, wykonano model obliczeniowy w programie do analizy konstrukcji AxisVM.

Ze względu na charakter konstrukcji jako główne kryterium wybrano Stan Graniczny Nośności SGN, dla którego siła wewnętrzna S_d wywołana oddziaływaniami zewnętrznymi nie może przekroczyć siły granicznej R_d obliczonej przy założeniu, że naprężenia znajdujące się w przekroju posiadają wartość nośności obliczeniowej materiału z jakiego zostały wykonane.

Obliczenia wykonano w oparciu o normy EN 1993: Projektowanie konstrukcji stalowych.

Kombinacje obciążeń zostały wygenerowane przez program obliczeniowy w oparciu o normę EN 1990 - Podstawy projektowania konstrukcji, przy założeniach współczynników:

a) obciążenia stałe

CSN EN 1990/NA ed. A:2011-06, Tabela A1.2 A1.2 (B) STR/GEO	$Y_{G,sup} = 1,350$
	$Y_{G,inf} = 1,000$
	$\xi = 0,850$

b) obciążenia zmienne

CSN EN 1990/NA ed. A:2011-06, Tabela A1.2 A1.2 (B) STR/GEO	$Y_Q = 1,500$
CSN EN 1990/NA ed. A:2011-06, Tabela A1.1 Kategoria C: miejsca zgromadzeń	$\psi_0 = 0,700$
	$\psi_1 = 0,700$
	$\psi_2 = 0,600$

c) obciążenie śniegiem

CSN EN 1990/NA ed. A:2011-06, Tabela A1.2 A1.2 (B) STR/GEO	$Y_Q = 1,500$
CSN EN 1990/NA ed. A:2011-06, Tabela A1.1 Obciążenia budynków śniegiem (Pozostałe kraje CEN, $h < 1000$ m)	$\psi_0 = 0,500$
	$\psi_1 = 0,200$
	$\psi_2 = 0$

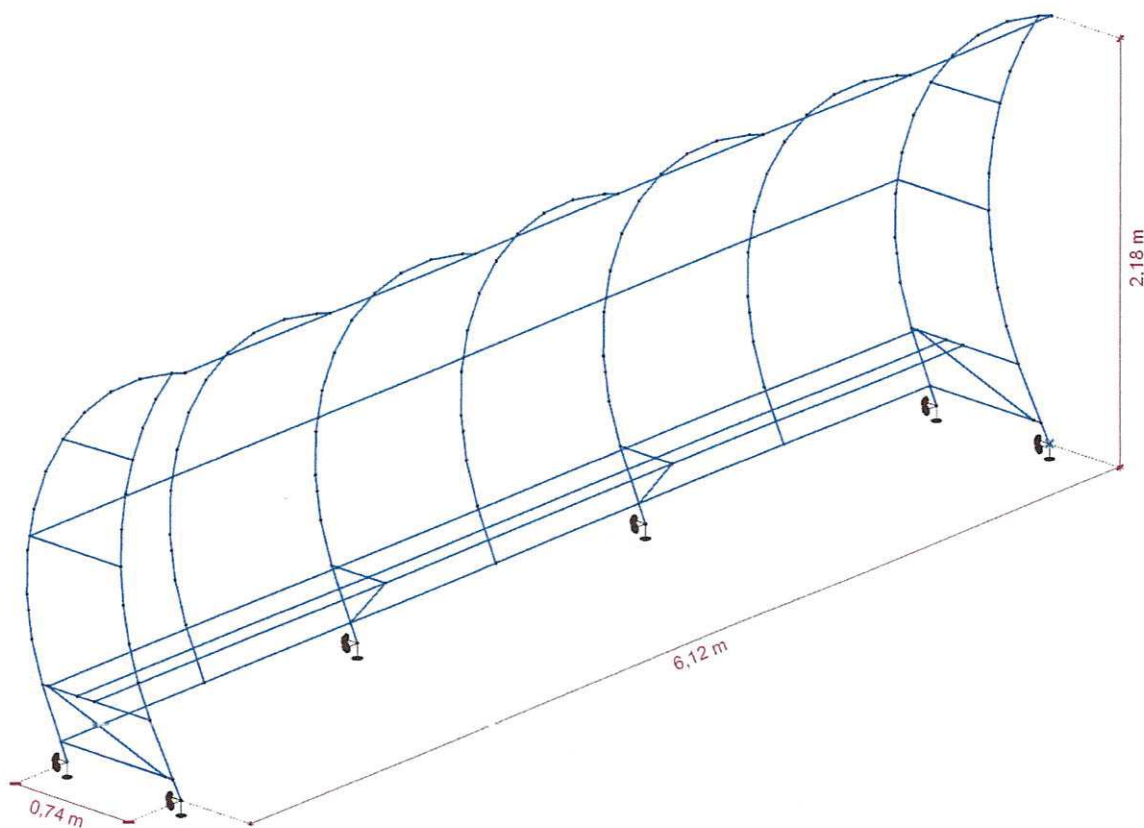
d) obciążenie wiatrem

CSN EN 1990/NA ed. A:2011-06, Tabela A1.2 A1.2 (B) STR/GEO	$Y_Q = 1,500$
CSN EN 1990/NA ed. A:2011-06, Tabela A1.1 Obciążenia budynków wiatrem	$\psi_0 = 0,600$
	$\psi_1 = 0,200$
	$\psi_2 = 0$

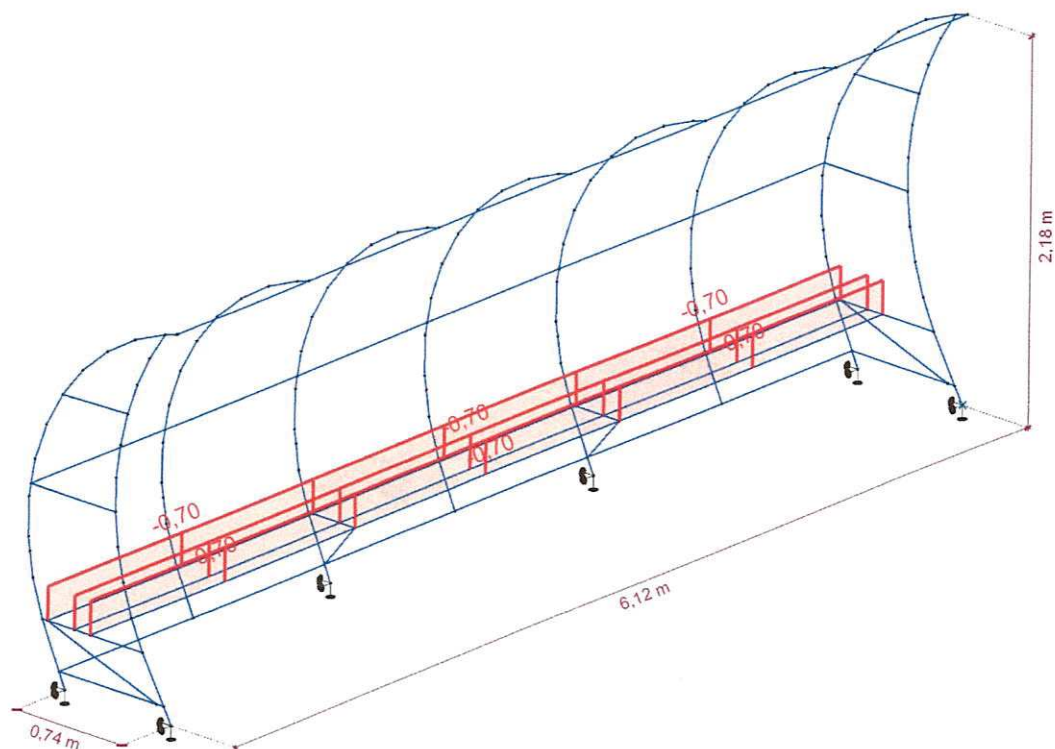
3.2. Obliczenia elementów konstrukcji wiaty WBM2-13.00.00

Do obliczeń wiaty wprowadzono następujące przypadki obciążeń:

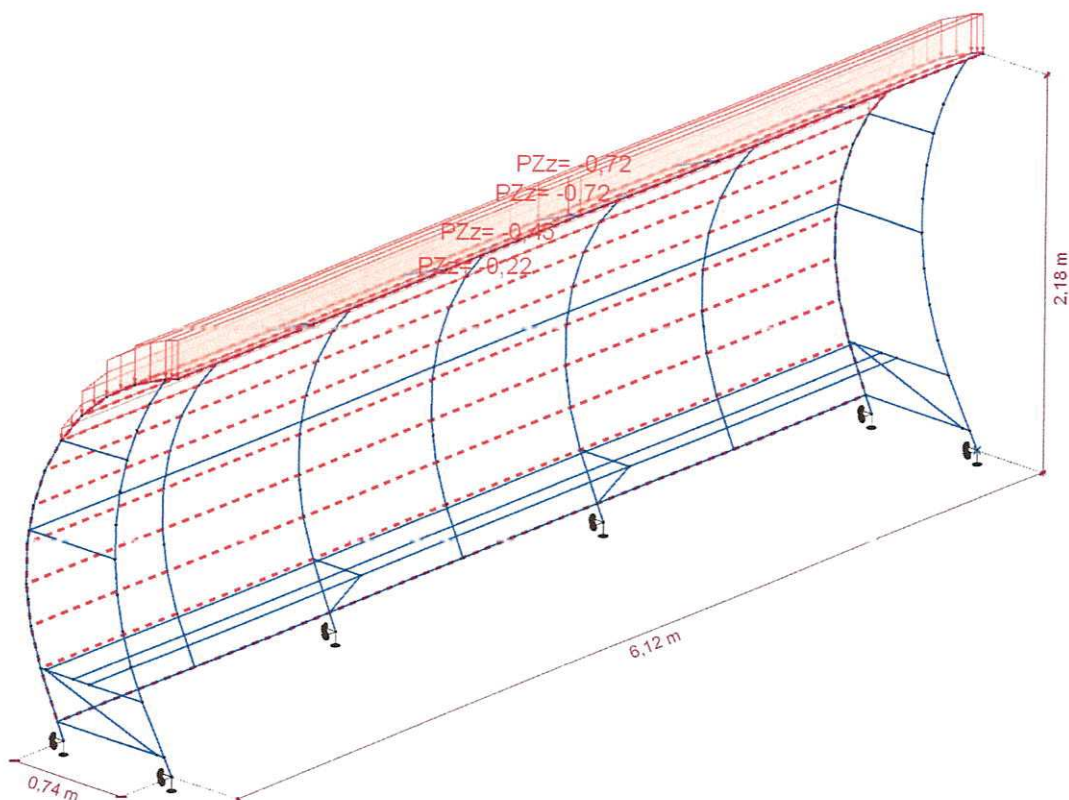
- ciężar własny konstrukcji – dodawany automatycznie przez program obliczeniowy – obciążenie stałe
- obciążenie śniegiem – strefa II (Polska), wysokość 225 m n.p.m.
- obciążenie wiatrem – strefa I (Polska), kategoria terenu III
- obciążenie siedzisk – 0,7 kN/m – obciążenie zmienne



Model obliczeniowy konstrukcji zadaszania



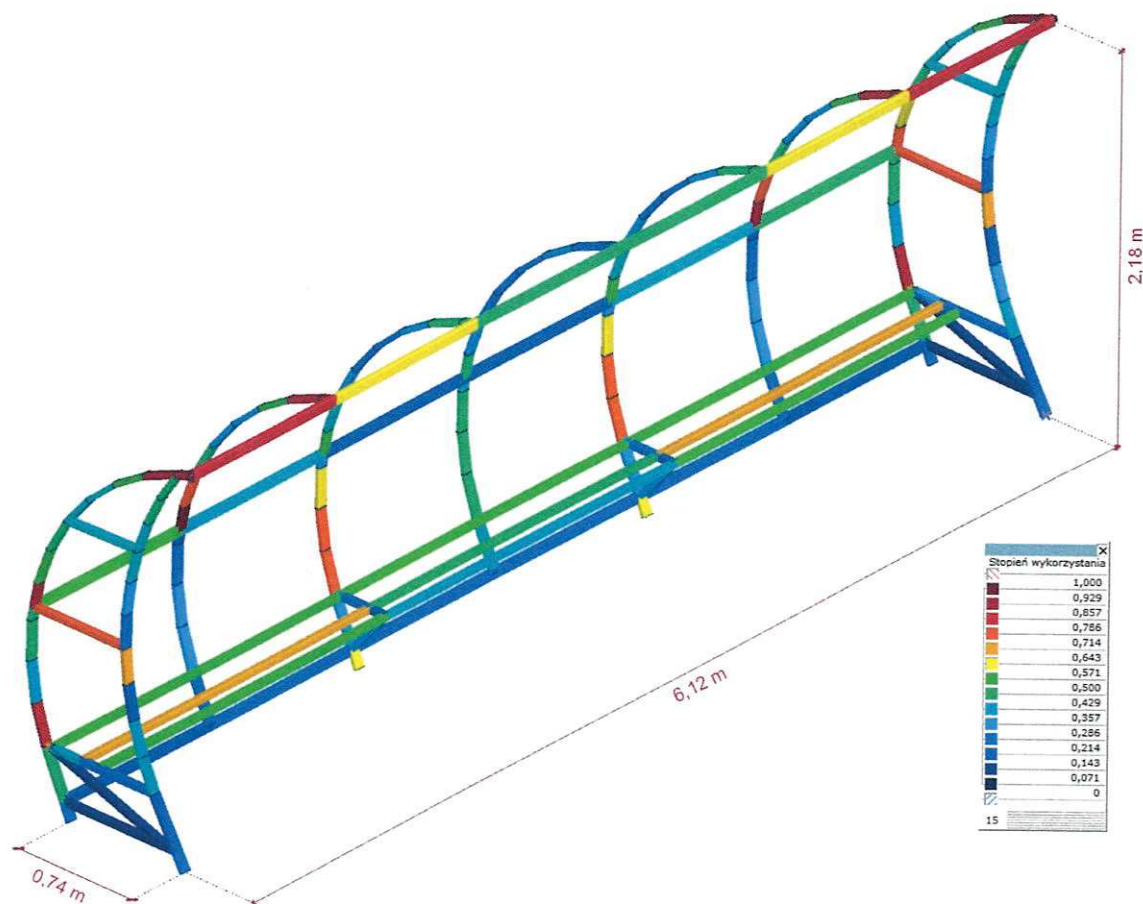
Obciążenie siedzisk



Obciążenie śniegiem

A 3D perspective view of the structural model of the roof of the 'Pavilion of the Future'. The model is a complex, curved, and segmented structure, primarily colored in red and blue. It is supported by a network of blue truss-like members. Several dimensions and load values are indicated: a vertical height of 2,18 m on the right, a horizontal length of 6,12 m at the bottom, and a small horizontal offset of 0,74 m at the bottom left. Multiple load values are labeled on the structure, including $P_z = -0,34$, $P_z = -0,14$, $P_z = 0,58$, $P_z = 0,38$, $P_x = 0,38$, and $P_z = 0,34$.

WAMAT Sp. z o.o.
Za zgodność z oryginałem
[Signature]
Michał Szifier



Stopień wykorzystania nośności SGN elementów wiaty – maks. 93 %

Poniżej przedstawiono obliczenia sprawdzające najbardziej wytężonego elementu wiaty.

1.

2.

3.

WYMIAROWANIE ELEMENTU STALOWEGO

Wymiarowany element: 156

Węzły: 38-143

Norma: Eurokod-PL

PN-EN 1993-1-1:2006, PN-EN 1993-1-5:2008

Materiał: S 235

Przekrój poprzeczny: 60x30x2

Przypadek obciążenia: liniowa, (Auto) Decydująca

Wskaźnik dla sił sejsmicznych: 1,0

Klasyfikacja przekroju:

Płyta [mm]	$\frac{c}{t}$ [-]	Klasa [-]
18,0-2	9,00	1
48,0-2	24,00	1
18,0-2	9,00	1
48,0-2	24,00	1



1. Siła normalna-Zginanie-Ścinanie

PN-EN 1993-1-1:2006: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Decydująca kombinacja: [G] {1,5*Wiatr [Zadanie] X-.P.P}

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 148 = 0 \text{ mm}$

$N_{Ed} = 858 \text{ N}$ $V_{y,Ed} = 619 \text{ N}$ $V_{z,Ed} = 1527 \text{ N}$ $M_{y,Ed} = -1,291 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = -1,291 \text{ kNm}$ $M_{z,Ed} = 2,0691 \cdot 10^5 \text{ Nmm} = 0,207 \text{ kNm}$ $M_{x,Ed} = -7,3422 \cdot 10^4 \text{ Nmm} = -0,073 \text{ kNm}$

$\eta_{NM,pl} = \eta_{MN} = 92,9 \%$ spełniony

2. Siła normalna-Zginanie-Wyboczenie giętnie

PN-EN 1993-1-1:2006: 6.3.3

Decydująca kombinacja: [G] {1,5*Wiatr [Zadanie] X-.P.P}

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 148 = 0 \text{ mm}$

$N_{Ed} = 858 \text{ N}$ (Pręt poddany rozciąganiu)

$$V_{z,Ed} < 0.5 \cdot V_{br,Rd} \rightarrow \eta_{V_{w,MN}} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-1,291 \cdot 10^6)|}{1,434 \cdot 10^6} = 90,0 \% \quad (7.1) \quad \text{spełniony}$$

Wyniki cząstkowe

8. Nośność przekroju przy sile normalnej:

PN-EN 1993-1-1:2006: 6.2.4

Decydująca kombinacja: [G] {1,5*Wiatr [Zadaszanie] X-P.P} (1,5*0,7*Siedziska)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 1,000 \cdot L = 1,000 \cdot 148 = 148 \text{ mm}$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{327 \cdot 235}{1} = 7,6803 \cdot 10^4 \text{ N} \quad (6.6)$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 327 \cdot 360}{1,1} = 9,6263 \cdot 10^4 \text{ N} \quad (6.7)$$

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) = \min(7,6803 \cdot 10^4; 9,6263 \cdot 10^4) = 7,6803 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$\eta_N = \frac{|N_{Ed}|}{N_{t,Rd}} = \frac{|869|}{7,6803 \cdot 10^4} = 1,1 \% \quad (6.5) \quad \text{spełniony}$$

9. Nośność przekroju przy zginaniu (yy):

PN-EN 1993-1-1:2006: 6.2.5

Decydująca kombinacja: [G] {1,5*Wiatr [Zadaszanie] X-P.P}

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 148 = 0 \text{ mm}$

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6102 \cdot 235}{1} = 1,434 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 1,434 \text{ kNm} \quad (6.11)$$

$$\eta_{M_{ypl}} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-1,291 \cdot 10^6)|}{1,434 \cdot 10^6} = 90,0 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

10. Nośność przekroju przy zginaniu (zz):

PN-EN 1993-1-1:2006: 6.2.5

Decydująca kombinacja: [G] {1,5*Wiatr [Zadaszanie] X-P.P} (1,5*0,7*Siedziska)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 148 = 0 \text{ mm}$

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3780 \cdot 235}{1} = 8,883 \cdot 10^5 \text{ Nmm} = 0,888 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{zpl}} = \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{|2,1132 \cdot 10^5|}{8,883 \cdot 10^5} = 23,8 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

11. Nośność przekroju przy ścinaniu (z):

PN-EN 1993-1-1:2006: 6.2.6, 6.2.7

Decydująca kombinacja: [1,35*0,85*G] {1,5*Wiatr [Zadaszanie] X-P.P} (1,5*0,5*Śnieg UD)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

$$\eta_{NM\text{Buckl}} = \eta_{NM} = 92,9 \% \quad \text{spełniony}$$

3. Siła normalna-Zginanie-Zwichrzenie

PN-EN 1993-1-1:2006: 6.3.3, Załącznik B: Metoda 2
Wyłączone

4. Nośność przekroju przy ścinaniu (y):

PN-EN 1993-1-1:2006: 6.2.6, 6.2.7

Decydująca kombinacja: $[1,35 \cdot 0,85 \cdot G] \{1,5 \cdot \text{Wiatr [Zadanie]} X\text{-P.P}\} (1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Śnieg UD})$

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 148 = 0 \text{ mm}$

$$A_{Vy} = \frac{A \cdot b}{b + h} = 109 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{Vy} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{109 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1} = 1,4781 \cdot 10^4 \text{ N} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed} = -9,7914 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

$$V_{pl,T,Rd,y} = \left(1 - \frac{\tau_{Ty,Ed}}{f_y} \right) \cdot V_{pl,Rd,y} = \left(1 - \frac{17}{235} \right) \cdot 1,4781 \cdot 10^4 = 1,297 \cdot 10^4 \text{ N} \quad (6.28)$$

$$\eta_V = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{pl,T,Rd,y}} = \frac{|617|}{1,297 \cdot 10^4} = 4,8 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

5. Nośność środka przy ścinaniu (niestateczność):

PN-EN 1993-1-5:2008: 5.1, 5.2, 5.3, 5.5, Załącznik A: A.3

Decydująca kombinacja: $[G] \{1,5 \cdot \text{Wiatr [Zadanie]} X\text{-P.P}\}$

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 148 = 0 \text{ mm}$

$$a_{max} = 0,15$$

$$\eta_w = 1,2 \quad 5.1 (2) \text{ Uwaga 2}$$

$$\varepsilon = 1$$

$$h_w = h - 2 \cdot t_f = 60 - 2 \cdot 2 = 56 \text{ mm}$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \frac{72 \cdot \varepsilon}{\eta_w} \rightarrow V_{b,Rd} = V_{pl,Rd,z} = 2,9561 \cdot 10^4 \text{ N} \quad (5.1 (2))$$

$$\eta_{V_w} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{b,Rd}} = \frac{|1527|}{2,9561 \cdot 10^4} = 5,2 \% \quad (5.10) \quad \text{spełniony}$$

6. Ścinanie środka-Zginanie-Siła normalna

PN-EN 1993-1-1:2006: 6.2.9; PN-EN 1993-1-5:2008: 7.1

Decydująca kombinacja: $[G] \{1,5 \cdot \text{Wiatr [Zadanie]} X\text{-P.P}\}$

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 148 = 0 \text{ mm}$

$$M_{f,Rd} = (b + 2 \cdot b_2) \cdot t_f \cdot f_y \cdot (h - t_p) = (30 + 2 \cdot 0) \cdot 2 \cdot 235 \cdot (60 - 2) = 8,178 \cdot 10^5 \text{ Nmm} = 0,818 \text{ kNm}$$

$$\beta_{MN} = \alpha_{MN} = 1,7$$

$$\eta_{MN,3} = \left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right)^{\alpha_{MN}} + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right)^{\beta_{MN}} = \left(\frac{(-1,291 \cdot 10^6)}{1,434 \cdot 10^6} \right)^{1,7} + \left(\frac{2,0691 \cdot 10^5}{8,883 \cdot 10^5} \right)^{1,7} = 92,9 \% \quad (6.41)$$

$$\eta_{MN} = \max(\eta_{MN,1}; \eta_{MN,2}; \eta_{MN,3}; \eta_N) = \max(90,0; 23,3; 92,9; 1,1) = 92,9 \% \quad \text{spełniony}$$

14. Nośność na wyboczenie:

PN-EN 1993-1-1:2006: 6.3.1

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-Wyboczenie: [G] {1,5*Wiatr [Zadanie] X-P.P}

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 148 = 0 \text{ mm}$

$N_{Ed} = 858 \text{ N}$ (Pręt poddany rozciąganiu)

$$\eta_{N_b} = \eta_N = 1,1 \%$$

15. Nośność na zwichrzenie:

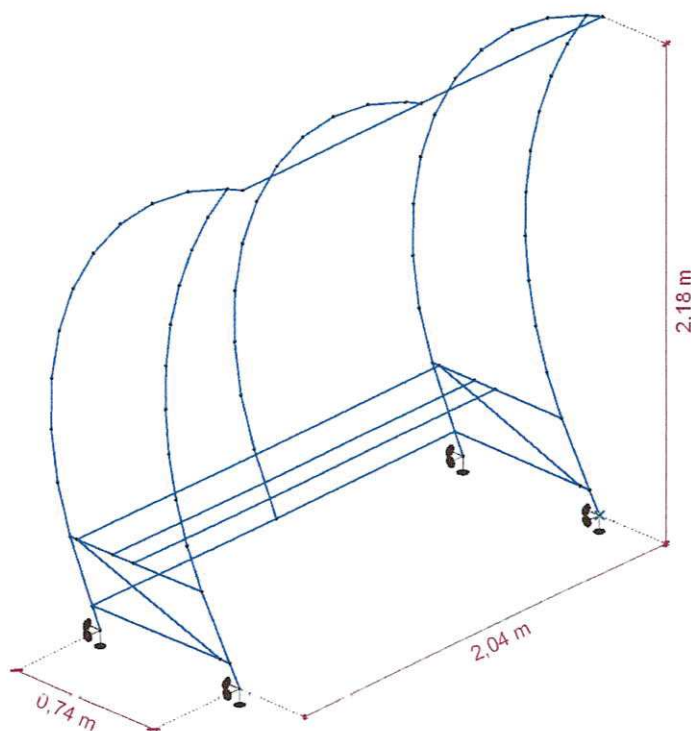
PN-EN 1993-1-1:2006: 6.3.2

Wyłączone

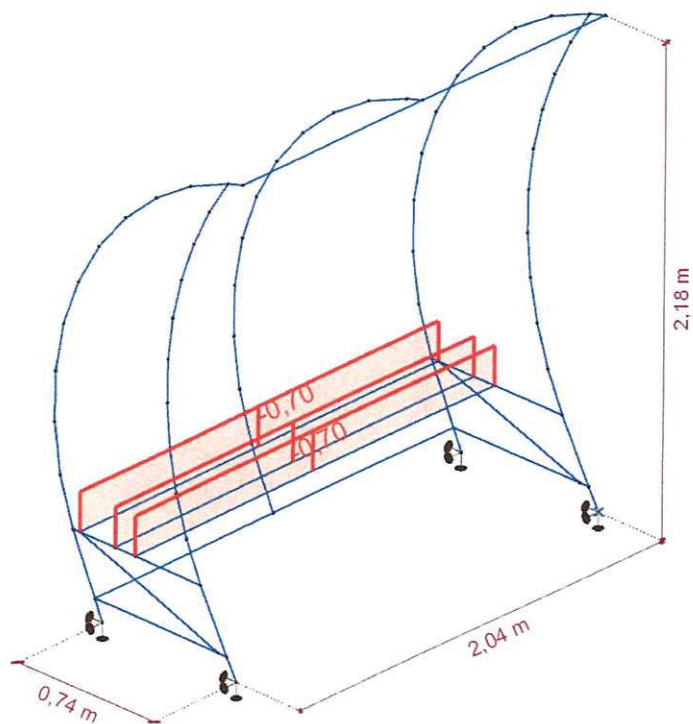
3.3. Obliczenia elementów konstrukcji wiaty WBM2med.00.00

Do obliczeń wiaty wprowadzono następujące przypadki obciążeń:

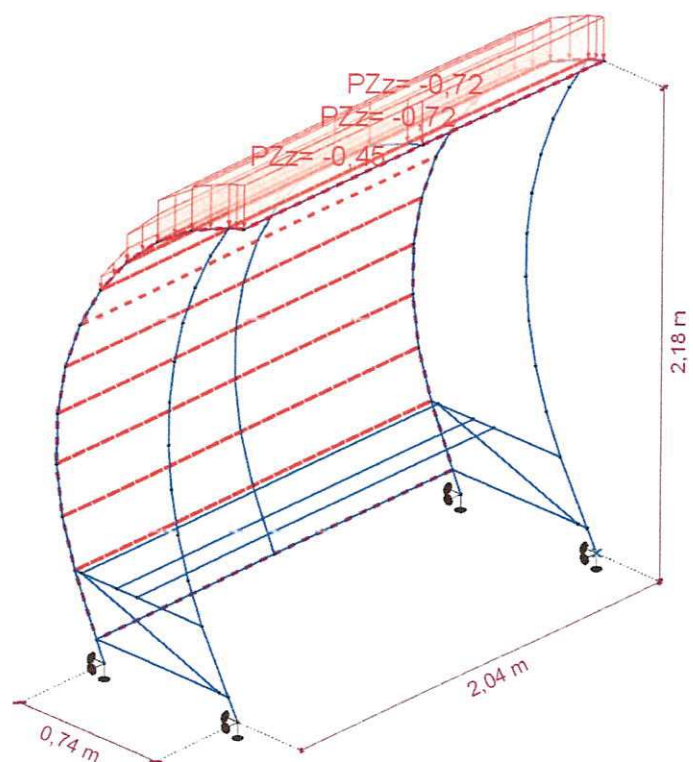
- ciężar własny konstrukcji – dodawany automatycznie przez program obliczeniowy – obciążenie stałe
- obciążenie śniegiem – strefa II (Polska), wysokość 225 m n.p.m.
- obciążenie wiatrem – strefa I (Polska), kategoria terenu III
- obciążenie siedzisk – 0,7 kN/m – obciążenie zmienne



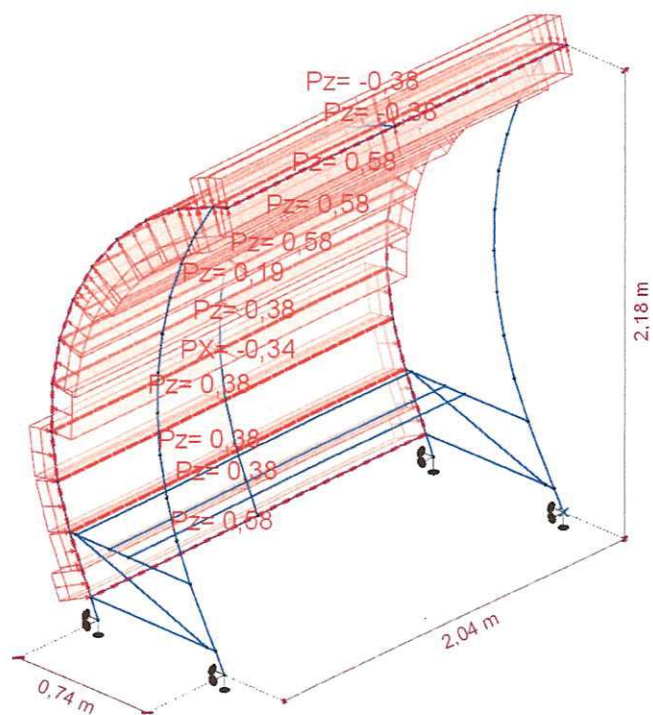
Model obliczeniowy konstrukcji zadaszania



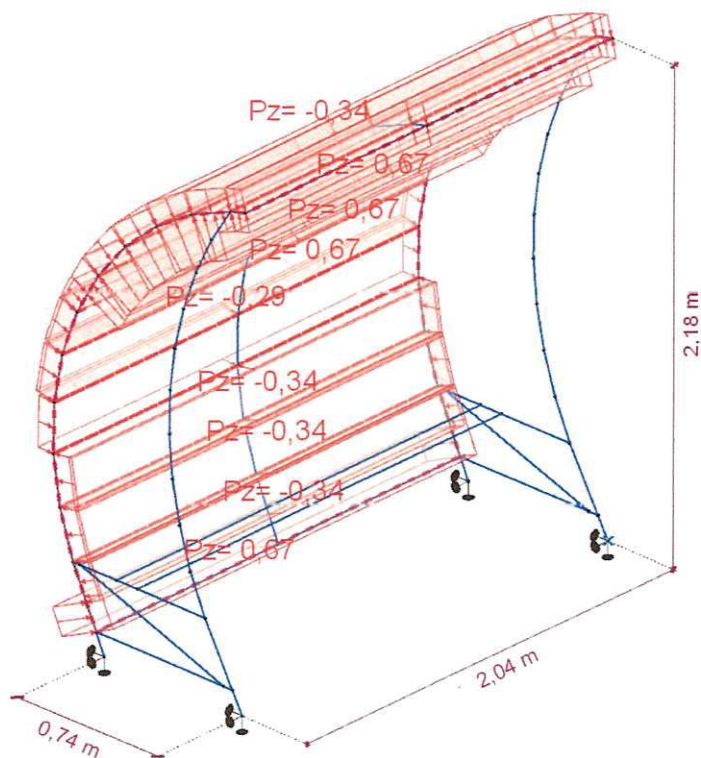
Obciążenie siedzisk



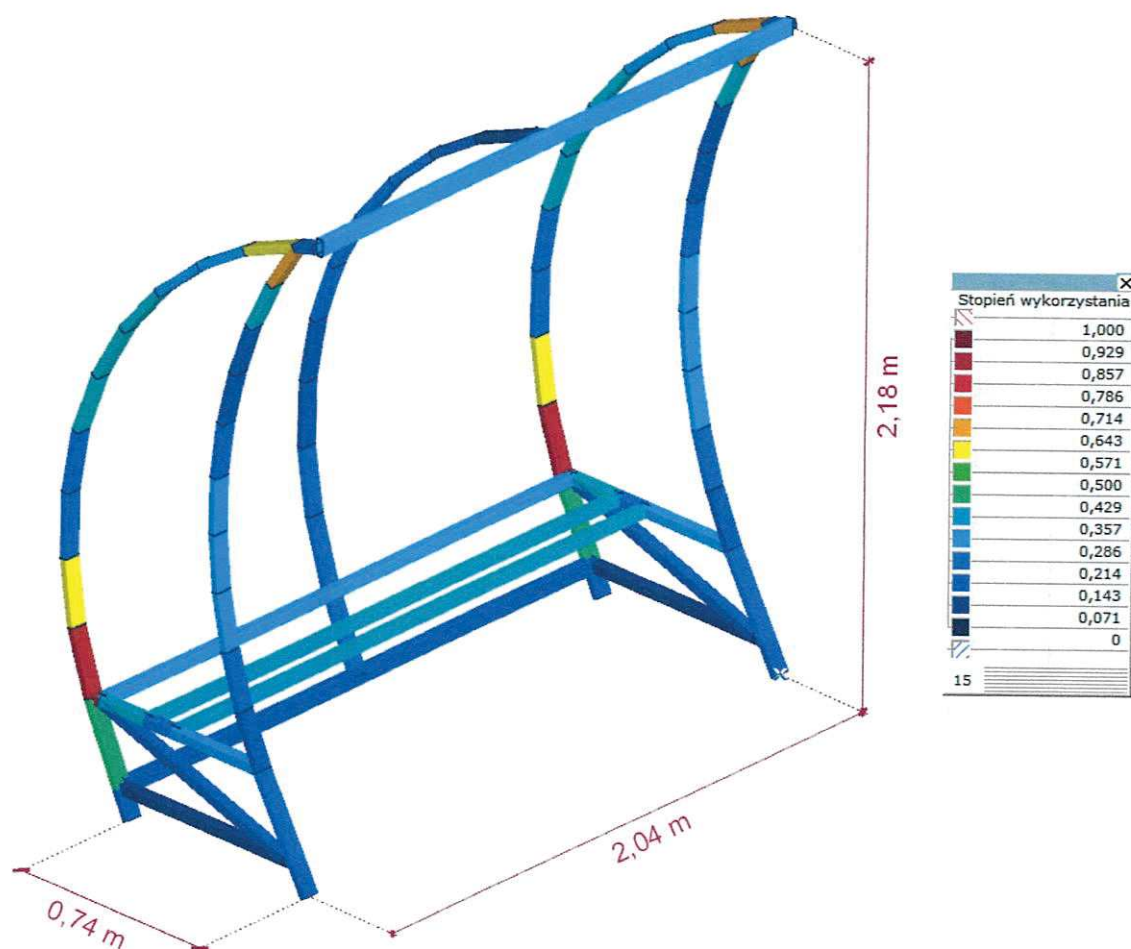
Obciążenie śniegiem



Obciążenie wiatrem (wariant – kierunek prostopadły nawietrzny)



Obciążenie wiatrem (wariant – kierunek prostopadły zawietrzny)



Stopień wykorzystania nośności SGN elementów wiaty – maks. 91 %

Poniziej przedstawiono obliczenia sprawdzające najbardziej wytężonego elementu wiaty.

WYMIAROWANIE ELEMENTU STALOWEGO

Wymiarowany element: 65

Węzły: 6-11

Norma: Eurokod-PL

PN-EN 1993-1-1:2006, PN-EN 1993-1-5:2008

Materiał: S 235

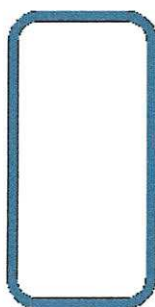
Przekrój poprzeczny: 60x30x2

Przypadek obciążenia: liniowa, (Auto) Decydująca

Wskaźnik dla sił sejsmicznych: 1,0

Klasyfikacja przekroju:

Płyta [mm]	$\frac{c}{t}$ [-]	Klasa [-]
18,0-2	9,00	1
48,0-2	24,00	1
18,0-2	9,00	1
48,0-2	24,00	1



1. Siła normalna-Zginanie-Ścinanie

PN-EN 1993-1-1:2006: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Decydująca kombinacja: [G] {1,5*Wiatr [Zadanie] X-P.P} (1,5*0,7*Siedziska)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 223 = 0$ mm

$$N_{Ed} = -788 \text{ N} \quad V_{y,Ed} = -1218 \text{ N} \quad V_{z,Ed} = -114 \text{ N} \quad M_{y,Ed} = 1,5543 \cdot 10^5 \text{ Nmm} = 0,155 \text{ kNm} \quad M_{z,Ed} = -7,7031 \cdot 10^5 \text{ Nmm} \\ = -0,770 \text{ kNm} \quad M_{x,Ed} = -2,5031 \cdot 10^4 \text{ Nmm} = -0,025 \text{ kNm}$$

$$\eta_{NMVpl} = \max(\eta_N; \eta_{M_{ypl}}; \eta_{M_{zpl}}; \eta_{V_x}; \eta_{V_y}) = \max(1,0; 10,8; 86,7; 0,4; 8,5) = 86,7 \% \quad \text{spełniony}$$

2. Siła normalna-Zginanie-Wyboczenie giętnie

PN-EN 1993-1-1:2006: 6.3.3, Załącznik B: Metoda 2

Decydująca kombinacja: [G] {1,5*Wiatr [Zadanie] X-P.P}

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 223 = 0$ mm

$$C_{mp} = 1$$

$$C_{me} = 1$$

$$f_{yy} = \min(\lambda_y \cdot 0,2; 0,8) = \min(0,24 - 0,2; 0,8) = 0,044$$

$$f_{zz} = \max(\min(\lambda_z \cdot 0,2; 0,8); 0) = \max(\min(0,22 - 0,2; 0,8); 0) = 0,018$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + f_{yy} \cdot \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}} \right) = 1 \cdot \left(1 + 0,044 \cdot \frac{|(-780)|}{0,98 \cdot 7,6803 \cdot 10^4} \right) = 1$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 1 = 0,6 \quad \text{Tabela Załącznik B.1}$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1 = 0,6$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + f_{zz} \cdot \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}} \right) = 1 \cdot \left(1 + 0,018 \cdot \frac{|(-780)|}{0,99 \cdot 7,6803 \cdot 10^4} \right) = 1 \quad \text{Tabela Załącznik B.1}$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}}, 1 \right) = 0,98 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}}, 1 \right) = 0,99 \quad (6.49)$$

$$\eta_{NMBuck1} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} + k_{yy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{ply} \cdot f_y} + k_{yz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{plz} \cdot f_y} = \frac{|(-780)|}{0,98 \cdot 327 \cdot 235} + 1 \cdot \frac{|1,2371 \cdot 10^5|}{6102 \cdot 235} + 0,6 \cdot \frac{|(-7,5591 \cdot 10^5)|}{3780 \cdot 235} = 60,7 \%$$

(6.61)

$$\eta_{NMBuck2} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} + k_{zy} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{ply} \cdot f_y} + k_{zz} \cdot \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{plz} \cdot f_y} = \frac{|(-780)|}{0,99 \cdot 327 \cdot 235} + 0,6 \cdot \frac{|1,2371 \cdot 10^5|}{6102 \cdot 235} + 1 \cdot \frac{|(-7,5591 \cdot 10^5)|}{3780 \cdot 235} = 91,3 \%$$

(6.62)

$$\eta_{NMBuck1} = 91,3 \% \quad \text{spełniony}$$

3. Siła normalna-Zginanie-Zwichrzenie

PN-EN 1993-1-1:2006: 6.3.3, Załącznik B: Metoda 2

Wyłączone

4. Nośność przekroju przy ścinaniu (y):

PN-EN 1993-1-1:2006: 6.2.6, 6.2.7

Decydująca kombinacja: [1,35*0,85*G] {1,5*Wiatr [Zadanie] X-P.P} (1,5*0,7*Siedziska)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 1,000 \cdot L = 1,000 \cdot 223 = 223 \text{ mm}$

$$A_{Vy} = \frac{A \cdot b}{b + h} = 109 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{Vy} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{109 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1} = 1,4781 \cdot 10^4 \text{ N} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed} = -2,5151 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

$$V_{pl,T,Rd,y} = \left(1 - \frac{\tau_{T,Ny,Ed}}{f_y} \right) \cdot V_{pl,Rd,y} = \left(1 - \frac{4,3}{235} \right) \cdot 1,4781 \cdot 10^4 = 1,4316 \cdot 10^4 \text{ N} \quad (6.28)$$

$$\eta_{V_y} = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{pl,T,Rd,y}} = \frac{|(-1332)|}{1,4316 \cdot 10^4} = 9,3 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

5. Nośność środka przy ścinaniu (niestateczność):

PN-EN 1993-1-5:2008: 5.1, 5.2, 5.3, 5.5, Załącznik A: A.3

Decydująca kombinacja: [1,35*0,85*G] {1,5*Wiatr [Zadanie] X-P.P} (1,5*0,7*Siedziska+1,5*0,5*Śnieg UD)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 223 = 0 \text{ mm}$

$$a_{max} = 0,22$$

$$\eta_w = 1,2 \quad 5.1 (2) \text{ Uwaga 2}$$

$$\varepsilon = 1$$

$$h_w = h - 2 \cdot t_f = 60 - 2 \cdot 2 = 56 \text{ mm}$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \frac{72 \cdot \varepsilon}{\eta_w} \rightarrow V_{b,Rd} = V_{pl,Rd,z} = 2,9561 \cdot 10^4 \text{ N} \quad (5.1 (2))$$

$$\eta_{V_w} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{b,Rd}} = \frac{|(-117)|}{2,9561 \cdot 10^4} = 0,4 \% \quad (5.10) \quad \text{spełniony}$$

6. Ścinanie środka-Zginanie-Siła normalna

PN-EN 1993-1-1:2006: 6.2.9; PN-EN 1993-1-5:2008: 7.1

Decydująca kombinacja: [1,35*0,85*G] {1,5*Wiatr [Zadanie] X-P.P} (1,5*0,7*Siedziska)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 223 = 0 \text{ mm}$

$$M_{f,Rd} = (b + 2 \cdot b_2) \cdot t_f \cdot f_y \cdot (h - t_f) = (30 + 2 \cdot 0) \cdot 2 \cdot 235 \cdot (60 - 2) = 8,178 \cdot 10^5 \text{ Nmm} = 0,818 \text{ kNm}$$

$$|M_{y,Ed}| \leq M_{f,Rd} \rightarrow \eta_{V_w,MN} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|1,5552 \cdot 10^5|}{1,434 \cdot 10^6} = 10,8 \% \quad (7.1) \quad \text{spełniony}$$

Wyniki cząstkowe

8. Nośność przekroju przy sile normalnej:

PN-EN 1993-1-1:2006: 6.2.4

Decydująca kombinacja: [1,35*0,85*G] {1,5*Wiatr [Zadanie] X-P.P} (1,5*0,7*Siedziska)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 223 = 0 \text{ mm}$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{327 \cdot 235}{1} = 7,6803 \cdot 10^4 \text{ N} \quad (6.10)$$

$$\eta_N = \frac{|N_{Ed}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{|(-792)|}{7,6803 \cdot 10^4} = 1,0 \% \quad (6.9) \quad \text{spełniony}$$

$$V_{z,Ed} = -114 \text{ N} \leq V_{pl,Rd,z} / 2 = 1,4781 \cdot 10^4 \text{ N} \rightarrow \text{Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny. 6.2.8 (2)}$$

$$V_{y,Ed} = -1218 \text{ N} \leq V_{pl,Rd,y} / 2 = 7390 \text{ N} \rightarrow \text{Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny. 6.2.8 (2)}$$

13. Sprawdzenie interakcji zginania z siłą normalną

PN-EN 1993-1-1:2006: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-V (nośność): [G] {1,5*Wiatr [Zadaszenie] X-P.P} (1,5*0,7*Siedziska)

Klasa przekroju: I (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 223 = 0 \text{ mm}$

$$\eta = \frac{|N_{Ed}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{788}{7,6803 \cdot 10^4} = 0,01 = 1,03\% \leq 25\%$$

$$|N_{Ed}| = 788 \text{ N} \leq N_{lim,y} = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{2 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{56 \cdot 2 \cdot 235}{2 \cdot 1} = 1,316 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$|N_{Ed}| = 788 \text{ N} \leq N_{lim,z} = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{56 \cdot 2 \cdot 235}{1} = 2,632 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{y,Rd} = 1,434 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 1,434 \text{ kNm}$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{z,Rd} = 8,883 \cdot 10^5 \text{ Nmm} = 0,888 \text{ kNm}$$

$$\eta_{MN,1} = \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} = \frac{1,5543 \cdot 10^5}{1,434 \cdot 10^6} = 10,8\%$$

$$\eta_{MN,2} = \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} = \frac{(-7,7031 \cdot 10^5)}{8,883 \cdot 10^5} = 86,7\%$$

$$\alpha_{MN} = \max \left(\min \left(\frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot (\eta)^2}; 6 \right); 1 \right) = \max \left(\min \left(\frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot (0,01)^2}; 6 \right); 1 \right) = 1,7$$

$$\beta_{MN} = \alpha_{MN} = 1,7$$

$$\eta_{MN,3} = \left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right)^{\alpha_{MN}} + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right)^{\beta_{MN}} = \left(\frac{1,5543 \cdot 10^5}{1,434 \cdot 10^6} \right)^{1,7} + \left(\frac{(-7,7031 \cdot 10^5)}{8,883 \cdot 10^5} \right)^{1,7} = 81,4\% \quad (6.41)$$

$$\eta_{MN} = \max (\eta_{MN,1}; \eta_{MN,2}; \eta_{MN,3}; \eta_N) = \max (10,8; 86,7; 81,4; 1,0) = 86,7\% \quad \text{spełniony}$$

14. Nośność na wyboczenie:

PN-EN 1993-1-1:2006: 6.3.1

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-Wyboczenie: [G] {1,5*Wiatr [Zadaszenie] X-P.P}

Klasa przekroju: I (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 223 = 0 \text{ mm}$

$$N_{cr,y} = 1,2932 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$K_y = 2,15 \text{ Wartość obliczona automatycznie.}$$

$$N_{cr,z} = 1,6185 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$K_z = 1,12 \text{ Wartość obliczona automatycznie.}$$

$$L_{cr,y} = K_y \cdot L = 2,15 \cdot 223 = 481 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = K_z \cdot L = 1,12 \cdot 223 = 251 \text{ mm}$$

Krzywa wyboczenia wokół osi y: c Tabela 6.2

9. Nośność przekroju przy zginaniu (yy):

PN-EN 1993-1-1:2006: 6.2.5

Decydująca kombinacja: [1,35*0,85*G] {1,5*Wiatr [Zadaszenie] X-P.P} (1,5*0,7*Siedziska)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 223 = 0 \text{ mm}$

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6102 \cdot 235}{1} = 1,434 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 1,434 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{y,pl}} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|1,5552 \cdot 10^5|}{1,434 \cdot 10^6} = 10,8 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

10. Nośność przekroju przy zginaniu (zz):

PN-EN 1993-1-1:2006: 6.2.5

Decydująca kombinacja: [G] {1,5*Wiatr [Zadaszenie] X-P.P} (1,5*0,7*Siedziska)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 223 = 0 \text{ mm}$

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3780 \cdot 235}{1} = 8,883 \cdot 10^5 \text{ Nmm} = 0,888 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{z,pl}} = \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{|(-7,7031 \cdot 10^5)|}{8,883 \cdot 10^5} = 86,7 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

11. Nośność przekroju przy ścinaniu (z):

PN-EN 1993-1-1:2006: 6.2.6, 6.2.7

Decydująca kombinacja: [1,35*0,85*G] {1,5*Wiatr [Zadaszenie] X-P.P} (1,5*0,7*Siedziska+
1,5*0,5*Śnieg UD)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 223 = 0 \text{ mm}$

$$A_{Vz} = \frac{A \cdot h}{b + h} = 218 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{Vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{218 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1} = 2,9561 \cdot 10^4 \text{ N} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed} = -2,5689 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

$$V_{pl,T,Rd,z} = \left(1 - \frac{\tau_{Tx,Ed}}{f_y} \right) \cdot V_{pl,Rd,z} = \left(1 - \frac{4,4}{235} \right) \cdot 2,9561 \cdot 10^4 = 2,8611 \cdot 10^4 \text{ N} \quad (6.28)$$

$$\eta_{V_z} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{pl,T,Rd,z}} = \frac{|(-117)|}{2,8611 \cdot 10^4} = 0,4 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

12. Sprawdzenie interakcji zginania ze ścinaniem

PN-EN 1993-1-1:2006: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-V (nośność): [G] {1,5*Wiatr [Zadaszenie] X-P.P} (1,5*0,7*Siedziska)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,000 \cdot L = 0,000 \cdot 223 = 0 \text{ mm}$

$$\rightarrow \alpha_y = 0,49 \text{ Tabela 6.1}$$

Krzywa wyboczenia wokół osi z: c Tabela 6.2

$$\rightarrow \alpha_z = 0,49 \text{ Tabela 6.1}$$

$$\lambda_{y*} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{327 \cdot 235}{1,2932 \cdot 10^6}} = 0,24 \quad (6.50)$$

$$\lambda_{z*} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{327 \cdot 235}{1,6185 \cdot 10^6}} = 0,22 \quad (6.50)$$

$$\phi_y = \frac{1 + \alpha_y \cdot (\lambda_{y*} - 0,2) + \lambda_{y*}^2}{2} = \frac{1 + 0,49 \cdot (0,24 - 0,2) + 0,24^2}{2} = 0,5404$$

$$\phi_z = \frac{1 + \alpha_z \cdot (\lambda_{z*} - 0,2) + \lambda_{z*}^2}{2} = \frac{1 + 0,49 \cdot (0,22 - 0,2) + 0,22^2}{2} = 0,5281$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_{y*}^2}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{0,5404 + \sqrt{0,5404^2 - 0,24^2}}; 1 \right) = 0,98 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_{z*}^2}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{0,5281 + \sqrt{0,5281^2 - 0,22^2}}; 1 \right) = 0,99 \quad (6.49)$$

$$\chi = \min(\chi_y; \chi_z) = \min(0,98; 0,99) = 0,98 \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,98 \cdot 327 \cdot 235}{1} = 7,5096 \cdot 10^4 \text{ N} \quad (6.47)$$

$$\eta_{N_b} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|(-780)|}{7,5096 \cdot 10^4} = 1,0 \% \quad (6.46) \quad \text{spełniony}$$

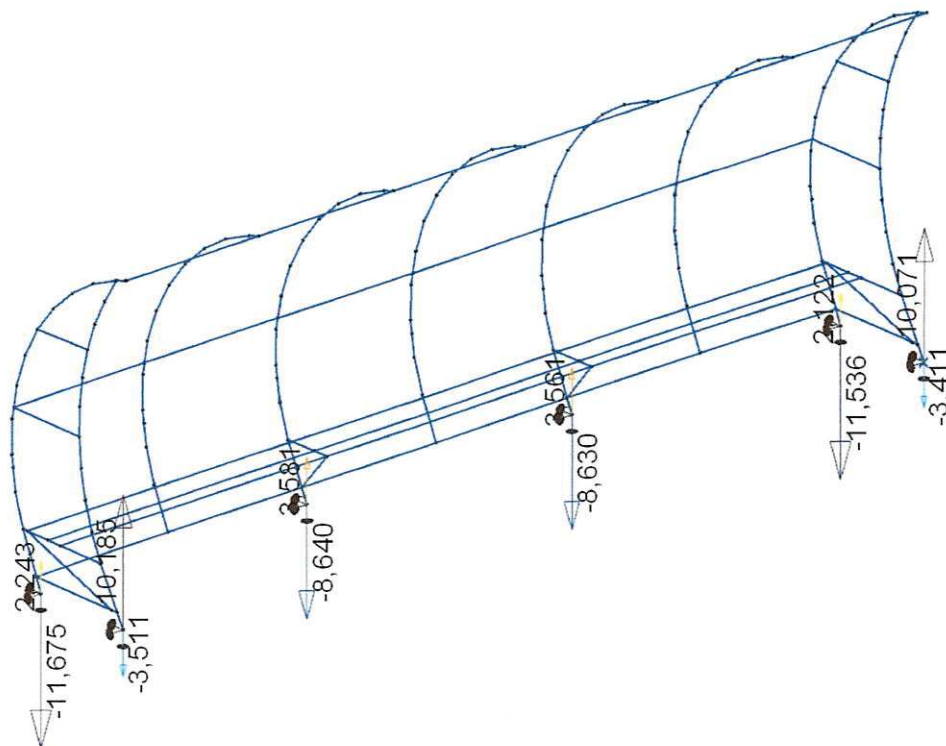
15. Nośność na zwichrzenie:

PN-EN 1993-1-1:2006: 6.3.2

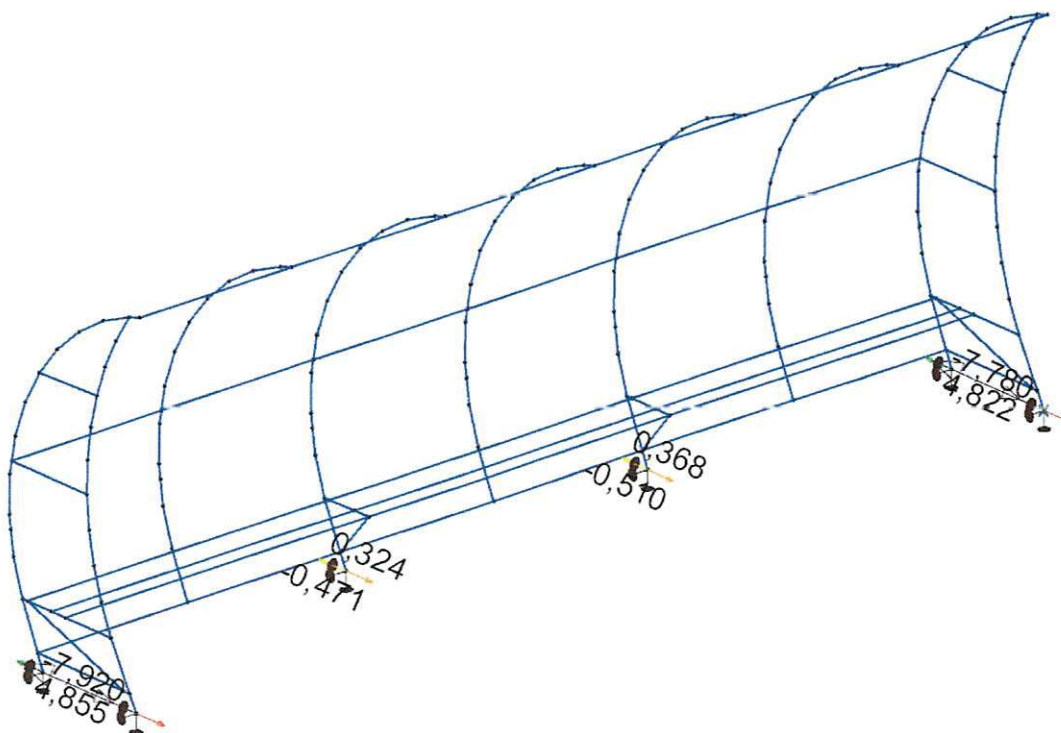
Wyłączone

4. Reakcje podporowe

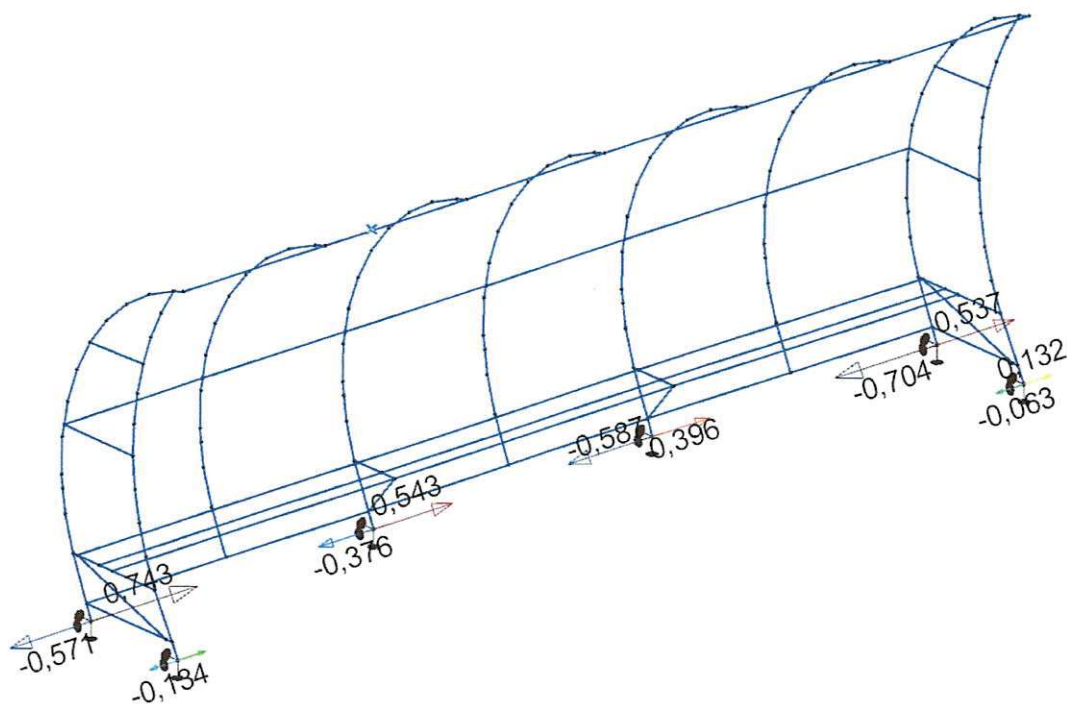
Na poniższych schematach przedstawiono maksymalne wartości reakcji podporowych przedmiotowych wiat.



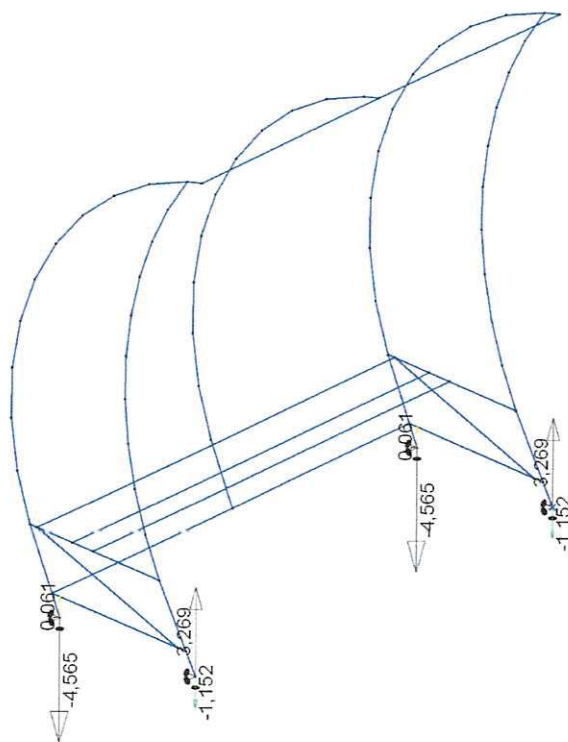
Reakcje pionowe R_z [kN] - wartości minimalne i maksymalne (wiatra WBM2-13.00.00)



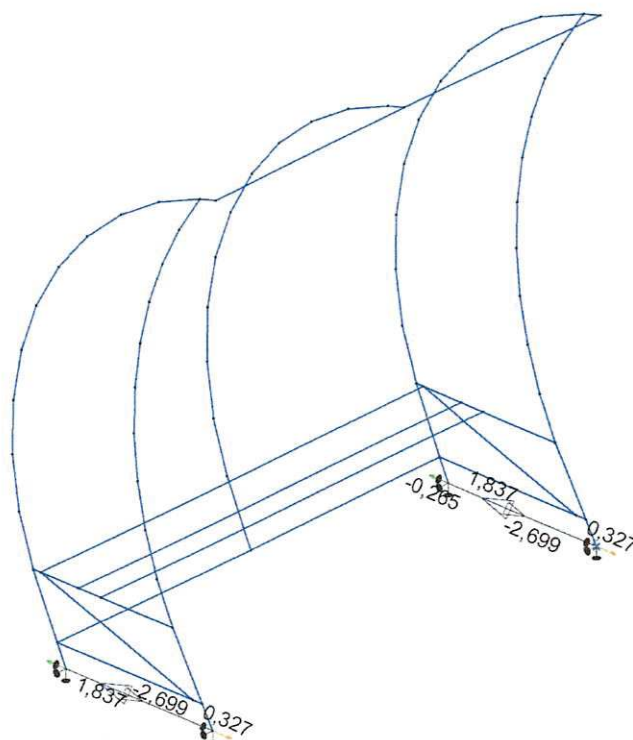
Reakcje poziome R_x [kN] - wartości minimalne i maksymalne (wiatra WBM2-13.00.00)



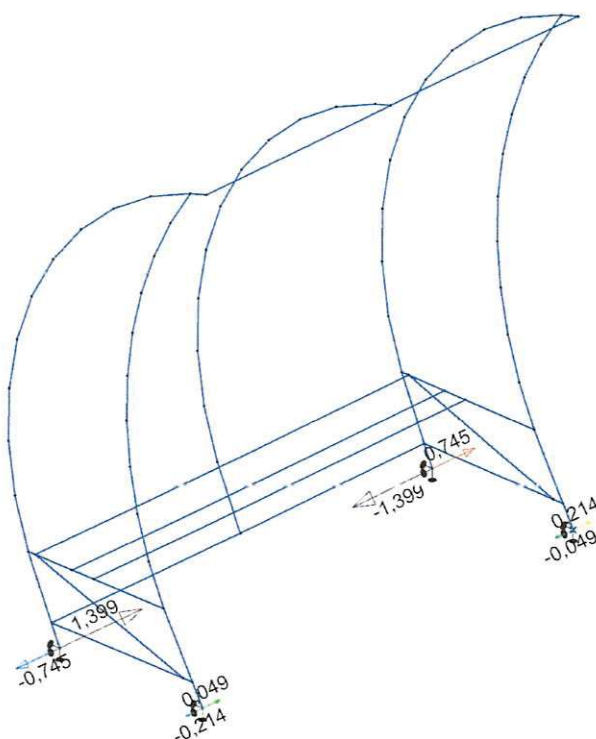
Reakcje poziome R_y [kN] - wartości minimalne i maksymalne (wiatu WBM2-13.00.00)



Reakcje pionowe R_z [kN] - wartości minimalne i maksymalne (wiatu WBM2med.00.00)



Reakcje poziome R_x [kN] - wartości minimalne i maksymalne (wiatra WBM2med.00.00)



Reakcje poziome R_y [kN] - wartości minimalne i maksymalne (wiatra WBM2med.00.00)

5. Normy i literatura

- PN-EN 1990:2004 „Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji”.
- PN-EN-1993-1-1: 2006 - Projektowanie konstrukcji stalowych. Reguły ogólne i reguły dla budynków
- PN-EN-1993-1-3: 2008 - Projektowanie konstrukcji stalowych. Reguły uzupełniające dla konstrukcji z kształtowników i blach profilowanych na zimno
- PN-EN-1991-1-1: 2004 - Oddziaływania na konstrukcje. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach
- Wł. Bogucki, M. Żybertowicz. Tablice do projektowania konstrukcji metalowych. Arkady, wyd. 7.