

# **PROJEKT TECHNICZNY** **dobudowy budynku gospodarczego do remizy strażackiej**

**INWESTOR:**

Gmina Dywity  
ul. Olsztyńska 32  
11-001 Dywity

**ADRES INWESTYCJI:**

obręb Brąswald,  
gm. Dywity  
dz. nr 213/2

**PROJEKTOWAŁ:**

**Henryk Tomaszewski**  
upr. bud. 167/80/OL

USŁUGI PROJEKTOWE  
inż. Henryk Tomaszewski  
upr. bud. 167/80/OL  
§ 13, Ust. 1, pkt 2

**Opis techniczny**  
**do projektu konstrukcyjnego dobudowy budynku gospodarczego**  
**do remizy strażackiej**

**1. Ogólny opis budynku**

Budynek o konstrukcji stalowej, szkieletowej, zlokalizowany przy wschodnim szczycie budynku straży pożarnej. Konstrukcją nośną budynku jest istniejąca (nadbudowana) ściana szczytowa istniejącego budynku oraz dwie różne ramy stalowe. Budynek ze ścianami osłonowymi z płyt warstwowych i dachem dwuspadowym pokrytym dachówką ceramiczną. Obiekt parterowy z poddaszem użytkowym, niepodpiwniczony. Parter i poddasze stanowią dwa pomieszczenia gospodarcze.

Parametry dobudówki

- pow. zabudowy	- 90,60 m <sup>2</sup>
- pow. użytkowa	- 140,65 m <sup>2</sup>
- kubatura	- 623,95 m <sup>3</sup>
- wysokość budynku	- 8,97 m
- kąt pochylenia połaci	- 30 <sup>0</sup>

**2. Warunki gruntowo-wodne**

Na podstawie technicznego badania podłoża gruntowego wykonanego świdrem ręcznym do głębokości 3,0 m stwierdzono:

Pod warstwą ziemi roślinnej o miąższości ok. 0,15 m zalegają nasypy niebudowlane przechodzące na głębokości 0,55 m w gliny twardoplastyczne o  $I_L = 0,25$ . Woda gruntowa do głębokości wierceń nie wystąpiła. Poziom

### **3.4. Strop nad parterem**

Strop o konstrukcji stalowej. Belki stropowe IPE 120 w rozstawie co ok. 62 cm. Belki oparte na podciągu stalowym IPE 240 opartym na słupach ramy i na słupach pośrednich ( żelbetowym przy ranie środkowej i stalowym przy ramie skrajnej) Przy ścianie budynku istniejącego belki stropowe oparte na CE 140 kotwionym do ściany prętami gwintowanymi (na przestrzał przez ścianę)  $\varnothing$  16 co 80 cm. Belki stropowe spawać do podciągów spoiną pachwinową na montażu. Podłoga poddasza z płyt OSB gr. 22 mm (z felcem) ułożonych bezpośrednio na belkach stropowych, stalowych.

### **3.5. Pokrycie dachu**

Ze względu na zalecenie Konserwatora Zabytków dach przykryto płytą warstwową PIR gr. 10 cm na której ułożono kolejno kontrłaty, łaty i dachówkę ceramiczną w kolorze czerwonym.

### **3.6. Ściany osłonowe**

Ściany osłonowe z płyt warstwowych z rdzeniem PIR gr. 10 cm.

### **3.7. Posadzki**

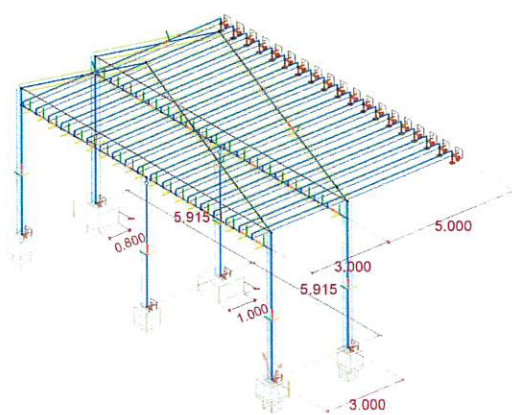
Posadzka parteru przemysłowa M-15 gr. 8 cm wylana na styropianie EPS-100 gr. 8 cm. Warstwy poniżej zgodnie z rysunkiem architektonicznym A-4.



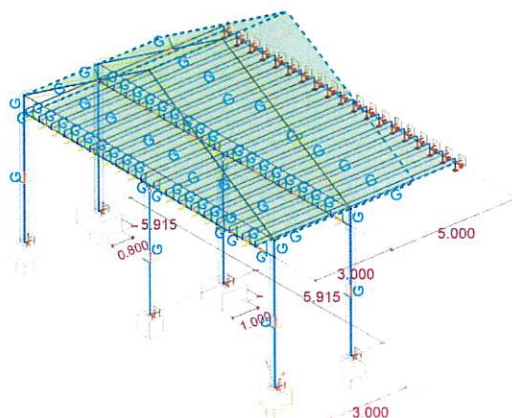
## Projekt:

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

Opracował: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz



Model



CW

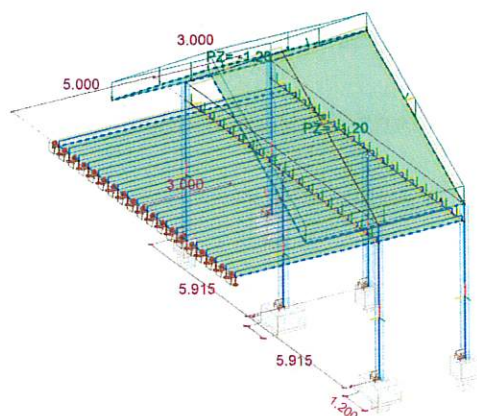
USŁUGI PROJEKTOWE  
inż. Henryk Tomaszewski  
upr. bud. nr 167/80/OL  
§ 13, Ust. 1, pkt 2

# Projekt: Osp Brąswałd

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

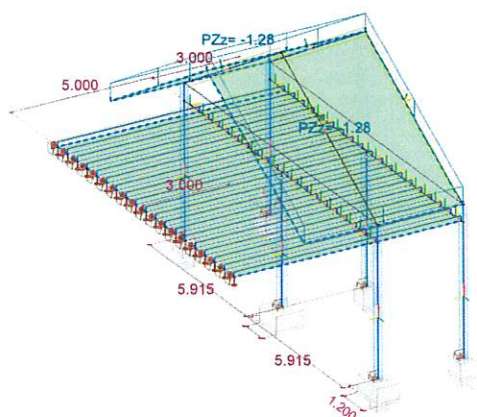
AxisVM X5 R4s-hf1  
Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz



Z  
Y  
X

AxisVM X5 R4s-hf1  
Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

stałe



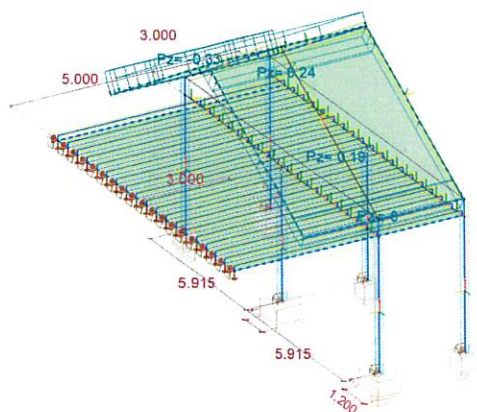
Z  
Y  
X

Śnieg UD

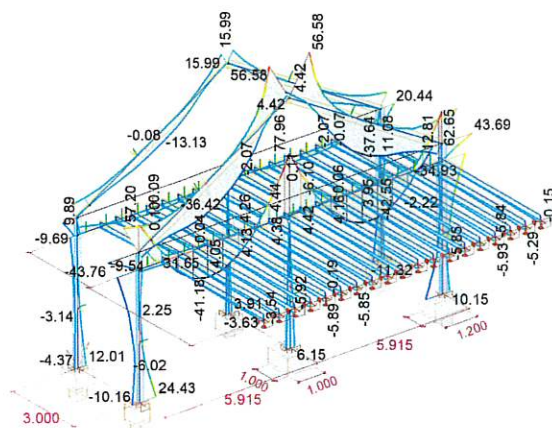


Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz


$$\begin{array}{c} Z \\ \swarrow \searrow \\ X \quad Y \end{array}$$

Wiatr [1]  $X+.Ps.O$



My (kN/m)

77.3
69.2
60.5
51.5
43.1
34.4
25.8
17.1
8.4
-0.2
-8.8
-17.8
-26.7
-35.0
-43.3

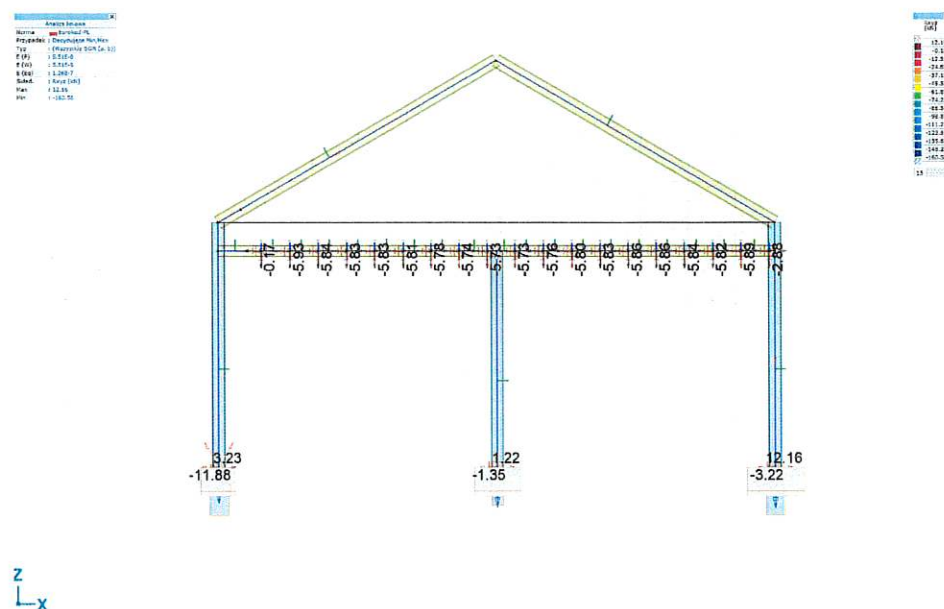
$$\begin{array}{c} Z \\ Y \downarrow X \end{array}$$

[I], liniowa, (Auto) Decydująca, My, Wykres wypełniony

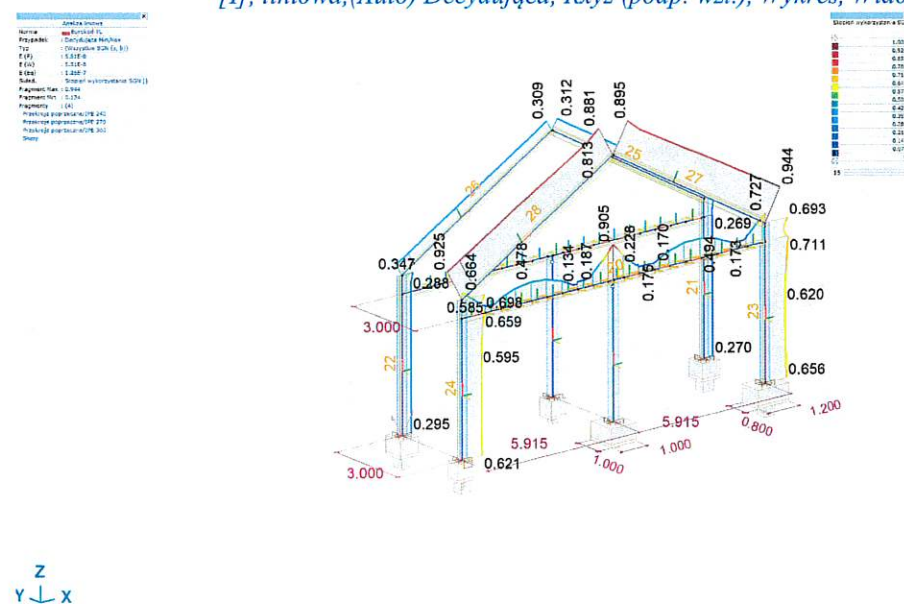
# Projekt: Osp Brąswałd

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz



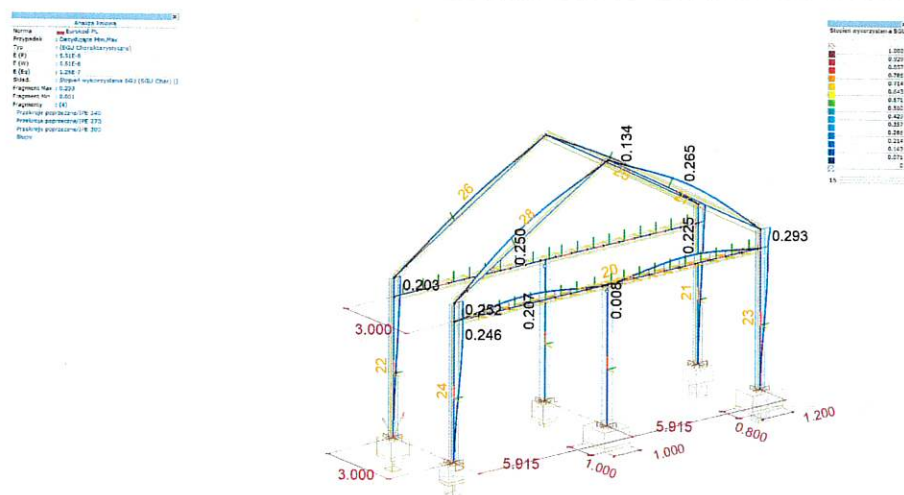
[I], liniowa, (Auto) Decydująca, Rxyz (podp. wzl.), Wykres, Widok z przodu



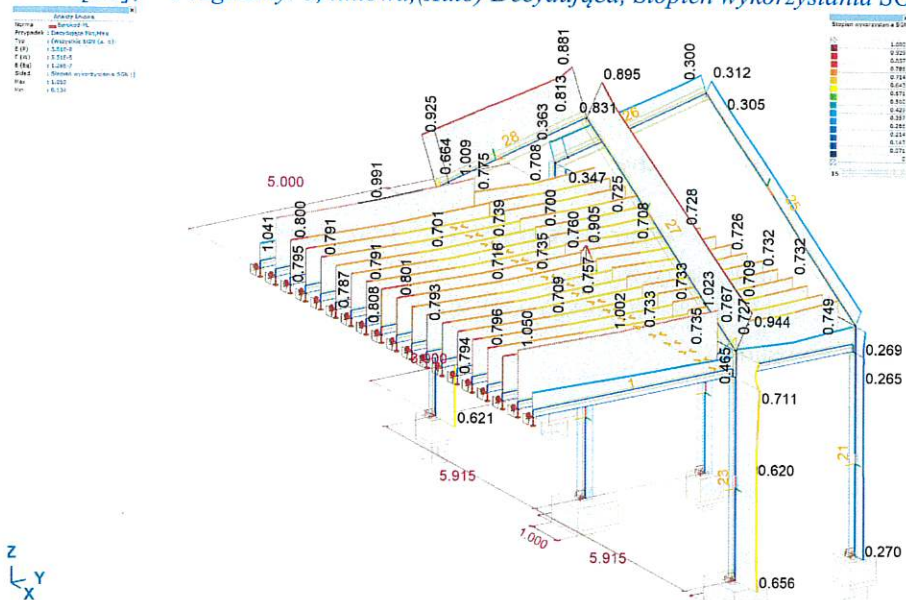
[StI], > Fragmenty: 5, liniowa, (Auto) Decydująca, Stopień wykorzystania SGN, Wykres wypełniony

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz


$$\begin{array}{c} Z \\ Y \downarrow X \end{array}$$

[Stł], > Fragmenty: 5, liniowa, (Auto) Decydująca, Stopień wykorzystania SGU, Wykres wypełniony


$$\begin{matrix} & Z \\ & \swarrow \\ L & & Y \\ & \searrow \\ & X \end{matrix}$$

[StI], liniowa, (Auto) Decydująca, Stopień wykorzystania SGN, Wykres wypełniony



## Projekt: Osp Brąswałd

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

### WYMIAROWANIE ELEMENTU STALOWEGO

Wymiarowany element: 20

Węzły: 6-7

Norma: Eurokod-PL

Materiał: S 235

Przekrój poprzeczny: IPE 240

Przypadek obciążenia: liniowa,(Auto) Decydująca

Wskaźnik dla sił sejsmicznych: 1.0

#### 1. Siła normalna-Zginanie-Ścinanie

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

Decydująca kombinacja: [1.1\*1\*cw+stałe] {1.5\*Wiatr [1] X+.Ps.S} (1.5\*1\*użytkowe)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.500 \cdot L = 0.500 \cdot 1183.00 = 591.50$  cm

$$N_{Ed11} = 34.96 \text{ kN} \quad V_{y,Ed11} = -0.44 \text{ kN} \quad V_{z,Ed11} = 78.56 \text{ kN} \quad M_{y,Ed11} = 7795.74 \text{ kNm} = 77.96 \text{ kNm} \quad M_{z,Ed11} = 25.35 \text{ kNm} = 0.25 \text{ kNm} \quad M_{x,Ed11} = -0.03 \text{ kNm} = 0 \text{ kNm}$$

$$\eta_{NMV_{pl}} = \max(\eta_N; \eta_{M_{y,pl}}; \eta_{M_{z,pl}}; \eta_{V_z}; \eta_{V_y}) = \max(3.8; 90.5; 1.5; 30.2; 0.1) = 90.5 \% \quad \text{spełniony}$$

#### 2. Siła normalna-Zginanie-Wyboczenie giętne

EN 1993-1-1: 6.3.3

Decydująca kombinacja: [1.1\*1\*cw+stałe] {1.5\*Wiatr [1] X+.Ps.S} (1.5\*1\*użytkowe)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.500 \cdot L = 0.500 \cdot 1183.00 = 591.50$  cm

$$N_{Ed11} = 34.96 \text{ kN (Pret poddany rozciąganiu)}$$

$$\eta_{NMBuckl} = \eta_{NMV} = 90.5 \% \quad \text{spełniony}$$

#### 3. Siła normalna-Zginanie-Zwichrzenie

EN 1993-1-1 5.5.3

Decydująca kombinacja: [1.1\*1\*cw+stałe] {1.5\*Wiatr [1] Y+.S.P} (1.5\*1\*użytkowe)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.500 \cdot L = 0.500 \cdot 1183.00 = 591.50$  cm

$$N_{Ed1} = 20.88 \text{ kN (Pret poddany rozciąganiu)}$$

$$M_{mod,y,Ed} = \max \left( W_y \cdot \left( \frac{M_{y,Ed1}}{W_y} - 0.8 \cdot \frac{N_{Ed1}}{A} \right); 0 \right) = \max \left( 366.65 \cdot \left( \frac{7753.65}{366.65} - 0.8 \cdot \frac{20.88}{39.13} \right); 0 \right) = 7597.13 \text{ kNm} \quad (5.50)$$

## Projekt: Osp Braswald

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

$$\eta_{NMLTBuckl} = \frac{M_{mod,y,Ed}}{M_{b,Rd}} + \frac{M_{z,Ed1}}{\frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} = \frac{7597.13}{8616.17} + \frac{25.81}{\frac{73.92 \cdot 23.50}{1}} = 89.7 \% \quad \text{spełniony}$$

### 4. Nośność przekroju przy ścinaniu (y):

EN 1993-1-1: 6.2.6, 6.2.7

Decydująca kombinacja: [1.1\*1\*cw+stałe] {1.5\*Wiatr [1] X+.Ps.P} (1.5\*1\*użytkowe)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.940 \cdot L = 0.940 \cdot 1183.00 = 1111.50 \text{ cm}$

$$A_{V,y} = 2 \cdot b \cdot t_f = 23.52 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{V,y} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{23.52 \cdot 23.50}{\sqrt{3} \cdot 1} = 319.11 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed1} = -2.75 \text{ kNcm}$$

$$V_{pl,T,Rd,y} = \left( \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,xy,Ed}}{1.25 \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}}} \right) \cdot V_{pl,Rd,y} = \left( \sqrt{1 - \frac{0.21}{1.25 \cdot \frac{23.50}{\sqrt{3} \cdot 1}}} \right) \cdot 319.11 = 317.15 \text{ kN} \quad (6.26)$$

$$\eta_{V_y} = \frac{|V_{y,Ed1}|}{V_{pl,T,Rd,y}} = \frac{|(-2.29)|}{317.15} = 0.7 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

### 5. Nośność środnika przy ścinaniu (niestateczność):

EN 1993-1-5: 5.1, 5.2, 5.3, 5.5, Annex A: A.3

Decydująca kombinacja: [1.1\*1\*cw+stałe] {1.5\*Wiatr [1] X+.Ps.S} (1.5\*1\*użytkowe +1.5\*0.5\*Śnieg DX-)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.500 \cdot L = 0.500 \cdot 1183.00 = 591.50 \text{ cm}$

$$a_{max} = 11.83$$

$$\eta_w = 1.2 \quad 5.2 (2) \text{ NOTE 2}$$

$$h_w = h - 2 \cdot t_f = 24.00 - 2 \cdot 0.98 = 22.04 \text{ cm}$$

$$\text{Bez usztywnienia} \rightarrow k_\tau = 5.34 \quad (A.5)$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \frac{31 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\tau}}{\eta_w} \rightarrow V_{b,Rd} = V_{pl,Rd,z} = 259.86 = 259.86 \text{ kN} \quad (5.1 (2))$$

$$\eta_{V_w} = \frac{|V_{z,Ed11}|}{V_{b,Rd}} = \frac{|78.64|}{259.86} = 30.3 \% \quad (5.10) \quad \text{spełniony}$$

## Projekt: Osp Brąswałd

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ · Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

### 6. Ścinanie środnika-Zginanie-Siła normalna

EN 1993-1-1: 6.2.9; EN 1993-1-5: 7.1

Decydująca kombinacja:  $[1.1 * 1 * cw + stale] \{1.5 * Wiatr [1] X + Ps.S\} (1.5 * 1 * \text{użytkowe})$

Klasa przekroju: **1** (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.500 \cdot L = 0.500 \cdot 1183.00 = 591.50 \text{ cm}$

$M_{f,Rd} = b \cdot t_f \cdot f_y \cdot (h - t_f) = 12.00 \cdot 0.98 \cdot 23.50 \cdot (24.00 - 0.98) = 6361.81 \text{ kNcm} = 63.62 \text{ kNm}$

$$V_{z,Ed} < 0.5 \cdot V_{bw,Rd} \rightarrow \eta_{V_{w,MN}} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|7795.74|}{8616.17} = 90.5 \% \quad (7.1) \quad \text{spełniony}$$

### 7. SGU (Stan graniczny użytkowości)

EN 1993-1-1: 7., EN 1990: 3.4, A1.4.

Decydująca kombinacja:  $[cw + stale] \{Wiatr [1] X + Ps.S\} (\text{użytkowe} + 0.5 * \text{Śnieg DX})$

Klasa przekroju: **1** (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.762 \cdot L = 0.762 \cdot 1183.00 = 901.50 \text{ cm}$

$$e_z = \left| e_{z,d} - e_{i,z} \cdot \left(1 - \frac{x}{L}\right) - e_{f,z} \cdot \frac{x}{L} + u_z \right| = \left| (-0.93) - (-0.04) \cdot \left(1 - \frac{901.50}{1183.00}\right) - (-0.05) \cdot \frac{901.50}{1183.00} + 0 \right| = 0.89 \text{ cm}$$

$$e_{z,Limit} = \frac{L}{300.0} = \frac{1183.00}{300.0} = 3.94 \text{ cm}$$

$$\eta_{e_z} = \frac{e_z}{e_{z,Limit}} = \frac{0.89}{3.94} = 22.5 \%$$

$$\eta_{SLS} = \max(\eta_{e_z}) = \max(22.5) = 22.5 \% \quad \text{spełniony}$$

## Wyniki cząstkowe

### 8. Nośność przekroju przy sile normalnej:

EN 1993-1-1: 6.2.4

Decydująca kombinacja:  $[1.1 * 1 * cw + 1.35 * 0.85 * stale] \{1.5 * \text{Śnieg UD}\} (1.5 * 1 * \text{użytkowe} + 1.5 * 0.6 * Wiatr [1] X + Ps.S)$

Klasa przekroju: **1** (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.432 \cdot L = 0.432 \cdot 1183.00 = 511.50 \text{ cm}$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{39.13 \cdot 23.50}{1} = 919.44 \text{ kN} \quad (6.6)$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 \cdot A \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \cdot 39.13 \cdot 36.00}{1.1} = 1152.41 \text{ kN} \quad (6.7)$$

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) = \min(919.44; 1152.41) = 919.44 \text{ kN}$$

## Projekt: Osp Brąswałd

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

$$\eta_N = \frac{|N_{Ed1}|}{N_{t,Rd}} = \frac{|79.53|}{919.44} = 8.7\% \quad (6.5) \quad \text{spełniony}$$

### 9. Nośność przekroju przy zginaniu (yy):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Decydująca kombinacja: [1.1\*1\*cw+stałe] {1.5\*Wiatr [1] X+.Ps.S} (1.5\*1\*użytkowe)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.500 \cdot L = 0.500 \cdot 1183.00 = 591.50$  cm

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{366.65 \cdot 23.50}{1} = 8616.17 \text{ kNcm} = 86.16 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{y,pl}} = \frac{|M_{y,Ed11}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|7795.74|}{8616.17} = 90.5\% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

### 10. Nośność przekroju przy zginaniu (zz):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Decydująca kombinacja: [1.1\*1\*cw+stałe] {1.5\*Wiatr [1] X-.Ps.S} (1.5\*1\*użytkowe +1.5\*0.5\*Śnieg DX+)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.940 \cdot L = 0.940 \cdot 1183.00 = 1111.50$  cm

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{73.92 \cdot 23.50}{1} = 1737.21 \text{ kNcm} = 17.37 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{z,pl}} = \frac{|M_{z,Ed1}|}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{|(-116.22)|}{1737.21} = 6.7\% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

### 11. Nośność przekroju przy ścinaniu (z):

EN 1993-1-1: 6.2.6, 6.2.7

Decydująca kombinacja: [1.1\*1\*cw+stałe] {1.5\*Wiatr [1] X+.Ps.S} (1.5\*1\*użytkowe +1.5\*0.5\*Śnieg DX-)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.500 \cdot L = 0.500 \cdot 1183.00 = 591.50$  cm

$$A_{Vz} = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 19.15 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{Vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{19.15 \cdot 23.50}{\sqrt{3} \cdot 1} = 259.86 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed11} = -0.03 \text{ kNcm}$$



## Projekt: Osp Brąswałd

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

$$V_{pl,T,Rd,z} = \left( \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,z} \cdot Ed}{1.25 \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}}} \right) \cdot V_{pl,Rd,z} = \left( \sqrt{1 - \frac{0}{1.25 \cdot \frac{23.50}{\sqrt{3} \cdot 1}}} \right) \cdot 259.86 = 259.85 \text{ kN} \quad (6.26)$$

$$\eta_{V_z} = \frac{|V_{z,Ed,11}|}{V_{pl,T,Rd,z}} = \frac{|78.64|}{259.85} = 30.3 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

### 12. Sprawdzenie interakcji zginania ze ścinaniem

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

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-V (nośność):  $[1.1 \cdot 1 \cdot \text{cw} + \text{stale}] \{1.5 \cdot \text{Wiatr} [1] \text{X} + \text{Ps.S}\}$

(1.5 · 1 · użytkowe)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.500 \cdot L = 0.500 \cdot 1183.00 = 591.50 \text{ cm}$

$V_{z,Ed,11} = 78.56 \text{ kN} \leq V_{pl,Rd,z} / 2 = 129.93 \text{ kN} \rightarrow$  Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny. 6.2.8

(2)

$V_{y,Ed,11} = -0.44 \text{ kN} \leq V_{pl,Rd,y} / 2 = 159.56 \text{ kN} \rightarrow$  Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny.

6.2.8 (2)

### 13. Sprawdzenie interakcji zginania z siłą normalną

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

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-V (nośność):  $[1.1 \cdot 1 \cdot \text{cw} + \text{stale}] \{1.5 \cdot \text{Wiatr} [1] \text{X} + \text{Ps.S}\}$

(1.5 · 1 · użytkowe)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.500 \cdot L = 0.500 \cdot 1183.00 = 591.50 \text{ cm}$

$$n = \frac{|N_{Ed,11}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{34.96}{919.44} = 3.8 \% \leq 25\%$$

$$|N_{Ed,11}| = 34.96 \text{ kN} \leq N_{lim,y} = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{2 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{22.04 \cdot 0.62 \cdot 23.50}{2 \cdot 1} = 160.56 \text{ kN}$$

$$|N_{Ed,11}| = 34.96 \text{ kN} \leq N_{lim,z} = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{22.04 \cdot 0.62 \cdot 23.50}{1} = 321.12 \text{ kN}$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{y,V,Rd} = 8616.17 \text{ kNcm} = 86.16 \text{ kNm}$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{z,V,Rd} = 1737.21 \text{ kNcm} = 17.37 \text{ kNm}$$

$$\eta_{MN,1} = \frac{M_{y,Ed,11}}{M_{N,y,Rd}} = \frac{7795.74}{8616.17} = 90.5 \%$$



## Projekt: Osp Brąswałd

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 - Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

$$\eta_{MN,2} = \frac{M_{z,Ed_{11}}}{M_{Nz,Rd}} = \frac{25.35}{1737.21} = 1.5 \%$$

$$\alpha_{MN} = 2$$

$$\beta_{MN} = \max(5 \cdot n / 100; 1) = \max(5 \cdot 3.8 / 100; 1) = 1$$

$$\eta_{MN,3} = \left( \frac{M_{y,Ed_{11}}}{M_{Ny,Rd}} \right)^{\alpha_{MN}} + \left( \frac{M_{z,Ed_{11}}}{M_{Nz,Rd}} \right)^{\beta_{MN}} = \left( \frac{7795.74}{8616.17} \right)^2 + \left( \frac{25.35}{1737.21} \right)^1 = 83.3 \% \quad (6.41)$$

$$\eta_{MN} = \max(\eta_{MN,1}; \eta_{MN,2}; \eta_{MN,3}; \eta_N) = \max(90.5; 1.5; 83.3; 3.8) = 90.5 \% \quad \text{spełniony}$$

### 14. Nośność na wyboczenie:

EN 1993-1-1: 6.3.1

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-Wyboczenie: [1.1\*1\*cw+stałe] {1.5\*Wiatr [1] X+.Ps.S}  
(1.5\*1\*użytkowe)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.500 \cdot L = 0.500 \cdot 1183.00 = 591.50 \text{ cm}$

$N_{Ed_{11}} = 34.96 \text{ kN}$  (Pret poddany rozciąganiu)

$$\eta_{N_b} = \eta_N = 3.8 \%$$

### 15. Nośność na zwichrzenie:

EN 1993-1-1: 6.3.2

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-Zwichrzenie: [1.1\*1\*cw+stałe] {1.5\*Wiatr [1] Y+.S.P}  
(1.5\*1\*użytkowe)

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.500 \cdot L = 0.500 \cdot 1183.00 = 591.50 \text{ cm}$

$M_{cr}$  Metoda analizy: AutoMcr

$$M_{cr} = 187089.62 \text{ kNcm} = 1870.90 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{366.65 \cdot 23.50}{187089.62}} = 0.21$$

Krzywa wyboczenia:  $b$  Tabela 6.5

$$\rightarrow \alpha_{LT} = 0.34 \quad \text{Tabela 6.3}$$

$$\phi_{LT} = \frac{1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2}{2} = \frac{1 + 0.34 \cdot (0.21 - 0.4) + 0.75 \cdot 0.21^2}{2} = 0.49$$

$$\chi_{LT} = \min \left( \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}}; 1 \right) = \min \left( \frac{1}{0.49 + \sqrt{0.49^2 - 0.75 \cdot 0.21^2}}; 1 \right) = 1.00 \quad (6.57)$$

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1.00 \cdot 366.65 \cdot 23.50}{1} = 8616.17 \text{ kNcm} = 86.16 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

---

**Projekt: Osp Brąswałd**

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

---

$$\eta_{M_b} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{b,Rd}} = \frac{|7753.65|}{8616.17} = 90.0 \% \quad (6.54) \quad \text{spełniony}$$

## Projekt: Osp Braswald

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

### WYMIAROWANIE ELEMENTU STALOWEGO

Wymiarowany element: 28

Węzły: 2-5

Norma: Eurokod-PL

Materiał: S 235

Przekrój poprzeczny: IPE 300

Przypadek obciążenia: liniowa, (Auto) Decydująca

Wskaźnik dla sił sejsmicznych: 1.0

#### 1. Siła normalna-Zginanie-Ścinanie

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

Decydująca kombinacja:  $[1.1 * 1 * cw + 1.35 * 0.85 * stale] \{1.5 * \text{Śnieg UD}\} (1.5 * 1 * \text{użytkowe} + 1.5 * 0.6 * \text{Wiatr [1] X+.Ps.S})$

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 1.000 \cdot L = 1.000 \cdot 683.01 = 683.01 \text{ cm}$

$$N_{Ed15} = -76.15 \text{ kN} \quad V_{y,Ed15} = 0 \text{ kN} \quad V_{z,Ed15} = 47.14 \text{ kN} \quad M_{y,Ed15} = 5658.15 \text{ kNcm} = 56.58 \text{ kNm} \quad M_{z,Ed15} = -0.96$$

$$\text{kNcm} = -0.01 \text{ kNm} \quad M_{x,Ed15} = -0.56 \text{ kNcm} = -0.01 \text{ kNm}$$

$$\eta_{NMV_{pl}} = \max(\eta_N; \eta_{M_{y,pl}}; \eta_{M_{z,pl}}; \eta_{V_z}; \eta_{V_y}) = \max(6.0; 38.3; 0; 13.5; 0) = 38.3 \% \quad \text{spełniony}$$

#### 2. Siła normalna-Zginanie-Wyboczenie giętne

EN 1993-1-1: 6.3.3, Annex B: Method 2

Decydująca kombinacja:  $[1.1 * 1 * cw$

$+ 1.35 * 0.85 * stale] \{1.5 * \text{Śnieg UD}\} (1.5 * 0.6 * \text{Wiatr [1] X-.Ps.S})$

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.000 \cdot L = 0.000 \cdot 683.01 = 0 \text{ cm}$

$$C_{my} = 0.9$$

$$C_{mz} = 1 \geq 0.4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$f_{yy} = \min(\lambda_y * -0.2; 0.8) = \min(0.69 - 0.2; 0.8) = 0.487$$

$$f_{zz} = \min(2 \cdot \lambda_z * -0.6; 1.4) = \min(2 \cdot 1.85 - 0.6; 1.4) = 1.4$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left( 1 + f_{yy} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} \right) = 0.9 \cdot \left( 1 + 0.487 \cdot \frac{\frac{|(-115.36)|}{0.85 \cdot 1264.79}}{1} \right) = 0.947$$

$$k_{zy} = 0.6 \cdot k_{yy} = 0.6 \cdot 0.947 = 0.568 \quad \text{Tabela Annex B.1}$$

$$k_{yz} = 0.6 \cdot k_{zz} = 0.6 \cdot 1.532 = 0.919$$

## Projekt: Osp Brąswałd

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 - Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left( 1 + f_{zz} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} \right) = 1 \cdot \left( 1 + 1.4 \cdot \frac{\frac{|(-115.36)|}{0.24 \cdot 1264.79}}{1} \right) = 1.532 \quad \text{Tabela Annex B.1}$$

$$\chi_y = \min \left( \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{*2}}}; 1 \right) = 0.85 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = \min \left( \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{*2}}}; 1 \right) = 0.24 \quad (6.49)$$

$$\begin{aligned} \eta_{NMBuckl1} &= \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_y \cdot A \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed1}|}{W_{ply} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{\frac{|M_{z,Ed1}|}{W_{plz} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} = \\ &= \frac{\frac{|(-115.36)|}{0.85 \cdot 53.82 \cdot 23.50}}{1} + 0.947 \cdot \frac{\frac{|4375.55|}{628.36 \cdot 23.50}}{1} + 0.919 \cdot \frac{\frac{|0.03|}{125.22 \cdot 23.50}}{1} = 38.7 \% \quad (6.61) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{NMBuckl2} &= \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_z \cdot A \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed1}|}{W_{ply} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{\frac{|M_{z,Ed1}|}{W_{plz} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} = \\ &= \frac{\frac{|(-115.36)|}{0.24 \cdot 53.82 \cdot 23.50}}{1} + 0.568 \cdot \frac{\frac{|4375.55|}{628.36 \cdot 23.50}}{1} + 1.532 \cdot \frac{\frac{|0.03|}{125.22 \cdot 23.50}}{1} = 54.9 \% \quad (6.62) \end{aligned}$$

$$\eta_{NMBuckl} = 54.9 \% \quad \text{spełniony}$$

### 3. Siła normalna-Zginanie-Zwichrzenie

EN 1993-1-1: 6.3.3, Annex B: Method 2

Decydująca kombinacja:  $[1.1 \cdot 1 \cdot cw + 1.35 \cdot 0.85 \cdot stale] \{1.5 \cdot \acute{S}nieg DX-\} (1.5 \cdot 1 \cdot \acute{u}zytkowe + 1.5 \cdot 0.6 \cdot Wiatr [1] X+.Ps.S)$

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.000 \cdot L = 0.000 \cdot 683.01 = 0 \text{ cm}$

$$C_{my} = 0.9$$

$$C_{mz} = \max(0.2 + 0.8 \cdot \alpha_{mz}, 0.4) = \max(0.2 + 0.8 \cdot 0.703, 0.4) = 0.763 \geq 0.4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$C_{mLT} = \max(0.1 - 0.8 \cdot \alpha_{mLT}, -0.8 \cdot \alpha_{mLT}, 0.4) = \max(0.1 - 0.8 \cdot (-0.713), -0.8 \cdot (-0.713), 0.4) = 0.67 \geq 0.4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$f_{yy} = \min(\lambda_y^* - 0.2; 0.8) = \min(0.69 - 0.2; 0.8) = 0.487$$

## Projekt: Osp Brąswałd

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

$$f_{zy} = \min \left( \frac{0.1}{C_{mLT} - 0.25}; \frac{0.1 \cdot \lambda_z^*}{C_{mLT} - 0.25} \right) = \min \left( \frac{0.1}{0.67 - 0.25}; \frac{0.1 \cdot 1.85}{0.67 - 0.25} \right) = 0.238$$

$$f_{zz} = \min (2 \cdot \lambda_z^* - 0.6; 1.4) = \min (2 \cdot 1.85 - 0.6; 1.4) = 1.4$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left( 1 + f_{yy} \cdot \frac{|N_{Ed1}|}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}} \right) = 0.9 \cdot \left( 1 + 0.487 \cdot \frac{|(-108.94)|}{\frac{0.85 \cdot 1264.79}{1}} \right) = 0.944$$

$$k_{zy} = 1 - f_{zy} \cdot \frac{|N_{Ed1}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}} = 1 - 0.238 \cdot \frac{|(-108.94)|}{\frac{0.24 \cdot 1264.79}{1}} = 0.915 \quad \text{Tabela Annex B.1, B.2}$$

$$k_{yz} = 0.6 \cdot k_{zz} = 0.6 \cdot 1.146 = 0.687$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left( 1 + f_{zz} \cdot \frac{|N_{Ed1}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}} \right) = 0.763 \cdot \left( 1 + 1.4 \cdot \frac{|(-108.94)|}{\frac{0.24 \cdot 1264.79}{1}} \right) = 1.146 \quad \text{Tabela Annex B.1, B.2}$$

$$\chi_y = \min \left( \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{*2}}}; 1 \right) = 0.85 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = \min \left( \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{*2}}}; 1 \right) = 0.24 \quad (6.49)$$

$$\chi_{LT} = \min \left( \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}}; 1 \right) = 0.25 \quad (6.56)$$

$$\eta_{NMLTBuck1} = \frac{|N_{Ed1}|}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} + k_{yy} \cdot \frac{|M_{y,Ed1}|}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y} + k_{yz} \cdot \frac{|M_{z,Ed1}|}{W_{pl,z} \cdot f_y} =$$

$$= \frac{|(-108.94)|}{\frac{0.85 \cdot 53.82 \cdot 23.50}{1}} + 0.944 \cdot \frac{|2246.07|}{\frac{0.25 \cdot 628.36 \cdot 23.50}{1}} + 0.687 \cdot \frac{|(-0.65)|}{\frac{125.22 \cdot 23.50}{1}} = 68.6\% \quad (6.61)$$

$$\eta_{NMLTBuck2} = \frac{|N_{Ed1}|}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} + k_{zy} \cdot \frac{|M_{y,Ed1}|}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y} + k_{zz} \cdot \frac{|M_{z,Ed1}|}{W_{pl,z} \cdot f_y} =$$



## Projekt: Osp Brąswałd

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

$$= \frac{|(-108.94)|}{\frac{0.24 \cdot 53.82 \cdot 23.50}{1}} + 0.915 \cdot \frac{|2246.07|}{\frac{0.25 \cdot 628.36 \cdot 23.50}{1}} + 1.146 \cdot \frac{|(-0.65)|}{\frac{125.22 \cdot 23.50}{1}} = 92.5 \% \quad (6.62)$$

$$\eta_{NMLTBuckl} = 92.5 \% \quad \text{spełniony}$$

### 4. Nośność przekroju przy ścinaniu (y):

EN 1993-1-1: 6.2.6, 6.2.7

Decydująca kombinacja:  $[0.9 \cdot cw + 1.35 \cdot 0.85 \cdot \text{stałe}] \{1.5 \cdot \text{Wiatr [1] X-Ps.S}\} (1.5 \cdot 1 \cdot \text{użytkowe} + 1.5 \cdot 0.5 \cdot \text{Śnieg DX})$

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.000 \cdot L = 0.000 \cdot 683.01 = 0 \text{ cm}$

$$A_{V,y} = 2 \cdot b \cdot t_f = 32.10 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{V,y} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{32.10 \cdot 23.50}{\sqrt{3} \cdot 1} = 435.52 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed1} = -0.56 \text{ kNcm}$$

$$V_{pl,T,Rd,y} = \left( \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,xy,Ed}}{1.25 \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}}} \right) \cdot V_{pl,Rd,y} = \left( \sqrt{1 - \frac{0.03}{1.25 \cdot \frac{23.50}{\sqrt{3} \cdot 1}}} \right) \cdot 435.52 = 435.14 \text{ kN} \quad (6.26)$$

$$\eta_{V_y} = \frac{|V_{y,Ed1}|}{V_{pl,T,Rd,y}} = \frac{|0|}{435.14} = 0 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

### 5. Nośność środka przy ścinaniu (niestateczność):

EN 1993-1-5: 5.1, 5.2, 5.3, 5.5, Annex A: A.3

Decydująca kombinacja:  $[1.1 \cdot 1 \cdot cw + 1.35 \cdot 0.85 \cdot \text{stałe}] \{1.5 \cdot \text{Śnieg UD}\} (1.5 \cdot 1 \cdot \text{użytkowe} + 1.5 \cdot 0.6 \cdot \text{Wiatr [1] X+Ps.S})$

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 1.000 \cdot L = 1.000 \cdot 683.01 = 683.01 \text{ cm}$

$$a_{max} = 6.83$$

$$\eta_w = 1.2 \quad 5.2 (2) \text{ NOTE 2}$$

$$h_w = h - 2 \cdot t_f = 30.00 - 2 \cdot 1.07 = 27.86 \text{ cm}$$

$$\text{Bez usztywnienia} \rightarrow k_\tau = 5.34 \quad (A.5)$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \frac{31 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\tau}}{\eta_w} \rightarrow V_{b,Rd} = V_{pl,Rd,z} = 348.56 = 348.56 \text{ kN} \quad (5.1 (2))$$

$$\eta_{V_w} = \frac{|V_{z,Ed15}|}{V_{b,Rd}} = \frac{|47.14|}{348.56} = 13.5 \% \quad (5.10) \quad \text{spełniony}$$

## Projekt: Osp Brąswałd

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

### 6. Ścinanie środnika-Zginanie-Siła normalna

EN 1993-1-1: 6.2.9; EN 1993-1-5: 7.1

Decydująca kombinacja:  $[1.1 \cdot 1 \cdot \text{cw} + 1.35 \cdot 0.85 \cdot \text{stałe}] \{1.5 \cdot \text{Śnieg UD}\} (1.5 \cdot 1 \cdot \text{użytkowe} + 1.5 \cdot 0.6 \cdot \text{Wiatr [1] X+Ps.S})$

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 1.000 \cdot L = 1.000 \cdot 683.01 = 683.01 \text{ cm}$

$M_{f,Rd} = b \cdot t_f \cdot f_y \cdot (h - t_f) = 15.00 \cdot 1.07 \cdot 23.50 \cdot (30.00 - 1.07) = 10911.67 \text{ kNcm} = 109.12 \text{ kNm}$

$$\left| M_{y,Ed} \right| \leq M_{f,Rd} \rightarrow \eta_{V_{MN}} = \frac{\left| M_{y,Ed} \right|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{5658.15}{14766.36} = 38.3 \% \quad (7.1) \quad \text{spełniony}$$

### 7. SGU (Stan graniczny użytkowości)

EN 1993-1-1: 7., EN 1990: 3.4, A1.4.

Decydująca kombinacja:  $[\text{cw} + \text{stałe}] \{\text{Śnieg DX-}\} (\text{użytkowe} + 0.6 \cdot \text{Wiatr [1] X+Ps.S})$

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.449 \cdot L = 0.449 \cdot 683.01 = 306.59 \text{ cm}$

$$e_z = \left| e_{z,i} - e_{i,z} \cdot \left( 1 - \frac{x}{L} \right) - e_{j,z} \cdot \frac{x}{L} + u_z \right| = \left| (-0.76) - (-0.19) \cdot \left( 1 - \frac{306.59}{683.01} \right) - (-0.18) \cdot \frac{306.59}{683.01} + 0 \right| = 0.57 \text{ cm}$$

$$e_{z,Limit} = \frac{L}{300.0} = \frac{683.01}{300.0} = 2.28 \text{ cm}$$

$$\eta_{e_z} = \frac{e_z}{e_{z,Limit}} = \frac{0.57}{2.28} = 25.0 \%$$

$$\eta_{SLS} = \max(\eta_{e_z}) = \max(25.0) = 25.0 \% \quad \text{spełniony}$$

### Wyniki cząstkowe

### 8. Nośność przekroju przy sile normalnej:

EN 1993-1-1: 6.2.4

Decydująca kombinacja:  $[1.1 \cdot 1 \cdot \text{cw} + 1.35 \cdot 0.85 \cdot \text{stałe}] \{1.5 \cdot \text{Śnieg UD}\} (1.5 \cdot 1 \cdot \text{użytkowe} + 1.5 \cdot 0.6 \cdot \text{Wiatr [1] X-Ps.S})$

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.000 \cdot L = 0.000 \cdot 683.01 = 0 \text{ cm}$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{53.82 \cdot 23.50}{1} = 1264.79 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\eta_N = \frac{\left| N_{Ed} \right|}{N_{pl,Rd}} = \frac{123.29}{1264.79} = 9.7 \% \quad (6.9) \quad \text{spełniony}$$

## Projekt: Osp Brąswald

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

### 9. Nośność przekroju przy zginaniu (yy):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Decydująca kombinacja:  $[1.1 \cdot 1 \cdot cw + 1.35 \cdot 0.85 \cdot \text{stałe}] \{1.5 \cdot \text{Śnieg UD}\} (1.5 \cdot 1 \cdot \text{użytkowe} + 1.5 \cdot 0.6 \cdot \text{Wiatr [1] X+Ps.S})$

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 1.000 \cdot L = 1.000 \cdot 683.01 = 683.01 \text{ cm}$

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{628.36 \cdot 23.50}{1} = 14766.36 \text{ kNcm} = 147.66 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{y,pl}} = \frac{|M_{y,Ed,15}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|5658.15|}{14766.36} = 38.3 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

### 10. Nośność przekroju przy zginaniu (zz):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Decydująca kombinacja:  $[1.1 \cdot 1 \cdot cw + 1.35 \cdot 0.85 \cdot \text{stałe}] \{1.5 \cdot \text{Wiatr [1] X-Ps.S}\} (1.5 \cdot 1 \cdot \text{użytkowe} + 1.5 \cdot 0.5 \cdot \text{Śnieg DX+})$

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 1.000 \cdot L = 1.000 \cdot 683.01 = 683.01 \text{ cm}$

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{125.22 \cdot 23.50}{1} = 2942.64 \text{ kNcm} = 29.43 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{z,pl}} = \frac{|M_{z,Ed,15}|}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{|(-0.97)|}{2942.64} = 0 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

### 11. Nośność przekroju przy ścinaniu (z):

EN 1993-1-1: 6.2.6, 6.2.7

Decydująca kombinacja:  $[1.1 \cdot 1 \cdot cw + 1.35 \cdot 0.85 \cdot \text{stałe}] \{1.5 \cdot \text{Śnieg UD}\} (1.5 \cdot 1 \cdot \text{użytkowe} + 1.5 \cdot 0.6 \cdot \text{Wiatr [1] X+Ps.S})$

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 1.000 \cdot L = 1.000 \cdot 683.01 = 683.01 \text{ cm}$

$$A_{Vz} = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 25.69 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{Vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{25.69 \cdot 23.50}{\sqrt{3} \cdot 1} = 348.56 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed,15} = -0.56 \text{ kNcm}$$

$$V_{pl,T,Rd,z} = \left( \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,z,Ed}}{1.25 \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}}} \right) \cdot V_{pl,Rd,z} = \left( \sqrt{1 - \frac{0.02}{1.25 \cdot \frac{23.50}{\sqrt{3} \cdot 1}}} \right) \cdot 348.56 = 348.36 \text{ kN} \quad (6.26)$$

## Projekt: Osp Brąswałd

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

$$\eta_{V_z} = \frac{|V_{z,Ed_{15}}|}{V_{pl,T,Rd,z}} = \frac{|47.14|}{348.36} = 13.5 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

### 12. Sprawdzenie interakcji zginania ze ścinaniem

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

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-V (nośność):  $[1.1 * 1 * cw + 1.35 * 0.85 * sta\le] \{1.5 * \acute{S}nieg UD\}$

(1.5 \* 1 \* użytkowe

+1.5 \* 0.6 \* Wiatr [1] X+.Ps.S)

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 1.000 \cdot L = 1.000 \cdot 683.01 = 683.01 \text{ cm}$

$V_{z,Ed_{15}} = 47.14 \text{ kN} \leq V_{pl,Rd,z}/2 = 174.28 \text{ kN} \rightarrow$  Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny. 6.2.8

(2)

$V_{y,Ed_{15}} = 0 \text{ kN} \leq V_{pl,Rd,y}/2 = 217.76 \text{ kN} \rightarrow$  Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny. 6.2.8 (2)

### 13. Sprawdzenie interakcji zginania z siłą normalną

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

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-V (nośność):  $[1.1 * 1 * cw + 1.35 * 0.85 * sta\le] \{1.5 * \acute{S}nieg UD\}$

(1.5 \* 1 \* użytkowe

+1.5 \* 0.6 \* Wiatr [1] X+.Ps.S)

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 1.000 \cdot L = 1.000 \cdot 683.01 = 683.01 \text{ cm}$

$$n = \frac{|N_{Ed_{15}}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{76.15}{1264.79} = 6.0 \% \leq 25\%$$

$$|N_{Ed_{15}}| = 76.15 \text{ kN} \leq N_{lim,y} = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{2 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{27.86 \cdot 0.71 \cdot 23.50}{2 \cdot 1} = 232.42 \text{ kN}$$

$$|N_{Ed_{15}}| = 76.15 \text{ kN} \leq N_{lim,z} = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{27.86 \cdot 0.71 \cdot 23.50}{1} = 464.84 \text{ kN}$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{y,V,Rd} = 14766.36 \text{ kNcm} = 147.66 \text{ kNm}$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{z,V,Rd} = 2942.64 \text{ kNcm} = 29.43 \text{ kNm}$$

$$\eta_{MN,1} = \frac{M_{y,Ed_{15}}}{M_{N,y,Rd}} = \frac{5658.15}{14766.36} = 38.3 \%$$

$$\eta_{MN,2} = \frac{M_{z,Ed_{15}}}{M_{N,z,Rd}} = \frac{(-0.96)}{2942.64} = 0 \%$$

$$\alpha_{MN} = 2$$

$$\beta_{MN} = \max(5 \cdot n / 100; 1) = \max(5 \cdot 6.0 / 100; 1) = 1$$



## Projekt: Osp Brąswałd

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

$$\eta_{MN,3} = \left( \frac{M_{y,Ed,15}}{M_{N,y,Rd}} \right)^{\alpha_{MN}} + \left( \frac{M_{z,Ed,15}}{M_{N,z,Rd}} \right)^{\beta_{MN}} = \left( \frac{5658.15}{14766.36} \right)^2 + \left( \frac{(-0.96)}{2942.64} \right)^1 = 14.7 \% \quad (6.41)$$

$$\eta_{MN} = \max(\eta_{MN,1}; \eta_{MN,2}; \eta_{MN,3}; \eta_N) = \max(38.3; 0; 14.7; 6.0) = 38.3 \% \quad \text{spełniony}$$

### 14. Nośność na wyboczenie:

EN 1993-1-1: 6.3.1

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-Wyboczenie: **[1.1\*1\*cw + 1.35\*0.85\*stałe] {1.5\*Śnieg UD} (1.5\*0.6\*Wiatr [1] X-Ps.S)**

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.000 \cdot L = 0.000 \cdot 683.01 = 0$  cm

$$\alpha_{cr,Buck,y} = 2678.91$$

$$N_{cr,y} = 2678.91 \text{ kN}$$

$K_y = 1.18$  Wartość obliczona automatycznie.

$$\alpha_{cr,Buck,z} = 368.76$$

$$N_{cr,z} = 368.76 \text{ kN}$$

$K_z = 0.85$  Wartość obliczona automatycznie.

$$L_{cr,y} = K_y \cdot L = 1.18 \cdot 683.01 = 804.13 \text{ cm}$$

$$L_{cr,z} = K_z \cdot L = 0.85 \cdot 683.01 = 582.54 \text{ cm}$$

Krzywa wyboczenia wokół osi y: a [Tabela 6.2](#)

$$\rightarrow \alpha_y = 0.21 \quad \text{a} \quad \text{Tabela 6.1}$$

Krzywa wyboczenia wokół osi z: b [Tabela 6.2](#)

$$\rightarrow \alpha_z = 0.34 \quad \text{b} \quad \text{Tabela 6.1}$$

$$\lambda_y^* = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{53.82 \cdot 23.50}{2678.91}} = 0.69 \quad (6.50)$$

$$\lambda_z^* = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{53.82 \cdot 23.50}{368.76}} = 1.85 \quad (6.50)$$

$$\phi_y = \frac{1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y^* - 0.2) + \lambda_y^{*2}}{2} = \frac{1 + 0.21 \cdot (0.69 - 0.2) + 0.69^2}{2} = 0.7872$$

$$\phi_z = \frac{1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z^* - 0.2) + \lambda_z^{*2}}{2} = \frac{1 + 0.34 \cdot (1.85 - 0.2) + 1.85^2}{2} = 2.4958$$

$$\chi_y = \min \left( \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{*2}}}; 1 \right) = \min \left( \frac{1}{0.7872 + \sqrt{0.7872^2 - 0.69^2}}; 1 \right) = 0.85 \quad (6.49)$$



## Projekt: Osp Brąswałd

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

$$\chi_z = \min \left( \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} ; 1 \right) = \min \left( \frac{1}{2.4958 + \sqrt{2.4958^2 - 1.85^2}} ; 1 \right) = 0.24 \quad (6.49)$$

$$\chi = \min (\chi_y ; \chi_z) = \min (0.85 ; 0.24) = 0.24 \leq 1.0$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.24 \cdot 53.82 \cdot 23.50}{1} = 303.40 \text{ kN} \quad (6.47)$$

$$\eta_{N_b} = \frac{|N_{Ed1}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|(-115.36)|}{303.40} = 38.0 \% \quad (6.46) \quad \text{spełniony}$$

### 15. Nośność na zwichrzenie:

EN 1993-1-1: 6.3.2

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-Zwichrzenie:  $[1.1 \cdot 1 \cdot \text{cw} + 1.35 \cdot 0.85 \cdot \text{stałe}] \{1.5 \cdot \text{Śnieg DX-}\}$

$(1.5 \cdot 1 \cdot \text{użytkowe})$

$+1.5 \cdot 0.6 \cdot \text{Wiatr [1] X+.Ps.S)}$

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.000 \cdot L = 0.000 \cdot 683.01 = 0 \text{ cm}$

$M_{cr}$  Metoda analizy: AutoMcr

$$M_{cr} = 3628.67 \text{ kNcm} = 36.29 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{628.36 \cdot 23.50}{3628.67}} = 2.02$$

Krzywa wyboczenia:  $b$  Tabela 6.5

$$\rightarrow \alpha_{LT} = 0.34 \quad \text{Tabela 6.3}$$

$$\phi_{LT} = \frac{1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2}{2} = \frac{1 + 0.34 \cdot (2.02 - 0.4) + 0.75 \cdot 2.02^2}{2} = 2.30$$

$$\chi_{LT} = \min \left( \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} ; 1 \right) = \min \left( \frac{1}{2.30 + \sqrt{2.30^2 - 0.75 \cdot 2.02^2}} ; 1 \right) = 0.25 \quad (6.57)$$

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.25 \cdot 628.36 \cdot 23.50}{1} = 3628.67 \text{ kNcm} = 36.29 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\eta_{M_b} = \frac{|M_{y,Ed1}|}{M_{b,Rd}} = \frac{|2246.07|}{3628.67} = 61.9 \% \quad (6.54) \quad \text{spełniony}$$

## Projekt: Osp Braswald

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

### WYMIAROWANIE ELEMENTU STALOWEGO

Wymiarowany element: 24

Węzły: 1-2

Norma: Eurokod-PL

Materiał: S 235

Przekrój poprzeczny: IPE 270

Przypadek obciążenia: liniowa,(Auto) Decydująca

Wskaźnik dla sił sejsmicznych: 1.0

#### 1. Siła normalna-Zginanie-Ścinanie

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

Decydująca kombinacja: [1.1\*1\*cw

+1.35\*0.85\*stałe] {1.5\*Śnieg UD} (1.5\*0.6\*Wiatr [1] X-Ps.S)

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 1.000 \cdot L = 1.000 \cdot 514.00 = 514.00$  cm

$$N_{Ed_{11}} = -90.13 \text{ kN} \quad V_{y,Ed_{11}} = 0 \text{ kN} \quad V_{z,Ed_{11}} = -81.19 \text{ kN} \quad M_{y,Ed_{11}} = -4375.55 \text{ kNm} = -43.76 \text{ kNm} \quad M_{z,Ed_{11}} = -0.02 \text{ kNm} = 0 \text{ kNm} \quad M_{x,Ed_{11}} = 0.03 \text{ kNm} = 0 \text{ kNm}$$

$$\eta_{NMV_{pl}} = \max(\eta_N; \eta_{M_{y,pl}}; \eta_{M_{z,pl}}; \eta_{V_z}; \eta_{V_y}) = \max(8.3; 38.5; 0; 27.0; 0) = 38.5 \% \quad \text{spełniony}$$

#### 2. Siła normalna-Zginanie-Wyboczenie giętne

EN 1993-1-1: 6.3.3, Annex B: Method 2

Decydująca kombinacja: [1.1\*1\*cw+1.35\*0.85\*stałe] {1.5\*Śnieg DX-} (1.5\*1\*użytkowe

+1.5\*0.6\*Wiatr [1] X-Ps.S)

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.883 \cdot L = 0.883 \cdot 514.00 = 454.00$  cm

$$C_{my} = \max(0.2 + 0.8 \cdot \alpha_{my}, 0.4) = \max(0.2 + 0.8 \cdot 0.902, 0.4) = 0.922 \geq 0.4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$C_{mz} = \max(0.1 - 0.8 \cdot \alpha_{mz}, -0.8 \cdot \alpha_{mz}, 0.4) = \max(0.1 - 0.8 \cdot (-0.336), -0.8 \cdot (-0.336), 0.4) = 0.4 \geq 0.4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$f_{yy} = \min(\lambda_y \cdot -0.2; 0.8) = \min(0.23 - 0.2; 0.8) = 0.032$$

$$f_{zz} = \min(2 \cdot \lambda_z \cdot -0.6; 1.4) = \min(2 \cdot 1.27 - 0.6; 1.4) = 1.4$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left( 1 + f_{yy} \cdot \frac{\left| \frac{N_{Ed_{11}}}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}} \right|}{\gamma_{M1}} \right) = 0.922 \cdot \left( 1 + 0.032 \cdot \frac{\left| \frac{(-133.57)}{0.99 \cdot 1079.92} \right|}{1} \right) = 0.926$$

$$k_{zy} = 0.6 \cdot k_{yy} = 0.6 \cdot 0.926 = 0.555 \quad \text{Tabela Annex B.1}$$

$$k_{yz} = 0.6 \cdot k_{zz} = 0.6 \cdot 0.558 = 0.335$$

## Projekt: Osp Brąswałd

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left( 1 + f_{zz} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed11}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} \right) = 0.4 \cdot \left( 1 + 1.4 \cdot \frac{\frac{|(-133.57)|}{0.44 \cdot 1079.92}}{1} \right) = 0.558 \quad \text{Tabela Annex B.1}$$

$$\chi_y = \min \left( \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{*2}}}; 1 \right) = 0.99 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = \min \left( \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{*2}}}; 1 \right) = 0.44 \quad (6.49)$$

$$\eta_{NMBuckl_1} = \frac{\frac{|N_{Ed11}|}{\chi_y \cdot A \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed11}|}{W_{ply} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{\frac{|M_{z,Ed11}|}{W_{plz} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} =$$
$$= \frac{\frac{|(-133.57)|}{0.99 \cdot 45.95 \cdot 23.50}}{1} + 0.926 \cdot \frac{\frac{|(-2873.87)|}{484.00 \cdot 23.50}}{1} + 0.335 \cdot \frac{\frac{|3.65|}{96.95 \cdot 23.50}}{1} = 35.9 \% \quad (6.61)$$

$$\eta_{NMBuckl_2} = \frac{\frac{|N_{Ed11}|}{\chi_z \cdot A \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed11}|}{W_{ply} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{\frac{|M_{z,Ed11}|}{W_{plz} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} =$$
$$= \frac{\frac{|(-133.57)|}{0.44 \cdot 45.95 \cdot 23.50}}{1} + 0.555 \cdot \frac{\frac{|(-2873.87)|}{484.00 \cdot 23.50}}{1} + 0.558 \cdot \frac{\frac{|3.65|}{96.95 \cdot 23.50}}{1} = 42.3 \% \quad (6.62)$$

$$\eta_{NMBuckl} = 42.3 \% \quad \text{spełniony}$$

### 3. Siła normalna-Zginanie-Zwichrzenie

EN 1993-1-1: 6.3.3, Annex B: Method 2

Decydująca kombinacja:  $[1.1 \cdot 1 \cdot cw + 1.35 \cdot 0.85 \cdot \text{stałe}] \{1.5 \cdot \text{Śnieg UD}\} (1.5 \cdot 0.6 \cdot \text{Wiatr [I] X} + Ps.S)$

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 1.000 \cdot L = 1.000 \cdot 514.00 = 514.00 \text{ cm}$

$$C_{my} = \max(0.1 - 0.8 \cdot \alpha_{my}, -0.8 \cdot \alpha_{my}, 0.4) = \max(0.1 - 0.8 \cdot (-0.042), -0.8 \cdot (-0.042), 0.4) = 0.4 \geq 0.4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$C_{mz} = \max(0.1 \cdot (1 - \psi_{mz}) - 0.8 \cdot \alpha_{mz}, 0.2 \cdot (-\psi_{mz}) - 0.8 \cdot \alpha_{mz}, 0.4) =$$
$$= \max(0.1 \cdot (1 - (-0.023)) - 0.8 \cdot (-0.182), 0.2 \cdot (-(-0.023)) - 0.8 \cdot (-0.182), 0.4) = 0.4 \geq 0.4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$C_{mLT} = \max(0.1 - 0.8 \cdot \alpha_{mLT}, -0.8 \cdot \alpha_{mLT}, 0.4) = \max(0.1 - 0.8 \cdot (-0.097), -0.8 \cdot (-0.097), 0.4) = 0.4 \geq 0.4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$f_{yy} = \min(\lambda_y^* - 0.2; 0.8) = \min(0.28 - 0.2; 0.8) = 0.079$$

## Projekt: Osp Brąswałd

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

$$f_{zy} = \min \left( \frac{0.1}{C_{mLT} - 0.25} ; \frac{0.1 \cdot \lambda_z^*}{C_{mLT} - 0.25} \right) = \min \left( \frac{0.1}{0.4 - 0.25} ; \frac{0.1 \cdot 1.53}{0.4 - 0.25} \right) = 0.667$$

$$f_{zz} = \min (2 \cdot \lambda_z^* - 0.6 ; 1.4) = \min (2 \cdot 1.53 - 0.6 ; 1.4) = 1.4$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left( 1 + f_{yy} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed11}|}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} \right) = 0.4 \cdot \left( 1 + 0.079 \cdot \frac{|(-92.79)|}{\frac{0.98 \cdot 1079.92}{1}} \right) = 0.403$$

$$k_{zy} = 1 - f_{zy} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed11}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} = 1 - 0.667 \cdot \frac{|(-92.79)|}{\frac{0.33 \cdot 1079.92}{1}} = 0.827 \quad \text{Tabela Annex B.1, B.2}$$

$$k_{yz} = 0.6 \cdot k_{zz} = 0.6 \cdot 0.545 = 0.327$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left( 1 + f_{zz} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed11}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} \right) = 0.4 \cdot \left( 1 + 1.4 \cdot \frac{|(-92.79)|}{\frac{0.33 \cdot 1079.92}{1}} \right) = 0.545 \quad \text{Tabela Annex B.1, B.2}$$

$$\chi_y = \min \left( \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{*2}}} ; 1 \right) = 0.98 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = \min \left( \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{*2}}} ; 1 \right) = 0.33 \quad (6.49)$$

$$\chi_{LT} = \min \left( \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} ; 1 \right) = 0.64 \quad (6.56)$$

$$\eta_{NMLTBuckl_1} = \frac{\frac{|N_{Ed11}|}{\chi_y \cdot A \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed11}|}{\chi_{LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{\frac{|M_{z,Ed11}|}{W_{plz} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} =$$

$$= \frac{\frac{|(-92.79)|}{0.98 \cdot 45.95 \cdot 23.50}}{1} + 0.403 \cdot \frac{\frac{|(-4164.19)|}{0.64 \cdot 484.00 \cdot 23.50}}{1} + 0.327 \cdot \frac{\frac{|0.03|}{96.95 \cdot 23.50}}{1} = 31.8 \% \quad (6.61)$$

$$\eta_{NMLTBuckl_2} = \frac{\frac{|N_{Ed11}|}{\chi_z \cdot A \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed11}|}{\chi_{LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{\frac{|M_{z,Ed11}|}{W_{plz} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} =$$

## Projekt: Osp Brąswałd

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

$$= \frac{|(-92.79)|}{0.33 \cdot 45.95 \cdot 23.50} + 0.827 \cdot \frac{|(-4164.19)|}{0.64 \cdot 484.00 \cdot 23.50} + 0.545 \cdot \frac{|0.03|}{96.95 \cdot 23.50} = 73.3 \% \quad (6.62)$$

$$\eta_{NMLTBuckl} = 73.3 \% \quad \text{spełniony}$$

### 4. Nośność przekroju przy ścinaniu (y):

EN 1993-1-1: 6.2.6, 6.2.7

Decydująca kombinacja: [1.1\*1\*cw+stałe] {1.5\*Wiatr [1] X-Ps.S} (1.5\*1\*użytkowe +1.5\*0.5\*Śnieg DX-)

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.000 \cdot L = 0.000 \cdot 514.00 = 0 \text{ cm}$

$$A_{Vy} = 2 \cdot b \cdot t_f = 27.54 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{Vy} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{27.54 \cdot 23.50}{\sqrt{3} \cdot 1} = 373.66 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$M_{x,Ed1} = 0.12 \text{ kNcm}$$

$$V_{pl,T,Rd,y} = \left( \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,xy,Ed}}{1.25 \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}}} \right) \cdot V_{pl,Rd,y} = \left( \sqrt{1 - \frac{0.01}{1.25 \cdot \frac{23.50}{\sqrt{3} \cdot 1}}} \right) \cdot 373.66 = 373.57 \text{ kN} \quad (6.26)$$

$$\eta_{Vy} = \frac{|V_{y,Ed1}|}{V_{pl,T,Rd,y}} = \frac{|(-0.03)|}{373.57} = 0 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

### 5. Nośność środnika przy ścinaniu (niestateczność):

EN 1993-1-5: 5.1, 5.2, 5.3, 5.5, Annex A: A.3

Decydująca kombinacja: [1.1\*1\*cw+1.35\*0.85\*stałe] {1.5\*Śnieg UD} (1.5\*1\*użytkowe +1.5\*0.6\*Wiatr [1] X-Ps.S)

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.883 \cdot L = 0.883 \cdot 514.00 = 454.00 \text{ cm}$

$$a_{max} = 5.14$$

$$\eta_w = 1.2 \quad 5.2 (2) \text{ NOTE 2}$$

$$h_w = h - 2 \cdot t_f = 27.00 - 2 \cdot 1.02 = 24.96 \text{ cm}$$

$$\text{Bez usztywnienia} \rightarrow k_\tau = 5.34 \quad (A.5)$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \frac{31 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\tau}}{\eta_w} \rightarrow V_{b,Rd} = V_{pl,Rd,z} = 300.49 = 300.49 \text{ kN} \quad (5.1 (2))$$

$$\eta_{V_w} = \frac{|V_{z,Ed1}|}{V_{b,Rd}} = \frac{|(-90.19)|}{300.49} = 30.0 \% \quad (5.10) \quad \text{spełniony}$$



## Projekt: Osp Brąswałd

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

### 6. Ścinanie środnika-Zginanie-Siła normalna

EN 1993-1-1: 6.2.9; EN 1993-1-5: 7.1

Decydująca kombinacja: [1.1\*1\*cw

+1.35\*0.85\*stałe] {1.5\*Śnieg UD} (1.5\*0.6\*Wiatr [1] X-Ps.S)

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 1.000 \cdot L = 1.000 \cdot 514.00 = 514.00$  cm

$M_{f,Rd} = b \cdot t_f \cdot f_y \cdot (h - t_f) = 13.50 \cdot 1.02 \cdot 23.50 \cdot (27.00 - 1.02) = 8407.00$  kNcm = 84.07 kNm

$$\left| M_{y,Ed} \right| \leq M_{f,Rd} \rightarrow \eta_{V_{MN}} = \frac{\left| M_{y,Ed} \right|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{\left| (-4375.55) \right|}{11373.93} = 38.5 \% \quad (7.1) \quad \text{spełniony}$$

### 7. SGU (Stan graniczny użytkowalności)

EN 1993-1-1: 7., EN 1990: 3.4, A1.4.

Decydująca kombinacja: [cw+stałe] {Wiatr [1] X-Ps.P} (0.5\*Śnieg DX+)

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 1.000 \cdot L = 1.000 \cdot 514.00 = 514.00$  cm

$w_x = |w_{x,i} - w_{x,0}| = |(-0.43) - 0| = 0.43$  cm

$$w_{x,Limit} = \frac{H_{SLS}}{300.0} = \frac{514.00}{300.0} = 1.71 \text{ cm}$$

$$\eta_{w_x} = \frac{w_x}{w_{x,Limit}} = \frac{0.43}{1.71} = 25.2 \%$$

$w_y = |w_{y,i} - w_{y,0}| = |(-0.01) - 0| = 0.01$  cm

$$w_{y,Limit} = \frac{H_{SLS}}{300.0} = \frac{514.00}{300.0} = 1.71 \text{ cm}$$

$$\eta_{w_y} = \frac{w_y}{w_{y,Limit}} = \frac{0.01}{1.71} = 0.8 \%$$

$$\eta_{SLS} = \max(\eta_{w_x}; \eta_{w_y}) = \max(25.2; 0.8) = 25.2 \% \quad \text{spełniony}$$

### Wyniki cząstkowe

### 8. Nośność przekroju przy sile normalnej:

EN 1993-1-1: 6.2.4

Decydująca kombinacja: [1.1\*1\*cw+1.35\*0.85\*stałe] {1.5\*Śnieg UD} (1.5\*1\*użytkowe  
+1.5\*0.6\*Wiatr [1] X+Ps.S)

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.000 \cdot L = 0.000 \cdot 514.00 = 0$  cm

## Projekt: Osp Braswald

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{45.95 \cdot 23.50}{1} = 1079.92 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\eta_N = \frac{|N_{Ed1}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{|(-142.47)|}{1079.92} = 13.2 \% \quad (6.9) \quad \text{spełniony}$$

### 9. Nośność przekroju przy zginaniu (yy):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Decydująca kombinacja: [1.1\*1\*cw

+1.35\*0.85\*stałe] {1.5\*Śnieg UD} (1.5\*0.6\*Wiatr [1] X-Ps.S)

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 1.000 \cdot L = 1.000 \cdot 514.00 = 514.00 \text{ cm}$

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{484.00 \cdot 23.50}{1} = 11373.93 \text{ kNcm} = 113.74 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{y,pl}} = \frac{|M_{y,Ed11}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-4375.55)|}{11373.93} = 38.5 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

### 10. Nośność przekroju przy zginaniu (zz):

EN 1993-1-1: 6.2.5

Decydująca kombinacja: [1.1\*1\*cw+stałe] {1.5\*Wiatr [1] X-Ps.S} (1.5\*1\*użytkowe

+1.5\*0.5\*Śnieg DX-)

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.000 \cdot L = 0.000 \cdot 514.00 = 0 \text{ cm}$

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{96.95 \cdot 23.50}{1} = 2278.33 \text{ kNcm} = 22.78 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{z,pl}} = \frac{|M_{z,Ed1}|}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{|(-10.89)|}{2278.33} = 0.5 \% \quad (6.12) \quad \text{spełniony}$$

### 11. Nośność przekroju przy ścinaniu (z):

EN 1993-1-1: 6.2.6, 6.2.7

Decydująca kombinacja: [1.1\*1\*cw+1.35\*0.85\*stałe] {1.5\*Śnieg UD} (1.5\*1\*użytkowe

+1.5\*0.6\*Wiatr [1] X-Ps.S)

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.883 \cdot L = 0.883 \cdot 514.00 = 454.00 \text{ cm}$

$$A_{Vz} = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 22.15 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{Vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{22.15 \cdot 23.50}{\sqrt{3} \cdot 1} = 300.49 \text{ kN} \quad (6.18)$$

## Projekt: Osp Brąswałd

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

$$M_{x,Ed1} = -0.72 \text{ kNcm}$$

$$V_{pl,T,Rd,z} = \left( \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,xz,Ed}}{1.25 \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}}} \right) \cdot V_{pl,Rd,z} = \left( \sqrt{1 - \frac{0.03}{1.25 \cdot \frac{23.50}{\sqrt{3} \cdot 1}}} \right) \cdot 300.49 = 300.23 \text{ kN} \quad (6.26)$$

$$\eta_{V_z} = \frac{|V_{z,Ed1}|}{V_{pl,T,Rd,z}} = \frac{|(-90.19)|}{300.23} = 30.0 \% \quad (6.17) \quad \text{spełniony}$$

### 12. Sprawdzenie interakcji zginania ze ścinaniem

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

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-V (nośność): [1.1\*1\*cw + 1.35\*0.85\*stałe] {1.5\*Śnieg UD} (1.5\*0.6\*Wiatr [1] X-Ps.S)

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 1.000 \cdot L = 1.000 \cdot 514.00 = 514.00 \text{ cm}$

$V_{z,Ed11} = -81.19 \text{ kN} \leq V_{pl,Rd,z}/2 = 150.24 \text{ kN} \rightarrow$  Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny.

6.2.8 (2)

$V_{y,Ed11} = 0 \text{ kN} \leq V_{pl,Rd,y}/2 = 186.83 \text{ kN} \rightarrow$  Wpływ siły tnącej na nośność przy zginaniu jest nieistotny. 6.2.8 (2)

### 13. Sprawdzenie interakcji zginania z siłą normalną

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

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-V (nośność): [1.1\*1\*cw + 1.35\*0.85\*stałe] {1.5\*Śnieg UD} (1.5\*0.6\*Wiatr [1] X-Ps.S)

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 1.000 \cdot L = 1.000 \cdot 514.00 = 514.00 \text{ cm}$

$$n = \frac{|N_{Ed11}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{90.13}{1079.92} = 8.3 \% \leq 25\%$$

$$|N_{Ed11}| = 90.13 \text{ kN} \leq N_{lim,y} = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{2 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{24.96 \cdot 0.66 \cdot 23.50}{2 \cdot 1} = 193.56 \text{ kN}$$

$$|N_{Ed11}| = 90.13 \text{ kN} \leq N_{lim,z} = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{24.96 \cdot 0.66 \cdot 23.50}{1} = 387.13 \text{ kN}$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{y,V,Rd} = 11373.93 \text{ kNcm} = 113.74 \text{ kNm}$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{z,V,Rd} = 2278.33 \text{ kNcm} = 22.78 \text{ kNm}$$

$$\eta_{MN,1} = \frac{M_{y,Ed11}}{M_{N,y,Rd}} = \frac{(-4375.55)}{11373.93} = 38.5 \%$$

## Projekt: Osp Brąswałd

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

$$\eta_{MN,2} = \frac{M_{z,Ed_{11}}}{M_{Nz,Rd}} = \frac{(-0.02)}{2278.33} = 0 \%$$

$$\alpha_{MN} = 2$$

$$\beta_{MN} = \max(5 \cdot n / 100; 1) = \max(5 \cdot 8.3 / 100; 1) = 1$$

$$\eta_{MN,3} = \left( \frac{M_{y,Ed_{11}}}{M_{Ny,Rd}} \right)^{\alpha_{MN}} + \left( \frac{M_{z,Ed_{11}}}{M_{Nz,Rd}} \right)^{\beta_{MN}} = \left( \frac{(-4375.55)}{11373.93} \right)^2 + \left( \frac{(-0.02)}{2278.33} \right)^1 = 14.8 \% \quad (6.41)$$

$$\eta_{MN} = \max(\eta_{MN,1}; \eta_{MN,2}; \eta_{MN,3}; \eta_N) = \max(38.5; 0; 14.8; 8.3) = 38.5 \% \quad \text{spełniony}$$

### 14. Nośność na wyboczenie:

EN 1993-1-1: 6.3.1

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-Wyboczenie:  $[1.1 \cdot 1 \cdot cw + 1.35 \cdot 0.85 \cdot \text{stałe}] \{1.5 \cdot \text{Śnieg DX-}\}$

$(1.5 \cdot 1 \cdot \text{użytkowe})$

$+1.5 \cdot 0.6 \cdot \text{Wiatr [1] X-Ps.S)}$

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0.883 \cdot L = 0.883 \cdot 514.00 = 454.00 \text{ cm}$

$$\alpha_{cr,Buck,y} = 149.87$$

$$N_{cr,y} = 20017.96 \text{ kN}$$

$K_y = 0.48$  Wartość obliczona automatycznie.

$$\alpha_{cr,Buck,z} = 4.98$$

$$N_{cr,z} = 664.68 \text{ kN}$$

$K_z = 0.7$  Wartość obliczona automatycznie.

$$L_{cr,y} = K_y \cdot L = 0.48 \cdot 514.00 = 244.87 \text{ cm}$$

$$L_{cr,z} = K_z \cdot L = 0.7 \cdot 514.00 = 361.84 \text{ cm}$$

Krzywa wyboczenia wokół osi y: a [Tabela 6.2](#)

$$\rightarrow \alpha_y = 0.21 \quad \text{a} \quad \text{Tabela 6.1}$$

Krzywa wyboczenia wokół osi z: b [Tabela 6.2](#)

$$\rightarrow \alpha_z = 0.34 \quad \text{b} \quad \text{Tabela 6.1}$$

$$\lambda_y^* = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{45.95 \cdot 23.50}{20017.96}} = 0.23 \quad (6.50)$$

$$\lambda_z^* = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{45.95 \cdot 23.50}{664.68}} = 1.27 \quad (6.50)$$

$$\phi_y = \frac{1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y^* - 0.2) + \lambda_y^{*2}}{2} = \frac{1 + 0.21 \cdot (0.23 - 0.2) + 0.23^2}{2} = 0.5304$$



## Projekt: Osp Braswald

Obliczenia wykonał: Henryk Tomaszewski

AxisVM X5 R4s-hf1 · Zarejestrowany na: SEBUDUJ - Firma Budowlana Sebastian Parszutowicz

$$\phi_z = \frac{1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z^* - 0.2) + \lambda_z^{*2}}{2} = \frac{1 + 0.34 \cdot (1.27 - 0.2) + 1.27^2}{2} = 1.4951$$

$$\chi_y = \min \left( \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{*2}}}; 1 \right) = \min \left( \frac{1}{0.5304 + \sqrt{0.5304^2 - 0.23^2}}; 1 \right) = 0.99 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = \min \left( \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{*2}}}; 1 \right) = \min \left( \frac{1}{1.4951 + \sqrt{1.4951^2 - 1.27^2}}; 1 \right) = 0.44 \quad (6.49)$$

$$\chi = \min(\chi_y; \chi_z) = \min(0.99; 0.44) = 0.44 \leq 1.0$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.44 \cdot 45.95 \cdot 23.50}{1} = 474.40 \text{ kN} \quad (6.47)$$

$$\eta_{N_b} = \frac{|N_{Ed1}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|(-133.57)|}{474.40} = 28.2 \% \quad (6.46) \quad \text{spełniony}$$

### 15. Nośność na zwichrzenie:

EN 1993-1-1: 6.3.2

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-Zwichrzenie:  $[1.1 \cdot 1 \cdot \text{cw} + 1.35 \cdot 0.85 \cdot \text{stale}] \{1.5 \cdot \text{Śnieg UD}\}$

$(1.5 \cdot 0.6 \cdot \text{Wiatr [1] X}$

$+\text{Ps.S})$

Klasa przekroju: 2 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 1.000 \cdot L = 1.000 \cdot 514.00 = 514.00 \text{ cm}$

$M_{cr}$  Metoda analizy: AutoMcr

$$M_{cr} = 9396.28 \text{ kNcm} = 93.96 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{484.00 \cdot 23.50}{9396.28}} = 1.10$$

Krzywa wyboczenia: b Tabela 6.5

$$\rightarrow \alpha_{LT} = 0.34 \quad \text{Tabela 6.3}$$

$$\phi_{LT} = \frac{1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2}{2} = \frac{1 + 0.34 \cdot (1.10 - 0.4) + 0.75 \cdot 1.10^2}{2} = 1.07$$

$$\chi_{LT} = \min \left( \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}}; 1 \right) = \min \left( \frac{1}{1.07 + \sqrt{1.07^2 - 0.75 \cdot 1.10^2}}; 1 \right) = 0.64 \quad (6.57)$$

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.64 \cdot 484.00 \cdot 23.50}{1} = 7261.58 \text{ kNcm} = 72.62 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

USŁUGI PROJEKTOWE  
inż. Henryk Tomaszewski

upr. bud. m. 167/80/OL  
§ 13, Ust. 1, pkt 2