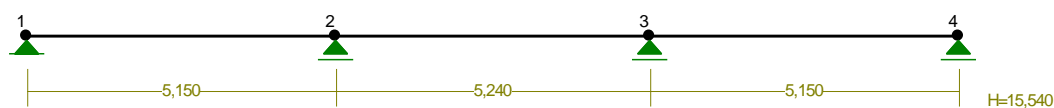


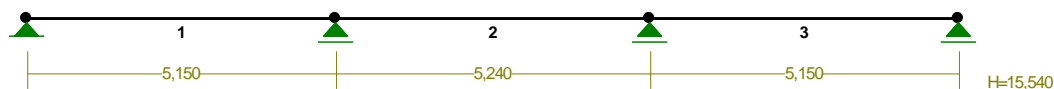
WĘZŁY:



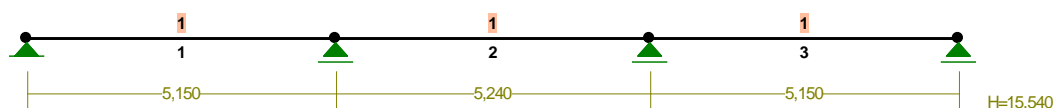
WĘZŁY:

Nr:	X [m]:	Y [m]:
1	0,000	0,000
2	5,150	0,000
3	10,390	0,000
4	15,540	0,000

PRĘTY:



PRZEKROJE PRĘTÓW:



PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;  
10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub  
22 - ciągnio

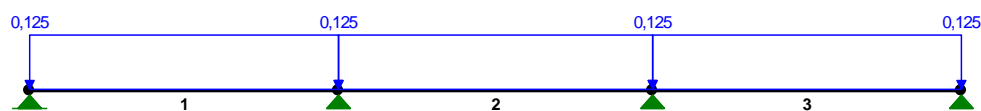
Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	2	5,150	0,000	5,150	1,000	1 U 200
2	00	2	3	5,240	0,000	5,240	1,000	1 U 200
3	00	3	4	5,150	0,000	5,150	1,000	1 U 200

**WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:**

Nr.	A[cm <sup>2</sup> ]	I <sub>x</sub> [cm <sup>4</sup> ]	I <sub>y</sub> [cm <sup>4</sup> ]	W <sub>g</sub> [cm <sup>3</sup> ]	W <sub>d</sub> [cm <sup>3</sup> ]	h[cm]	Materiał:
1	32,2	1910	148	152	112	20,6	2 St3S (X,Y,V,W)

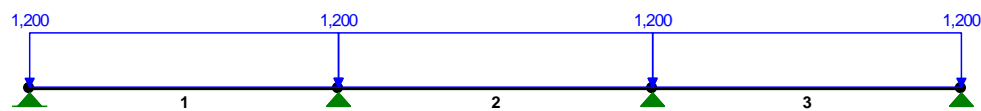
**STAŁE MATERIAŁOWE:**

Materiał:	Moduł E: [kN/mm <sup>2</sup> ]	Napręż.gr.: [N/mm <sup>2</sup> ]	AlfaT: [1/K]
2 St3S (X,Y,V,	205	205,000	1,20E-05

**OBCIĄŻENIA:****OBCIĄŻENIA:**

([kN], [kNm], [kN/m])

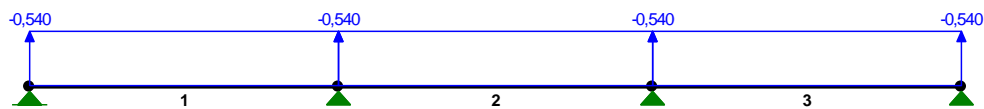
Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	A "pokrycie dachowe"			Stałe	γ <sub>f</sub> = 1,35	
1	Liniowe	0,0	0,125	0,125	0,00	5,15
2	Liniowe	0,0	0,125	0,125	0,00	5,24
3	Liniowe	0,0	0,125	0,125	0,00	5,15

**OBCIĄŻENIA:****OBCIĄŻENIA:**

([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	S "śnieg"			Zmienne	γ <sub>f</sub> = 1,50	
1	Liniowe	0,0	1,200	1,200	0,00	5,15
2	Liniowe	0,0	1,200	1,200	0,00	5,24
3	Liniowe	0,0	1,200	1,200	0,00	5,15

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
Grupa:	W	"wiatr"		Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	-0,540	-0,540	0,00	5,15
2	Liniowe	0,0	-0,540	-0,540	0,00	5,24
3	Liniowe	0,0	-0,540	-0,540	0,00	5,15

W Y N I K I  
Teoria I-go rzędu  
Kombinatoryka obciążeń

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	$\psi_d$ :	$\gamma_f$ :
Ciężar wł.			1,35
A - "pokrycie dachowe"	Stałe		1,35
S - "śnieg"	Zmienne	1 0,00	1,50
W - "wiatr"	Zmienne	1 0,00	1,50

RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

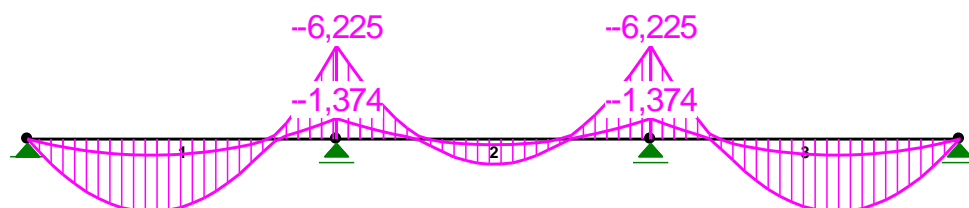
Grupa obc.:	Relacje:
Ciężar wł.	ZAWSZE
A - "pokrycie dachowe"	EWENTUALNIE
S - "śnieg"	EWENTUALNIE
W - "wiatr"	EWENTUALNIE

# KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

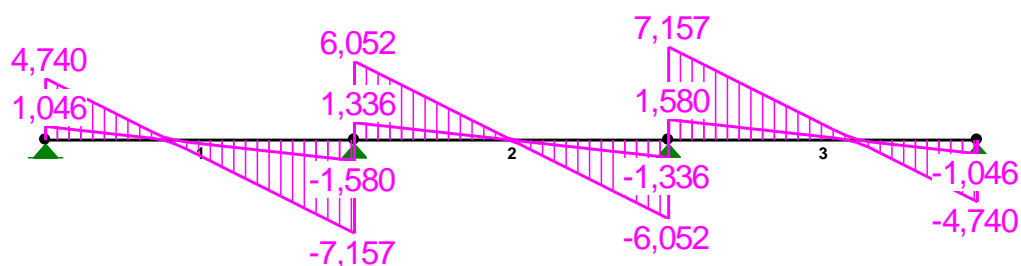
Nr:      Specyfikacja:

1      ZAWSZE      : A  
          EWENTUALNIE: S

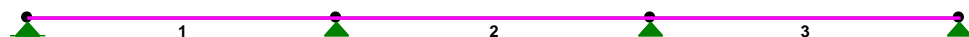
## MOMENTY-OBWIEDNIE:



## TNĄCE-OBWIEDNIE:



## NORMALNE-OBWIEDNIE:



## SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt: x[m]:      M[kNm]:      Q[kN]:      N[kN]:      Kombinacja obciążeń:

1	1,931	<b>4,845*</b>	0,278	0,000	AS
	5,150	<b>-6,225*</b>	-7,157	0,000	AS
	5,150	-6,225	<b>-7,157*</b>	0,000	AS
	5,150	-6,225	-7,157	<b>0,000*</b>	AS
	1,931	4,845	0,278	<b>0,000*</b>	AS
	5,150	-6,225	-7,157	<b>0,000*</b>	AS
	1,931	4,845	0,278	<b>0,000*</b>	AS

2	2,620	<b>1,704*</b>	-0,000	0,000	AS
	0,000	<b>-6,225*</b>	6,052	0,000	AS
	0,000	-6,225	<b>6,052*</b>	0,000	AS
	0,000	-6,225	6,052	<b>0,000*</b>	AS
	2,620	1,704	-0,000	<b>0,000*</b>	AS
	0,000	-6,225	6,052	<b>0,000*</b>	AS
	2,620	1,704	-0,000	<b>0,000*</b>	AS
3	3,219	<b>4,845*</b>	-0,278	0,000	AS
	0,000	<b>-6,225*</b>	7,157	0,000	AS
	0,000	-6,225	<b>7,157*</b>	0,000	AS
	0,000	-6,225	7,157	<b>0,000*</b>	AS
	3,219	4,845	-0,278	<b>0,000*</b>	AS
	0,000	-6,225	7,157	<b>0,000*</b>	AS
	3,219	4,845	-0,278	<b>0,000*</b>	AS

**REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

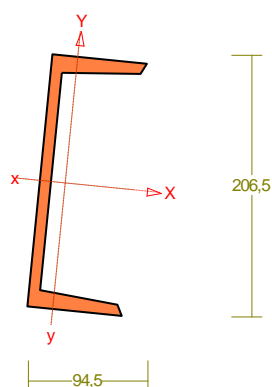
Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
1	<b>0,000*</b>	4,740	4,740		AS
	<b>0,000*</b>	1,046	1,046		A
	0,000	<b>4,740*</b>	4,740		AS
	0,000	<b>1,046*</b>	1,046		A
	0,000	4,740	<b>4,740*</b>		AS
2	<b>0,000*</b>	13,209	13,209		AS
	<b>0,000*</b>	2,916	2,916		A
	0,000	<b>13,209*</b>	13,209		AS
	0,000	<b>2,916*</b>	2,916		A
	0,000	13,209	<b>13,209*</b>		AS
3	<b>0,000*</b>	13,209	13,209		AS
	<b>0,000*</b>	2,916	2,916		A
	0,000	<b>13,209*</b>	13,209		AS
	0,000	<b>2,916*</b>	2,916		A
	0,000	13,209	<b>13,209*</b>		AS
4	<b>0,000*</b>	4,740	4,740		AS
	<b>0,000*</b>	1,046	1,046		A
	0,000	<b>4,740*</b>	4,740		AS
	0,000	<b>1,046*</b>	1,046		A
	0,000	4,740	<b>4,740*</b>		AS

\* = Wartości ekstremalne

**DEFORMACJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	L/f:	Kombinacja obciążeń:
1	1635,7	AS
2	13994,3	AS
3	1635,7	AS

## Pręt nr 1



Wymiary przekroju:

U 200 h=200,0 s=75,0 g=8,8 t=11,5 r=11,5 ex=20,1.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

J<sub>xg</sub>=1910,0 J<sub>yg</sub>=148,0 A=32,20 i<sub>x</sub>=7,7 i<sub>y</sub>=2,1 J<sub>w</sub>=9100,5 J<sub>t</sub>=12,0 x<sub>s</sub>=-4,0 i<sub>s</sub>=8,9 r<sub>y</sub>=13,1 b<sub>x</sub>=-10,6.

Materiał: **St3S (X,Y,V,W)**. Wytrzymałość **f<sub>d</sub>=215 MPa** dla **g=11,5**.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

### Siły przekrojowe:

x<sub>a</sub> = 5,150; x<sub>b</sub> = -0,000.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AS**

**M<sub>x</sub> = 6,194 kNm, V<sub>y</sub> = -7,121 kN, N = 0,000 kN,**

**M<sub>y</sub> = 0,619 kNm, V<sub>x</sub> = 0,712 kN.**

Naprężenia w skrajnych włóknach: σ<sub>t</sub> = 40,8 MPa σ<sub>c</sub> = -55,4 MPa.

### Naprężenia:

x<sub>a</sub> = 5,150; x<sub>b</sub> = -0,000.

Naprężenia w skrajnych włóknach: σ<sub>t</sub> = 40,8 MPa σ<sub>c</sub> = -55,4 MPa.

Naprężenia:

- normalne: σ = -7,3 Δσ = 48,1 MPa ψ<sub>oc</sub> = 1,000
- ścinanie wzdłuż osi Y: A<sub>v</sub> = 17,60 cm<sup>2</sup> τ = 4,0 MPa ψ<sub>ov</sub> = 1,000
- ścinanie wzdłuż osi X: A<sub>v</sub> = 15,23 cm<sup>2</sup> τ = 0,5 MPa ψ<sub>ov</sub> = 1,000

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 7,3 / 1,000 + 48,1 = 55,4 < 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 4,0 / 1,000 = 4,0 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ex} = \tau / \psi_{ov} = 0,5 / 1,000 = 0,5 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3 \tau_e^2} = \sqrt{55,4^2 + 3 \times 0,0^2} = 55,4 < 215 \text{ MPa}$$

### Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 0,337 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 0,773 \quad \text{dla } l_o = 5,150$$
$$l_w = 0,773 \times 5,150 = 3,981 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 5,150$$
$$l_w = 1,000 \times 5,150 = 5,150 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_\omega = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega\omega} = 5,150 \text{ m}$ . Długość wyboczeniowa  $l_\omega = 5,150 \text{ m}$ .

### Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 1910,0}{3,981^2} 10^{-2} = 2424,333 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 148,0}{5,150^2} 10^{-2} = 113,411 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_\omega}{l_\omega^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{8,9^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 9100,5}{5,150^2} 10^{-2} + 80 \times 12,0 \times 10^2 \right) = 1292,713 \text{ kN}$$

$$N_{xz} = \frac{N_x + N_z - \sqrt{(N_x + N_z)^2 - 4 N_x N_z (1 - \mu y_s^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu y_s^2 / i_s^2)} =$$

$$\frac{2424,333 + 1292,713 - \sqrt{(2424,333 + 1292,713)^2 - 4 \times 2424,333 \times 1292,713 (1 - 0,880 \times 4,0^2 / 8,9^2)}}{2 \times (1 - 0,880 \times 4,0^2 / 8,9^2)} = 1122,053 \text{ kN}$$

### Zwicherungie:

Moment krytyczny przy zwichrzeniu ceownika zginanego w płaszczyźnie środka można wyznaczyć, jak dla dwuteownika o tych samych wymiarach, dla którego

$$N_y = 62,744 \text{ kN}, \quad N_z = 1632,629 \text{ kN}.$$

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia  $a_o = 0,00 \text{ cm}$ . Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły  $a_s = -0,00 \text{ cm}$ . Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia:  $A_1 = 0,610$ ,  $A_2 = 0,530$ ,  $B = 1,140$ .

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,610 \times 0,00 + 0,530 \times -0,00 = -0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z} =$$

$$-0,000 \times 62,744 + \sqrt{(-0,000 \times 62,744)^2 + 1,140^2 \times 0,078^2 \times 62,744 \times 1632,629} = 28,642$$

Smukłość względna dla zwichrzenia wynosi:

$$\bar{\lambda}_L = 1,15 \sqrt{M_R / M_{cr}} = 1,15 \times \sqrt{34,905 / 28,642} = 1,270$$

Dla ceownika zginanego w płaszczyźnie środka, przyjęto:

$$\bar{\lambda}_L = 1,25 \times 1,270 = 1,587$$

### Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 5,150$ ;  $x_b = -0,000$ .

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 191,0 \times 215 \times 10^{-3} = 41,065 \text{ kNm}$$

- względem osi Y

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 27,0 \times 215 \times 10^{-3} = 5,796 \text{ kNm}$$

Nośność przekroju względem osi X należy zredukować do wartości:

$$M_{R, red} = W f_d \left[ 0,85 - \left( \frac{V}{V_R} \frac{e t_w}{b t_f} \right)^2 \right] =$$

$$191,0 \times 215 \times \left[ 0,85 - \left( \frac{7,121 \times 4,0 \times 0,9}{219,472 \times 7,5 \times 1,2} \right)^2 \right] \times 10^{-3} = 34,905$$

Współczynnik zwiczenia dla  $\bar{\lambda}_L = 1,588$  wynosi  $\varphi_L = 0,382$

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} = \frac{6,194}{0,382 \times 34,905} + \frac{0,619}{5,796} = 0,571 < 1$$

### Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 5,150$ ;  $x_b = -0,000$ .

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_V f_d = 0,58 \times 17,6 \times 215 \times 10^{-1} = 219,472 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,3 V_R = 65,842 \text{ kN}$$

- wzdłuż osi X

$$V_R = 0,58 A_V f_d = 0,58 \times 15,2 \times 215 \times 10^{-1} = 189,906 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,3 V_R = 56,972 \text{ kN}$$

Warunki nośności:

$$\text{- ścinanie wzdłuż osi Y: } V = 7,121 < 219,472 = V_R$$

$$\text{- ścinanie wzdłuż osi X: } V = 0,712 < 189,906 = V_R$$

### Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 5,150$ ;  $x_b = -0,000$ .

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 7,121 < 65,842 = V_O$

$$M_{R,V} = M_R = 34,905 \text{ kNm}$$

- dla zginania względem osi Y:  $V_x = 0,712 < 56,972 = V_O$

$$M_{R,V} = M_R = 5,796 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_x}{M_{Rx, V}} + \frac{M_y}{M_{Ry, V}} = \frac{6,194}{34,905} + \frac{0,619}{5,796} = 0,284 < 1$$

### Nośność środka pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 5,150$ .

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego  $c = 100,0 \text{ mm}$ .



Naprężenia ściskające w środku wynoszą  $\sigma_c = 0,0$  MPa. Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,000$$

Nośność środka na siłę skupioną:

$$P_{R,W} = c_o t_w \eta_c f_d = 215,0 \times 8,8 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 406,801 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,000 < 406,801 = P_{R,W}$$

### **Stan graniczny użytkowania:**

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 1,9 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 5150 / 250 = 20,6 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 1,9 < 20,6 = a_{\text{gr}}$$

Ugięcia względem osi X liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 2,5 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 5150 / 250 = 20,6 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 2,5 < 20,6 = a_{\text{gr}}$$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$$a = \sqrt{2,5^2 + 1,9^2} = 3,1$$