

Załącznik nr 2**Obliczenia konstrukcyjne**

Poz. 1. Obliczenie blachy podpierającej podnóżek stopnia schodów stalowych

Analiza statyczna

WĘZŁY:



WĘZŁY:

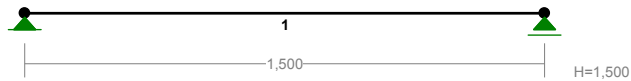
Nr:	X [m]:	Y [m]:
1	0,000	0,000
2	1,500	0,000

PODPORY:

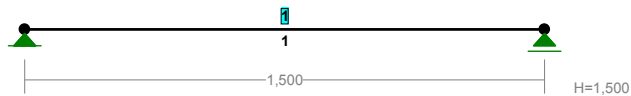
P o d a t n o ś c i

Węzeł:	Rodzaj:	Kąt:	Dx (Do*): [m / k N]	Dy:	DFi: [rad/kNm]
1	stała	0,0	0,000E+00	0,000E+00	
2	przesuwna	0,0	0,000E+00*		

PRĘTY:



PRZEKROJE PRĘTÓW:



PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztywny-sztywny, 01 - sztywny-przegub,
10 - przegub-sztywny, 11 - przegub-przegub, 22 - ciągnio

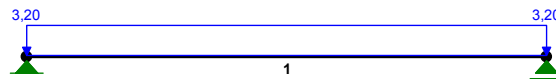
Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	2	1,500	0,000	1,500	1,000	1 belka stopnia schodów

WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm ²]	Ix[cm ⁴]	Iy[cm ⁴]	Wg[cm ³]	Wd[cm ³]	h[cm]	Materiał:
1	8,0	43	1	11	11	8,0	Stal St3

STAŁE MATERIAŁOWE:

Material:	Moduł E: [N/mm ²]	Napręż.gr.: [N/mm ²]	AlfaT: [1/K]
Stal St3	205000	215,000	1,20E-05

OBCIĄŻENIA:**OBCIĄŻENIA:** ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
Grupa: S	"Obciążenie użytkowe"			Zmienne	$\gamma_f = 1,35$	
1	Liniowe	0,0	3,20	3,20	0,00	1,50

=====

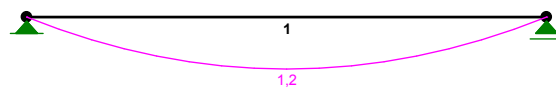
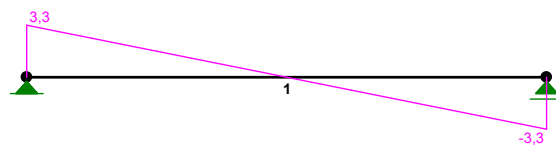
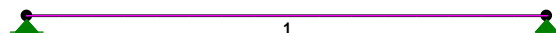
W Y N I K I

Teoria I-go rzędu

=====

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁCZYNNIKI BEZPIECZEŃSTWA:

Grupa:	Znaczenie:	ψ_d :	γ_f :
Ciężar własny			1,10
S - "Obciążenie użytkowe "	Zmienne 1	1,00	1,35

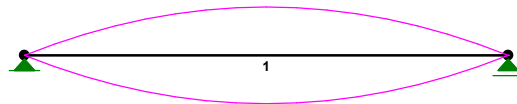
MOMENTY:**TNĄCE:****NORMALNE:**

SIŁY PRZEKROJOWE: T.I rzędu

Obciążenia obliczeniowe: Ciężar własny + S

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	-0,0	3,3	0,0
	0,50	0,750	1,2*	0,0	0,0
	1,00	1,500	-0,0	-3,3	0,0

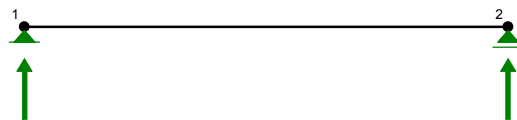
* = Wartości ekstremalne

NAPRĘŻENIA:**NAPRĘŻENIA:** T.I rzędu

Obciążenia obliczeniowe: Ciężar własny + S

Pręt:	x/L:	x[m]:	SigmaG: [MPa]	SigmaD:	SigmaMax/Ro:
1	0,00	0,000	0,0	-0,0	0,000
	0,50	0,750	-115,7	115,7	0,538*
	1,00	1,500	0,0	-0,0	0,000

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE:**REAKCJE PODPOROWE:** T.I rzędu

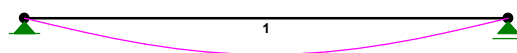
Obciążenia obliczeniowe: Ciężar własny + S

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
1	0,0	3,3	3,3	
2	0,0	3,3	3,3	

PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW: T.I rzędu

Obciążenia obliczeniowe: Ciężar własny + S

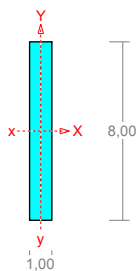
Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Fi[rad] ([deg]):
1	0,00000	-0,00000	0,00000	-0,00706 (-0,404)
2	0,00000	-0,00000	0,00000	0,00706 (0,404)

PRZEMIESZCZENIA:

DEFORMACJE: T.I rzędu

Obciążenia obliczeniowe: Ciężar własny + S

Pręt:	Wa[m]:	Wb[m]:	F _{Ia} [deg]:	F _{Ib} [deg]:	f[m]:	L/f:
1	-0,0000	-0,0000	-0,404	0,404	0,0033	453,5

Wymiarowanie**Pręt nr 1 – Blacha podpierająca płytę stopnia schodów**

Wymiary przekroju:

 $h=80,0$ $s=10,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

 $J_{xg}=42,7$ $J_{yg}=0,7$ $A=8,00$ $i_x=2,3$ $i_y=0,3$.Materiał: **St3SX, St3SY, St3S, St3V, St3W.**Wytrzymałość **$f_d=215$ MPa** dla **$g=10,0$.**Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.**Siły przekrojowe:** $x_a = 0,750$; $x_b = 0,750$.Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **S** $M_x = -1,2$ kNm, $V_y = 0,0$ kN, $N = 0,0$ kN,Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 115,7$ MPa $\sigma_c = -115,7$ MPa.**Naprężenia:** $x_a = 0,750$; $x_b = 0,750$.Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 115,7$ MPa $\sigma_c = -115,7$ MPa.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = 0,0$ $\Delta\sigma = 115,7$ MPa $\psi_{oc} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 115,7 = 115,7 < 215 \text{ MPa}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

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

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 1,500$$

$$l_w = 1,000 \times 1,500 = 1,500 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 1,500$$

$$l_w = 1,000 \times 1,500 = 1,500 \text{ m}$$

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 42,7}{1,500^2} 10^{-2} = 383,7 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 0,7}{1,500^2} 10^{-2} = 6,0 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na zginanie: $x_a = 0,750$; $x_b = 0,750$.

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 10,7 \times 215 \times 10^{-3} = 2,3 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla $\bar{\lambda}_L = 0,000$ wynosi $\varphi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{1,2}{1,000 \times 2,3} = 0,538 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 1,500$.

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_{Vf_d} = 0,58 \times 7,2 \times 215 \times 10^{-1} = 89,8 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,3 V_R = 26,9 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 3,3 < 89,8 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 0,750$; $x_b = 0,750$.

- dla zginania względem osi X: $V_y = 0,0 < 26,9 = V_O$

$$M_{R,V} = M_R = 2,3 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_x}{M_{R,x,V}} = \frac{1,2}{2,3} = 0,538 < 1$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

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

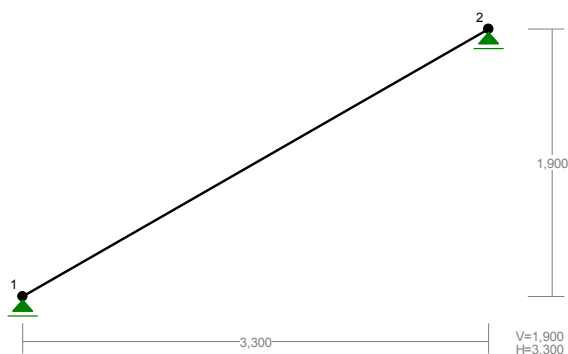
$$a_{\text{gr}} = l / 350 = 1500 / 350 = 4,3 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 2,5 < 4,3 = a_{\text{gr}}$$

Poz. 2. Obliczenie belki policzkowej

Analiza statyczna

WĘZŁY:



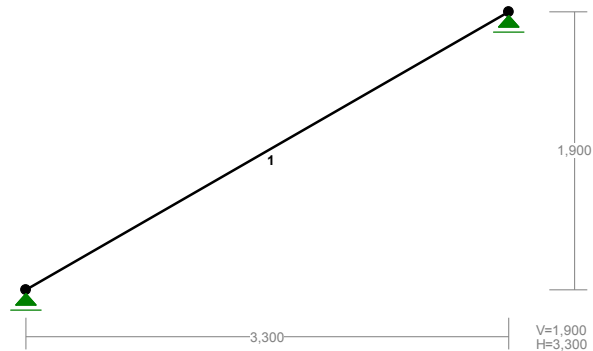
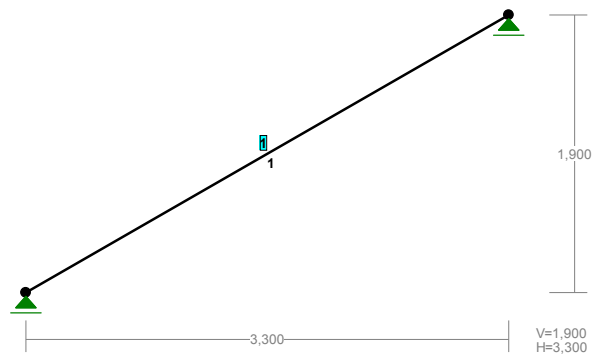
WĘZŁY:

Nr :	X [m] :	Y [m] :
1	0,000	0,000
2	3,300	1,900

PODPORY:

P o d a t n o ś c i

Węzeł:	Rodzaj:	Kąt:	Dx (Do*) : [m / k N]	Dy:	DFi: [rad/kNm]
1	przesuwna	0,0	0,000E+00*		
2	przesuwna	0,0	0,000E+00*		

PRĘTY:**PRZEKROJE PRĘTÓW:****PRĘTY UKŁADU:**

Typy prętów: 00 - sztywny-sztywny, 01 - sztywny-przegub,
10 - przegub-sztywny, 11 - przegub-przegub, 22 - ciągnio

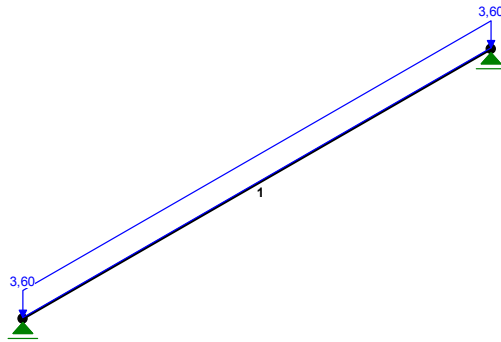
Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	2	3,300	1,900	3,808	1,000	1 belka policzkowa biegu

WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm ²]	Ix[cm ⁴]	Iy[cm ⁴]	Wg[cm ³]	Wd[cm ³]	h[cm]	Materiał:
1	24,0	925	85	116	116	16,0	Stal St3

STAŁE MATERIAŁOWE:

Material:	Moduł E: [N/mm ²]	Napręż.gr.: [N/mm ²]	AlfaT: [1/K]
Stal St3	205000	215,000	1,20E-05

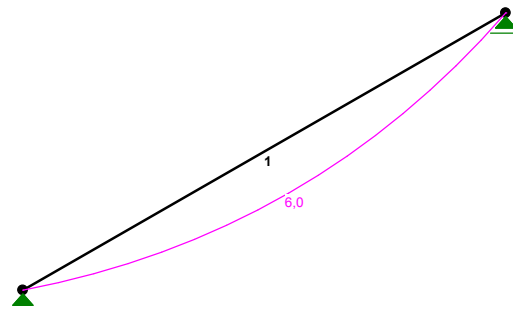
OBCIĄŻENIA:**OBCIĄŻENIA:** ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	B	"Obciążenie użytkowe"		Zmienne	$\gamma_f = 1,00$	
1	Liniowe	0,0	3,60	3,60	0,00	3,81

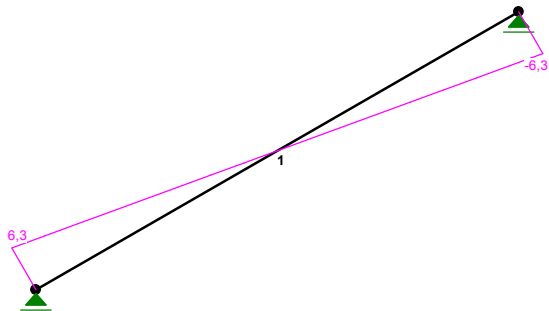
W Y N I K I
Teoria I-go rzędu

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁCZYNNIKI BEZPIECZEŃSTWA:

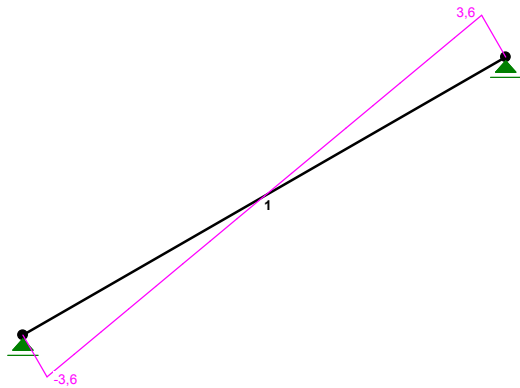
Grupa:	Znaczenie:	ψ_d :	γ_f :
Ciężar własny			1,10
B - "Obciążenie użytkowe"	Zmienne	1	1,00

MOMENTY:

TNĄCE :



NORMALNE :

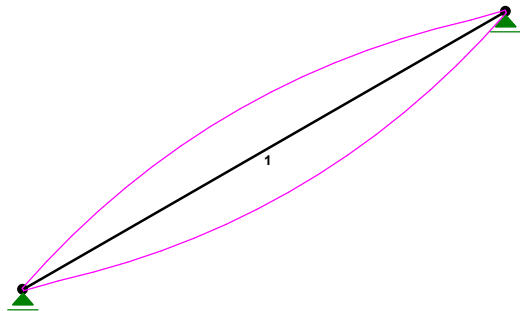


SIŁY PRZEKROJOWE: T.I rzędu
Obciążenia obliczeniowe: Ciężar własny + B

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,0	6,3	-3,6
	0,50	1,904	6,0*	0,0	0,0
	1,00	3,808	0,0	-6,3	3,6

* = Wartości ekstremalne

NAPRĘŻENIA:



NAPRĘŻENIA: T.I rzędu

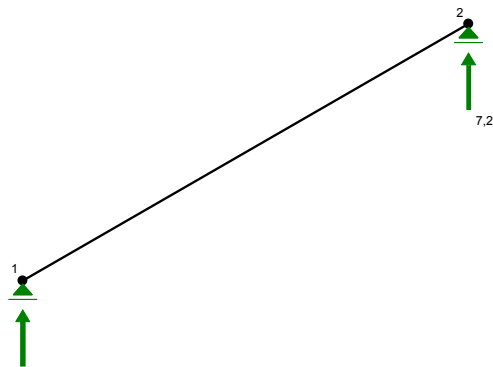
Obciążenia obliczeniowe: Ciężar własny + B

Pręt:	x/L:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	SigmaMax/Ro:
			[MPa]		

Stal St3

1	0,00	0,000	-1,5	-1,5	0,007
	0,51	1,934	-51,7	51,7	0,241*
	1,00	3,808	1,5	1,5	0,007

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE:**REAKCJE PODPOROWE:** T.I rzędu

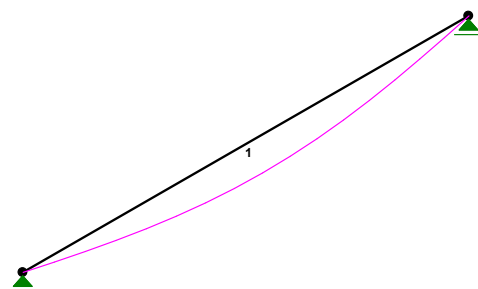
Obciążenia obliczeniowe: Ciężar własny + B

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
1	-0,0	7,2	7,2	
2	-0,0	7,2	7,2	

PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW: T.I rzędu

Obciążenia obliczeniowe: Ciężar własny + B

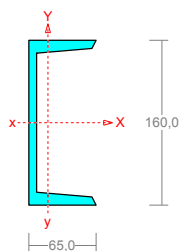
Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Fi[rad] ([deg]):
1	0,00006	-0,00000	0,00006	-0,00400 (-0,229)
2	0,00006	-0,00000	0,00006	0,00400 (0,229)

PRZEMIESZCZENIA:

DEFORMACJE: T.I rzędu

Obciążenia obliczeniowe: Ciężar własny + B

Pręt:	Wa [m]:	Wb [m]:	F _{Ia} [deg]:	F _{Ib} [deg]:	f [m]:	L/f:
1	-0,0000	-0,0000	-0,229	0,229	0,0048	799,4

Wymiarowanie**Pręt nr 1 – Blacha polczkowa biegu schodów**

Wymiary przekroju:

U 160 h=160,0 s=65,0 g=7,5 t=10,5 r=10,5 ex=18,4.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

J_{xg}=925,0 J_y=85,3 A=24,00 i_x=6,2 i_y=1,9 J_w=3259,3 J_t=7,2 x_s=-3,7 i_s=7,5 r_y=9,4 b_x=-8,4.

Materiał: St3SX, St3SY, St3S, St3V, St3W.

Wytrzymałość f_d=215 MPa dla g=10,5.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

Siły przekrojowe:x_a = 1,904; x_b = 1,904.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: B

M_x = -6,0 kNm, V_y = 0,0 kN, N = 0,0 kN,Naprężenia w skrajnych włóknach: σ_t = 51,7 MPa σ_c = -51,7 MPa.**Naprężenia:**x_a = 1,904; x_b = 1,904.Naprężenia w skrajnych włóknach: σ_t = 51,7 MPa σ_c = -51,7 MPa.

Naprężenia:

- normalne: σ = 0,0 Δσ = 51,7 MPa ψ_{oc} = 1,000

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 51,7 = 51,7 < 215 \text{ MPa}$$

Nośność elementów rozciąganych:x_a = 0,000; x_b = 3,808.

Przekrój jest zamocowany mimośrodowo.

Siła osiowa: N = -3,6 kN.

Pole powierzchni przekroju: A = 24,00 cm².Sprowadzone pole przekroju: A_ψ = 21,04 cm².Nośność przekroju na rozciąganie: N_{Rt} = A_ψ f_d = 21,04 × 215 × 10⁻¹ = 452,4 kN.

Warunek nośności (32):

$$N = 3,6 < 452,4 = N_{Rt}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

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

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 3,808$$

$$l_w = 1,000 \times 3,808 = 3,808 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 3,808$$

$$l_w = 1,000 \times 3,808 = 3,808 \text{ m}$$

- dla wyoboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyoboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega\omega} = 3,808$ m. Długość wyoboczeniowa $l_\omega = 3,808$ m.

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 925,0}{3,808^2} 10^{-2} = 1290,7 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 85,3}{3,808^2} 10^{-2} = 119,0 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EJ_\omega}{l_\omega^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{7,5^2} \left(\frac{3,14^2 \times 205 \times 3259,3}{3,808^2} 10^{-2} + 80 \times 7,2 \times 10^2 \right) = 1113,4 \text{ kN}$$

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

$$\frac{1290,7 + 1113,4 - \sqrt{(1290,7 + 1113,4)^2 - 4 \times 1290,7 \times 1113,4 \times (1 - 1,000 \times 3,7^2 / 7,5^2)}}{2 \times (1 - 1,000 \times 3,7^2 / 7,5^2)} = 798,1 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na ściskanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,808$:

$$N_{RC} = A f_d = 24,0 \times 215 \times 10^{-1} = 516,0 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyoboczeniowych:

$$\text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{516,0 / 1290,7} = 0,730 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,725$$

$$\text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{516,0 / 119,0} = 2,405 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,157$$

$$\text{- dla } N_{xz} \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_{xz}} = 1,15 \times \sqrt{516,0 / 798,1} = 0,925 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,605$$

Przyjęto: $\varphi = \varphi_{\min} = 0,157$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{3,6}{0,157 \times 516,0} = 0,045 < 1$$

Zwicherungie:

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

$$N_y = 67,7 \text{ kN}, \quad N_z = 1490,6 \text{ kN}.$$

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia $a_o = 0,00$ cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły $a_s = 0,00$ cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwicherungia: $A_1 = 0,000$, $A_2 = 0,000$, $B = 0,000$.

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

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

$$- 0,000 \times 67,7 + \sqrt{(0,000 \times 67,7)^2 + 0,000^2 \times 0,075^2 \times 67,7 \times 1490,6} = 0,0$$

Przyjęto, że pręt jest zabezpieczony przed zwicherungiem: $\bar{\lambda}_L = 0$.

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 1,904$; $x_b = 1,904$.

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 115,6 \times 215 \times 10^{-3} = 24,9 \text{ kNm}$$

Nośność przekroju względem osi X należy zredukować do wartości:

$$M_{R, red} = W_{fd} \left[0,85 - \left(\frac{V}{V_R} \frac{e}{b} \frac{t_w}{t_f} \right)^2 \right] = 115,6 \times 215 \times \left[0,85 - \left(\frac{0,0 \times 3,7 \times 0,8}{149,6 \times 6,5 \times 1,1} \right)^2 \right] \times 10^{-3} = 21,1$$

Współczynnik zwichrzenia dla $\bar{\lambda}_L = 0,000$ wynosi $\varphi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{6,0}{1,000 \times 21,1} = 0,283 < 1$$

Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = -6,0 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,725 \times 0,730^2 \frac{1,000 \times 6,0}{21,1} \times \frac{3,6}{516,0} = 0,001$$

$$\Delta_x = 0,001 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{3,6}{0,725 \times 516,0} + \frac{1,000 \times 6,0}{1,000 \times 21,1} = 0,293 < 0,999 = 1 - 0,001$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{\varphi_L M_{Ry}} = \frac{3,6}{0,157 \times 516,0} + \frac{1,000 \times 6,0}{1,000 \times 21,1} = 0,328 < 1,000 = 1 - 0,000$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,808$.

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_V f_d = 0,58 \times 12,0 \times 215 \times 10^{-1} = 149,6 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,3 V_R = 44,9 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 6,3 < 149,6 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 1,904$; $x_b = 1,904$.

- dla zginania względem osi X: $V_y = 0,0 < 44,9 = V_o$

$$M_{R, V} = M_R = 21,1 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_x}{M_{Rx, V}} = \frac{6,0}{21,1} = 0,283 < 1$$

Nośność środnika pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,808$.

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

Naprężenia ściskające w środniku wynoszą $\sigma_c = 1,5 \text{ MPa}$. Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,25 - 0,5 \sigma_c / f_d = 1,25 - 0,5 \times 1,5 / 215 = 1,000$$

Nośność środnika na siłę skupioną:

$$P_{R, W} = c_o t_w \eta_c f_d = 205,0 \times 7,5 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 330,6 \text{ kN}$$

Warunek nośności środnika:

$$P = 0,0 < 330,6 = P_{R, W}$$

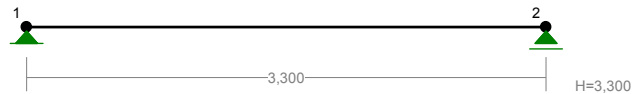
Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 4,7 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 350 = 3808 / 350 = 10,9 \text{ mm}$$

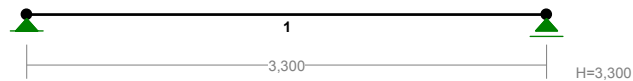
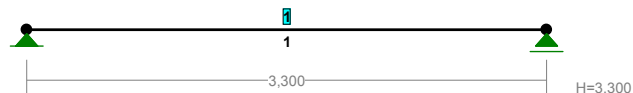
$$a_{\max} = 4,7 < 10,9 = a_{\text{gr}}$$

Poz. 3. Obliczenie belki spocznikowej**Analiza statyczna****WĘZŁY:****WĘZŁY:**

Nr:	X [m]:	Y [m]:
1	0,000	0,000
2	3,300	0,000

PODPORY:**P o d a t n o ś c i**

Węzeł:	Rodzaj:	Kąt:	Dx (Do*): [m / k N]	Dy:	DFi: [rad/kNm]
1	stała	0,0	0,000E+00	0,000E+00	
2	przesuwna	0,0	0,000E+00*		

PRĘTY:**PRZEKROJE PRĘTÓW:****PRĘTY UKŁADU:**

Typy prętów: 00 - sztywny-sztywny, 01 - sztywny-przegub,
10 - przegub-sztywny, 11 - przegub-przegub, 22 - ciągnio

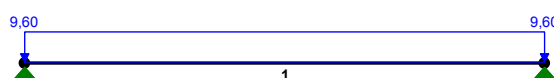
Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	2	3,300	0,000	3,300	1,000	1 belka spocznikowa

WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A [cm ²]	I _x [cm ⁴]	I _y [cm ⁴]	W _g [cm ³]	W _d [cm ³]	h [cm]	Materiał:
1	32,2	1910	148	191	191	20,0	Stal St3

STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [N/mm ²]	Napręż.gr.: [N/mm ²]	AlfaT: [1/K]
Stal St3	205000	215,000	1,20E-05

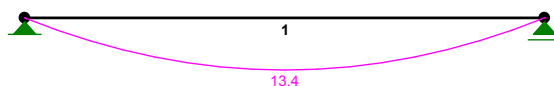
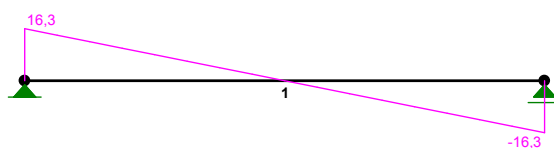
OBCIĄŻENIA:**OBCIĄŻENIA:** ([kN], [kNm], [kN/m])

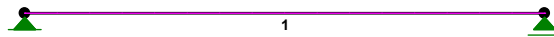
Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
Grupa:	B "Obciążenia użytkowe"			Zmienne	γ _f = 1,00	
1	Liniowe	0,0	9,60	9,60	0,00	3,30

W Y N I K I
Teoria I-go rzędu

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁCZYNNIKI BEZPIECZEŃSTWA:

Grupa:	Znaczenie:	ψ _d :	γ _f :
Ciężar własny			1,10
B -"Obciążenia użytkowe"	Zmienne	1	1,00

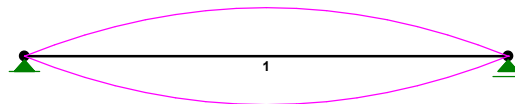
MOMENTY:**TNĄCE:**

NORMALNE:**SIŁY PRZEKROJOWE:** T.I rzędu

Obciążenia obliczeniowe: Ciężar własny + B

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	-0,0	16,3	0,0
	0,50	1,650	13,4*	0,0	0,0
	1,00	3,300	-0,0	-16,3	0,0

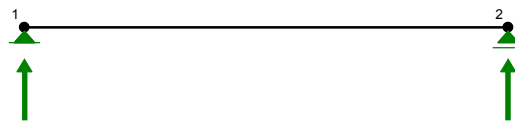
* = Wartości ekstremalne

NAPRĘŻENIA:**NAPRĘŻENIA:** T.I rzędu

Obciążenia obliczeniowe: Ciężar własny + B

Pręt:	x/L:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	SigmaMax/Ro:
[MPa]					
Stal St3					
1	0,00	0,000	0,0	-0,0	0,000
	0,50	1,650	-70,4	70,4	0,327*
	1,00	3,300	0,0	-0,0	0,000

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE:**REAKCJE PODPOROWE:** T.I rzędu

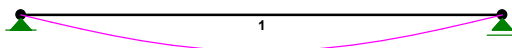
Obciążenia obliczeniowe: Ciężar własny + B

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
1	0,0	16,3	16,3	
2	0,0	16,3	16,3	

PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW: T.I rzędu

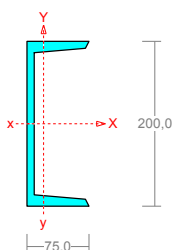
Obciążenia obliczeniowe: Ciężar własny + B

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Fi[rad] ([deg]):
1	0,00000	-0,00000	0,00000	-0,00378 (-0,216)
2	0,00000	-0,00000	0,00000	0,00378 (0,216)

PRZEMIESZCZENIA:**DEFORMACJE:** T.I rzędu

Obciążenia obliczeniowe: Ciężar własny + B

Pręt:	Wa[m]:	Wb[m]:	F _{Ia} [deg]:	F _{Ib} [deg]:	f[m]:	L/f:
1	-0,0000	-0,0000	-0,216	0,216	0,0039	847,1

Wymiarowanie**Pręt nr 1 – Blacha spocznika**

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_{xg}=1910,0 J_{yg}=148,0 A=32,20 i_x=7,7 i_y=2,1 J_w=9100,5 J_t=12,0 x_s=-4,0 i_s=8,9 r_y=13,1 b_x=-10,6.

Materiał: St3SX, St3SY, St3S, St3V, St3W.

Wytrzymałość f_d=215 MPa dla g=11,5.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

Siły przekrojowe:x_a = 1,650; x_b = 1,650.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: B

M_x = -13,4 kNm, V_y = 0,0 kN, N = 0,0 kN,Naprężenia w skrajnych włóknach: σ_t = 70,4 MPa σ_c = -70,4 MPa.**Naprężenia:**x_a = 1,650; x_b = 1,650.Naprężenia w skrajnych włóknach: σ_t = 70,4 MPa σ_c = -70,4 MPa.

Naprężenia:

- normalne: σ = 0,0 Δσ = 70,4 MPa ψ_{oc} = 1,000

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 70,4 = 70,4 < 215 \text{ MPa}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

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

χ₁ = 1,000 χ₂ = 1,000 węzły nieprzesuwne ⇒ μ = 1,000 dla l_o = 3,300

$$l_w = 1,000 \times 3,300 = 3,300 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

χ₁ = 1,000 χ₂ = 1,000 węzły nieprzesuwne ⇒ μ = 1,000 dla l_o = 3,300

$$l_w = 1,000 \times 3,300 = 3,300 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej μ_o = 1,000. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem l_{oo} = 3,300 m. Długość wyboczeniowa l_o = 3,300 m.

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 1910,0}{3,300^2} 10^{-2} = 3548,6 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 148,0}{3,300^2} 10^{-2} = 275,0 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EJ_{\square}}{l_{\square}^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{8,9^2} \left(\frac{3,14^2 \times 205 \times 9100,5}{3,300^2} 10^{-2} + 80 \times 12,0 \times 10^2 \right) = 1417,4 \text{ kN}$$

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

$$\frac{3548,6 + 1417,4 - \sqrt{(3548,6 + 1417,4)^2 - 4 \times 3548,6 \times 1417,4 \times (1 - 1,000 \times 4,0^2 / 8,9^2)}}{2 \times (1 - 1,000 \times 4,0^2 / 8,9^2)} = 1274,2 \text{ kN}$$

Zwicherungie:

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

$$N_y = 152,1 \text{ kN}, \quad N_z = 1760,3 \text{ kN}.$$

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia $a_0 = 0,00 \text{ cm}$. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły $a_s = 0,00 \text{ cm}$. Przyjęto następujące wartości parametrów zwicherungia: $A_1 = 0,000$, $A_2 = 0,000$, $B = 0,000$.

$$A_0 = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,000 \times 0,00 + 0,000 \times 0,00 = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_0 N_y + \sqrt{(A_0 N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z} =$$

$$- 0,000 \times 152,1 + \sqrt{(0,000 \times 152,1)^2 + 0,000^2 \times 0,089^2 \times 152,1 \times 1760,3} = 0,0$$

Przyjęto, że pręt jest zabezpieczony przed zwicherungiem: $\bar{\lambda}_L = 0$.

Nośność przekroju na zginanie:

$$x_a = 1,650; \quad x_b = 1,650.$$

- względem osi X

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

Nośność przekroju względem osi X należy zredukować do wartości:

$$M_{R, red} = W f_d \left[0,85 - \left(\frac{V}{V_R} \frac{e t_w}{b t_f} \right)^2 \right] = 191,0 \times 215 \times \left[0,85 - \left(\frac{0,0 \times 4,0 \times 0,9}{219,5 \times 7,5 \times 1,2} \right)^2 \right] \times 10^{-3} = 34,9$$

Współczynnik zwicherungia dla $\bar{\lambda}_L = 0,000$ wynosi $\varphi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{13,4}{1,000 \times 34,9} = 0,385 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$$x_a = 0,000; \quad x_b = 3,300.$$

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_V f_d = 0,58 \times 17,6 \times 215 \times 10^{-1} = 219,5 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,3 V_R = 65,8 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 16,3 < 219,5 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 1,650$; $x_b = 1,650$.

- dla zginania względem osi X: $V_y = 0,0 < 65,8 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 34,9 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_x}{M_{R_x,V}} = \frac{13,4}{34,9} = 0,385 < 1$$

Nośność środka pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,300$.

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

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

$$\eta_c = 1,000$$

Nośność środka na siłę skupioną:

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

Warunek nośności środka:

$$P = 0,0 < 406,8 = P_{R,W}$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 3,9 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 350 = 3300 / 350 = 9,4 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 3,9 < 9,4 = a_{\text{gr}}$$