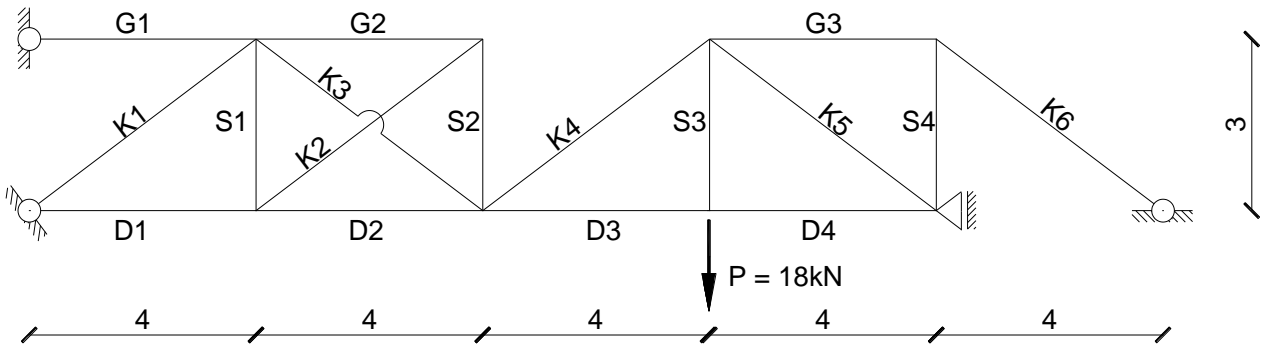


Metoda Sił – Kratownica statycznie niewyznaczalna

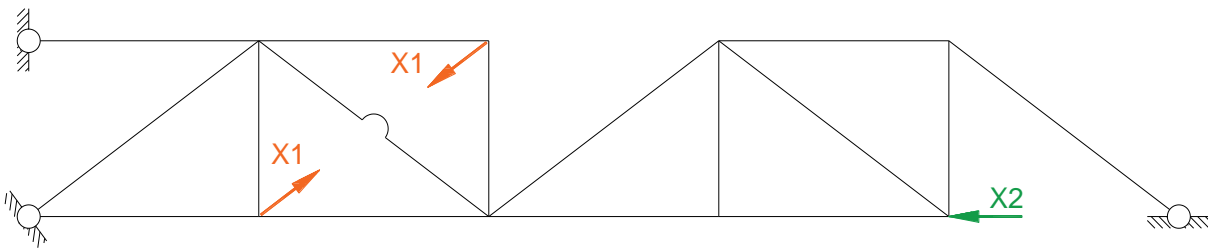
Zadanie 1.: Narysuj wykres sił normalnych dla kratownicy statycznie niewyznaczalnej. Zadanie rozwiąż metodą sił. Sprawdź poprawność obliczeń wykorzystując twierdzenie redukcyjne.



Określenie stopnia statycznej niewyznaczalności układu:

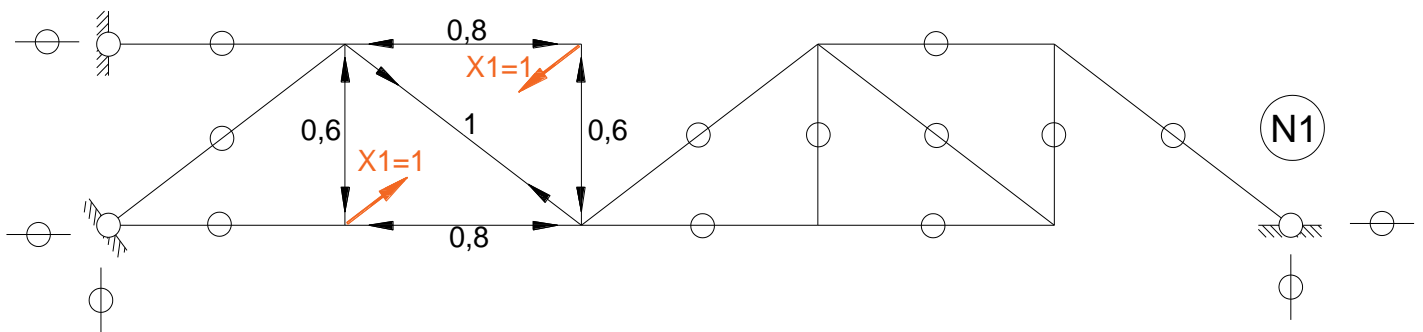
$$n_s = l_r + l_p - 2w = 7 + 17 - 2 \cdot 11 = 24 - 22 = 2 \rightarrow \text{układ dwukrotnie statycznie niewyznaczalny.}$$

Schemał podstawowy metody sił:

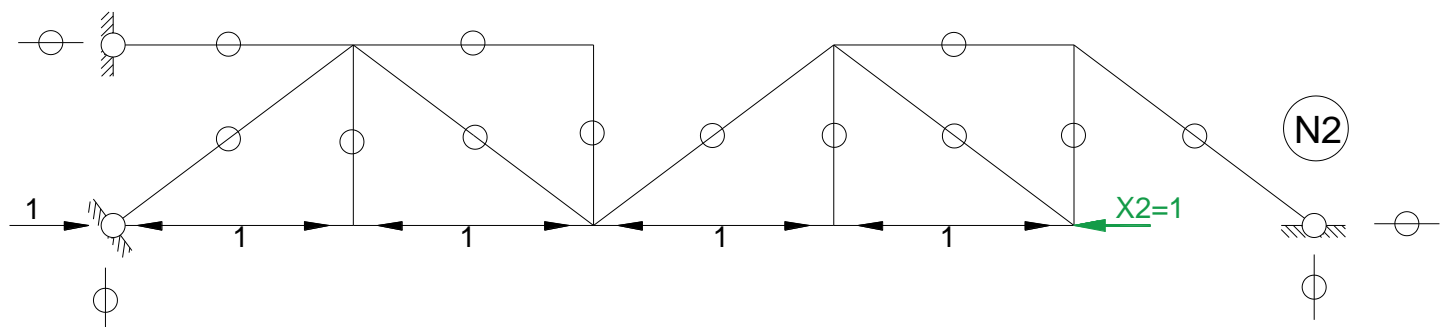


Wykresy jednostkowe:

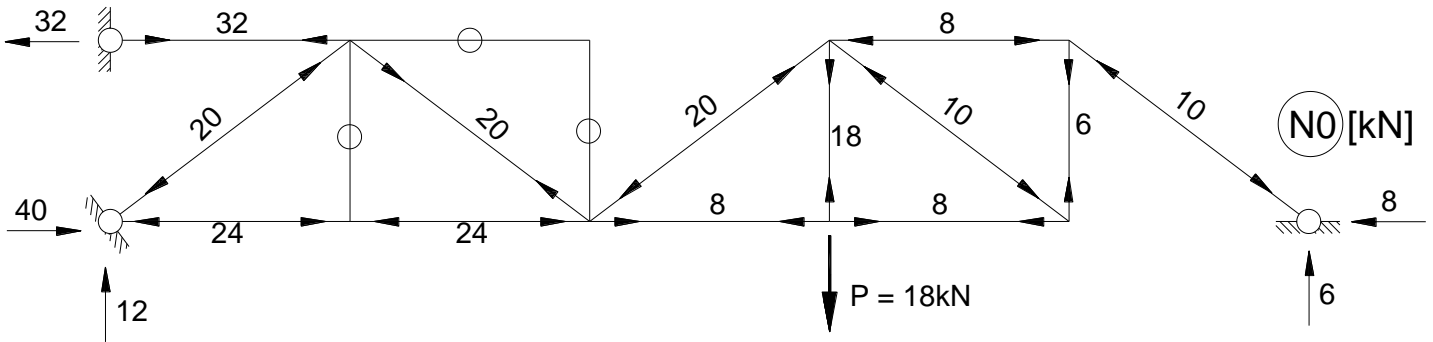
- stan $X_1=1$



- stan $X_2=1$



- obciążenie zewnętrzne



Układ równań metody sił:

$$\begin{cases} \delta_{11} \cdot X_1 + \delta_{12} \cdot X_2 + \delta_{10} = 0 \\ \delta_{21} \cdot X_1 + \delta_{22} \cdot X_2 + \delta_{20} = 0 \end{cases}$$

Wyznaczenie współczynników układu na podstawie obliczeń w tabeli:

Pręt	L/EA	N1	N2	N0	N1*N1*L/EA	N1*N2*L/EA	N2*N2*L/EA	N1*N0*L/EA	N2*N0*L/EA
D1	4	0	-1	-24	0	0	4	0	96
D2	4	-0,8	-1	-24	2,56	3,2	4	76,8	96
D3	4	0	-1	8	0	0	4	0	-32
D4	4	0	-1	8	0	0	4	0	-32
G1	4	0	0	32	0	0	0	0	0
G2	4	-0,8	0	0	2,56	0	0	0	0
G3	4	0	0	-8	0	0	0	0	0
S1	3	-0,6	0	0	1,08	0	0	0	0
S2	3	-0,6	0	0	1,08	0	0	0	0
S3	3	0	0	18	0	0	0	0	0
S4	3	0	0	6	0	0	0	0	0
K1	5	0	0	-20	0	0	0	0	0
K2	5	1	0	0	5	0	0	0	0
K3	5	1	0	20	5	0	0	100	0
K4	5	0	0	-20	0	0	0	0	0
K5	5	0	0	-10	0	0	0	0	0
K6	5	0	0	-10	0	0	0	0	0
					$\delta_{11}=17,28/EA$	$\delta_{12}=3,2/EA$	$\delta_{22}=16/EA$	$\delta_{10}=176,8/EA$	$\delta_{20}=128/EA$

$$\delta_{11} = \sum \frac{N_1 \cdot N_1 \cdot L}{EA} = \frac{17,28}{EA}$$

$$\delta_{12} = \sum \frac{N_1 \cdot N_2 \cdot L}{EA} = \frac{3,2}{EA} = \delta_{21}$$

$$\delta_{22} = \sum \frac{N_2 \cdot N_2 \cdot L}{EA} = \frac{16}{EA}$$

$$\delta_{10} = \sum \frac{N_1 \cdot N_0 \cdot L}{EA} = \frac{176,8}{EA}$$

$$\delta_{20} = \sum \frac{N_2 \cdot N_0 \cdot L}{EA} = \frac{128}{EA}$$

Podstawienie współczynników do układu i rozwiązanie:

$$\begin{cases} \frac{17,28}{EA} \cdot X1 + \frac{3,2}{EA} \cdot X2 + \frac{176,8}{EA} = 0 \\ \frac{3,2}{EA} \cdot X1 + \frac{16}{EA} \cdot X2 + \frac{128}{EA} = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} X1 = -9,087 \text{ kN} \\ X2 = -6,183 \text{ kN} \end{cases}$$

Wykres sił normalnych na poszczególnych prętach wyznaczamy na podstawie wzoru:

$$N_i = N_{i1} \cdot X1 + N_{i2} \cdot X2 + N_{i0}$$

Wszystkie obliczenia zestawiono w tabeli:

Pręt	L/EA	N1	N2	N0	N1*X1	N2*X2	N	Spr.1=N*N1*L/EA	Spr.2=N*N2*L/EA
D1	4	0	-1	-24	0,000	6,183	-17,817	0,000	71,269
D2	4	-0,8	-1	-24	7,269	6,183	-10,548	33,754	42,192
D3	4	0	-1	8	0,000	6,183	14,183	0,000	-56,731
D4	4	0	-1	8	0,000	6,183	14,183	0,000	-56,731
G1	4	0	0	32	0,000	0,000	32,000	0,000	0,000
G2	4	-0,8	0	0	7,269	0,000	7,269	-23,262	0,000
G3	4	0	0	-8	0,000	0,000	-8,000	0,000	0,000
S1	3	-0,6	0	0	5,452	0,000	5,452	-9,813	0,000
S2	3	-0,6	0	0	5,452	0,000	5,452	-9,813	0,000
S3	3	0	0	18	0,000	0,000	18,000	0,000	0,000
S4	3	0	0	6	0,000	0,000	6,000	0,000	0,000
K1	5	0	0	-20	0,000	0,000	-20,000	0,000	0,000
K2	5	1	0	0	-9,087	0,000	-9,087	-45,433	0,000
K3	5	1	0	20	-9,087	0,000	10,913	54,567	0,000
K4	5	0	0	-20	0,000	0,000	-20,000	0,000	0,000
K5	5	0	0	-10	0,000	0,000	-10,000	0,000	0,000
K6	5	0	0	-10	0,000	0,000	-10,000	0,000	0,000
suma:								0,000	0,000

Końcowy wykres sił normalnych dla układu statycznie niewyznaczalnego:

