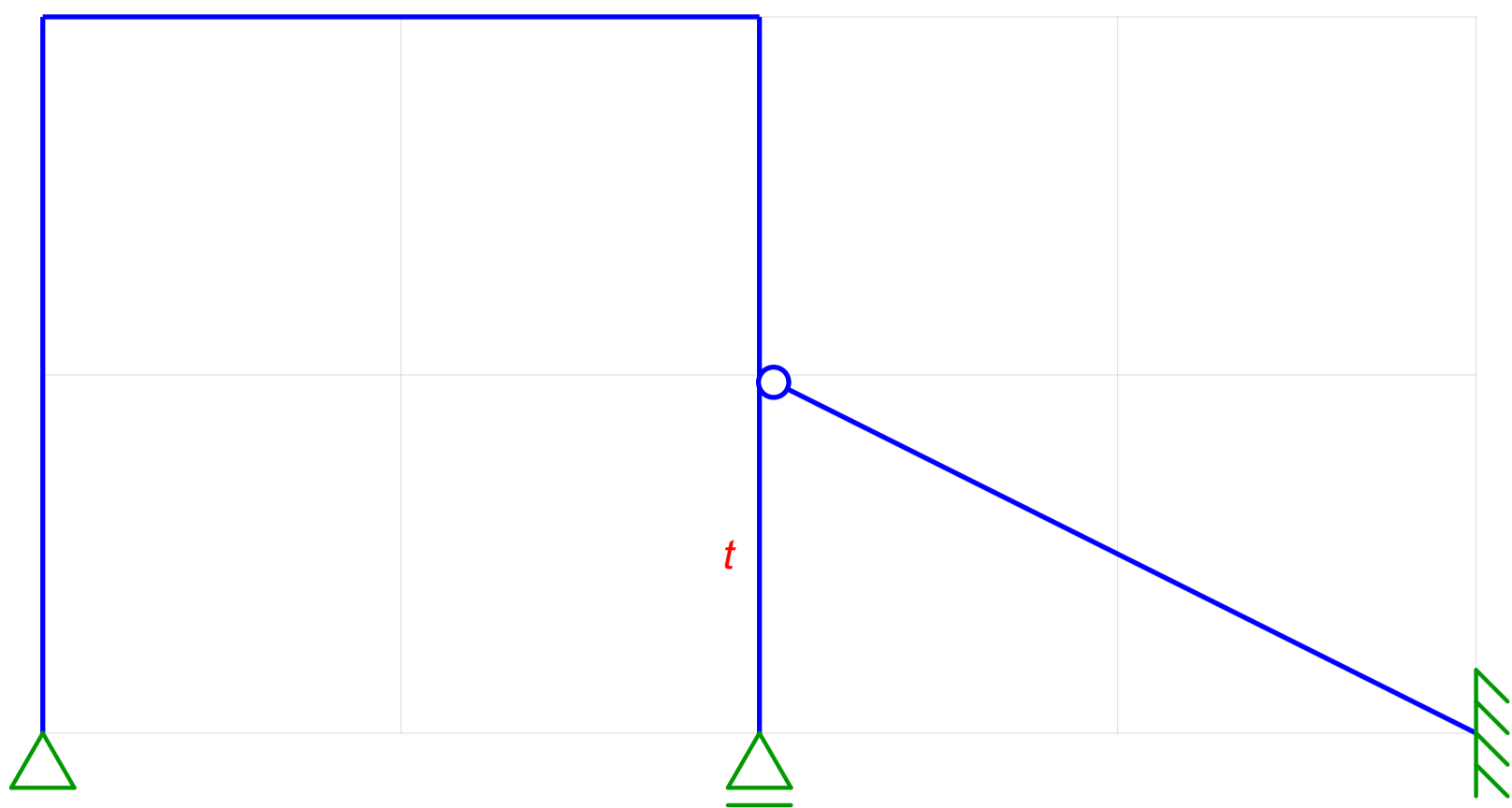


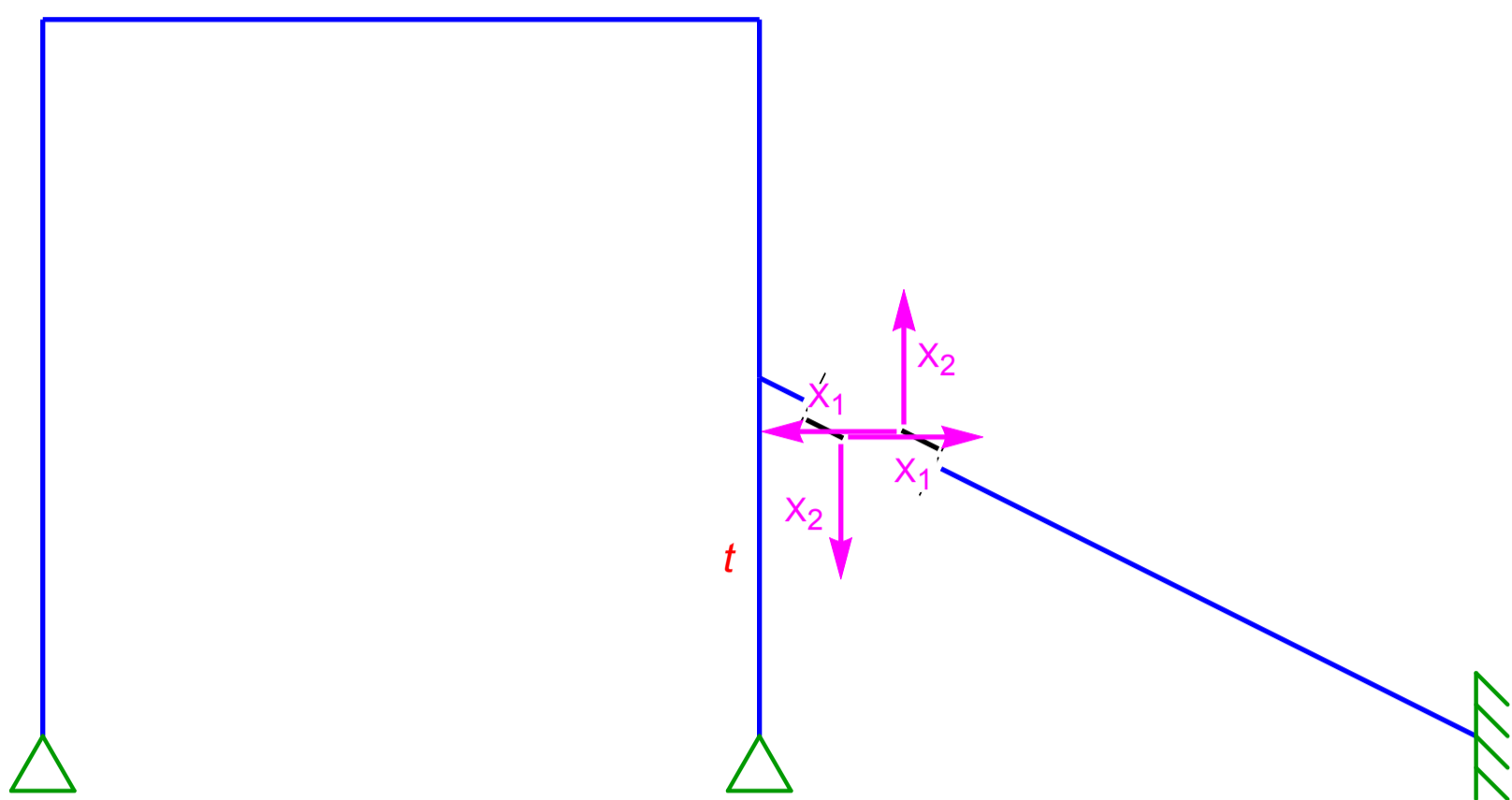
Opcja a) obciążenie termiczne.

Geometria oraz obciążenia konstrukcji (wymiar oczka siatki - 1, EA = ∞):



Konstrukcja jest 2 krotnie statycznie niewyznaczalna.

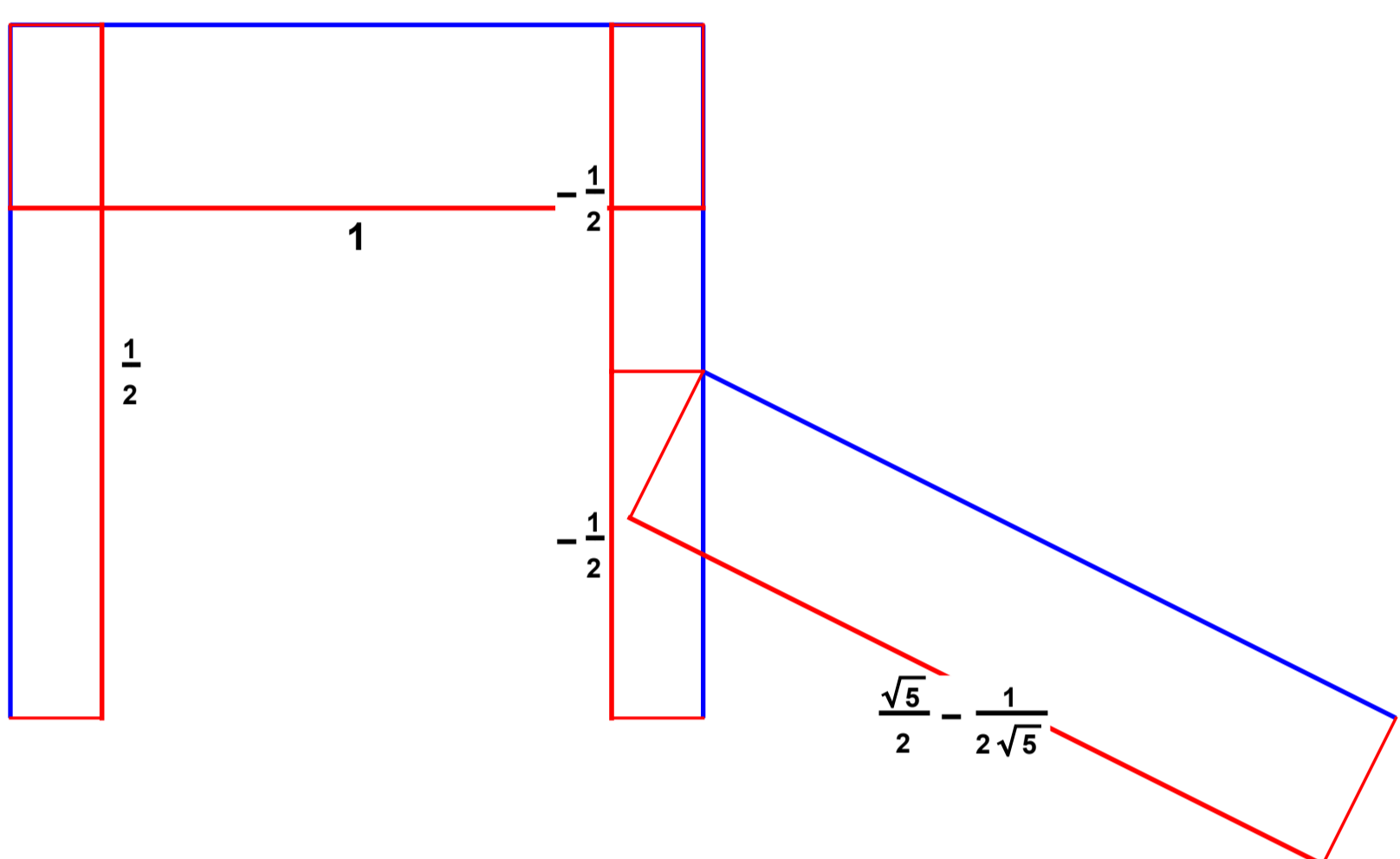
Układ zastępczy:



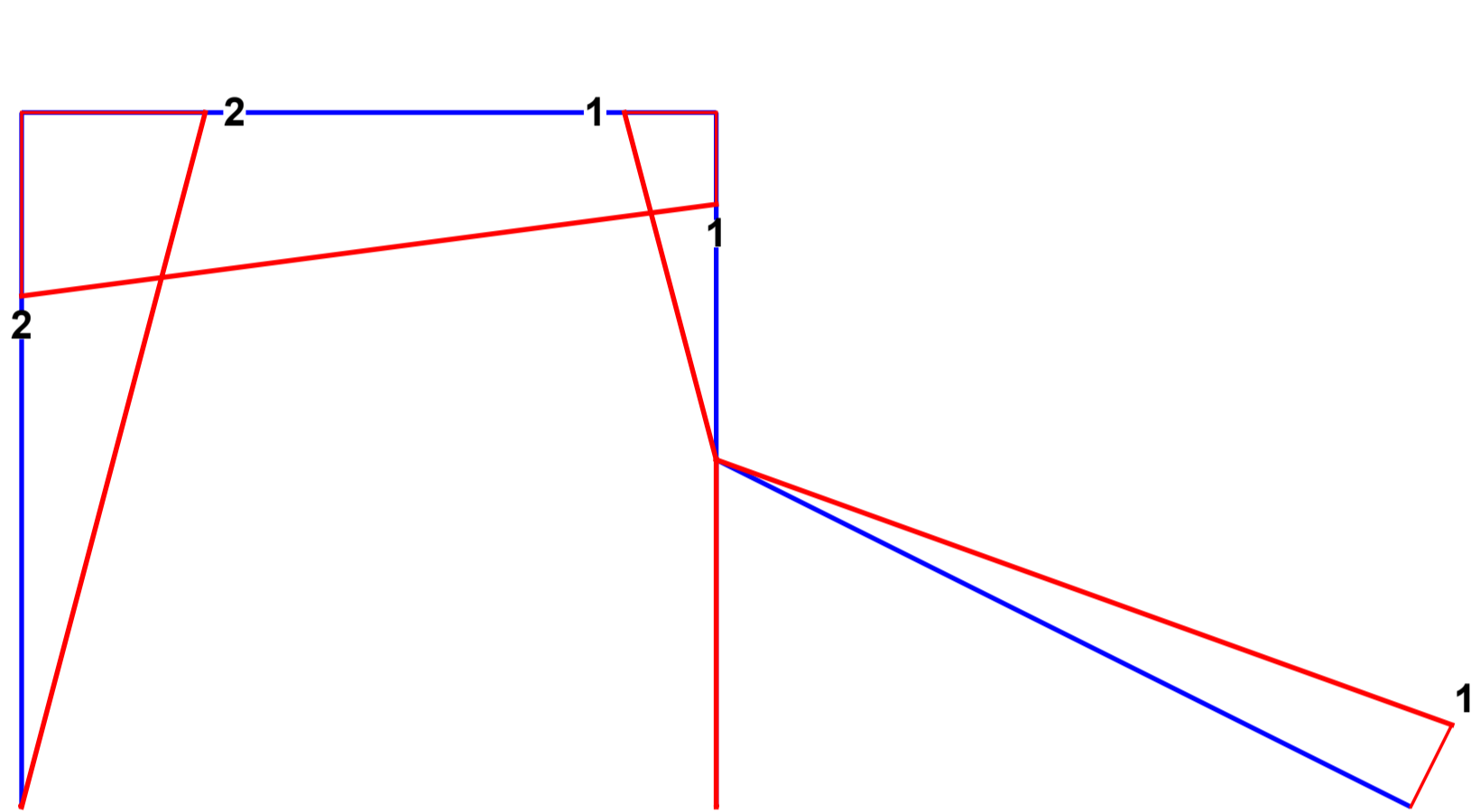
Wykresy sił wewnętrznych od jednostkowych sił nadliczbowych:

- od siły $X_1 = 1$:

$N_1[1]$:

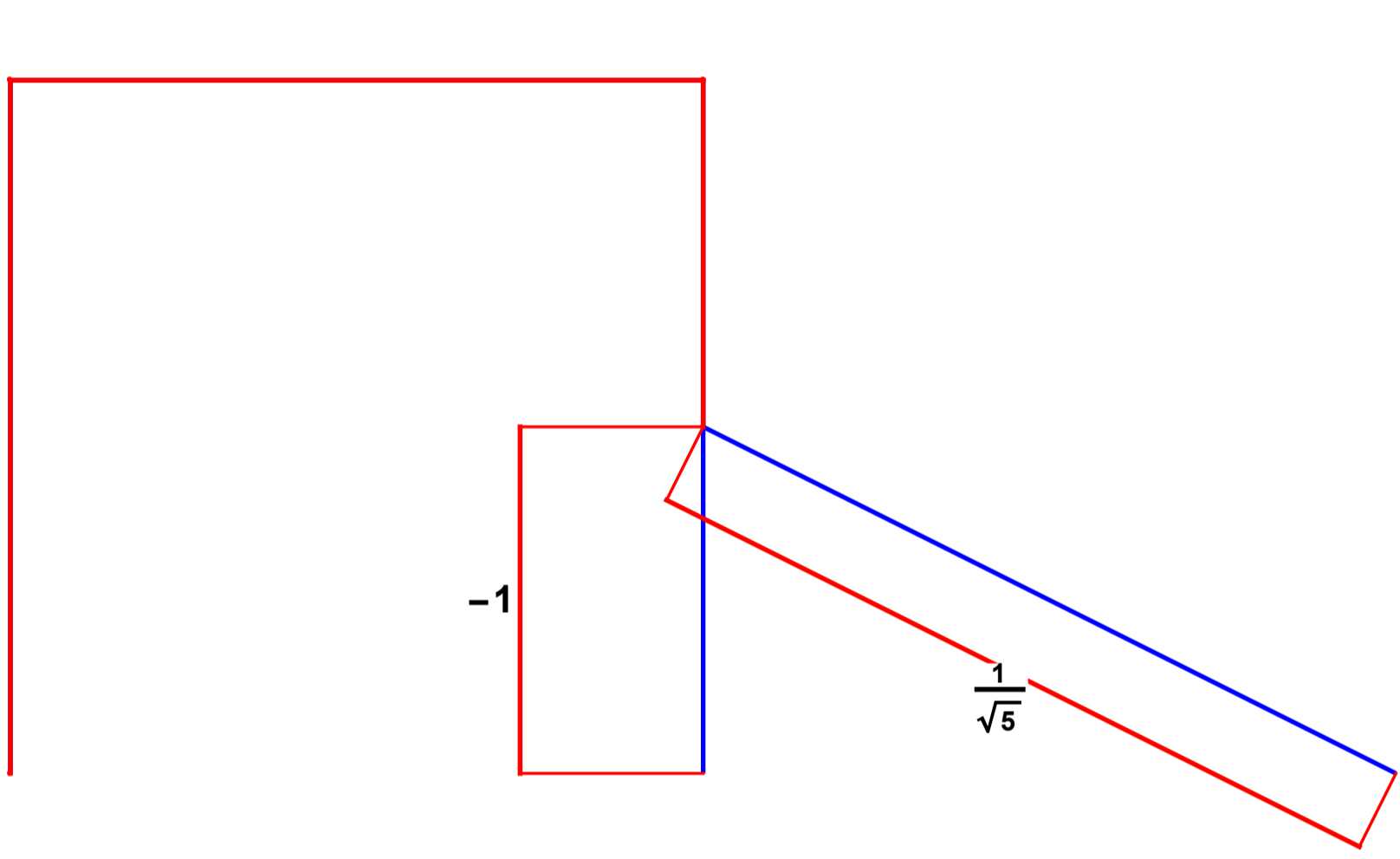


$M_1[1]$:

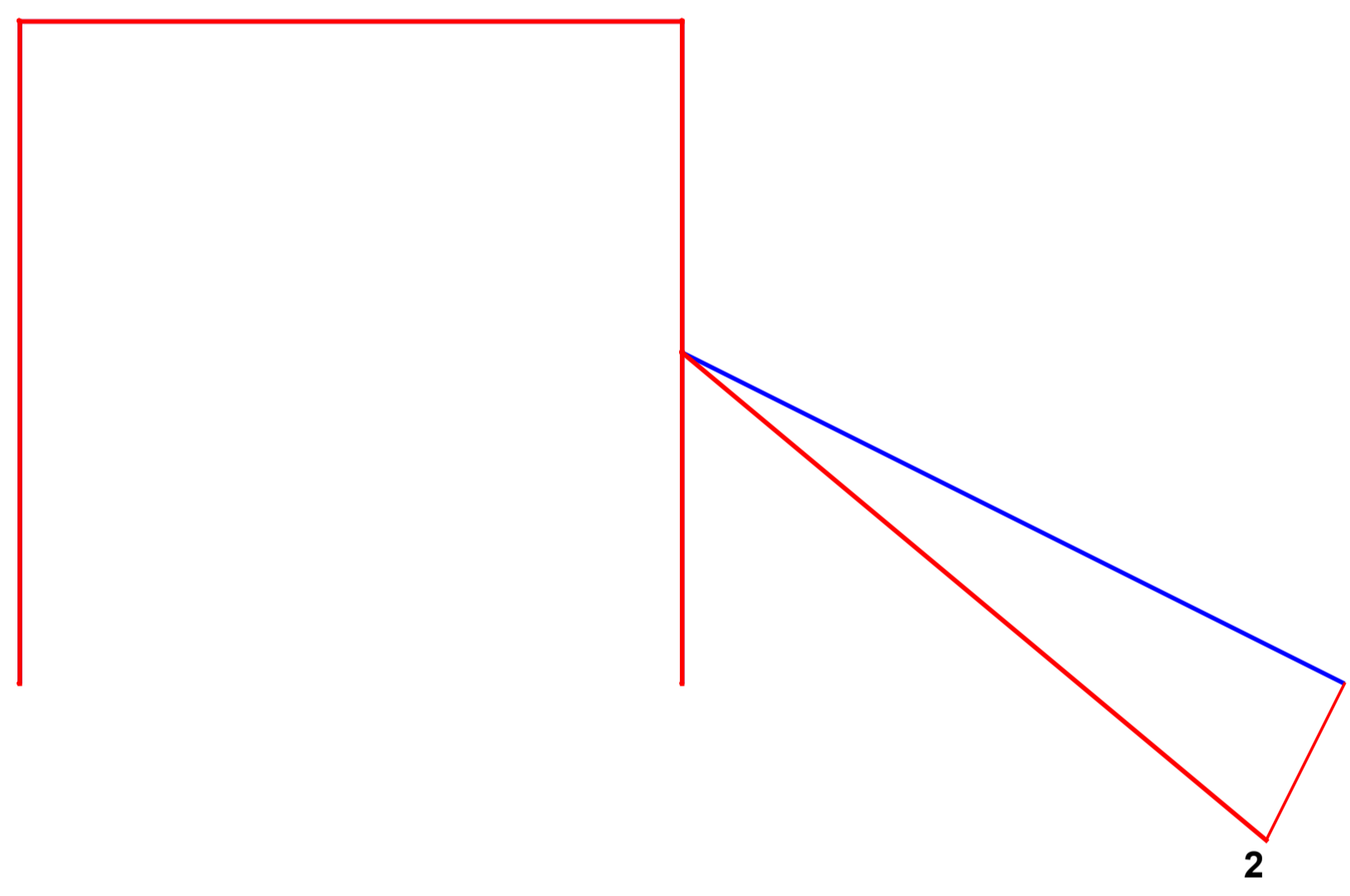


- od siły $X_2 = 1$:

$N_2[1]$:



$M_2[1]$:



Przemieszczenia od obciążenia temperaturą:

$$\delta_{10}^t = \left(-\frac{1}{2}\right) (t \alpha) (1) = -0.5001 t \alpha$$

$$\delta_{20}^t = (-1) (t \alpha) (1) = -1 t \alpha$$

Przemieszczenia od jednostkowych sił nadliczbowych:

$$\delta_{11} = \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 21 \cdot 21\right) \left(\frac{2}{3} \cdot 21\right) \right] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 21 \cdot 21\right) \left(\frac{2}{3} \cdot 21 + \frac{1}{3} \cdot 1\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 21\right) \left(\frac{1}{3} \cdot 21 + \frac{2}{3} \cdot 1\right) \right] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1\right) \left(\frac{2}{3} \cdot 1\right) \right] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot \sqrt{5} \cdot 1\right) \left(\frac{2}{3} \cdot 1\right) \right] = 8.412 \frac{1^3}{EJ}$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 21 \cdot \sqrt{5} \cdot 1\right) \left(\frac{2}{3} \cdot (-1)\right) \right] = -1.491 \frac{1^3}{EJ}$$

$$\delta_{22} = \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 21 \cdot \sqrt{5} \cdot 1\right) \left(\frac{2}{3} \cdot 21\right) \right] = 2.981 \frac{1^3}{EJ}$$

Równania nierozdzielności:

$$\begin{pmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} \\ \delta_{21} & \delta_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \delta_{10}^t \\ \delta_{20}^t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

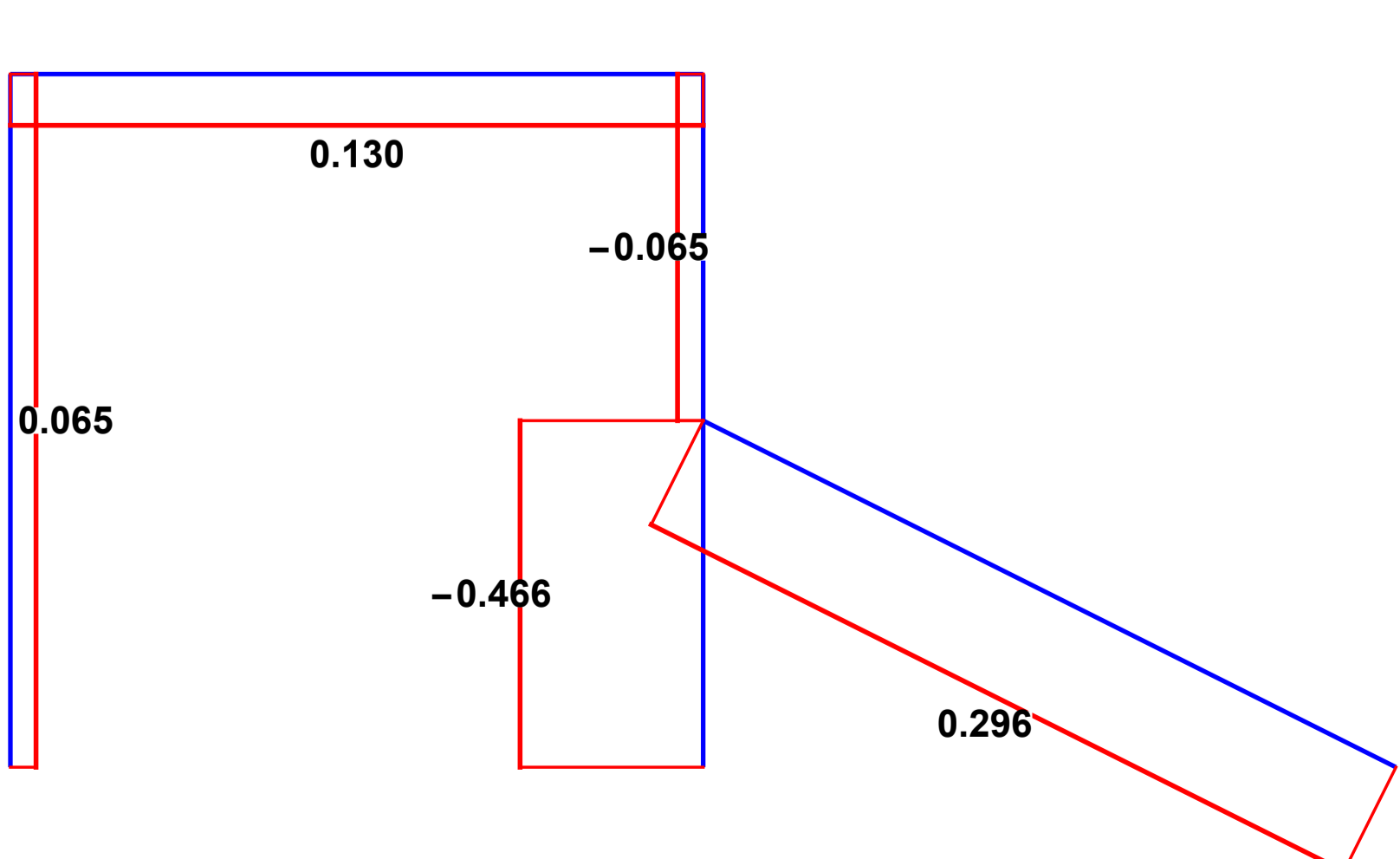
$$\begin{pmatrix} 8.412 \frac{1^3}{EJ} & -1.491 \frac{1^3}{EJ} \\ -1.491 \frac{1^3}{EJ} & 2.981 \frac{1^3}{EJ} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -0.5001 t \alpha \\ -1.0001 t \alpha \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Rozwiązanie metody sił:

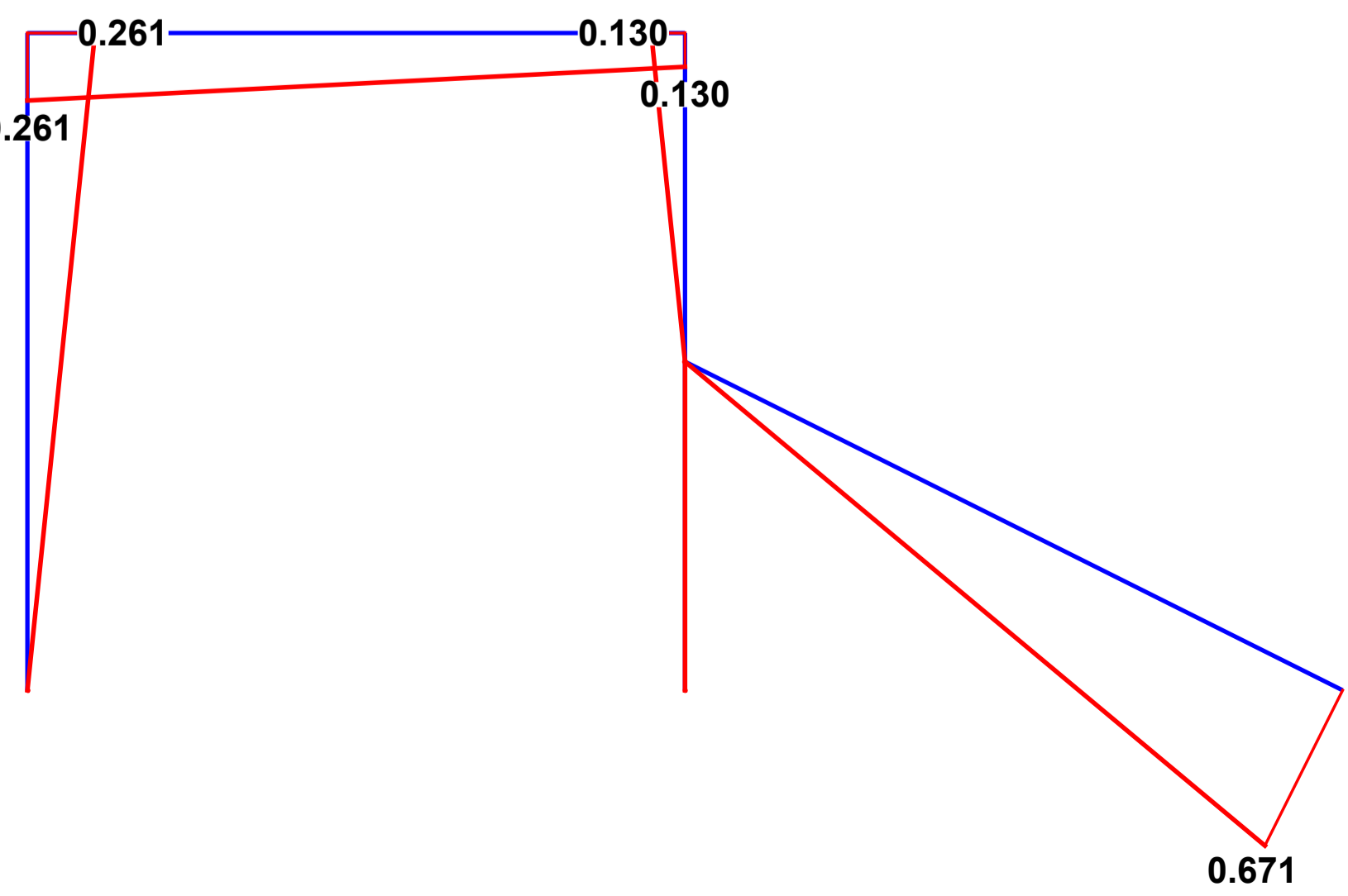
$$\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.130 \frac{EJ t \alpha}{1^2} \\ 0.401 \frac{EJ t \alpha}{1^2} \end{pmatrix}$$

Wykresy sił wewnętrznych:

$N \left[\frac{EJ t \alpha}{1^2} \right]$:

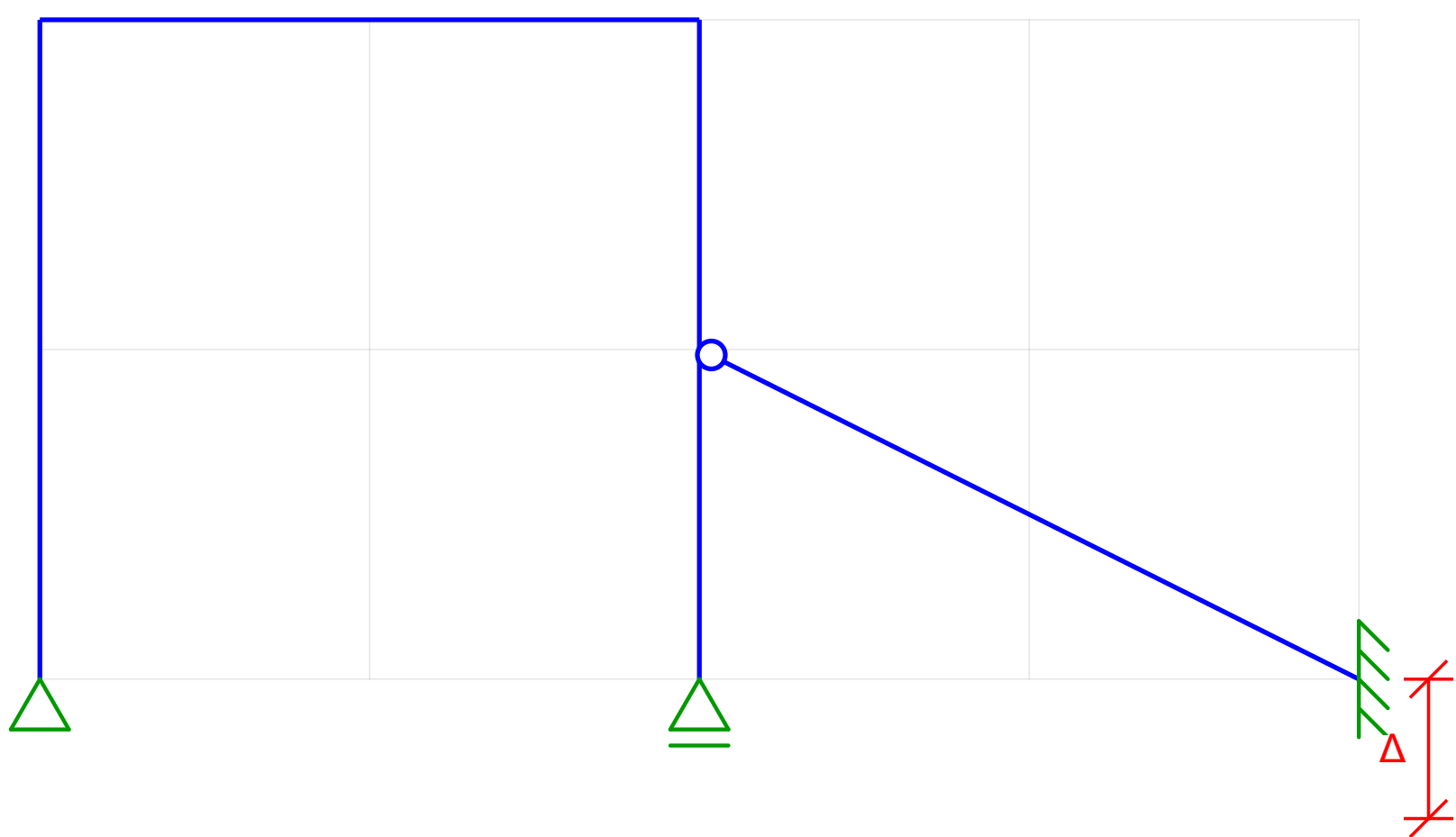


$M \left[\frac{EJ t \alpha}{1} \right]$:



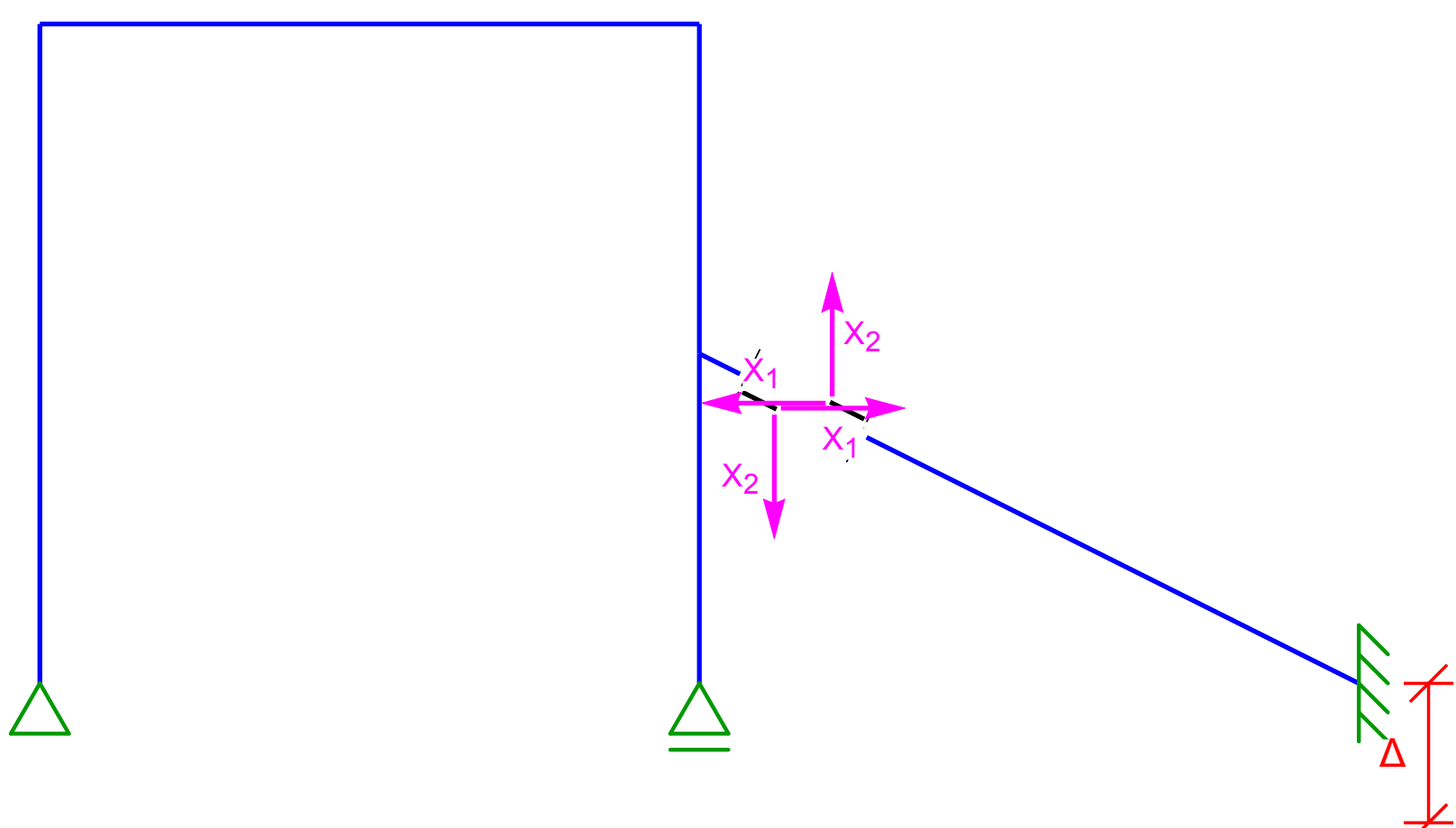
Opcja b) obciążenie przemieszczeniem podpory.

Geometria oraz obciążenia konstrukcji (wymiar oczka siatki - 1, EA = ∞):



Konstrukcja jest 2 krotnie statycznie niewyznaczalna.

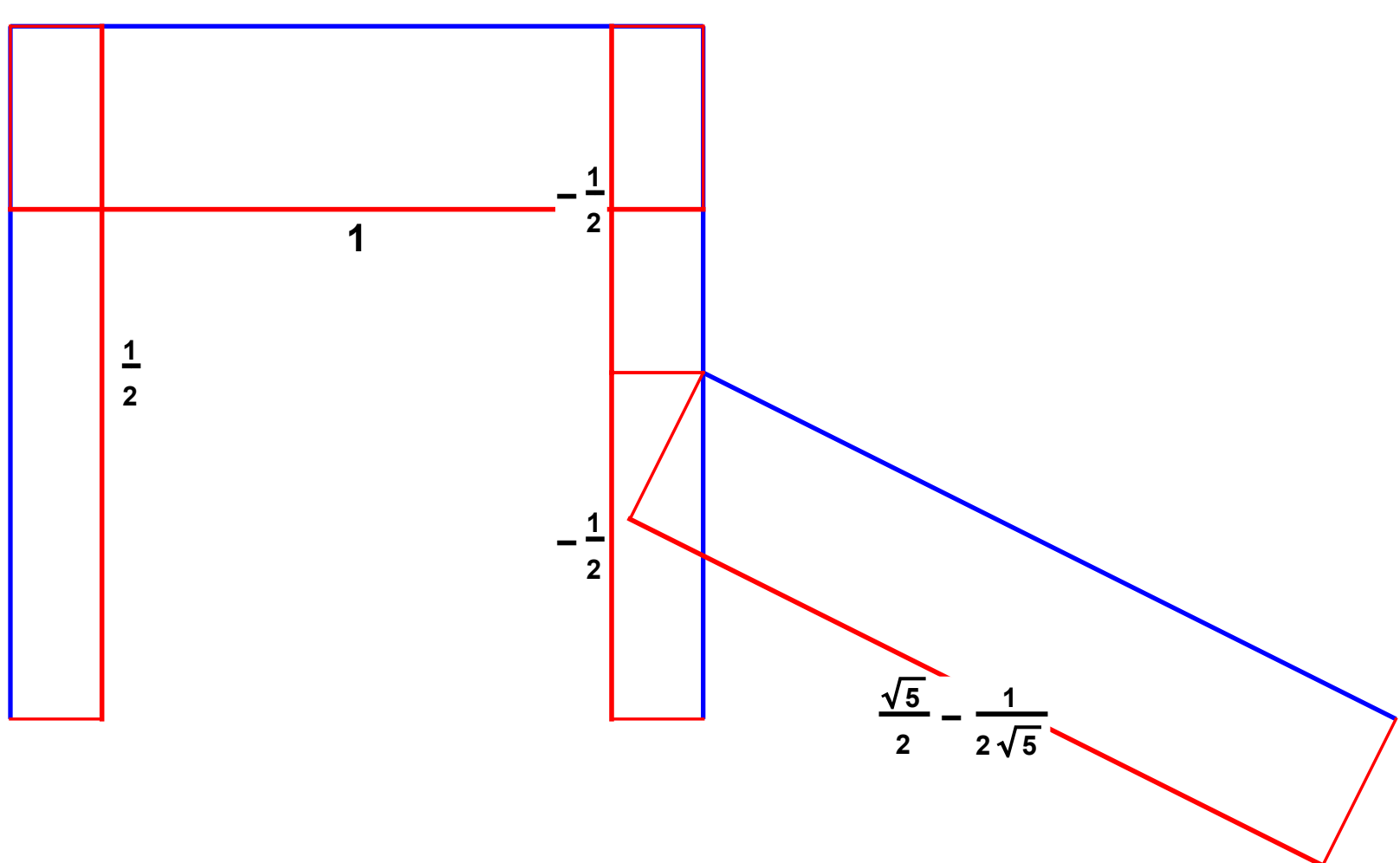
Układ zastępczy:



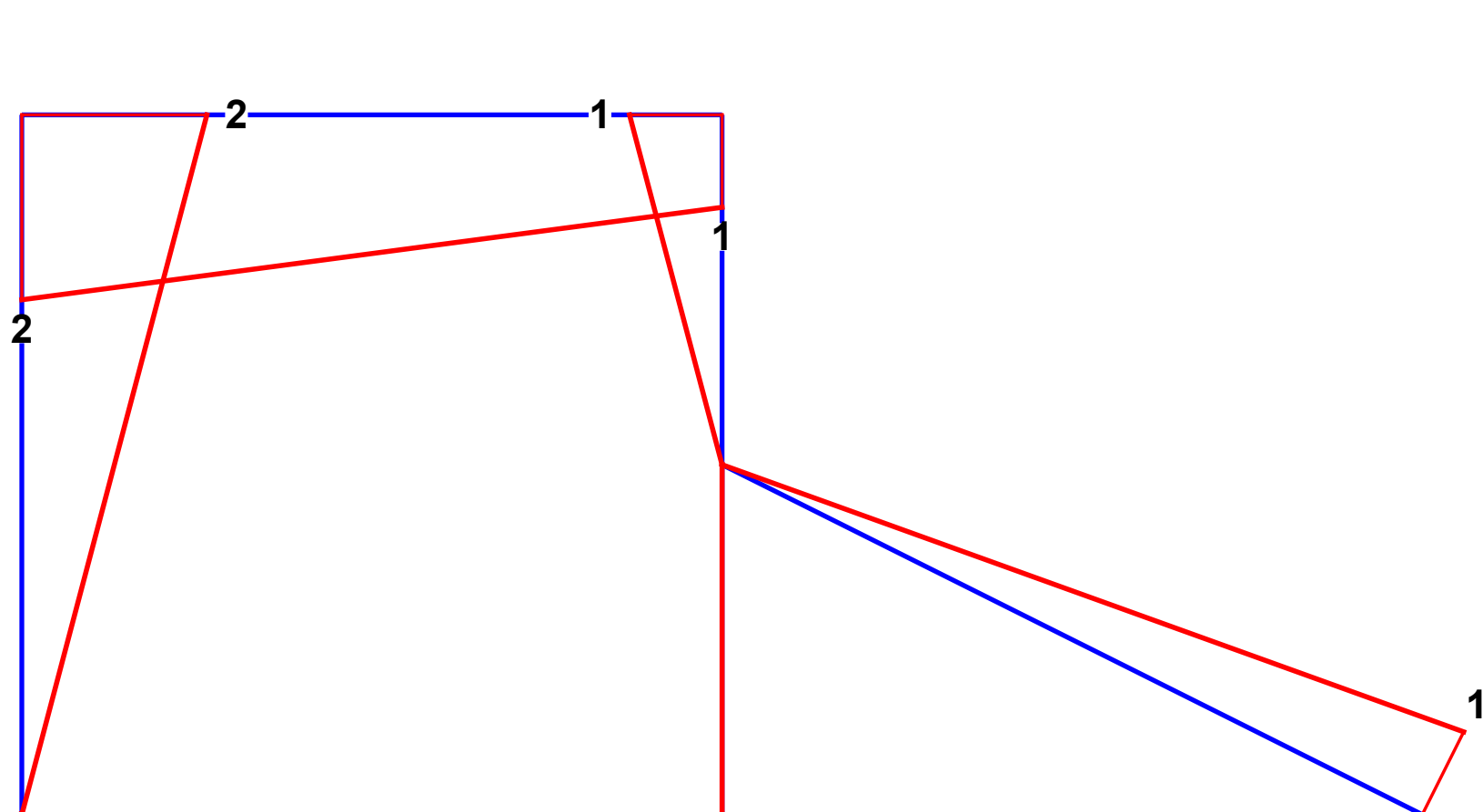
Wykresy sił wewnętrznych od jednostkowych sił nadliczbowych:

- od siły X₁ = 1:

N₁[1]:

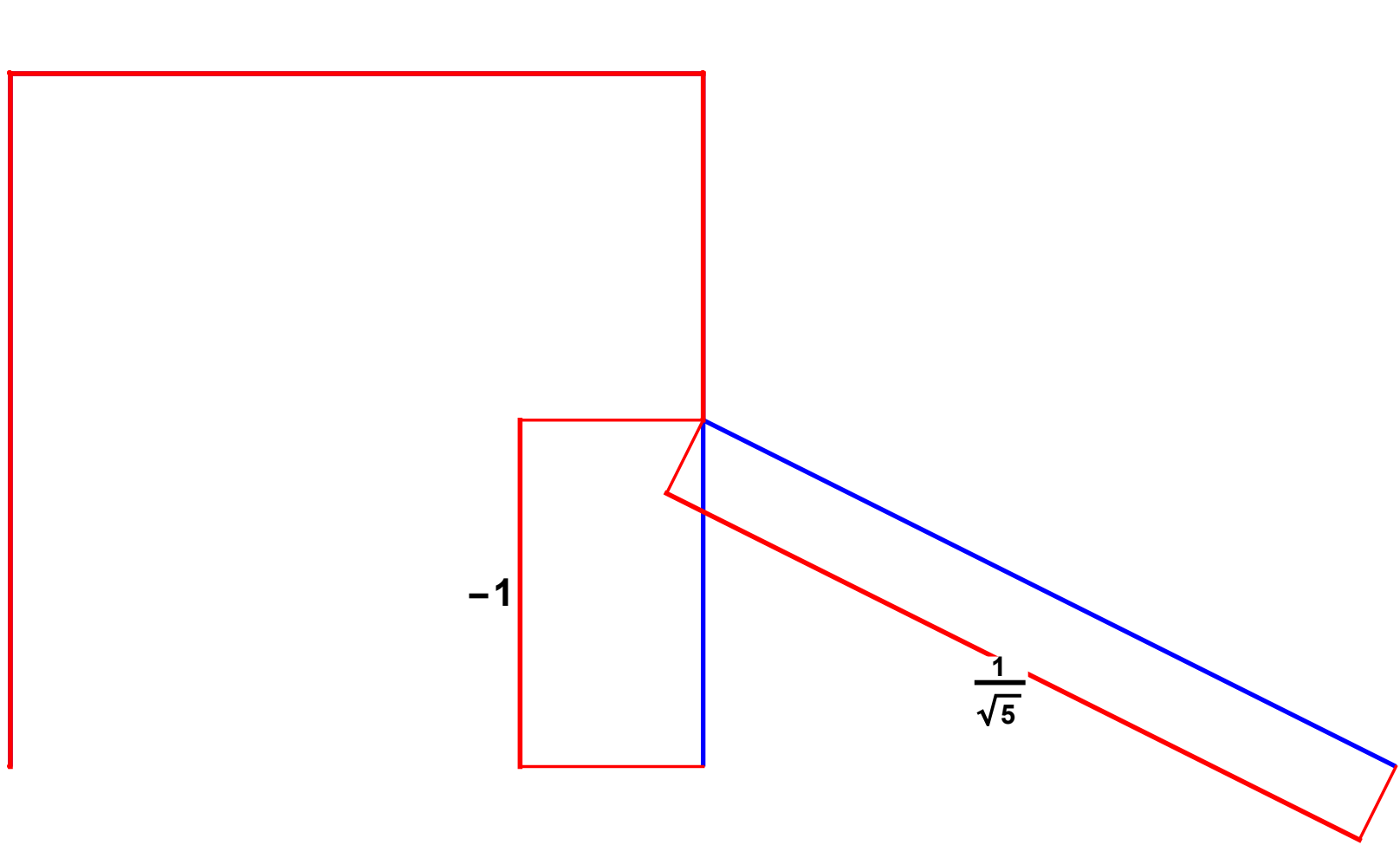


M₁[1]:

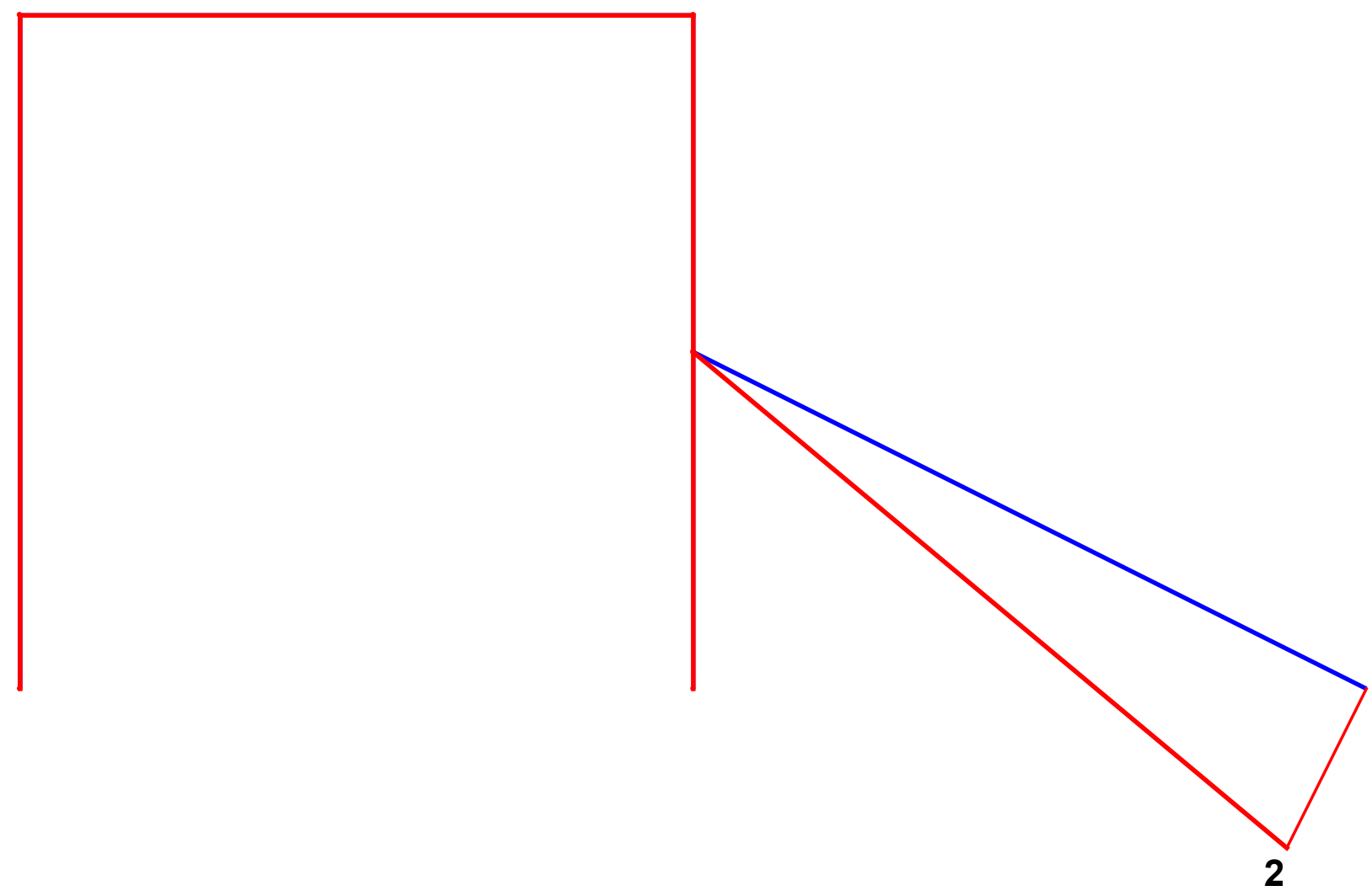


- od siły X₂ = 1:

N₂[1]:



M₂[1]:



Przemieszczenia od przemieszczeń podpór:

$$\delta_{10}^{\Delta} = 0$$

$$\delta_{20}^{\Delta} = -1 \cdot \Delta = -\Delta$$

Przemieszczenia od jednostkowych sił nadliczbowych:

$$\delta_{11} = \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 21 \cdot 21 \right) \left(\frac{2}{3} \cdot 21 \right) \right] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 21 \cdot 21 \right) \left(\frac{2}{3} \cdot 21 + \frac{1}{3} \cdot 1 \right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 21 \right) \left(\frac{1}{3} \cdot 21 + \frac{2}{3} \cdot 1 \right) \right] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1 \right) \left(\frac{2}{3} \cdot 1 \right) \right] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot \sqrt{5} \cdot 1 \right) \left(\frac{2}{3} \cdot 1 \right) \right] = 8.412 \frac{1^3}{EJ}$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 21 \cdot \sqrt{5} \cdot 1 \right) \left(\frac{2}{3} \cdot (-1) \right) \right] = -1.491 \frac{1^3}{EJ}$$

$$\delta_{22} = \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 21 \cdot \sqrt{5} \cdot 1 \right) \left(\frac{2}{3} \cdot 21 \right) \right] = 2.981 \frac{1^3}{EJ}$$

Równania nierozdzielności:

$$\begin{pmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} \\ \delta_{21} & \delta_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \delta_{10}^{\Delta} \\ \delta_{20}^{\Delta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \delta_1^{\Delta} \\ \delta_2^{\Delta} \end{pmatrix}$$

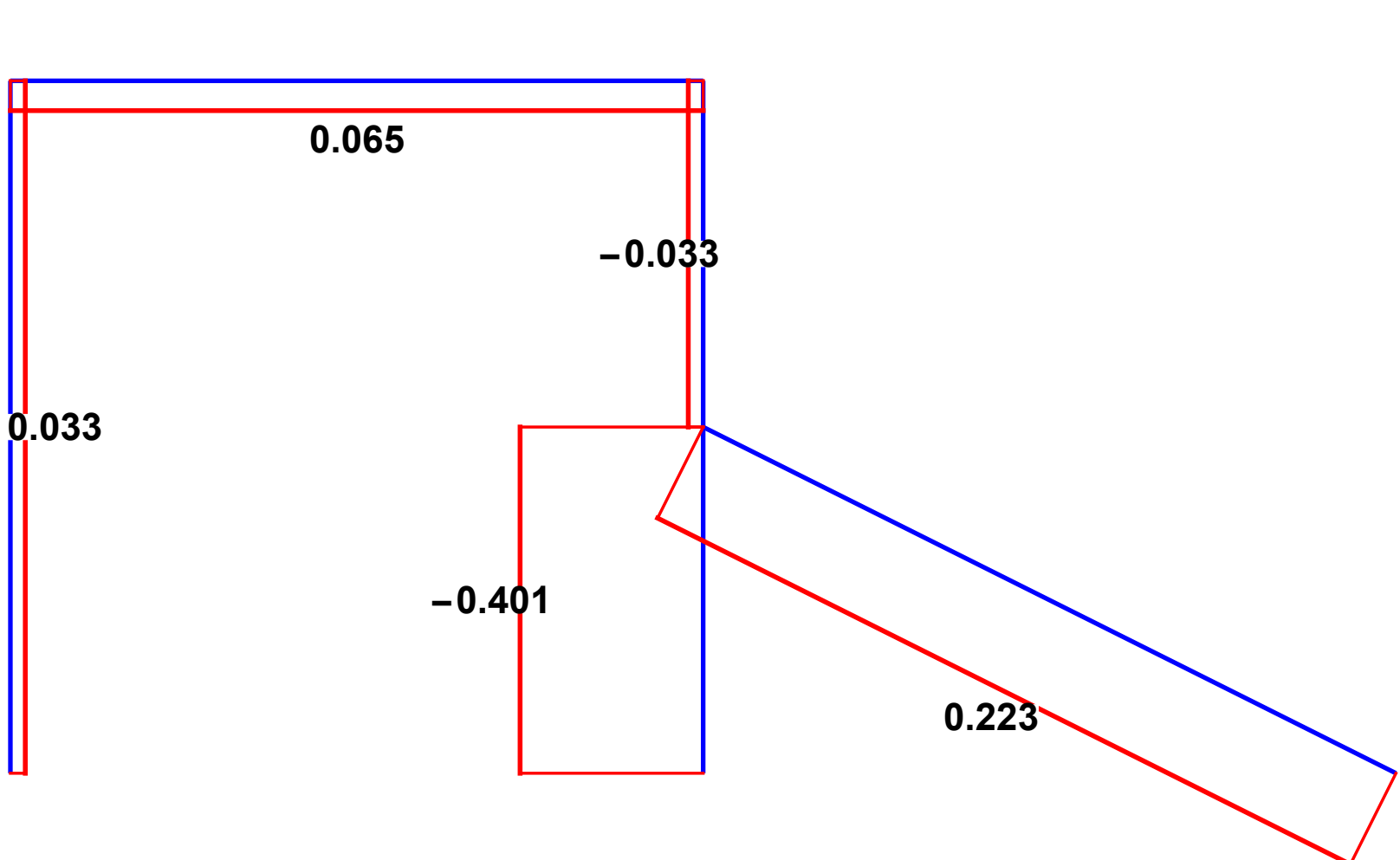
$$\begin{pmatrix} \frac{8.412 \cdot 1^3}{EJ} & -\frac{1.491 \cdot 1^3}{EJ} \\ -\frac{1.491 \cdot 1^3}{EJ} & \frac{2.981 \cdot 1^3}{EJ} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ -1.000 \Delta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Rozwiązanie metody sił:

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{0.065 \cdot EJ \cdot \Delta}{1^3} \\ \frac{0.368 \cdot EJ \cdot \Delta}{1^3} \end{pmatrix}$$

Wykresy sił wewnętrznych:

N [$\frac{EJ \cdot \Delta}{1^3}$]:



M [$\frac{EJ \cdot \Delta}{1^2}$]:

