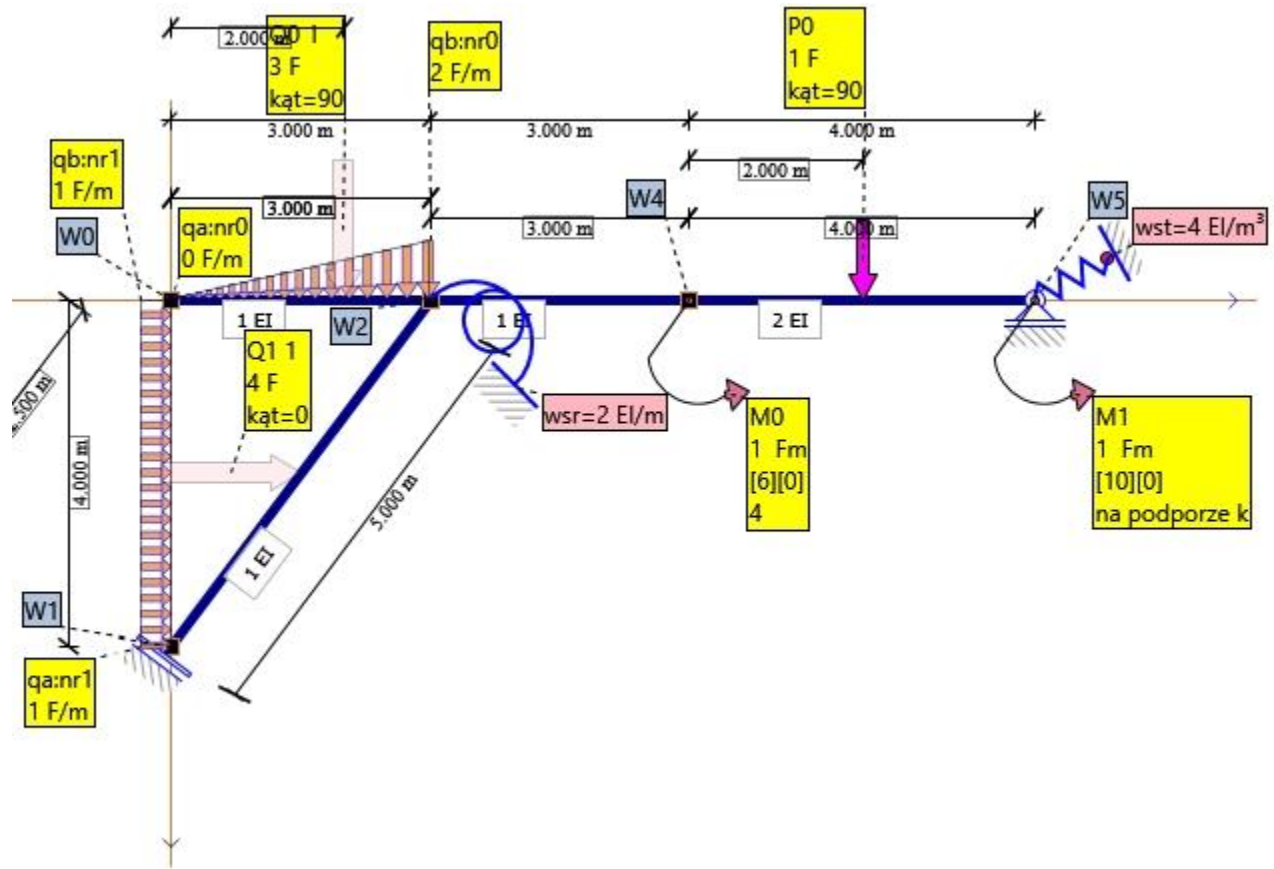




1. Metor

Dla danego układu wyznaczyć MTN metodą przemieszczeń



Rys. Schemat układu

Współrzędne węzłów:

węzeł 0 $x=[0.000][m]$, $y=[0.000][m]$

węzeł 1 $x=[0.000][m]$, $y=[4.000][m]$

węzeł 2 $x=[3.000][m]$, $y=[0.000][m]$

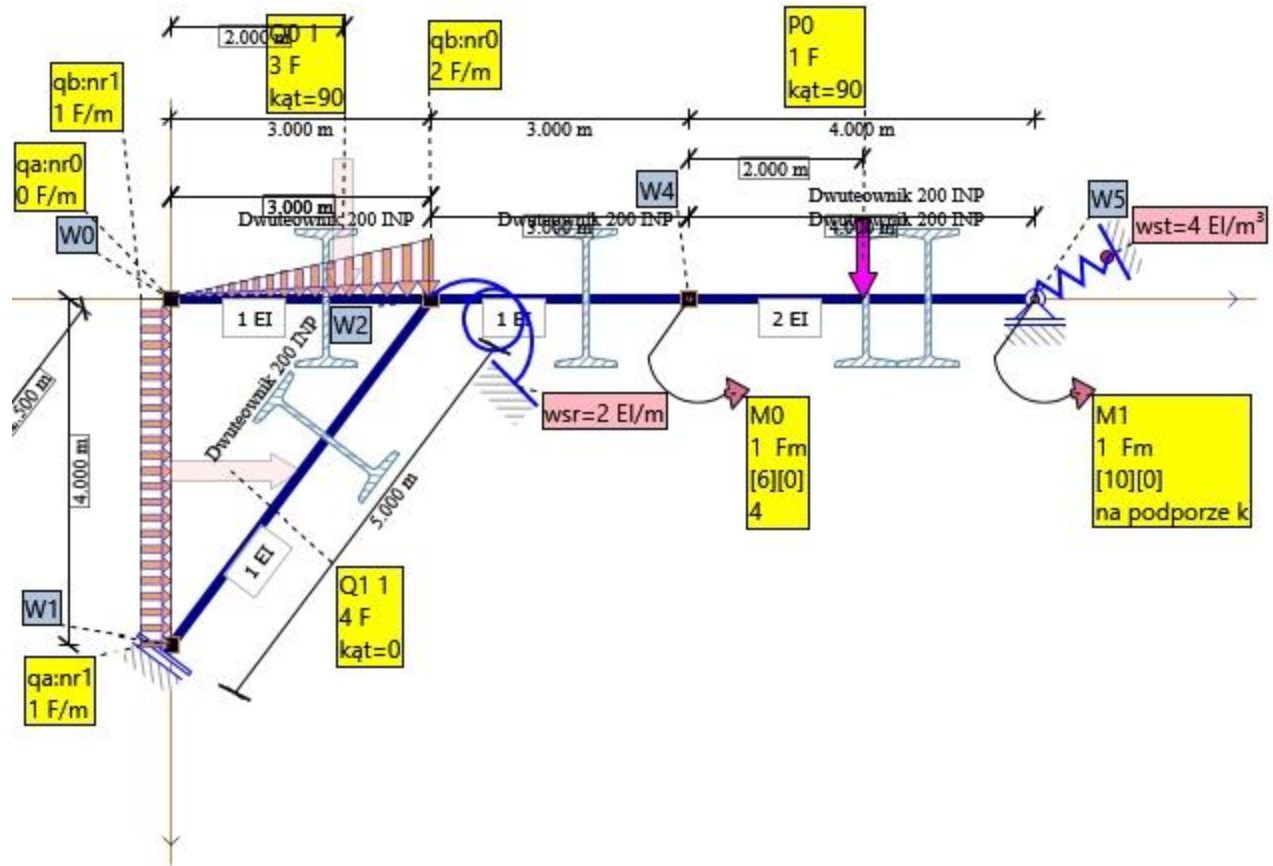
węzeł 4 $x=[6.000][m]$, $y=[0.000][m]$

węzeł 5 $x=[10.000][m]$, $y=[0.000][m]$

Przyjęto przekrój podstawowy: $I= 2140[cm^4]$ $E= 205[GPa]$

Globalne $EI= 4387[kNm^2]$

Globalne $EA= 684700[kN]$



Rys. Schemat układu Profile

2. Ustalenie stopnia kinematycznej niewyznaczalności układu SKN

Węzły o nieznanach obrotach:

$$\varphi = 2 = \text{węzły - podporowe - przeguby}$$

Przemieszczenia nieznanne:

$$\Delta = 4$$

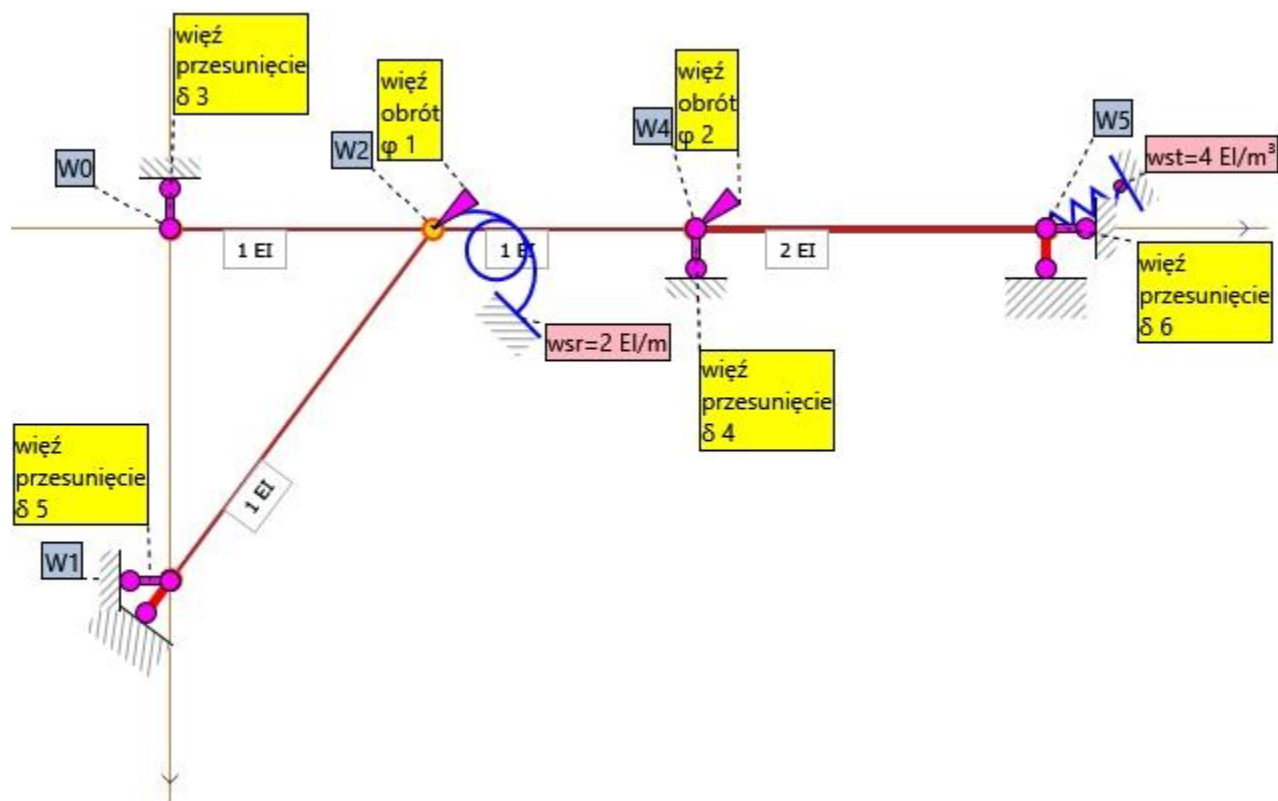
$$\text{SKN} = \varphi + \Delta = 6$$

Układ jest: 6 krotnie kinematycznie niewyznaczalny

3. Przyjęcie układu podstawowego

Układ równań kanonicznych

$$\begin{bmatrix} r_{1-1} & r_{1-2} & r_{1-3} & r_{1-4} & r_{1-5} & r_{1-6} \\ r_{2-1} & r_{2-2} & r_{2-3} & r_{2-4} & r_{2-5} & r_{2-6} \\ r_{3-1} & r_{3-2} & r_{3-3} & r_{3-4} & r_{3-5} & r_{3-6} \\ r_{4-1} & r_{4-2} & r_{4-3} & r_{4-4} & r_{4-5} & r_{4-6} \\ r_{5-1} & r_{5-2} & r_{5-3} & r_{5-4} & r_{5-5} & r_{5-6} \\ r_{6-1} & r_{6-2} & r_{6-3} & r_{6-4} & r_{6-5} & r_{6-6} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \varphi 1 \\ \varphi 2 \\ \delta 3 \\ \delta 4 \\ \delta 5 \\ \delta 6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \\ r_5 \\ r_6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$



Rys. Układ podstawowy metody przemieszczeń

4. Obliczenie zależności kątowych obrotu cięciw prętów układu potrzebnych do wyznaczenia macierzy sztywności dla stanu Stan $\delta 3 \Delta = 1$

Wybieram węzeł przesuwany 0

Z węzłem tym powiązany jest pręt 0-2

Przyjmuję przesuw cięciwy pręta o $\Delta = \bar{1}$

Jest to wektor prostopadły do cięciwy pręta.

Węzeł powiązany z tym prętem przesunie się wtedy o wartość jednostkową

Kąt obrotu cięciwy pręta wyniesie $\Psi = 0.3333 \frac{\bar{1}}{m}$

$$\psi_{0-2} = \frac{\Delta}{L} = \frac{\bar{1}}{3} = 0.3333 \frac{\bar{1}}{m}$$

Przyjęte przemieszczenie i kąt podstawiam do łańcuchów kinematycznych, jako wiadome

łańcuch obliczany: 2-1



$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{2-1} \cdot (0 - 3) = 0 \\ \rightarrow \Psi_{2-1} \cdot (0 - 4) = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{2-1} \cdot (-3) = 0 \\ \rightarrow \Psi_{2-1} \cdot (-4) = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{2-1} \cdot (-3) = 0 \\ \rightarrow \Psi_{2-1} \cdot (-4) = 0 \end{cases}$$

Po obliczeniu równania

$$\Psi_{2-1} = 0 \frac{\bar{1}}{m}$$

łańcuch obliczany: 2-4

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{2-4} \cdot (6 - 3) = 0 \\ \rightarrow \Psi_{2-4} \cdot (0 - 0) = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{2-4} \cdot 3 = 0 \\ \rightarrow \Psi_{2-4} \cdot 0 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{2-4} \cdot 3 = 0 \\ \rightarrow \Psi_{2-4} \cdot 0 = 0 \end{cases}$$

Po obliczeniu równania

$$\Psi_{2-4} = 0 \frac{\bar{1}}{m}$$

łańcuch obliczany: 4-5

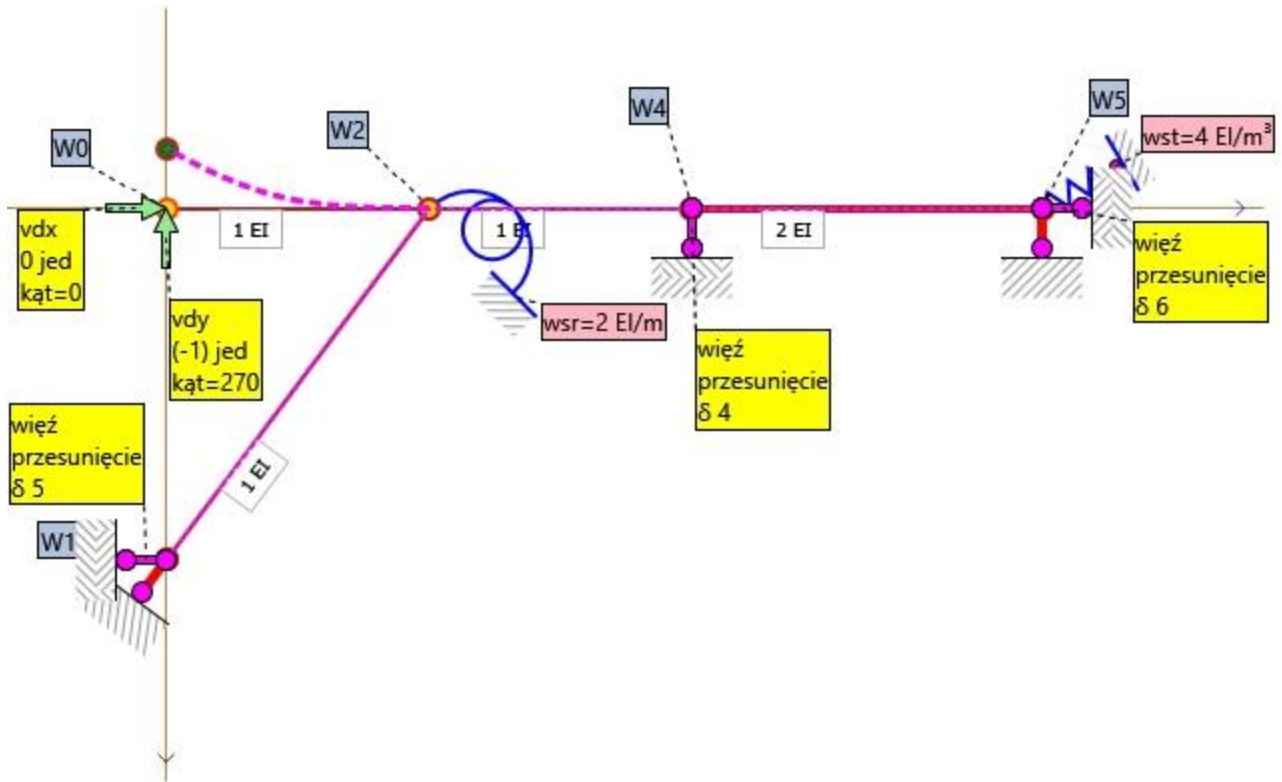
$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{4-5} \cdot (10 - 6) = 0 \\ \rightarrow \Psi_{4-5} \cdot (0 - 0) = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{4-5} \cdot 4 = 0 \\ \rightarrow \Psi_{4-5} \cdot 0 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{4-5} \cdot 4 = 0 \\ \rightarrow \Psi_{4-5} \cdot 0 = 0 \end{cases}$$

Po obliczeniu równania

$$\Psi_{4-5} = 0 \frac{\bar{1}}{m}$$

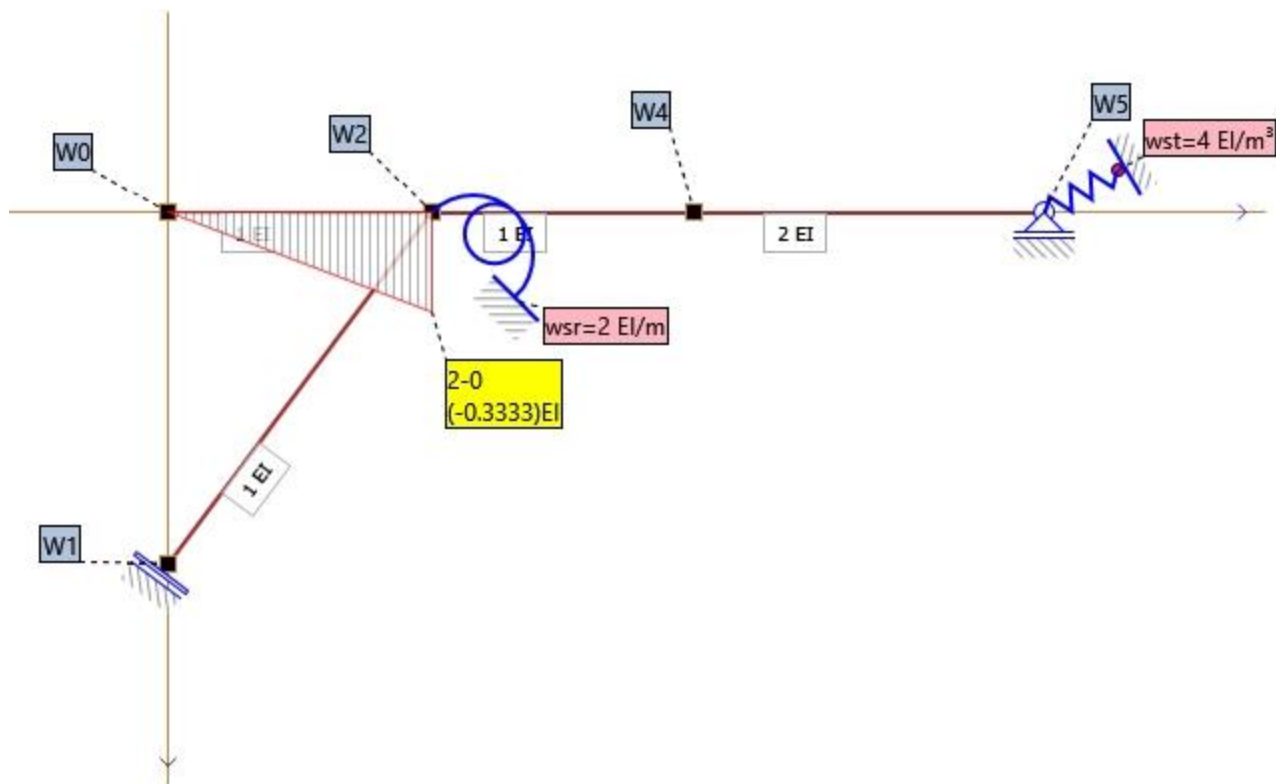


Rys. łańcuch kinematyczny Stan $\delta 3 \Delta=1$

5. Stan $\delta 3$

$$M_{0-2} = 0 \frac{EI}{m^2}$$

$$M_{2-0} = -\frac{\Delta_{0-2} \cdot 3 \cdot EI}{L^2} = -\frac{1 \cdot 3 \cdot 1}{9} = (-0.3333) \frac{EI}{m^2}$$



Rys. Stan δ_3

6. Obliczenie zależności kątowych obrotu cięciwy prętów układu potrzebnych do wyznaczenia macierzy sztywności dla stanu Stan $\delta_4 \Delta=1$

Wybieram węzeł przesuwany 4

Z węzłem tym powiązany jest pręt 4-5

Przyjmuję przesuw cięciwy pręta o $\Delta = \bar{1}$

Jest to wektor prostopadły do cięciwy pręta.

Węzeł powiązany z tym prętem przesunie się wtedy o wartość jednostkową

Kąt obrotu cięciwy pręta wyniesie $\Psi = 0.25 \frac{\bar{1}}{m}$

$$\psi_{4-5} = \frac{\Delta}{L} = \frac{\bar{1}}{4} = 0.25 \frac{\bar{1}}{m}$$

Przyjęte przemieszczenie i kąt podstawiam do łańcuchów kinematycznych, jako wiadome

łańcuch obliczany: 2-0

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{2-0} \cdot (0 - 3) = 0 \\ \rightarrow \Psi_{2-0} \cdot (0 - 0) = 0 \end{cases}$$



$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{2-0} \cdot (-3) = 0 \\ \rightarrow \Psi_{2-0} \cdot 0 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{2-0} \cdot (-3) = 0 \\ \rightarrow \Psi_{2-0} \cdot 0 = 0 \end{cases}$$

Po obliczeniu równania

$$\Psi_{2-0} = 0 \frac{\bar{1}}{m}$$

łańcuch obliczany: 2-1

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{2-1} \cdot (0 - 3) = 0 \\ \rightarrow \Psi_{2-1} \cdot (0 - 4) = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{2-1} \cdot (-3) = 0 \\ \rightarrow \Psi_{2-1} \cdot (-4) = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{2-1} \cdot (-3) = 0 \\ \rightarrow \Psi_{2-1} \cdot (-4) = 0 \end{cases}$$

Po obliczeniu równania

$$\Psi_{2-1} = 0 \frac{\bar{1}}{m}$$

łańcuch obliczany: 2-4 4-5

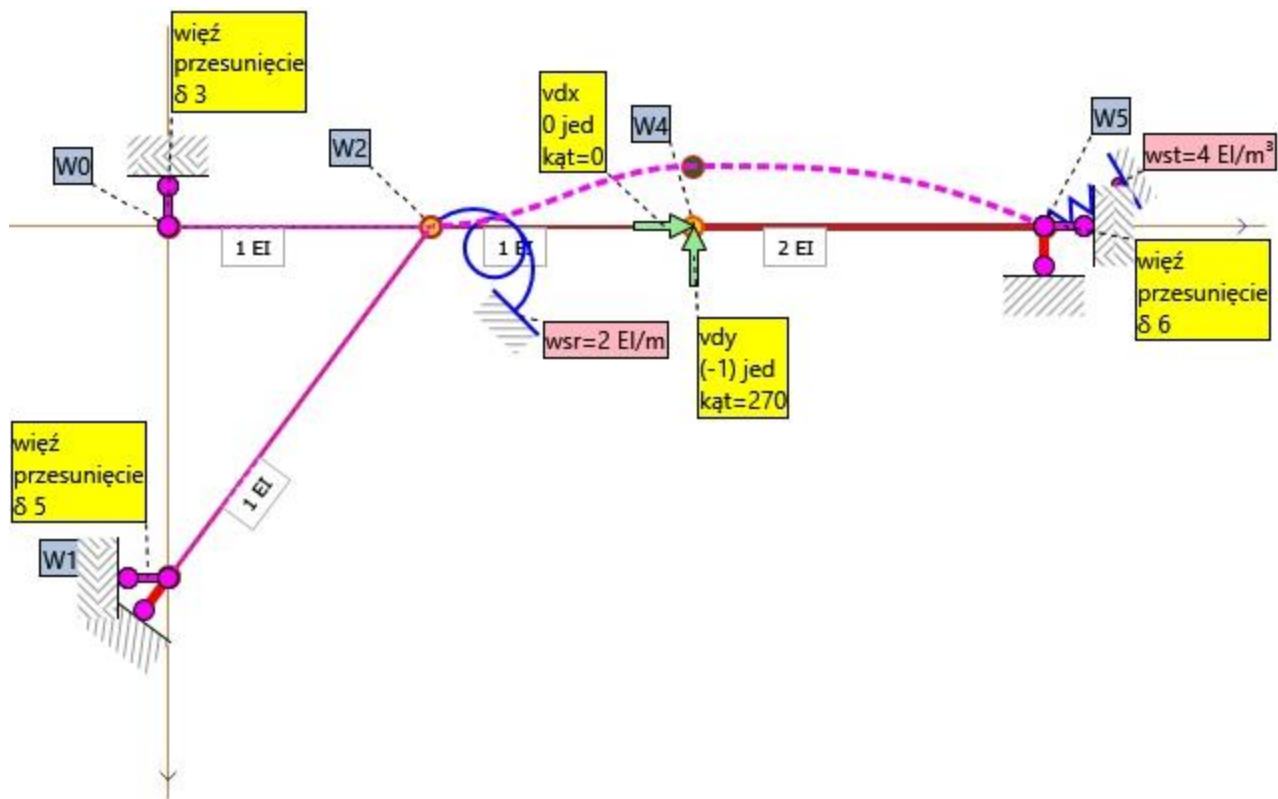
$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{2-4} \cdot (6 - 3) + (10 - 6) \cdot 0.25 = 0 \\ \rightarrow \Psi_{2-4} \cdot (0 - 0) = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{2-4} \cdot 3 + 4 \cdot 0.25 = 0 \\ \rightarrow \Psi_{2-4} \cdot 0 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{2-4} \cdot 3 + 1 = 0 \\ \rightarrow \Psi_{2-4} \cdot 0 = 0 \end{cases}$$

Po obliczeniu równania

$$\Psi_{2-4} = (-0.3333) \frac{\bar{1}}{m}$$



Rys. łańcuch kinematyczny Stan $\delta_4 \Delta=1$

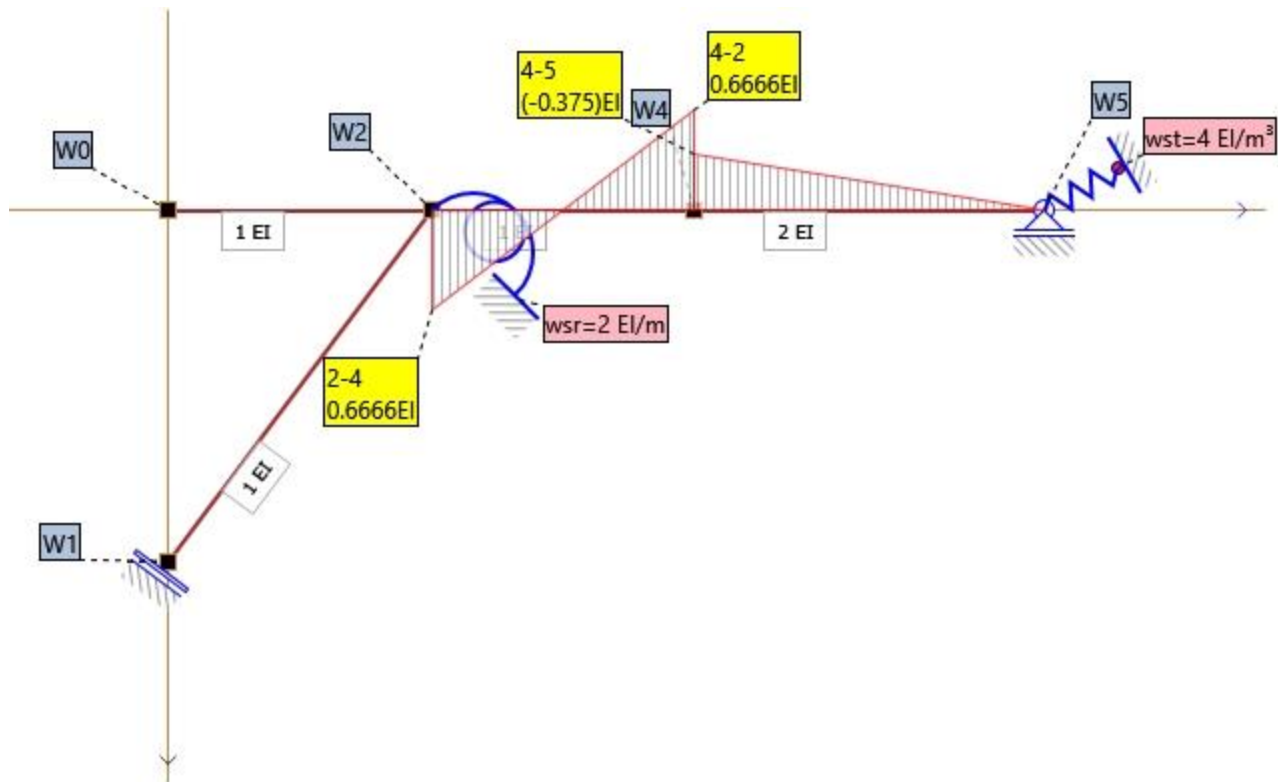
7. Stan δ_4

$$M_{2-4} = -\frac{\Delta_{2-4} \cdot 6 \cdot EI}{L^2} = -\frac{(-1) \cdot 6 \cdot 1}{9} = 0.6666 \frac{EI}{m^2}$$

$$M_{4-5} = -\frac{\Delta_{4-5} \cdot 3 \cdot EI}{L^2} = -\frac{1 \cdot 3 \cdot 2}{16} = (-0.375) \frac{EI}{m^2}$$

$$M_{4-2} = -\frac{\Delta_{2-4} \cdot 6 \cdot EI}{L^2} = -\frac{(-1) \cdot 6 \cdot 1}{9} = 0.6666 \frac{EI}{m^2}$$

$$M_{5-4} = 0 \frac{EI}{m^2}$$



Rys. Stan δ_4

8. Obliczenie zależności kątowych obrotu cięćw prętów układu potrzebnych do wyznaczenia macierzy sztywności dla stanu Stan $\delta_5 \Delta=1$

Wybieram węzeł przesuwany 1

Węzeł przemieści się wtedy o $dx= 0.800$ $dz= 0.600$

$$dx = -\Delta \cdot \sin\beta = -0.8 \cdot (-0.8) = 0.8$$

$$dz = -\Delta \cdot \cos\beta = -0.8 \cdot 0.6 = 0.6$$

Przyjęte przemieszczenie i kąt podstawiam do łańcuchów kinematycznych, jako wiadome

łańcuch obliczany: 2-0

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{2-0} \cdot (0 - 3) = 0 \\ \rightarrow \Psi_{2-0} \cdot (0 - 0) = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{2-0} \cdot (-3) = 0 \\ \rightarrow \Psi_{2-0} \cdot 0 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{2-0} \cdot (-3) = 0 \\ \rightarrow \Psi_{2-0} \cdot 0 = 0 \end{cases}$$

Po obliczeniu równania



$$\Psi_{2-0} = 0 \frac{\bar{1}}{m}$$

łańcuch obliczany: 2-1

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{2-1} \cdot (0 - 3) = 0.6 \\ \rightarrow \Psi_{2-1} \cdot (0 - 4) = 0.8 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{2-1} \cdot (-3) = 0.6 \\ \rightarrow \Psi_{2-1} \cdot (-4) = 0.8 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{2-1} \cdot (-3) = 0.6 \\ \rightarrow \Psi_{2-1} \cdot (-4) = 0.8 \end{cases}$$

Po obliczeniu równania

$$\Psi_{2-1} = (-0.2) \frac{\bar{1}}{m}$$

łańcuch obliczany: 2-4

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{2-4} \cdot (6 - 3) = 0 \\ \rightarrow \Psi_{2-4} \cdot (0 - 0) = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{2-4} \cdot 3 = 0 \\ \rightarrow \Psi_{2-4} \cdot 0 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{2-4} \cdot 3 = 0 \\ \rightarrow \Psi_{2-4} \cdot 0 = 0 \end{cases}$$

Po obliczeniu równania

$$\Psi_{2-4} = 0 \frac{\bar{1}}{m}$$

łańcuch obliczany: 4-5

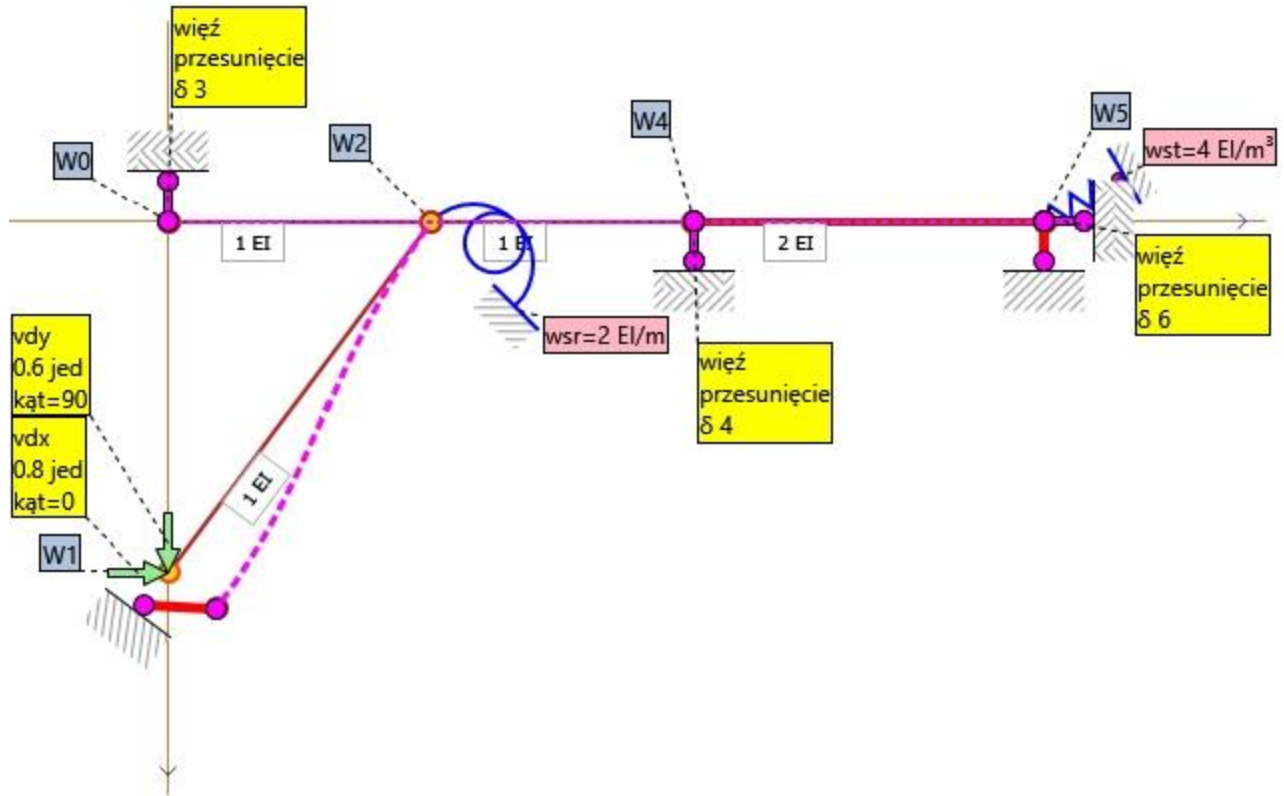
$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{4-5} \cdot (10 - 6) = 0 \\ \rightarrow \Psi_{4-5} \cdot (0 - 0) = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{4-5} \cdot 4 = 0 \\ \rightarrow \Psi_{4-5} \cdot 0 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{4-5} \cdot 4 = 0 \\ \rightarrow \Psi_{4-5} \cdot 0 = 0 \end{cases}$$

Po obliczeniu równania

$$\Psi_{4-5} = 0 \frac{\bar{1}}{m}$$

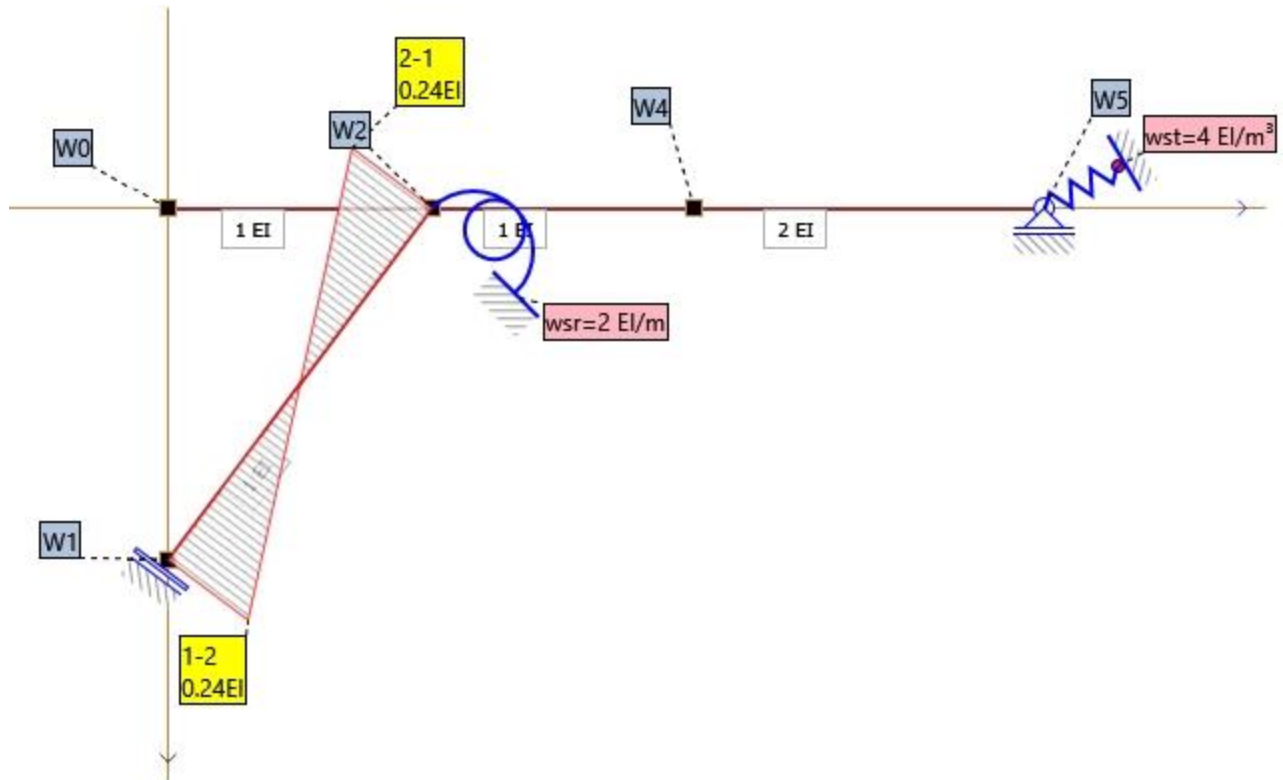


Rys. łańcuch kinematyczny Stan $\delta_5 \Delta=1$

9. Stan δ_5

$$M_{1-2} = -\frac{\Delta_{1-2} \cdot 6 \cdot EI}{L^2} = -\frac{(-1) \cdot 6 \cdot 1}{25} = 0.24 \frac{EI}{m^2}$$

$$M_{2-1} = -\frac{\Delta_{1-2} \cdot 6 \cdot EI}{L^2} = -\frac{(-1) \cdot 6 \cdot 1}{25} = 0.24 \frac{EI}{m^2}$$

Rys. Stan δ_5

10. Obliczenie zależności kątowych obrotu cięć prętów układu potrzebnych do wyznaczenia macierzy sztywności dla stanu Stan $\delta_6 \Delta=1$

Wybieram węzeł przesuwany 5

Węzeł przemieści się wtedy o $dx=1.000$ $dz=0.000$

$$dx = -\Delta \cdot \sin\beta = -1 \cdot (-1) = 1$$

$$dz = -\Delta \cdot \cos\beta = -1 \cdot 0 = 0$$

Przyjęte przemieszczenie i kąt podstawiam do łańcuchów kinematycznych, jako wiadome

łańcuch obliczany: 5-4

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{5-4} \cdot (6 - 10) = (0) \\ \rightarrow \Psi_{5-4} \cdot (0 - 0) = (0) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{5-4} \cdot (-4) = (0) \\ \rightarrow \Psi_{5-4} \cdot 0 = (0) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{5-4} \cdot (-4) = (0) \\ \rightarrow \Psi_{5-4} \cdot 0 = (0) \end{cases}$$

Po obliczeniu równania



$$\Psi_{5-4} = 0 \frac{\bar{1}}{m}$$

łańcuch obliczany: 1-2 2-4 4-5

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{1-2} \cdot (3 - 0) + \Psi_{2-4} \cdot (6 - 3) = 0 \\ \rightarrow \Psi_{1-2} \cdot (4 - 0) + \Psi_{2-4} \cdot (0 - 0) = 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{1-2} \cdot 3 + \Psi_{2-4} \cdot 3 = 0 \\ \rightarrow \Psi_{1-2} \cdot 4 + \Psi_{2-4} \cdot 0 = 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{1-2} \cdot 3 + \Psi_{2-4} \cdot 3 = 0 \\ \rightarrow \Psi_{1-2} \cdot 4 + \Psi_{2-4} \cdot 0 = 1 \end{cases}$$

Po obliczeniu równania

$$\Psi_{1-2} = 0.25 \frac{\bar{1}}{m}$$

$$\Psi_{2-4} = (-0.25) \frac{\bar{1}}{m}$$

łańcuch obliczany: 0-2 2-1

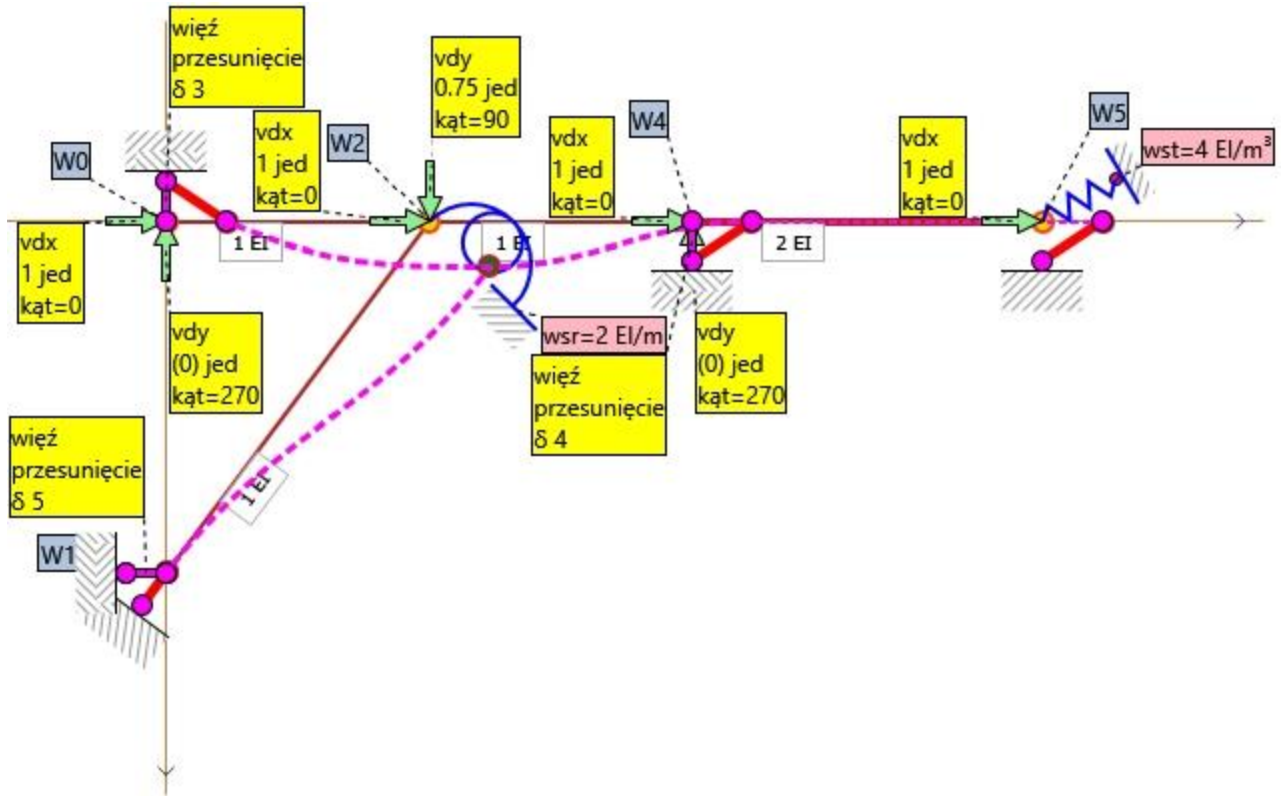
$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{0-2} \cdot (3 - 0) + (0 - 3) \cdot 0.25 = 0 \\ \rightarrow \Psi_{0-2} \cdot (0 - 0) + (0 - 4) \cdot 0.25 = (-1.0000009) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{0-2} \cdot 3 + (-3) \cdot 0.25 = 0 \\ \rightarrow \Psi_{0-2} \cdot 0 + (-4) \cdot 0.25 = (-1.0000009) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \downarrow \Psi_{0-2} \cdot 3 + (-0.75) = 0 \\ \rightarrow \Psi_{0-2} \cdot 0 + (-1) = (-1.0000009) \end{cases}$$

Po obliczeniu równania

$$\Psi_{0-2} = 0.25 \frac{\bar{1}}{m}$$

Rys. łańcuch kinematyczny Stan $\delta 6 \Delta=1$ 11. Stan $\delta 6$

$$M_{0-2} = 0 \frac{EI}{m^2}$$

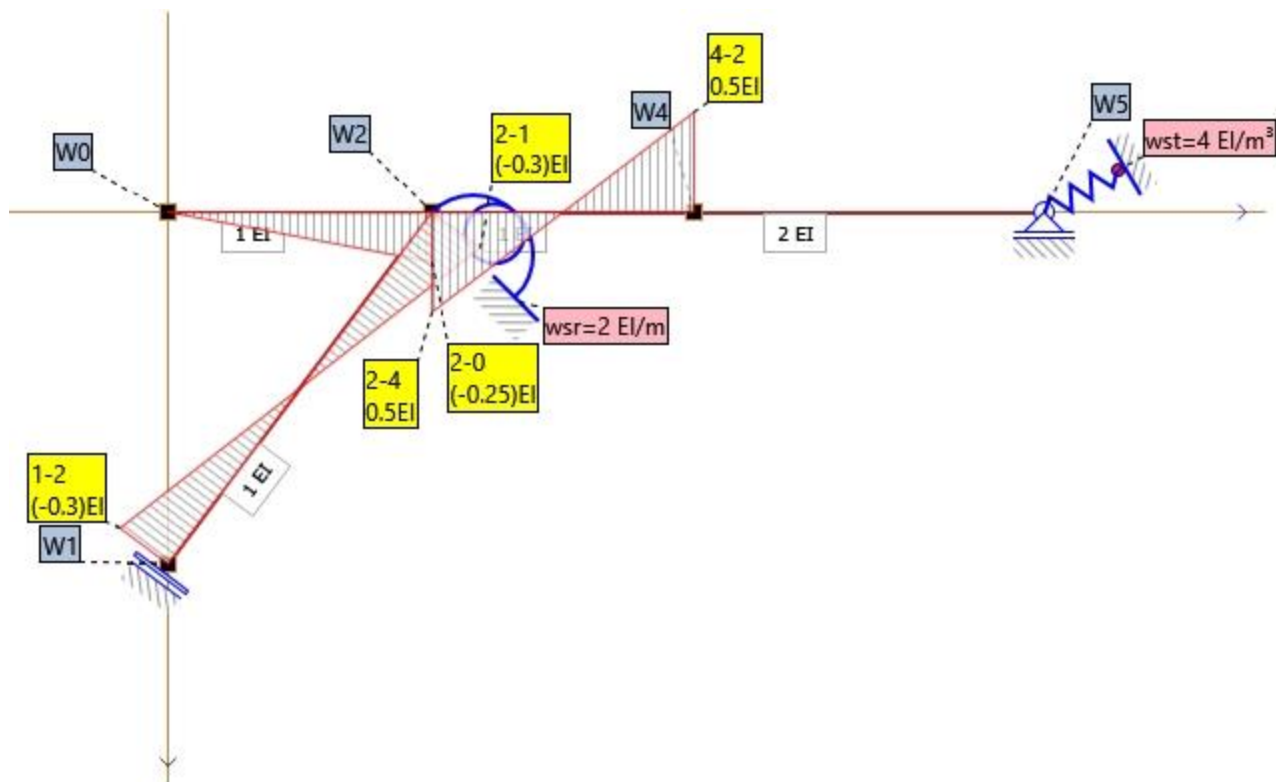
$$M_{1-2} = -\frac{\Delta_{1-2} \cdot 6 \cdot EI}{L^2} = -\frac{1.25 \cdot 6 \cdot 1}{25} = (-0.3) \frac{EI}{m^2}$$

$$M_{2-4} = -\frac{\Delta_{2-4} \cdot 6 \cdot EI}{L^2} = -\frac{(-0.75) \cdot 6 \cdot 1}{9} = 0.5 \frac{EI}{m^2}$$

$$M_{2-0} = -\frac{\Delta_{0-2} \cdot 3 \cdot EI}{L^2} = -\frac{0.75 \cdot 3 \cdot 1}{9} = (-0.25) \frac{EI}{m^2}$$

$$M_{2-1} = -\frac{\Delta_{1-2} \cdot 6 \cdot EI}{L^2} = -\frac{1.25 \cdot 6 \cdot 1}{25} = (-0.3) \frac{EI}{m^2}$$

$$M_{4-2} = -\frac{\Delta_{2-4} \cdot 6 \cdot EI}{L^2} = -\frac{(-0.75) \cdot 6 \cdot 1}{9} = 0.5 \frac{EI}{m^2}$$

Rys. Stan δ_6 12. Stan ϕ_1

$$M_{2-0} = 0 \frac{EI}{m}$$

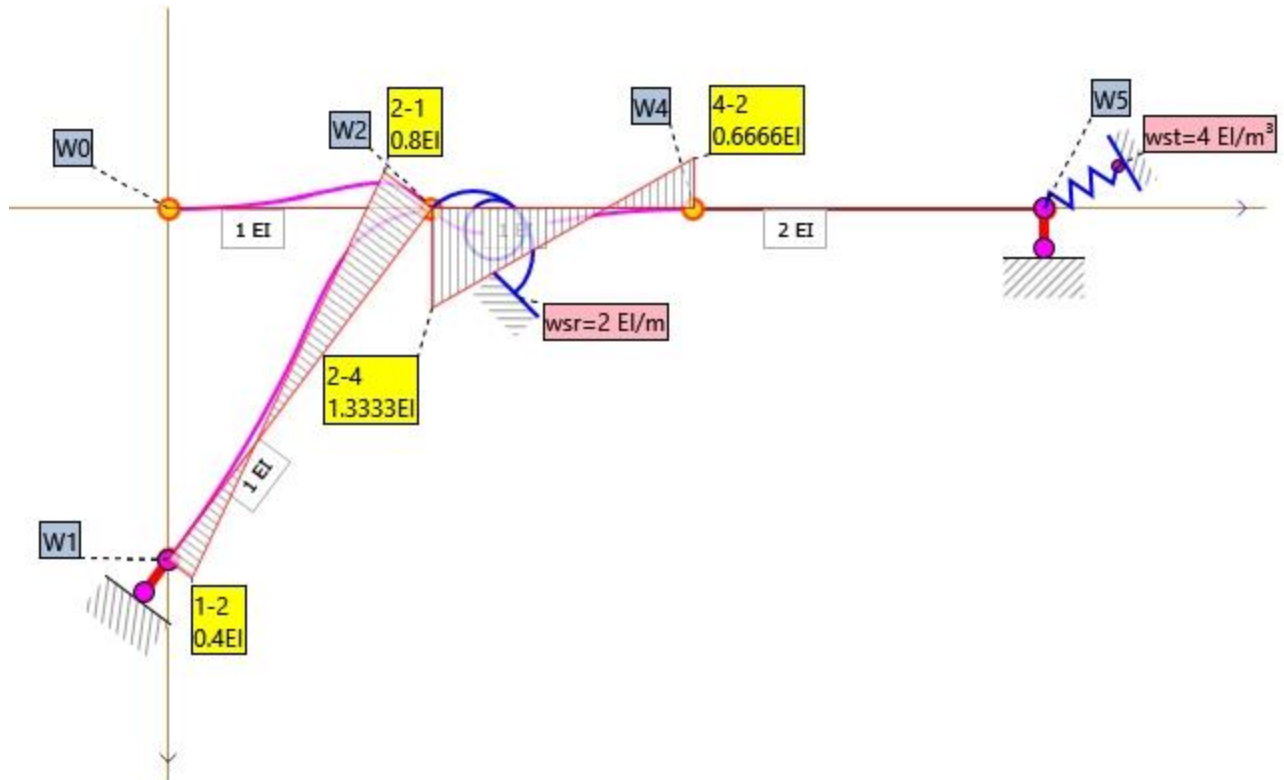
$$M_{2-1} = \frac{4 \cdot EI}{L} = \frac{4 \cdot 1}{5} = 0.8 \frac{EI}{m}$$

$$M_{2-4} = \frac{4 \cdot EI}{L} = \frac{4 \cdot 1}{3} = 1.3333 \frac{EI}{m}$$

$$M_{0-2} = 0 \frac{EI}{m}$$

$$M_{1-2} = \frac{2 \cdot EI}{L} = \frac{2 \cdot 1}{5} = 0.4 \frac{EI}{m}$$

$$M_{4-2} = \frac{2 \cdot EI}{L} = \frac{2 \cdot 1}{3} = 0.6666 \frac{EI}{m}$$



Rys. Stan $\phi 1$

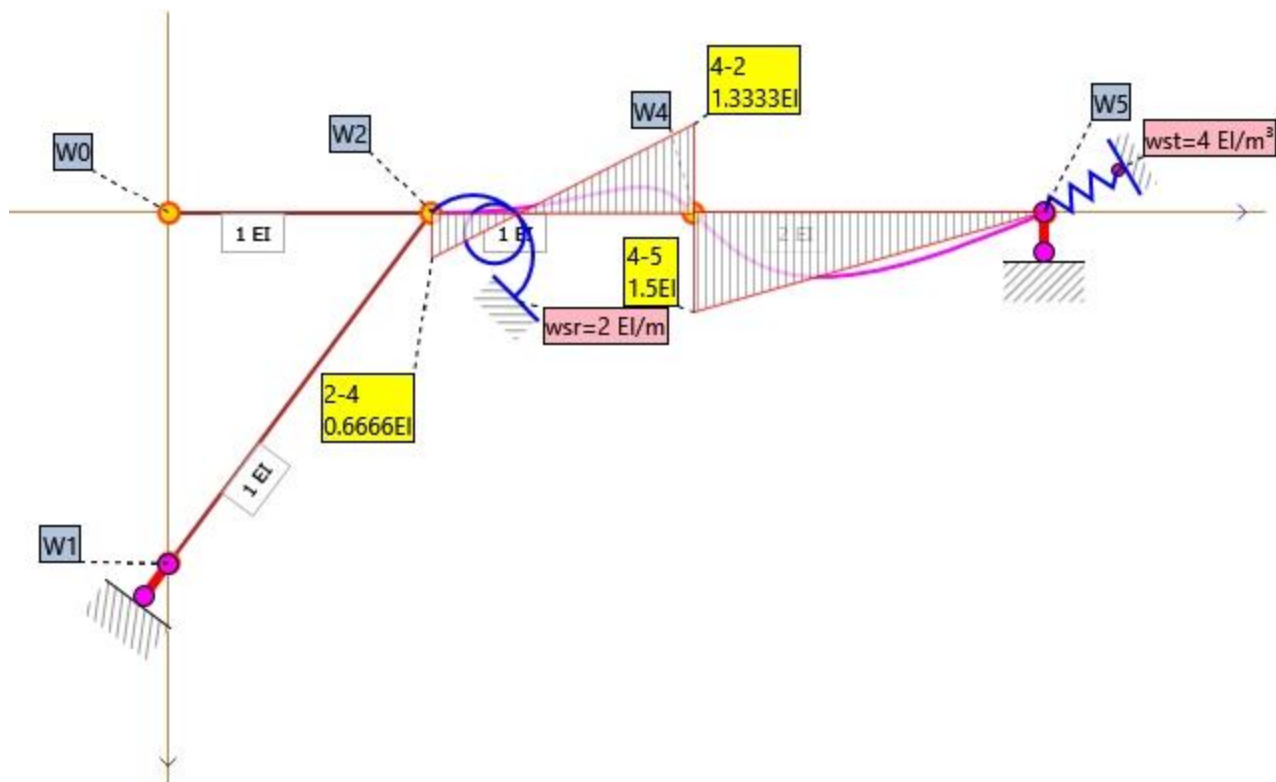
13. Stan $\phi 2$

$$M_{4-2} = \frac{4 \cdot EI}{L} = \frac{4 \cdot 1}{3} = 1.3333 \frac{EI}{m}$$

$$M_{4-5} = \frac{3 \cdot EI}{L} = \frac{3 \cdot 2}{4} = 1.5 \frac{EI}{m}$$

$$M_{2-4} = \frac{2 \cdot EI}{L} = \frac{2 \cdot 1}{3} = 0.6666 \frac{EI}{m}$$

$$M_{5-4} = 0 \frac{EI}{m}$$



Rys. Stan ϕ_2

14. Stan P - obciążenie mpq

q pręt = 0-2

$$M_{0-2} = 0 \text{ Fm}$$

$$M_{2-0} = 3 \cdot 1 = 3 \text{ Fm}$$

q pręt = 1-2

$$M_{1-2} = -\frac{0.64 \cdot 5}{12 \cdot 5^2} \left((4 \cdot 5^2 - 5^2)(2 \cdot 2.5 - 2.5) - 4(2 \cdot 2.5^3 - 2.5^3) \right) = (-1.3333) \text{ Fm}$$

$$M_{2-1} = \frac{0.64 \cdot 5}{12 \cdot 5^2} \left((4 \cdot 5^2 - 5^2)(2 \cdot 2.5 - 2.5) - 4(2 \cdot 2.5^3 - 2.5^3) \right) = 1.3333 \text{ Fm}$$

M pręt = 4-5

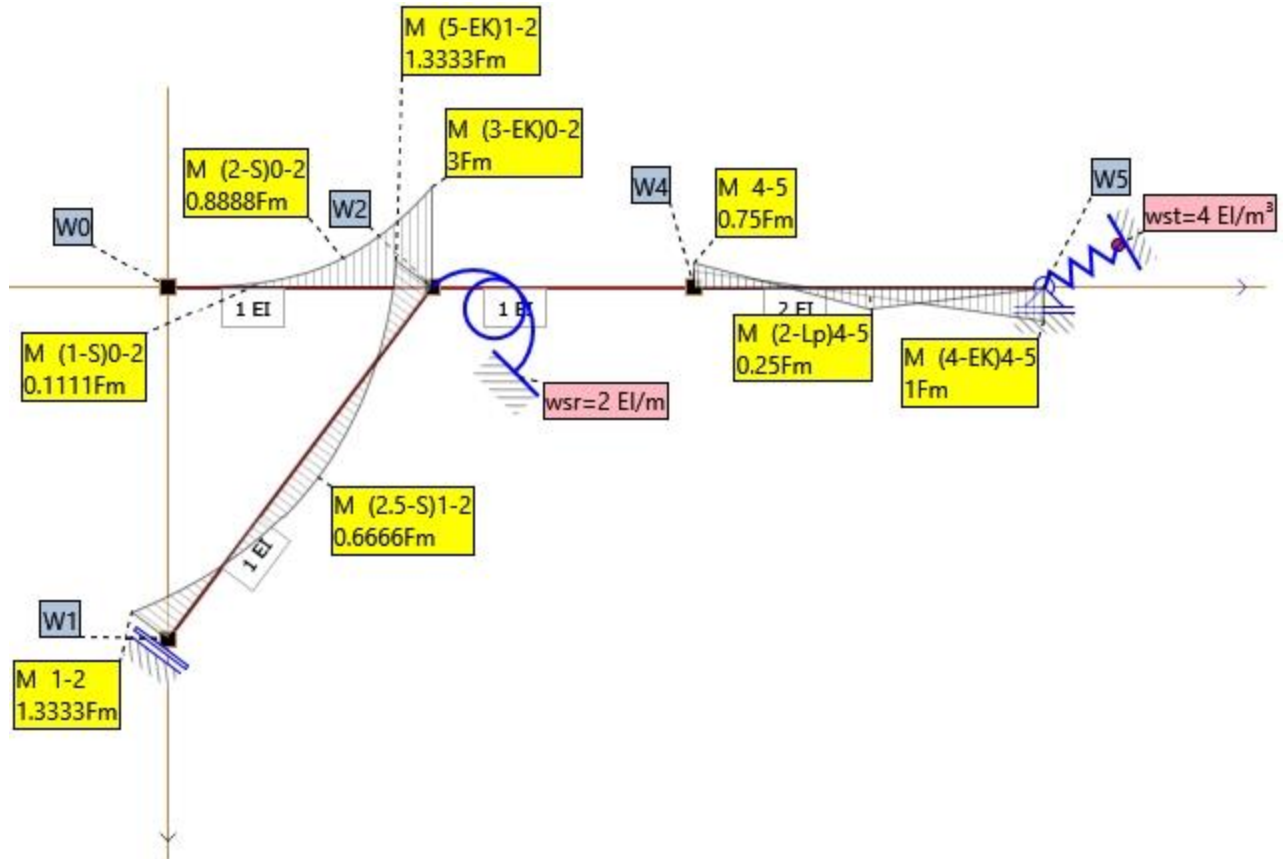
$$M_{4-5} = \frac{(-1)}{2} = (-0.5) \text{ Fm}$$

$$M_{5-4} = (-1) \text{ Fm}$$

P pręt = 4-5

$$M_{4-5} = -\frac{1 \cdot 2 \cdot 2}{2 \cdot 4^2} (4 + 2) = (-0.75) \text{ Fm}$$

$$M_{5-4} = 0 \text{ Fm}$$



Rys. Stan P

15. Współczynniki Macierzy Sztywności i Wyrazów Wolnych

$$r_{1-1} = \sum_j M_{1-j}^1 + k_1^\varphi$$

$$r_{1-1} = 0 \frac{EI}{m} + 0.8 \frac{EI}{m} + 1.3333 \frac{EI}{m} + 2 \frac{EI}{m} = 4.1333 \frac{EI}{m}$$

$$r_{1-3} = \sum_j M_{1-j}^3$$

$$r_{1-3} = (-0.3333) \frac{EI}{m^2} = (-0.3333) \frac{EI}{m^2}$$

$$r_{1-4} = \sum_j M_{1-j}^4$$

$$r_{1-4} = 0.6666 \frac{EI}{m^2} = 0.6666 \frac{EI}{m^2}$$

$$r_{1-5} = \sum_j M_{1-j}^5$$

$$r_{1-5} = 0.24 \frac{EI}{m^2} = 0.24 \frac{EI}{m^2}$$

$$r_{1-6} = \sum_j M_{1-j}^6$$

$$r_{1-6} = (-0.25) \frac{EI}{m^2} + (-0.3) \frac{EI}{m^2} + 0.5 \frac{EI}{m^2} = (-0.05) \frac{EI}{m^2}$$



$$r_{1-2} = M_{1-2}^2$$

$$r_{1-2} = 0.6666 \frac{EI}{m} = 0.6666 \frac{EI}{m}$$

$$r_{2-2} = \Sigma_j M_{2j}^2 + k_2^0$$

$$r_{2-2} = 1.3333 \frac{EI}{m} + 1.5 \frac{EI}{m} = 2.8333 \frac{EI}{m}$$

$$r_{2-3} = \Sigma_j M_{2-j}^3$$

$$r_{2-4} = \Sigma_j M_{2-j}^4$$

$$r_{2-4} = 0.6666 \frac{EI}{m^2} + (-0.375) \frac{EI}{m^2} = 0.2916 \frac{EI}{m^2}$$

$$r_{2-5} = \Sigma_j M_{2-j}^5$$

$$r_{2-6} = \Sigma_j M_{2-j}^6$$

$$r_{2-6} = 0.5 \frac{EI}{m^2} = 0.5 \frac{EI}{m^2}$$

$$r_{2-1} = M_{2-1}^1$$

$$r_{2-1} = 0.6666 \frac{EI}{m} = 0.6666 \frac{EI}{m}$$

$$r_{3-3} = -\Sigma_{ij} (M_{ij}^3 + M_{ji}^3) \cdot \Psi_{ij}^3 + \Sigma_s k_s^\delta \cdot \delta_s^3 \cdot \delta_s^3$$

$$r_{3-3} = -(0 + (-0.3333)) \cdot 0.3333 \frac{EI}{m^2} + 4 \cdot 0 \cdot 0 \frac{EI}{m^2} = 0.1111 \frac{EI}{m^2}$$

$$r_{3-4} = -\Sigma_{ij} (M_{ij}^4 + M_{ji}^4) \cdot \Psi_{ij}^3 + \Sigma_s k_s^\delta \cdot \delta_s^3 \cdot \delta_s^4$$

$$r_{3-4} = 4 \cdot 0 \cdot 0 \frac{EI}{m^3} = 0 \frac{EI}{m^3}$$

$$r_{3-5} = -\Sigma_{ij} (M_{ij}^5 + M_{ji}^5) \cdot \Psi_{ij}^3 + \Sigma_s k_s^\delta \cdot \delta_s^3 \cdot \delta_s^5$$

$$r_{3-5} = 4 \cdot 0 \cdot 0 \frac{EI}{m^3} = 0 \frac{EI}{m^3}$$

$$r_{3-6} = -\Sigma_{ij} (M_{ij}^6 + M_{ji}^6) \cdot \Psi_{ij}^3 + \Sigma_s k_s^\delta \cdot \delta_s^3 \cdot \delta_s^6$$

$$r_{3-6} = -(0 + (-0.25)) \cdot 0.3333 \frac{EI}{m^3} + 4 \cdot 0 \cdot (-0.8660) \frac{EI}{m^3} = 0.08333 \frac{EI}{m^3}$$

$$r_{3-1} = -\Sigma_{ij} (M_{ij}^1 + M_{ji}^1) \cdot \Psi_{ij}^3$$

$$r_{3-1} = -(0 + 0) \cdot 0.3333 \frac{EI}{m^2} - (0.4 + 0.8) \cdot 0 \frac{EI}{m^2} - (1.3333 + 0.6666) \cdot 0 \frac{EI}{m^2} = 0 \frac{EI}{m^2}$$

$$r_{3-2} = -\Sigma_{ij} (M_{ij}^2 + M_{ji}^2) \cdot \Psi_{ij}^3$$

$$r_{3-2} = -(0.6666 + 1.3333) \cdot 0 \frac{EI}{m^2} - (1.5 + 0) \cdot 0 \frac{EI}{m^2} = 0 \frac{EI}{m^2}$$

$$r_{4-4} = -\Sigma_{ij} (M_{ij}^4 + M_{ji}^4) \cdot \Psi_{ij}^4 + \Sigma_s k_s^\delta \cdot \delta_s^4 \cdot \delta_s^4$$



$$r_{4-4} = -(0.6666 + 0.6666) \cdot (-0.3333) \frac{EI}{m^2} - ((-0.375) + 0) \cdot 0.25 \frac{EI}{m^2} + 4 \cdot 0 \cdot 0 \frac{EI}{m^2} = 0.5381 \frac{EI}{m^2}$$

$$r_{4-3} = -\Sigma_{ij}(M_{ij}^3 + M_{ji}^3) \cdot \Psi_{ij}^4 + \Sigma_s k_s^\delta \cdot \delta_s^4 \cdot \delta_s^3$$

$$r_{4-3} = 4 \cdot 0 \cdot 0 \frac{EI}{m^3} = 0 \frac{EI}{m^3}$$

$$r_{4-5} = -\Sigma_{ij}(M_{ij}^5 + M_{ji}^5) \cdot \Psi_{ij}^4 + \Sigma_s k_s^\delta \cdot \delta_s^4 \cdot \delta_s^5$$

$$r_{4-5} = 4 \cdot 0 \cdot 0 \frac{EI}{m^3} = 0 \frac{EI}{m^3}$$

$$r_{4-6} = -\Sigma_{ij}(M_{ij}^6 + M_{ji}^6) \cdot \Psi_{ij}^4 + \Sigma_s k_s^\delta \cdot \delta_s^4 \cdot \delta_s^6$$

$$r_{4-6} = -(0.5 + 0.5) \cdot (-0.3333) \frac{EI}{m^3} + 4 \cdot 0 \cdot (-0.8660) \frac{EI}{m^3} = 0.3333 \frac{EI}{m^3}$$

$$r_{4-1} = -\Sigma_{ij}(M_{ij}^1 + M_{ji}^1) \cdot \Psi_{ij}^4$$

$$r_{4-1} = -(0 + 0) \cdot 0 \frac{EI}{m^2} - (0.4 + 0.8) \cdot 0 \frac{EI}{m^2} - (1.3333 + 0.6666) \cdot (-0.3333) \frac{EI}{m^2} = 0.6666 \frac{EI}{m^2}$$

$$r_{4-2} = -\Sigma_{ij}(M_{ij}^2 + M_{ji}^2) \cdot \Psi_{ij}^4$$

$$r_{4-2} = -(0.6666 + 1.3333) \cdot (-0.3333) \frac{EI}{m^2} - (1.5 + 0) \cdot 0.25 \frac{EI}{m^2} = 0.2916 \frac{EI}{m^2}$$

$$r_{5-5} = -\Sigma_{ij}(M_{ij}^5 + M_{ji}^5) \cdot \Psi_{ij}^5 + \Sigma_s k_s^\delta \cdot \delta_s^5 \cdot \delta_s^5$$

$$r_{5-5} = -(0.24 + 0.24) \cdot (-0.2) \frac{EI}{m^2} + 4 \cdot 0 \cdot 0 \frac{EI}{m^2} = 0.096 \frac{EI}{m^2}$$

$$r_{5-3} = -\Sigma_{ij}(M_{ij}^3 + M_{ji}^3) \cdot \Psi_{ij}^5 + \Sigma_s k_s^\delta \cdot \delta_s^5 \cdot \delta_s^3$$

$$r_{5-3} = 4 \cdot 0 \cdot 0 \frac{EI}{m^3} = 0 \frac{EI}{m^3}$$

$$r_{5-4} = -\Sigma_{ij}(M_{ij}^4 + M_{ji}^4) \cdot \Psi_{ij}^5 + \Sigma_s k_s^\delta \cdot \delta_s^5 \cdot \delta_s^4$$

$$r_{5-4} = 4 \cdot 0 \cdot 0 \frac{EI}{m^3} = 0 \frac{EI}{m^3}$$

$$r_{5-6} = -\Sigma_{ij}(M_{ij}^6 + M_{ji}^6) \cdot \Psi_{ij}^5 + \Sigma_s k_s^\delta \cdot \delta_s^5 \cdot \delta_s^6$$

$$r_{5-6} = -((-0.3) + (-0.3)) \cdot (-0.2) \frac{EI}{m^3} + 4 \cdot 0 \cdot (-0.8660) \frac{EI}{m^3} = (-0.12) \frac{EI}{m^3}$$

$$r_{5-1} = -\Sigma_{ij}(M_{ij}^1 + M_{ji}^1) \cdot \Psi_{ij}^5$$

$$r_{5-1} = -(0 + 0) \cdot 0 \frac{EI}{m^2} - (0.4 + 0.8) \cdot (-0.2) \frac{EI}{m^2} - (1.3333 + 0.6666) \cdot 0 \frac{EI}{m^2} = 0.24 \frac{EI}{m^2}$$

$$r_{5-2} = -\Sigma_{ij}(M_{ij}^2 + M_{ji}^2) \cdot \Psi_{ij}^5$$

$$r_{5-2} = -(0.6666 + 1.3333) \cdot 0 \frac{EI}{m^2} - (1.5 + 0) \cdot 0 \frac{EI}{m^2} = 0 \frac{EI}{m^2}$$

$$r_{6-6} = -\Sigma_{ij}(M_{ij}^6 + M_{ji}^6) \cdot \Psi_{ij}^6 + \Sigma_s k_s^\delta \cdot \delta_s^6 \cdot \delta_s^6$$



$$r_{6-6} = -(0 + (-0.25)) \cdot 0.25 \frac{EI}{m^2} - ((-0.3) + (-0.3)) \cdot 0.25 \frac{EI}{m^2} - (0.5 + 0.5) \cdot (-0.25) \frac{EI}{m^2} + 4 \cdot (-0.8660) \cdot (-0.8660) \frac{EI}{m^2} = 3.4625 \frac{EI}{m^2}$$

$$r_{6-3} = -\Sigma_{ij}(M_{ij}^3 + M_{ji}^3) \cdot \Psi_{ij}^6 + \Sigma_s k_s^\delta \cdot \delta_s^6 \cdot \delta_s^3$$

$$r_{6-3} = -(0 + (-0.3333)) \cdot 0.25 \frac{EI}{m^3} + 4 \cdot (-0.8660) \cdot 0 \frac{EI}{m^3} = 0.08333 \frac{EI}{m^3}$$

$$r_{6-4} = -\Sigma_{ij}(M_{ij}^4 + M_{ji}^4) \cdot \Psi_{ij}^6 + \Sigma_s k_s^\delta \cdot \delta_s^6 \cdot \delta_s^4$$

$$r_{6-4} = -(0.6666 + 0.6666) \cdot (-0.25) \frac{EI}{m^3} + 4 \cdot (-0.8660) \cdot 0 \frac{EI}{m^3} = 0.3333 \frac{EI}{m^3}$$

$$r_{6-5} = -\Sigma_{ij}(M_{ij}^5 + M_{ji}^5) \cdot \Psi_{ij}^6 + \Sigma_s k_s^\delta \cdot \delta_s^6 \cdot \delta_s^5$$

$$r_{6-5} = -(0.24 + 0.24) \cdot 0.25 \frac{EI}{m^3} + 4 \cdot (-0.8660) \cdot 0 \frac{EI}{m^3} = (-0.12) \frac{EI}{m^3}$$

$$r_{6-1} = -\Sigma_{ij}(M_{ij}^1 + M_{ji}^1) \cdot \Psi_{ij}^6$$

$$r_{6-1} = -(0 + 0) \cdot 0.25 \frac{EI}{m^2} - (0.4 + 0.8) \cdot 0.25 \frac{EI}{m^2} - (1.3333 + 0.6666) \cdot (-0.25) \frac{EI}{m^2} = 0.2 \frac{EI}{m^2}$$

$$r_{6-2} = -\Sigma_{ij}(M_{ij}^2 + M_{ji}^2) \cdot \Psi_{ij}^6$$

$$r_{6-2} = -(0.6666 + 1.3333) \cdot (-0.25) \frac{EI}{m^2} - (1.5 + 0) \cdot 0 \frac{EI}{m^2} = 0.5 \frac{EI}{m^2}$$

$$r_{1-P} = \Sigma_j M_{1j}^P - M_1^P$$

$$r_{1-P} = 3 + 1.3333 = 4.3333 \text{ Fm}$$

$$r_{2-P} = \Sigma_j M_{2j}^P - M_2^P$$

$$r_{2-P} = (-0.5) + (-0.75) + 1 = (-0.25) \text{ Fm}$$

$$r_{3-P} = -\Sigma_{ij}(M_{ij}^P + M_{ji}^P) \cdot \Psi_{ij}^3 + \Sigma_P P_p \cdot \delta_P^3$$

$$r_{3-P} = (0 + 3) \cdot 0.3333 + 0 \cdot 0 + 4 \cdot 0 + 3 \cdot (-0.3333) + 0 \cdot 0 + 0 \cdot 0 + 1 \cdot 0 = 0 \text{ F}$$

$$r_{4-P} = -\Sigma_{ij}(M_{ij}^P + M_{ji}^P) \cdot \Psi_{ij}^4 + \Sigma_P P_p \cdot \delta_P^4$$

$$r_{4-P} = ((-0.5) + (-1)) \cdot 0.25 + ((-0.75) + 0) \cdot 0.25 + 0 \cdot 0 + 4 \cdot 0 + 3 \cdot 0 + 0 \cdot 0 + 0 \cdot 0 + 1 \cdot (-0.5) = 1.0625 \text{ F}$$

$$r_{5-P} = -\Sigma_{ij}(M_{ij}^P + M_{ji}^P) \cdot \Psi_{ij}^5 + \Sigma_P P_p \cdot \delta_P^5$$

$$r_{5-P} = ((-1.3333) + 1.3333) \cdot (-0.2) + 0 \cdot 0 + 4 \cdot 0.4 + 3 \cdot 0 + 0 \cdot 0.3 + 0 \cdot 0 + 1 \cdot 0 = (-1.6) \text{ F}$$

$$r_{6-P} = -\Sigma_{ij}(M_{ij}^P + M_{ji}^P) \cdot \Psi_{ij}^6 + \Sigma_P P_p \cdot \delta_P^6$$

$$r_{6-P} = (0 + 3) \cdot 0.25 + ((-1.3333) + 1.3333) \cdot 0.25 + 0 \cdot 1.0000003 + 4 \cdot 0.5 + 3 \cdot 0.5 + 0 \cdot 0.375 + 0 \cdot 1 + 1 \cdot (0) = (-4.25) \text{ F}$$



16. Układ równań kanonicznych

$$\begin{bmatrix} 4.1333 & 0.6666 & (-0.3333) & 0.6666 & 0.24 & (-0.05) \\ 0.6666 & 2.8333 & 0 & 0.2916 & 0 & 0.5 \\ 0 & 0 & 0.1111 & 0 & 0 & 0.08333 \\ 0.6666 & 0.2916 & 0 & 0.5381 & 0 & 0.3333 \\ 0.24 & 0 & 0 & 0 & 0.096 & (-0.12) \\ 0.2 & 0.5 & 0.08333 & 0.3333 & (-0.12) & 3.4625 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \\ \delta_5 \\ \delta_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4.3333 \\ -0.25 \\ 0 \\ 1.0625 \\ -1.6 \\ -4.25 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Po rozwiązaniu układu otrzymano:

$$\varphi_1 = (-2.7046) \dots \frac{F \cdot m^2}{EI}$$

$$\varphi_2 = 0.3414 \dots \frac{F \cdot m^2}{EI}$$

$$\delta_3 = (-1.7334) \dots \frac{F \cdot m^3}{EI}$$

$$\delta_4 = (-0.2405) \dots \frac{F \cdot m^3}{EI}$$

$$\delta_5 = 26.3173 \dots \frac{F \cdot m^3}{EI}$$

$$\delta_6 = 2.3113 \dots \frac{F \cdot m^3}{EI}$$

17. Siły sprężyste rotacyjne

$$\text{spr}_{2-0} = 2 \cdot (-2.7046) Fm = (-5.4092) Fm$$

18. Siły sprężyste translacyjne

$$\text{wst}_{5-0} = 4 \cdot (-1.7334) \cdot 0 F + 4 \cdot (-0.2405) \cdot 0 F + 4 \cdot 26.3173 \cdot 0 F + 4 \cdot 2.3113 \cdot (-0.8660) F = (-8.006594) F$$

19. Obliczenie Momentów przywęzłowych

Zgodnie ze wzorem:

$$M_{ik} = M_{ik}^0 + M_{ik}^1 \cdot \varphi_1 + M_{ik}^2 \cdot \varphi_2 + M_{ik}^3 \cdot \delta_3 + M_{ik}^4 \cdot \delta_4 + M_{ik}^5 \cdot \delta_5 + M_{ik}^6 \cdot \delta_6$$

$$M_{ki} = M_{ki}^0 + M_{ki}^1 \cdot \varphi_1 + M_{ki}^2 \cdot \varphi_2 + M_{ki}^3 \cdot \delta_3 + M_{ki}^4 \cdot \delta_4 + M_{ki}^5 \cdot \delta_5 + M_{ki}^6 \cdot \delta_6$$

$$M_{0-2} = 0 \cdot (-2.7046) + 0 \cdot (-1.7334) + 0 \cdot 2.3113 + 0 \cdot 1 = 0 Fm$$

$$M_{2-0} = 0 \cdot (-2.7046) + (-0.3333) \cdot (-1.7334) + (-0.25) \cdot 2.3113 + 3 \cdot 1 = 3 Fm$$

$$M_{1-2} = 0.4 \cdot (-2.7046) + 0.24 \cdot 26.3173 + (-0.3) \cdot 2.3113 + (-1.3333) \cdot 1 = 3.2075 Fm$$

$$M_{2-1} = 0.8 \cdot (-2.7046) + 0.24 \cdot 26.3173 + (-0.3) \cdot 2.3113 + 1.3333 \cdot 1 = 4.7924 Fm$$

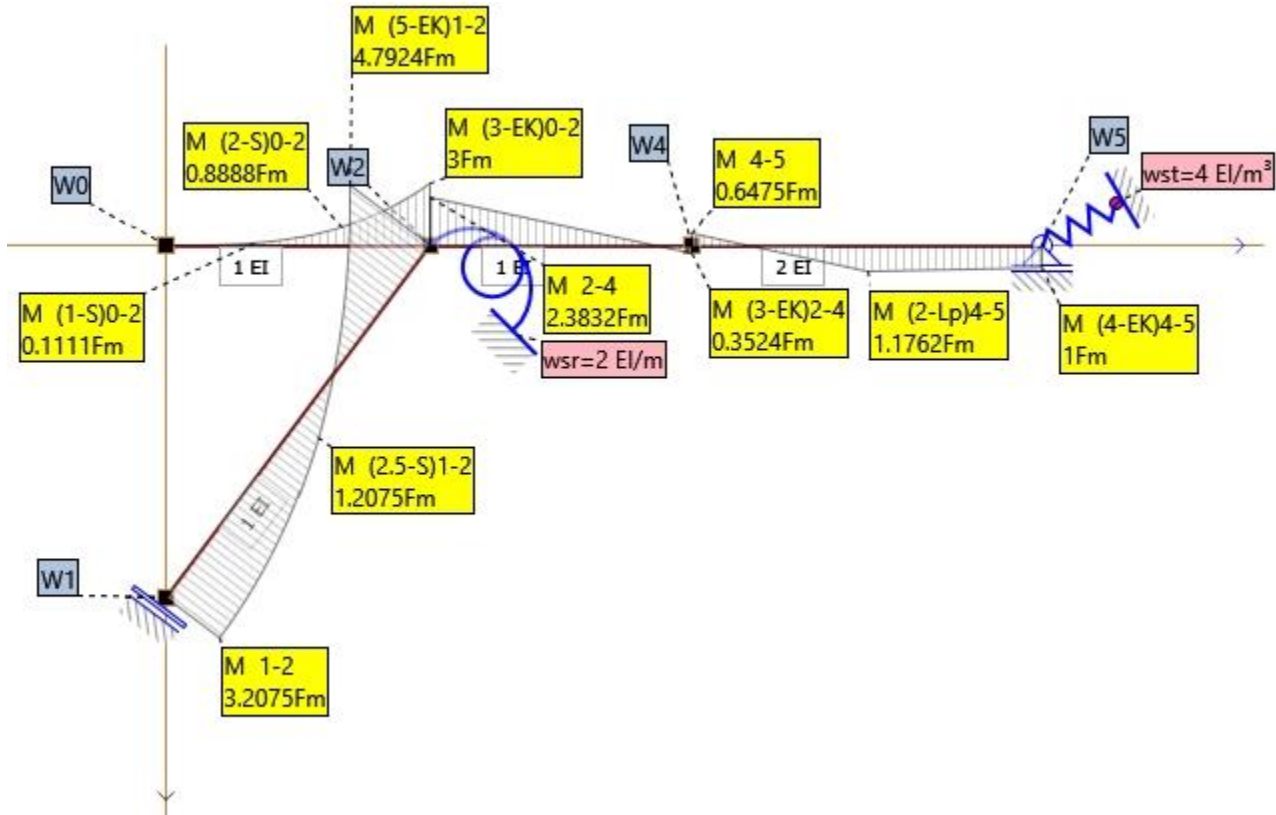


$$M_{2-4} = 1.3333 \cdot (-2.7046) + 0.6666 \cdot 0.3414 + 0.6666 \cdot (-0.2405) + 0.5 \cdot 2.3113 = (-2.3831) Fm$$

$$M_{4-2} = 0.6666 \cdot (-2.7046) + 1.3333 \cdot 0.3414 + 0.6666 \cdot (-0.2405) + 0.5 \cdot 2.3113 = (-0.3524) Fm$$

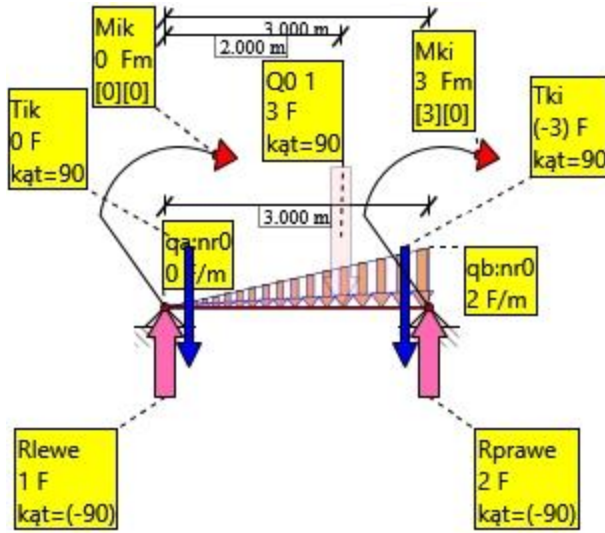
$$M_{4-5} = 1.5 \cdot 0.3414 + (-0.375) \cdot (-0.2405) + (-0.5) \cdot 1 + (-0.75) \cdot 1 = (-0.6475) Fm$$

$$M_{5-4} = 0 \cdot 0.3414 + 0 \cdot (-0.2405) + (-1) \cdot 1 + 0 \cdot 1 = (-1) Fm$$



Rys. Wykres M MetorAll

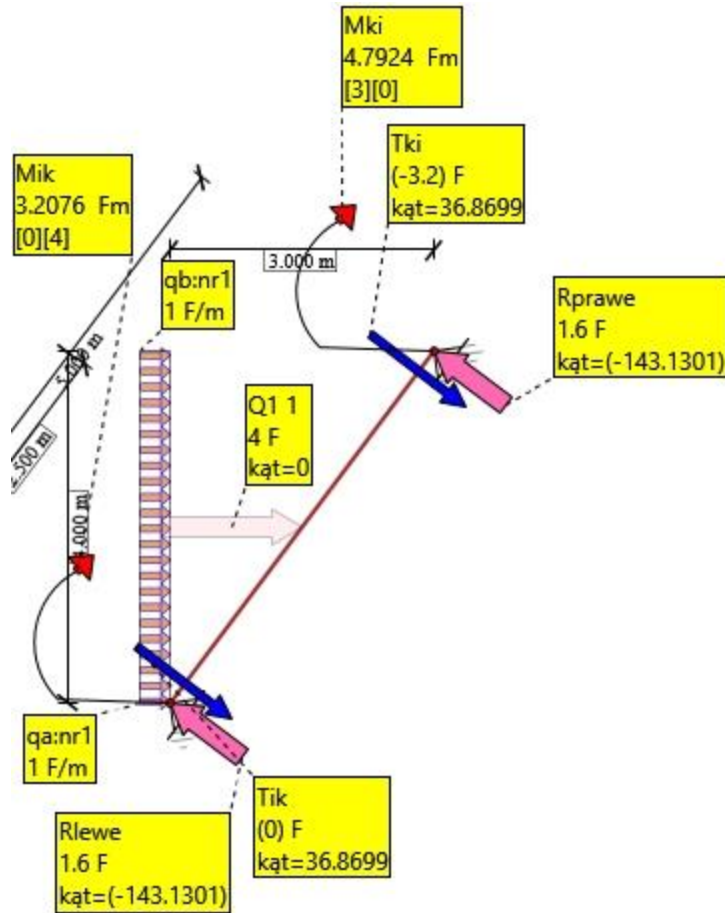
20. Obliczenie Sił Tnących



Rys. Sity Tnące 0-2

$$T_{0-2} = \frac{0+(-3)}{3} - (-1) = 0 F$$

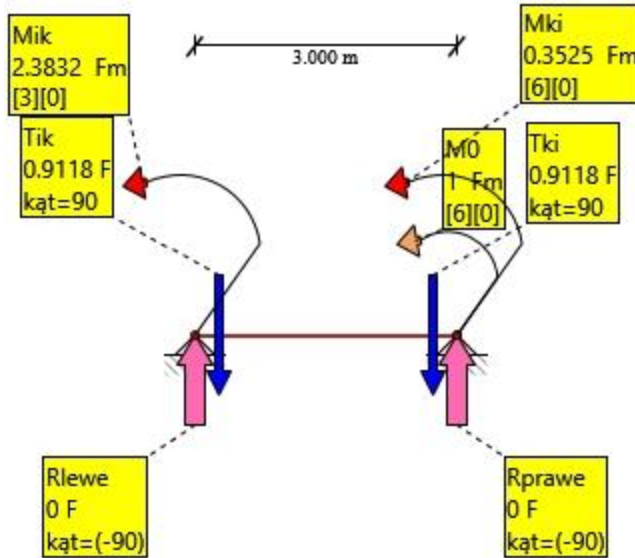
$$T_{2-0} = \frac{0+(-3)}{3} + (-2) = (-3) F$$



Rys. Sity Tnace 1-2

$$T_{1-2} = \frac{(-3.2075)+(-4.7924)}{5} - (-1.6) = (0) F$$

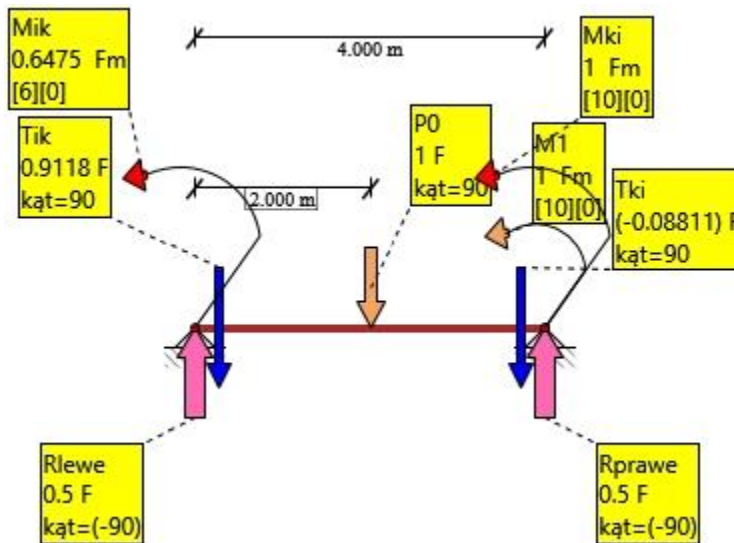
$$T_{2-1} = \frac{(-3.2075)+(-4.7924)}{5} + (-1.6) = (-3.2) F$$



Rys. Sity Tnące 2-4

$$T_{2-4} = \frac{2.3831+0.3524}{3} - 0 = 0.9118 F$$

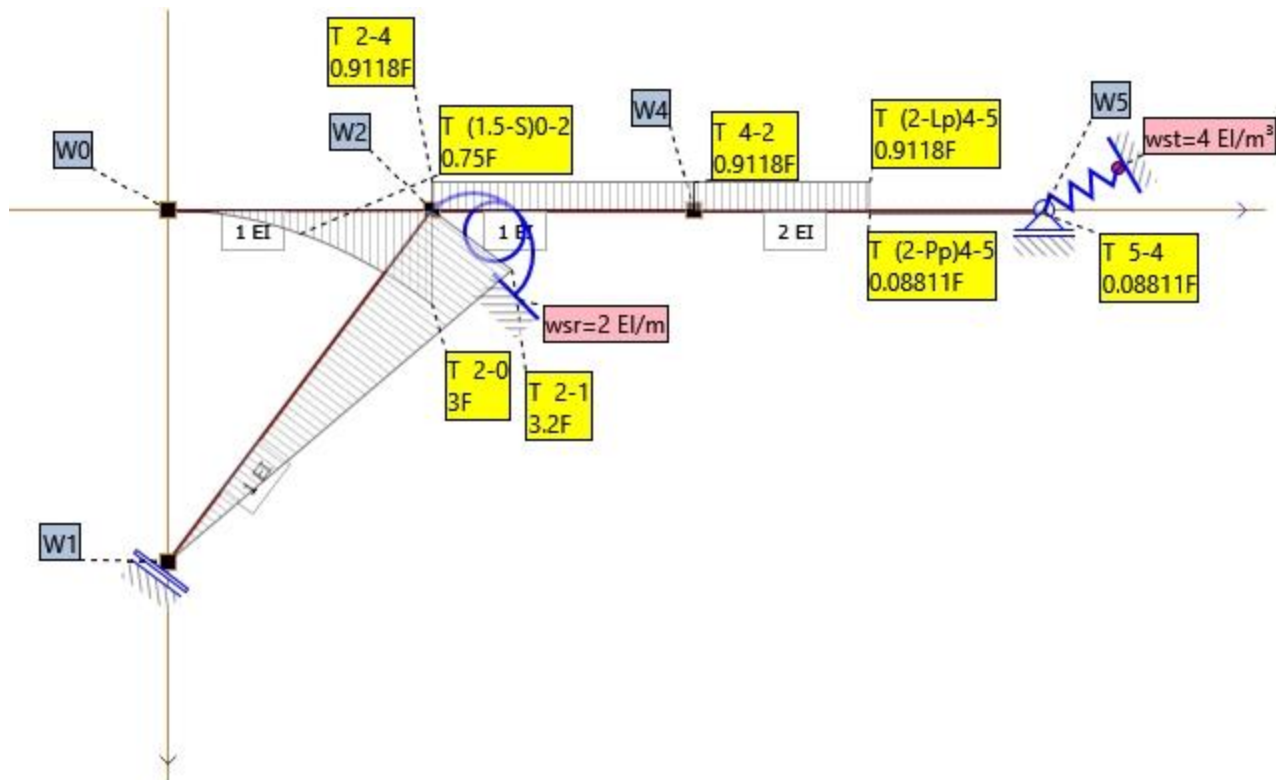
$$T_{4-2} = \frac{2.3831+0.3524}{3} + 0 = 0.9118 F$$



Rys. Sity Tnące 4-5

$$T_{4-5} = \frac{0.6475+1}{4} - (-0.5) = 0.9118 F$$

$$T_{5-4} = \frac{0.6475+1}{4} + (-0.5) = (-0.08811) F$$



Rys. Wykres T MetorAll

21. Obliczenie sił Normalnych

Aby Węzeł był w równowadze to suma jego składowych sił i reakcji rzutowana na oś X i oś Y musi być równa zero

$$\Sigma S_x + \Sigma R_x + \Sigma P_x = 0$$

$$\Sigma S_y + \Sigma R_y + \Sigma P_y = 0$$

ΣS_x To suma sił prętowych rzutowana na oś X w Węźle

ΣR_x To suma reakcji podporowych rzutowana na oś X w Węźle - jeżeli istnieje

ΣP_x To suma oddziaływania zewnętrznego rzutowana na oś X w Węźle - jeżeli jest przyłożona

ΣS_y To suma sił prętowych rzutowana na oś Y w Węźle

ΣR_y To suma reakcji podporowych rzutowana na oś Y w Węźle - jeżeli istnieje

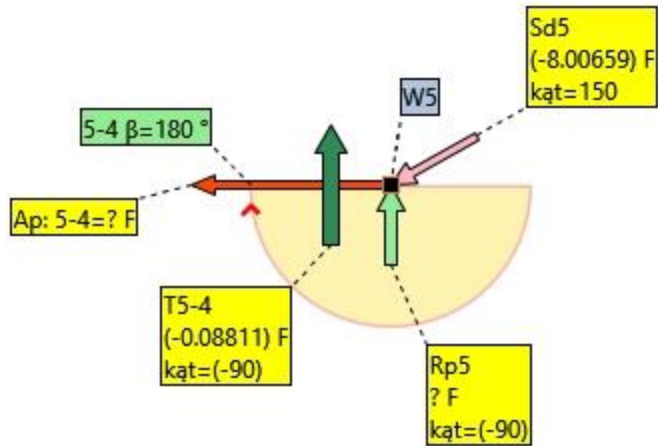
ΣP_y To suma oddziaływania zewnętrznego rzutowana na oś Y w Węźle - jeżeli jest przyłożona

Obliczenia rozpoczynamy od Węzła, dla którego liczba niewiadomych sił w Prętach jest ≤ 2

Elementy szukane oznaczono kolorem czerwonym.

Elementy zerowe są przedstawione w tle rysunku.

Wybrano Węzeł =5



Do policzenia N_{5-4} $\beta = 180$

Rzutowanie na oś X

$$N_{5-4} \cdot \cos(180) + (-8.00659) \cdot \cos(150) = 0$$

$$N_{5-4} \cdot (-1) + (-8.00659) \cdot (-0.8660) = 0$$

$$N_{5-4} \cdot (-1) + 6.9339 = 0$$

Rzutowanie na oś Y

$$N_{5-4} \cdot \sin(180) + (-0.08811) \cdot \sin((-90)) + (-8.00659) \cdot \sin(150) = 0$$

$$N_{5-4} \cdot 0 + (-0.08811) \cdot (-1) + (-8.00659) \cdot 0.5 = 0$$

$$0.08811 + (-4.0033) = 0$$

Równanie X

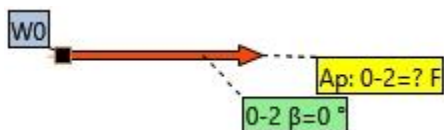
$$N_{5-4} \cdot (-1) + (-6.9339) = 0$$

Równanie Y

$$4.09141 = 0$$

$$\text{wyliczono } N_{5-4} = (-6.9339) F$$

Wybrano Węzeł = 0



Do policzenia N_{0-2} $\beta = 0$

Rzutowanie na oś X

$$N_{0-2} \cdot \cos(0) = 0$$



$$N_{0-2} \cdot 1 = 0$$

Rzutowanie na oś Y

$$N_{0-2} \cdot \sin(0) = 0$$

$$N_{0-2} \cdot 0 = 0$$

Równanie X

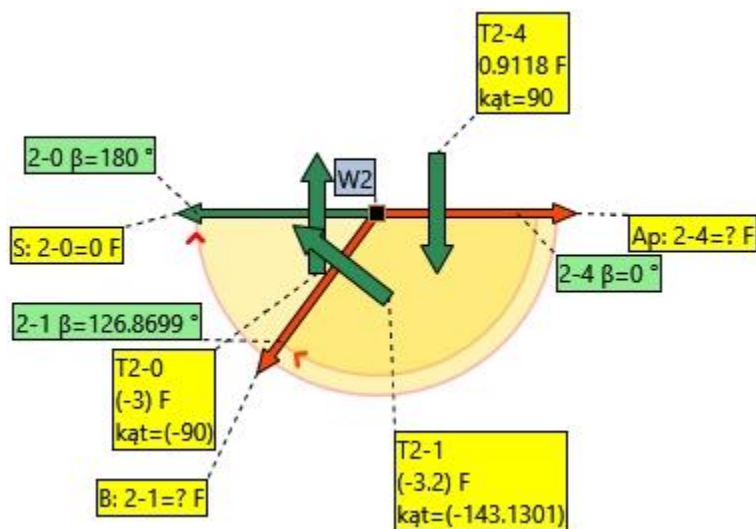
$$N_{0-2} \cdot 1 = 0$$

Równanie Y

$$= 0$$

$$\text{wyliczono } N_{0-2} = 0 \text{ F}$$

Wybrano Węzeł =2



Do policzenia $N_{2-1} \beta = 126.8699$

Do policzenia $N_{2-4} \beta = 0$

policzone $N_{2-0} = (0) \beta = 180$

Rzutowanie na oś X

$$N_{2-1} \cdot \cos(126.8699) + N_{2-4} \cdot \cos(0) + (-3.2) \cdot \cos((-143.1301)) = 0$$

$$N_{2-1} \cdot (-0.6) + N_{2-4} \cdot 1 + (-3.2) \cdot (-0.8) = 0$$

$$N_{2-1} \cdot (-0.6) + N_{2-4} \cdot 1 + 2.56 = 0$$

Rzutowanie na oś Y

$$N_{2-1} \cdot \sin(126.8699) + N_{2-4} \cdot \sin(0) + (-3) \cdot \sin((-90)) + (-3.2) \cdot \sin((-143.1301)) + 0.9118 \cdot \sin(90) = 0$$



$$N_{2-1} \cdot 0.8 + N_{2-4} \cdot 0 + (-3) \cdot (-1) + (-3.2) \cdot (-0.6) + 0.9118 \cdot 1 = 0$$

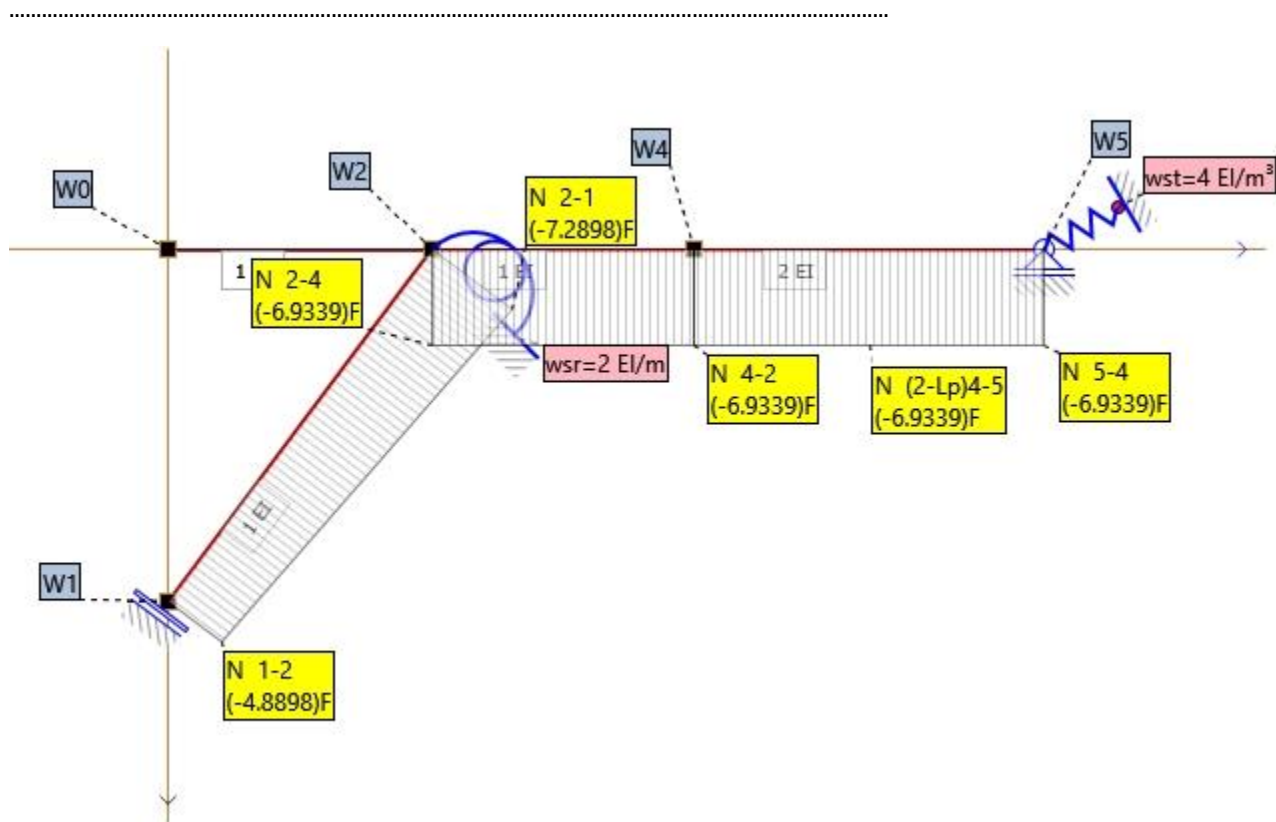
$$N_{2-1} \cdot 0.8 + 3 + 1.92 + 0.9118 = 0$$

Układ równań

$$\begin{cases} N_{2-1} \cdot (-0.6) + N_{2-4} \cdot 1 + 2.56 = 0 \\ N_{2-1} \cdot 0.8 + 5.8318 = 0 \end{cases}$$

wyliczono $N_{2-1} = (-7.2898) F$

wyliczono $N_{2-4} = (-6.9339) F$



Rys. Wykres N MetorAll

22. Obliczenie Reakcji Podporowych

Aby Węzeł był w równowadze to suma jego składowych sił i reakcji rzutowana na oś X i oś Y musi być równa zero

$$\Sigma S_x + \Sigma R_x + \Sigma P_x = 0$$

$$\Sigma S_y + \Sigma R_y + \Sigma P_y = 0$$

ΣS_x To suma sił prętowych rzutowana na oś X w Węźle

ΣR_x To suma reakcji podporowych rzutowana na oś X w Węźle - jeżeli jest istnieje

ΣP_x To suma oddziaływania zewnętrznego rzutowana na oś X w Węźle - jeżeli jest przyłożona

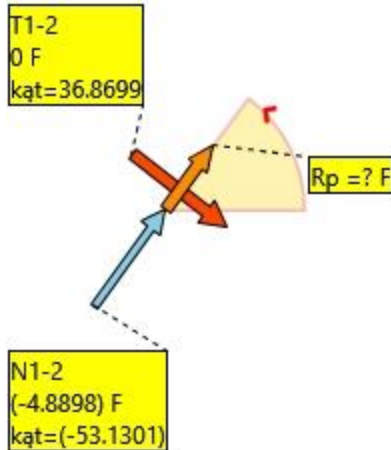


ΣS_y To suma sił prętowych rzutowana na oś Y w Węźle

ΣR_y To suma reakcji podporowych rzutowana na oś Y w Węźle - jeżeli jest istnieje

ΣP_y To suma oddziaływania zewnętrznego rzutowana na oś Y w Węźle - jeżeli jest przyłożona

Wybrano Węzeł =1



Do policzenia R_{p_1} $\beta = (-53.1301)$

policzone $S_{1-2} = (-4.8898)$ $\beta = (-53.1301)$

Rzutowanie na oś X

$$R_{p_1} \cdot \cos((-53.1301)) + (-4.8898) \cdot \cos((-53.1301)) = 0$$

$$R_{p_1} \cdot 0.6 + (-4.8898) \cdot 0.6 = 0$$

$$R_{p_1} \cdot 0.6 + (-2.9339) = 0$$

Rzutowanie na oś Y

$$R_{p_1} \cdot \sin((-53.1301)) + (-4.8898) \cdot \sin((-53.1301)) = 0$$

$$R_{p_1} \cdot (-0.8) + (-4.8898) \cdot (-0.8) = 0$$

$$R_{p_1} \cdot (-0.8) + 3.9118 = 0$$

Równanie X

$$R_{p_1} \cdot 0.6 + (-2.9339) = 0$$

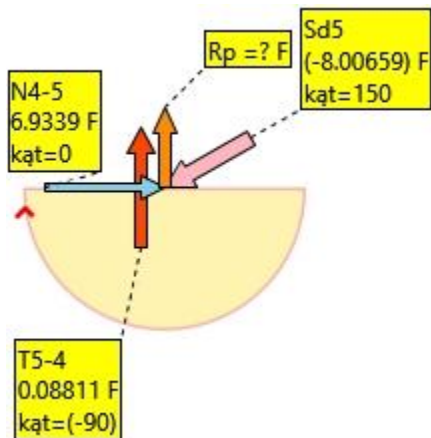
Równanie Y

$$R_{p_1} \cdot (-0.8) + 3.9118 = 0$$

wyliczono $R_{p_1} = 4.8898 F$



Wybrano Węzeł =5



Do policzenia R_{p_5} $\beta = (-90)$

policzone $S_{5-4} = (-6.9339)$ $\beta = 180$

Rzutowanie na oś X

$$R_{p_5} \cdot \cos((-90)) + 6.9339 \cdot \cos(0) + (-8.00659) \cdot \cos(150) = 0$$

$$R_{p_5} \cdot 0 + 6.9339 \cdot 1 + (-8.00659) \cdot (-0.8660) = 0$$

$$6.9339 + 6.9339 = 0$$

Rzutowanie na oś Y

$$R_{p_5} \cdot \sin((-90)) + (-0.08811) \cdot \sin((-90)) + (-8.00659) \cdot \sin(150) = 0$$

$$R_{p_5} \cdot (-1) + (-0.08811) \cdot (-1) + (-8.00659) \cdot 0.5 = 0$$

$$R_{p_5} \cdot (-1) + 0.08811 + (-4.0033) = 0$$

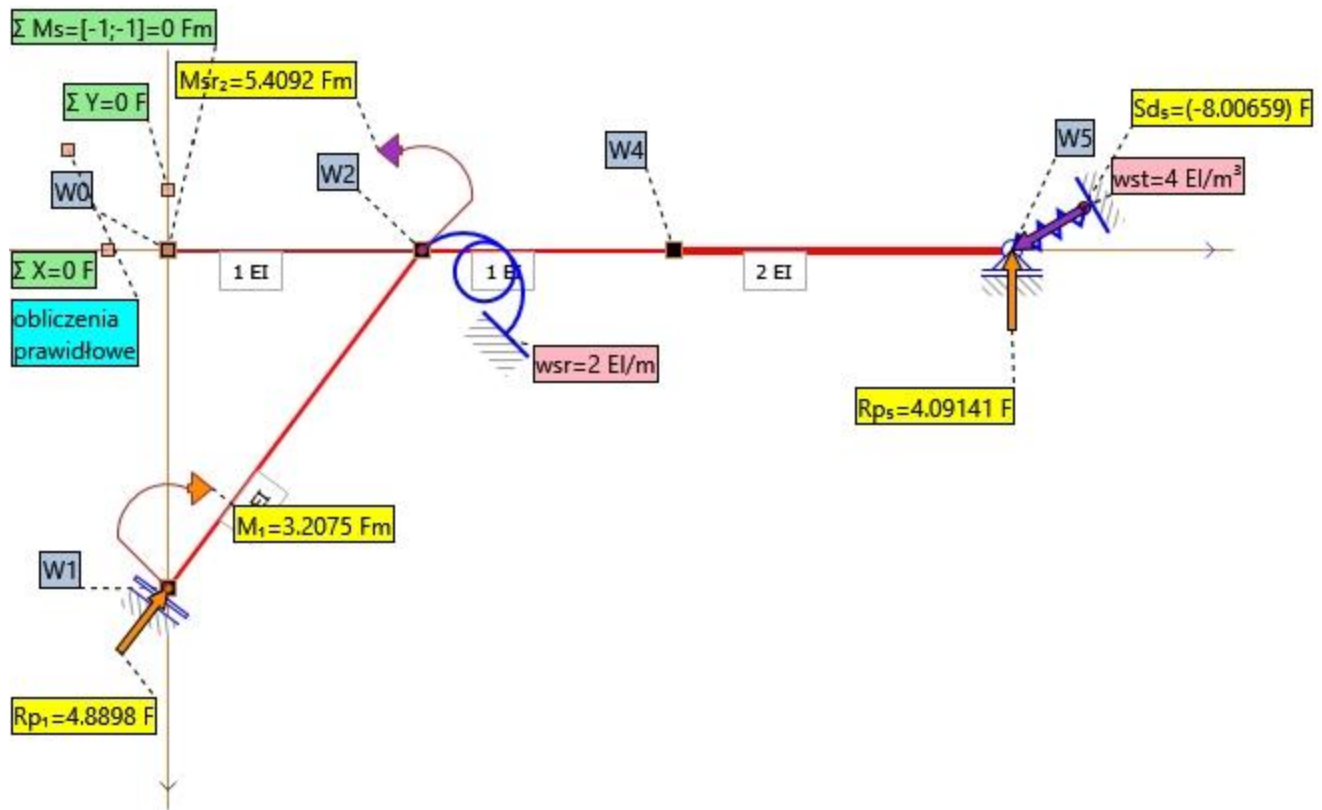
Równanie X

$$= 0$$

Równanie Y

$$R_{p_5} \cdot (-1) + 4.09141 = 0$$

$$\text{wyliczono } R_{p_5} = 4.09141 F$$



Rys. Reakcje podporowe obliczone MetorAll

23. Sprawdzenie Reakcji Podporowych Moment

Sprawdzenia poprawności wyznaczenia reakcji podporowych dokonamy w punkcie $[(-1); (-1)]$ układzie XY

Punkt musi być tak dobrany, aby wszystkie siły i reakcje brały udział w obliczaniu Sumy Momentów

W punkcie tym Suma Momentów od wszystkich sił i reakcji powinna wynosić $M=0$

$$\Sigma M = R_{p5} \cdot (10 - (-1)) \cdot \sin((-90)) + R_{p1} \cdot (0 - (-1)) \cdot \sin((-53.1301)) + R_{p1} \cdot ((-1) - 4) \cdot \cos((-53.1301)) + M_1 + S_{d5} \cdot (10 - (-1)) \cdot \sin(150) + S_{d5} \cdot ((-1) - 0) \cdot \cos(150) + S_{f12} + P_0 \cdot (8 - (-1)) \cdot \sin(90) + Q_{0y} \cdot (2 - (-1)) \cdot \sin(90) + Q_{1x} \cdot ((-1) - 2) \cdot \cos(0) + M_0 + M_1 = 0$$

$$\Sigma M = 4.09141 \cdot 11 \cdot (-1) + 4.8898 \cdot 1 \cdot (-0.8) + 4.8898 \cdot (-5) \cdot 0.6 + 3.2075 + (-8.00659) \cdot 11 \cdot 0.5 + (-8.00659) \cdot (-1) \cdot (-0.8660) + (-5.4092) + 1 \cdot 9 \cdot 1 + 3 \cdot 3 \cdot 1 + 4 \cdot (-3) \cdot 1 + (-1) + (-1) = 0$$

$$\Sigma M = 4.09141 \cdot (-11) + 4.8898 \cdot (-0.8) + 4.8898 \cdot (-3) + 3.2075 + (-8.00659) \cdot 5.5 + (-8.00659) \cdot 0.8660 + (-5.4092) + 1 \cdot 9 + 3 \cdot 3 + 4 \cdot (-3) + (-1) + (-1) = 0$$

$$\Sigma M = (-45.00553) + (-3.9118) + (-14.6695) + 3.2075 + (-44.03627) + (-6.9339) + (-5.4092) + 9 + 9 + (-12) + (-1) + (-1) = 0$$

$$\Sigma M = 0.0000001 \text{ Fm}$$

24. Sprawdzenie Reakcji Podporowych Rzut X



$$\Sigma X = 4.8898 \cdot \cos((-53.1301)) + (-8.00659) \cdot \cos(150) + 4 = 0$$

$$\Sigma X = 4.8898 \cdot 0.6 + (-8.00659) \cdot (-0.8660) + 4 = 0$$

$$\Sigma X = 2.9339 + 6.9339 + 4 = 0$$

$$\Sigma X = (0)F$$

25. Sprawdzenie Reakcji Podporowych Rzut Y

$$\Sigma Y = 4.09141 \cdot \sin((-90)) + 4.8898 \cdot \sin((-53.1301)) + (-8.00659) \cdot \sin(150) + 1 \cdot \sin(90) + 3 = 0$$

$$\Sigma Y = 4.09141 \cdot (-1) + 4.8898 \cdot (-0.8) + (-8.00659) \cdot 0.5 + 1 \cdot 1 + 3 = 0$$

$$\Sigma Y = (-4.09141) + (-3.9118) + (-4.0033) + 1 + 3 = 0$$

$$\Sigma Y = (0)F$$

26. Ocena Wyników Obliczeń

Z uwagi na spełnione warunki:

$$\Sigma M = 0.0, \Sigma X = 0.0, \Sigma Y = 0.0$$

Ocena: obliczenia prawidłowe

.....
WpofMetor & Metor Copyright © 2015 Euron Artificial Intelligence-2019 ver.1.0.7069.32207

Wydruk wygenerowany w programie Metor

2019 Rectan