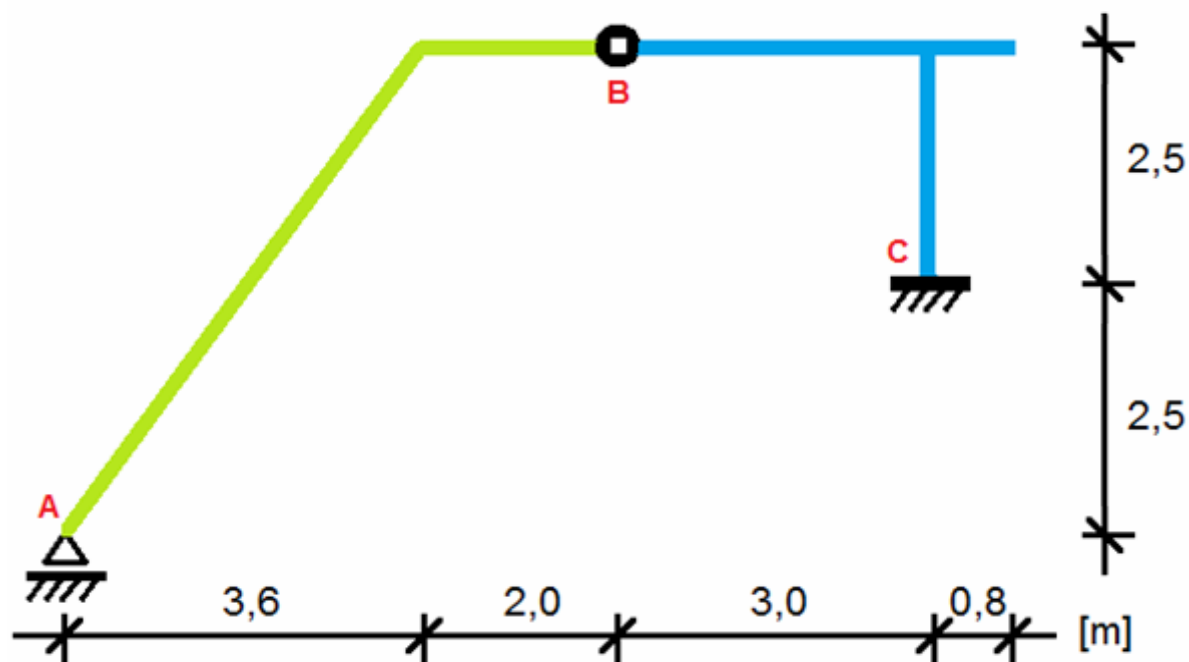


Projekt 2	Data 30.11.2014	Miłosz Szkudlarek	Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska	Semestr I	Grupa B9
--------------	--------------------	-------------------	---	-----------	-------------

I: Analiza geometrycznej niezmienności układu:



1. Warunek konieczny:

Liczba tarcz = 2
 Liczba prętów = 1
 Liczba przegubów = 1
 Liczba wsporników = 1

$$3 \cdot \text{Liczba tarcz} = \text{Liczba prętów} \cdot 1 + \text{Liczba przegubów} \cdot 2 + \text{Liczba wsporników} \cdot 3$$

$$3 \cdot 2 = 1 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 3$$

$$6 = 6$$

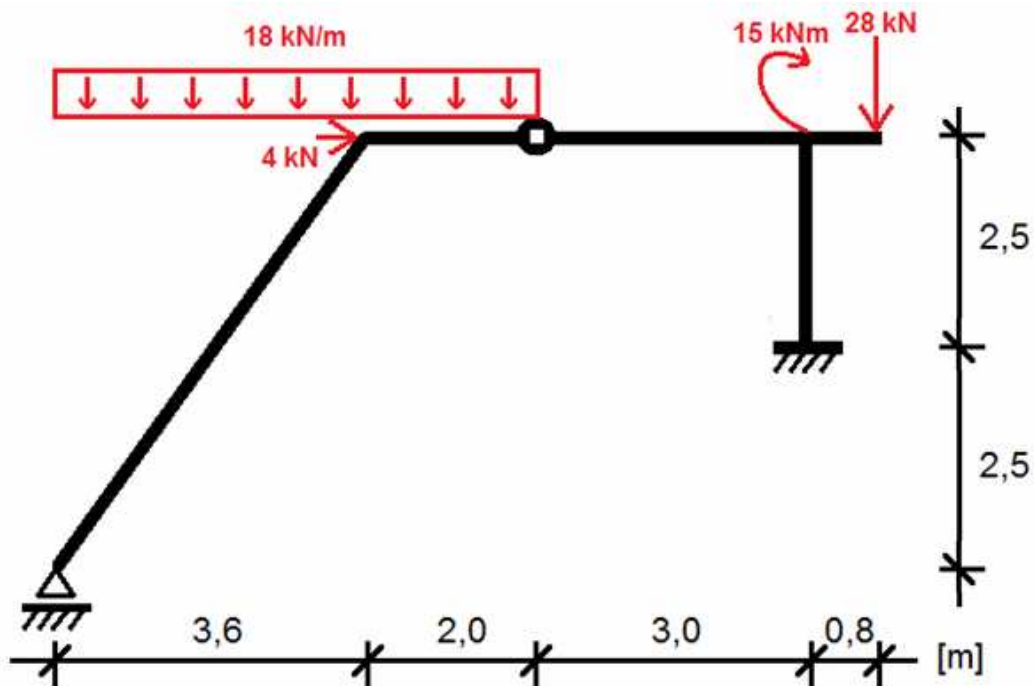
Warunek konieczny geometrycznej niezmienności spełniony.

2. Warunek dostateczny:

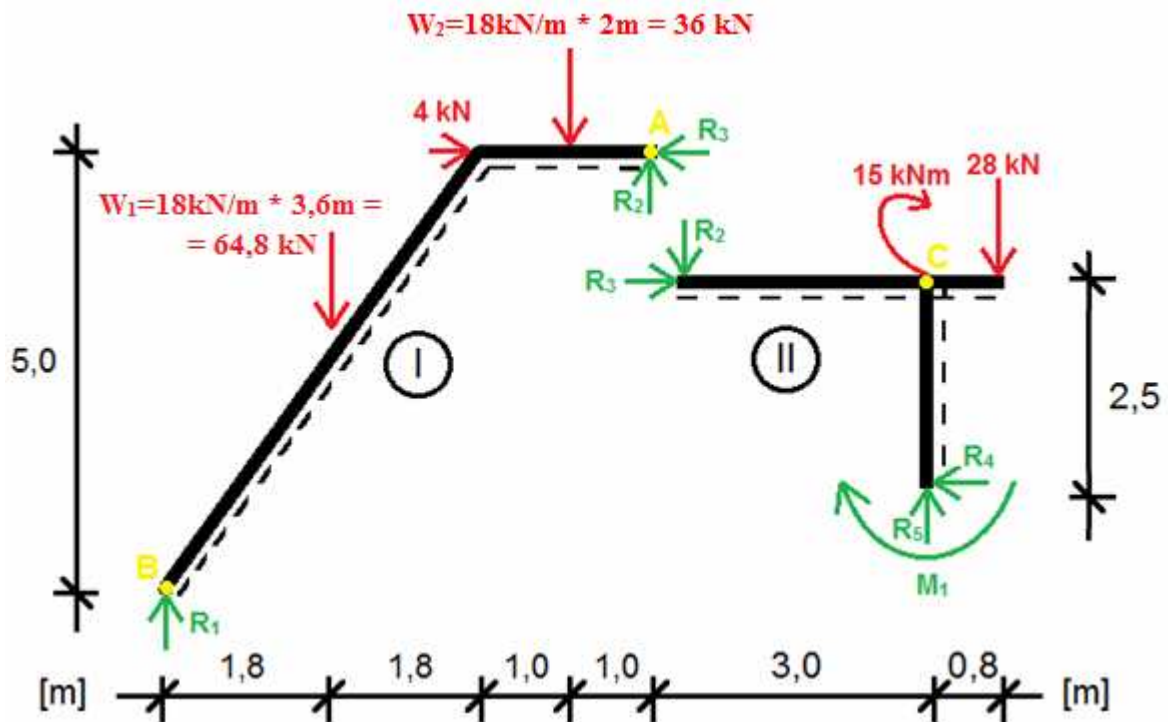
Tarcza sztywna oznaczona kolorem niebieskim jest utwierdzona w punkcie C. Utwierdzenie odbiera 3 stopnie swobody, więc możemy traktować tę część ramy jako geometrycznie niezmienną. Tarcza sztywna oznaczona kolorem zielonym jest połączona przegubem B z częścią geometrycznie niezmienną oraz podporą przegubowo-przesuwną A, z podłożem. Wszystkie stopnie swobody tarczy zielonej odebrane, więc:

warunek dostateczny spełniony, zatem cały układ jest geometrycznie niezmienny.

II: Wyznaczanie reakcji więzów:



Uwolnienie układu od więzów:



Obliczenia:

$$\sum P_x = 0 \text{ (dla tarczy I):}$$

$$R_3 = 4 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = 0 \text{ (dla tarczy I):}$$

$$36 \cdot 1 + 64,8 \cdot 3,8 = 5,6R_1$$

$$R_1 = 50,4 \text{ kN}$$

$$\sum M_B = 0 \text{ (dla tarczy I):}$$

$$5,6R_2 = 64,8 \cdot 1,8 + 4 \cdot 5 + 36 \cdot 4,8 - 4 \cdot 5$$

$$R_2 = 50,4 \text{ kN}$$

Sprawdzenie dla tarczy I:

$$\sum P_y: 50,4 + 50,4 - 64,8 - 36 = 0$$

Obliczenia:

$$\sum P_x = 0 \text{ (dla tarczy II):}$$

$$R_4 = 4 \text{ kN}$$

$$\sum P_y = 0 \text{ (dla tarczy II):}$$

$$R_5 = 50,4 + 28$$

$$R_5 = 78,4 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = 0 \text{ (dla tarczy II):}$$

$$15 + 28 \cdot 3,8 + 4 \cdot 2,5 + M_1 = 78,4 \cdot 3$$

$$M_1 = 103,8 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

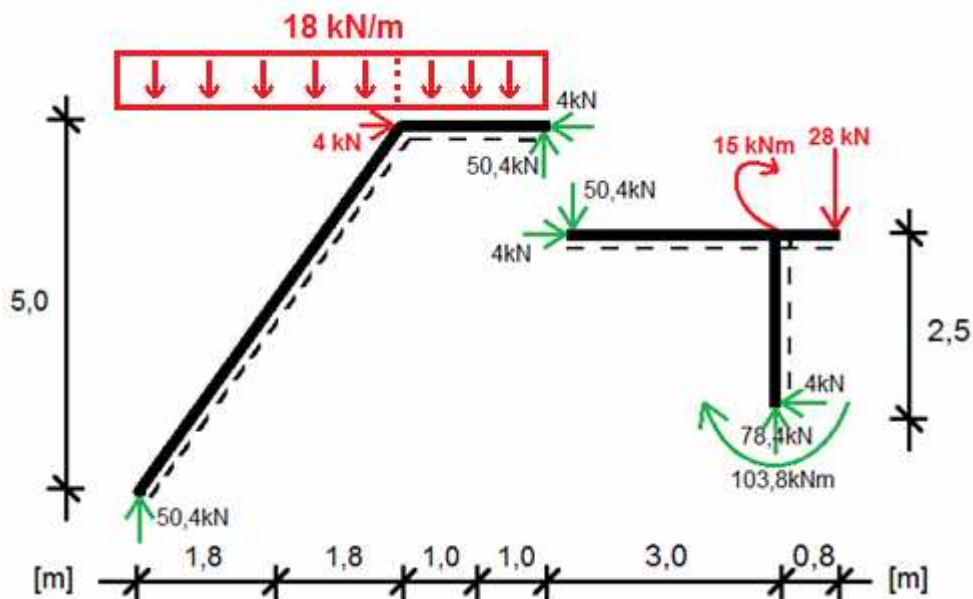
Sprawdzenie dla tarczy II:

$$\sum M_C: 15 + 103,8 + 10 + 0,8 \cdot 28 - 50,4 \cdot 3 = 0$$

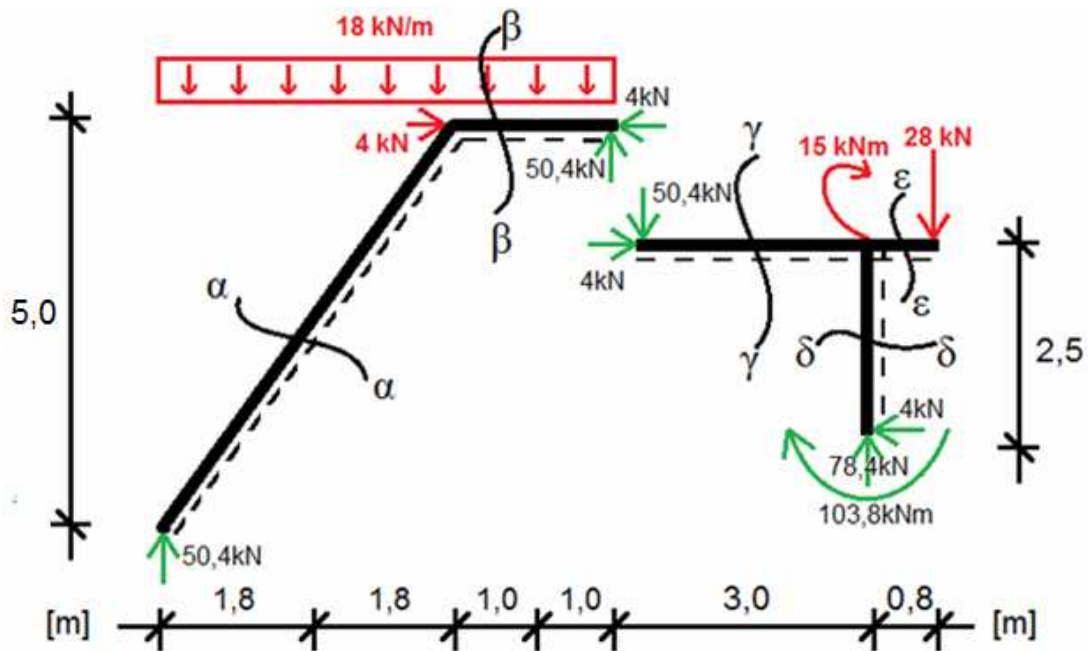
Sprawdzenie dla całości:

$$\sum P_y: 50,4 - 18 \cdot 5,6 + 78,4 - 28 = 0$$

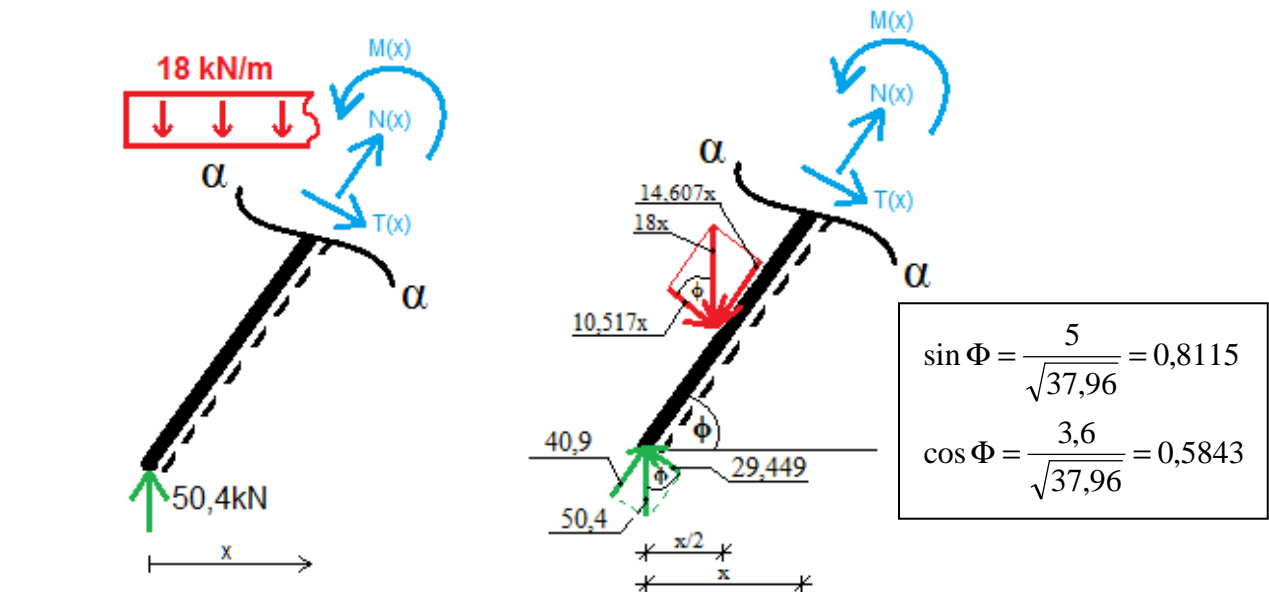
Zestawienie reakcji:



III: Wykresy sił wewnętrznych:



Przekrój $\alpha - \alpha$ (wraz z rozkładem sił na składowe i wyodrębnieniem kąta):



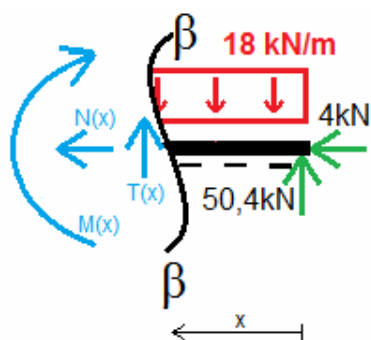
$$\sum N = 0 : \quad N(x) = 14,607x - 40,9 \text{ [kN]}$$

$$\sum T = 0 : \quad T(x) = 29,449 - 10,517x \text{ [kN]}$$

$$\sum M_{\alpha} = 0 : \quad M(x) = 50,4x - 9x^2 \text{ [kN}\cdot\text{m]}$$

{	$x = 0$	$N(x) = -40,9 \text{ kN}$	$T(x) = 29,449 \text{ kN}$	$M(x) = 0 \text{ kN}\cdot\text{m}$
	$x = 2,8$	(eks. momentu)	$T(x) = 0 \text{ kN}$	$M(x) = 70,56 \text{ kN}\cdot\text{m}$
	$x = 3,6$	$N(x) = 11,685 \text{ kN}$	$T(x) = -8,412 \text{ kN}$	$M(x) = 64,8 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Przekrój $\beta - \beta$:



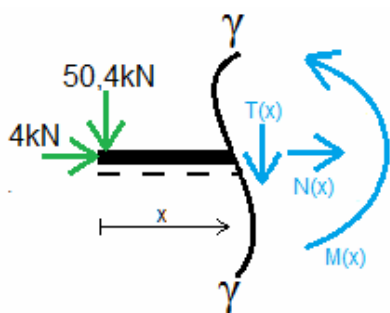
$$\sum P_x : N(x) = -4 \text{ kN}$$

$$\sum P_y : T(x) = 18x - 50,4 \text{ [kN]}$$

$$\sum M_\beta : M(x) = 50,4x - 9x^2 \text{ [kN}\cdot\text{m]}$$

$$\begin{cases} x = 0 & T(x) = -50,4 \text{ kN} & M(x) = 0 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ x = 2 & T(x) = -14,4 \text{ kN} & M(x) = -136,8 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{cases}$$

Przekrój $\gamma - \gamma$:



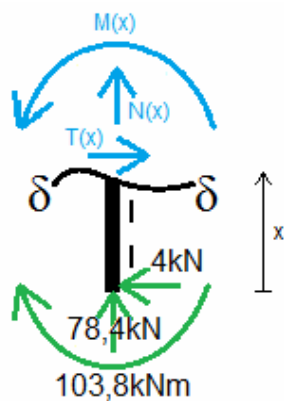
$$\sum P_x : N(x) = -4 \text{ kN}$$

$$\sum P_y : T(x) = -50,4 \text{ kN}$$

$$\sum M_\gamma : M(x) = -50,4x \text{ [kN}\cdot\text{m]}$$

$$\begin{cases} x = 0 & M(x) = 0 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ x = 3 & M(x) = -152,4 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{cases}$$

Przekrój $\delta - \delta$:



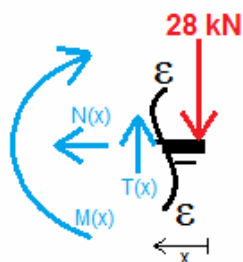
$$\sum P_y : N(x) = -78,4 \text{ kN}$$

$$\sum P_x : T(x) = 4 \text{ kN}$$

$$\sum M_\delta : M(x) = 103,8 + 4x \text{ [kN}\cdot\text{m]}$$

$$\begin{cases} x = 0 & M(x) = 103,8 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ x = 2,5 & M(x) = 113,8 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{cases}$$

Przekrój $\epsilon - \epsilon$:

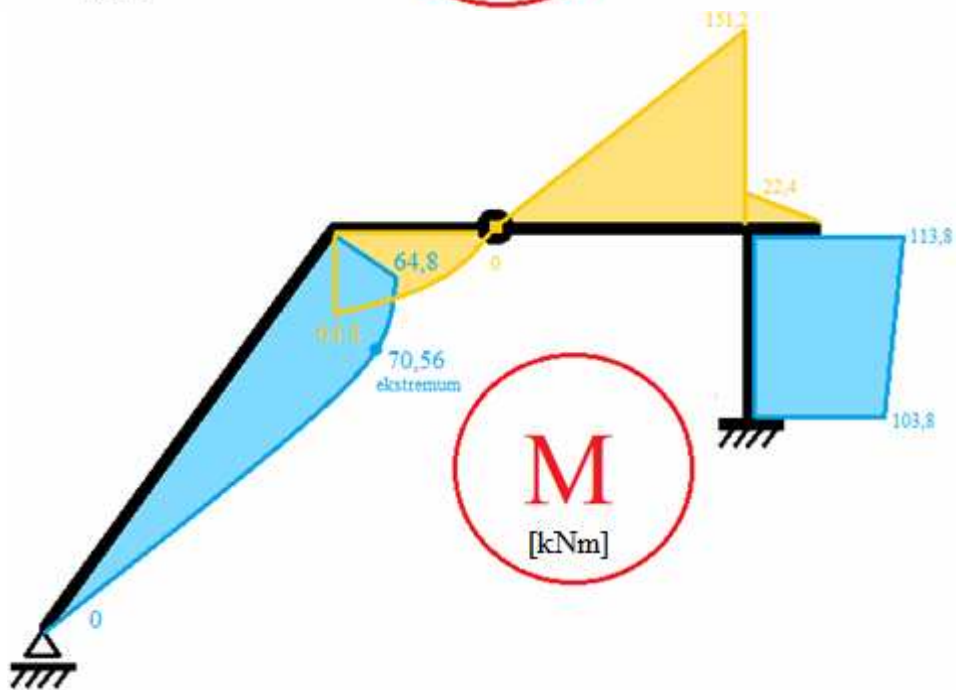
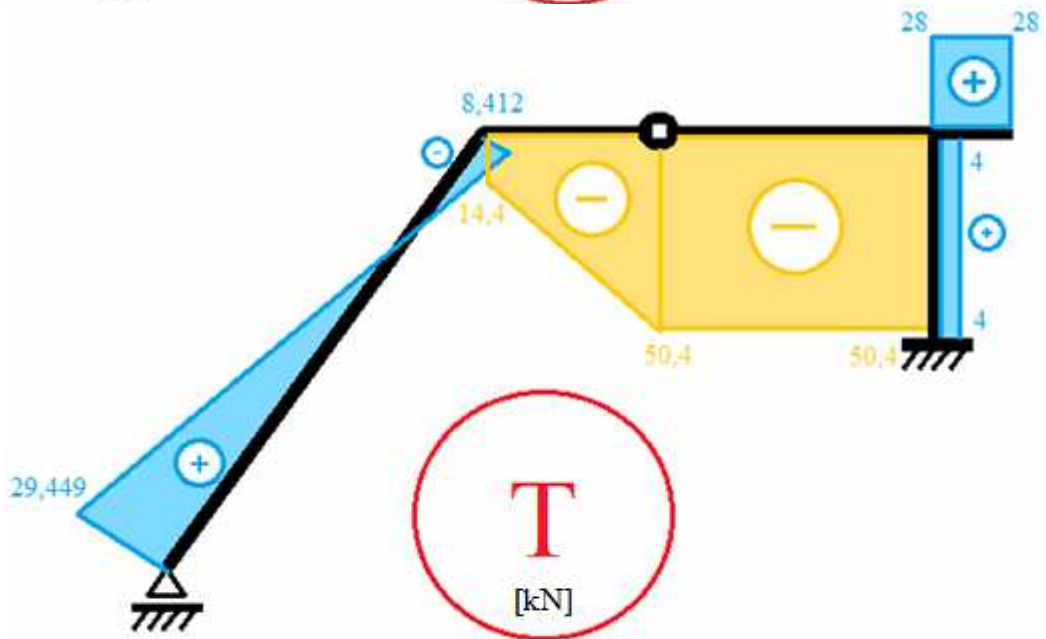
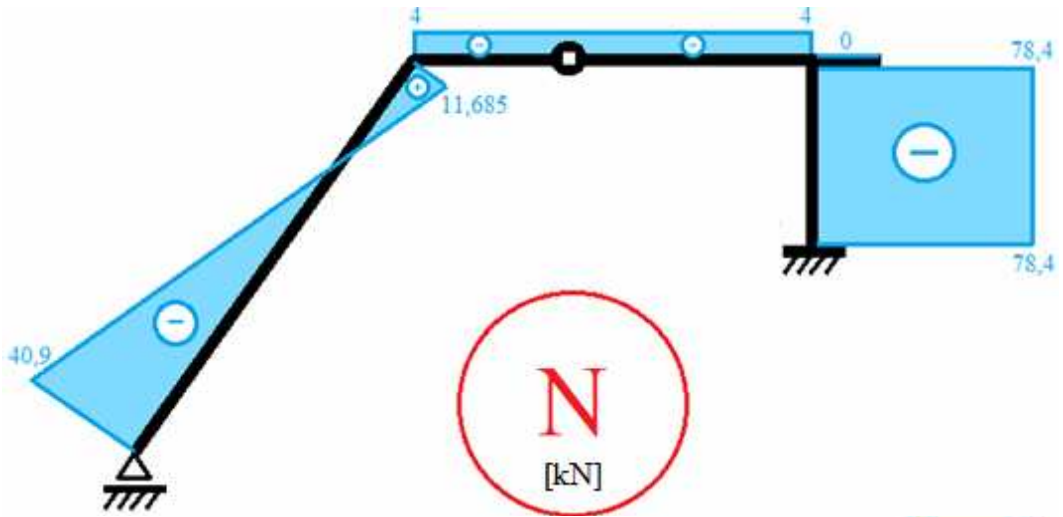


$$\sum P_x : N(x) = 0 \text{ kN}$$

$$\sum P_y : T(x) = 28 \text{ kN}$$

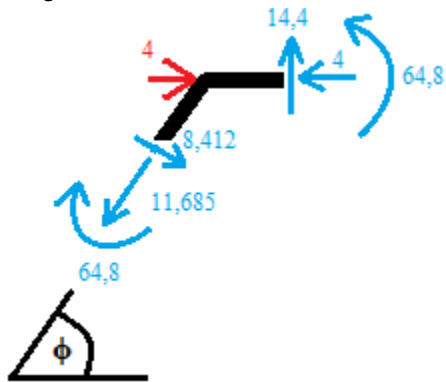
$$\sum M_\epsilon : M(x) = -28x \text{ [kN}\cdot\text{m]}$$

$$\begin{cases} x = 0 & M(x) = 0 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ x = 0,8 & M(x) = -22,4 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{cases}$$



IV: Sprawdzenie równowagi węzłów:

Węzeł I:

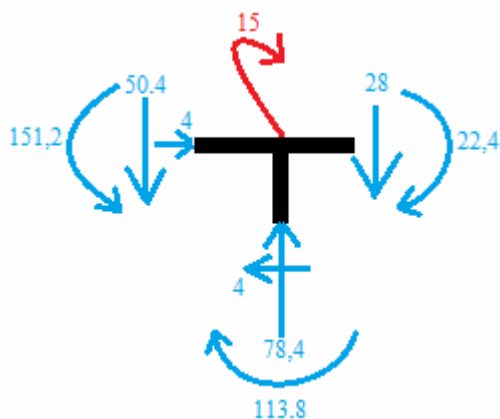


$$\sum P_x : 4 - 4 + 11,685 \cos \varphi - 8,412 \sin \varphi = 0,002 \text{ kN} \approx 0$$

$$\sum P_y : 14,4 - 11,685 \sin \varphi + 8,412 \cos \varphi = 0,002 \text{ kN} \approx 0$$

$$\sum M : 64,8 - 64,8 = 0 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Węzeł II:



$$\sum P_x : 4 - 4 = 0 \text{ kN}$$

$$\sum P_y : 50,4 + 28 - 70,8 = 0 \text{ kN}$$

$$\sum M : 151,2 - 15 - 113,8 - 22,4 = 0 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Oba węzły pozostają w równowadze.