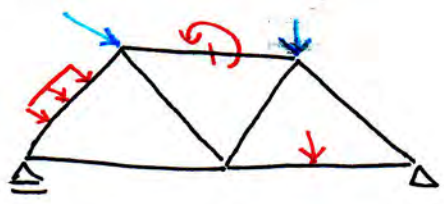


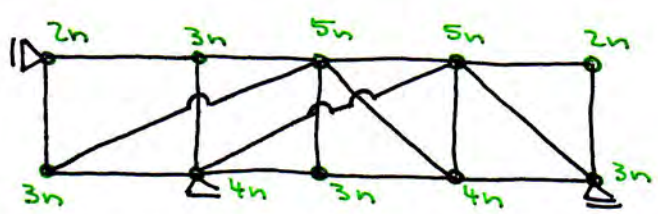
**PRÍHRADOUE' KONSTRUKCE**

PRÍHRADOUE' KONSTRUKCE je konstrukce tvořena z přímých prutů, které jsou k sobě kloubově připojeny. Tyto body (spojevy) se nazývají slzyčníky a pouze zde v nich se vyskytuje zatížení. Utíkají pouze osové síly v prutech.



připustne' zatížení  
nepřipustne' zatížení

PP



10 styčnicků  
17 prutů

Úloha: posuďte skupen statické určitosti.

**VARIANTA 1: SOUSTAVA TUHÝCH DESEK**

$$s = 17 \times 3 - \underbrace{2 \times 1 - 2}_{\text{VNĚŠNÍ ÚZBY}} - \underbrace{2 \times 2 - 4 \times 4 - 2 \times 6 - 2 \times 8}_{\text{VNITŘNÍ ÚZBY}} = 51 - 4 - 48 = -1$$

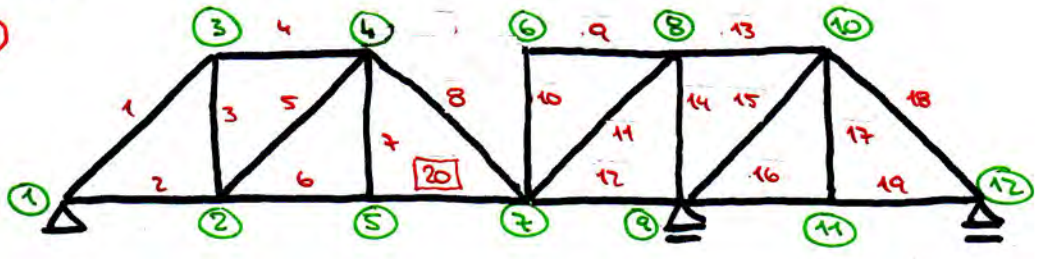
1x st. neurčita' kee

**VARIANTA 2: SOUSTAVA HMOTNÝCH BODŮ**

$$s = 10 \times 2 - \underbrace{2 \times 2 - 2}_{\text{HMOTNÝ BOD}} - \underbrace{17 \times 1}_{\text{O}} = 20 - 4 - 17 = -1 \rightarrow 1x st. neurčita' kee$$

Pro příhradové konstrukce na obrázku určete statickou určitost /  
 a) neurčitost.

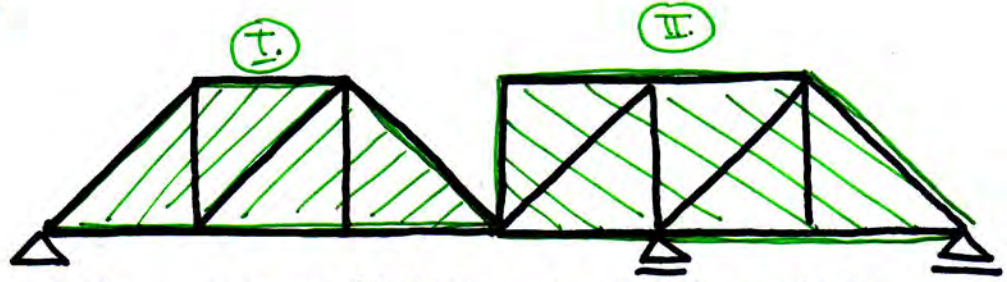
**VARIANTA I**



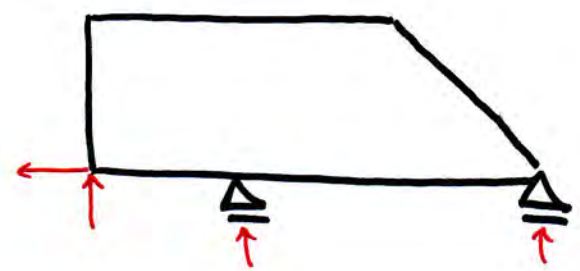
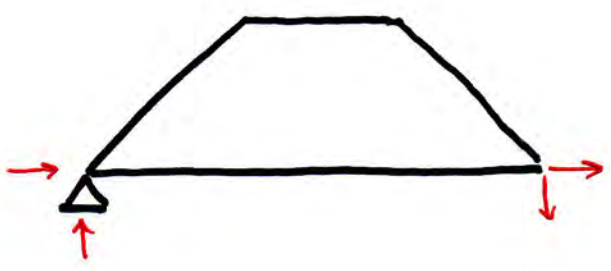
$$s = 2 \cdot 12 - 2 - 2 \cdot 1 - 20 \cdot 1 = 0 \quad \text{st. určitá konstrukce}$$

$$r_{ext} = 2 + 2 \cdot 1 = 4 \geq 3 \quad \checkmark$$

**VARIANTA II**



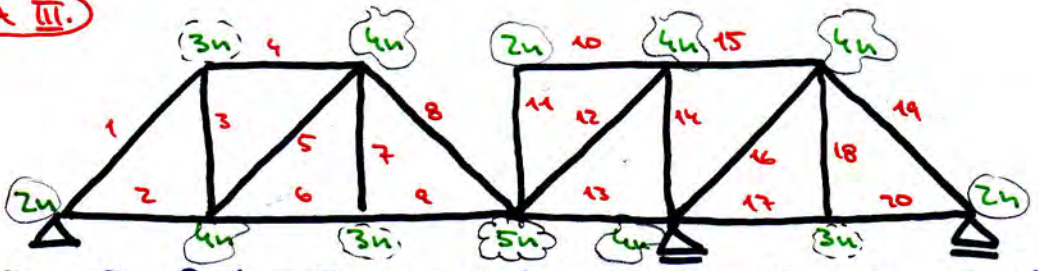
(pozn. desky jsou vykládané z trojúhelníků, viz přednášky)



$$s = 2 \cdot 3 - 2 - 2 \cdot 1 - 2 = 0$$

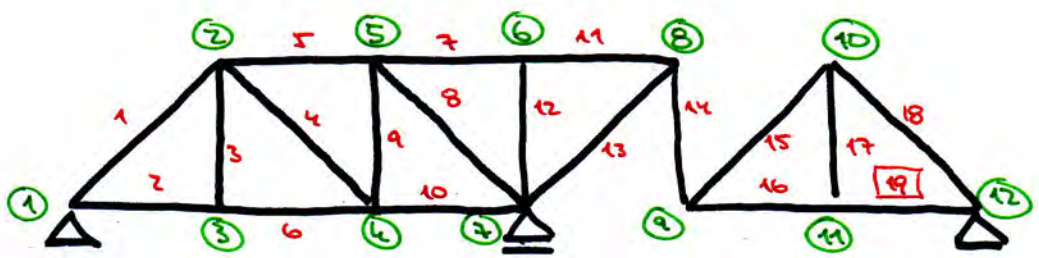
st. určitá konstrukce

**VARIANTA III.**



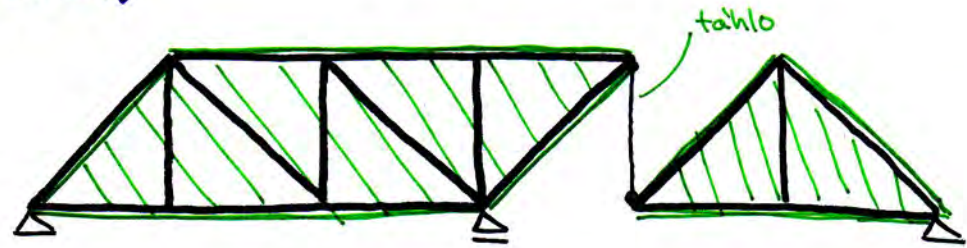
$$s = 20 \cdot 3 - 2 - 2 \cdot 1 - 3 \cdot 2 - 3 \cdot 4 - 5 \cdot 6 - 8 = 0 \quad \text{st. určitá kce}$$

b)



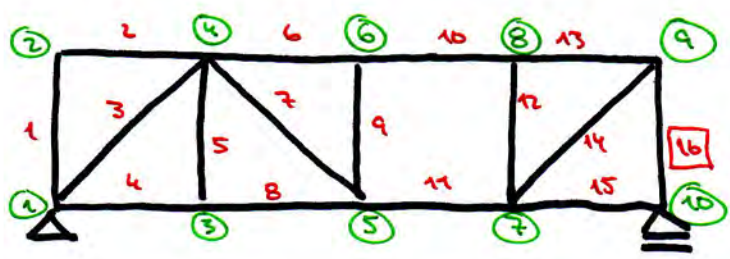
$S = 12 \cdot 2 - 2 - 2 - 1 - 19 \cdot 1 = 0$  st. určita' konstrukce

$S_{ext} = 2 + 2 + 1 = 5 \geq 3 \checkmark$

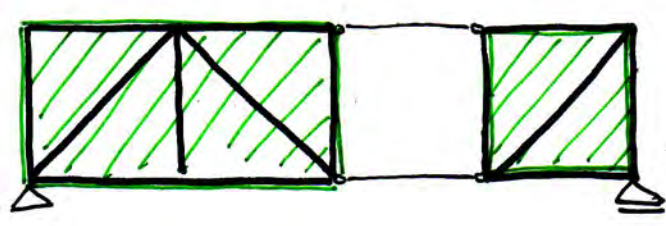


$S = 2 \cdot 3 - 2 - 1 - 2 - 1 = 0$  st. určita' konstrukce

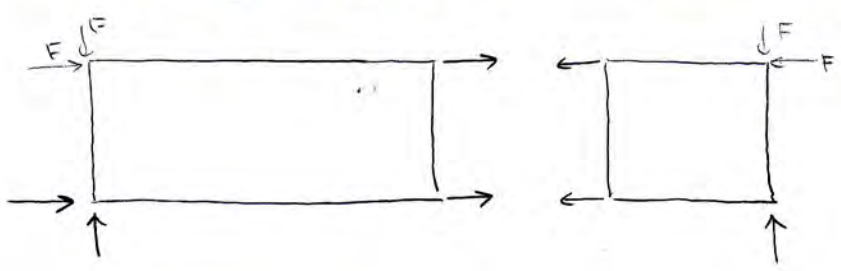
c)



$S = 10 \cdot 2 - 2 - 1 - 16 \cdot 1 = 1$  1x st. přeuvřita' konstrukce

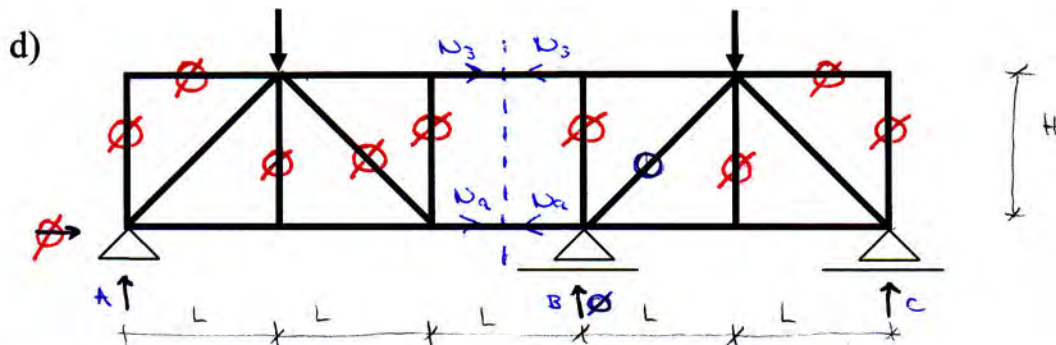
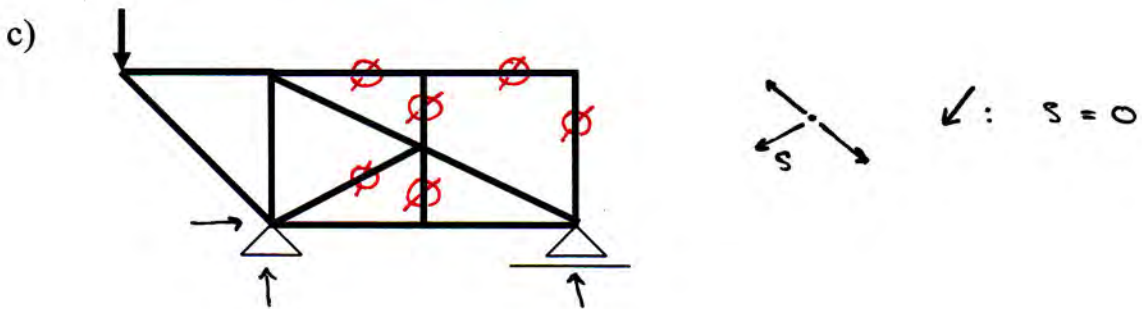
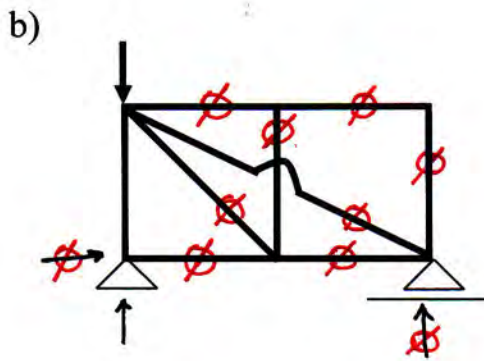
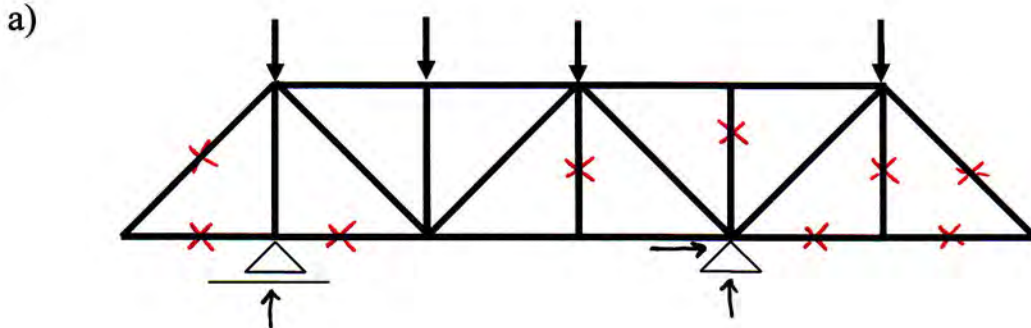


$S = 2 \cdot 3 - 2 - 1 - 2 \cdot 1 = 1$  1x st. přeuvřita' konstrukce



## Příhradové konstrukce

Označte pruty s nulovými osovými silami



levá část:

$$\curvearrowleft_a: -FL - N_3 \cdot H = 0, N_3 = -\frac{F \cdot L}{H}$$

$$\rightarrow: N_3 + N_q = 0, N_q = \frac{FL}{H}$$

pravá část

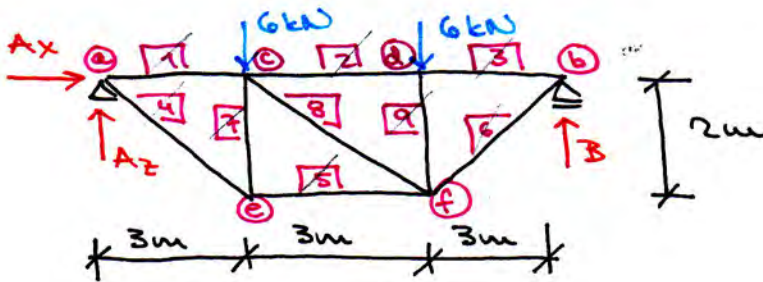
$$\curvearrowleft_c: N_3 \cdot H + FL - B \cdot 2L = 0$$

$$-\frac{FL}{H} \cdot H + FL - B \cdot 2L = 0 \rightarrow B = 0$$

## METODA STYČNÝCH BODŮ

Postup bude stejný jako u 1. cvičení. Každému hmotnému bodu předešleme 2 podmínky rovnováhy - vodorovnou a svislou. Je potřeba najít sloučené, ze kterého můžeme začít a určit síly v prutech - tzv. dvojiny sloučené.

**FF** Určete osové síly v následující konstrukci.



$$s = 6 \times 2 - 2 - 1 - 9 \times 1 = 0 \rightarrow \text{st. určita! konstrukce}$$

ROZDĚLENÍ ROVNOUŽÍ NA CELE KONSTRUKCI (K ÚPČETU VNĚŠNÍCH REAKCÍ):

$$\rightarrow : A_x = \underline{0 \text{ kN}}$$

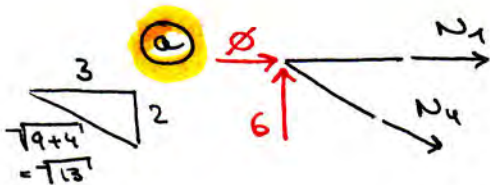
$$\curvearrow : -6 \cdot 3 - 6 \cdot (3+3) + B \cdot (3+3+3) = 0$$

$$-18 - 36 + 9B = 0 \rightarrow B = \frac{54}{9} = \underline{\underline{6 \text{ kN}}}$$

$$\uparrow : A_z - 6 - 6 + B = 0 \rightarrow A_z = \underline{\underline{6 \text{ kN}}}$$

POZN. Ušimněte si symetrie zatížení a vnějších podpor.

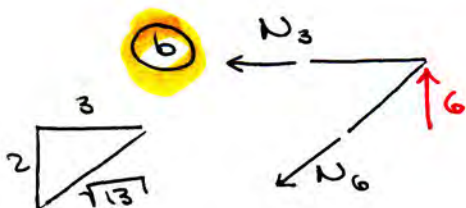
ROZDĚLENÍ KČE NA JEDNOTLIVÉ STYČNÍKY (a-f) A POČÍTÁNÍ SIL V PRUTECH



$$\uparrow : 6 - N_4 \cdot \frac{2}{\sqrt{13}} = 0, N_4 = \frac{6\sqrt{13}}{2} = \underline{\underline{3\sqrt{13} \text{ kN}}}$$

$$\rightarrow : N_1 + N_4 \cdot \frac{3}{\sqrt{13}} = 0$$

$$N_1 + 3\sqrt{13} \cdot \frac{3}{\sqrt{13}} = 0, N_1 = \underline{\underline{-9 \text{ kN}}}$$



$$\uparrow : 6 - N_6 \cdot \frac{2}{\sqrt{13}} = 0, N_6 = \underline{\underline{3\sqrt{13} \text{ kN}}}$$

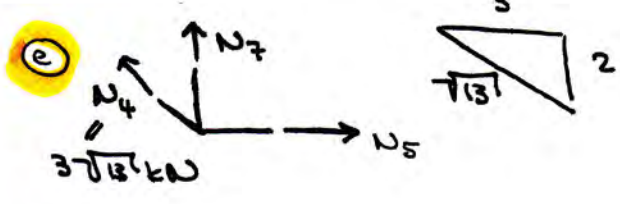
$$\rightarrow : -N_3 - N_6 \cdot \frac{3}{\sqrt{13}} = 0$$

$$-N_3 - 3\sqrt{13} \cdot \frac{3}{\sqrt{13}} = 0, N_3 = \underline{\underline{-9 \text{ kN}}}$$



$$\rightarrow : -N_2 + N_3 = 0, N_2 = N_3 = -9 \text{ kN}$$

$$\uparrow : -N_q - 6 = 0, N_q = -6 \text{ kN}$$

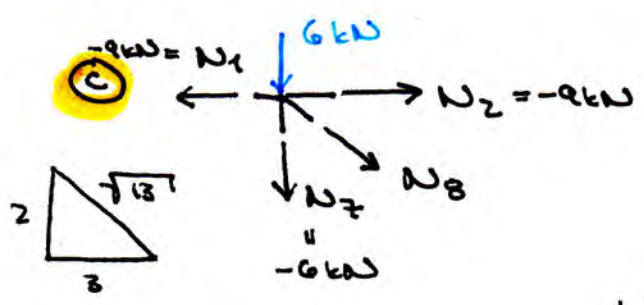


$$\rightarrow : N_5 - N_4 \cdot \frac{3}{\sqrt{13}} = 0$$

$$N_5 - 3\sqrt{3} \cdot \frac{3}{\sqrt{13}} = 0, N_5 = 9 \text{ kN}$$

$$\uparrow : N_7 + N_4 \cdot \frac{2}{\sqrt{13}} = 0$$

$$N_7 + 3\sqrt{3} \cdot \frac{2}{\sqrt{13}} = 0, N_7 = -6 \text{ kN}$$

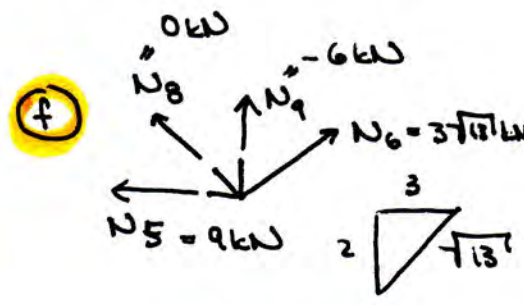


$$\uparrow : -6 - N_7 - N_8 \cdot \frac{2}{\sqrt{13}} = 0$$

$$-6 - (-6) - N_8 \cdot \frac{2}{\sqrt{13}} = 0 \rightarrow N_8 = 0 \text{ kN}$$

kontrola:  $\rightarrow : -N_1 + N_2 + N_8 \cdot \frac{3}{\sqrt{13}} = 0$

$$-(-9) - 9 + 0 \cdot \frac{3}{\sqrt{13}} = 0 \checkmark$$

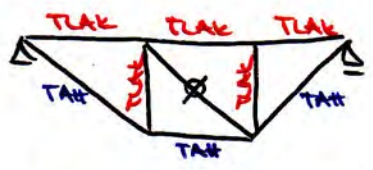


kontrola:  $\rightarrow : -N_5 + N_6 \cdot \frac{3}{\sqrt{13}} = 0$

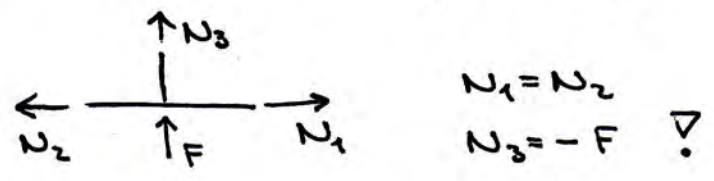
$$-9 + 3\sqrt{3} \cdot \frac{3}{\sqrt{13}} = 0 \checkmark$$

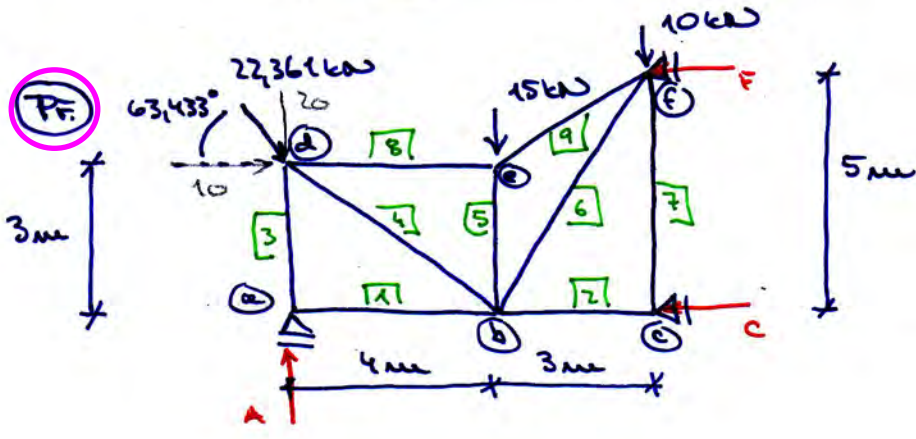
kontrola:  $\uparrow : N_9 + N_6 \cdot \frac{2}{\sqrt{13}} = 0$

$$-6 + 3\sqrt{3} \cdot \frac{2}{\sqrt{13}} = 0 \checkmark$$



- Tato metoda je jednoduchá, ale nelze použít vždy (např. pokud je konstrukce vnějšně staticky neurčitá nebo pokud nemá žádný dvojný sloupek).
- Chyby se přenaší dále!
- Při nevhodném výběru sloupků může být náročná.





$s = 6 \cdot 2 - 3 \cdot 1 - 9 \cdot 1 = 0 \checkmark$  st. urüta' konstrukce

**UNĚJŠÍ PODMÍNKY ROVNOUHY:**

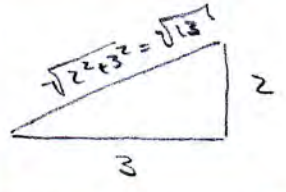
$\uparrow : A - 22,361 \cdot \sin 63,433^\circ - 15 - 10 = 0, \quad \boxed{A = 45 \text{ kN}}$   
 $\curvearrowright : -10 \cdot 3 - 15 \cdot 4 - 10 \cdot 7 + F \cdot 5 = 0, \quad \boxed{F = 32 \text{ kN}}$   
 $\rightarrow : 22,361 \cdot \cos 63,433^\circ - F - C = 0, \quad \boxed{C = -22 \text{ kN}}$

**STĚŇÍKOVÉ PODMÍNKY ROVNOUHY:**

$\text{a) } \begin{matrix} N_3 \uparrow \\ N_1 \rightarrow \\ 45 \uparrow \end{matrix} \rightarrow : \boxed{N_1 = 0}$   
 $\uparrow : N_3 + 45 = 0, \quad \boxed{N_3 = -45 \text{ kN}}$

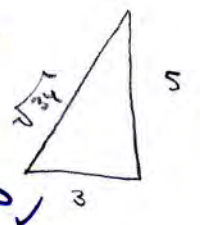
$\text{d) } \begin{matrix} 10 \rightarrow \\ 20 \downarrow \\ N_3 \uparrow \\ N_4 \rightarrow \\ -45 \downarrow \end{matrix} \uparrow : -20 - N_3 - N_4 \cdot \frac{3}{5} = 0, \quad \boxed{N_4 = 41,667 \text{ kN}}$   
 $\rightarrow : 10 + N_3 + N_4 \cdot \frac{4}{5} = 0, \quad \boxed{N_3 = -43,334 \text{ kN}}$

$\text{e) } \begin{matrix} -43,334 \downarrow \\ 15 \rightarrow \\ N_8 \leftarrow \\ N_5 \downarrow \\ N_4 \rightarrow \end{matrix} \rightarrow : -N_8 + N_4 \cdot \frac{3}{\sqrt{13}} = 0, \quad \boxed{N_4 = -52,081 \text{ kN}}$   
 $\uparrow : -15 - N_5 + N_4 \cdot \frac{2}{\sqrt{13}} = 0, \quad \boxed{N_5 = -43,889 \text{ kN}}$



$\text{c) } \begin{matrix} N_2 \uparrow \\ N_7 \leftarrow \\ -22 \leftarrow \end{matrix} \uparrow : \boxed{N_7 = 0}$   
 $\rightarrow : -N_2 + 22 = 0, \quad \boxed{N_2 = 22 \text{ kN}}$

$\text{f) } \begin{matrix} -52,081 \downarrow \\ 10 \downarrow \\ N_6 \leftarrow \\ 32 \rightarrow \\ N_7 = 0 \end{matrix} \uparrow : -N_7 - 10 - N_6 \cdot \frac{2}{\sqrt{13}} - N_9 \cdot \frac{5}{\sqrt{34}} = 0$   
 $\boxed{N_6 = 22,029 \text{ kN}}$



kontrola:  $\rightarrow : -32 - N_6 \cdot \frac{3}{\sqrt{34}} - N_9 \cdot \frac{3}{\sqrt{13}} \stackrel{?}{=} 0 \checkmark$

kontrola:

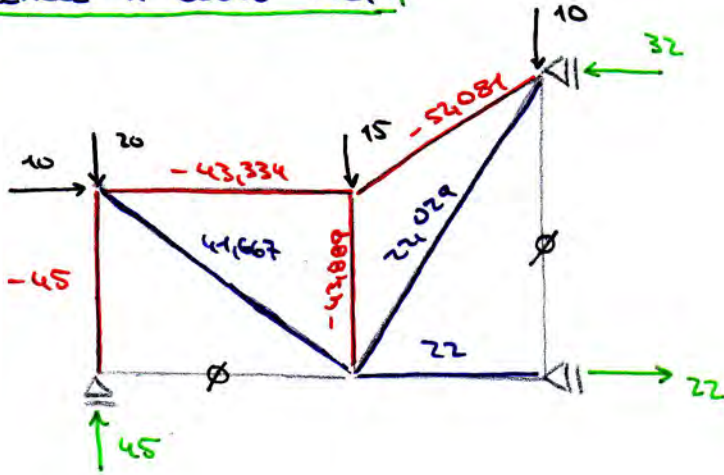
b



$$\uparrow : N_5 + N_4 \cdot \frac{3}{5} + N_6 \cdot \frac{5}{\sqrt{34}} \cdot \frac{1}{\sqrt{11}} = 0$$

$$\rightarrow : -N_1 + N_2 - N_4 \cdot \frac{4}{5} + N_6 \cdot \frac{3}{\sqrt{34}} \cdot \frac{1}{\sqrt{11}} = 0$$

UYSLEDNE REAKCE A OSOVE SILY:



LEGENDA:

- // tažene pruty
- // tlacene pruty
- // snežsi reakce
- // nulove pruty
- // snežsi taháky

UYPISANE OSOVE SILY

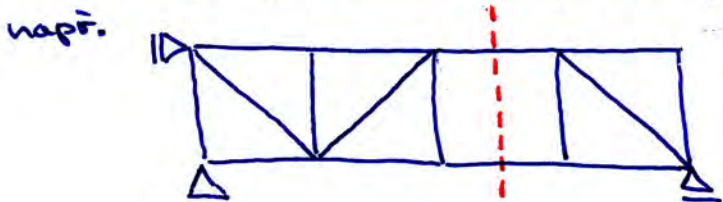
- $N_1 = 0$
- $N_2 = 22 \text{ kN}$  (TAH)
- $N_3 = -45 \text{ kN}$  (TLAK)
- $N_4 = 41,667 \text{ kN}$  (TAH)
- $N_5 = -43,889 \text{ kN}$  (TLAK)
- $N_6 = 22,029 \text{ kN}$  (TAH)
- $N_7 = 0$
- $N_8 = -43,334 \text{ kN}$  (TLAK)
- $N_9 = -52,081 \text{ kN}$  (TLAK)



**PŘÍHRADOVÉ KONSTRUKCE**  
**- METODA ŘEZŮ (PRŮSEČNÁ METODA)**

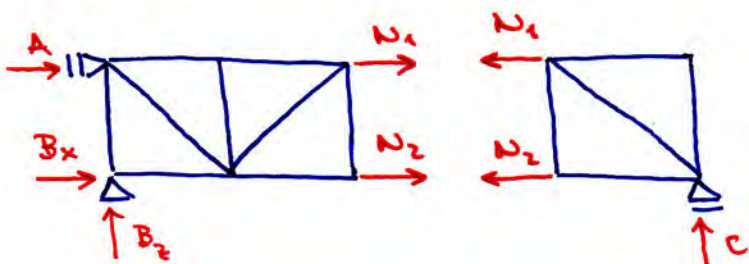
Hlavní myšlenka: myšleným řezem si rozdělíme konstrukci na dvě tuhé desky. U každé přefateme prutu zavedu osové síly a ty dopóčítáme ze silových a/nebo momentových podmínek rovnováhy.

Řez se snažíme vést přes pruty, které se stykají ve dvou styčnicích, u jedné je jeden prut, ve druhé dva styž ostatních prutů



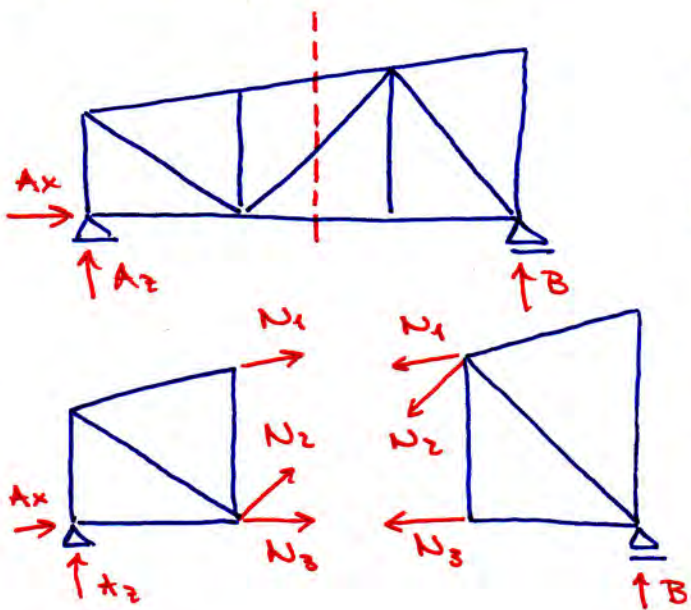
$$s = 10 \cdot 2 - 2 - 2 \cdot 1 - 16 \cdot 1 = 0$$

$\Delta$     $\Delta$     $\infty$



počet podmínek buď C  
 na pravé desce (ze soustavy podmínek rovnováhy dopóčítáme C) z momentové a pat vodorovné síly  $N_1$  a  $N_2$

nebo další příklad:



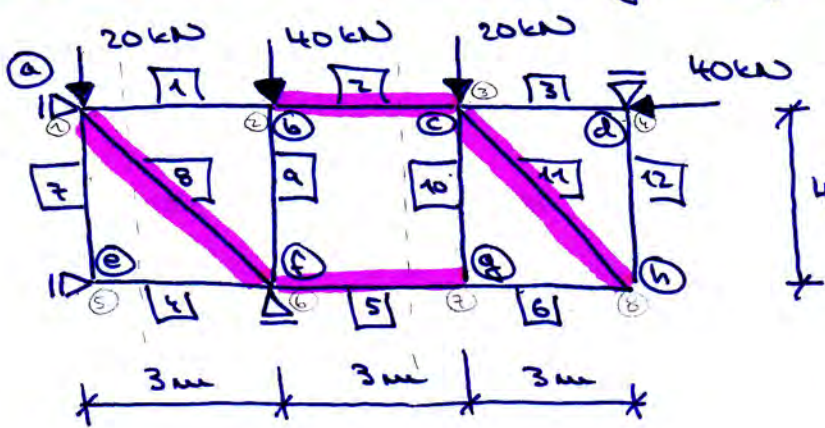
konstrukce je už staticky určita, proto můžeme spočítat rovnou všechny reakce  $A_x$ ,  $A_z$  a  $B$

na každé desce pat máme jen tři neznámé, které spočítáme ze tří podmínek rovnováhy (je jedno, kterou desku použijí)

Kdy se tato metoda ude?

- 1) Počet nemohne použít zjednodušenou styčkovou metodu (na konstrukci se nenachází dvojný styček).
- 2) Konstrukce je uě staticky neurčitá.
- 3) Potřebují spočítat síly jen v určitých prutech.
- 4) Nezávislá kontrola pro výsledky získané styčkovou metodou.

**Př.** Průřeznou metodou spočítejte síly ve vyznačených prutech.



- postup:
- 1) řez přes pruty 2 a 5
  - 2) řez přes 1, 8, 4 (sústla' podle vlevo)
  - 3) řez přes 3, 6, 11 (sústla' podle upravo, potřebují D)

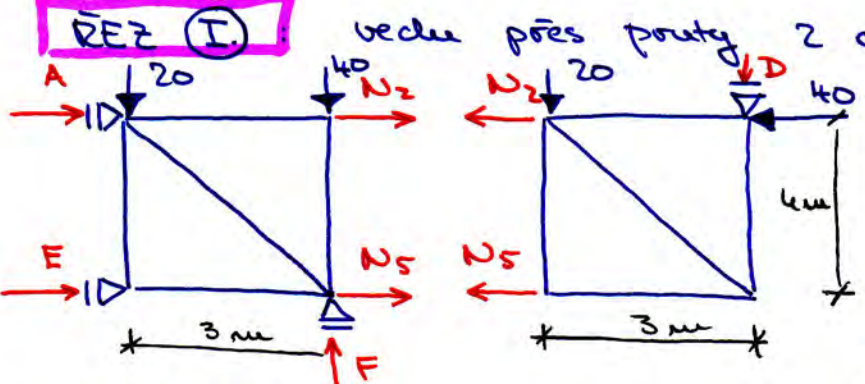
uějí statická určitost:

$S = 3 - 4 \cdot 1 = -1$  1x uě staticky neurčitá  
 → nelze rovnou určit reakce!

uutřní statická určitost:

$S = 8 \cdot 2 - 4 \cdot 1 - 12 \cdot 1 = 0$  uutřní staticky určitá  
 - lze použít průřeznou metodu

**ŘEZ I.**



na desce upravo jsou 3 neznámé (lze dopočítat přes 3 podmínky rovnováhy)  
 na desce vlevo lze spočítat F ze sústla' podm. a E z momentové

PRAVA' ČÁST:

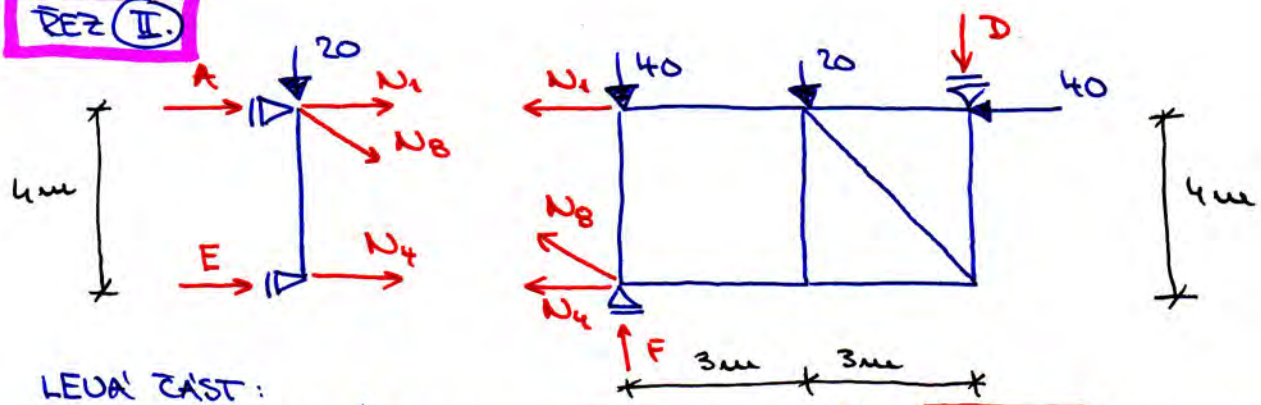
$\uparrow : -20 - D = 0, D = -20 \text{ kN}$   
 $\curvearrowleft : -N_5 \cdot 4 + 20 \cdot 3 = 0, N_5 = 15 \text{ kN (tah)}$   
 $\rightarrow : -N_2 - N_5 - 40 = 0, N_2 = -55 \text{ kN (tlak)}$

LEVA ČÁST:

(↑ : lze dopočítat F, pro příklad není potřeba)

(lze dopočítat i A a E, ale pro určení významných prutů a jejich osových sil není potřeba)

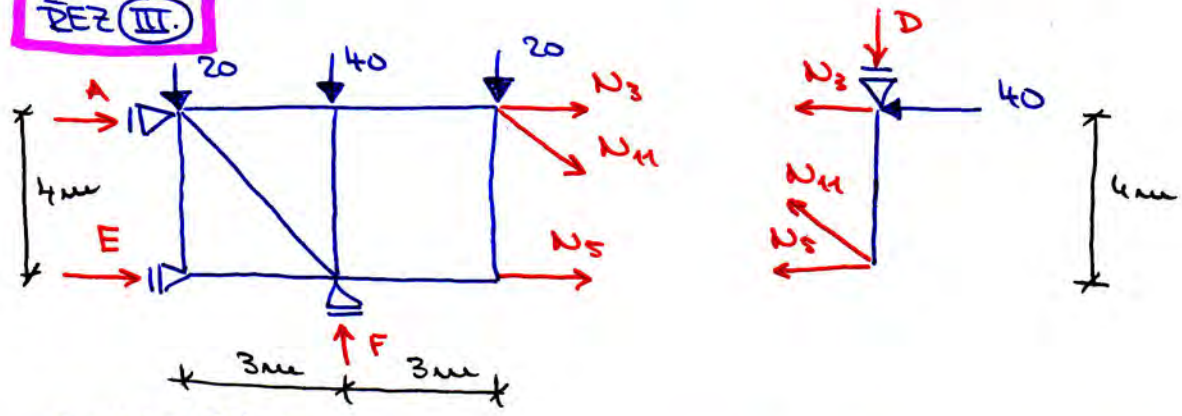
**ŘEZ II.**



LEVA ČÁST:

↑ :  $-20 - N_6 \cdot \frac{4}{5} = 0$  ,  $N_6 = -20 \cdot \frac{5}{4} = -25 \text{ kN}$  (TLAK)

**ŘEZ III.**

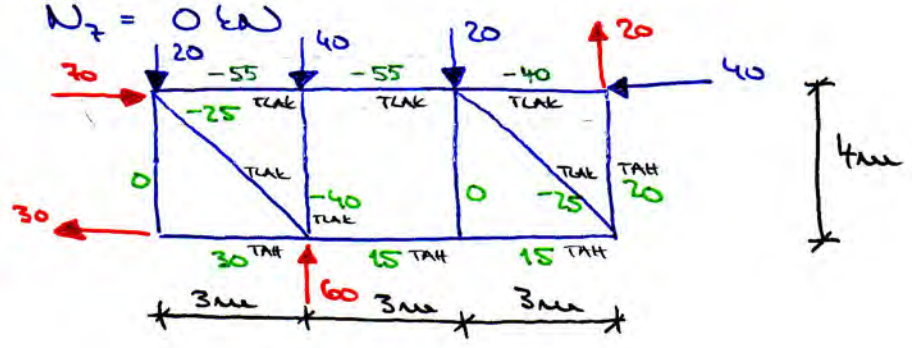


PRÁVA ČÁST:

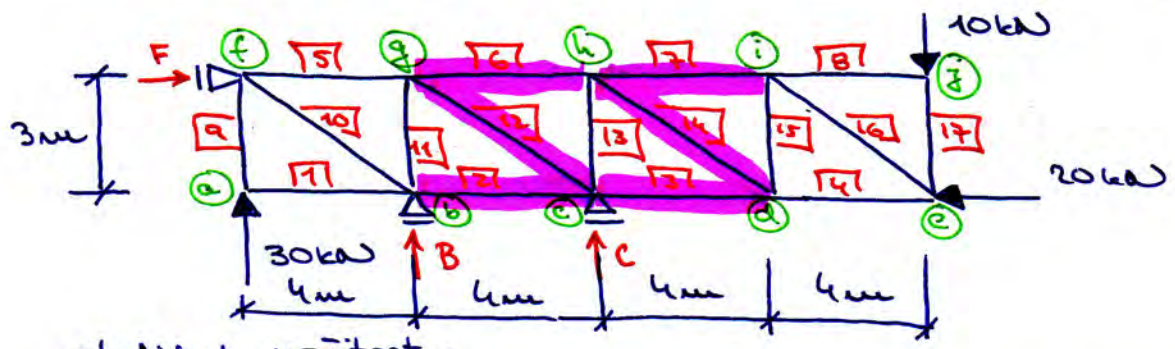
↑ :  $-D + N_9 \cdot \frac{4}{5} = 0$  ,  $N_9 = D \cdot \frac{5}{4} = -20 \cdot \frac{5}{4} = -25 \text{ kN}$  (TLAK)

(ostatní výsledky, posud byste počítali celý příklad : )

- $N_1 = -55 \text{ kN}$        $N_8 = -25 \text{ kN}$        $A = 70 \text{ kN}$
- $N_3 = -40 \text{ kN}$        $N_9 = -40 \text{ kN}$        $E = -30 \text{ kN}$
- $N_4 = 30 \text{ kN}$        $N_{10} = 0 \text{ kN}$        $F = 60 \text{ kN}$
- $N_6 = 15 \text{ kN}$        $N_{12} = 20 \text{ kN}$
- $N_7 = 0 \text{ kN}$



Pr. Ue vyznačených prutech konstrukce určete hodnoty osových sil.

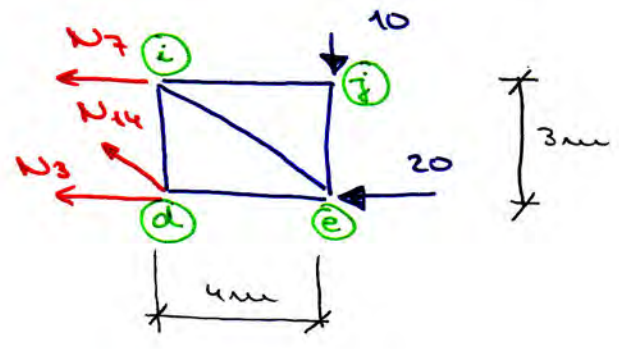
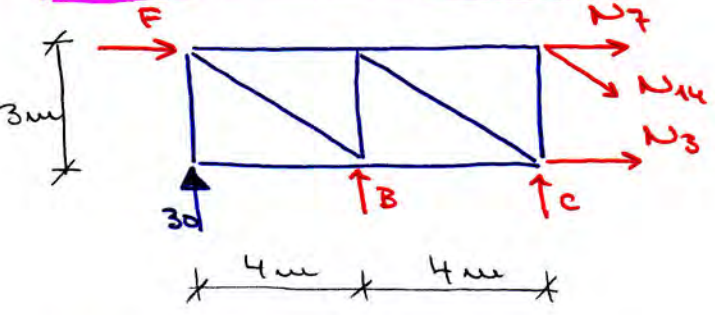


statická rovnost:

$$S = 10 \cdot 2 - 3 \cdot 1 - 17 \cdot 1 = 0$$

konstrukce je uvnitř staticky určitá

**ŘEZ PŘES PRUTY 3, 7, 14**



Prava část:

$$\uparrow : -10 + N_{14} \cdot \frac{3}{5} = 0$$

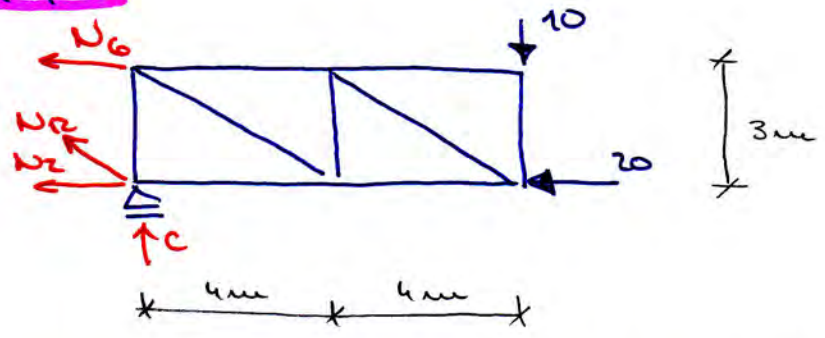
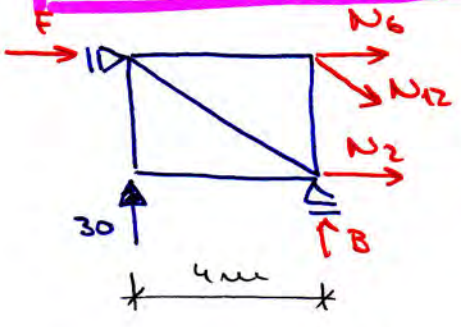
$$N_{14} = 16,667 \text{ kN}$$

$$\curvearrowleft : N_7 \cdot 3 - 10 \cdot 4 = 0$$

$$N_7 = 13,333 \text{ kN}$$

$$\rightarrow : -N_7 - N_3 - N_{14} \cdot \frac{4}{5} - 20 = 0, \quad N_3 = -46,667 \text{ kN}$$

**ŘEZ PŘES PRUTY 2, 6, 12**



celá konstrukce:  $\curvearrowleft : -30 \cdot 4 - 10 \cdot 12 - 20 \cdot 3 + c \cdot 4 = 0, \quad c = 75 \text{ kN}$

Prava část:

$$\uparrow : -10 - N_{12} \cdot \frac{3}{5} + c = 0$$

$$N_{12} = -108,333 \text{ kN}$$

$$\curvearrowleft : -10 \cdot 8 + N_6 \cdot 3 = 0$$

$$N_6 = 26,667 \text{ kN}$$

$$\rightarrow : -20 - N_6 - N_2 - N_{12} \cdot \frac{4}{5} = 0, \quad N_2 = 40 \text{ kN}$$

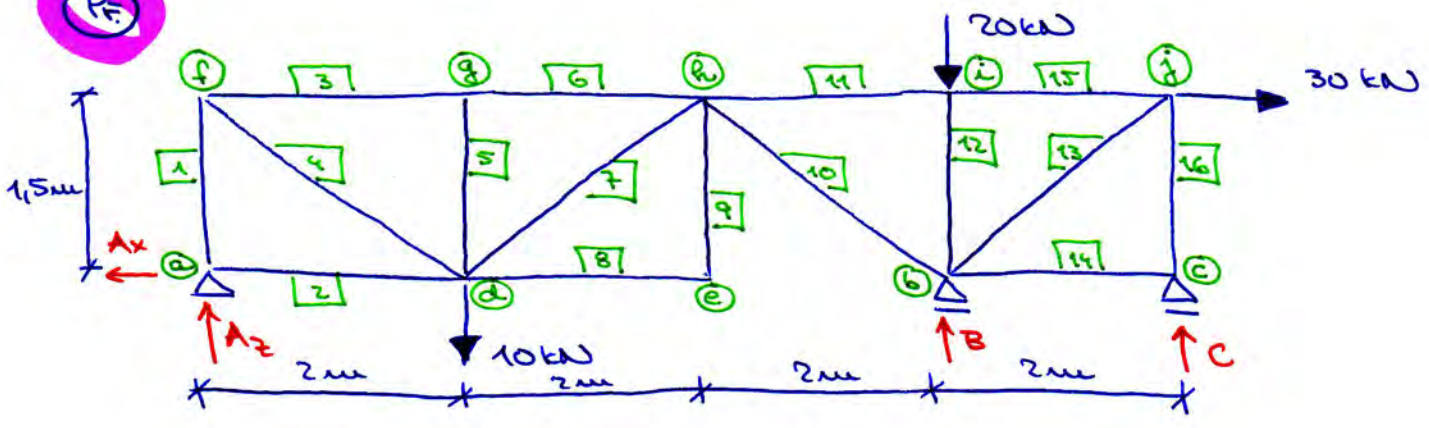
na proučevém spočítejte i ostatní osové síly a reakce



**KOMBINACE STYČNÍKOVÉ A PRŮSEČNÉ METODY**

- lze použít pro výpočet složitějších konstrukcí
- obvyklý postup:
  - 1) Určíme vnější reakce (je-li to možné).
  - 2) Rovnou určíme hodnoty osových sil, u kterých to lze.
  - 3) U vybraných prutů určíme osové síly průsečnou metodou.
  - 4) Zbytek dopočítáme styčnickovou metodou.
  - 5) kontrolu provedeme na nepoužitých podmínkách styčnickové metody a (nebo průsečnou metodou).

P<sub>F</sub>



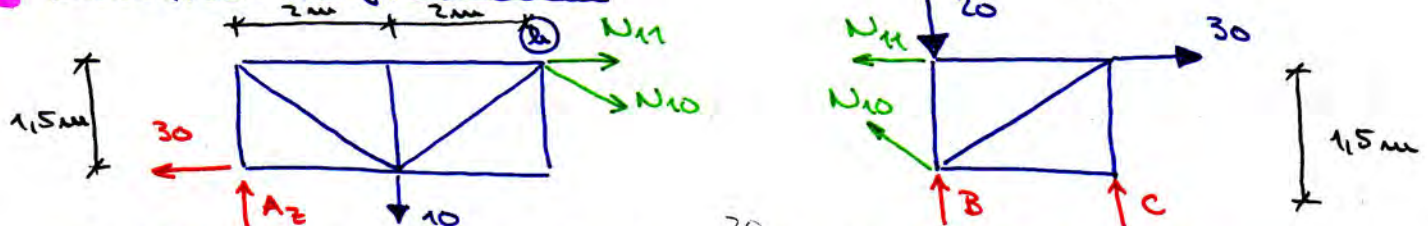
statická určitost:

$S = 10 \cdot 2 - 16 \cdot 1 - 2 - 2 \cdot 1 = 0$  určitě staticky určitá konstrukce

1) Vnější podmínky rovnováhy:  
 $\rightarrow : -A_x + 30 = 0 \quad \boxed{A_x = 30 \text{ kN}}$

2) Nulové pruty:  $\boxed{N_5, N_8, N_9, N_{14}}$   
 Síly, co se dají určit z uvažou:  $\boxed{N_2 = A_x = 30 \text{ kN}}$  (tah)  
 $\boxed{N_{12} = -20 \text{ kN}}$  (tlak)

3) Rěz přes pruty 10 a 11



LEVA ČÁST:  $\circlearrowleft \text{ @ h} : -30 \cdot 1,5 - A_z \cdot 4 + 10 \cdot 2 = 0 \quad \boxed{A_z = -6,25 \text{ kN}}$

potvrzování:

$$\uparrow : A_2 - 10 - N_{10} \cdot \frac{1,5}{2,5} = 0 \quad (N_{10} = -27,083 \text{ kN})$$

$$\rightarrow : -30 + N_{10} \cdot \frac{2}{2,5} + N_{11} = 0 \quad (N_{11} = 51,666 \text{ kN})$$

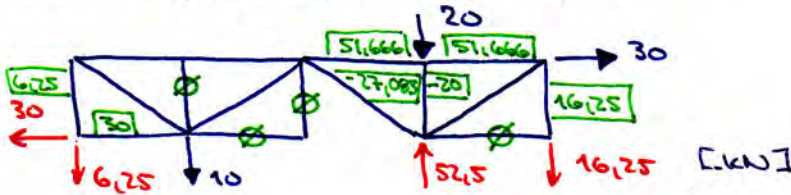
PRAVA ČÁST:

$$\curvearrowleft : -30 \cdot 1,5 + C \cdot 2 + N_{11} \cdot 1,5 = 0 \quad (C = -16,25 \text{ kN})$$

$$\uparrow : B + C - 20 + N_{10} \cdot \frac{1,5}{2,5} = 0 \quad (B = 52,5 \text{ kN})$$

kontrola:  $\rightarrow : 30 - N_{11} - N_{10} \cdot \frac{2}{2,5} \stackrel{?}{=} 0$

rekapitulace toho, co už máme spočítáno:



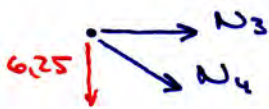
2) Další rovnice určitelné prvky z užitím:

$$N_{16} = 16,25 \text{ kN}$$

$$N_{15} = 51,666 \text{ kN}$$

$$N_4 = 6,25 \text{ kN}$$

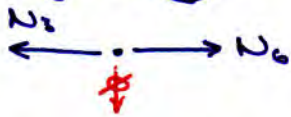
4) Středník (f)



$$\uparrow : -6,25 - N_4 \cdot \frac{1,5}{2,5} = 0 \quad (N_4 = -10,417 \text{ kN})$$

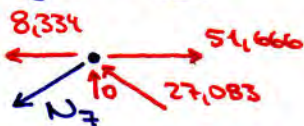
$$\rightarrow : N_3 + N_4 \cdot \frac{2}{2,5} = 0 \quad (N_3 = 8,334 \text{ kN})$$

Středník (g)



$$\rightarrow : N_6 - N_3 = 0 \quad (N_6 = 8,334 \text{ kN})$$

Středník (h)



$$\uparrow : -N_7 \cdot \frac{1,5}{2,5} + 27,083 \cdot \frac{1,5}{2,5} = 0 \quad (N_7 = 27,083 \text{ kN})$$

kontrola:  $\rightarrow : 51,666 - 8,334 - 27,083 \cdot \frac{2}{2,5} - 27,083 \cdot \frac{2}{2,5} \stackrel{?}{=} 0$

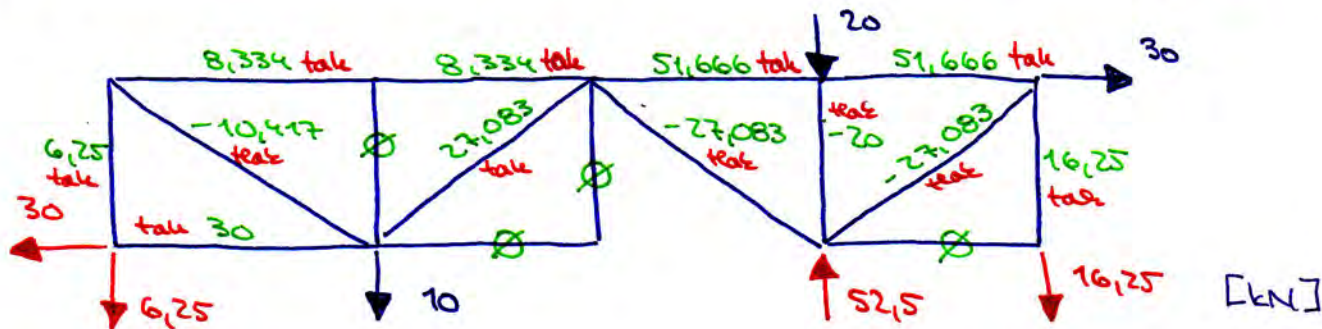
Středník (i)



$$\uparrow : -16,25 - N_{13} \cdot \frac{1,5}{2,5} = 0 \quad (N_{13} = -27,083 \text{ kN})$$

kontrola:  $\rightarrow : 30 - 51,666 - N_{13} \cdot \frac{2}{2,5} \stackrel{?}{=} 0$

Ujzledet



Kontrola přes uvažt podmínku rovnováhy:  
 $\uparrow: -6,25 - 10 - 20 + 52,5 - 16,25 \stackrel{?}{=} 0$

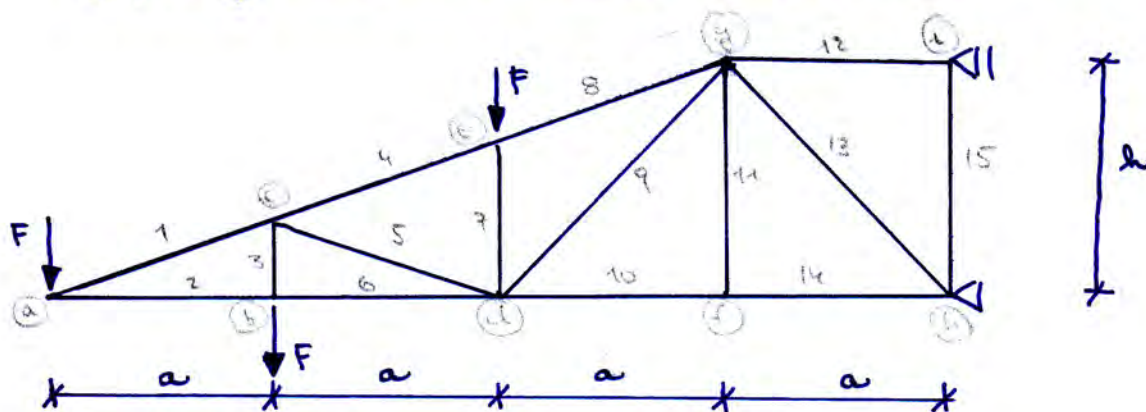
Řez přes pruty 2 a 4:



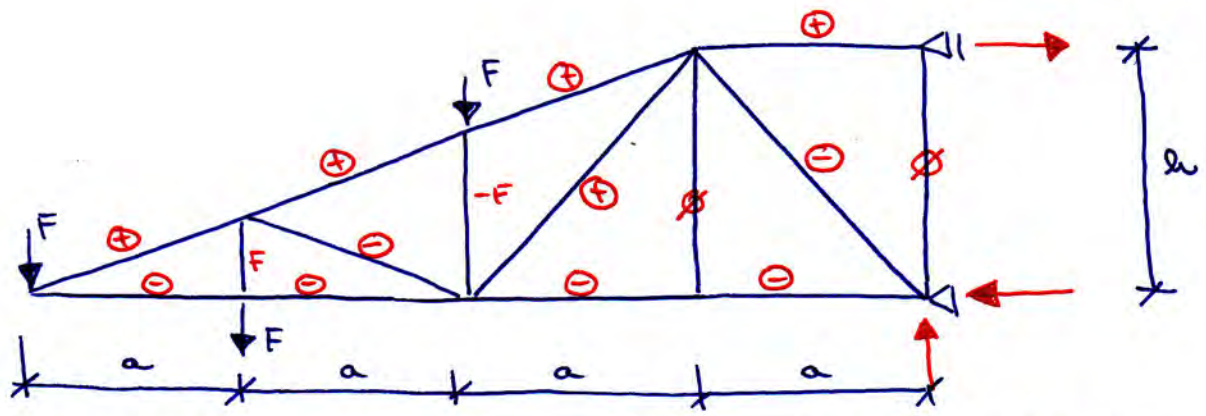
$\rightarrow: 30 - 30 + 8,334 - 10,417 \cdot \frac{2}{2,5} \stackrel{?}{=} 0$

**Př.** Bez použití kontrolních hodnot u zadane příkladove konstrukce

- a) načrtněte uvažt reakce (sípkou označe směr a orientaci, nulové reakce označe 0);
- b) pruty, kde je osova síla rovna nule, označe Ø;
- c) pruty, kde je osova síla tahova, označe ⊕;
- d) pruty, kde je osova síla tlakova, označe ⊖;
- e) pruty namáhané tahovou osovou silou označe F;
- f) pruty namáhané tlakovou osovou silou označe -F.

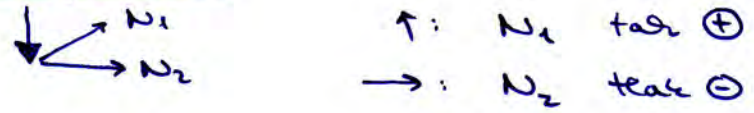






uvějíz podmínky rovnováhy prozradí orientace os:   
 $z \updownarrow$ :  $E_z$  směrem nahoru   
 $z \leftarrow \rightarrow$ :  $F$  směrem zleva doprava   
 $z \leftrightarrow$ :  $E_x$  směrem zprava doleva

středník (a)



$\uparrow$ :  $N_1$  tah  $\oplus$    
 $\rightarrow$ :  $N_2$  tlak  $\ominus$

středník (b) :  $\uparrow$ :  $N_3 = F$  ;  $\rightarrow$ :  $N_6$  tah

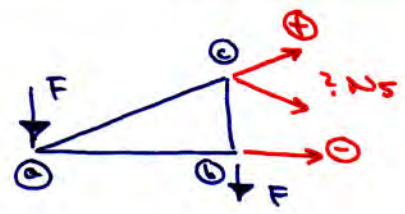
středník (f) :  $\rightarrow$ :  $N_{12} \oplus$  ,  $\uparrow$ :  $N_{15} = \emptyset$

úvaha: • konstrukce se chová jako konzola, proto bude celý horní pás kvůli systému zatížení orientovanému směrem dolů tažený  $\oplus$    
 • dole bude celý spodní pás tlakový  $\ominus$

středník (h) :  $\downarrow$ :  $N_7 = -F$

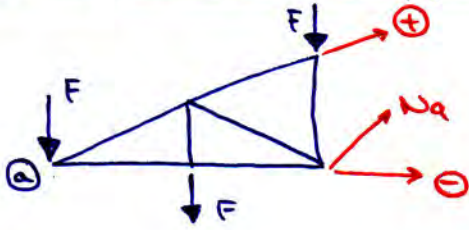
středník (f) :  $\uparrow$ :  $N_{11} = 0$

metoda řetů přes pruty 4, 5 a 6



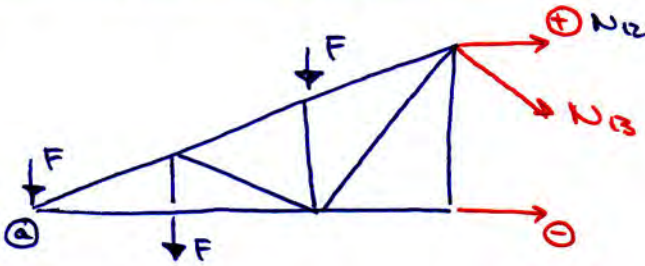
rovnice sil jsou kladna čísla   
 $\curvearrowright a : -N_5 \cdot r_1 - F \cdot r_2 = 0 \Rightarrow N_5 = \ominus$

metoda řezu přes pruty 8, 9, 10



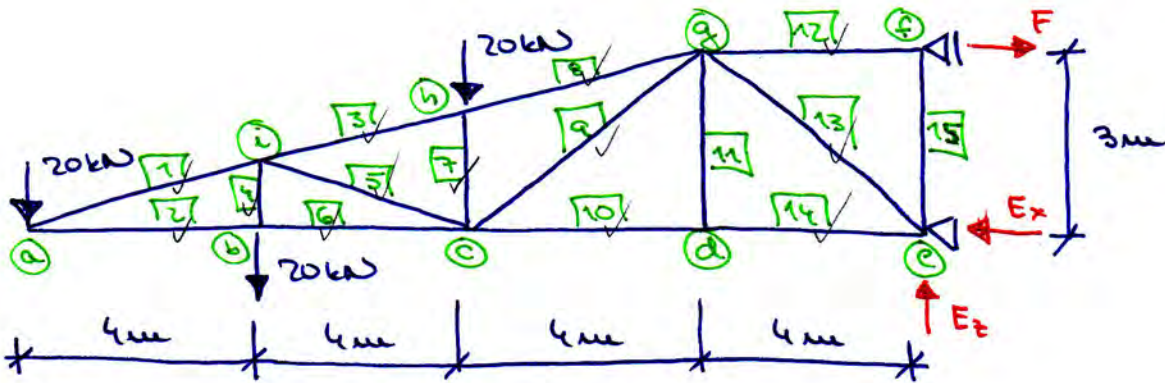
$$\begin{aligned} \sum \mathcal{M} : N_8 \cdot r_1 - F \cdot r_2 - F \cdot r_3 &= 0 \\ \Rightarrow N_8 &= \oplus \end{aligned}$$

metoda řezu přes pruty 12, 13, 14



$$\begin{aligned} \sum \mathcal{M} : -F \cdot r_1 - F \cdot r_2 - N_{12} \cdot r_3 - \\ - N_{13} \cdot r_4 &= 0 \\ \Rightarrow N_{13} &= \ominus \end{aligned}$$

**Př.** Určete všechny osové síly a reakce na zadání konstrukci.



$$s = 2 \cdot 9 - 1 - 2 - 15 \cdot 1 = 0 \quad \text{vnitřně stat. určitá konstrukce}$$

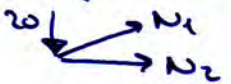
Uvažte podmínky rovnováhy:

$$\uparrow : -3 \cdot 20 + E_z = 0 \quad \boxed{E_z = 60 \text{ kN}}$$

$$\curvearrow : 20 \cdot 4 \cdot 4 + 20 \cdot 3 \cdot 4 + 20 \cdot 2 \cdot 4 - F \cdot 3 = 0 \quad \boxed{F = 240 \text{ kN}}$$

$$\rightarrow : F - E_x = 0 \quad \boxed{E_x = 240 \text{ kN}}$$

skládání a



$$\uparrow : -20 + N_1 \cdot \frac{1}{\sqrt{17}} = 0 \quad \boxed{N_1 = 82,462 \text{ kN}}$$

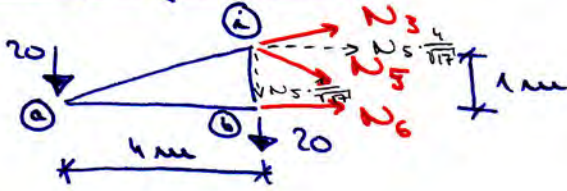
$$\rightarrow : N_2 + N_1 \cdot \frac{4}{\sqrt{17}} = 0 \quad \boxed{N_2 = -80 \text{ kN}}$$

styczeń (b)



$$\begin{aligned} \uparrow &: N_4 = 20 \text{ kN} \\ \rightarrow &: N_6 = -80 \text{ kN} \end{aligned}$$

Reż pruty 3, 5, 6:



$$\curvearrow a) : -20 \cdot 4 - N_5 \cdot \frac{4}{\sqrt{17}} \cdot 1 - N_5 \cdot \frac{1}{\sqrt{17}} \cdot 4 = 0$$

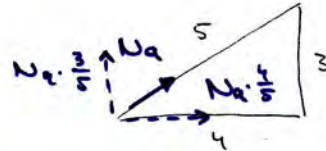
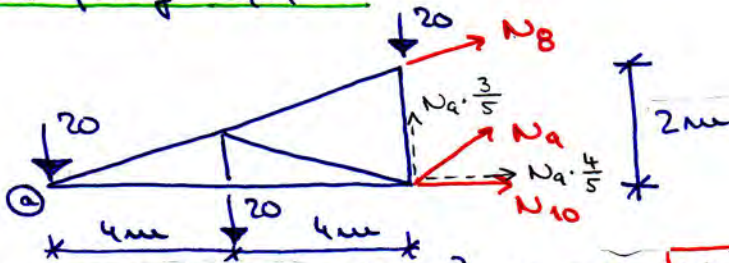
$$N_5 = -41,231 \text{ kN}$$

$$\uparrow : N_3 \cdot \frac{1}{\sqrt{17}} - N_5 \cdot \frac{1}{\sqrt{17}} - 2 \cdot 20 = 0$$

$$N_3 = 123,693 \text{ kN}$$

$$\rightarrow : N_3 \cdot \frac{4}{\sqrt{17}} + N_5 \cdot \frac{4}{\sqrt{17}} + N_6 \stackrel{?}{=} 0$$

Reż pruty 8, 9, 10:



$$\curvearrow a) : -20 \cdot 4 - 20 \cdot 8 + N_a \cdot \frac{3}{5} \cdot 8 = 0, N_a = 50 \text{ kN}$$

$$\uparrow : -20 \cdot 3 + N_8 \cdot \frac{1}{\sqrt{17}} + N_a \cdot \frac{3}{5} = 0, N_8 = 123,693 \text{ kN}$$

$$\rightarrow : N_8 \cdot \frac{4}{\sqrt{17}} + N_a \cdot \frac{4}{5} + N_{10} = 0, N_{10} = -160 \text{ kN}$$

Reż pruty 12, 13, 14:

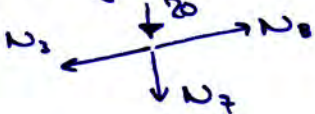


$$\uparrow : -20 \cdot 3 - N_{12} \cdot \frac{3}{5} = 0, N_{12} = -100 \text{ kN}$$

$$\curvearrow g) : +20 \cdot 12 + 20 \cdot 8 + 20 \cdot 4 + N_{14} \cdot 3 = 0, N_{14} = -160 \text{ kN}$$

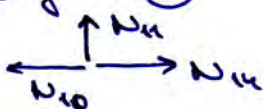
$$\rightarrow : N_{12} + N_{12} \cdot \frac{4}{5} + N_{14} = 0, N_{12} = 240 \text{ kN}$$

styczeń (g)



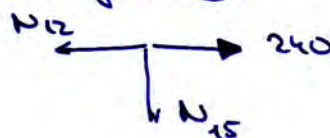
$$\uparrow : -20 - N_7 - N_3 \cdot \frac{1}{\sqrt{17}} + N_8 \cdot \frac{1}{\sqrt{17}} = 0, N_7 = -20 \text{ kN}$$

styczeń (d)

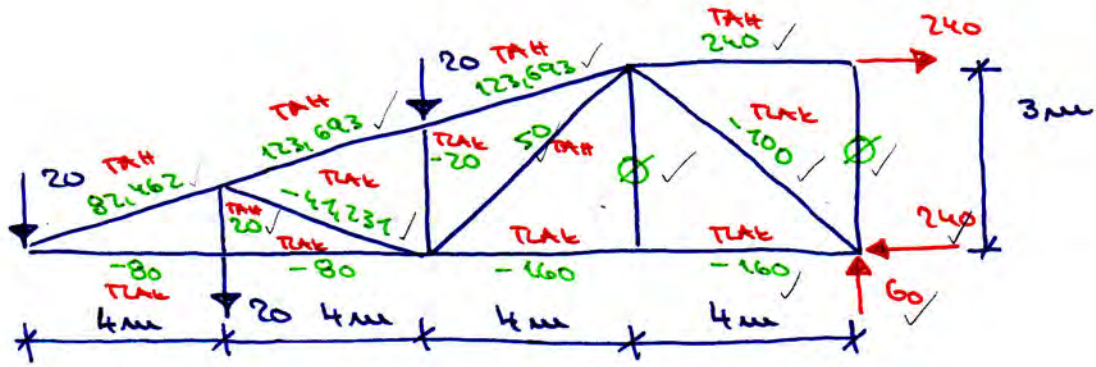


$$\uparrow : N_{11} = 0$$

styczeń (f)

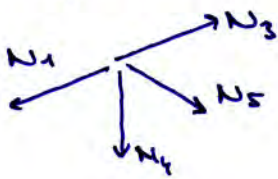


$$\uparrow : N_{15} = 0$$



kontrola štyčnkovou metódou:

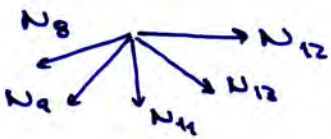
štyčnk (i)



$$\rightarrow : -N_1 \cdot \frac{4}{\sqrt{17}} + N_3 \cdot \frac{4}{\sqrt{17}} + N_5 \cdot \frac{4}{\sqrt{17}} \stackrel{?}{=} 0 \checkmark$$

$$\uparrow : -N_4 - N_5 \cdot \frac{1}{\sqrt{17}} + N_3 \cdot \frac{1}{\sqrt{17}} - N_1 \cdot \frac{1}{\sqrt{17}} \stackrel{?}{=} 0 \checkmark$$

štyčnk (ii)



$$\uparrow : -N_8 - N_9 \cdot \frac{1}{\sqrt{17}} - N_{11} \cdot \frac{3}{5} - N_{12} \cdot \frac{3}{5} \stackrel{?}{=} 0 \checkmark$$

$$\rightarrow : N_{10} + N_{11} \cdot \frac{4}{5} - N_9 \cdot \frac{4}{5} - N_8 \cdot \frac{4}{\sqrt{17}} \stackrel{?}{=} 0 \checkmark$$

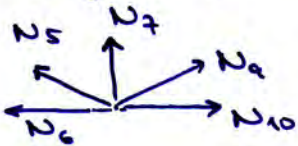
štyčnk (iii)



$$\uparrow : N_{15} + 60 + N_{13} \cdot \frac{3}{5} \stackrel{?}{=} 0 \checkmark$$

$$\rightarrow : -N_{14} - 240 - N_{13} \cdot \frac{4}{5} \stackrel{?}{=} 0 \checkmark$$

štyčnk (iv)

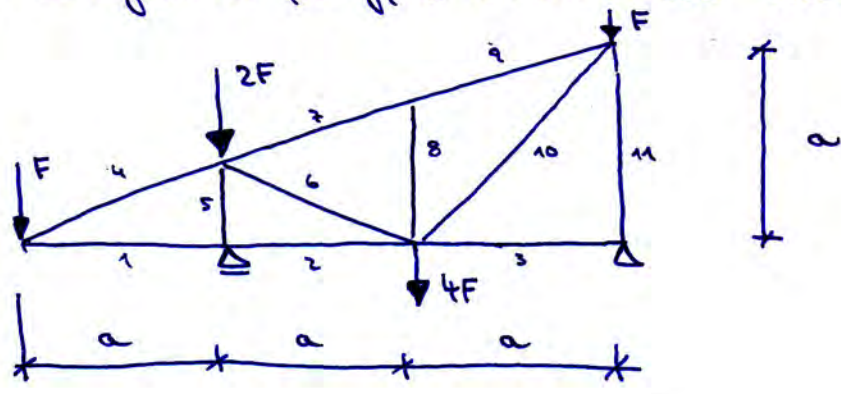


$$\uparrow : N_7 + N_5 \cdot \frac{1}{\sqrt{17}} + N_9 \cdot \frac{3}{5} \stackrel{?}{=} 0 \checkmark$$

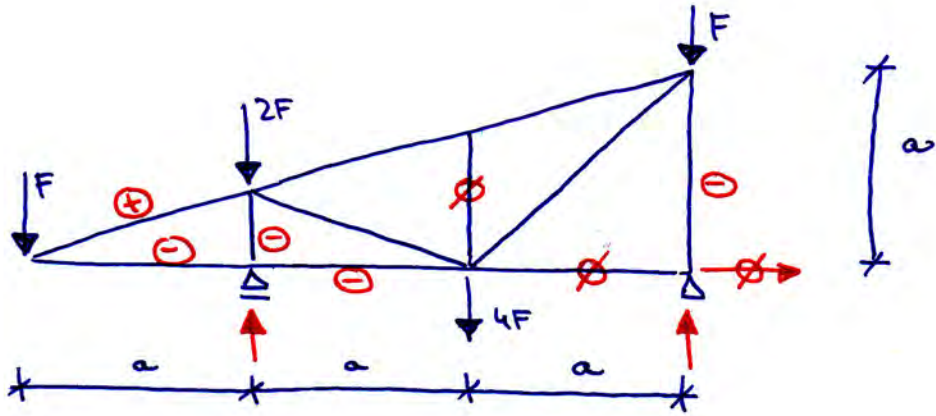
$$\rightarrow : -N_6 - N_5 \cdot \frac{4}{\sqrt{17}} + N_9 \cdot \frac{4}{5} + N_{10} \stackrel{?}{=} 0 \checkmark$$

Pf.

Bez počítače uvoďte správné znaménky a orientáciu reakcií na základe príhradovej konštrukcie, u prutej uvoďte tak  $\oplus$ , tak  $\ominus$  a uvoďte pruty, ve kt. nevzniká žiadna síla  $\emptyset$ .

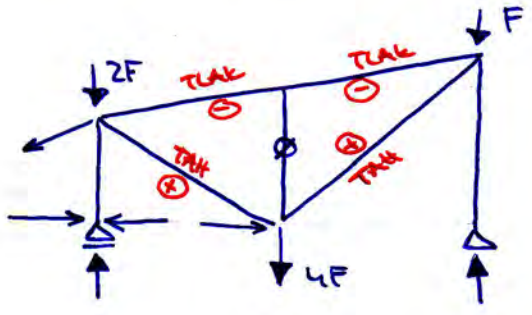


Řešení:

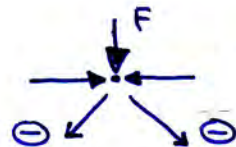
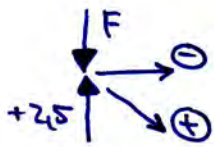
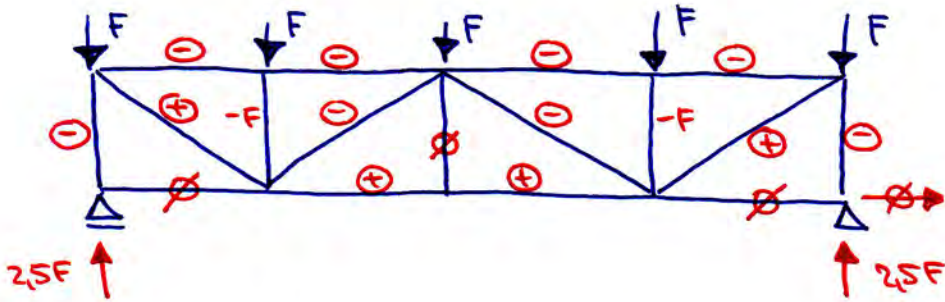
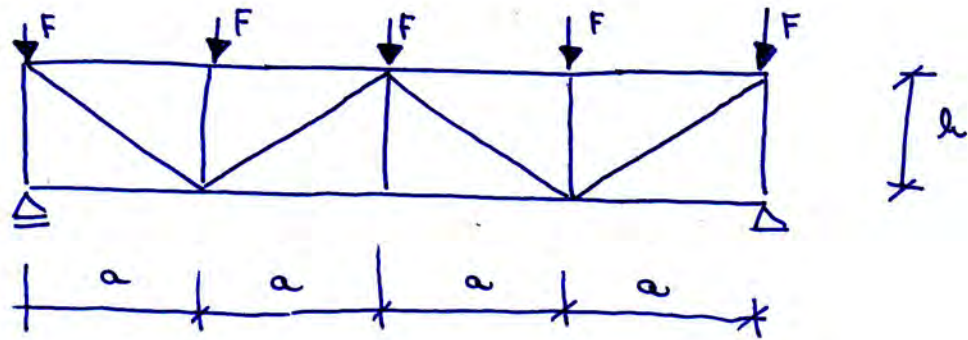


Postup:

- 1) Uvoďte reakcie
- 2) Osobné sily:  $N_4, N_1, N_8, N_3, N_{11}, N_5, N_2$



PF

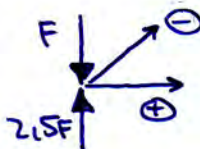
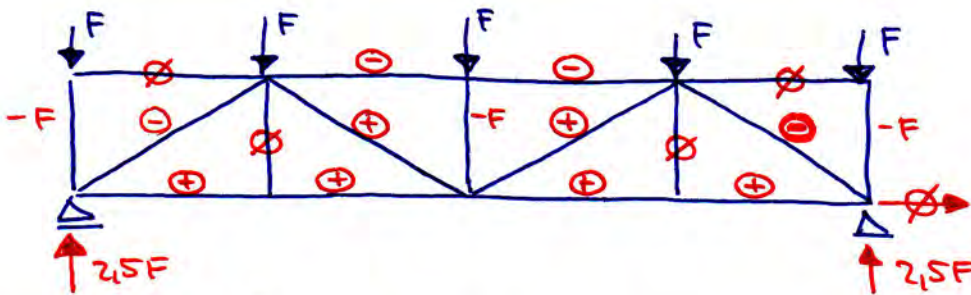
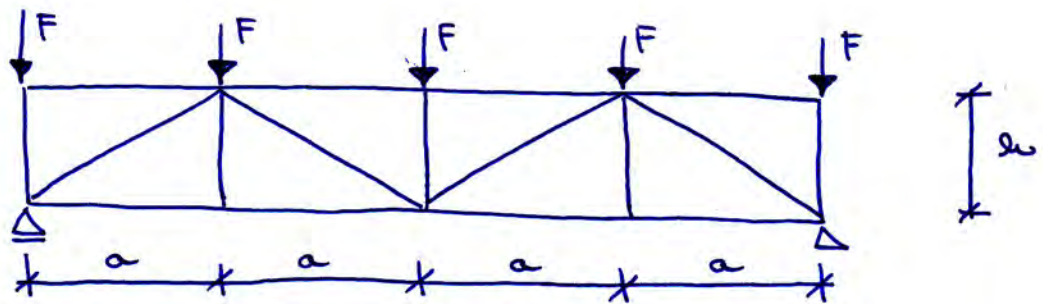


$$\uparrow : -F - ? - ? = 0$$

$$\Rightarrow ? = \ominus$$

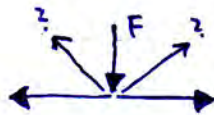
$$\rightarrow : ? = \oplus$$

PF



$$\uparrow : \ominus$$

$$\rightarrow : \oplus$$



$$\uparrow : -F + ? + ? = 0$$

$$\Rightarrow ? = \oplus$$

$$\rightarrow : \oplus + \oplus + ? = 0$$

$$\Rightarrow ? = \ominus$$