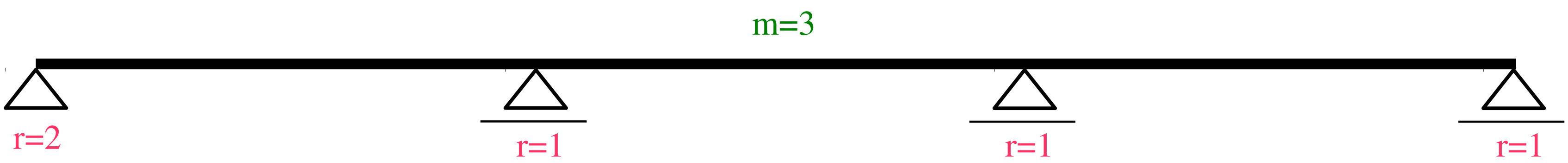
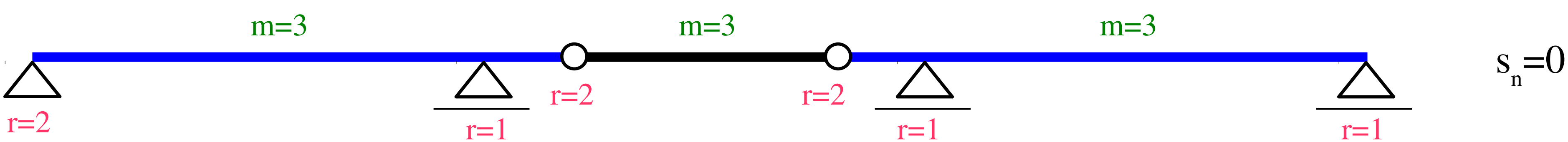
Gerberovy nosníky

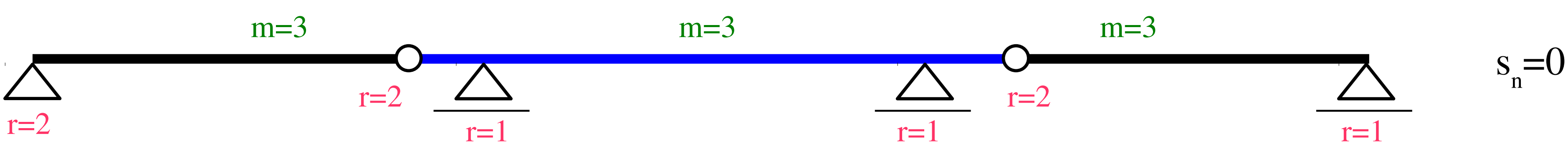
- Spojitý nosník je staticky neurčitý o stupni statické určitosti $s_n = r\text{-}3$, r je celkový počet vnějších vazeb



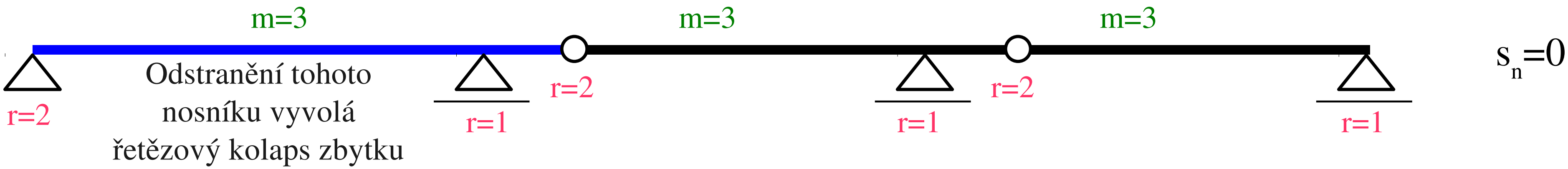
s_n = 2, 2x staticky neurčitý spojitý nosník

- Vhodným vložením kloubů vznikne složená, staticky určitá soustava, tvořená **nesoucími** a **nesenými** nosníky, tzv. Gerberův nosník



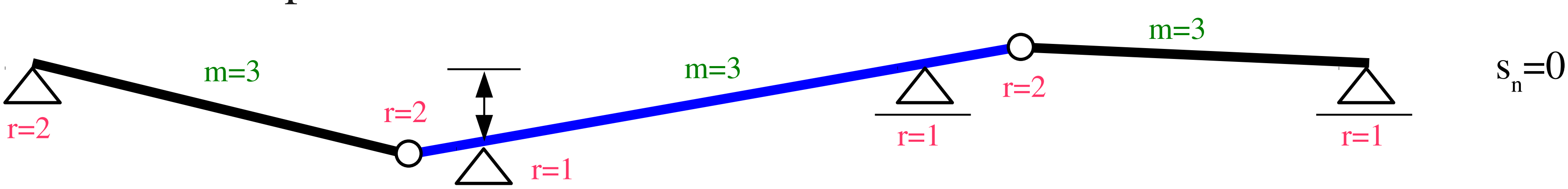


- Nevhodné uspořádání kloubů může vést k řetězovému kolapsu



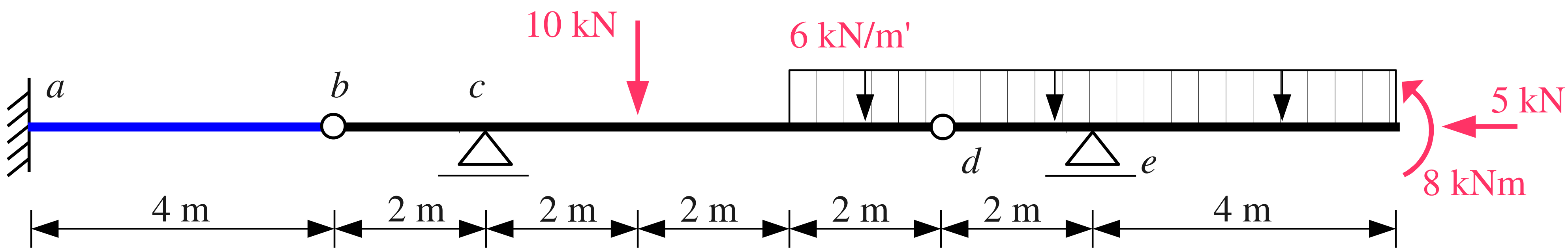
- Při vkládání kloubů nesmí vzniknout kinematický mechanismus, který vede na výjimkový případ (determinant soustavy = 0)

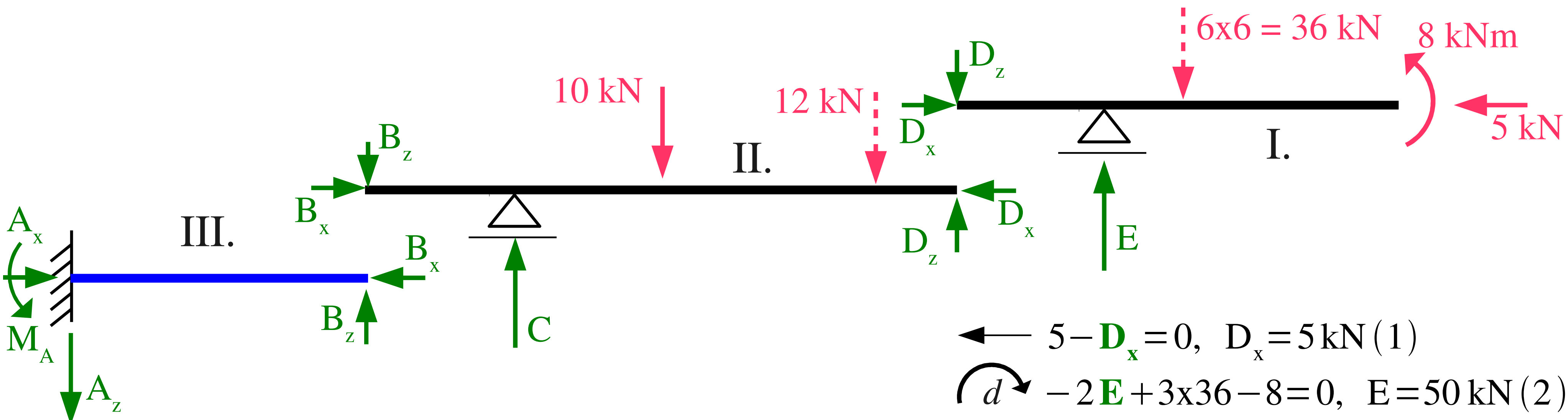
- Narozdíl od spojitých nosníků jsou Gerberovy nosníky staticky určité, tedy jsou odolné vůči podklesům podpor či účinkům teploty – použití na nestabilním i poddolovaném území



- Výpočet začíná od **nesených** částí směrem k **nesoucím**, vodorovné reakce lze určit z celku

Určete reakce a síly v kloubech Gerberova nosníku





$\leftarrow$ $5-\mathbf{D_x}=0,\quad D_x=5\,\mathrm{kN}\,(1)$

$\curvearrowright d$ $-2\,\mathbf{E}+3\mathrm{x}36-8=0,\quad E=50\,\mathrm{kN}\,(2)$

$\curvearrowright e$ $-2\,\mathbf{D_z}+1\mathrm{x}36-8=0,\quad D_z=14\,\mathrm{kN}\,(3)$

$\downarrow$ $\mathbf{K}: D_z+36-E=0\,\mathrm{kN}$, O.K.

$\rightarrow$ $\mathbf{A_x}-B_x=0,\quad A_x=5\,\mathrm{kN}\,(7)$

$\downarrow$ $\mathbf{A_z}-B_z=0,\quad A_z=-2\,\mathrm{kN}\,(8)$

$\curvearrowleft a$ $\mathbf{M_A}+4\,B_z=0,\quad M_A=8\,\mathrm{kNm}\,(9)$

$\rightarrow$ $\mathbf{B_x}-D_x=0,\quad B_x=5\,\mathrm{kN}\,(4)$

$\curvearrowright b$ $-2\,\mathbf{C}+4\mathrm{x}10+7\mathrm{x}12-8\,D_z=0,\quad C=6\,\mathrm{kN}\,(5)$

$\curvearrowright c$ $-2\,\mathbf{B_z}+2\mathrm{x}10+5\mathrm{x}12-6\,D_z=0,\quad B_z=-2\,\mathrm{kN}\,(6)$

$\downarrow$ $\mathbf{K}: B_z-C+10+12-D_z=0\,\mathrm{kN}$, O.K.

$\uparrow$ $\mathbf{K}: -A_z+C-10-12+E-36=0\,\mathrm{kN}$, O.K.

$\rightarrow$ $\mathbf{K}: A_x-5=0\,\mathrm{kN}$, O.K.

Příhradové konstrukce - základní charakteristika

- Konstrukce je vytvořena z přímých prutů
- Pruty jsou navzájem pospojovány v bodech – styčnících
- Vzájemné spojení prutů se ve všech styčnících předpokládá kloubové (obvykle vícenásobný kloub), klouby se často do statických modelů nekreslí
- Soustava je podepřena jen vnějšími vazbami, které zabraňují pouze posunu, a to výhradně ve styčnících

Detail styčníku zastřešení haly Sazka, Praha, foto: autor

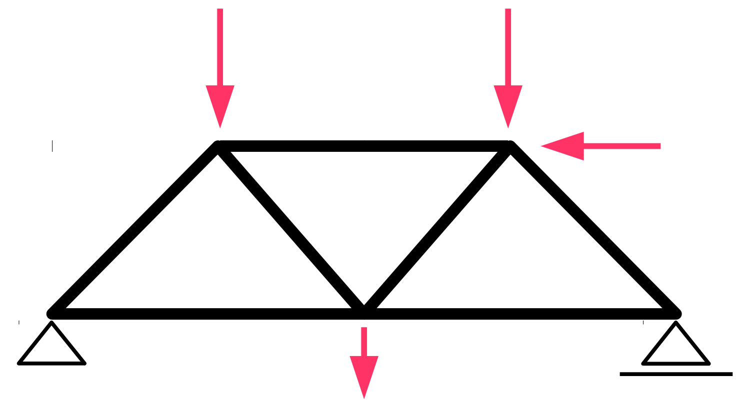
Příklady příhradových konstrukcí

Nosná konstrukce eskalátoru metra, Dejvická

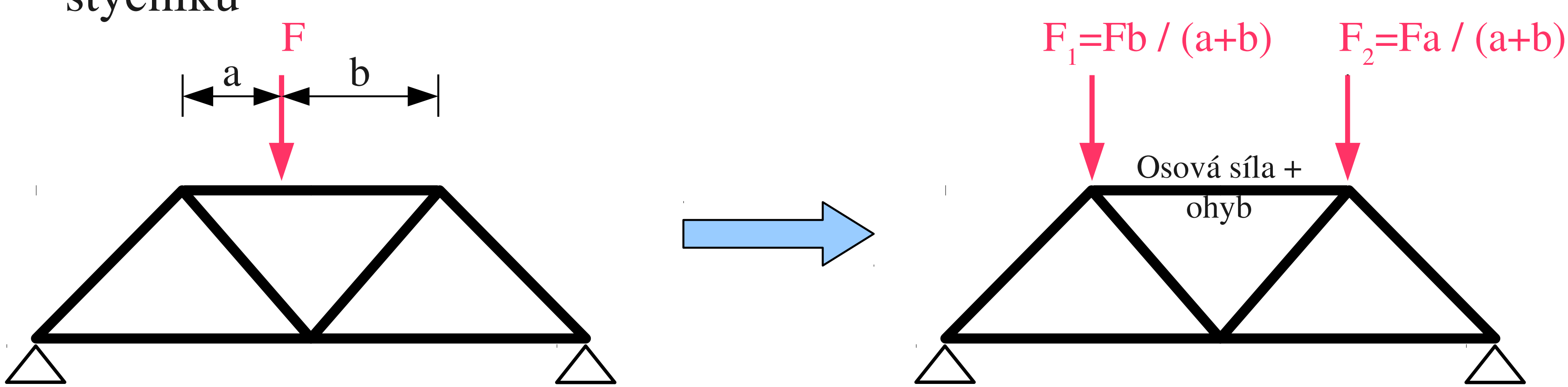
Střešní vazníky, materiál Střediska výroby vazníků v Brně

Železniční příhradový most na trati Plesná, st. hranice – Cheb, 1998

- Příhradové konstrukce
  - Prostorové
  - Rovinné – všechny pruty i zatížení leží v jedné rovině
- Zatížení
  - <u>Styčníkové</u> – vznikají pouze osové síly

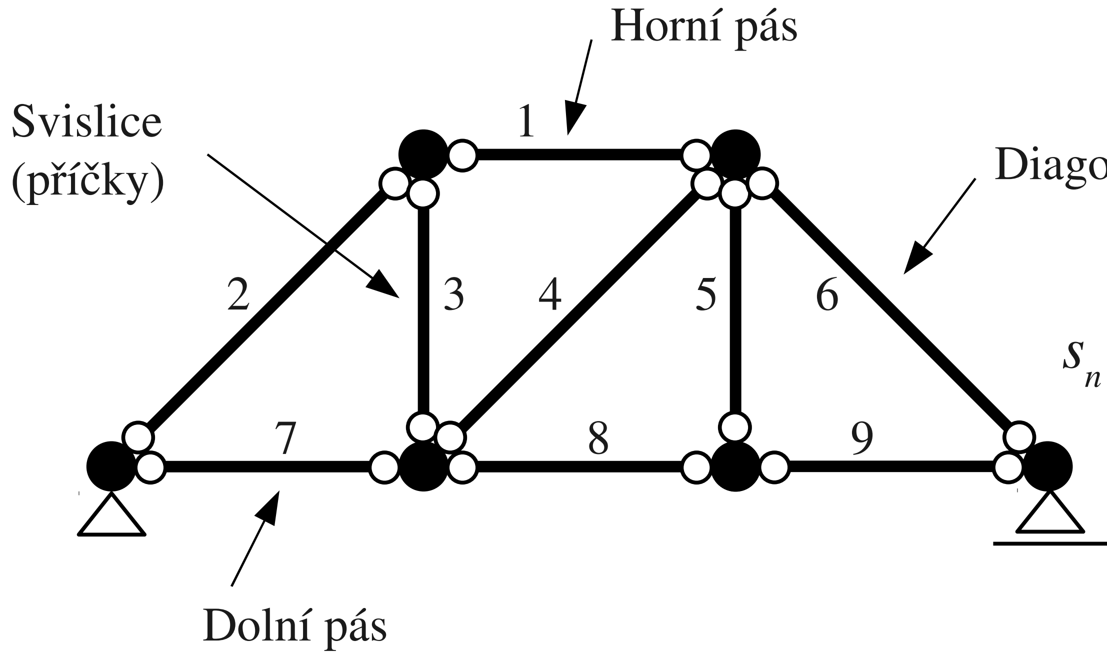


  - <u>Mimostyčné</u> – kromě osové síly je prut namáhán i ohybem, staticky odpovídá prostému nosníku s osovou silou, zatížení lze převést do styčníků



Statická určitost rovinných příhradových konstrukcí

- Pruty příhradové konstrukce lze pokládat za tuhé desky spojené klouby
- Jednodušší je pokládat styčníky za hmotné body a tuhé desky za kyvné pruty



$$s_n = 9\text{x}1^o + 3^o - 6\text{x}2^o = 0^o$$

$$s_n = p + r_{ext} - 2n$$

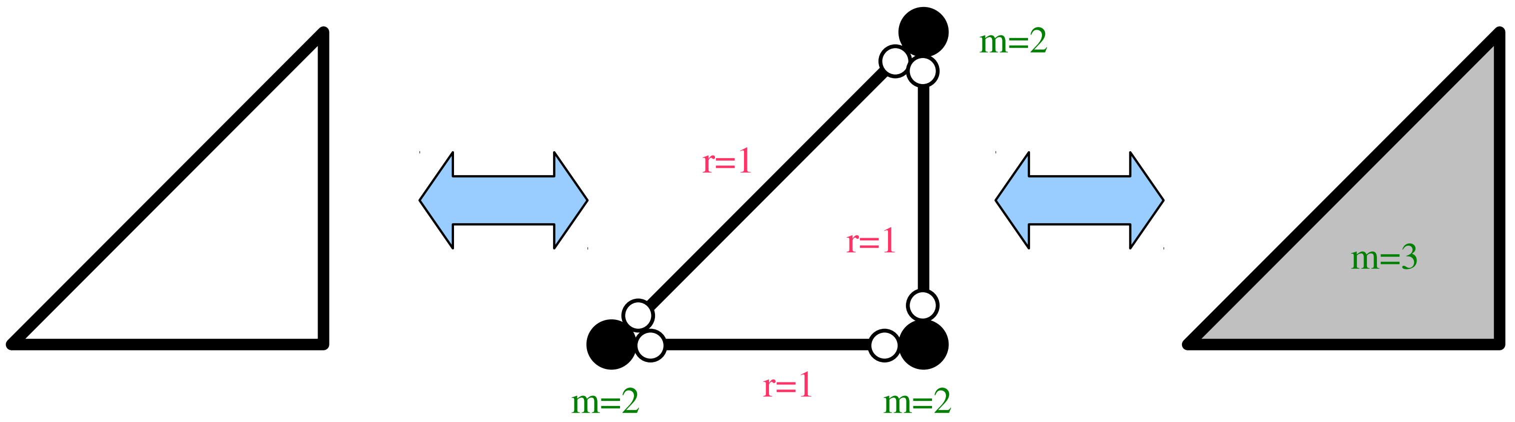
s_n ... stupeň statické neurčitosti příhradové soustavy

n ... počet styčníků

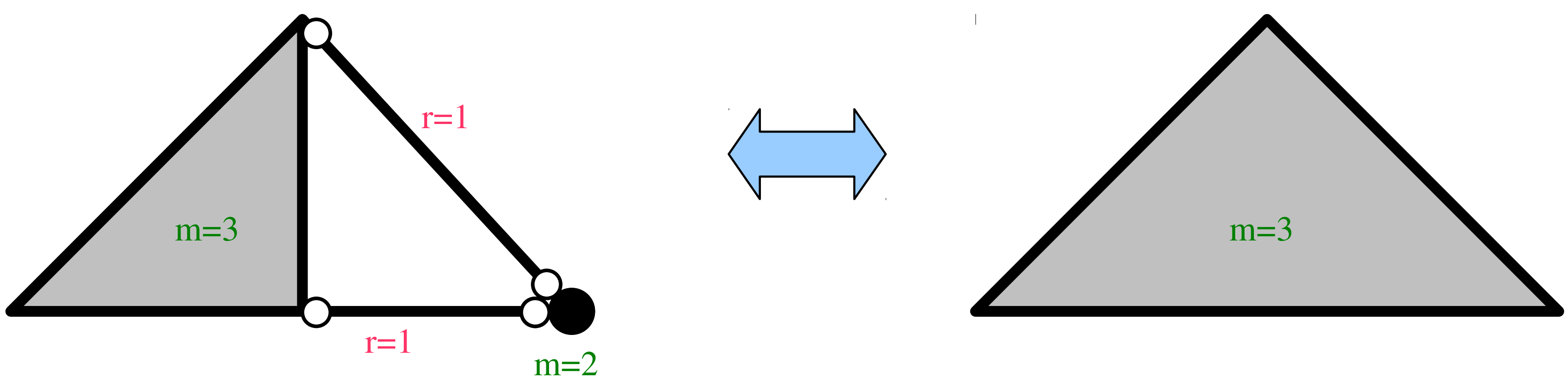
p ... počet prutů

r_{ext} ... počet stupňů volnosti od vnějších vazeb

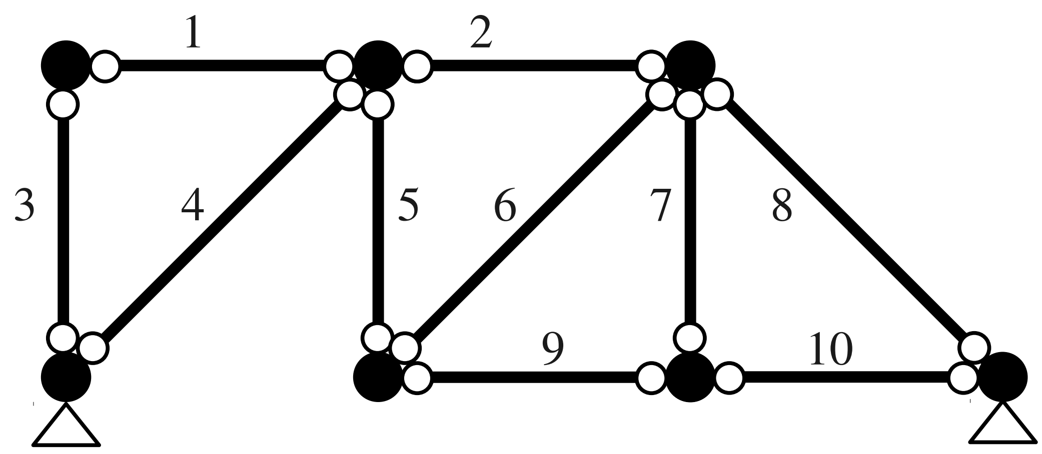
- Tři příhradové pruty spojené do trojúhelníku tvoří tzv. **příhradu** - soustavu vnitřně staticky i kinematicky určitou – chová se jako tuhá deska



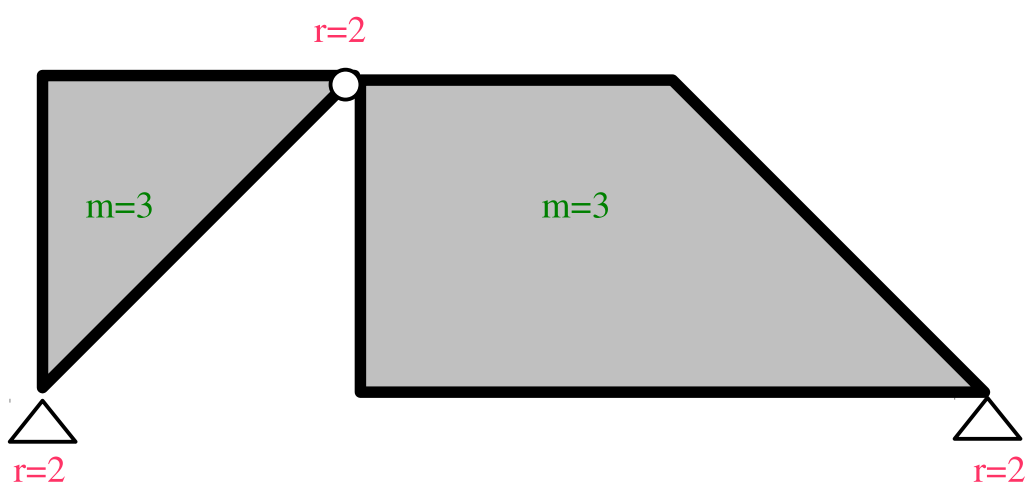
- Pokud k příhradě připojíme dva kyvné pruty se společným styčníkem vznikne opět příhrada – chová se opět jako jedna tuhá deska



• Příhradová soustava může tvořit součást složené soustavy jako tuhá deska



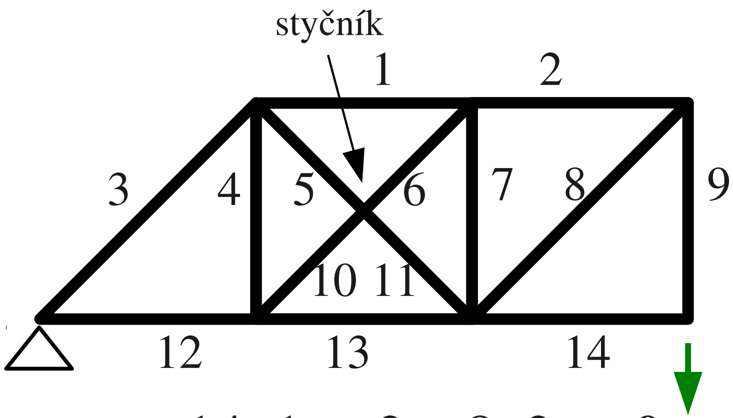
$$s_n = 10x1^o + 2x2^o - 7x2^o = 0^o$$



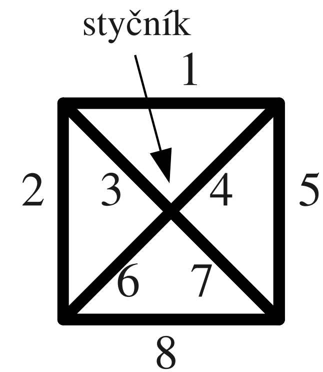
$$s_n = 2x2^o + 2^o - 2x3^o = 0^o$$

Trojkloubová soustava z příhrad

Výjimkové případy (s_n=0)

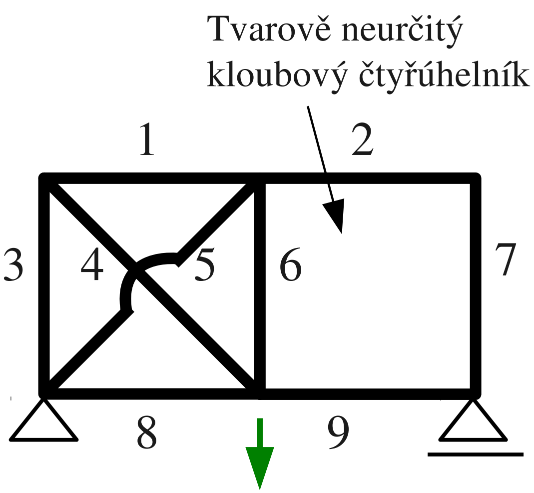


$$s_n = 14\text{x}1^o + 2^o - 8\text{x}2^o = 0^o$$

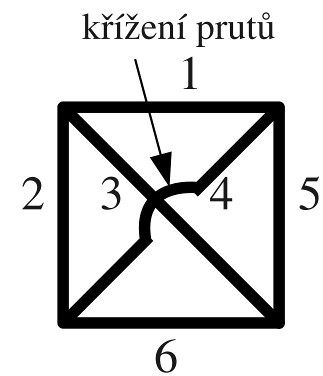


$$s_n = 8\text{x}1^o - 5\text{x}2^o = -2^o$$

Vazba navíc oproti tuhé desce.



$$s_n = 9\text{x}1^o + 3^o - 6\text{x}2^o = 0^o$$



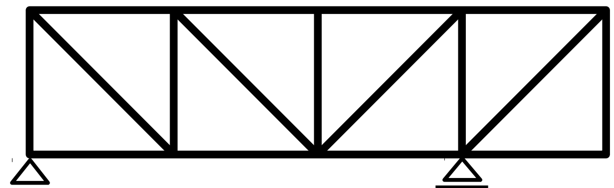
$$s_n = 6\text{x}1^o - 4\text{x}2^o = -2^o$$

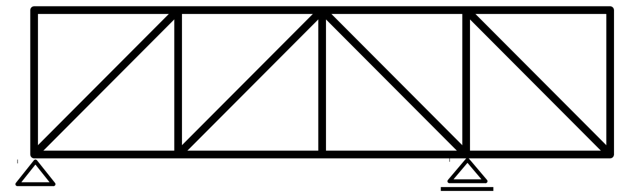
Vazba navíc oproti tuhé desce.

Časté typy příhradových konstrukcí

- Ocelové příhradové železniční mosty běžně do rozpětí pole 60 m
  - pravoúhlé

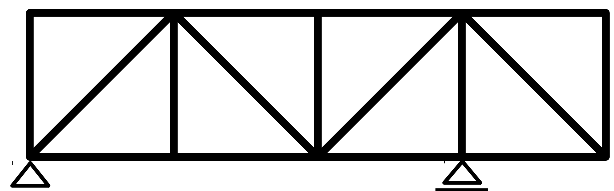
stat. určitá

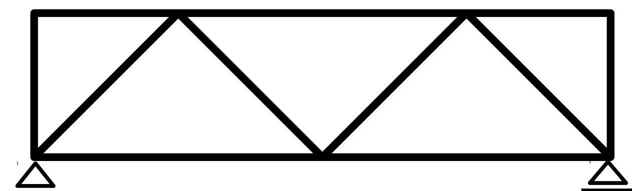




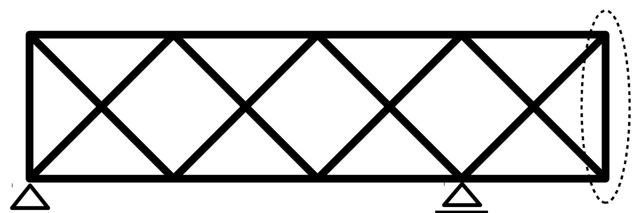
  - kosoúhlé

stat. určitá



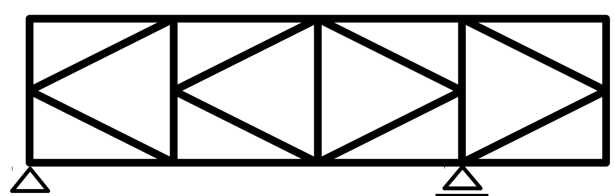


  - rombické



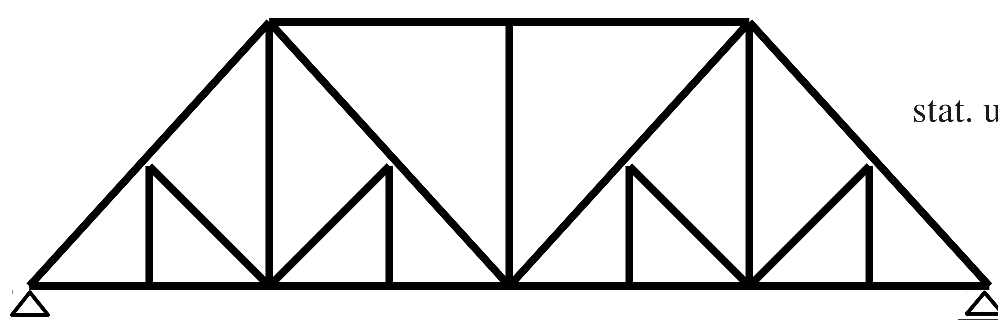
staticky neurčitá, prostě podepřená příhrada 26+3-2x14=1

  - polopříčkové



stat. určitá

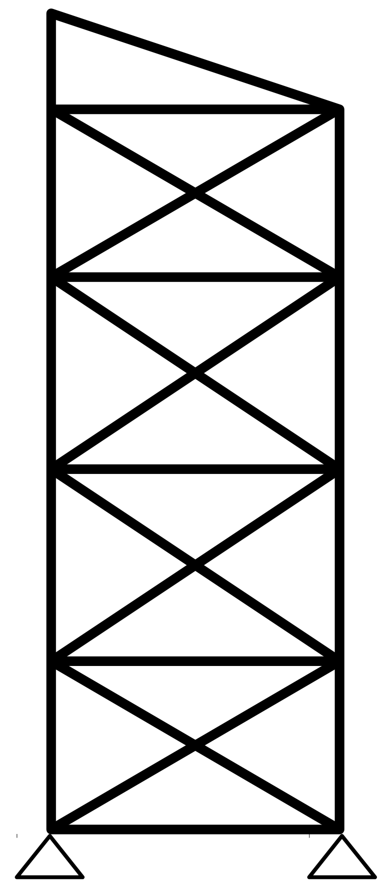
  - na velká rozpětí



stat. určitá

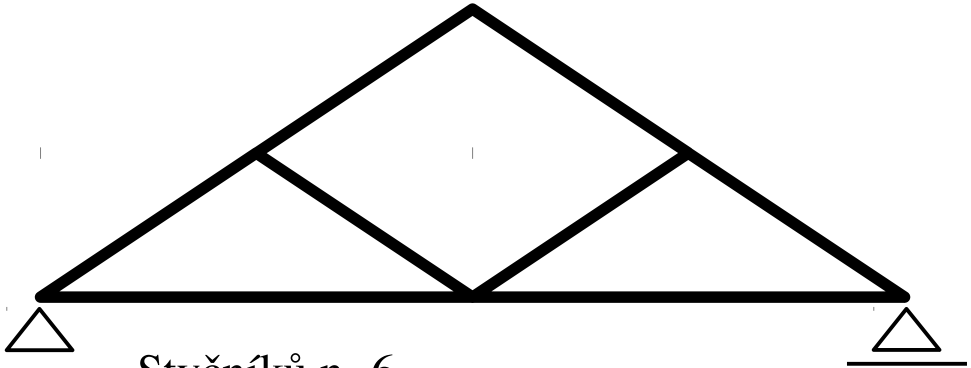
Rekonstrukce hotelu Kriváň, Praha, 2002. foto: P. Svoboda

Rovinný model podpůrné konstrukce

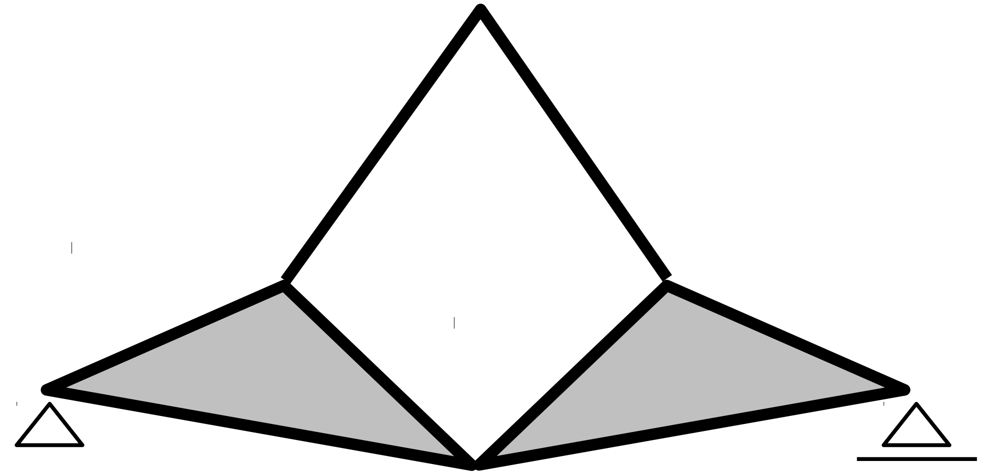


Styčníků n=15
Prutů p=31
Vnější vazby r=3
$s_n = p + r - 2n = 4^o$

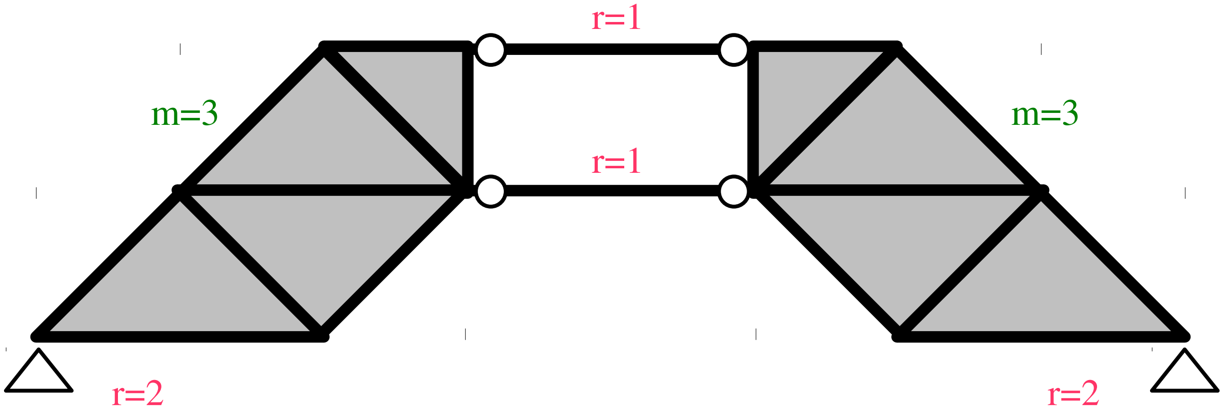
Určete stupeň statické neurčitosti



Styčníků n=6
Prutů p=8
Vnější vazby r=3
$s_n = p + r - 2n = -1^o$ (staticky přeurčitá)



Kinematický mechanismus

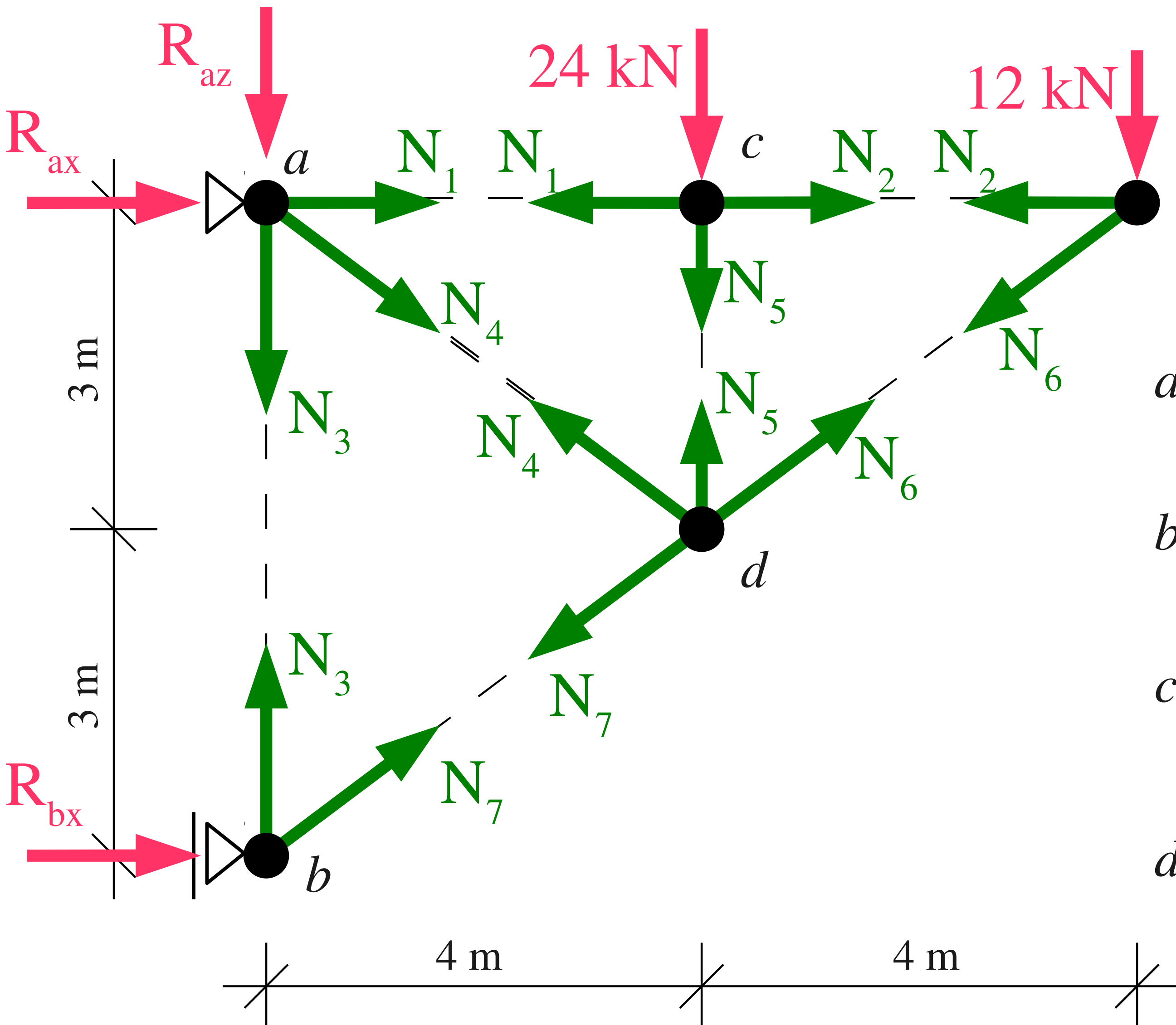


$s_n = (2+2+1+1)-2x3 = 0^o$ (určitá)

Styčníková metoda

- Vnější i vnitřní vazby nahradíme složkami reakcí, síly zavedeme tak, aby **kladná hodnota znamenala tah v prutu** (konvence)
- Pokud má být celá příhradová soustava v rovnováze, **musí být v rovnováze každý styčník**
- V každém styčníku jsou k dispozici dvě silové podmínky, celkem $2n$ rovnic
- Obecná styčníková metoda – neznámé jsou osové síly i reakce, vede na soustavu $2n$ rovnic, vhodné pro algoritmus na počítači
- Zjednodušená styčníková metoda začíná výpočet ve dvojném styčníku, neřeší se soustava rovnic, získané dílčí výsledky se použijí ihned v dalších styčnících
- Dvojným styčníkem rozumíme styčník o dvou neznámých
- Protože většina příhradových konstrukcí takovýto dvojný styčník neobsahuje, provedou se postupy pomocí kterých se dvojný styčník nejprve vytvoří
  - Určení vnějších reakcí z podmínek rovnováhy na celku
  - Průsečnou metodou se určí některé neznámé osové síly

Určete neznámé osové síly a reakce obecnou styčníkovou metodou



<u>Podmínky rovnováhy</u>

$$a\begin{cases} R_{ax}+N_1+\frac{4}{5}N_4=0 & (1)\\ R_{az}+N_3+\frac{3}{5}N_4=0 & (2)\end{cases}$$

$$b\begin{cases} R_{bx}+\frac{4}{5}N_7=0 & (3)\\ N_3+\frac{3}{5}N_7=0 & (4)\end{cases}$$

$$c\begin{cases} -N_1+N_2=0 & (5)\\ 24+N_5=0 & (6)\end{cases}$$

$$d\begin{cases} -\frac{4}{5}N_4-\frac{4}{5}N_7+\frac{4}{5}N_6=0 & (7)\\ N_5+\frac{3}{5}N_4+\frac{3}{5}N_6-\frac{3}{5}N_7=0 & (8)\end{cases}$$

$$e\begin{cases} N_2+\frac{4}{5}N_6=0 & (9)\\ 12+\frac{3}{5}N_6=0 & (10)\end{cases}$$

$s_n = p + r - 2n$

$s_n = 7\text{x}1^{o} + 3^{o} - 5\text{x}2^{o} = 0^{o}$

Maticová forma soustavy rovnic

Styčník *a*

$$
\begin{array}{c}
\\ \\ b \\ \\ c \\ \\ d \\ \\ \\ \\
\end{array}
\begin{bmatrix}
1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0.8 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0.6 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.8 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0.6 \\
0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.8 & 0 & 0.8 & -0.8 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.6 & 1 & 0.6 & -0.6 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0.8 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.6 & 0
\end{bmatrix}
\begin{bmatrix}
R_{ax} \\ R_{az} \\ R_{bx} \\ N_1 \\ N_2 \\ N_3 \\ N_4 \\ N_5 \\ N_6 \\ N_7
\end{bmatrix}
=
\begin{bmatrix}
0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -24 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -12
\end{bmatrix}
$$

$R_{ax} = -32$
$R_{az} = -36$
$R_{bx} = 32$
$N_1 = 16$
$N_2 = 16$
$N_3 = 24$
$N_4 = 20$
$N_5 = -24$
$N_6 = -20$
$N_7 = 40$ [kN]

Matice levých stran – geometrie konstrukce

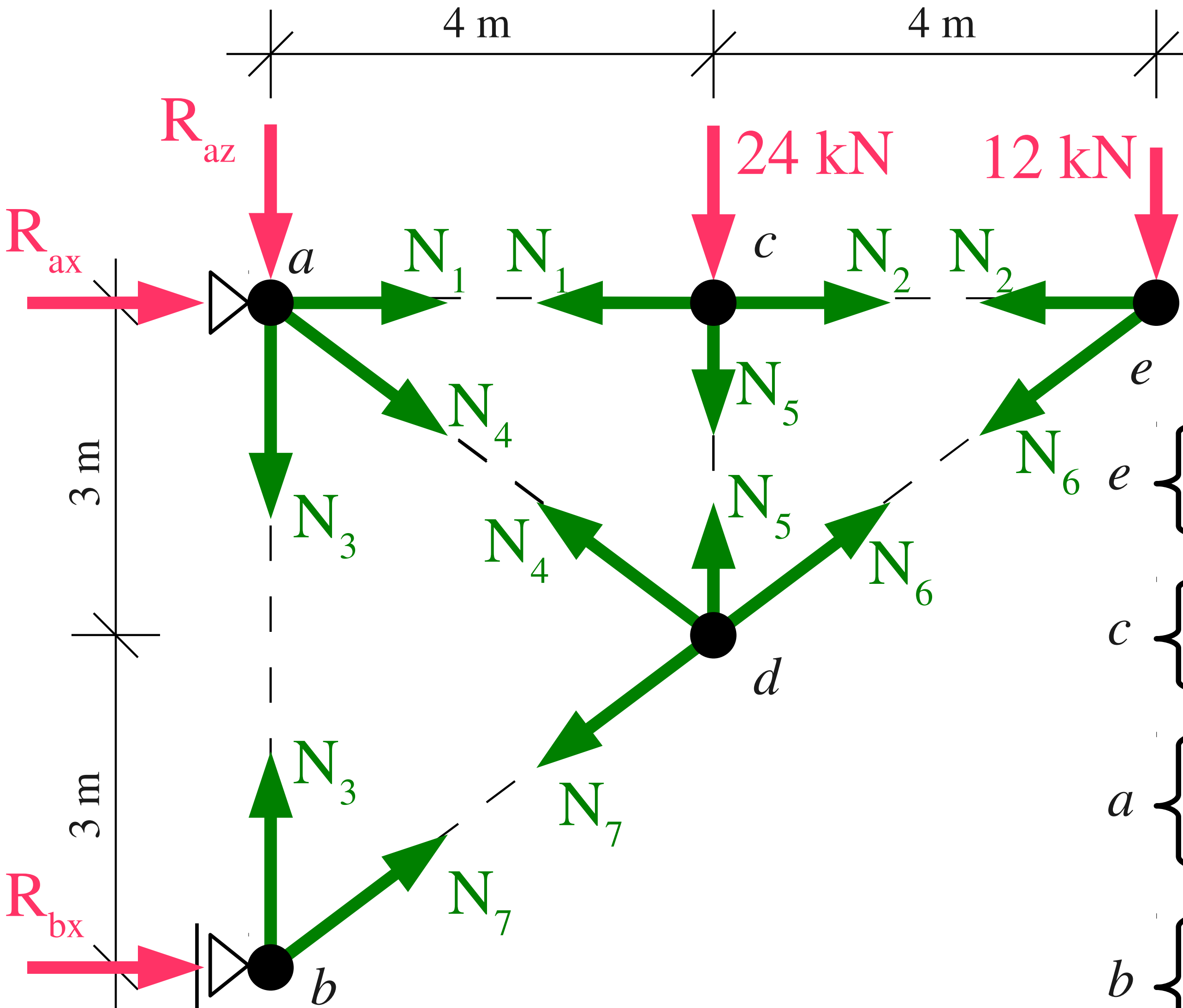
Vektor neznámých

Vektor uzlových zatížení

- Řešení pomocí inverzní matice, determinant D = 0,576
- Matice je řídká, např. neznámou N_3 lze vypočítat přímo
- Pro ruční výpočet je obecná styčníková metoda zbytečně robusní a zdlouhavá

Zjednodušená styčníková metoda

- Ačkoli je možné začít ve dvojném styčníku *e*, určíme nejprve reakce z celku



b: $6\mathbf{R_{ax}}+4\cdot 24+8\cdot 12=0 \quad (1)$

$R_{ax}=-32$

$\rightarrow$: $\mathbf{R_{bx}}+R_{ax}=0, R_{bx}=32 \, (2)$

$\downarrow$: $\mathbf{R_{az}}+24+12=0 \quad (3)$

$R_{az}=-36$ [kN]

$$e\left\{\begin{array}{l} 12+\frac{3}{5}\mathbf{N_6}=0, N_6=-20 \quad (4) \\ \mathbf{N_2}+\frac{4}{5}N_6=0, N_2=16 \quad (5) \end{array}\right.$$

$$c\left\{\begin{array}{l} -\mathbf{N_1}+N_2=0, N_1=16 \quad (6) \\ 24+\mathbf{N_5}=0, N_5=-24 \quad (7) \end{array}\right.$$

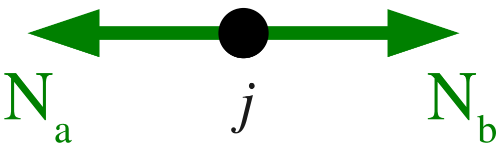
$$a\left\{\begin{array}{l} R_{ax}+N_1+\frac{4}{5}\mathbf{N_4}=0, N_4=20 \quad (8) \\ R_{az}+\frac{3}{5}N_4+\mathbf{N_3}=0, N_3=24 \quad (9) \end{array}\right.$$

$$b\left\{\begin{array}{l} R_{bx}+\frac{4}{5}\mathbf{N_7}=0, N_7=-40 \quad (10) \\ \mathbf{K}: N_3+\frac{3}{5}N_7=0, \mathrm{OK} \end{array}\right.$$

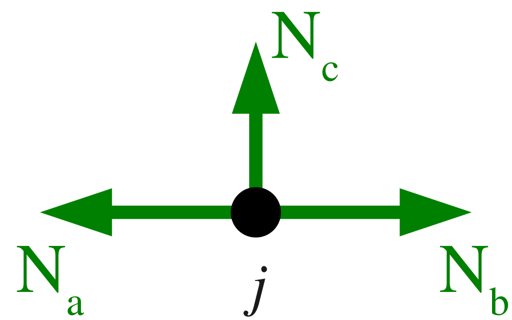
$$d\left\{\begin{array}{l} \mathbf{K}: -\frac{4}{5}N_4-\frac{4}{5}N_7+\frac{4}{5}N_6=0, \mathrm{OK} \\ \mathbf{K}: N_5+\frac{3}{5}N_4+\frac{3}{5}N_6-\frac{3}{5}N_7=0, \mathrm{OK} \end{array}\right.$$

Pozn. Protože jsme použili rovnice (1)-(3), zbývají 3 podmínky pro kontrolu na styčnících.

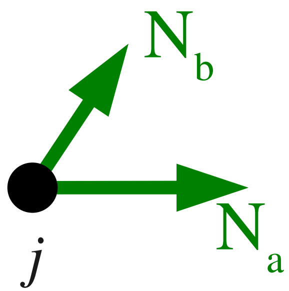
Osové síly ve vztahu ke geometrii styčníků



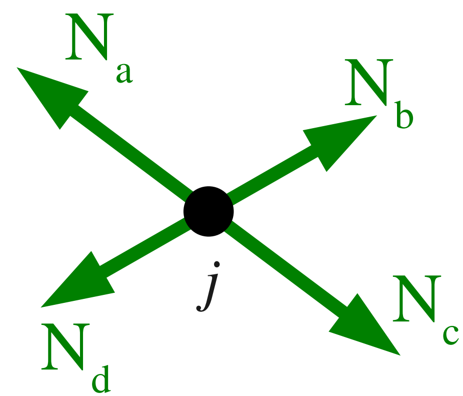
$N_a = N_b$



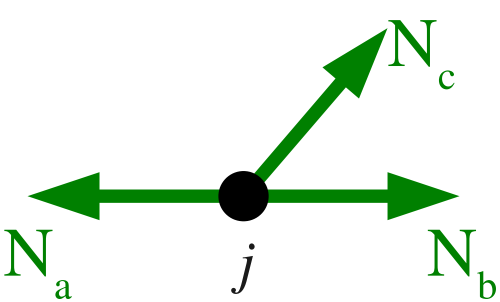
$N_a = N_b$
$N_c = 0$



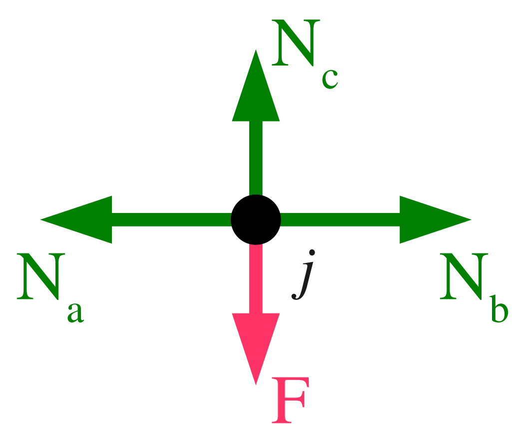
$N_a = 0$
$N_b = 0$



$N_a = N_c$
$N_b = N_d$

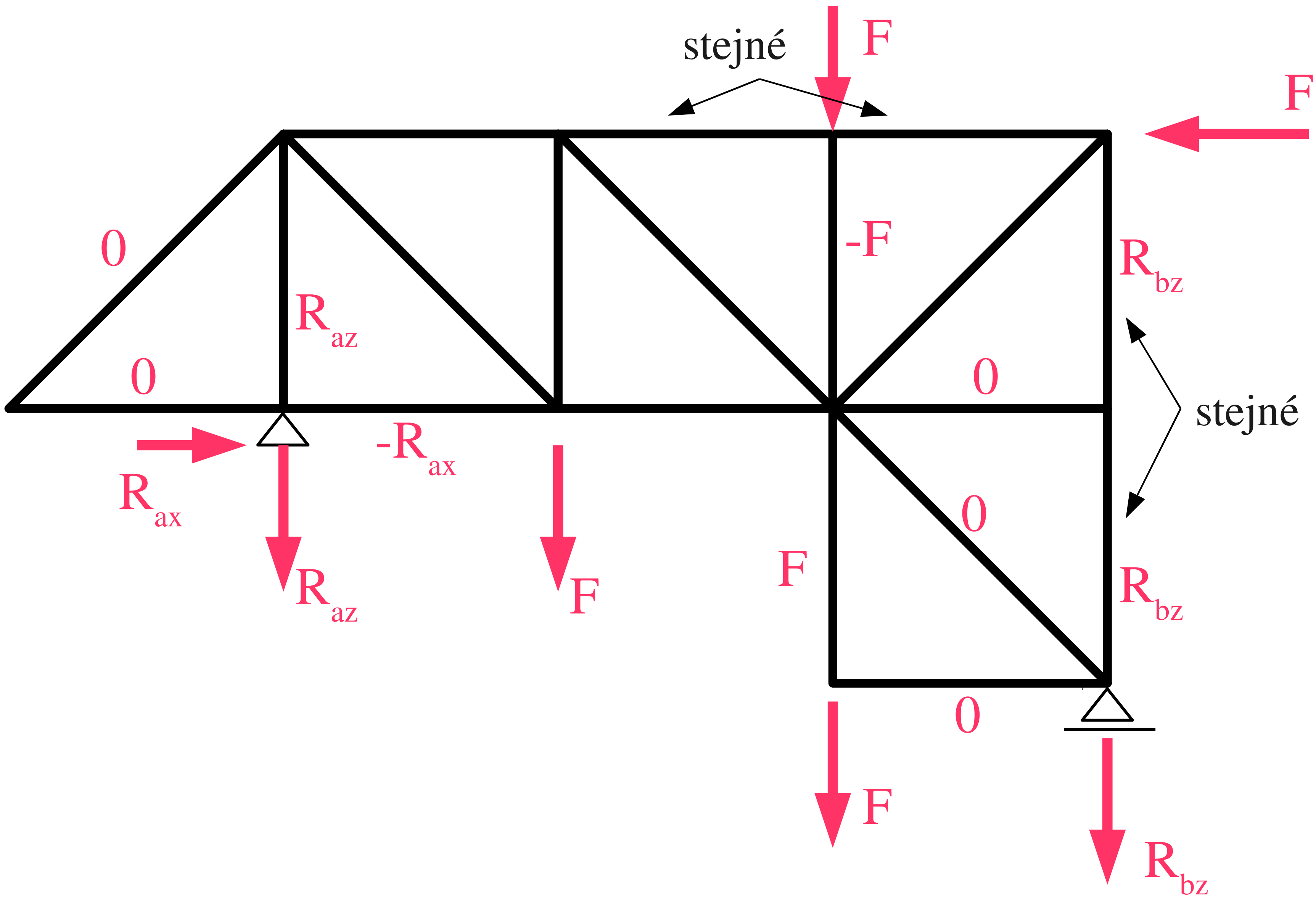


$N_a = N_b$
$N_c = 0$



$N_a = N_b$
$N_c = F$

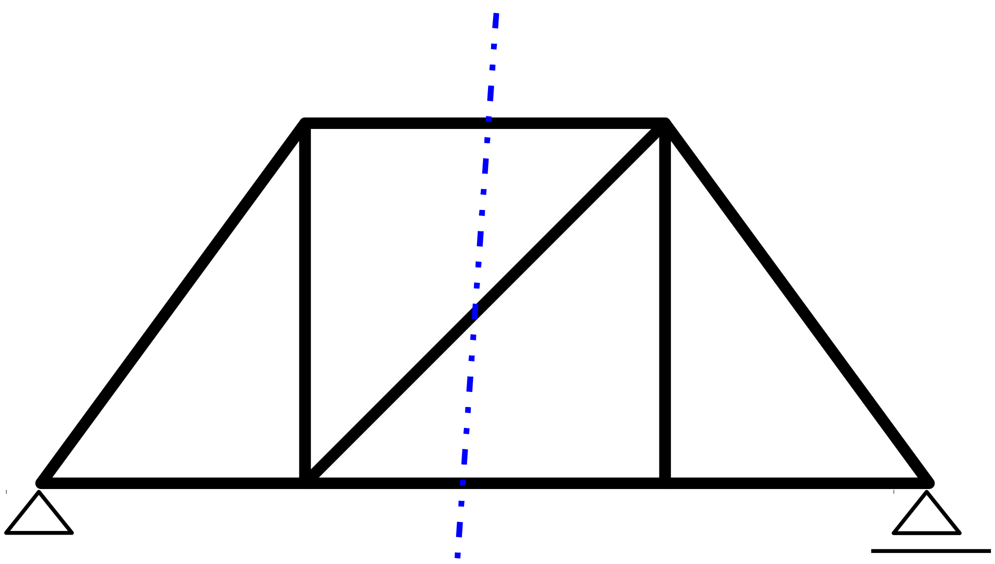
Určete osové síly z geometrie konstrukce

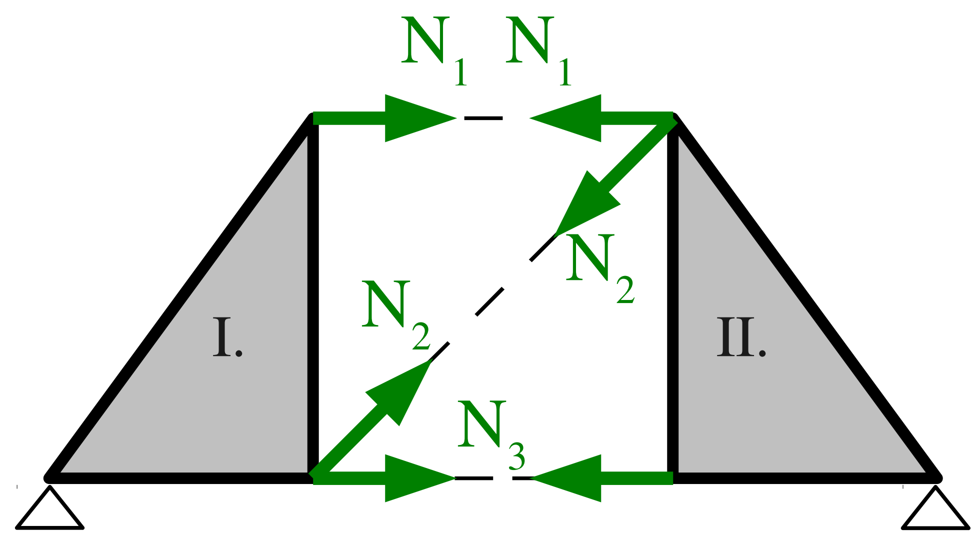


Určeno 11 osových sil z 19 pouze z geometrie a ze známých reakcí !

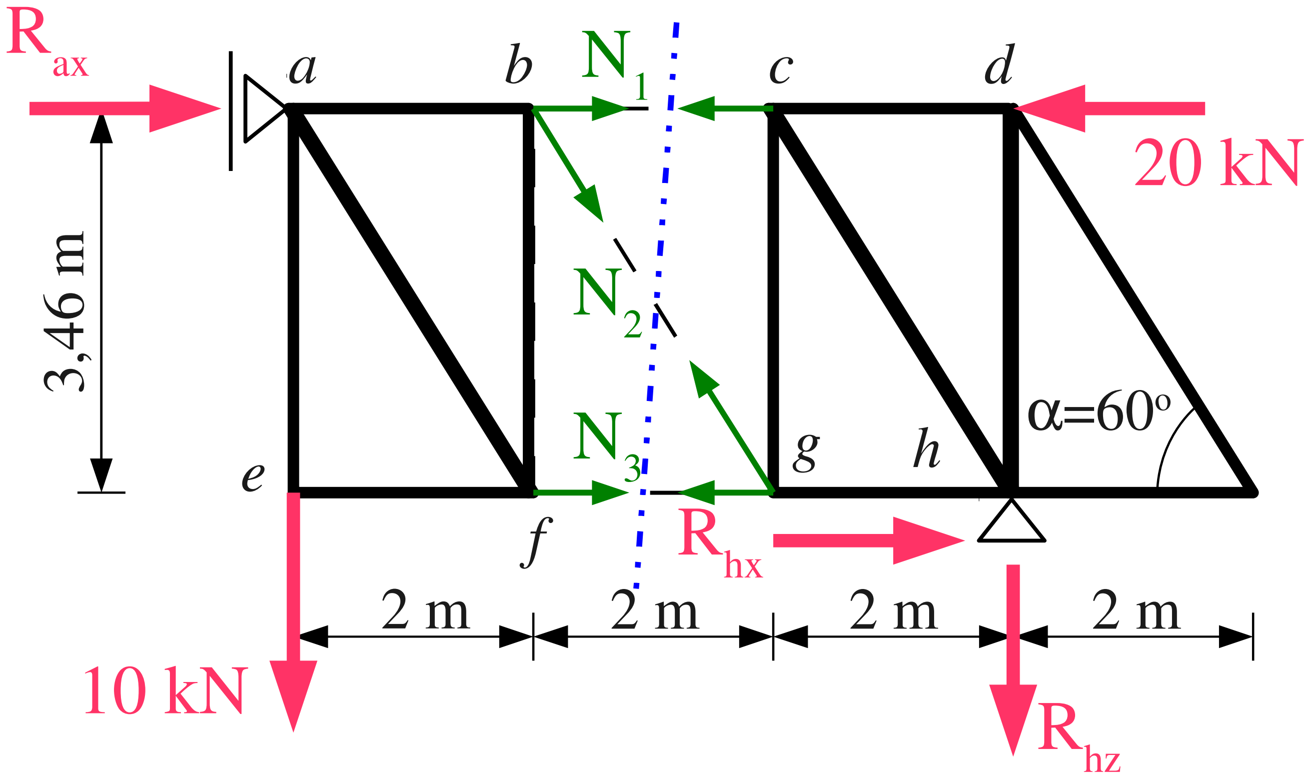
Průsečná metoda

- Pokud je příhradová konstrukce v rovnováze, musí být v rovnováze každá její část
- Nejprve určíme vnější zatížení a reakce, např. z rovnováhy na celku
- Příhradovou konstrukci rozdělíme na dvě samostatné části tak, aby řez proťal **nanejvýš tři pruty** (výjimečně i více - při rovnoběžnosti prutů či průsečíku více prutů v jednom uzlu)
- V přeťatých prutech zavedeme standardně neznámé osové síly a jejich hodnoty určíme ze třech podmínek rovnováhy na odňatých částech





Určete průsečnou metodou síly N_1 až N_3



$\sin\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}, \quad \cos\alpha = 0{,}5$

$\curvearrowleft h \; 3{,}46 \cdot 20 - 3{,}46\,\mathbf{R_{ax}} + 6 \cdot 10 = 0$

$R_{ax} = 37{,}34\ \text{kN}$

$\curvearrowleft d \; 6 \cdot 10 + 3{,}46\,\mathbf{R_{hx}} = 0$

$R_{hx} = -17{,}34\ \text{kN}$

$\curvearrowright e \; 3{,}46\,R_{ax} - 3{,}46 \cdot 20 + 6\,\mathbf{R_{hz}} = 0$

$R_{hz} = -10\ \text{kN}$

$\downarrow \; \mathbf{K}: 10 + R_{hz} = 0, \text{OK}$

Tuhá deska I.

$\downarrow \; 10 + \frac{\sqrt{3}}{2}\mathbf{N_2} = 0, N_2 = -11{,}55\ \text{kN}$

$\curvearrowright g \; 3{,}46\,(R_{ax} + \mathbf{N_1}) - 4 \cdot 10 = 0$

$N_1 = -25{,}78\ \text{kN}$

$\curvearrowleft b \; 2 \cdot 10 + 3{,}46\,\mathbf{N_3} = 0, N_3 = -5{,}78\ \text{kN}$

$\rightarrow \; \mathbf{K}: 37{,}34 + N_1 + 0{,}5\,N_2 + N_3 = 0, \text{OK}$

Tuhá deska II.

$\downarrow \; R_{hz} - \frac{\sqrt{3}}{2}\mathbf{N_2} = 0, N_2 = -11{,}55\ \text{kN}$

$\curvearrowleft g \; 3{,}46\,(20 + \mathbf{N_1}) - 2\,R_{hz} = 0$

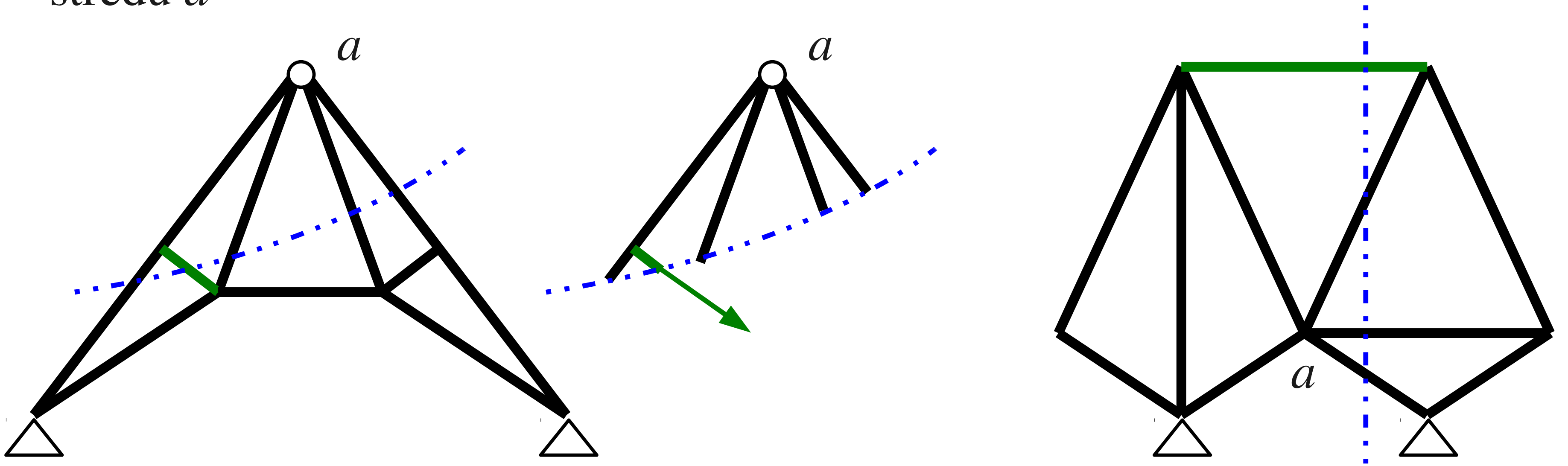
$N_1 = -25{,}78\ \text{kN}$

$\curvearrowleft b \; 3{,}46\,(R_{hx} - \mathbf{N_3}) - 4\,R_{hz} = 0, N_3 = -5{,}78\ \text{kN}$

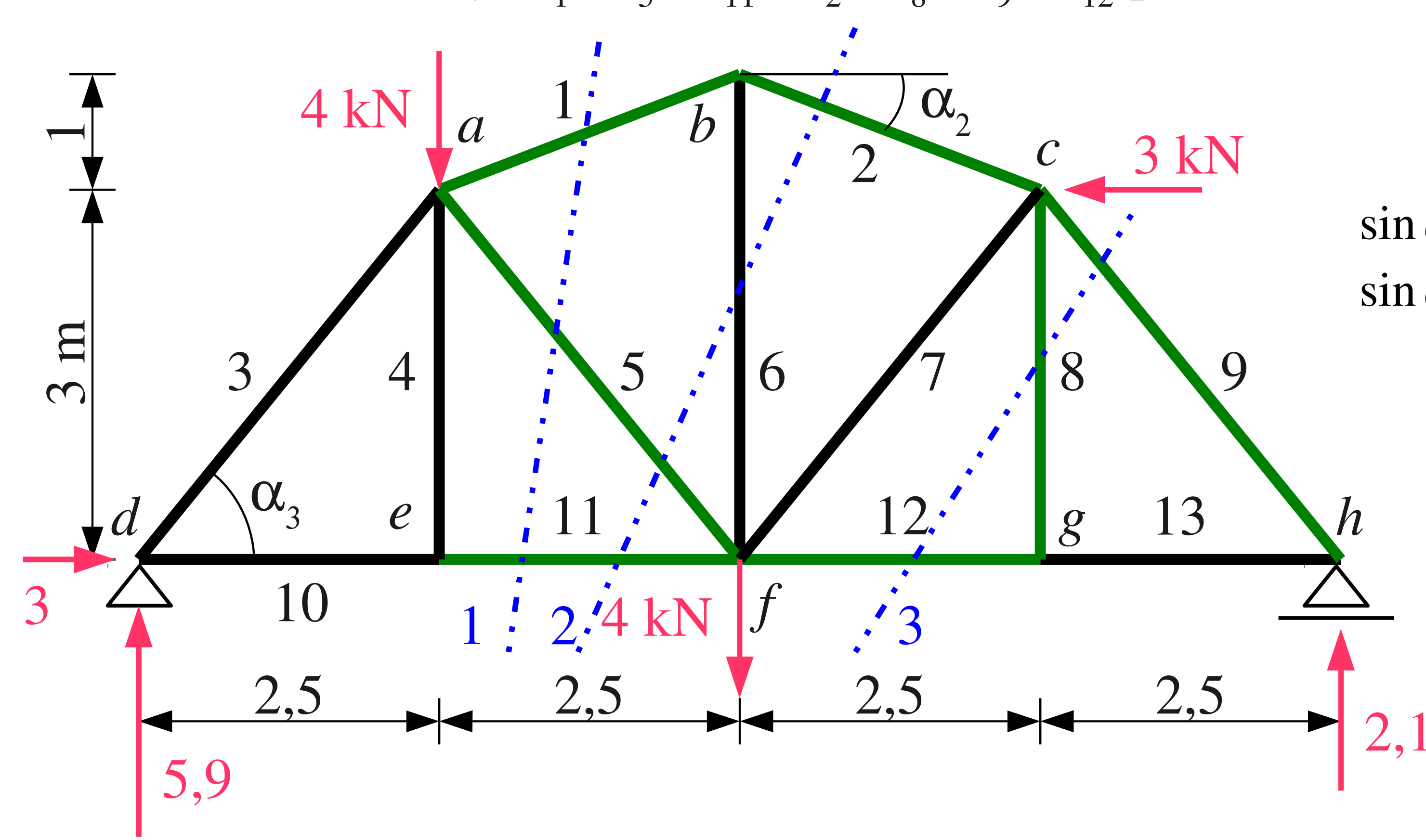
$\leftarrow \; \mathbf{K}: N_1 + 0{,}5\,N_2 + N_3 + 20 - R_{hx} = 0, \text{OK}$

Průsečná metoda podrobněji

- Obvyklé použití
  - Určení několika sil, kontrola vybraných sil ze styčníkové metody
  - Startovací metoda pro vytvoření dvojného styčníku ve styčníkové metodě
- Průsečná metoda je omezena podmínkami vedení řezů
- Řez může protínat i více než tři pruty ($n > 3$), $n - 1$ prutů se musí protínat v jediném bodě, tzv. <u>přidružený momentový střed</u>
- Sílu v prutu získáme z momentové podmínky k přidruženému momentovému středu a



- Určete osové síly N_1, N_5, N_{11}, N_2, N_8, N_9, N_{12} průsečnou metodou



$\sin\alpha_3 = 0{,}768, \quad \cos\alpha_3 = 0{,}640$

$\sin\alpha_2 = 0{,}371, \quad \cos\alpha_2 = 0{,}928$

Řez 1 (levá část)

f $\quad 5\cdot 5{,}9 - 2{,}5\cdot 4 + 4\cdot \mathbf{N_1}\cos\alpha_2 = 0, \quad N_1 = -5{,}253$

$\uparrow \quad 5{,}9 - 4 + N_1\sin\alpha_2 - \mathbf{N_5}\sin\alpha_3 = 0, \quad N_5 = -0{,}064$

a $\quad 3\cdot 3 - 2{,}5\cdot 5{,}9 + 3\cdot \mathbf{N_{11}} = 0, \quad N_{11} = 1{,}917$

Řez 2 - přidružený momentový střed f (levá část)

f $\quad 5\cdot 5{,}9 - 2{,}5\cdot 4 + 4\cdot \mathbf{N_2}\cos\alpha_2 = 0, \quad N_2 = -5{,}253$

Řez 3 (pravá část)

h $\quad 2{,}5\cdot \mathbf{N_8} = 0, \quad N_8 = 0$

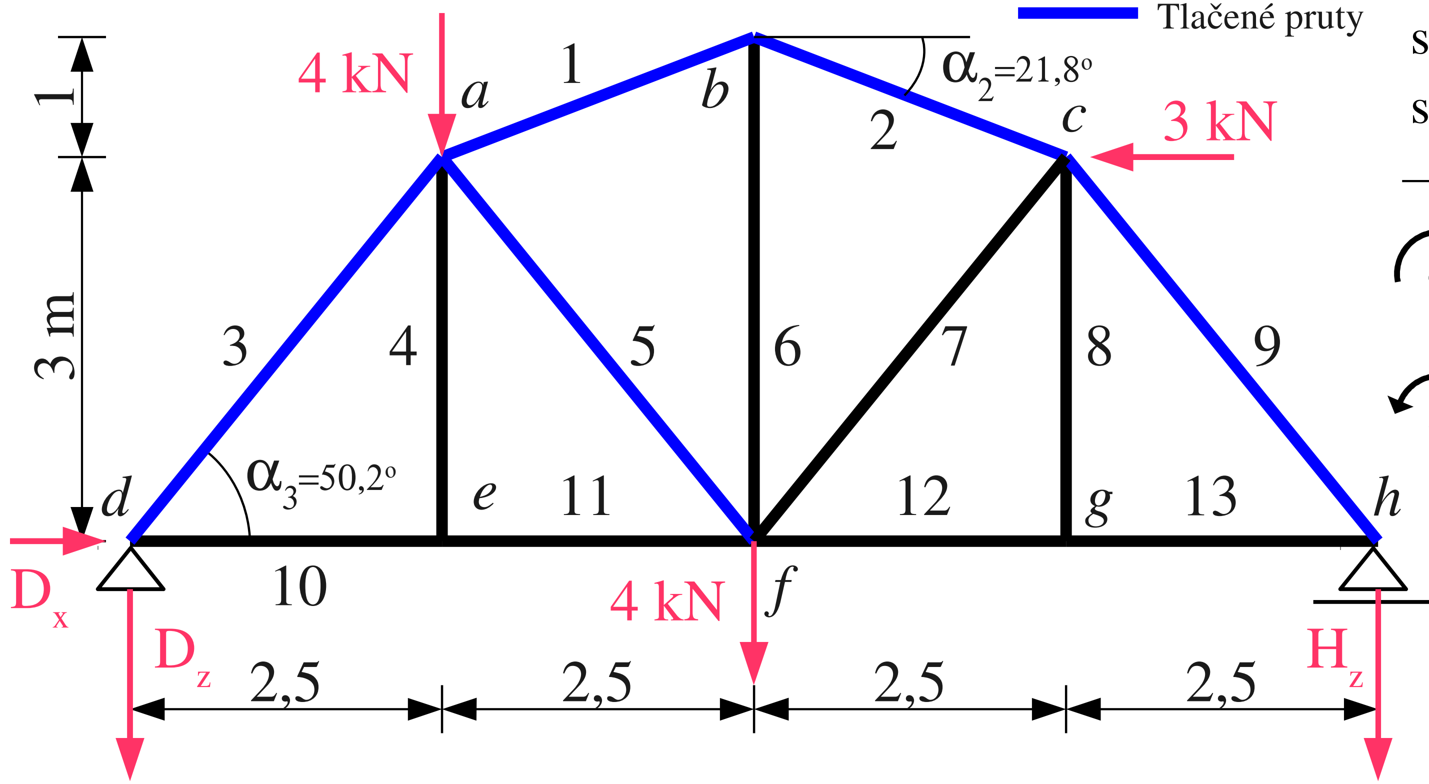
g $\quad 2{,}5\cdot 2{,}1 + 3\cdot \mathbf{N_9}\cos\alpha_3 = 0, \quad N_9 = -2{,}734$

c $\quad 2{,}5\cdot 2{,}1 - 3\cdot \mathbf{N_{12}} = 0, \quad N_{12} = 1{,}750$

$\leftarrow \quad \left(\mathbf{N_{12}} + N_9\cos\alpha_3 = 0, \quad N_{12} = 1{,}750\right)$

[kN]

- Určete všechny osové síly styčníkovou metodou



$\sin\alpha_3 = 0{,}768, \quad \cos\alpha_3 = 0{,}640$

$\sin\alpha_2 = 0{,}371, \quad \cos\alpha_2 = 0{,}928$

$\rightarrow \; \mathbf{D_x} - 3 = 0, \quad D_x = 3\,\text{kN}$

$\curvearrowright d \;\; 2{,}5\cdot 4 + 5\cdot 4 - 3\cdot 3 + 10\,\mathbf{H_z} = 0$

$H_z = -2{,}1\,\text{kN}$

$\curvearrowleft h \;\; 3\cdot 3 + 5\cdot 4 + 7{,}5\cdot 4 + 10\,\mathbf{D_z} = 0$

$D_z = -5{,}9\,\text{kN}$

$\downarrow \; \mathbf{K}: 4 + 4 + D_z + H_z = 0, \text{OK}$

$N_4 = N_8 = 0$

$N_{10} = N_{11}, \quad N_{12} = N_{13}$

$$d \begin{cases} D_z - \mathbf{N_3}\sin\alpha_3 = 0, \quad N_3 = -7{,}682 \\ D_x + N_3\cos\alpha_3 + \mathbf{N_{10}} = 0, \quad N_{10} = N_{11} = 1{,}917 \end{cases}$$

$$a \begin{cases} 4 + N_3\sin\alpha_3 + \mathbf{N_5}\sin\alpha_3 - \mathbf{N_1}\sin\alpha_2 = 0 \quad \text{soustava} \\ -N_3\cos\alpha_3 + \mathbf{N_5}\cos\alpha_3 + \mathbf{N_1}\cos\alpha_2 = 0 \\ N_5 = -0{,}064, \quad N_1 = -5{,}254 \end{cases}$$

$$b \begin{cases} -N_1\cos\alpha_2 + \mathbf{N_2}\cos\alpha_2 = 0, N_2 = N_1 = -5{,}254 \\ N_1\sin\alpha_2 + N_2\sin\alpha_2 + \mathbf{N_6} = 0, N_6 = 3{,}898 \end{cases}$$

$$h \begin{cases} H_z - \mathbf{N_9}\sin\alpha_3 = 0, \quad N_9 = -2{,}734 \\ N_9\cos\alpha_3 + \mathbf{N_{13}} = 0, \quad N_{13} = N_{12} = 1{,}750 \end{cases}$$

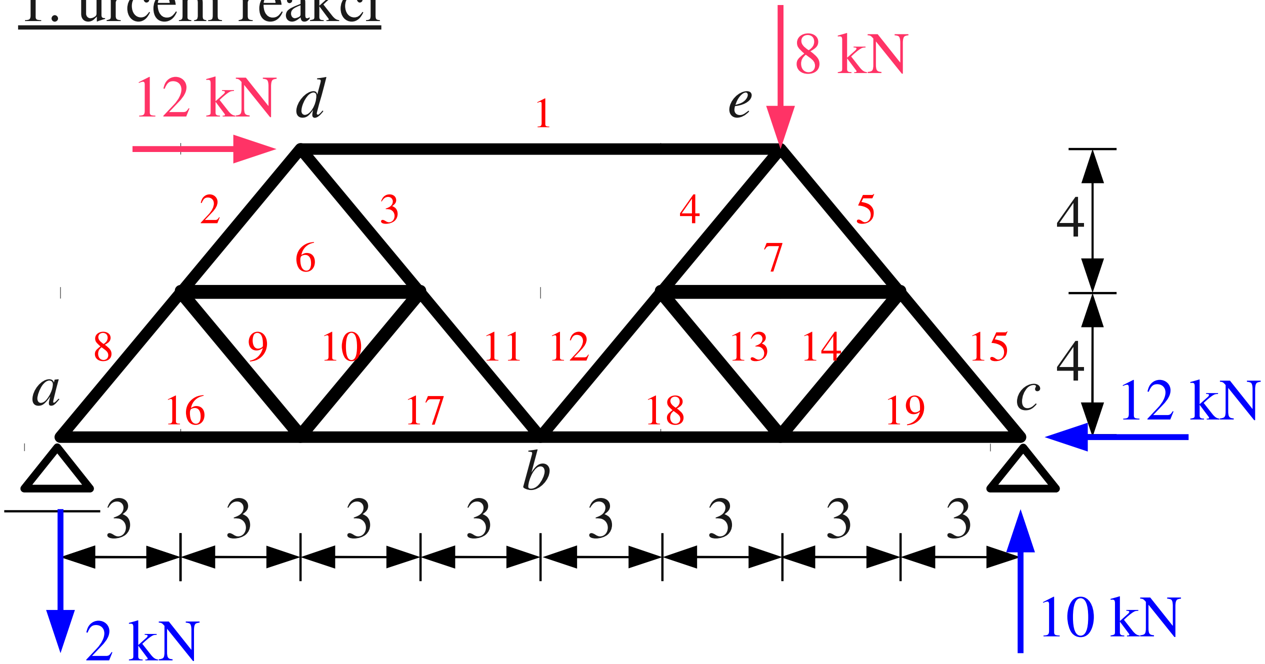
$$c \begin{cases} 3 + N_2\cos\alpha_2 + \mathbf{N_7}\cos\alpha_3 - N_9\cos\alpha_3 = 0 \\ N_7 = 0{,}197 \\ -N_2\sin\alpha_2 + N_7\sin\alpha_3 + N_9\sin\alpha_3 \approx 0, \quad \text{O.K.} \end{cases}$$

$$f \begin{cases} N_{11} - N_{12} + \cos\alpha_3(N_5 - N_7) \approx 0, \quad \text{O.K.} \\ 4 - N_6 - \sin\alpha_3(N_5 + N_7) \approx 0, \quad \text{O.K.} \end{cases}$$

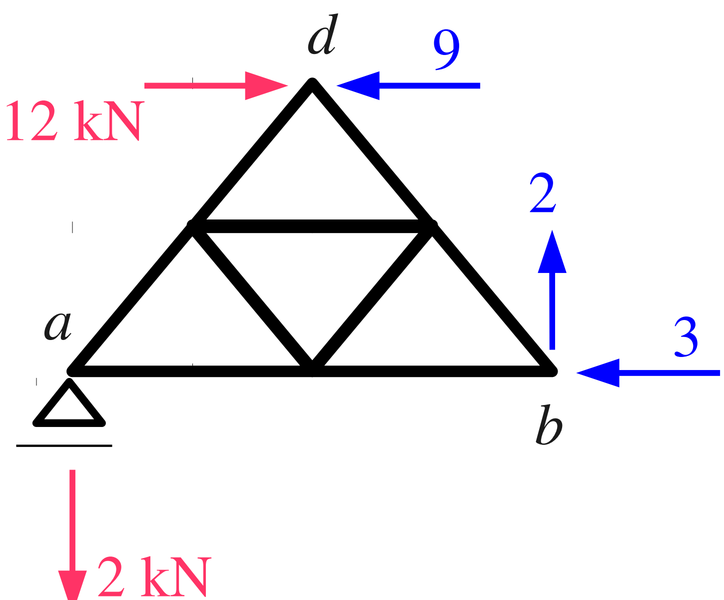
[kN]

Vypočtěte všechny osové síly v prutech

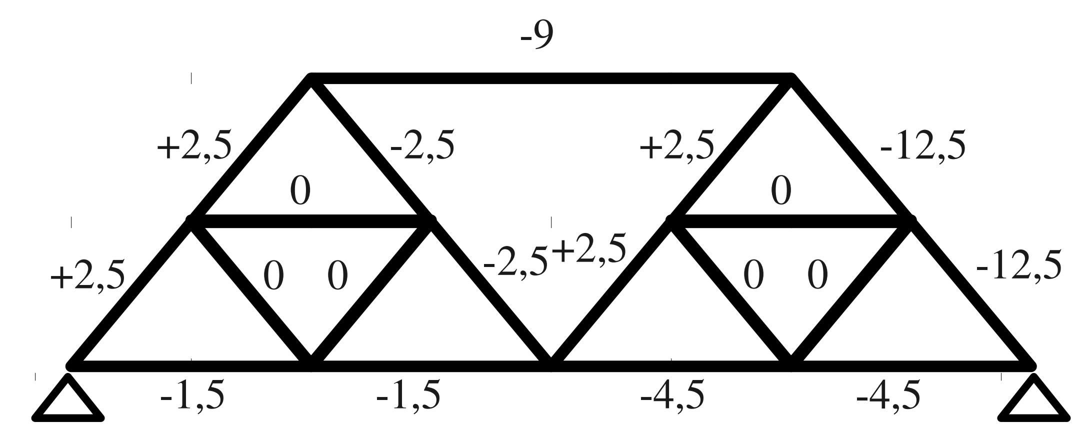
1. určení reakcí



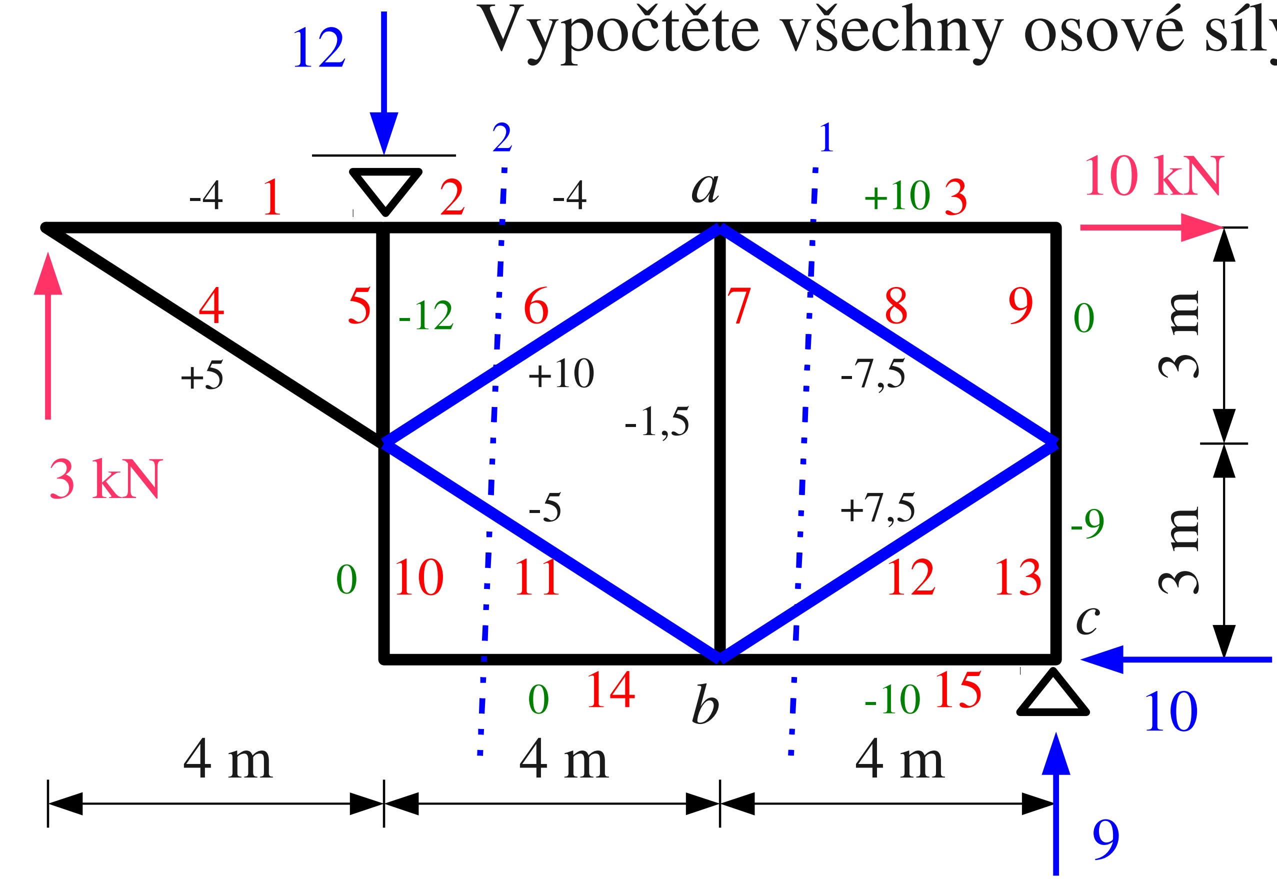
2. průsečná metoda

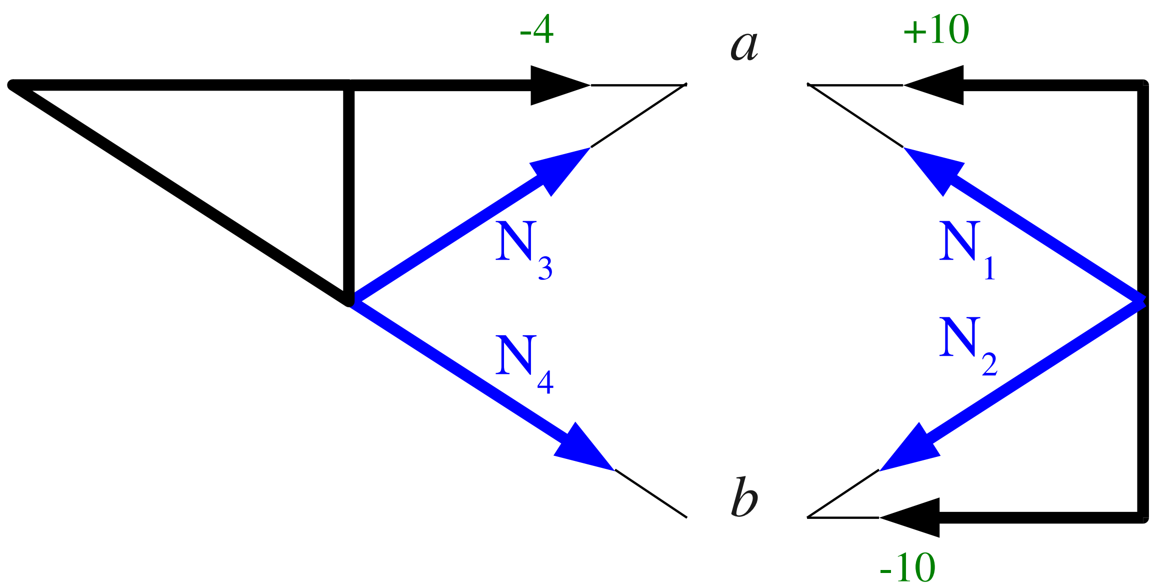


3. styčníková metoda



Vypočtěte všechny osové síly v prutech





1. nulové a jasné pruty

2. určení reakcí

3. styčníková metoda

4. průsečná metoda

pro výpočet modrých prutů (styčníková metoda vede na soustavu rovnic)

Řez 1

a: $6\cdot\frac{4}{5}\mathbf{N_2}+6\cdot 10-6\cdot 10-4\cdot 9=0$

$N_2=7{,}5\ \text{kN}$

b: $6\cdot\frac{4}{5}\mathbf{N_1}+6\cdot 10-6\cdot 10+4\cdot 9=0$

$N_1=-7{,}5\ \text{kN}$

Řez 2

a: $6\cdot\frac{4}{5}\mathbf{N_4}+4\cdot 12-8\cdot 3=0$

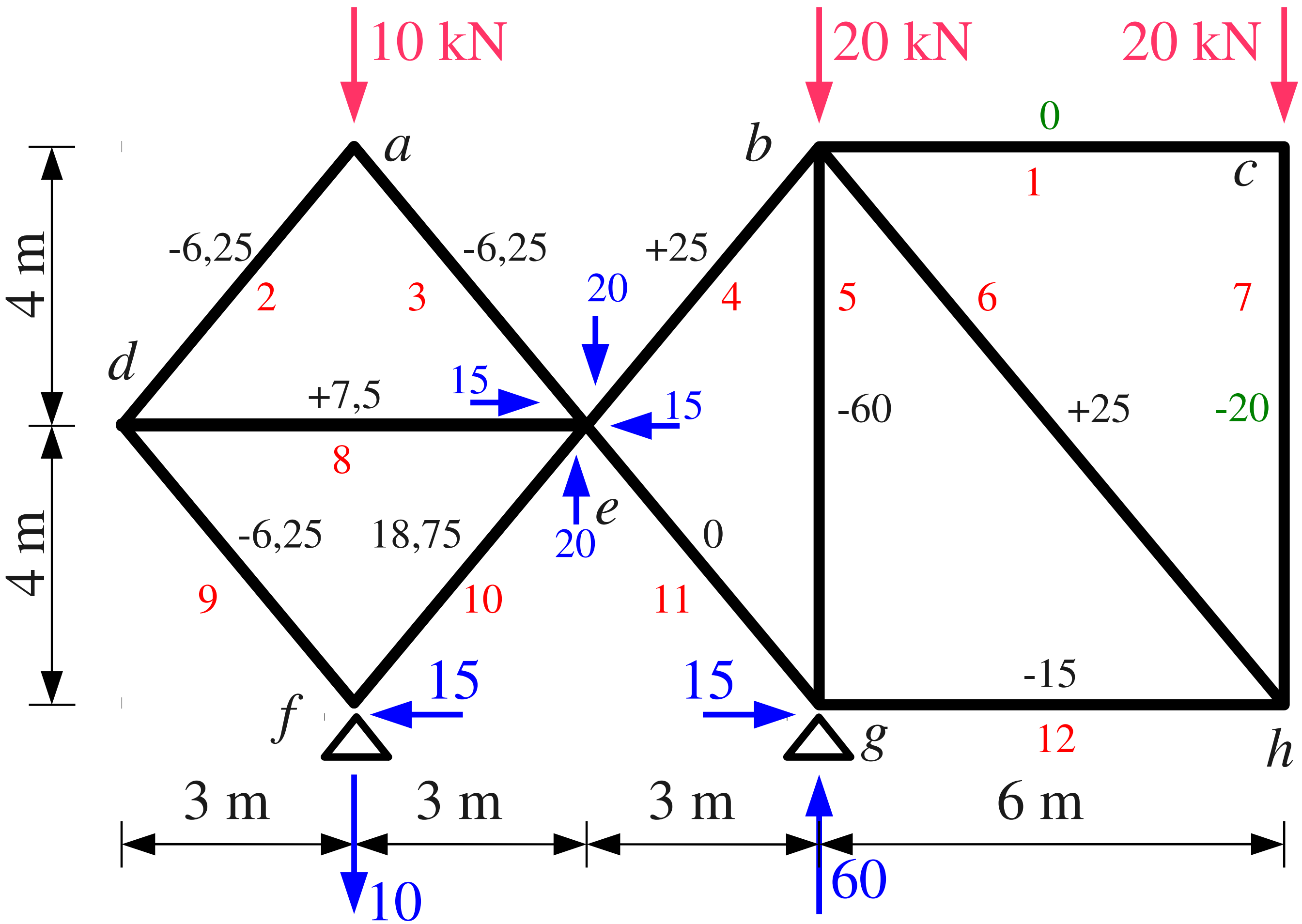
$N_4=-5\ \text{kN}$

b: $6\cdot\frac{4}{5}\mathbf{N_3}-4\cdot 12+8\cdot 3-6\cdot 4=0$

$N_3=+10\ \text{kN}$

5. prostřední svislice č. 7

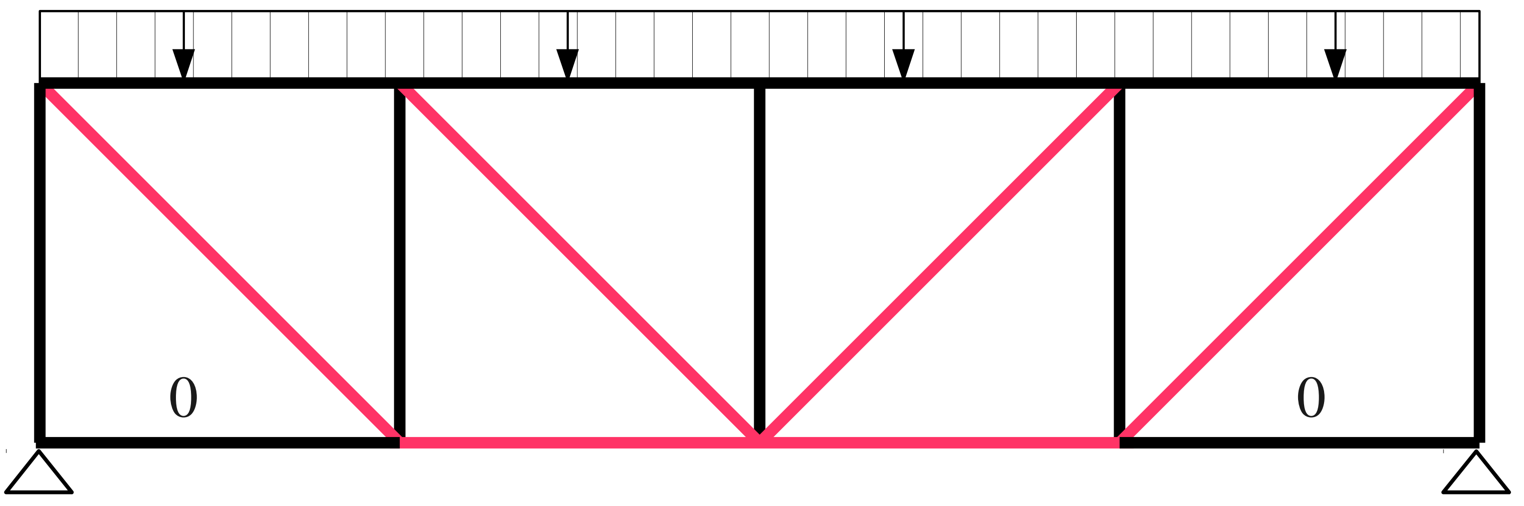
Vypočtěte všechny osové síly v prutech

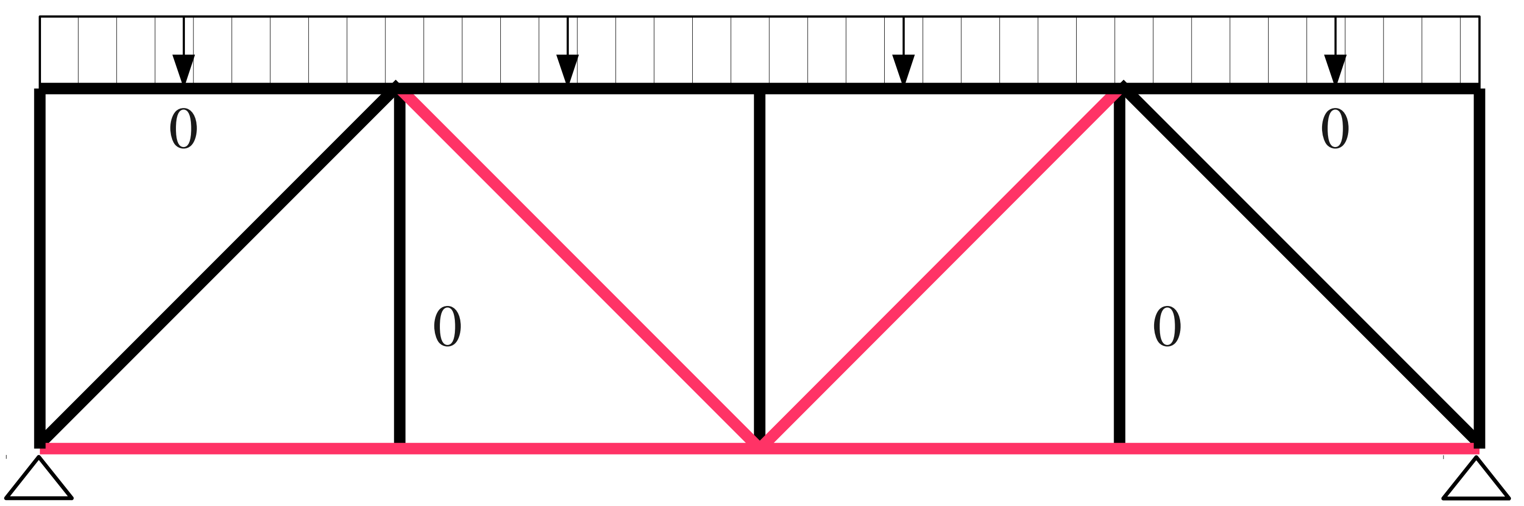


1. určení jasných sil v prutech (č. 1,7)
2. reakce na levé části
3. reakce na pravé části
4. styčníková metoda

Otázky

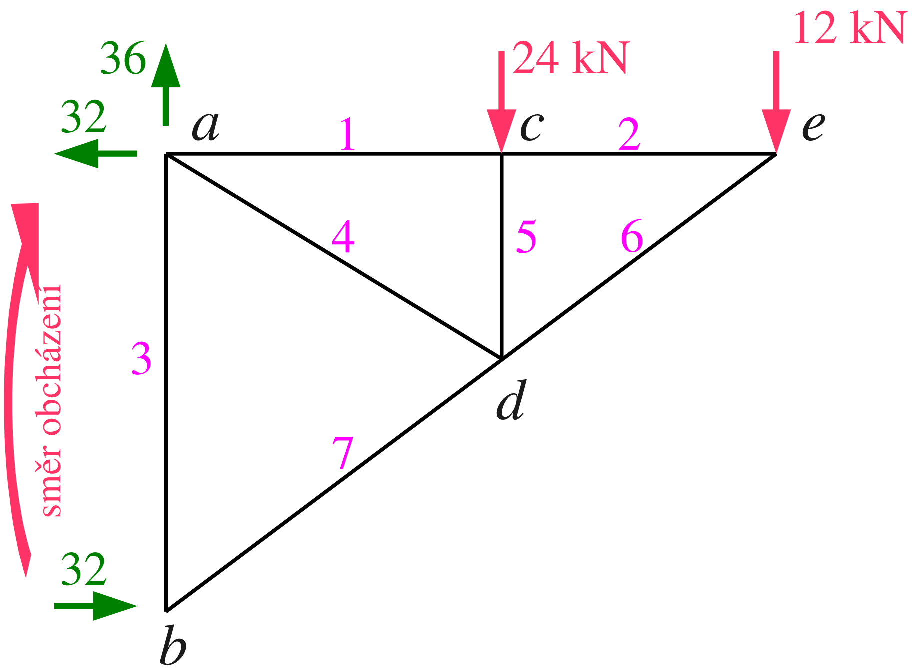
- Které pruty budou tažené při rovnoměrném zatížení příhradové konstrukce ?
- Které budou mít nulovou osovou sílu ?

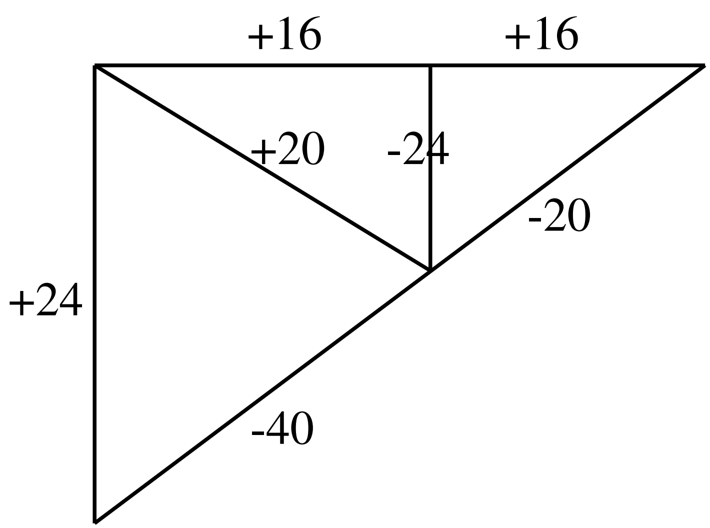


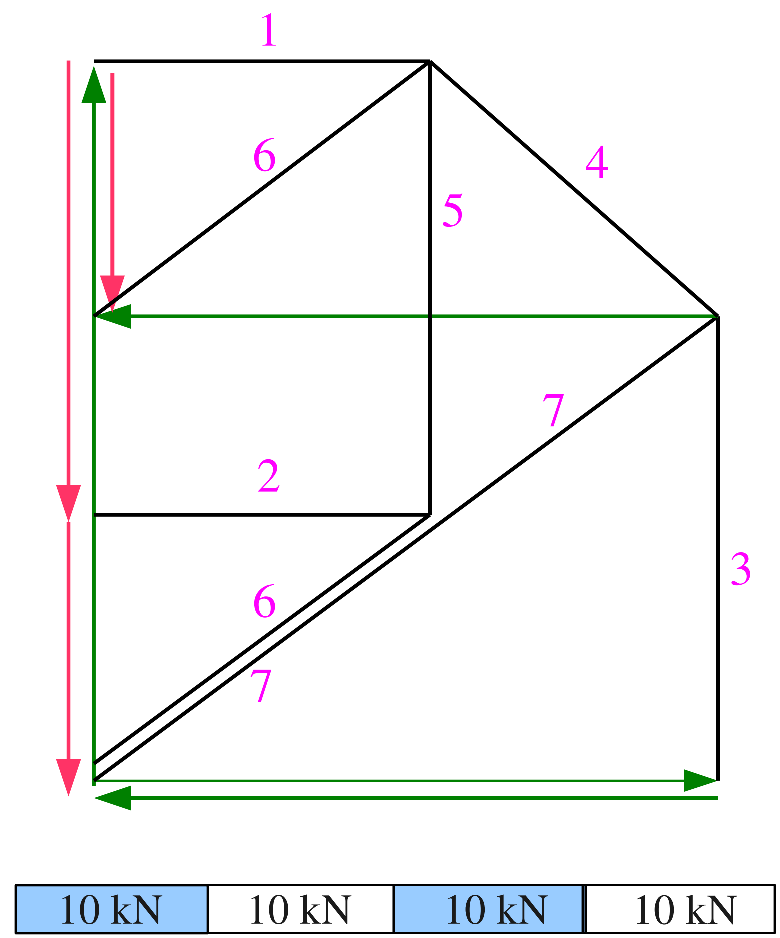


Cremonova grafická metoda (dnes se již nepoužívá)

- Luigi Cremona 1830-1903, italský matematik







Eiffelova věž

- Inženýr, architekt Gustav Eiffel (1832 – 1923)
- Geometrie odvozena z prutu konstantního napětí
- Dokončena 1889
- Výška 300 m bez antén, hloubka základů 14 m
- 9547 t oceli, 2,5 mil. nýtů
- 60 t barev na údržbu každých 7 let
- Výchylka špičky až 7 cm při větru

Most Firth of Forth, Edinburgh

- Železniční most, celková délka 2529 m, niveleta 46 m
- Návrh John Fowler (1817-98) a Benjamin Baker (1840 - 1907)
- Výstavba 1873 - 1890
- Stavělo až 4600 lidí, (>57 úmrtí)
- 55 000 t oceli, 8 mil. nýtů

en.wikipedia.org

Přednášky z předmětu SM1, Stavební fakulta ČVUT v Praze

Autor Vít Šmilauer

Náměty, připomínky, úpravy, vylepšení zasílejte prosím na

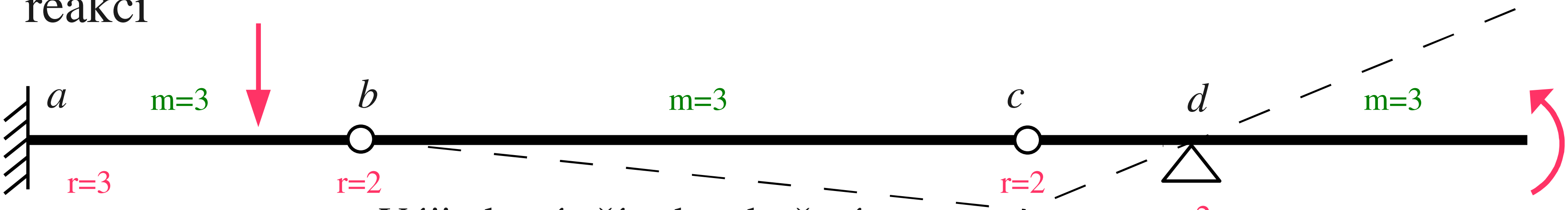
vit.smilauer@fsv.cvut.cz

Created 12/2007 in OpenOffice 2.3, ubuntu linux 6.06

Last update Feb 21, 2011

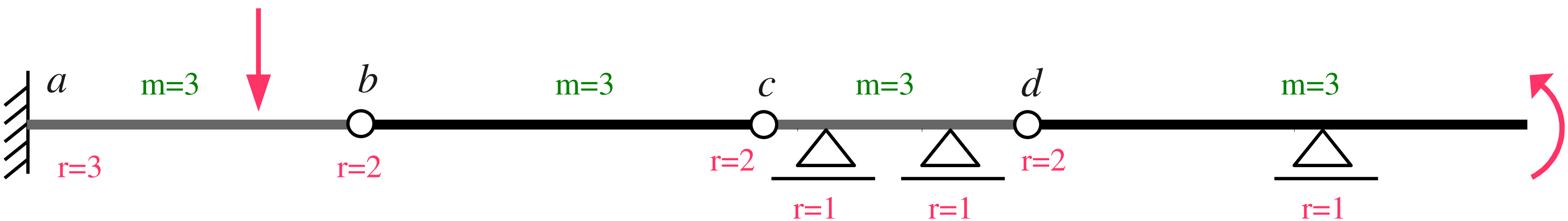
Příklady – složené soustavy

- Určete statickou neurčitost složených soustav a pokud lze, určete postup výpočtu reakcí



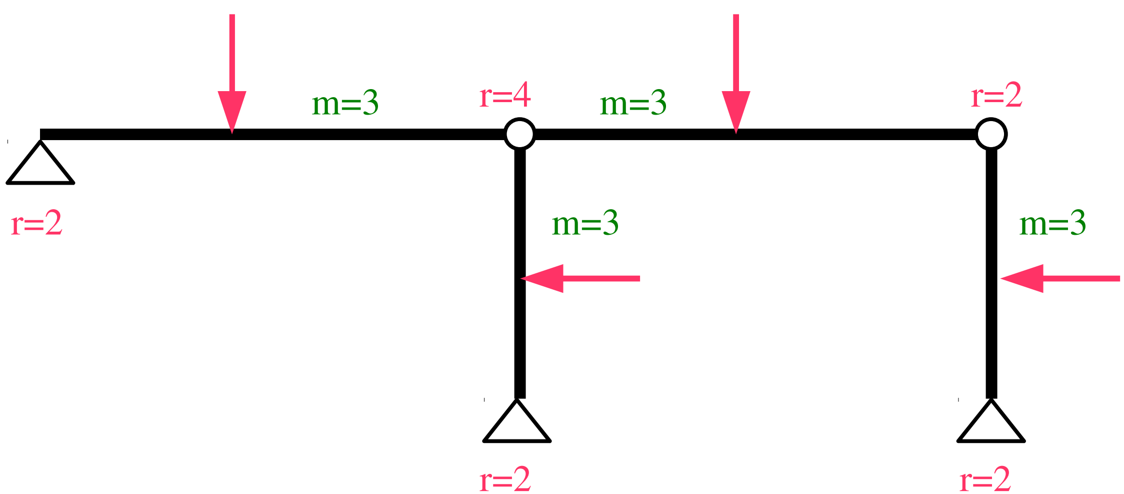
m=9°
r=9°
s_n=0°

Výjimkový případ podepření



m=12°
r=12°
s_n=0°

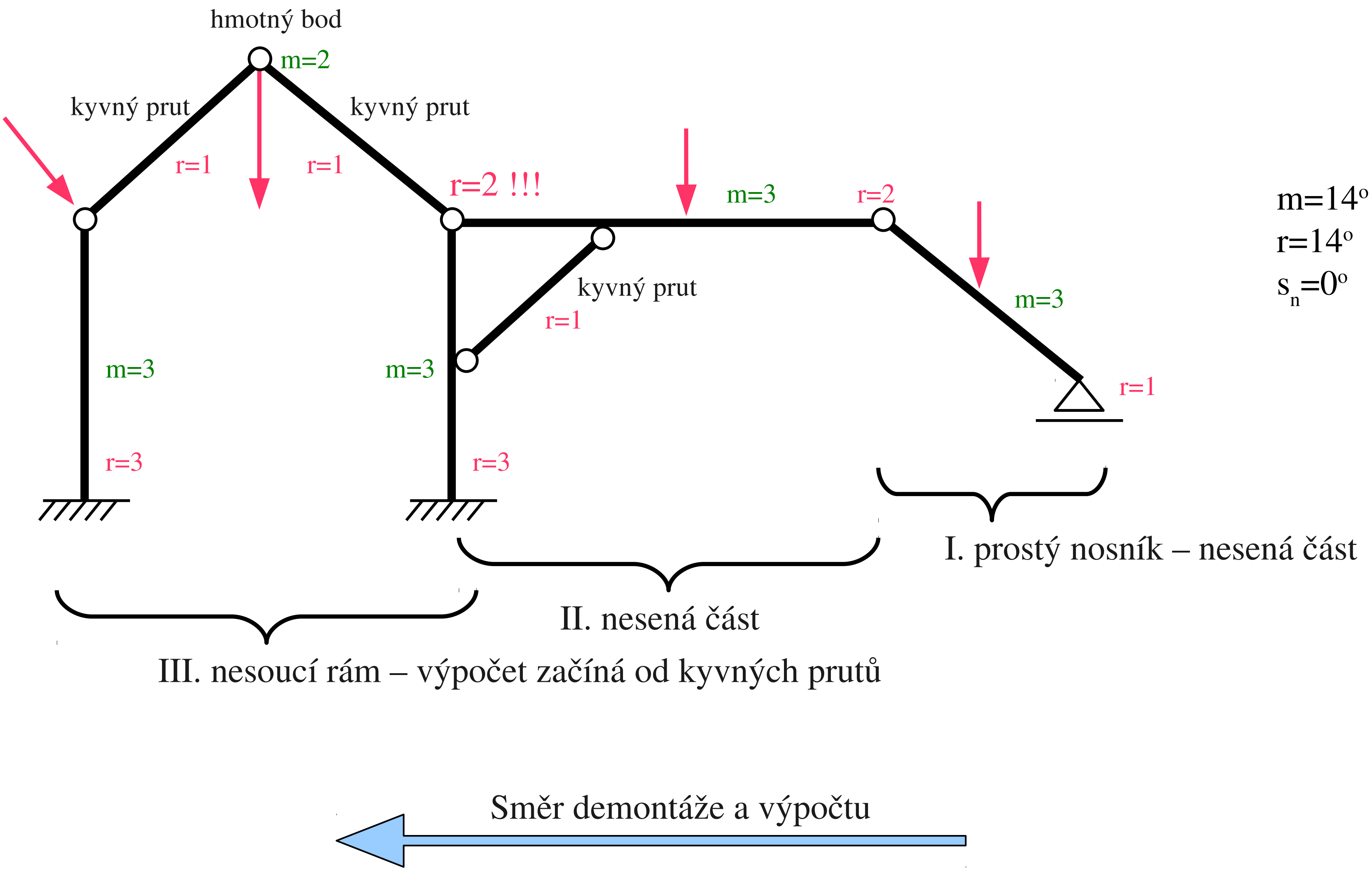
Výpočet začíná od nesených (černých) částí směrem k nesoucím



m=12°
r=12°
s_n=0°

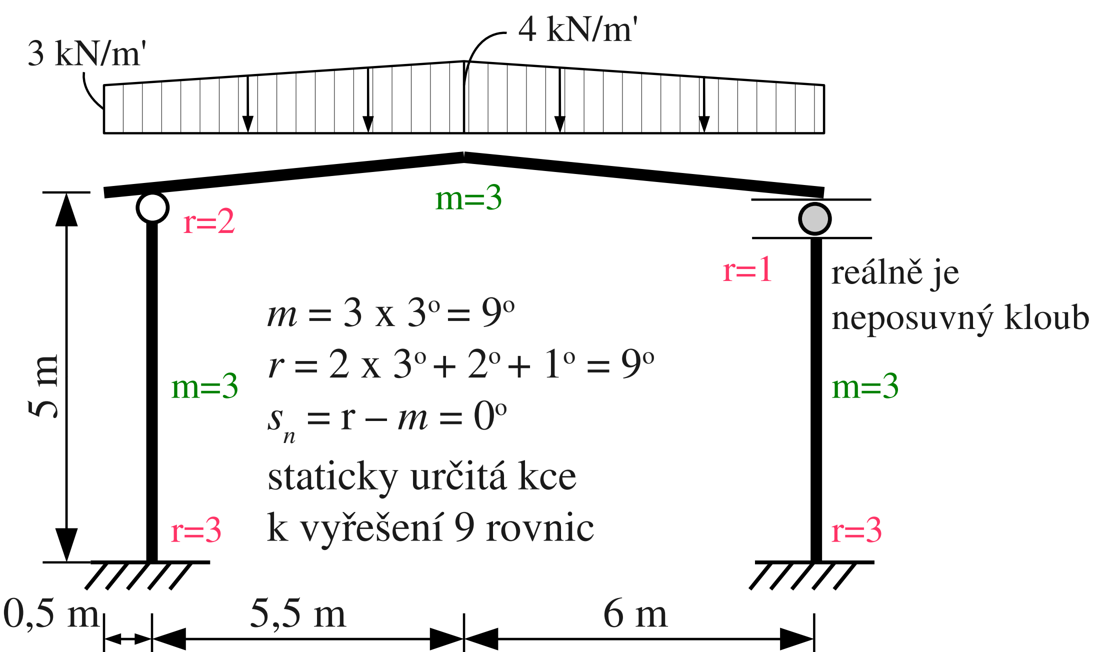
Každý prut je prostý nosník s osovou silou. Výpočet začíná určením příčných sil na prostých nosnících.

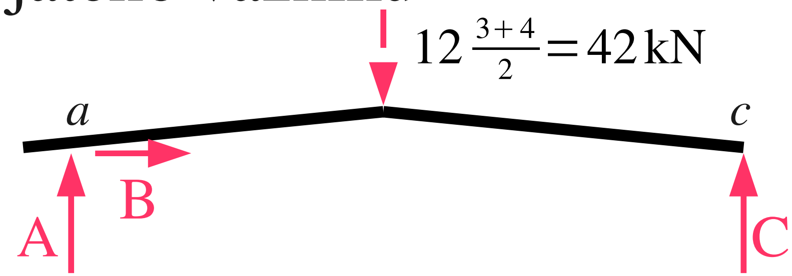
Určete způsob výpočtu složené soustavy



Určete reakce od tíhy předpjatého vazníku

Železobetonová hala, SAPA-LPJ



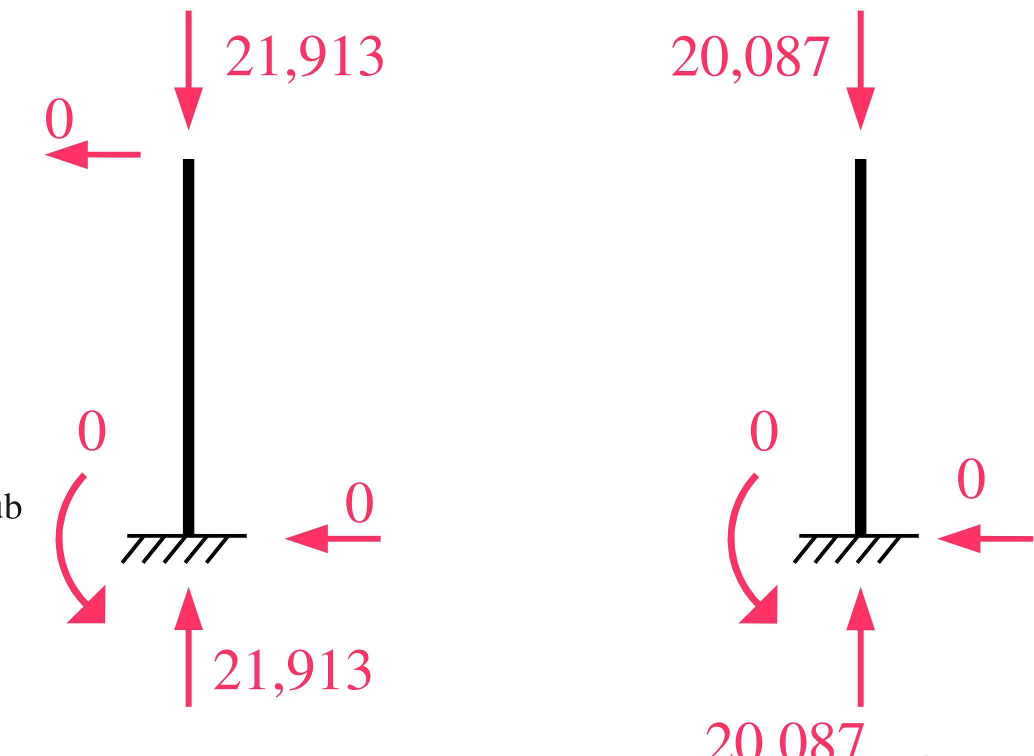


$\rightarrow$ $\mathbf{B} = 0 \quad (1)$

a: $5{,}5 \cdot 42 - 11{,}5\,\mathbf{C} = 0, \quad C = 20{,}087\,\text{kN} \quad (2)$

c: $6 \cdot 42 - 11{,}5\,\mathbf{A} = 0, \quad A = 21{,}913\,\text{kN} \quad (3)$

K $\uparrow$ $A + C - 42 = 0, \quad \text{O.K.}$

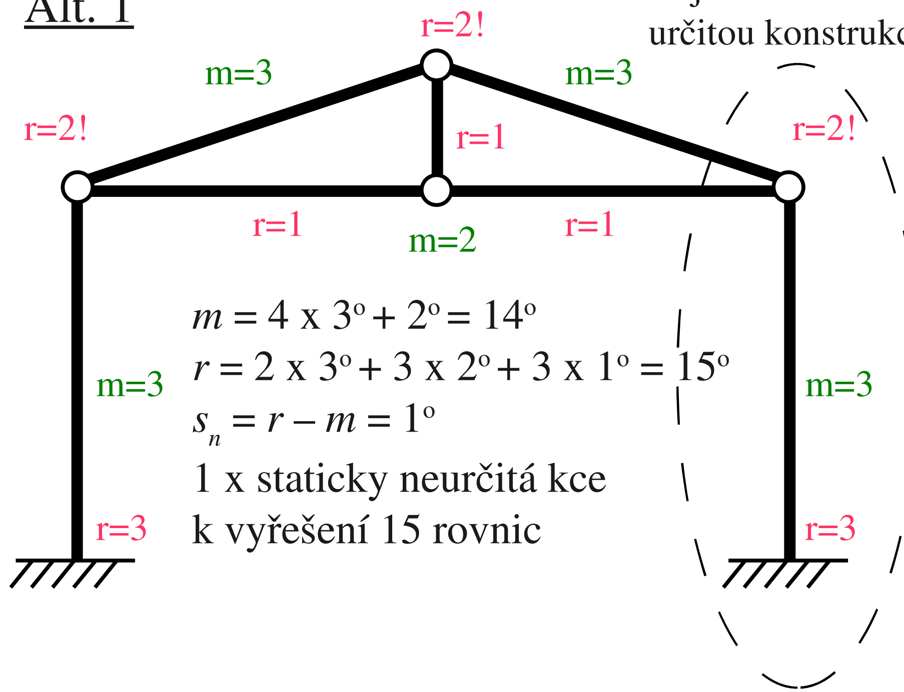


Vytvořte příčné statické schéma konstrukce haly

Ocelová hala, SAPA – LPJ

Nahrazení kyvnou stojkou vede na staticky určitou konstrukci

Alt. 1



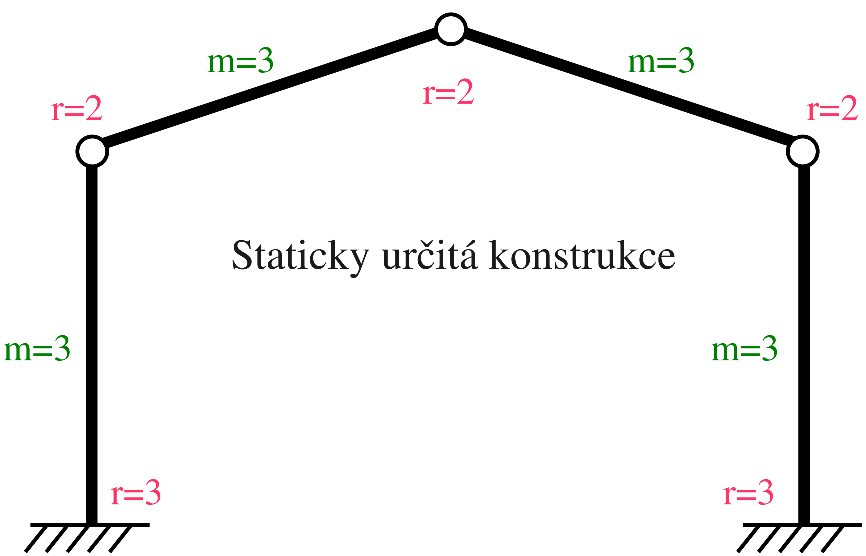
$m = 4 \text{ x } 3^{o} + 2^{o} = 14^{o}$

$r = 2 \text{ x } 3^{o} + 3 \text{ x } 2^{o} + 3 \text{ x } 1^{o} = 15^{o}$

$s_n = r - m = 1^{o}$

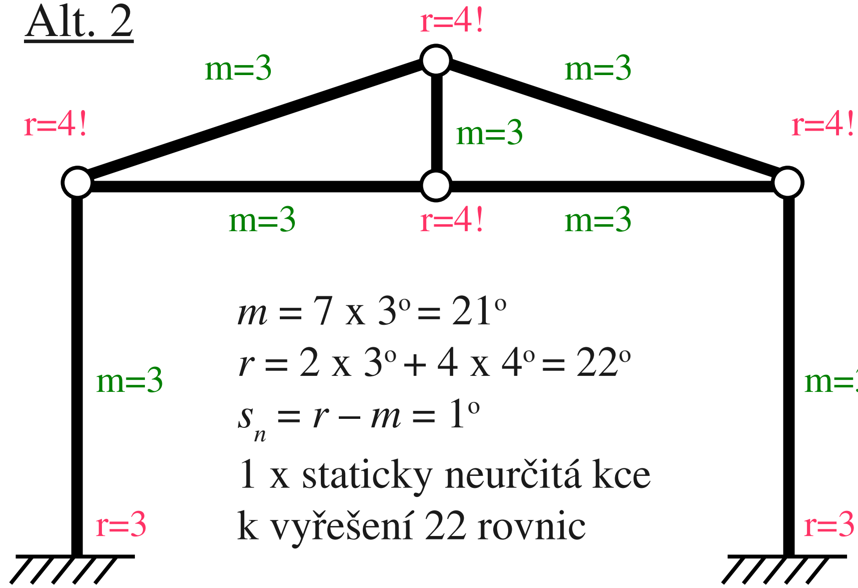
1 x staticky neurčitá kce

k vyřešení 15 rovnic



Staticky určitá konstrukce

Alt. 2



$m = 7 \text{ x } 3^{o} = 21^{o}$

$r = 2 \text{ x } 3^{o} + 4 \text{ x } 4^{o} = 22^{o}$

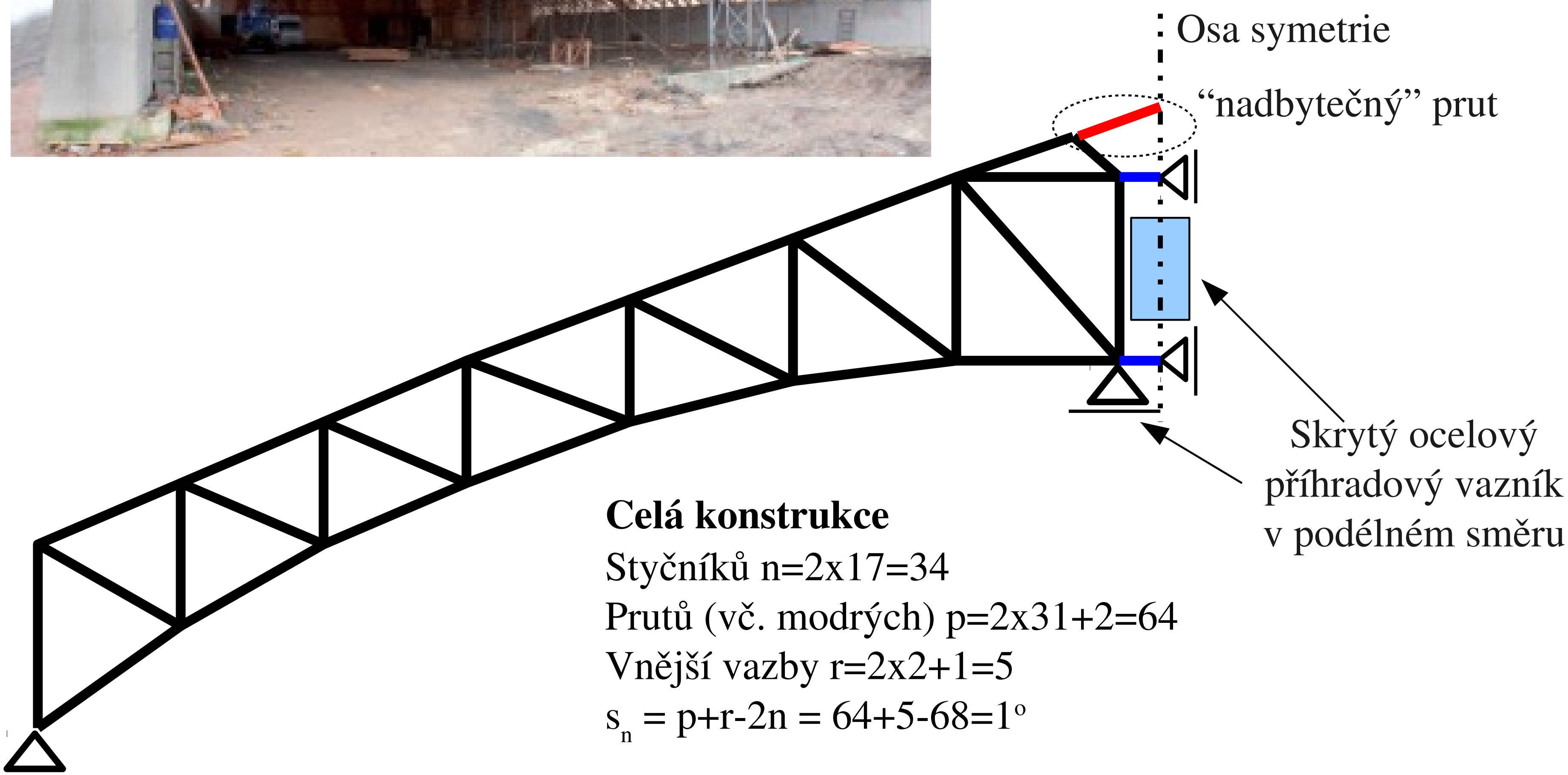
$s_n = r - m = 1^{o}$

1 x staticky neurčitá kce

k vyřešení 22 rovnic

Určete stupeň statické určitosti

- Osová rozteč vazníků 1200 mm
- Ztužení OSB deskami v rovině střechy



Celá konstrukce

Styčníků n=2x17=34

Prutů (vč. modrých) p=2x31+2=64

Vnější vazby r=2x2+1=5

s_n = p+r-2n = 64+5-68=1°

Tenisová hala v Turnově, 2007, časopis KONSTRUKCE, foto Ing. Šrůtek

Určete postup výpočtu staticky určitých složených soustav