



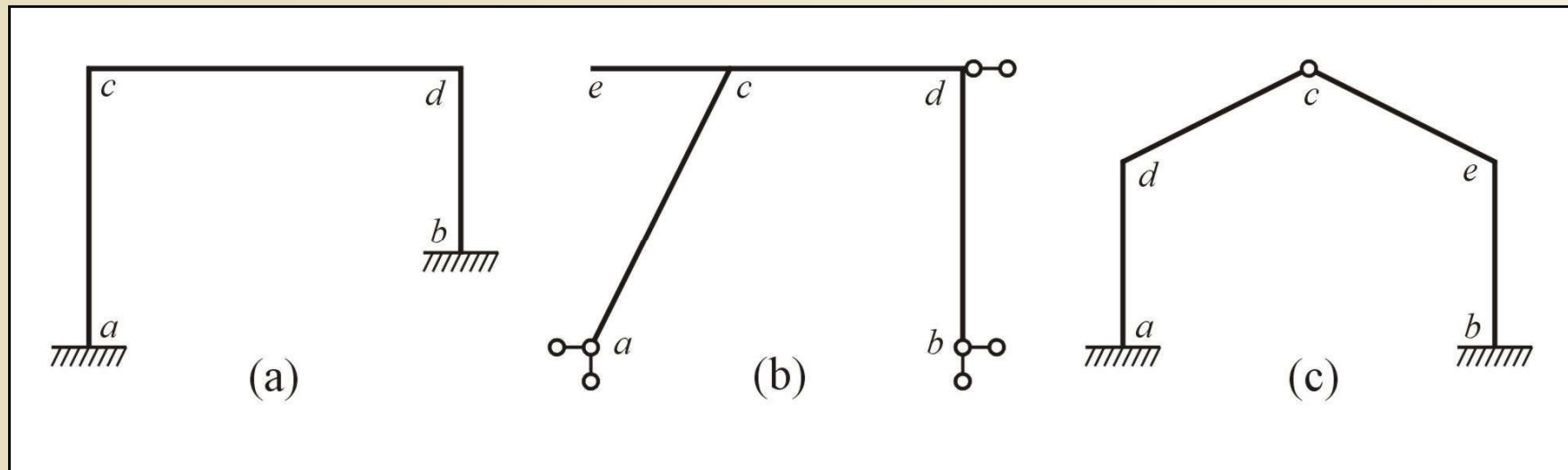
Téma 5

Rovinný rám

- **Základní vlastnosti rovinného rámu**
- **Jednoduchý otevřený rám**
- **Jednoduchý uzavřený rám**

Druhy rovinných ráků

- Ráky : a) pravoúhlé (a)
b) kosoúhlé (b), (c)
c) rozvětvené (b)
d) otevřené (a), (b), (c)

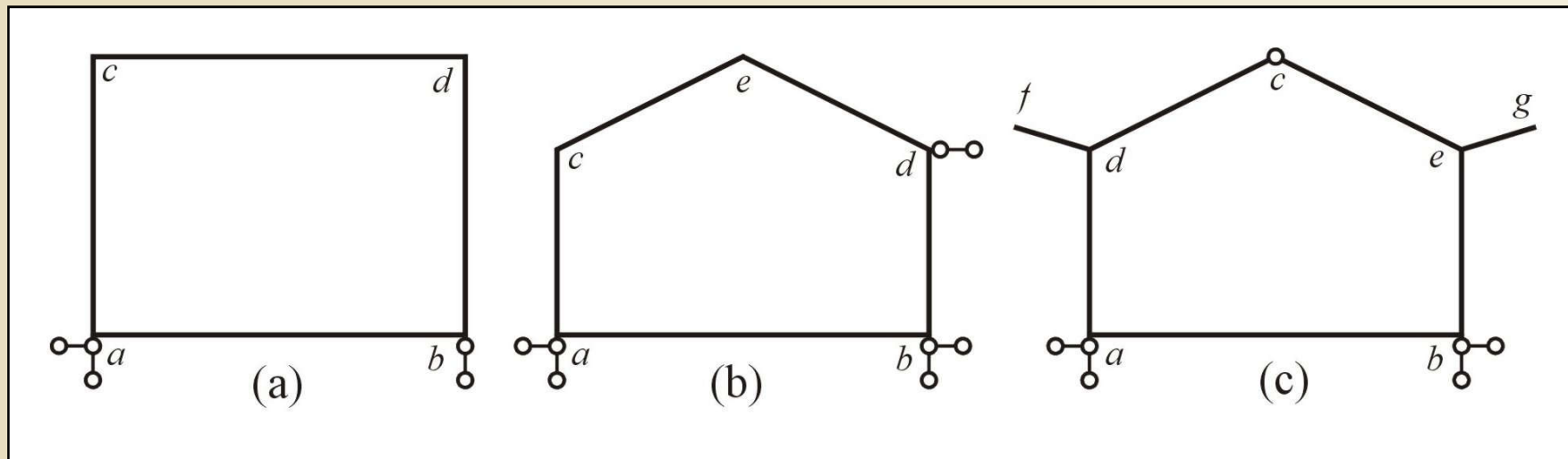


Přiklady jednoduchého otevřeného rovinného rámu

Obr. 5.1. / str. 126

Druhy rovinných ráků

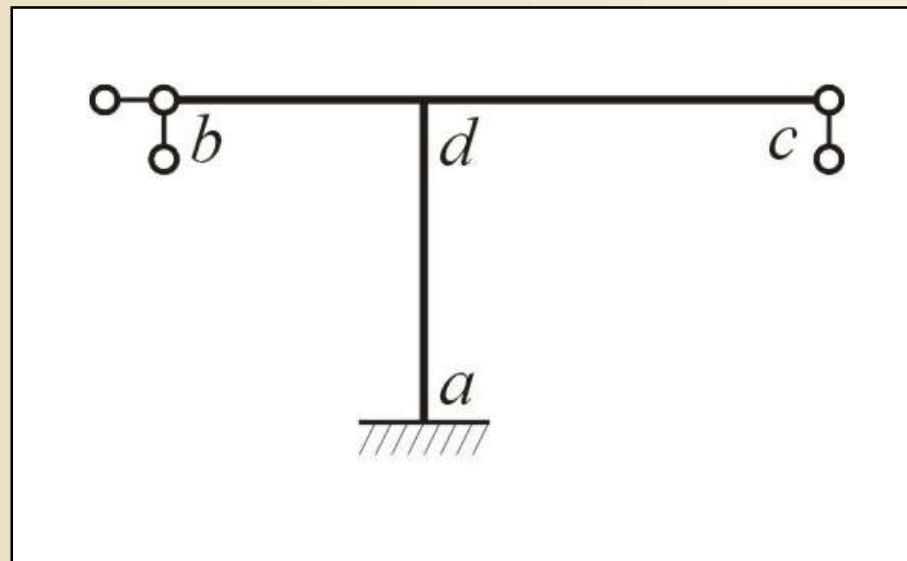
- Ráky : a) pravoúhlé (a)
b) kosoúhlé (b), (c)
c) rozvětvené (c)
d) uzavřené (a), (b), (c)



Příklady jednoduchého uzavřeného rovinného rámu

Obr. 5.2. / str. 126

Druhy rovinných ráků



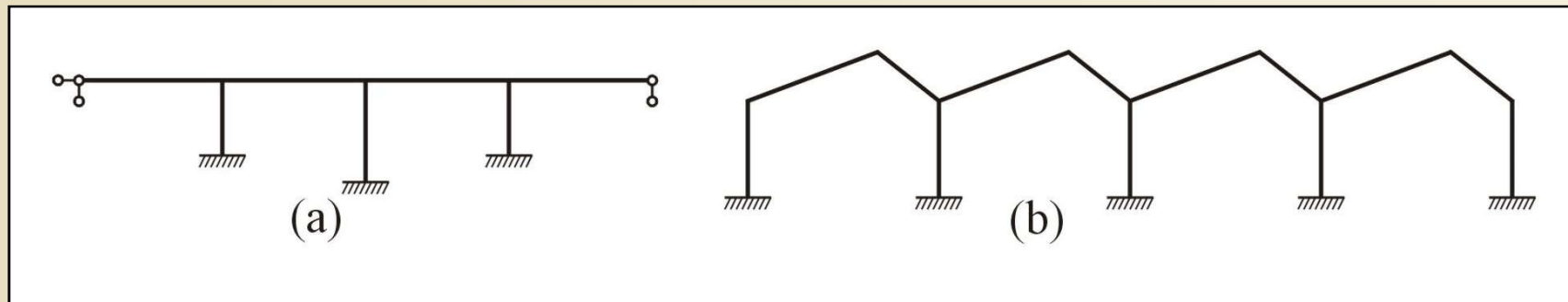
Rozvětvený rám

Obr. 5.3. / str. 126

Druhy rovinných ráků, ráky sdružené

Ráky sdružené -

vznikají seřazením několika otevřených jednoduchých ráků vedle sebe



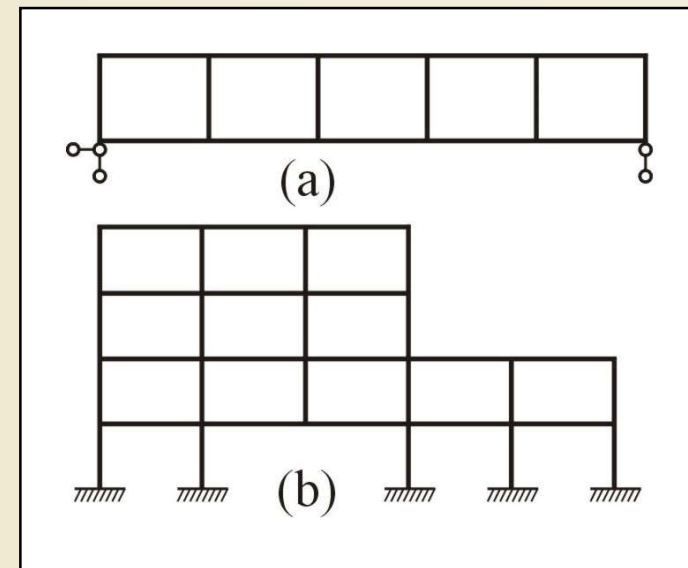
Příklady pravoúhlého a kosoúhlého rovinného sdruženého ráku

Obr. 5.4. / str. 126

Druhy rovinných ráků

Vierendeelův rákový nosník vzniká seřazením několika uzavřených rákových příhrad vedle sebe

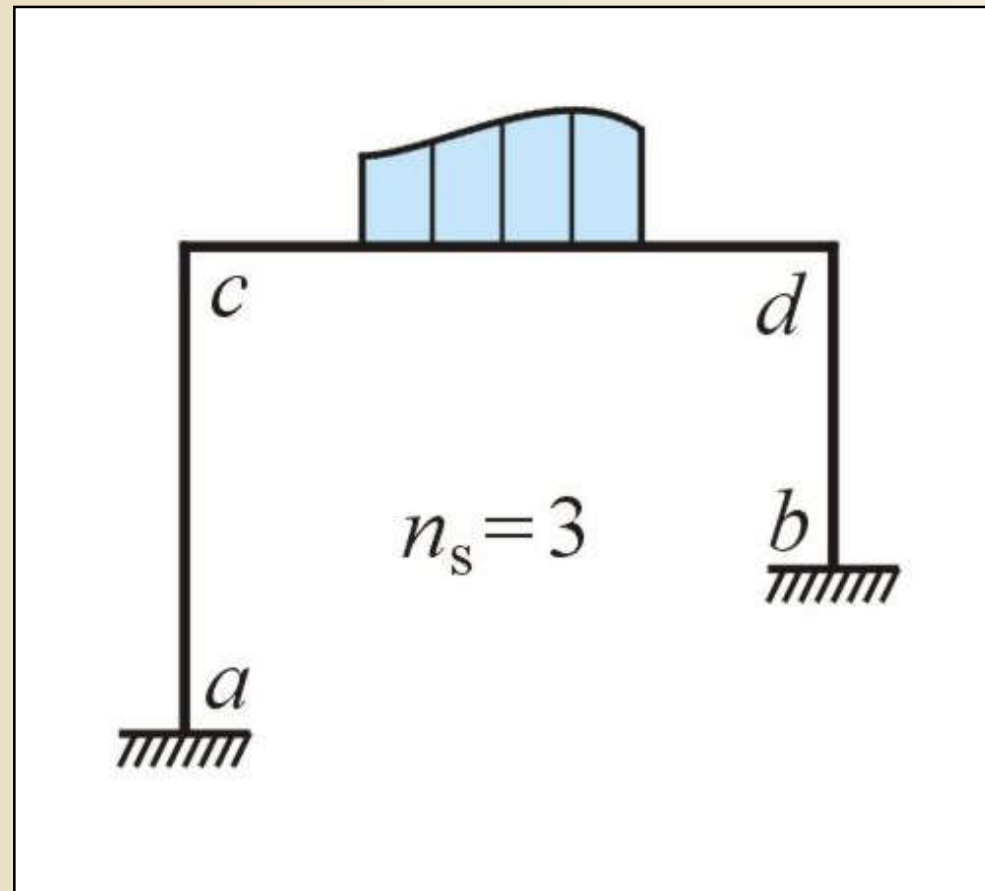
Patrový rám dostaneme seřazením rákových příhrad nad sebe



Vierendeelův nosník a patrový rám

Obr. 5.5. / str. 127

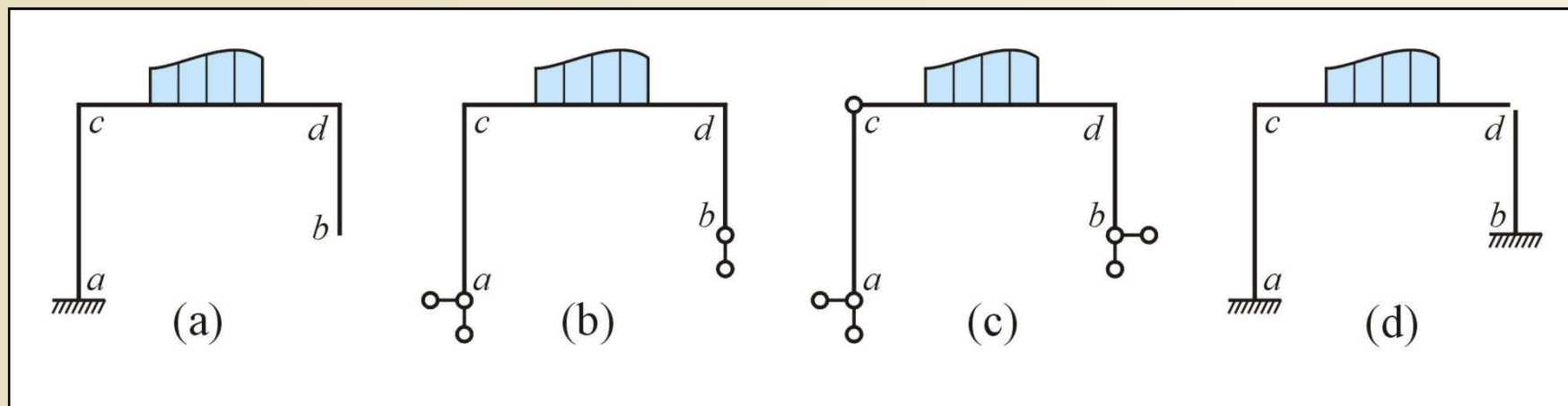
Silová metoda, jednoduchý otevřený rám



První krok silové metody

Obr. 5.6. / str. 127

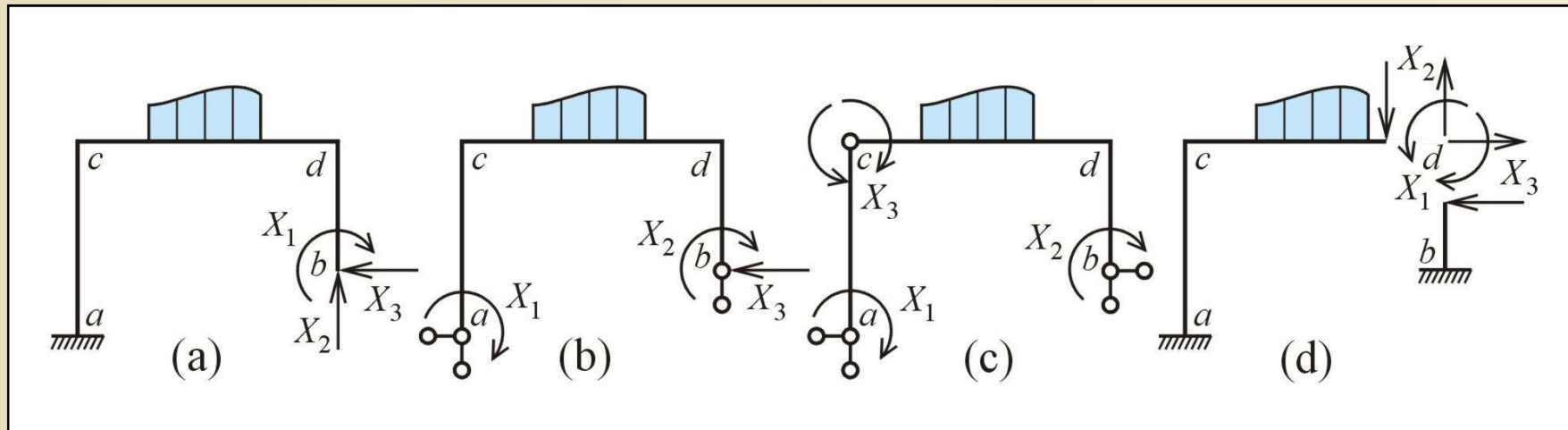
Silová metoda, jednoduchý otevřený rám



Různé způsoby vytvoření základní staticky určité soustavy
ve druhém kroku silové metody

Obr. 5.7. / str. 128

Silová metoda, jednoduchý otevřený rám



Náhrada odebraných vazeb složkami reakcí nebo interakcí
ve třetím kroku silové metody

Obr. 5.8. / str. 128

Silová metoda, jednoduchý otevřený rám

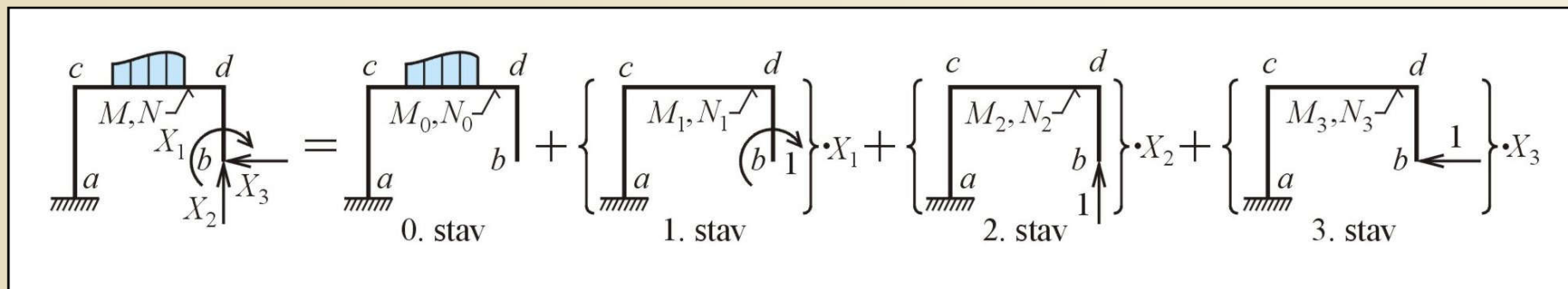
Přetvárné (deformační) podmínky

pro silové zatížení a zatížení změnou teploty :

$$\delta_{11} \cdot X_1 + \delta_{12} \cdot X_2 + \delta_{13} \cdot X_3 + \delta_{10} = 0$$

$$\delta_{21} \cdot X_1 + \delta_{22} \cdot X_2 + \delta_{23} \cdot X_3 + \delta_{20} = 0$$

$$\delta_{31} \cdot X_1 + \delta_{32} \cdot X_2 + \delta_{33} \cdot X_3 + \delta_{30} = 0$$



Obrázková rovnice znázorňující rozklad na nultý stav a jednotkové stavy

Obr. 5.9. / str. 128

Silová metoda, jednoduchý otevřený rám

Přetvárné podmínky (kanonické rovnice) lze zapsat

pro n_s krát staticky neurčitou konstrukci ve tvaru :

$$\sum_{k=1}^{n_s} \delta_{i,k} \cdot X_k = -\delta_{i,0} \quad (\text{pro } i = 1, \dots, n_s)$$

Výpočet deformačních součinitelů :

$$\delta_{i,k} = \sum_{j=1}^m \int_0^{l_j} \frac{M_i \cdot M_k}{E \cdot I_j} dx_j + \sum_{j=1}^m \int_0^{l_j} \frac{N_i \cdot N_k}{E \cdot A_j} dx_j \quad m \text{ je počet prutů rámové konstrukce}$$

Platí $\delta_{i,k} = \delta_{k,i}$

Výpočet zatěžovacích členů od silového zatížení :

$$\delta_{i,0} = \sum_{j=1}^m \int_0^{l_j} \frac{M_i \cdot M_0}{E \cdot I_j} dx_j + \sum_{j=1}^m \int_0^{l_j} \frac{N_i \cdot N_0}{E \cdot A_j} dx_j$$

Výpočet zatěžovacích členů od oteplení :

$$\delta_{i,0} = \alpha_t \cdot \sum_{j=1}^m \int_0^{l_j} N_i \cdot \Delta t_{0,j} \cdot dx_j + \alpha_t \sum_{j=1}^m \int_0^{l_j} M_i \cdot \frac{\Delta t_{1,j}}{h_j} dx_j$$

Silová metoda, jednoduchý otevřený rám, popuštění podpor

Přetvárné podmínky pro popuštění podpor:

$$\delta_{11} \cdot X_1 + \delta_{12} \cdot X_2 + \delta_{13} \cdot X_3 + \delta_{10} = d_1$$

$$\delta_{21} \cdot X_1 + \delta_{22} \cdot X_2 + \delta_{23} \cdot X_3 + \delta_{20} = d_2$$

$$\delta_{31} \cdot X_1 + \delta_{32} \cdot X_2 + \delta_{33} \cdot X_3 + \delta_{30} = d_3$$

$$\sum_{k=1}^{n_s} \delta_{i,k} \cdot X_k + \delta_{i,0} = d_i \quad \text{pro } i = 1, \dots, n_s$$

Silová metoda, jednoduchý otevřený rám, popuštění podpor

Popuštění podpor a jejich směry : \bar{w}_a (\downarrow), \bar{w}_b (\downarrow), \bar{u}_a (\rightarrow), \bar{u}_b (\rightarrow),
 $\bar{\varphi}_a$ (dopr.), $\bar{\varphi}_b$ (dopr.)

$$d_1 = \bar{\varphi}_b \quad d_2 = -\bar{w}_b \quad d_3 = -\bar{u}_b$$

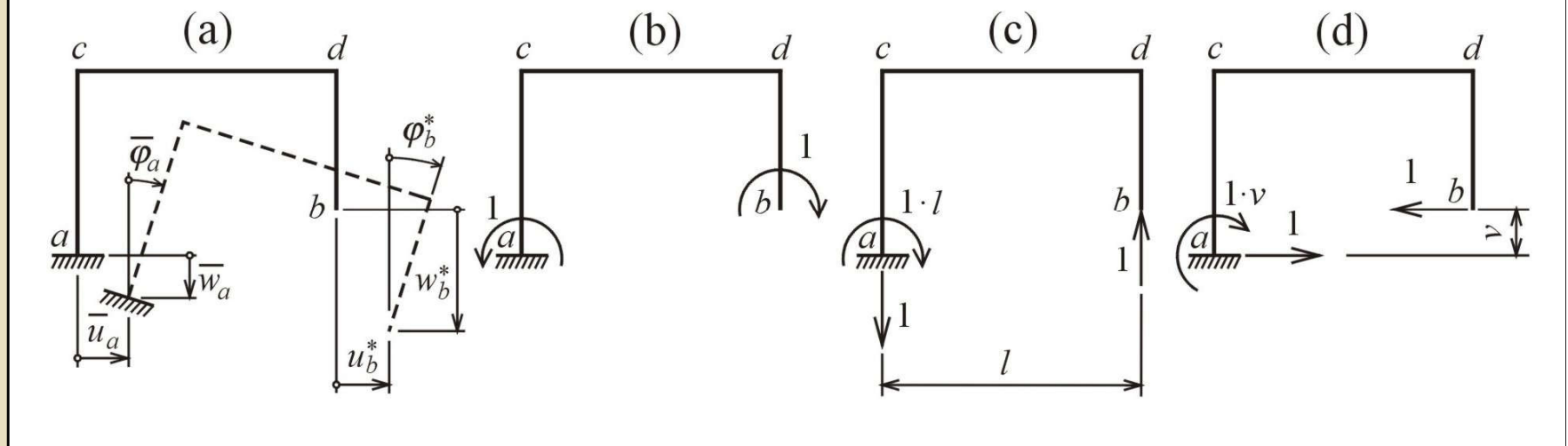
Opačný směr než X_i

$$\delta_{10} = \varphi_b^* = -(-M_{a1} \cdot \bar{\varphi}_a) = \bar{\varphi}_a$$

Opačný směr než φ_a

$$\delta_{20} = -w_b^* = -(\bar{R}_{a2} \cdot \bar{w}_a + \bar{M}_{a2} \cdot \bar{\varphi}_a) = -\bar{w}_a - \bar{\varphi}_a \cdot l$$

$$\delta_{30} = -u_b^* = -(\bar{H}_{a3} \cdot \bar{u}_a + \bar{M}_{a3} \cdot \bar{\varphi}_a) = -\bar{u}_a - \bar{\varphi}_a \cdot v$$



Výpočet zatěžovacích členů od popuštění podpor

Obr. 5.10. / str. 131

Silová metoda, jednoduchý otevřený rám, popuštění podpor

$$\delta_{11} \cdot X_1 + \delta_{12} \cdot X_2 + \delta_{13} \cdot X_3 + \delta_{10} = d_1$$

$$\delta_{21} \cdot X_1 + \delta_{22} \cdot X_2 + \delta_{23} \cdot X_3 + \delta_{20} = d_2$$

$$\delta_{31} \cdot X_1 + \delta_{32} \cdot X_2 + \delta_{33} \cdot X_3 + \delta_{30} = d_3$$

Po dosazení:

$$d_1 = \bar{\varphi}_b, d_2 = -\bar{w}_b, d_3 = -\bar{u}_b, \delta_{10} = \bar{\varphi}_a,$$

$$\delta_{20} = -\bar{w}_a - \bar{\varphi}_a \cdot l, \delta_{30} = -\bar{u}_a - \bar{\varphi}_a \cdot v$$

je

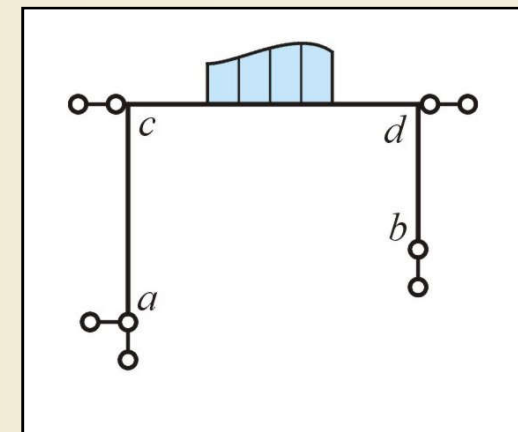
$$\delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \delta_{13}X_3 = \bar{\varphi}_b - \bar{\varphi}_a$$

$$\delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \delta_{23}X_3 = -\bar{w}_b + \bar{w}_a + \bar{\varphi}_a \cdot l$$

$$\delta_{31}X_1 + \delta_{32}X_2 + \delta_{33}X_3 = -\bar{u}_b + \bar{u}_a + \bar{\varphi}_a \cdot v$$

Upozornění

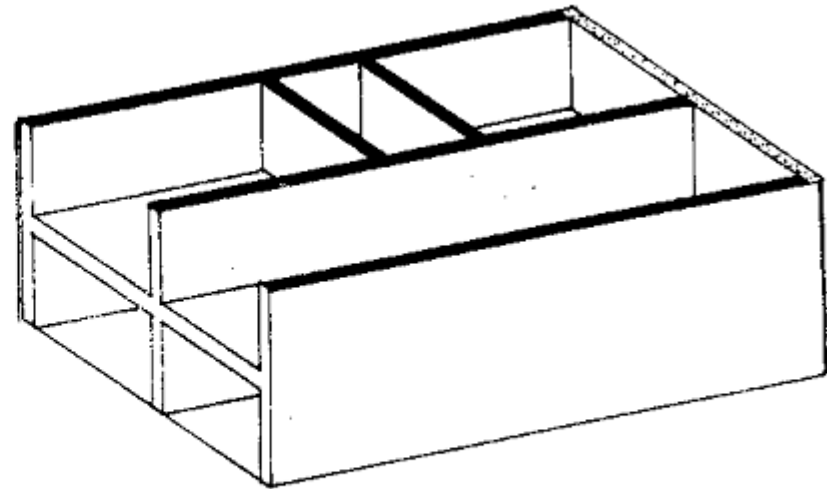
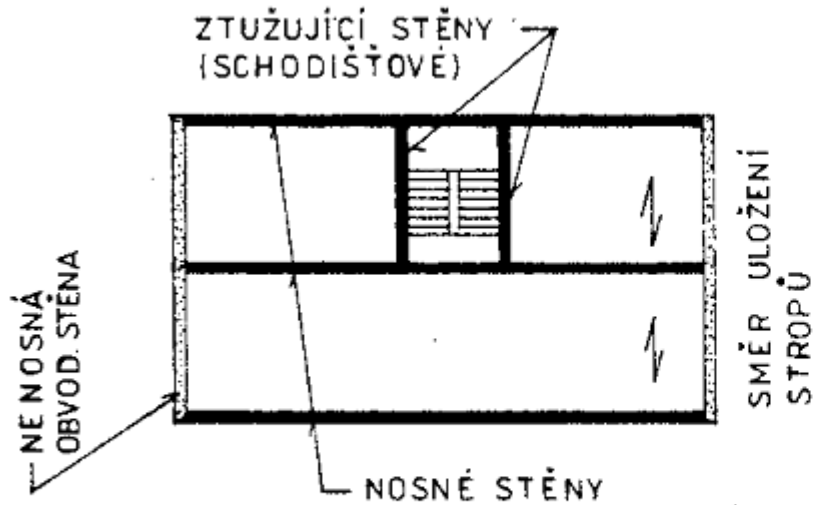
Prut c - d na obr. 5.11 je podepřen proti posunu ve směru osy prutu. Je nezbytné počítat s vlivem normálových sil na přetvoření prutu c - d. V opačném případě, což se často oprávněně dělá, je soustava kanonických rovnic singulární.



Dvě vazby v ose téhož prutu

Obr. 5.11. / str. 132

Stěnový systém podélný



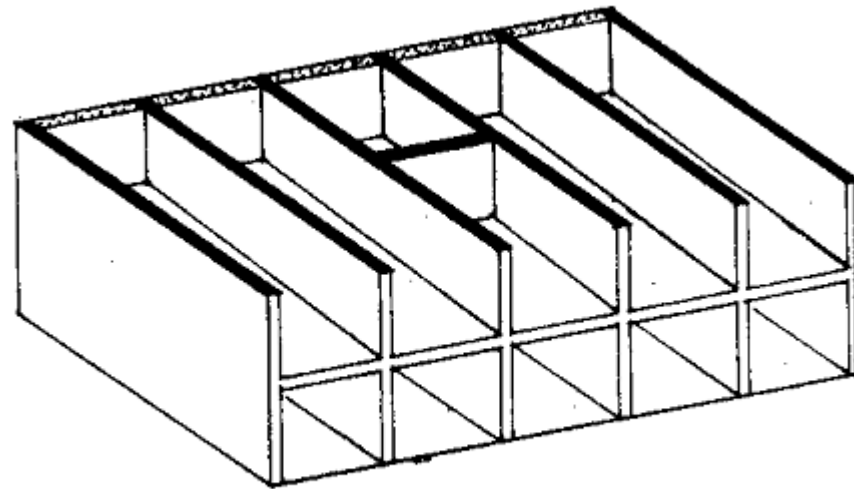
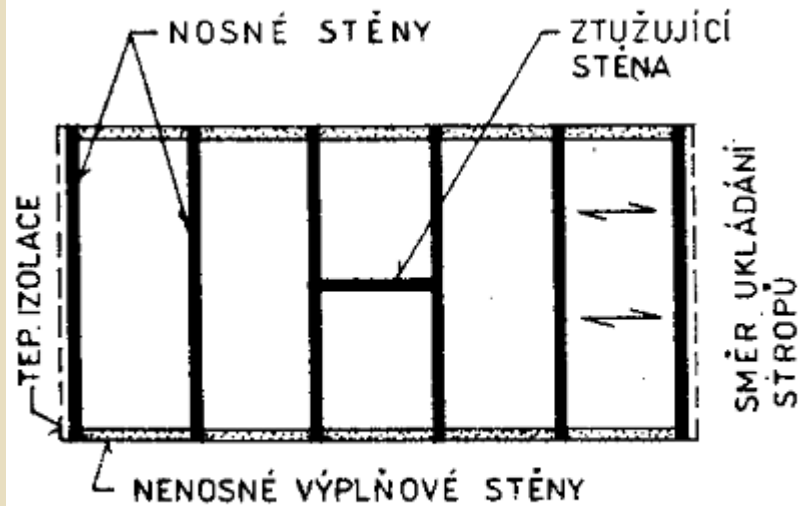
Obr. 6 Stěnový systém podélný

Matoušková, D. Pozemní stavitelství I, VUT Brno

- Nižší tuhost, nižší budovy
- Zděné

Konstrukční systém a nosná funkce

Stěnový systém příčný



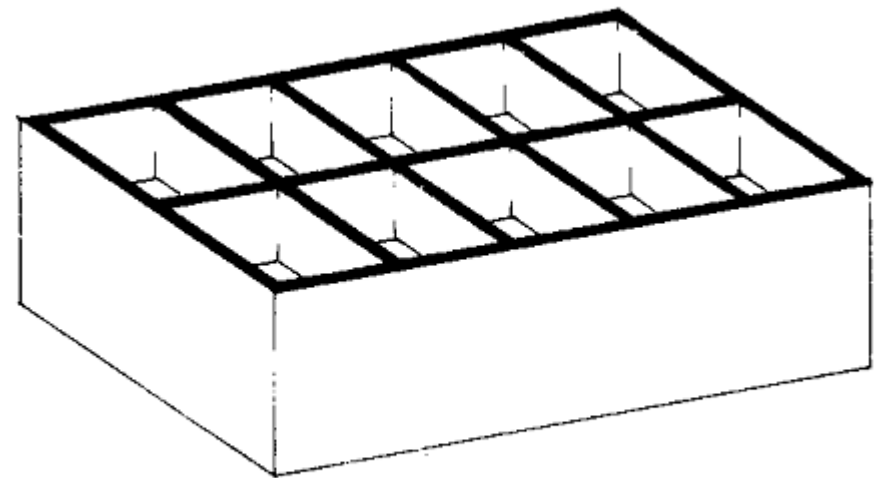
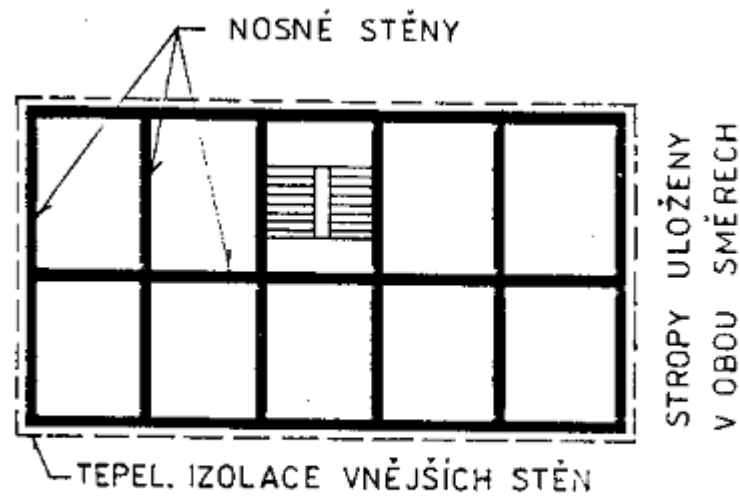
Obr. 7 Stěnový systém příčný

Matoušková, D. Pozemní stavitelství I, VUT Brno

- Vysoká tuhost, vhodné pro vyšší budovy
- Omezená variability
- Zdivo, železobeton (monolit, prefabrikáty)

Konstrukční systém a nosná funkce

Stěnový systém obousměrný

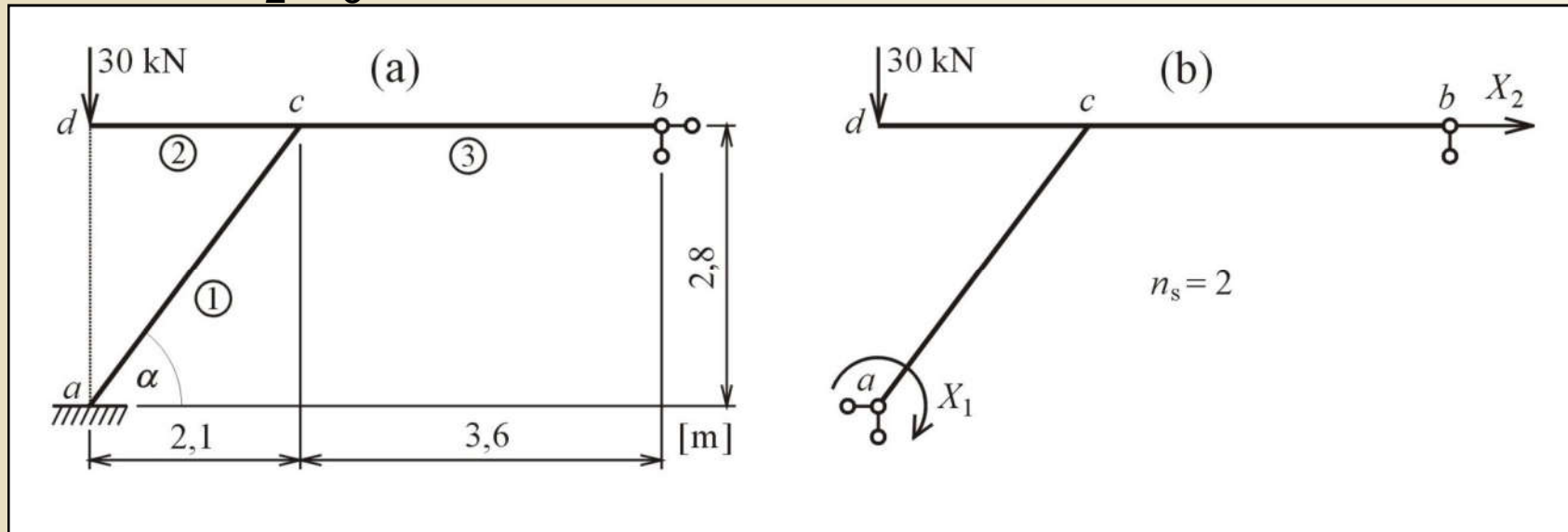


Obr. 8 Stěnový systém obousměrný

Matoušková, D. Pozemní stavitelství I, VUT Brno

Příklad 5.1, zadání, skripta str. 132

$$I_1=0,002\text{m}^2, I_2=I_3=0,004\text{m}^2$$



Zadání příkladu 5.1 a znázornění prvních tří kroků silové metody

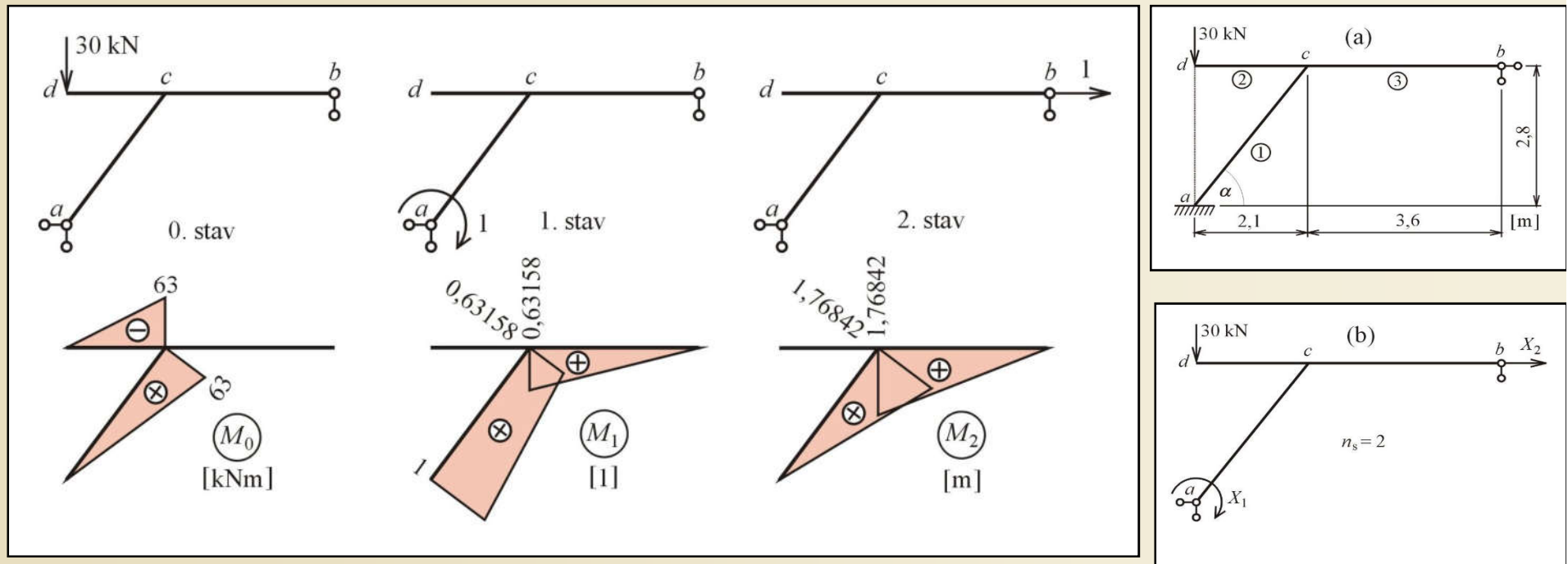
Obr. 5.12. / str. 132

$$l_{a,c} = l_1 = \sqrt{2,1^2 + 2,8^2} = 3,5\text{m}$$

$$\alpha = \arctg \frac{2,8}{2,1} = \arctg(1,33333) = 59,033^\circ$$

$$\sin \alpha = \frac{2,8}{3,5} = 0,8, \quad \cos \alpha = \frac{2,1}{3,5} = 0,6$$

Příklad 5.1, řešení



Dílčí stavy a průběhy ohybových momentů v dílčích stavech příkladu 5.1

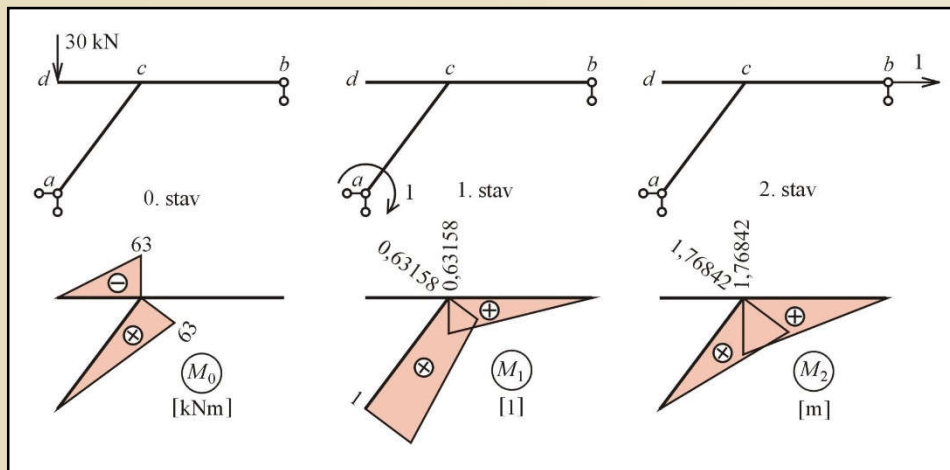
Obr. 5.13. / str. 133

$$R_{a0} = 30 \text{ kN}(\uparrow), R_{b0} = 0, H_{a0} = 0$$

$$R_{a1} = \frac{1}{5,7} \text{ kN}(\downarrow), R_{b1} = \frac{1}{5,7} \text{ kN}(\uparrow), H_{a1} = 0$$

$$R_{a2} = \frac{2,8}{5,7} \text{ kN}(\downarrow), R_{b2} = \frac{2,8}{5,7} \text{ kN}(\uparrow), H_{a2} = 1(\leftarrow)$$

Příklad 5.1, pokračování řešení



Deformační podmínky:

$$\delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \delta_{10} = 0$$

$$\delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \delta_{20} = 0$$

$$\delta_{11} = \frac{1}{0,002 \cdot E} \cdot \left(0,63158 \cdot 3,5 \cdot \frac{1,63158}{2} + \frac{0,36842 \cdot 3,5}{2} \cdot \left(0,63158 + \frac{2}{3} \cdot 0,36842 \right) \right) + \frac{0,63158^2 \cdot 3,6}{3 \cdot 0,004 E} = \frac{1304,1}{E}$$

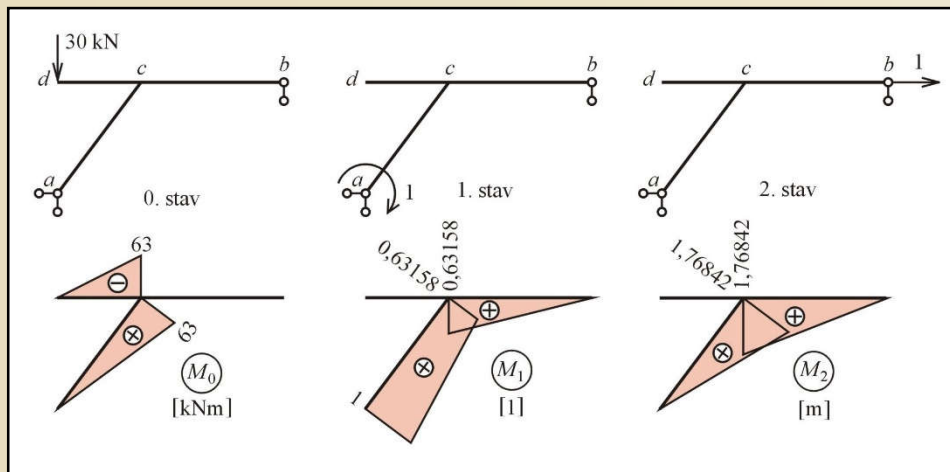
$$\delta_{12} = \delta_{21} = \frac{1}{0,002 \cdot E} \cdot \frac{1,76842 \cdot 3,5}{2} \cdot \left(0,63158 + \frac{0,36842}{3} \right) + \frac{1,76842 \cdot 0,63158}{3 \cdot 0,004 \cdot E} \cdot 3,6 = \frac{1502,4}{E}$$

$$\delta_{22} = \frac{1}{0,002 \cdot E} \cdot \frac{1,76842^2 \cdot 3,5}{3} + \frac{1}{0,004 \cdot E} \cdot \frac{1,76842^2 \cdot 3,6}{3} = \frac{2762,5}{E}$$

$$\delta_{10} = \frac{1}{0,002 \cdot E} \cdot \frac{63 \cdot 3,5}{2} \cdot \left(0,63158 + \frac{0,36842}{3} \right) = \frac{41585,6}{E}$$

$$\delta_{20} = \frac{1}{0,002 \cdot E} \cdot \frac{63 \cdot 1,76842 \cdot 3,5}{3} = \frac{64989,4}{E}$$

Příklad 5.1, řešení lineárních rovnic



Deformační podmínky:

$$\delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \delta_{10} = 0$$

$$\delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \delta_{20} = 0$$

$$\delta_{11} = \frac{1304,1}{E}, \quad \delta_{12} = \delta_{21} = \frac{1502,4}{E}, \quad \delta_{22} = \frac{2762,5}{E}, \quad \delta_{10} = \frac{41585,6}{E}, \quad \delta_{20} = \frac{64989,4}{E}$$

$$1304,1 \cdot X_1 + 1502,4 \cdot X_2 + 41585,6 = 0$$

$$1502,4 \cdot X_1 + 2762,5 \cdot X_2 + 64989,4 = 0$$

$$X_1 = \frac{1304,1 \cdot (-64989,4) + 1502,4 \cdot 64989,4}{1304,1 \cdot 2762,5 - 1502,4 \cdot 1502,4} = \frac{-17240145}{1345370,5} = -12,814 \text{ kN}$$

$$X_2 = \frac{1304,1 \cdot (-64989,4) - (-41585,6) \cdot 1502,4}{1304,1 \cdot 2762,5 - 1502,4 \cdot 1502,4} = \frac{-2274471}{1345370,5} = -16,557 \text{ kN}$$

Příklad 5.1, dokončení, výpočet reakcí a složek vnitřních sil, obr.5.14, str.134

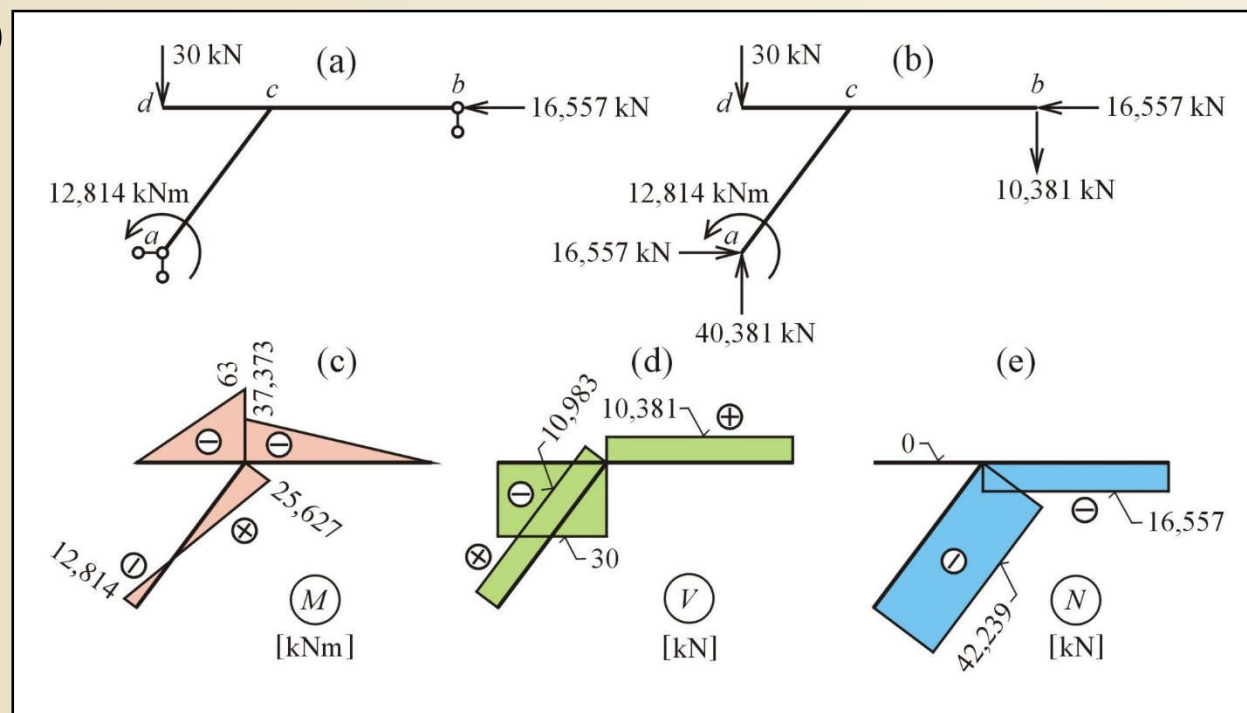
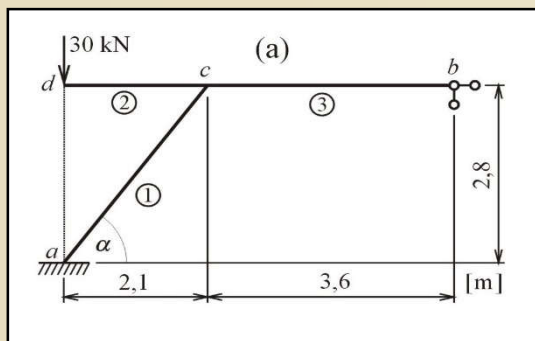
$$R_a = R_{a0} + R_{a1} \cdot X_1 + R_{a2} \cdot X_2 = 30 - \frac{1}{5,7} \cdot (-12,814) - \frac{2,8}{5,7} \cdot (-16,557) = 40,381 \text{ kN}(\uparrow)$$

$$H_a = H_{a0} + H_{a1} \cdot X_1 + H_{a2} \cdot X_2 = 0 + 0 + 1 \cdot (-16,557) = -16,557 \text{ kN}(\leftarrow)$$

$$M_a = X_1 = -12,814 \text{ kNm (doprava)}$$

$$R_b = R_{b0} + R_{b1} \cdot X_1 + R_{b2} \cdot X_2 = 0 + \frac{1}{5,7} \cdot (-12,814) + \frac{2,8}{5,7} \cdot (-16,557) = -10,381 \text{ kN}(\uparrow)$$

$$H_b = X_2 = -16,557 \text{ kN}(\rightarrow)$$



Příklad 5.1, dokončení, normálových a posouvajících sil, obr.5.14, str.134

Prut 1:

$$\sin \alpha = 0,8 \quad \cos \alpha = 0,6$$

$$N_{ac} = -(R_a \cdot \sin \alpha + H_a \cdot \cos \alpha) = -(40,381 \cdot 0,8 + 16,557 \cdot 0,6) = -42,239 \text{ kN}$$

$$V_{ac} = R_a \cdot \cos \alpha - H_a \cdot \sin \alpha = 40,381 \cdot 0,6 - 16,557 \cdot 0,8 = 10,983 \text{ kN}$$

Prut 2 :

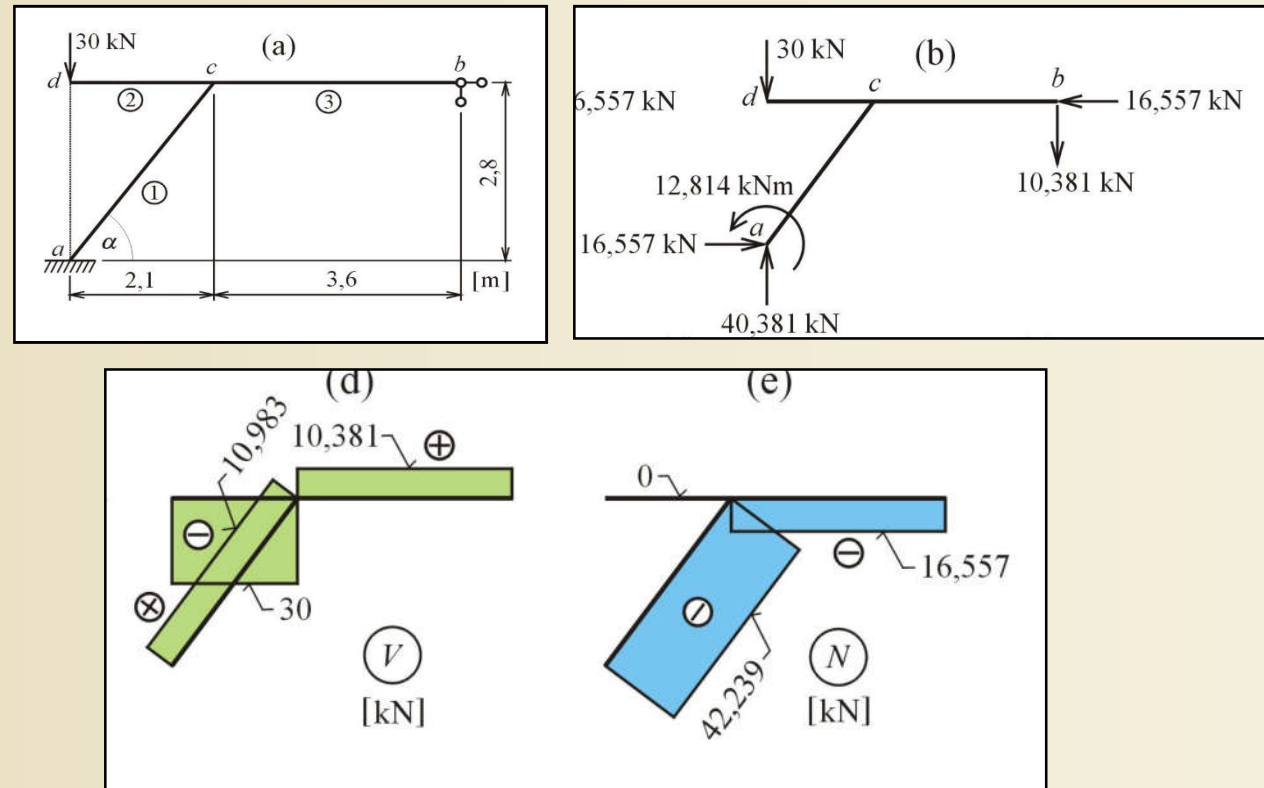
$$N_{dc} = 0$$

$$V_{dc} = -30 \text{ kN}$$

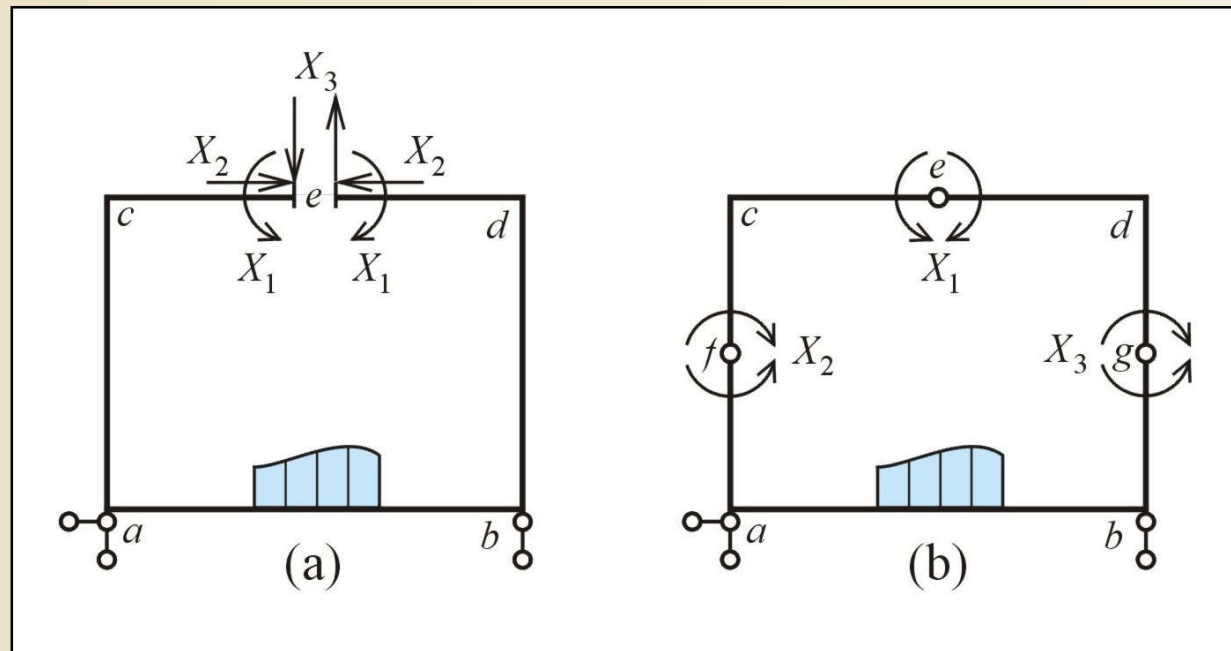
Prut 3:

$$N_{cb} = N_{bc} = -16,557 \text{ kN}$$

$$V_{cb} = V_{bc} = 10,381 \text{ kN}$$



Jednoduchý uzavřený rám



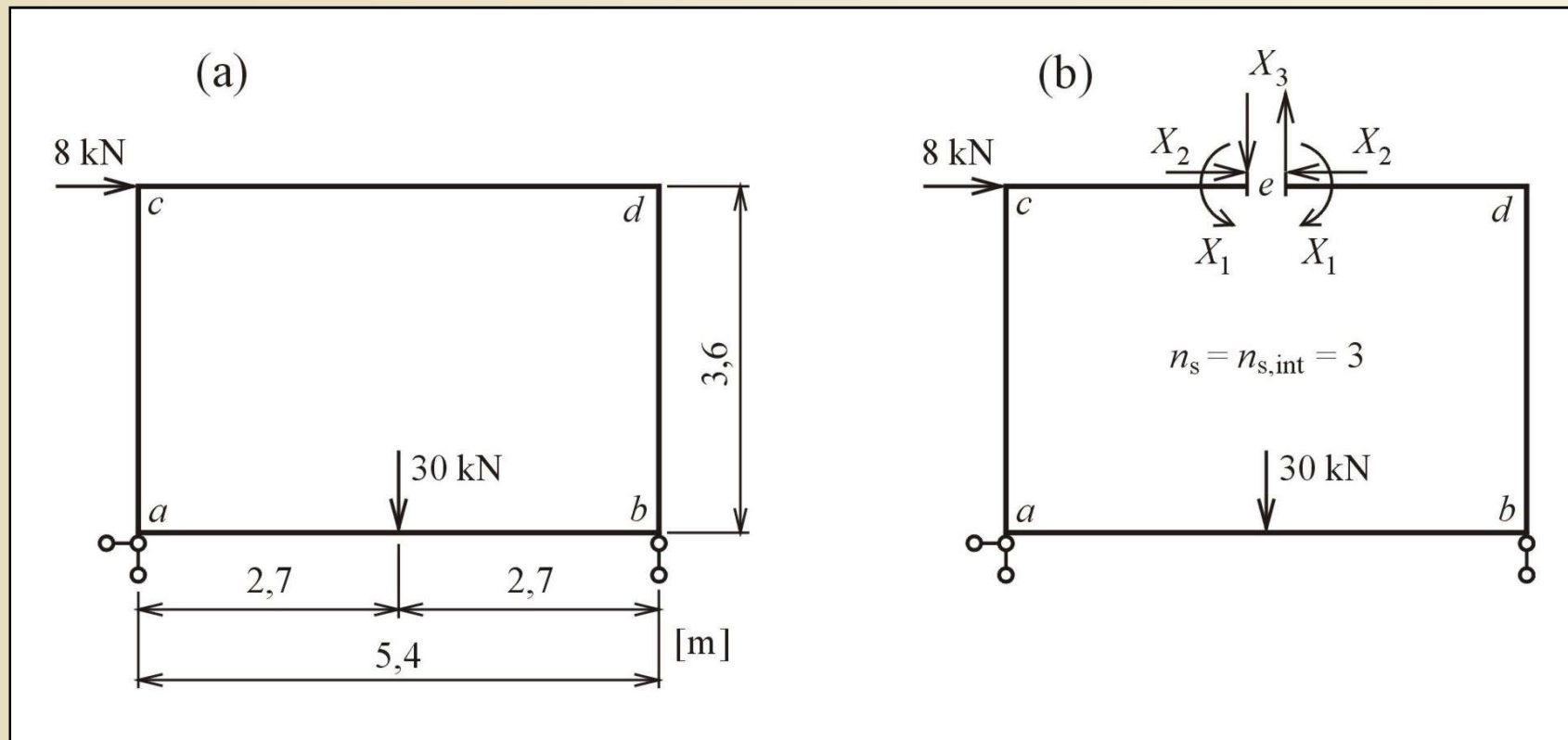
Odebrání vnitřních vazeb a jejich náhrada interakcemi

Obr. 5.15. / str. 135

Jednoduchý uzavřený rám-příklad 5.2

Stupeň statické neurčitosti $n_s = 3$

$E \cdot I = konst.$



Zadání příkladu 5.2 a znázornění prvních tří kroků silové metody

Obr. 5.16. / str. 136

Příklad 5.2, zatěžovací stavy

Reakce nenulové pouze
v "0". zatěžovacím stavu

$$R_{az} = R_{az0} = 9,66\bar{6}kN(\uparrow)$$

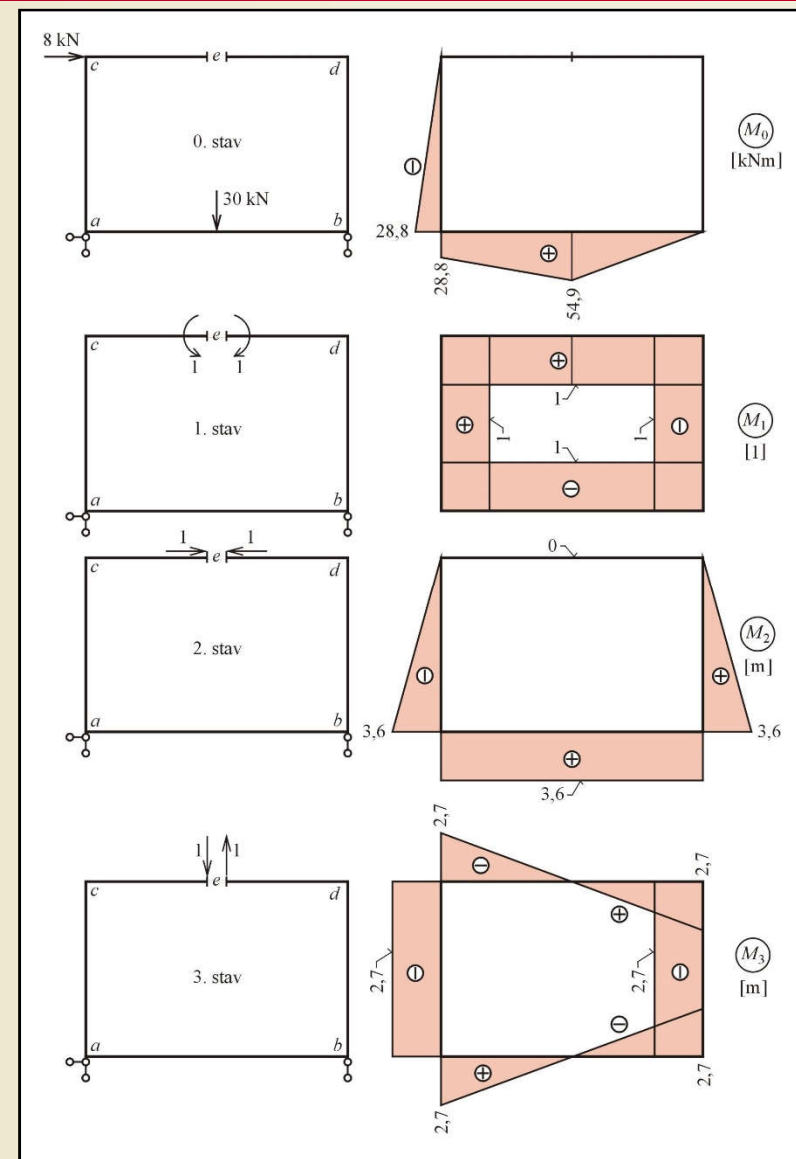
$$R_{bz} = R_{bz0} = 20,33\bar{3}kN(\uparrow)$$

$$R_{ax} = R_{ax0} = 8kN(\leftarrow)$$

Složky vnitřních sil se v příkladu
vynášejí ke spodním vláknům příčlí
a k pravým vláknům sloupů

Dílčí stavy a průběhy ohybových momentů
v dílčích stavech příkladu 5.2

Obr. 5.17. / str. 137

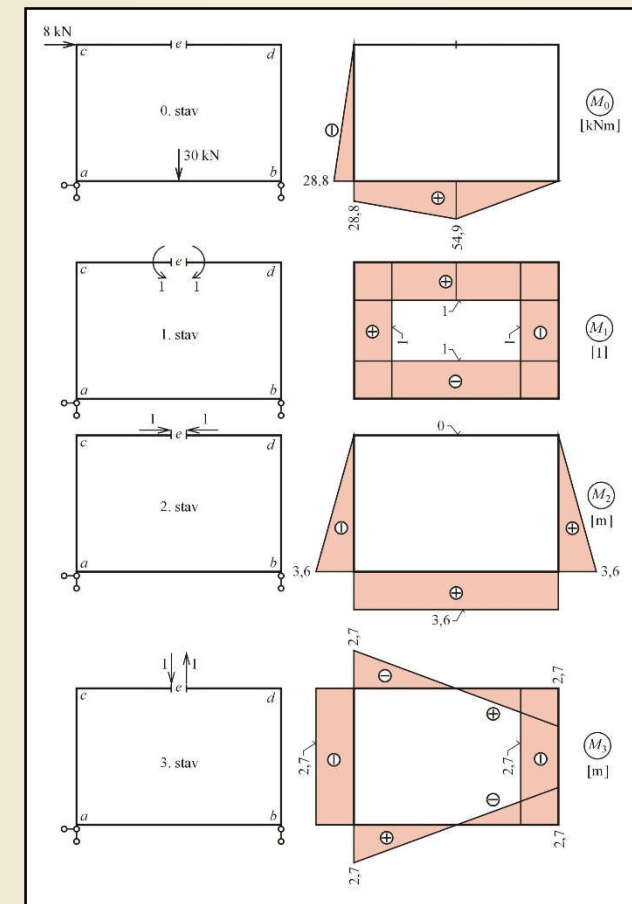


Příklad 5.2, sestavení kanonických rovnic

$$\delta_{11} \cdot X_1 + \delta_{12} \cdot X_2 + \delta_{13} \cdot X_3 + \delta_{10} = 0$$

$$\delta_{21} \cdot X_1 + \delta_{22} \cdot X_2 + \delta_{23} \cdot X_3 + \delta_{20} = 0$$

$$\delta_{31} \cdot X_1 + \delta_{32} \cdot X_2 + \delta_{33} \cdot X_3 + \delta_{30} = 0$$



Příklad 5.2, výpočet deformačních součinitelů

$$\delta_{11} \cdot X_1 + \delta_{12} \cdot X_2 + \delta_{13} \cdot X_3 + \delta_{10} = 0$$

$$\delta_{21} \cdot X_1 + \delta_{22} \cdot X_2 + \delta_{23} \cdot X_3 + \delta_{20} = 0$$

$$\delta_{31} \cdot X_1 + \delta_{32} \cdot X_2 + \delta_{33} \cdot X_3 + \delta_{30} = 0$$

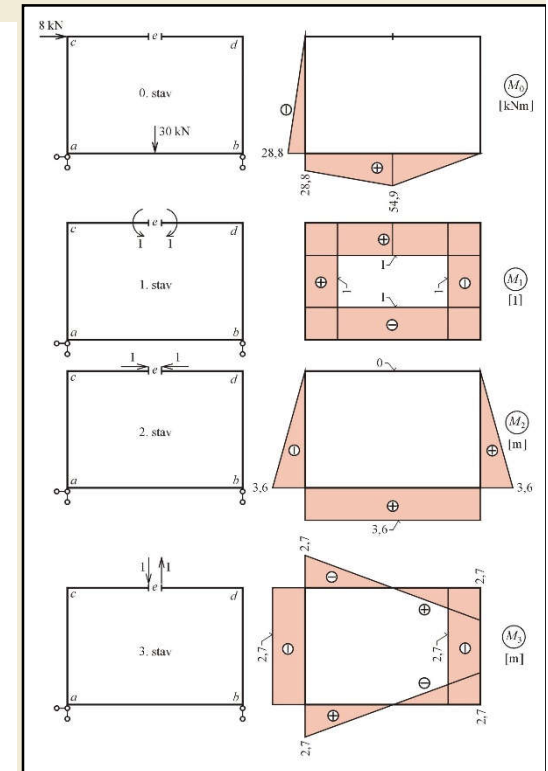
$$\delta_{11} = \frac{1}{E \cdot I} (5,4 \cdot (-1) \cdot (-1) + 5,4 \cdot 1 \cdot 1 + 3,6 \cdot (-1) \cdot (-1) + 3,6 \cdot 1 \cdot 1) = \frac{18}{E \cdot I}$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \frac{1}{E \cdot I} (3,6 \cdot 1 \cdot \left(\frac{-3,6}{2}\right) - 3,6 \cdot 1 \cdot \frac{3,6}{2} + 5,4 \cdot 1 \cdot (-3,6)) = -\frac{32,40}{E \cdot I}$$

$$\delta_{13} = \delta_{31} = 0 \quad \delta_{23} = \delta_{32} = 0$$

$$\delta_{22} = \frac{1}{E \cdot I} \left(\frac{(-3,6)^2 \cdot 3,6}{3} + \frac{3,6^2 \cdot 3,6}{3} + 3,6 \cdot 5,4 \cdot 3,6 \right) = \frac{101,088}{E \cdot I}$$

$$\delta_{33} = \frac{1}{E \cdot I} \left(\frac{(2,7)^2 \cdot 2,7}{3} \cdot 2 + \frac{(-2,7)^2 \cdot 2,7}{3} \cdot 2 + 2 \cdot (2,7) \cdot 3,6 \cdot (2,7) \right) = \frac{78,732}{E \cdot I}$$



Příklad 5.2, sestavení kanonických rovnic, pokračování

Výpočty zatěžovacích členů:

$$\delta_{10} = \frac{1}{E \cdot I} \left(\frac{28,8 + 54,9}{2} \cdot 2,7 \cdot (-1) + \frac{54,9}{2} \cdot 2,7 \cdot (-1) + \frac{(-28,8)}{2} \cdot 3,6 \cdot 1 \right) = \frac{-238,95}{E \cdot I}$$

$$\delta_{20} = \frac{1}{E \cdot I} \left(\frac{28,8 + 54,9}{2} \cdot 2,7 \cdot 3,6 + \frac{54,9}{2} \cdot 2,7 \cdot 3,6 + \frac{(-28,8)}{2} \cdot 3,6 \cdot (-3,6) \right) = \frac{798,12}{E \cdot I}$$

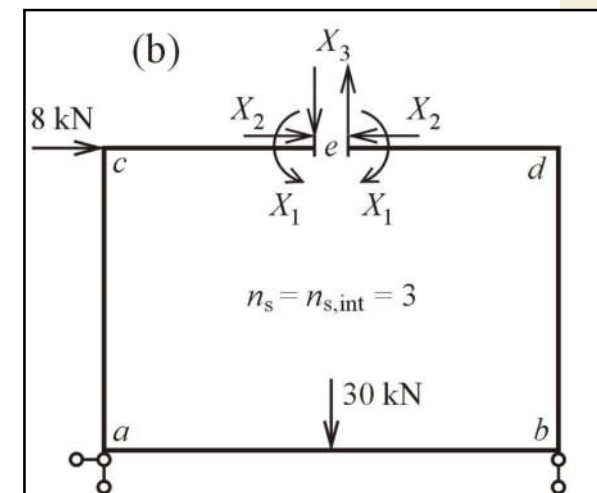
$$\delta_{30} = \frac{1}{E \cdot I} \left(\frac{2,7 \cdot 2,7}{2} \cdot \left(28,8 + \frac{54,9 - 28,8}{3} \right) + \frac{(-2,7) \cdot 2,7 \cdot 54,9}{6} + \frac{(-28,8) \cdot 3,6}{2} \cdot (-2,7) \right) = \frac{209,952}{E \cdot I}$$

Dosazení do kanonických rovnic:

$$\begin{aligned} 18 \cdot X_1 - 32,4 \cdot X_2 + 0 \cdot X_3 &= 238,95 \\ -32,4 \cdot X_1 + 101,088 \cdot X_2 + 0 \cdot X_3 &= -798,012 \\ 0 \cdot X_1 + 0 \cdot X_2 + 787,32 \cdot X_3 &= -209,952 \end{aligned}$$

Řešení kanonických rovnic:

$$X_1 = M_{ec} = M_{ed} = -2,209 \text{ kNm}, \quad X_2 = N_{ec} = N_{ed} = -8,602 \text{ kN}, \quad X_3 = V_{ec} = V_{ed} = -2,667 \text{ kN}$$



Příklad 5.2, dokončení

Průběhy složek vnitřních sil můžeme určit:

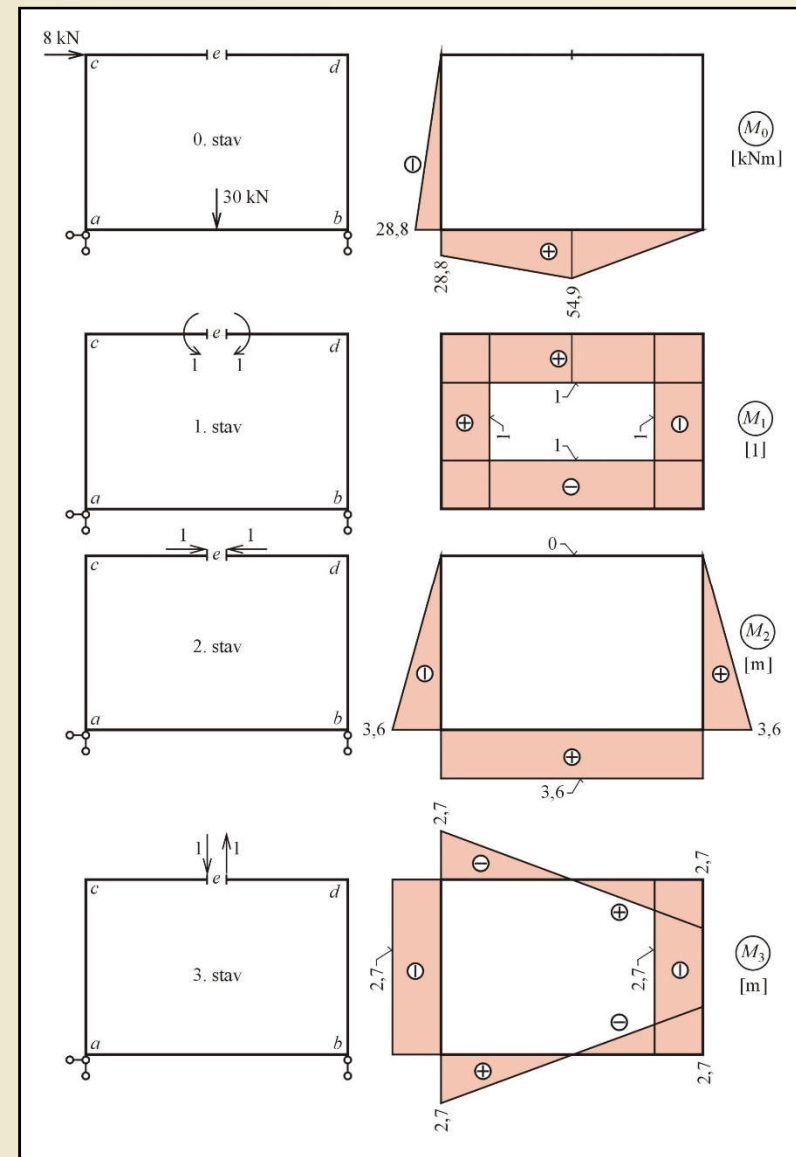
- Z podmínek rovnováhy při znalosti reakcí a staticky neurčitých veličin
- Superpozicí jednotlivých zatěžovacích stavů po vynásobení složek vnitřních sil každého zatěžovacího stavu (vyjma 0. stavu) příslušnou staticky neurčitou veličinou.

Ad b):

$$M_x = M_{0x} + X_1 \cdot M_{1x} + X_2 \cdot M_{2x} + X_3 \cdot M_{3x}$$

$$V_x = V_{0x} + X_1 \cdot V_{1x} + X_2 \cdot V_{2x} + X_3 \cdot V_{3x}$$

$$N_x = N_{0x} + X_1 \cdot N_{1x} + X_2 \cdot N_{2x} + X_3 \cdot N_{3x}$$



Příklad 5.2, dokončení

$$X_1 = -2,209 \text{ kNm}, \quad X_2 = -8,602 \text{ kNm}, \quad X_3 = -2,667 \text{ kN}$$

$$M_x = M_{0x} + X_1 \cdot M_{1x} + X_2 \cdot M_{2x} + X_3 \cdot M_{3x}$$

$$M_{ac} = -28,8 + (-2,209) \cdot 1 - 8,602 \cdot (-3,6) - 2,667 \cdot (-2,7)$$

$$M_{ac} = 7,159 \text{ kNm (sbup)} \quad M_{ab} = -7,159 \text{ kNm}$$

$$M_{bd} = 0 + (-2,209) \cdot (-1) - 8,602 \cdot (3,6) - 2,667 \cdot (-2,7)$$

$$M_{bd} = -21,5573 \text{ kNm} \quad M_{ba} = -21,5573 \text{ kNm}$$

$$M_{ca} = 0 + (-2,209) \cdot (1) - 8,602 \cdot (0) - 2,667 \cdot (-2,7)$$

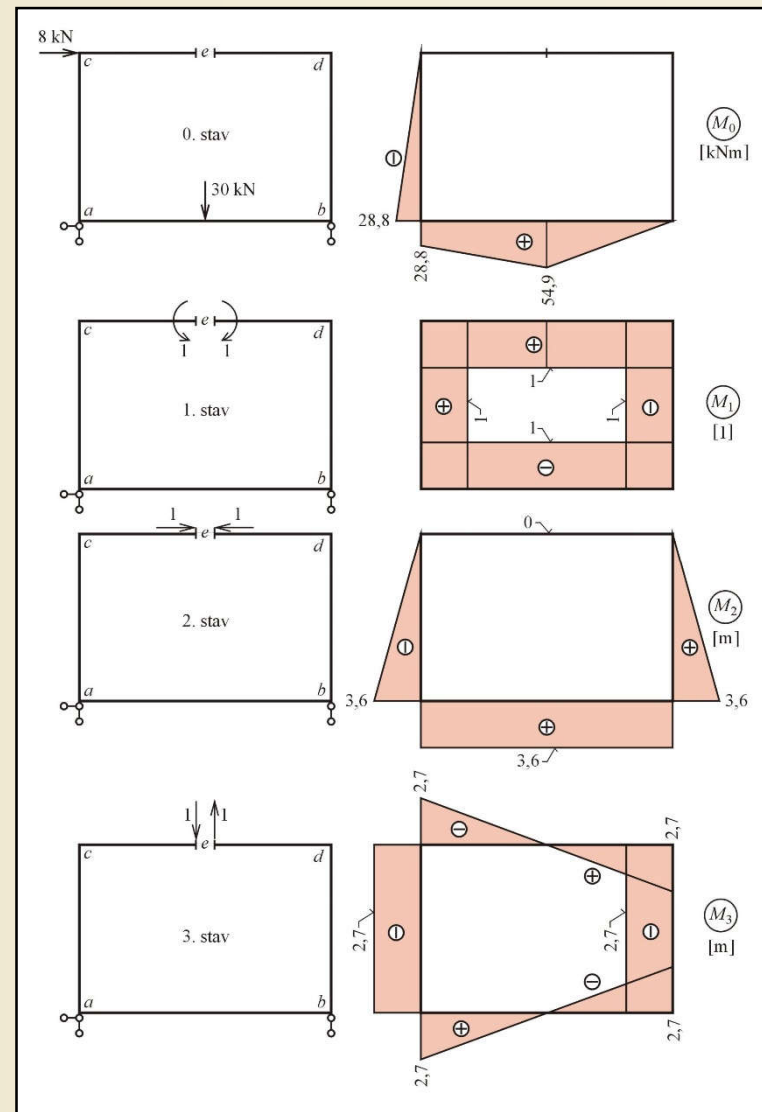
$$M_{ca} = 4,991 \text{ kNm} \quad M_{cd} = 4,991 \text{ kNm}$$

$$M_{dc} = 0 + (-2,209) \cdot (1) - 8,602 \cdot (0) - 2,667 \cdot (+2,7)$$

$$M_{dc} = -9,409 \text{ kNm} \quad M_{db} = +9,409 \text{ kNm}$$

$$M_{\max} = 54,9 + (-2,209) \cdot (-1) - 8,602 \cdot (3,6) - 2,667 \cdot (0)$$

$$M_{\max} = 26,141 \text{ kNm}$$



Příklad 5.2, dokončení výpočtu ohybových momentů

$$X_1 = -2,209 \text{ kNm}, X_2 = -8,602 \text{ kNm}, X_3 = -2,667 \text{ kN}$$

$$M_x = M_{0x} + X_1 \cdot M_{1x} + X_2 \cdot M_{2x} + X_3 \cdot M_{3x}$$

$$M_{ac} = -28,8 + (-2,209) \cdot 1 - 8,602 \cdot (-3,6) - 2,667 \cdot (-2,7)$$

$$M_{ac} = 7,159 \text{ kNm (sbup)} \quad M_{ab} = -7,159 \text{ kNm}$$

$$M_{bd} = 0 + (-2,209) \cdot (-1) - 8,602 \cdot (3,6) - 2,667 \cdot (-2,7)$$

$$M_{bd} = -21,5573 \text{ kNm} \quad M_{ba} = -21,5573 \text{ kNm}$$

$$M_{ca} = 0 + (-2,209) \cdot (1) - 8,602 \cdot (0) - 2,667 \cdot (-2,7)$$

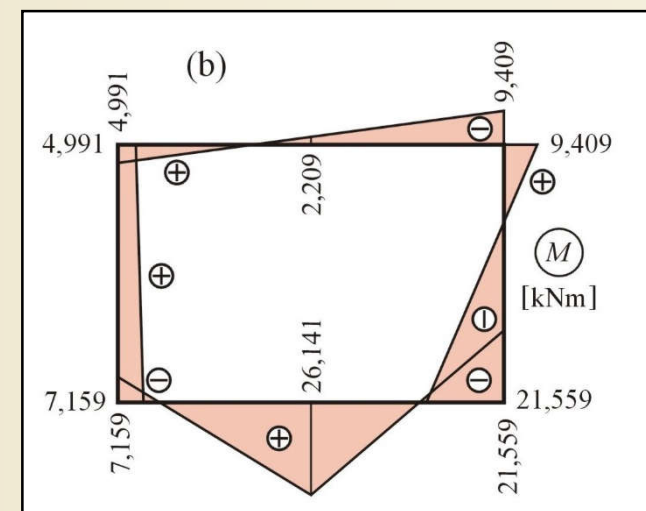
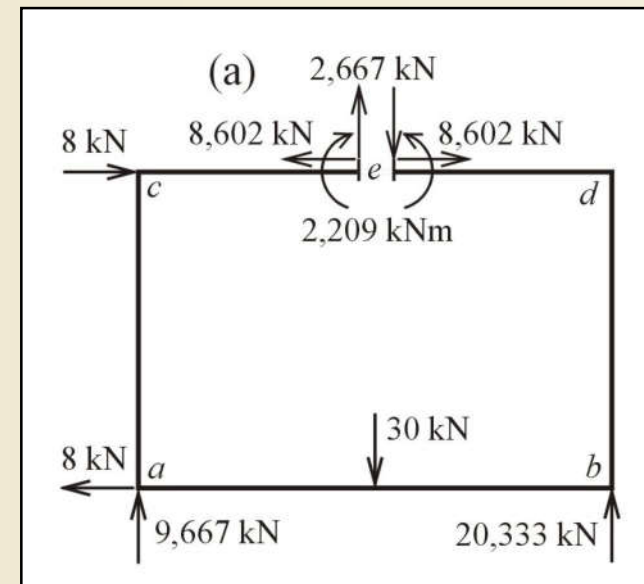
$$M_{ca} = 4,991 \text{ kNm} \quad M_{cd} = 4,991 \text{ kNm}$$

$$M_{dc} = 0 + (-2,209) \cdot (1) - 8,602 \cdot (0) - 2,667 \cdot (+2,7)$$

$$M_{dc} = -9,409 \text{ kNm} \quad M_{db} = +9,409 \text{ kNm}$$

$$M_{\max} = 54,9 + (-2,209) \cdot (-1) - 8,602 \cdot (3,6) - 2,667 \cdot (0)$$

$$M_{\max} = 26,141 \text{ kNm}$$



Příklad 5.2, jiný výpočet ohybových momentů

$$X_1 = -2,209 \text{ kNm}, X_2 = -8,602 \text{ kNm}, X_3 = -2,667 \text{ kN}$$

$$M_{cd} = M_{ce} = -2,209 + 2,667 \cdot 2,7 = 4,991 \text{ kNm}$$

$$M_{ca} = M_{cd} = 4,991 \text{ kNm}$$

$$M_{ac} = M_{ce} - 8 \cdot 3,6 + V_{ec} \cdot 2,7 + N_{ec} \cdot 3,6$$

$$M_{ac} = -2,209 - 8 \cdot 3,6 + 2,667 \cdot 2,7 + 8,602 \cdot 3,6 = 7,159 \text{ kNm}$$

lépe :

$$M_{ac} = M_{ca} - 8 \cdot 3,6 + N_{ec} \cdot 3,6 = 4,991 - 8 \cdot 3,6 + 8,602 \cdot 3,6$$

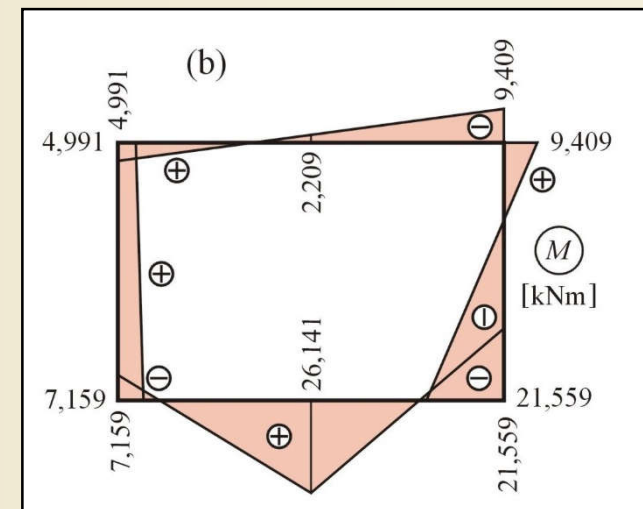
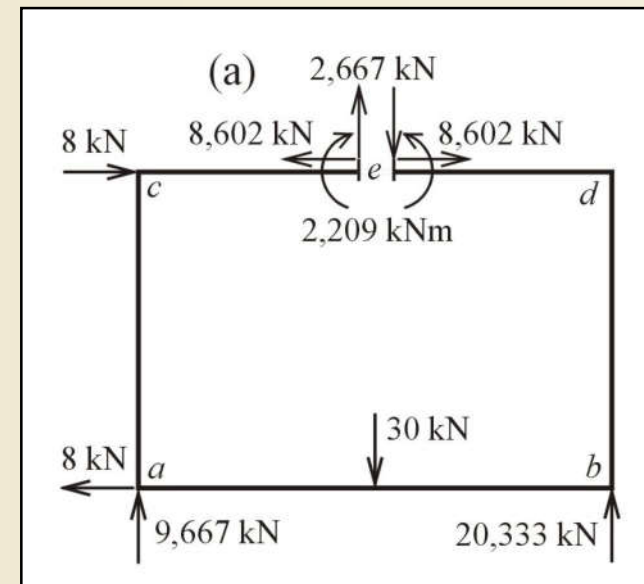
$$M_{ac} = 7,159 \text{ kNm}$$

$$M_{ab} = -M_{ac} = -7,159 \text{ kNm}$$

$$M_{ba} = M_{ab} + V_{ab} \cdot 5,4 - 30 \cdot 2,7 = -7,159 + 12,333 \cdot 5,4 - 30 \cdot 2,7$$

$$M_{ba} = -21,559 \text{ kNm}$$

Při zkráceném výpočtu musíme znát složky vnitřních sil (např. V_{ab})



Příklad 5.2, dokončení

$$N_{cd} + 8 - V_{ca} = 0 \Rightarrow$$

$$V_{ca} = N_{cd} + 8 = -8,602 + 8 = -0,602 \text{ kN}$$

$$N_{ca} + V_{cd} = 0 \Rightarrow$$

$$N_{ca} = -V_{cd} = 2,667 \text{ kN}$$

$$N_{ac} + 9,667 - V_{ab} = 0 \Rightarrow$$

$$V_{ab} = N_{ac} + 9,667 = 2,667 + 9,667 = 12,333 \text{ kN}$$

$$N_{ab} - 8 + V_{ac} = 0 \Rightarrow$$

$$N_{ab} = 8 - V_{ac} = 8 - (-0,602) = 8,602 \text{ kN}$$

$$N_{de} + V_{db} = 0 \Rightarrow$$

$$V_{db} = -N_{de} = 8,602 \text{ kN}$$

$$V_{de} - N_{db} = 0 \Rightarrow$$

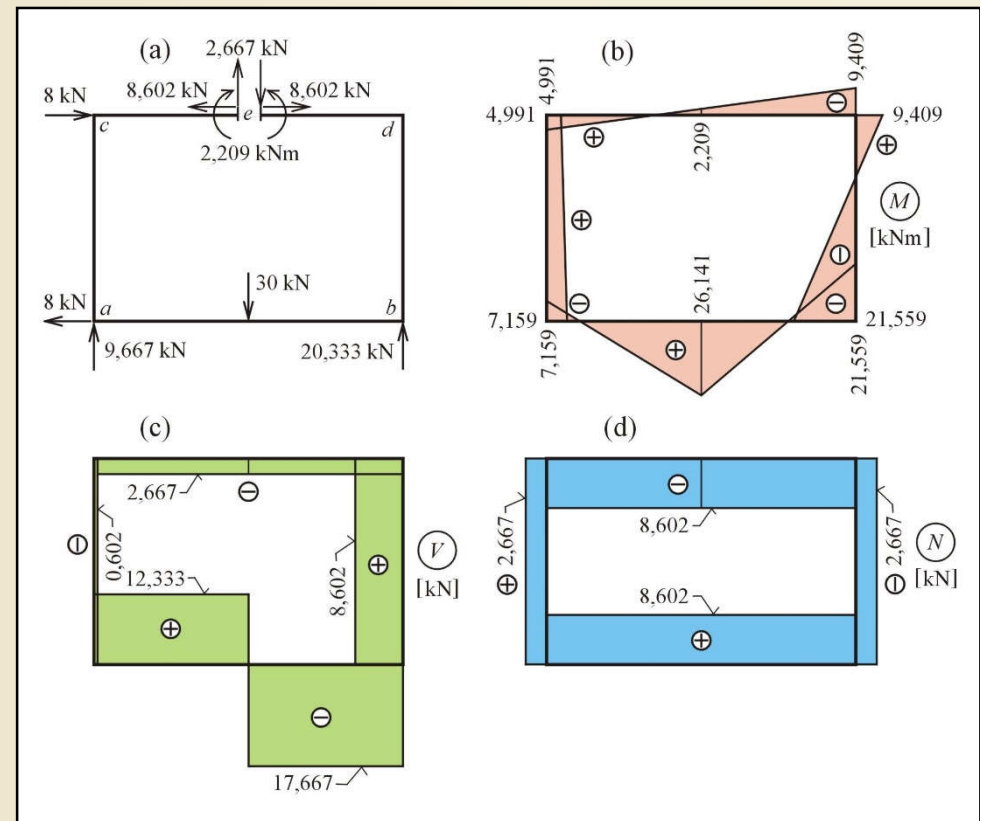
$$N_{db} = V_{de} = -2,667 \text{ kN}$$

$$N_{db} + 20,33 + V_{ba} = 0 \Rightarrow$$

$$V_{ba} = -20,33 - N_{db} = -20,333 + 2,667 = -17,667 \text{ kN}$$

$$N_{ba} - V_{bd} = 0 \Rightarrow$$

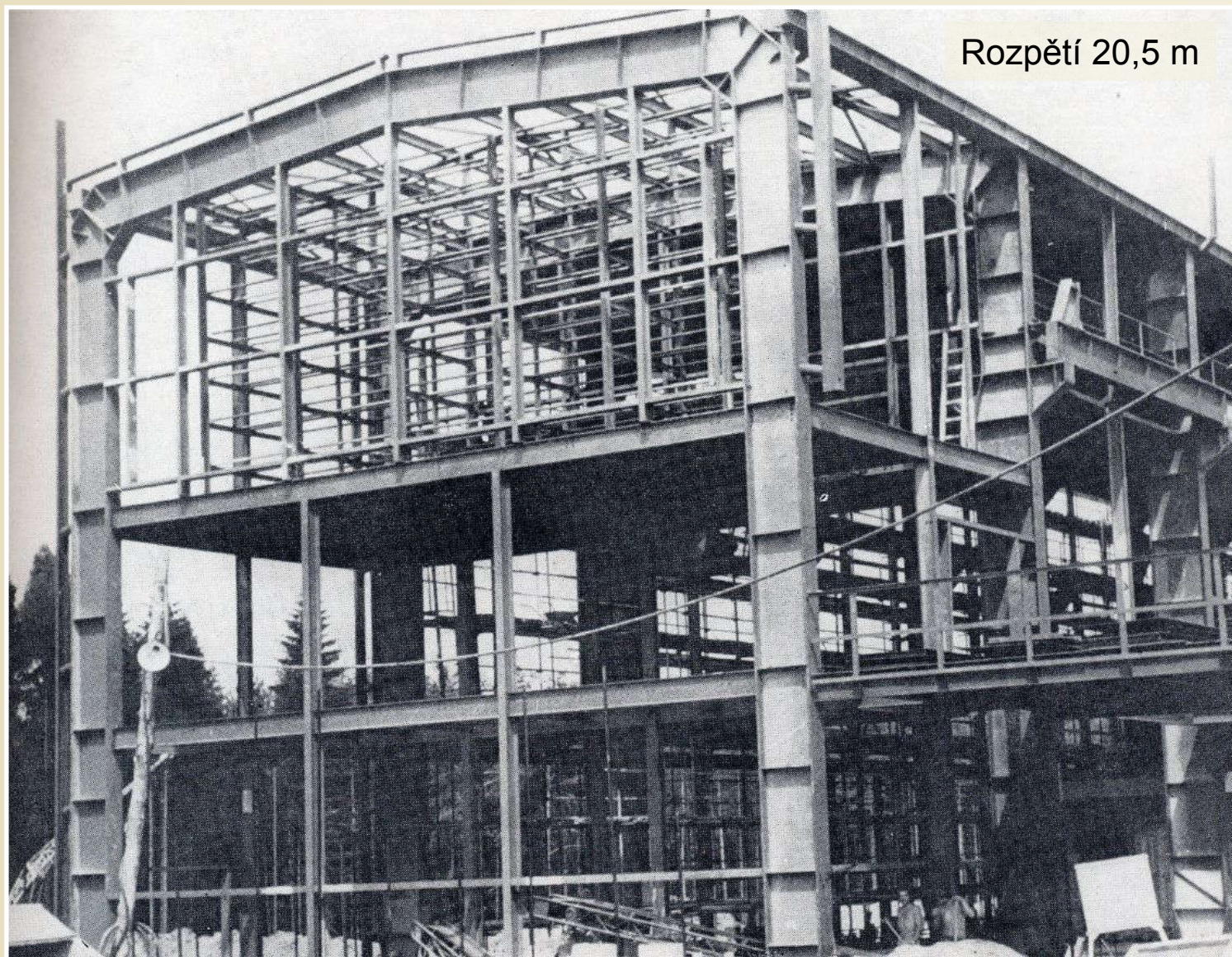
$$N_{ba} = V_{bd} = V_{db} = 8,602 \text{ kN}$$



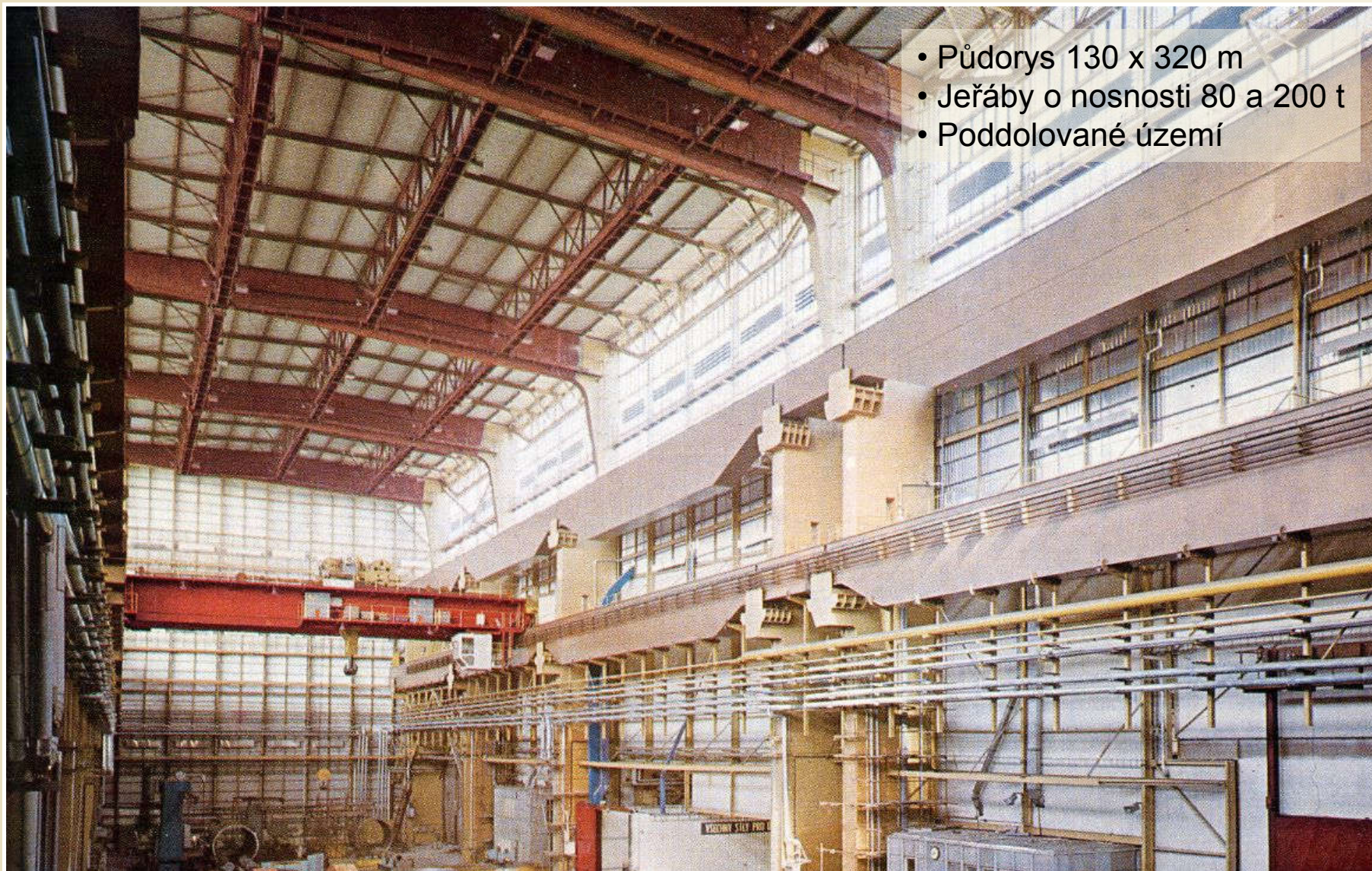
Výsledné reakce, interakce a průběhy vnitřních sil v příkladu 5.2

Obr. 5.18. / str. 139

Rámová ocelová konstrukce průmyslové haly



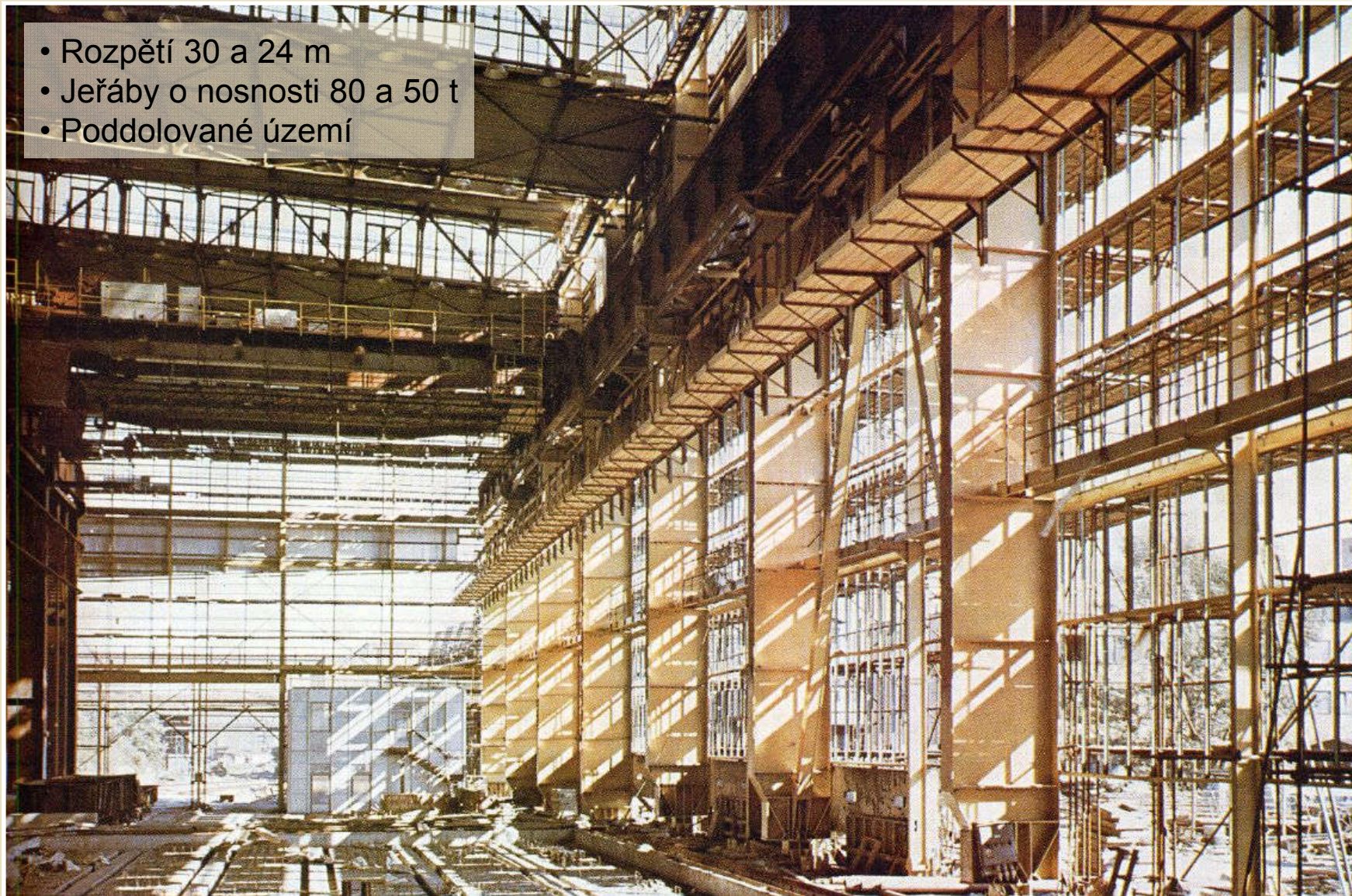
Hala pro výrobu komponent jaderných elektráren, Vítkovice



- Půdorys 130 x 320 m
- Jeřáby o nosnosti 80 a 200 t
- Poddolované území

Rámová ocelová konstrukce dvojhalí, Vítkovice

- Rozpětí 30 a 24 m
- Jeřáby o nosnosti 80 a 50 t
- Poddolované území



Sportovní hala Slavia, Praha



Administrativní budova, Glasgow, UK



Prostorový ocelový rám se ztužením

Administrativní budova, Glasgow, UK



Prostorový ocelový rám se ztužením

Administrativní budova, Glasgow, UK



Detail prostorového rámu se ztužením

San Sebastian, Auditorium, Španělsko

Prostorový rám



San Sebastian, Auditorium, Španělsko



Kongresové centrum, Brněnské výstaviště



Přiznaná nosná prostorová rámová konstrukce

Fakultní dětská nemocnice, Brno



Nosná prostorová rámová konstrukce s převislými konci, projekt OKM

Základní škola, Brumov – Bylnice



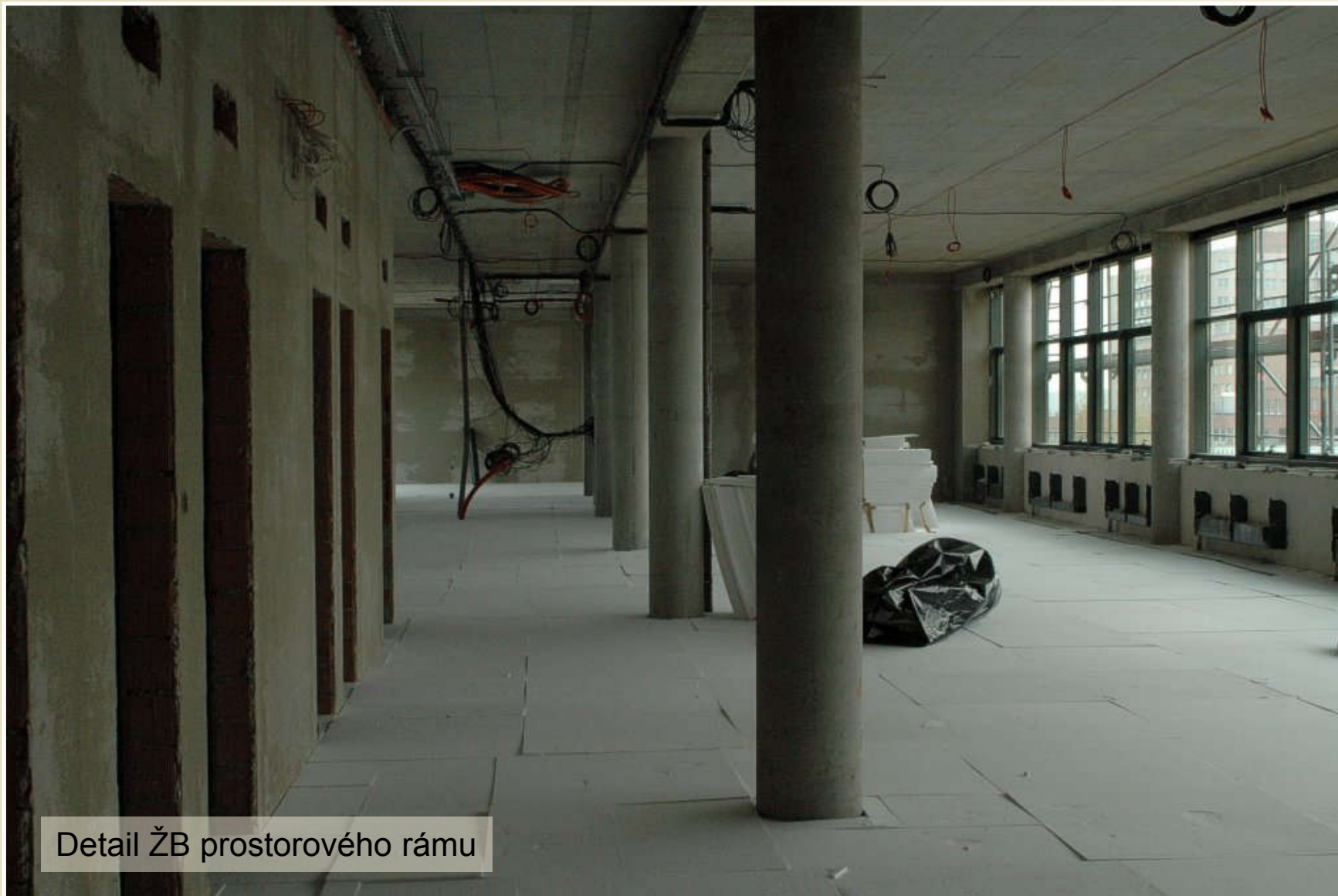
Rámová konstrukce se ztužením,
projekt OKM

Aula, VŠB-TU Ostrava



ŽB prostorový rám

Aula, VŠB-TU Ostrava



Detail ŽB prostorového rámu

Radio Svobodná Evropa, Praha



- Vierendeelův (rámový)
nosník z roku 1968:
- Půdorys 59x83 m
 - 6 pilířů

Radio Svobodná Evropa, Praha



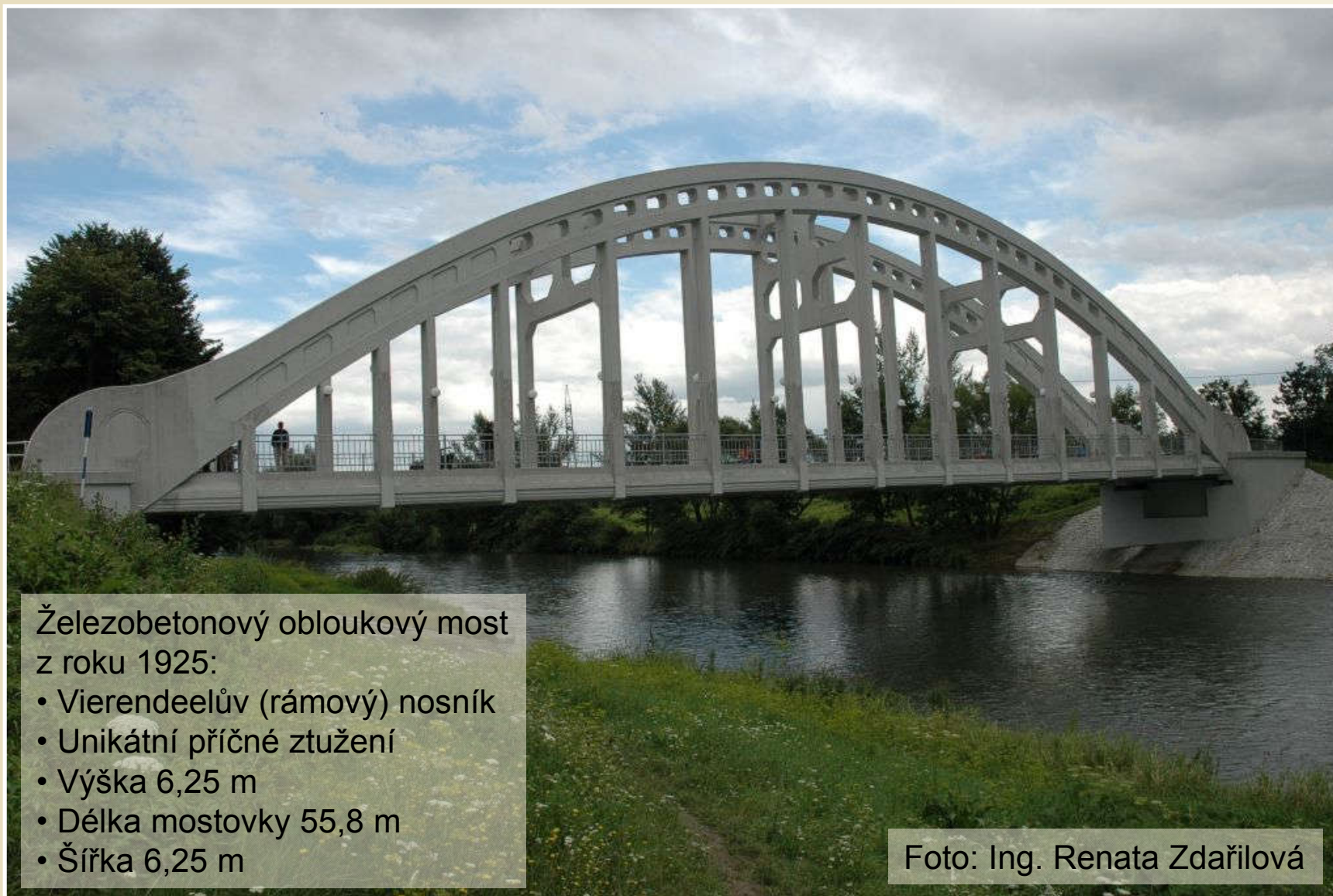
Vierendeelův (rámový)
nosník z roku 1968:
• Půdorys 59x83 m
• 6 pilířů

Radio Svobodná Evropa, Praha



Vierendeelův (rámový)
nosník z roku 1968:
• Půdorys 59x83 m
• 6 pilířů

Silniční most, Karviná – Lázně Darkov



Železobetonový obloukový most
z roku 1925:

- Vierendeelův (rámový) nosník
- Unikátní příčné ztužení
- Výška 6,25 m
- Délka mostovky 55,8 m
- Šířka 6,25 m

Foto: Ing. Renata Zdařilová

Silniční most, Karviná – Lázně Darkov



Železobetonový
obloukový most z
roku 1925

Foto: Ing. Renata Zdařilová

Silniční most, Karviná – Lázně Darkov



Železobetonový
obloukový most z
roku 1925

Foto: Ing. Renata Zdařilová

Silniční most, Karviná – Lázně Darkov



Silniční most, Karviná – Lázně Darkov

