



**INTERREG V-A**  
SLOVENSKÁ REPUBLIKA  
ČESKÁ REPUBLIKA



**EURÓPSKA ÚNIA**  
**EURÓPSKY FOND**  
**REGIONÁLNEHO ROZVOJA**  
SPOLOČNE BEZ HRANÍC

# ***Globálna analýza mostov***

## ***Plnostenné mosty s prvkovými mostovkami***

### **NÁZOV PROJEKTU:**

**Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov  
v oblasti mostného stavitel'stva v cezhraničnom regióne**

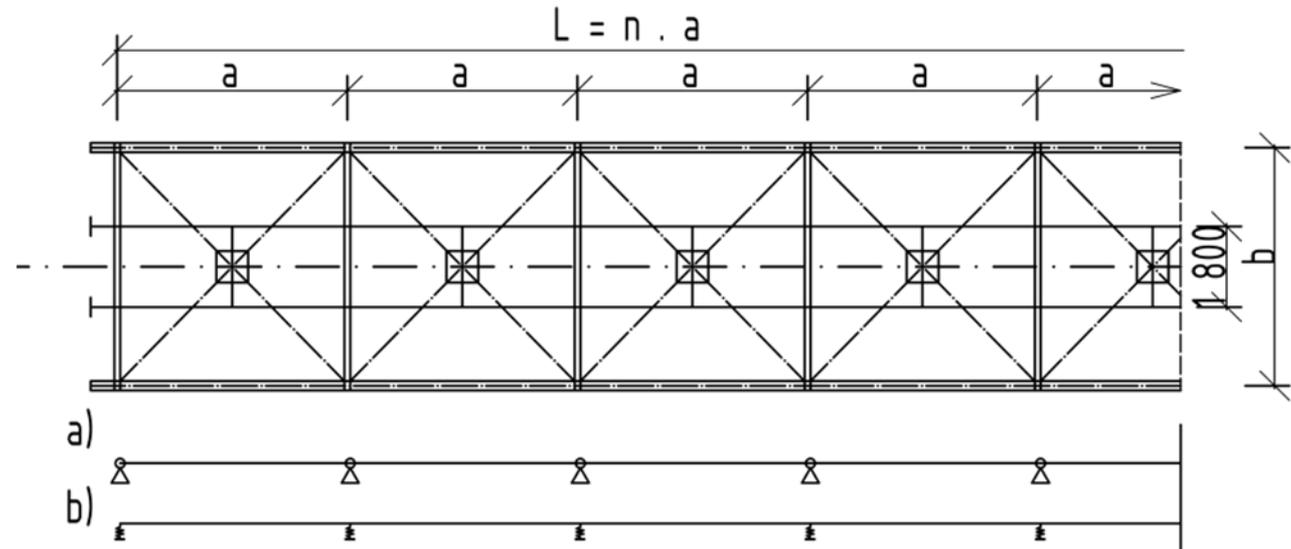
**VŠB TECHNICKÁ  
UNIVERZITA  
OSTRAVA**



**EDUMOS**

## Plnostenné trémové mosty s prvkovými mostovkami železničné – mostovka – zjednodušená analýza

### Pozdĺžnik



- ohybový moment v krajnom poli alebo v poli s prerušením mostovky:
- ohybový moment vo vnútornom poli:
- ohybový moment nad priečnikom:
- krajná podperová reakcia:
- vnútorná podperová reakcia:

$$M_0 = 1,00 M_{\max},$$

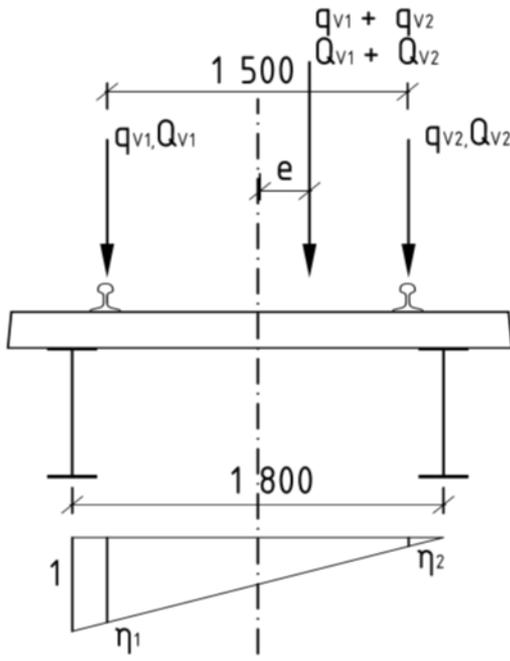
$$M_2 = 0,80 M_{\max},$$

$$M_1 = 0,75 M_{\max},$$

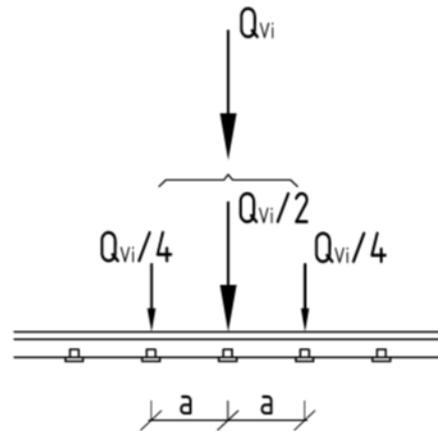
$$A_0 = 1,00 A_{\max},$$

$$A_1 = 1,10 A_p,$$

## Plnostenné trémové mosty s prvkovými mostovkami železničné – mostovka – zjednodušená analýza



$$k_{es} = Q_{s1} / Q_v, \text{ resp. } k_{es} = q_{s1} / q_v$$



$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,73$$

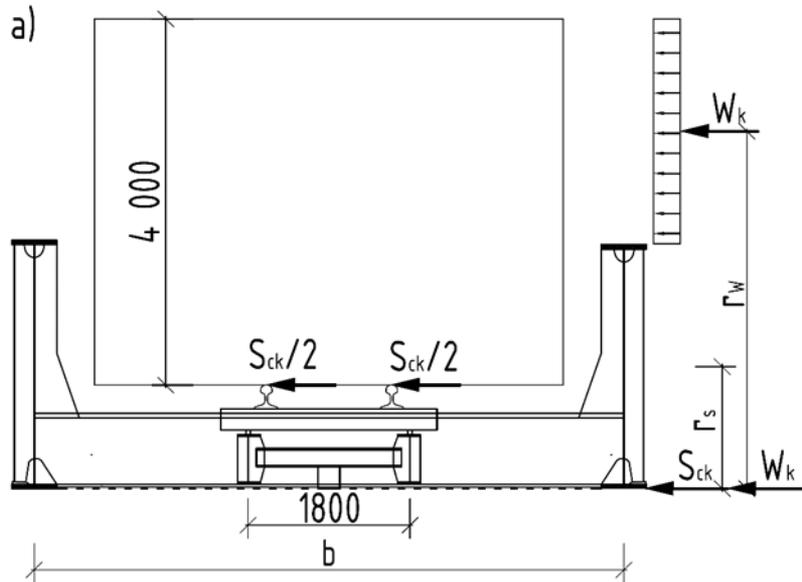
$$M_{LM71,y,j} = \Phi_3 k_{M,j} k_{es} \alpha M_{LM71,max}$$

$$\text{pre } j = 0, 1, 2,$$

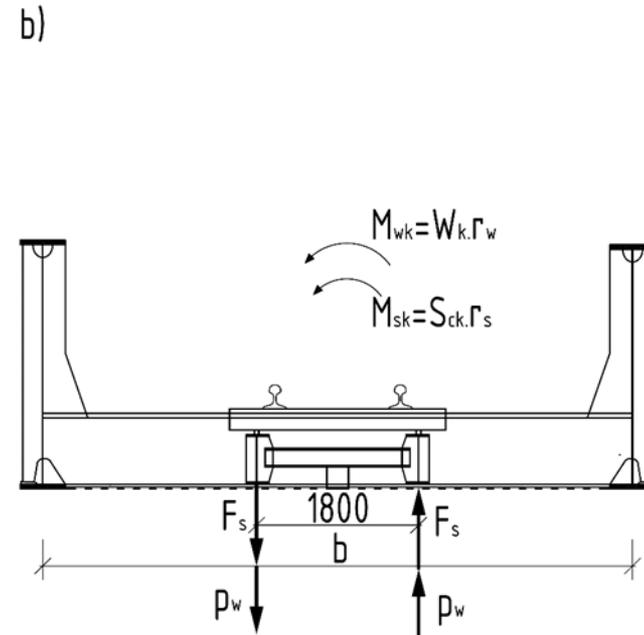
$$A_{LM71,j} = \Phi_3 k_{A,j} k_{es} \alpha A_{LM71,max}$$

$$\text{pre } j = 0, 1, 2,$$

## Plnostenné trémové mosty s prvkovými mostovkami železničné – mostovka – zjednodušená analýza



bočné nárazy



$$M_{S,z,k} = S_{ck} \eta / 2$$

$$F_{Sk} = S_{ck} r_s / 1,8$$

$$M_{S,y,k,j} = k_{Mj} M_{S,y,max} = k_{Mj} F_{Sk} a / 4 = 0,25 k_{Mj} S_{ck} r_s a / 1,8 \quad \text{pre } j = 0,1,2$$

...podobne vietor

## Plnostenné trámové mosty s prvkovými mostovkami železničné – mostovka – zjednodušená analýza

- brzdné a rozjazdové sily

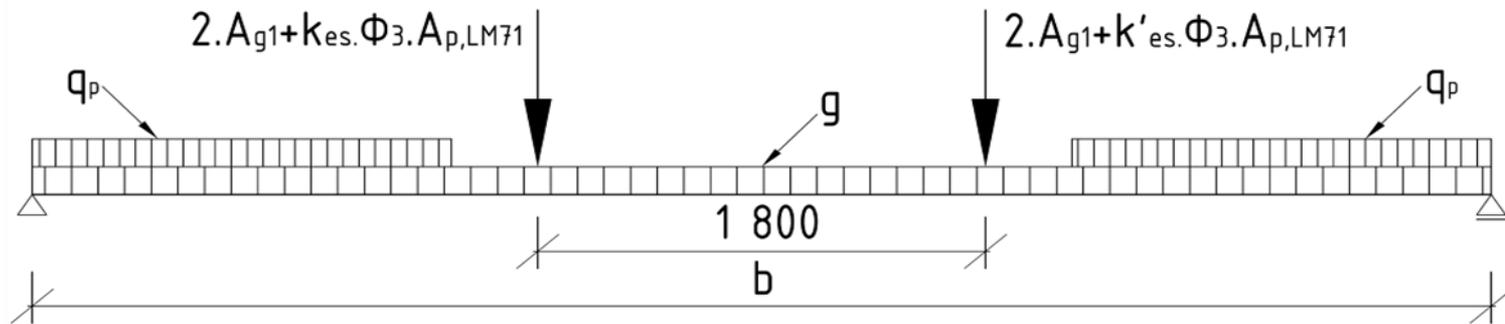
$$Q_{ac,k} = k_{es} \alpha 33 L_{ab} \quad \text{resp.} \quad Q_{bc,k} = k_{es} \alpha 20 L_{ab}$$

$$N_{Qa,k} = \pm Q_{ac,k} \quad \text{resp.} \quad N_{Qb,k} = \pm Q_{bc,k}$$

$$M_{Qa,y,k} \doteq k_{M2} N_{Qa,k} r_Q \quad \text{resp.} \quad M_{Qb,y,k} \doteq k_{M2} N_{Qb,k} r_Q$$

## Plnostenné trémové mosty s prvkovými mostovkami železničné – mostovka – zjednodušená analýza

### Priečnik



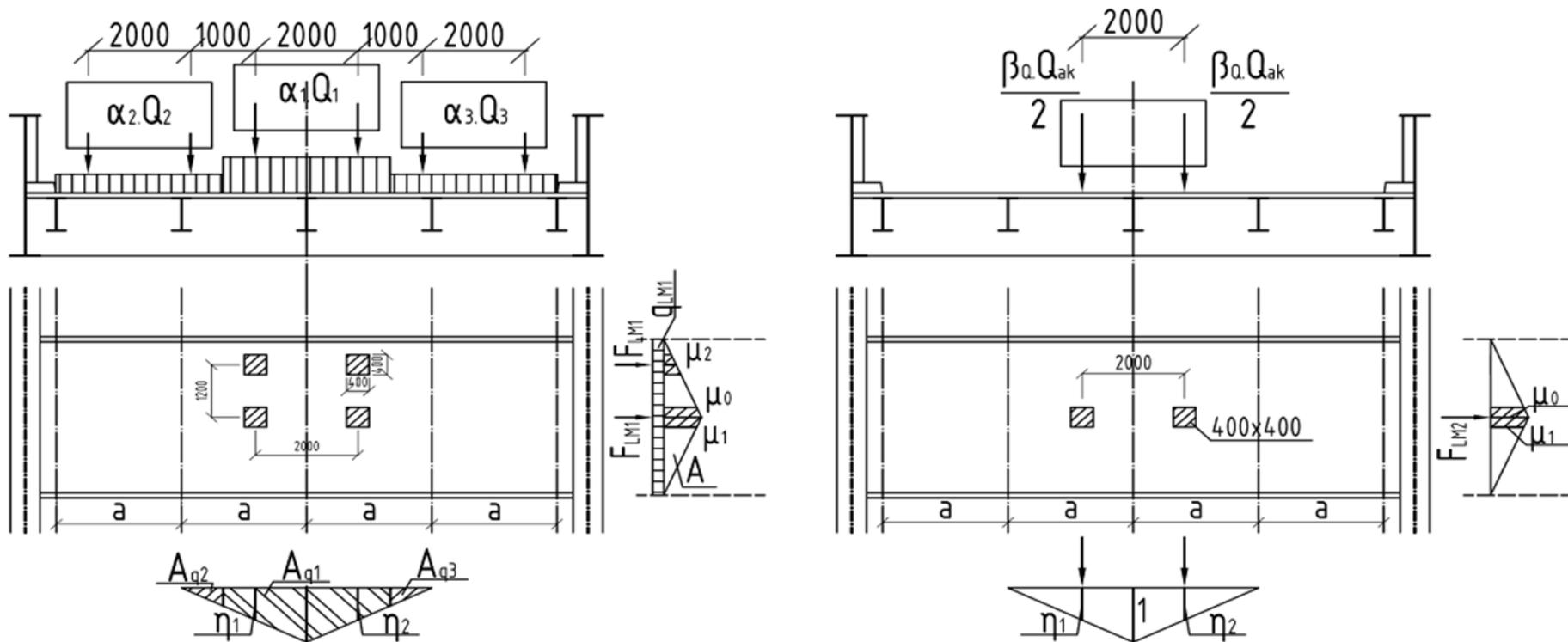
$$A_{s,LM71,k} = \Phi_3 k_{Aj} k_{es} \alpha A_{p,LM71}$$

$$M_{LM71,y,k} = A_{cb,LM71} (b - 1,8) / 2$$



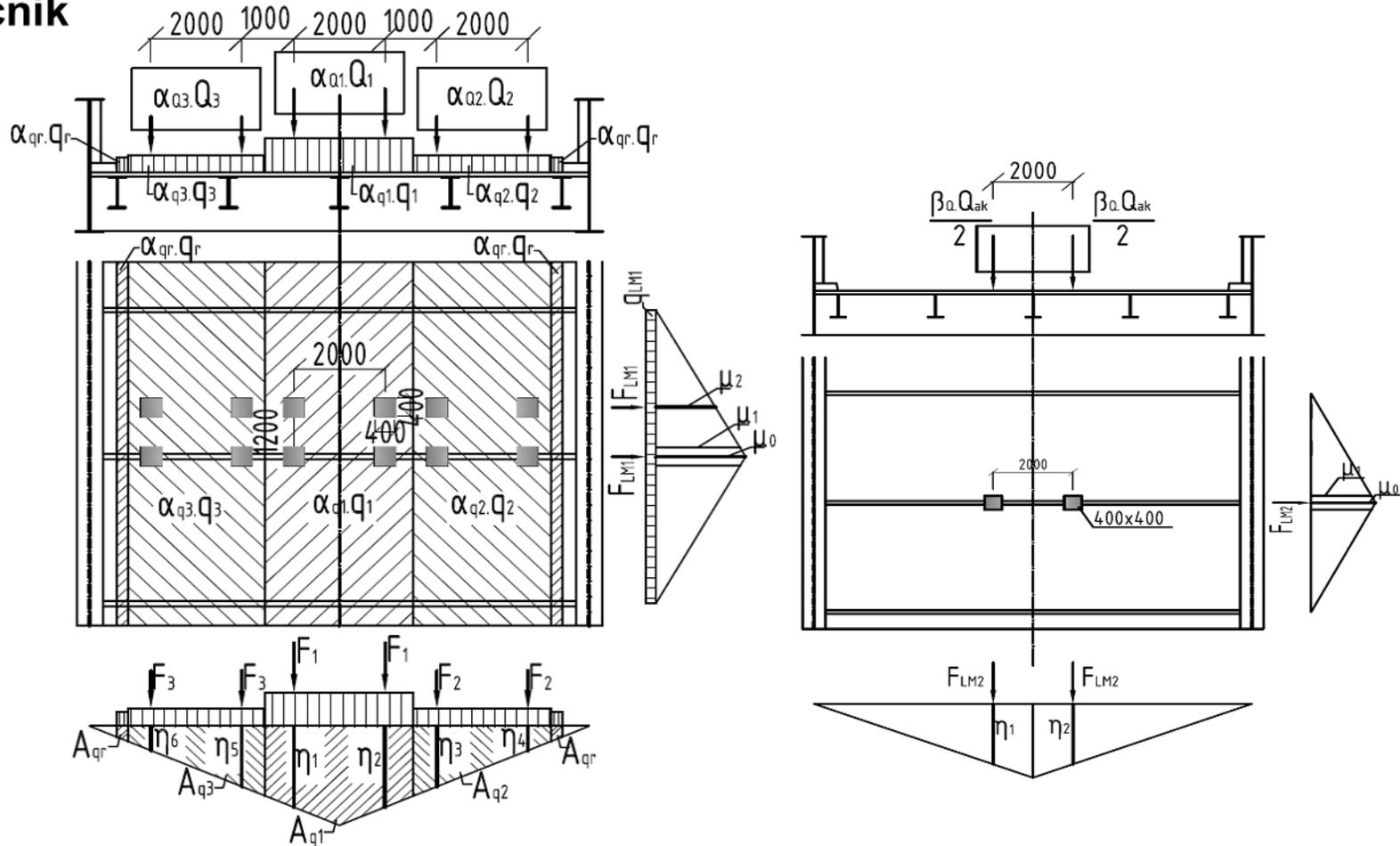
## Plnostenné trémové mosty s prvkovými mostovkami cestné – mostovka – zjednodušená analýza

### Pozdĺžnik



## Plnostenné trámové mosty s prvkovými mostovkami cestné – mostovka – zjednodušená analýza

### Priečnik



## Plnostenné trámové mosty s prvkovými mostovkami cestné – mostovka – zjednodušená analýza

### Pozdĺžnik

$$M_{LM1,y,k} = F_{LM1} (A_1 / 0,4 + \mu_2) + q_{LM1} A =$$

$$= 0,5 \alpha_{Q1} Q_1 (\eta_1 + \eta_2) (2 \cdot 0,2 (\mu_0 + \mu_1) / 2 + \mu_2) + A \sum_{i=1}^3 \alpha_{qi} q_i A_{qi}$$

$$M_{LM2,y,k} = F_{LM2} B_1 / 0,4 = 0,5 \beta_Q Q_{ak} (\eta_1 + \eta_2) \cdot 2 \cdot 0,2 (\mu_0 + \mu_1) / 2$$

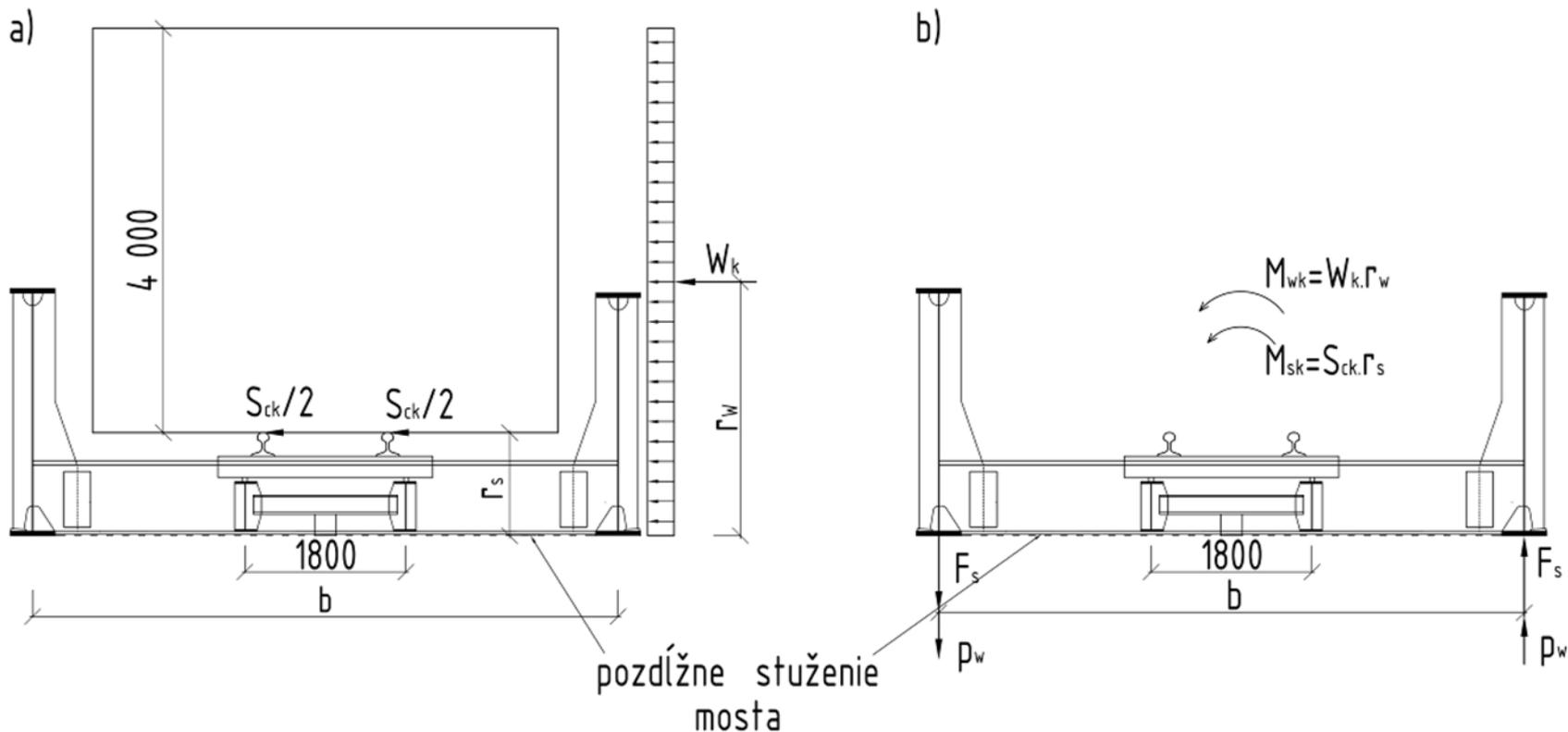
### Priečnik

$$M_{LM1,y,k} = F_1 (\mu_1 + \mu_2) + F_2 (\mu_3 + \mu_4) + F_3 (\mu_5 + \mu_6) + q_{LM1} \left( \sum_{i=1}^3 A_{qi} + \sum_{i=1}^2 A_{rq,i} \right)$$

$$M_{LM2,y,k} = F_{LM2} (\mu_1 + \mu_2) = 0,5 \beta_Q Q_{ak} [(\eta_0 + \eta_1) \cdot 2 \cdot 0,2 / 2] (\mu_1 + \mu_2)$$

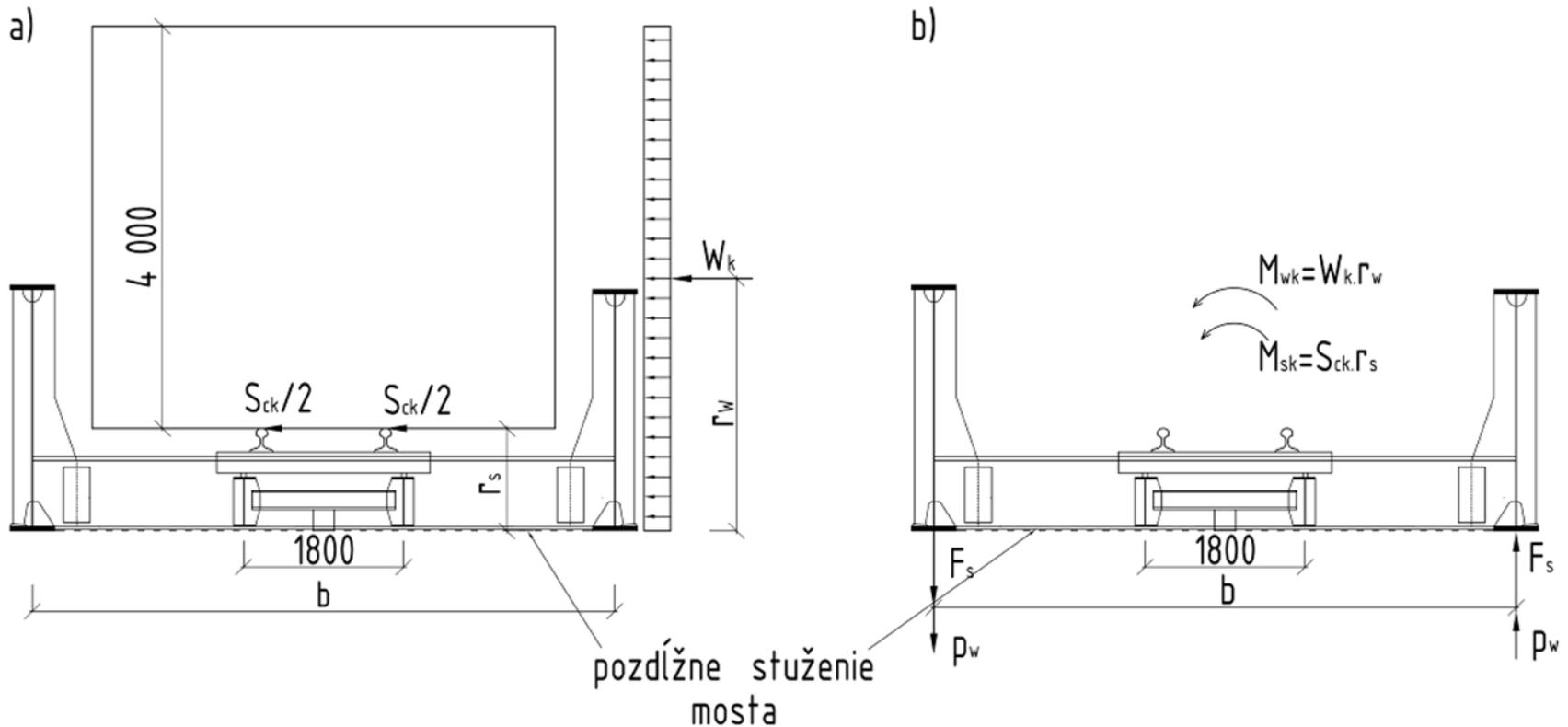
## Plnostenné trémové mosty s prvkovými mostovkami hlavné nosníky – zjednodušená analýza

### Hlavný nosník



## Plnostenné trámové mosty s prvkovými mostovkami hlavné nosníky – glob. analýza

### Hlavný nosník



## Plnostenné trámové mosty s prvkovými mostovkami hlavné nosníky – zjednodušená analýza

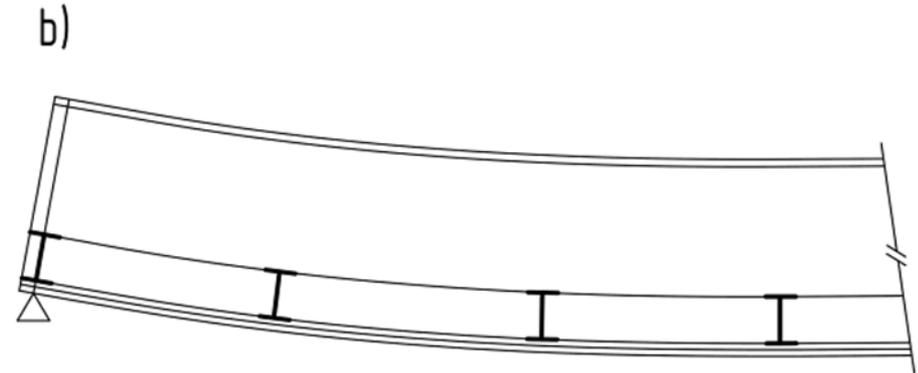
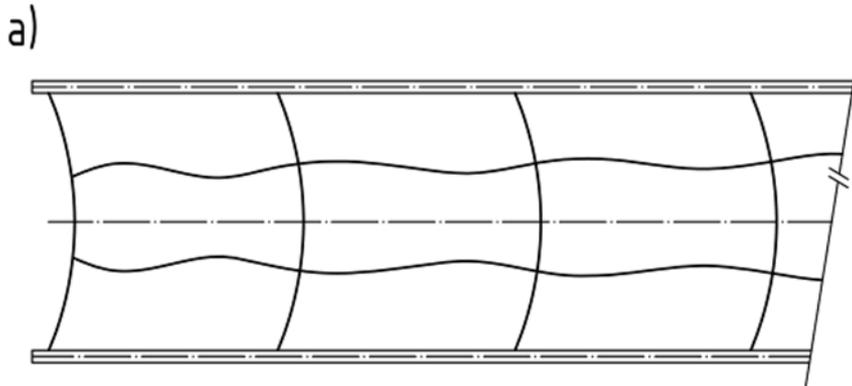
Brzdné a rozjazdové sily

$$N_{Qac,k} = \pm k_{e,mg} \quad \alpha \quad Q_{ac,k} = k_{e,mg} \quad \alpha \quad 33 L, \text{ resp.}$$

$$N_{Qbc,k} = \pm k_{e,mg} \quad \alpha \quad Q_{bc,k} = k_{e,mg} \quad \alpha \quad 20 L.$$

$$M_{Qac,y,k} = N_{Qac,k} e \quad \text{resp.} \quad M_{Qbc,y,k} = N_{Qbc,k} e$$

## Plnostenné trémové mosty s prvkovými mostovkami spolupôsobenie mostovky s hlavnými nosníkmi



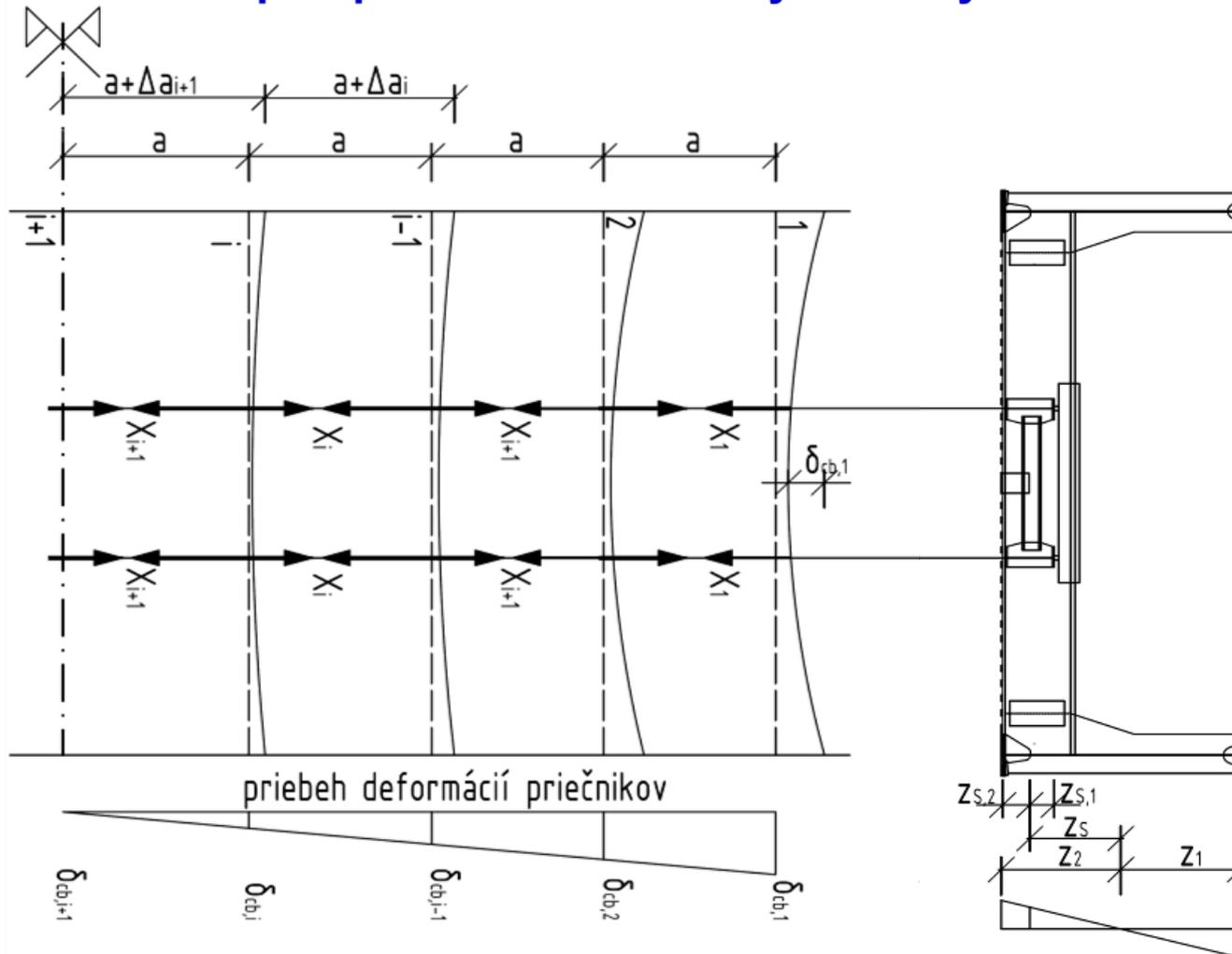
Reálna nosná konštrukcia mosta predstavuje zložitý priestorový celok

V prípade plnostenných mostov s prvkovými mostovkami je priestorovým pôsobením konštrukcie negatívne postihnutá mostovka, v ktorej sa indukujú sekundárne účinky vyplývajúce z jej spolupôsobenia s hlavnými nosníkmi mosta.

Priťaženie mostovkových prvkov je vzhľadom na ich geometrické parametre pomerne veľké a treba ho pri posúdení zohľadniť.

Preto sa v normách požaduje vplyv spolupôsobenia, ak sa nevystihne presnejšie priestorovými modelmi, vyjadriť dodatočne doplnkovými modelmi spolupôsobenia mostovky s hlavnými nosníkmi

## Plnostenné trémové mosty s prvkovými mostovkami spolupôsobenie mostovky s hlavnými nosníkmi



## Plnostenné trámové mosty s prvkovými mostovkami spolupôsobenie mostovky s hlavnými nosníkmi

### Deformačná podmienka

$$X_i (\Delta L_{si} + \Delta L_{mg,i} + \delta_{cb,i} + \delta_{cb,i+1}) - X_{i-1} \delta_{cb,i-1} + X_{i+1} \delta_{cb,i+1} - \delta_{0i} = 0$$

$\Delta L_{si}$  je predĺženie pozdĺžnikov v poli  $i$  od  $X_i = 1$ ,

$\Delta L_{mg,i}$  je skrátenie hlavných nosníkov od  $X_i = 1$ ,

$\delta_{cb,i}, \delta_{cb,i-1}, \delta_{cb,i+1}$  sú vodorovné priehyby priecnikov  $i, i-1, i+1$  v mieste pripojenia pozdĺžnikov,

$\delta_{0i}$  je predĺženie hlavných nosníkov od zvislého návrhového zaťaženia v poli  $i$  v úrovni ťažísk pozdĺžnikov.

Pre všetky polia získavame sústavu lineárnych rovníc

$$[\delta] \{X\} = \{\delta_0\}$$

$[\delta]$  je matica deformácií základnej staticky určitej sústavy od jednotkových zaťažovacích stavov,

$\{X\}$  je vektor staticky neurčitých osových síl v pozdĺžnikoch,

$\{\delta_0\}$  je vektor deformácií základnej staticky určitej sústavy od zvislého návrhového zaťaženia.

## Plnostenné trámové mosty s prvkovými mostovkami spolupôsobenie mostovky s hlavnými nosníkmi

**Podmienka** - kompatibilita pretvorenia hlavných nosníkov a mostovkových prvkov v úrovni ťažísk pozdĺžnikov v tvare

$$\Delta L_{mg} = \Delta L_s + \delta_{cb,1}$$

$\Delta L_{mg}$  je deformácia hlavného nosníka od zvislého návrhového zaťaženia v úrovni ťažísk pozdĺžnikov,

$\Delta L_s$  je celkové predĺženie pozdĺžnikov pásov,

$\Delta_{cb,1}$  je vodorovný priehyb krajného priečnika v mieste pripojenia pozdĺžnikov.

### Riešenie

$$\sigma_{av} m a z_s / z_2 = X_1 \left[ k c^3 / I_{z,cb} + \mu m a \left( 1 / A_s + 1 / A_{mg} + z_s^2 / I_{y,mg} \right) \right]$$

z výskumov

$$\sigma_{av} \doteq 0,73 \cdot \sigma_{max}$$

## Plnostenné trámové mosty s prvkovými mostovkami spolupôsobenie mostovky s hlavnými nosníkmi

Pre ťahovú silu v krajnom pozdĺžniku potom platí

$$X_1 = \frac{0,73 \sigma_{\max} m a z_s / z_2}{k c^3 / I_{z,cb} + \mu m a \left( 1 / A_s + 1 / A_{mg} + z_s^2 / I_{y,mg} \right)}$$

$\sigma_{av}$	je priemerná hodnota napätia v dolnej pásnici hlavného nosníka,
$\sigma_{\max}$	je maximálna hodnota napätia v dolnej pásnici hlavného nosníka,
$m$	je počet polí na polovici rozpätia nosnej konštrukcie mosta,
$a$	je dĺžka jedného poľa pozdĺžnikových pásov, t.j. rozpätie pozdĺžnikov,
$I_{z,cb}$	je kvadratický moment plochy prierezu priečnika k osi $z$ ,
$I_{y,mg}$	je kvadratický moment plochy prierezu hlavného nosníka k osi $y$ ,
$A_s$	je plocha prierezu pozdĺžnika,
$A_{mg}$	je plocha prierezu hlavného nosníka,
$k$	je koeficient,
$k = (3b - 4c) / 6c$	pre priečnik klbovo pripojený vo vodorovnom smere na hlavný nosník,
$k = (2b - 3c) / 6b$	pre tuho pripojený priečnik na hlavný nosník,
$\mu = (m + 1)(2m + 1) / 6m$	

## Plnostenné trámové mosty s prvkovými mostovkami spolupôsobenie mostovky s hlavnými nosníkmi

### Namáhanie pozdĺžnikov

$$X_1 = \dots$$

$$X_2 = 1,07 X_1 (2m - 1) / m,$$

$$X_{\max} = 1,15 X_1 (m + 1) / 2,$$

V prípade tuhého prípoja pozdĺžnika na priečnik

$$\Delta M_{y,s,j,Ed} = M_{y,mg,j,Ed} I_{y,s} / (I_{y,mg} + I_{y,s})$$

### Namáhanie priečnikov

$$\Delta M_{z,k} = (X_2 - X_1) c$$

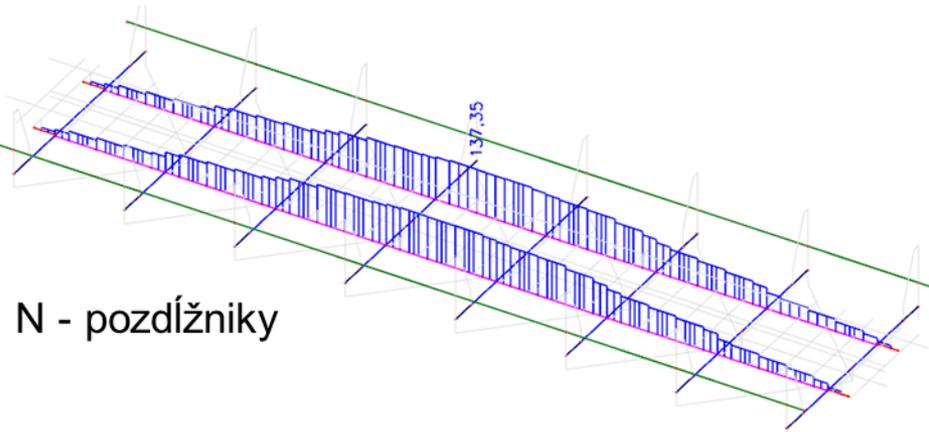
pre kĺbovo uložený priečnik na hl. nosník

$$\Delta M_{z,k} = (X_2 - X_1) c^2 / b$$

pre tuho pripojený priečnik na hl. nosník

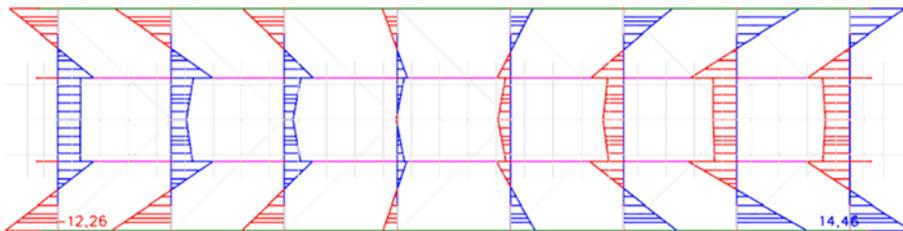
## Plnostenné trémové mosty s prvkovými mostovkami spolupôsobenie mostovky s hlavnými nosníkmi

Príklad - 3D model plnostenného mosta + aj mostnice + polotuhý prípoj pozdĺ./priečnik  
- vyobrazené sú len hl. nosníky, pozdĺžniky a priečniky

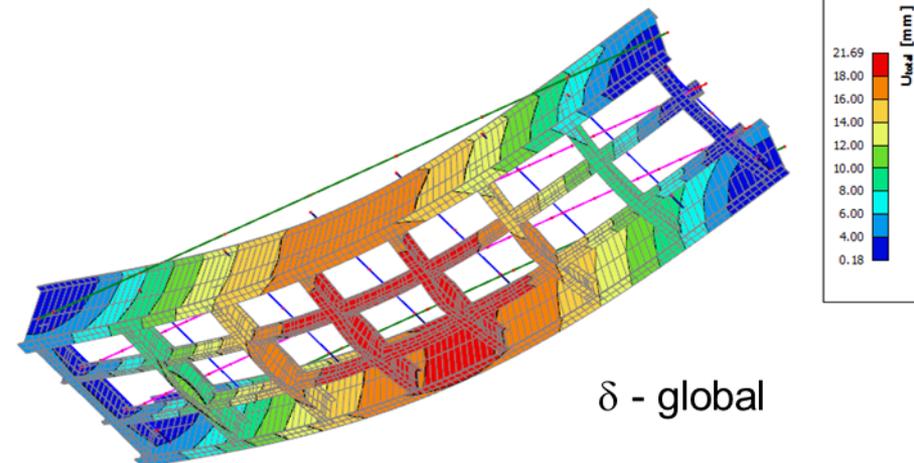
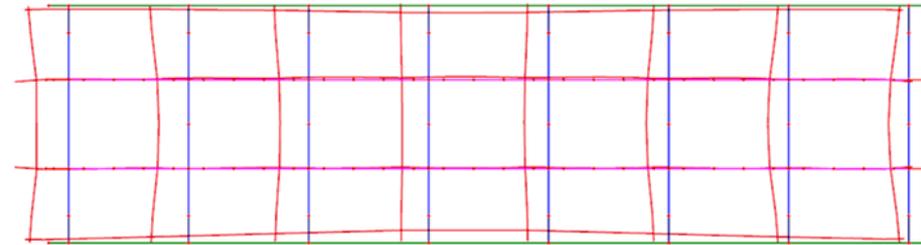


N - pozdĺžniky

$M_z$  - priečniky

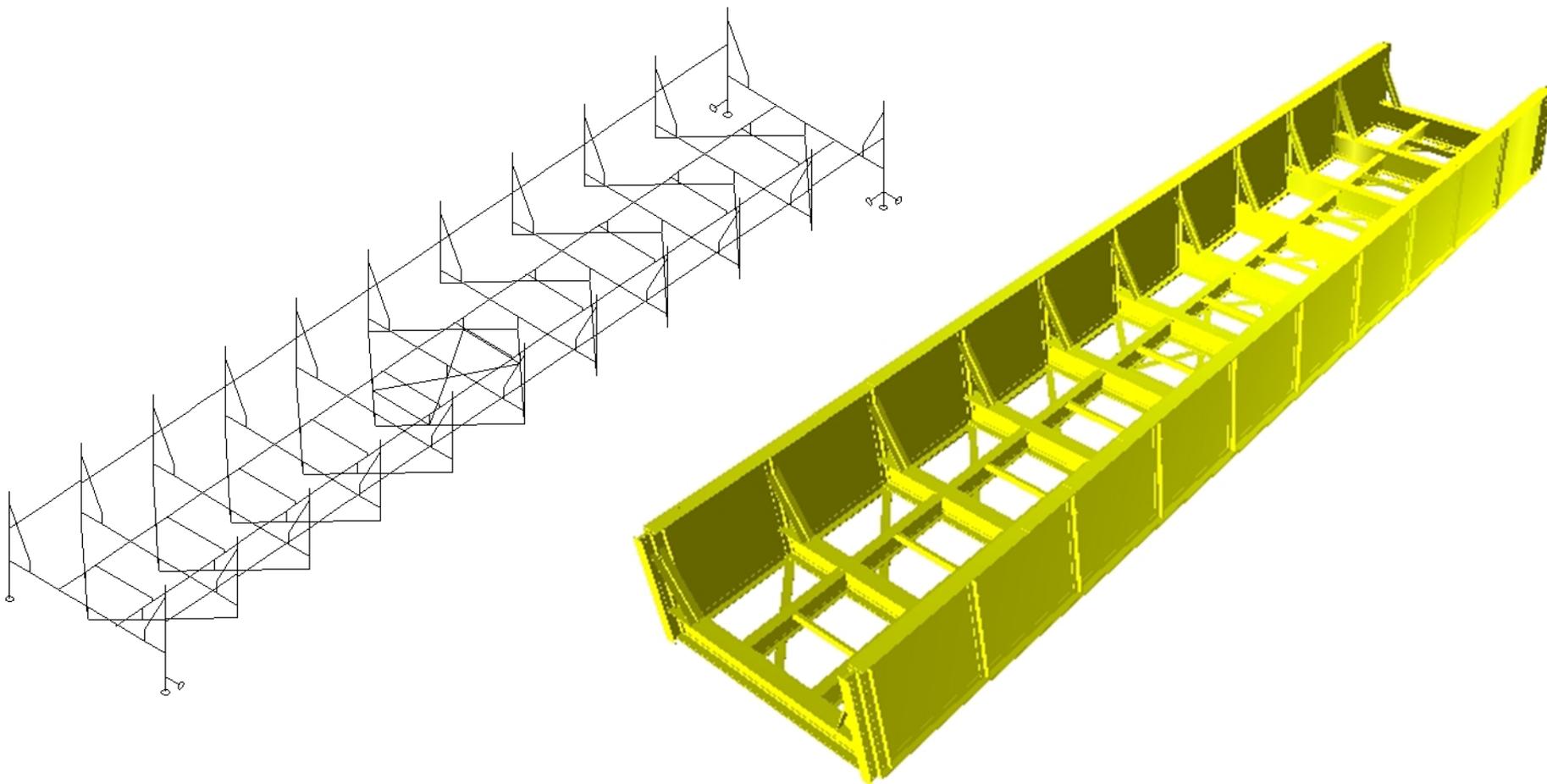


$\delta$  - osi zhora

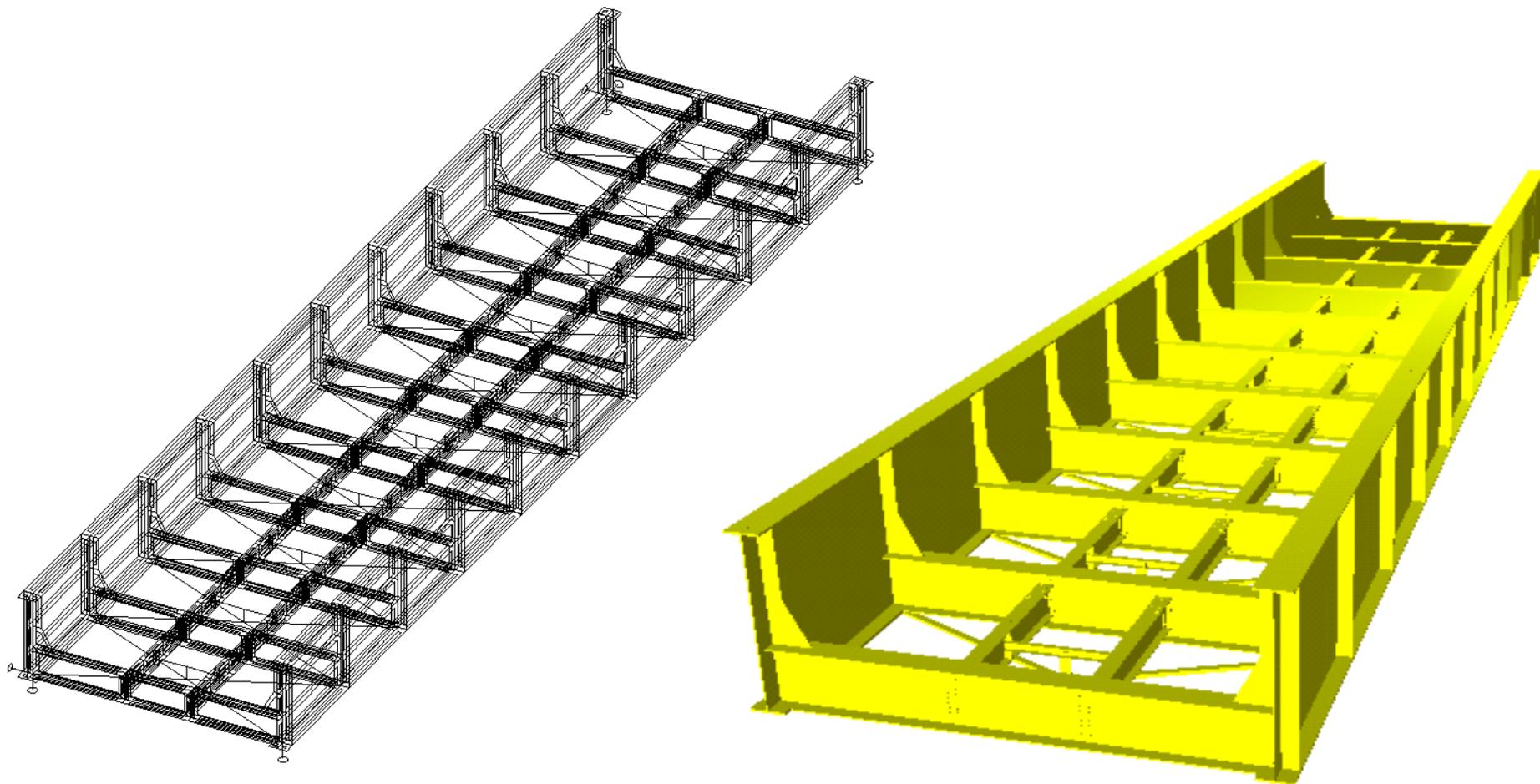


$\delta$  - global

## Plnostenné trémové mosty s prvkovými mostovkami - líniové konečné prvky



## Plnostenné trámové mosty s prvkovými mostovkami - škrupinové konečné prvky



## Plnostenné trámové mosty s prvkovými mostovkami - tvorba modelov v MKP

### MOSTOVKA:

- Najčastejšie sa uplatní prúťová náhrada. Je účelné zohľadňovať vzájomné excentricity prúťov a typy spojov (uzlov) medzi nimi. Ide najmä o prípoj pozdĺžnika na priečnik, ktorý sa pri zapustených pozdĺžnikoch medzi priečnikmi má považovať za spojitý, ak sú navzájom prepojené pásnice susedných pozdĺžnikov.
- Prípoj priečnika na hlavný nosník pre vodorovný ohyb môže byť považovaný za kĺbový, polotuhý alebo tuhý. V zásade sa používa pravidlo, že prípoj priečnika na hlavný nosník sa môže modelovať ako tuhý uzol (votknutie), ak je jeho dolná alebo horná pásnica pripojená dostatočne tuhým spôsobom a za predpokladu, že dolná/horná pásnica priečnika a dolné/horné pásnice pozdĺžnikov a hlavných nosníkov ležia v jednej rovine.
- V priestorovom modeli je možné zohľadniť aj ďalšie úskalia, ktoré rovinné modely nepostihnú. Príkladom môže byť kúťová výstuha polorámu mostov s dolnými mostovkami. Využíva sa napr. náhrada šikmým prúťovým prvkom s náhradným prierezom zloženým z pásnice výstuhy a časťou steny rovnajúcou sa 15-násobku šírky steny. Prúť je potrebné excentricky tuho pripojiť na priečnik aj hlavný nosník.

## Plnostenné trámové mosty s prvkovými mostovkami - tvorba modelov v MKP

### HLAVNÝ NOSNÍK:

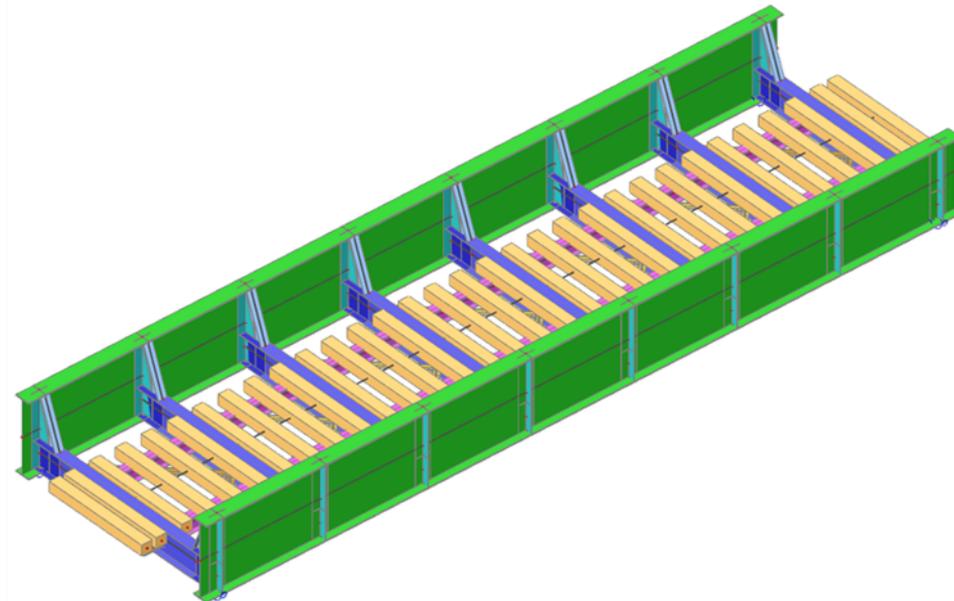
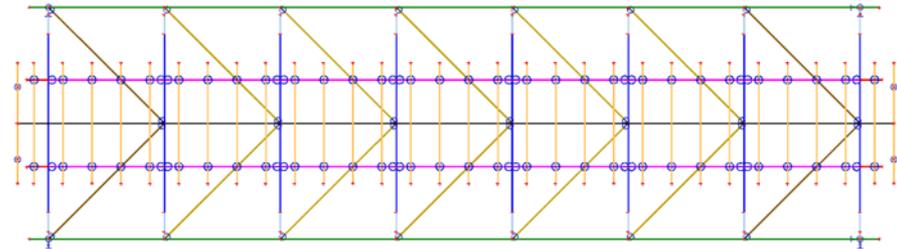
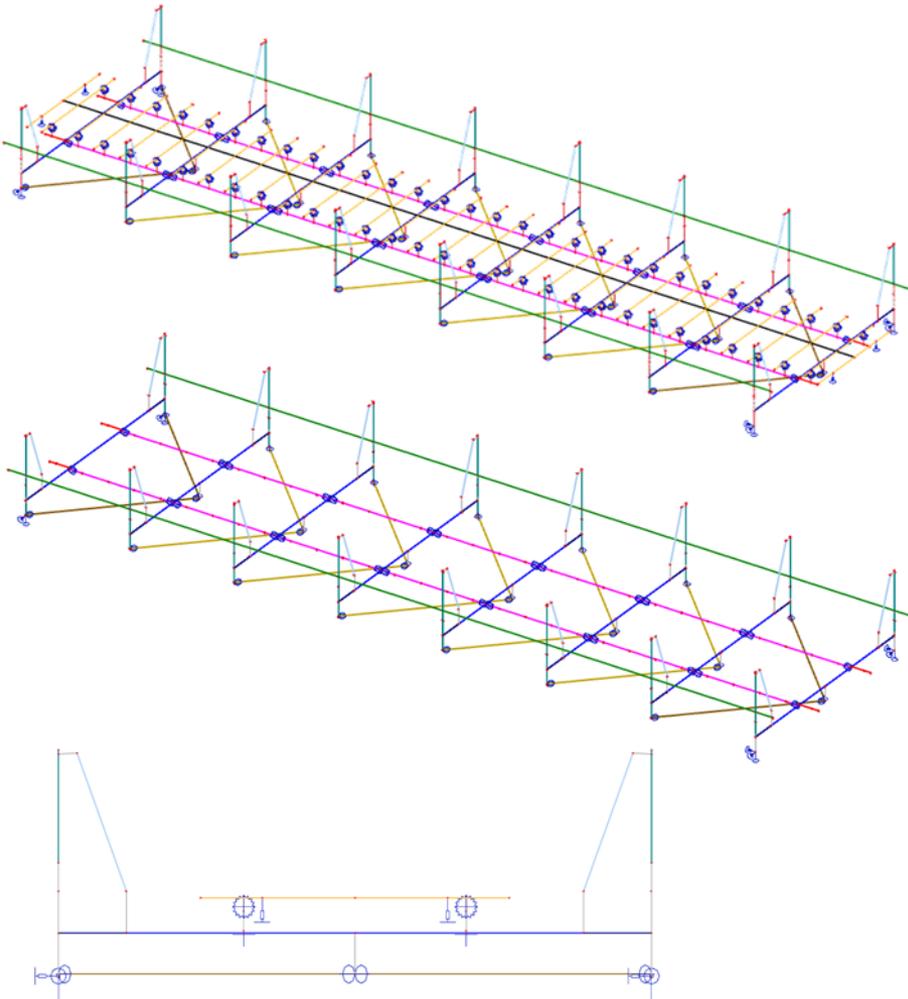
- Steny je ideálne modelovať ako stenové alebo škrupinové prvky, najmä čo sa týka veľmi korektného vystihnúť ich skutočného stenového pôsobenia.
- Pásnice hlavných nosníkov plošnými prvkami, alebo prúťovými prvkami.
- V dokonalejších analýzach môžeme aproximovať prúťmi aj prípadné výstupy steny hlavného nosníka. Pri tomto type modelu v MKP je nutné klásť veľký dôraz na hustotu a zjemňovanie siete konečných prvkov.
- Pri samotnom overovaní nosníka je potrebné však spojiť vnútorné sily v plošných prvkoch integrovať po rezoch, aby sme zistili vnútorné sily v určitom priereze. Zároveň zadávanie imperfekcií do plošného resp. kombinovaného modelu je už v súčasných výpočtových programoch možné, ale je to veľmi prácne a praxou neoverené.
- V niektorých prípadoch je takýto výpočtový model len čiastočne výhodný.
- Najčastejšie sa však dnes využíva **prúťový model hlavného nosníka**.
- Využitie kombinovaných dosko-prúťových modelov nachádza uplatnenie aj pri analýze čiastkových submodelov.

## Plnostenné trámové mosty s prvkovými mostovkami - tvorba modelov v MKP

### HLAVNÝ NOSNÍK:

- Pre globálnu analýzu celého mosta sa z dôvodu komplikovaného spracovávania výstupov dnes zväčša používajú prútové modely hlavných nosníkov. Mali by v nich byť zohľadnené všetky zmeny prierezov (aj odstupňovania pásnic) vrátane posunu ťažiskovej osi. Modelované prípoje mostovky a všetkých stužení na prútový model hlavného plnostenného nosníka musia rešpektovať ich skutočnú excentricitu.
- Výhodne je zohľadniť aj skutočná poloha podpier (ložísk) – pod dolnou pásnicou hlavného nosníka.
- Prípoje stužení sa zväčša uvažujú kĺbové pre ohyb v jednej alebo v oboch rovinách, v závislosti od jeho konštrukčného riešenia.
- Na zohľadnenie excentricít jednotlivých prvkov dnešné softvéry umožňujú použiť viacero postupov. Najviac overený spôsob je použitie fiktívnych tuhých väzieb s „nekonečnou tuhosťou“, k čomu môžeme využiť špeciálne funkcie programov alebo fiktívny prút číselne zadaný prierezom s veľkou tuhosťou.

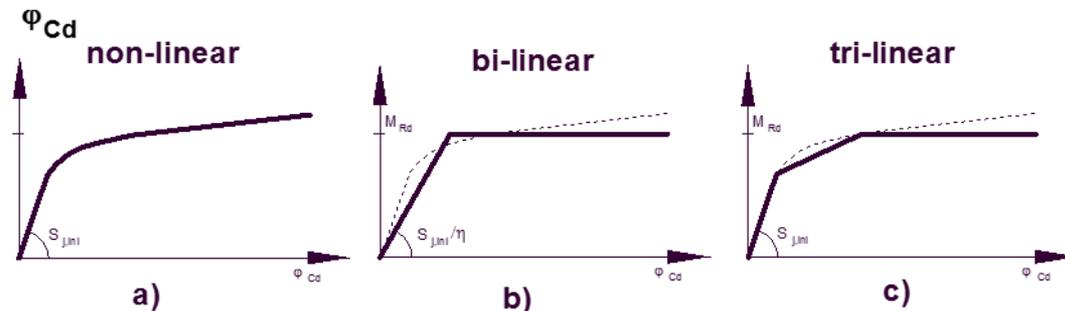
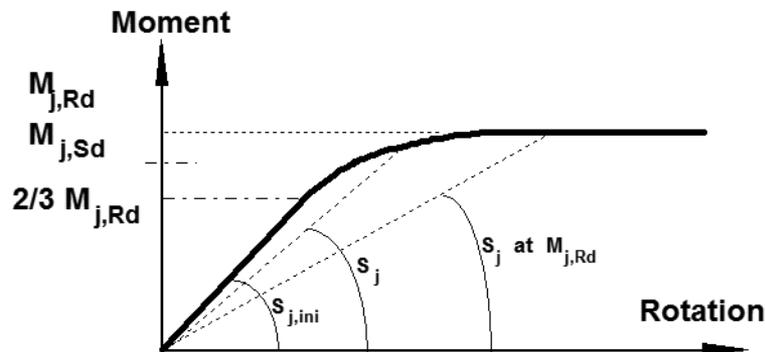
## Plnostenné trémové mosty s prvkovými mostovkami - tvorba modelov v MKP



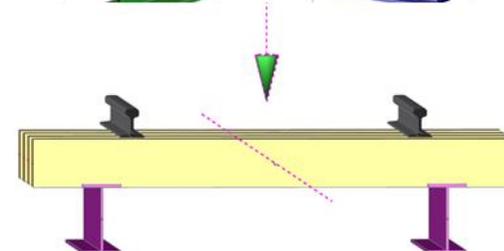
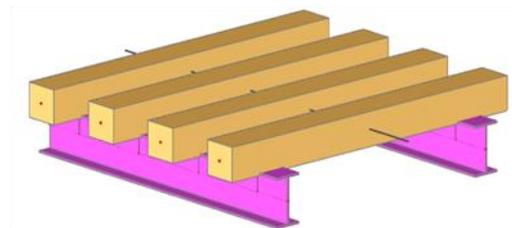
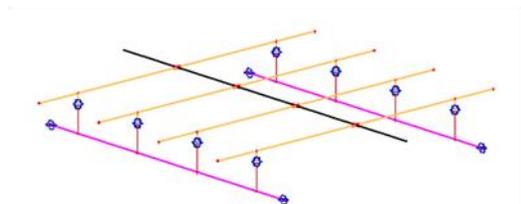
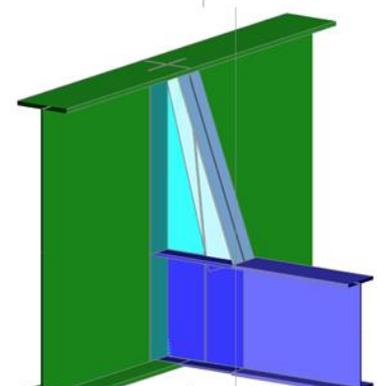
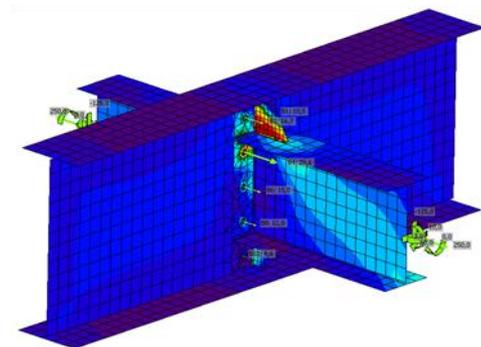
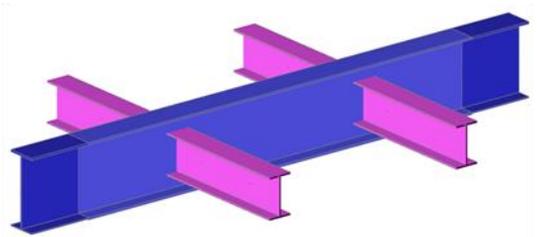
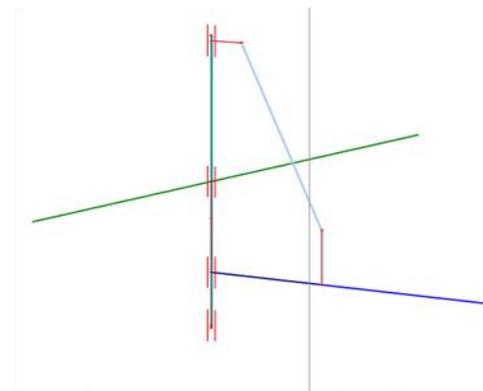
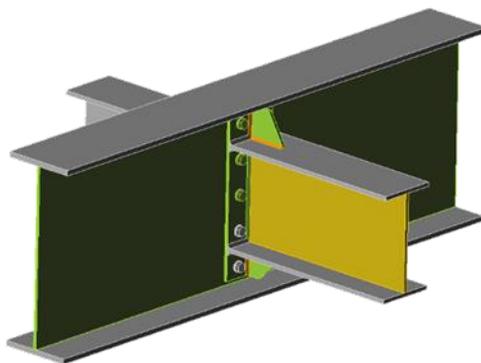
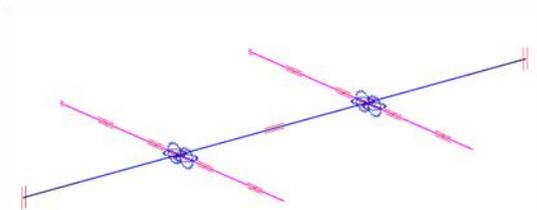
## Plnostenné trámové mosty s prvkovými mostovkami - tvorba modelov v MKP

### Modely uzlov:

- kĺbové
- tuhé
- polotuhé (metóda komponentov, softvéry - napr. IdeaStatica Connection)



## Plnostenné trámové mosty s prvkovými mostovkami - tvorba modelov v MKP



## Plnostenné trámové mosty s prvkovými mostovkami - tvorba modelov v MKP

### Parametre prierezov pozdĺžnikov železničných mostov

- ovplyvňuje ich konštrukčné riešenie ich pripojenia na priečniky
- zapojenie pozdĺžnikov do systému prvkovej mostovky
- obvyklé výšky pozdĺžnikov v rozsahu 520÷650 mm
- min. hrúbka steny 10 mm (8 mm)
- pásnice sa min 12x250 až 30x300 mm
- na hornú pásnicu sa privára lišta 50x(50÷90) mm

### Parametre prierezov priečnikov železničných mostov

- výška priečnika, ktorá sa odporúča voliť v rozsahu 840÷1000 mm, táto výška rozhoduje o hodnote stavebnej výšky mosta!
- stena priečnika sa požaduje jej min. hrúbka 10 mm
- 25x250 až 36x300 mm pri zodpovedajúcej hrúbke 25÷40 mm

### Parametre prierezov prvkov mostovky „cestných“ mostov

- výška pozdĺžnika v rozsahu (1/8÷1/12) ich rozpätia
- výška priečnika sa má navrhovať v rozsahu (1/6÷1/8) šírky mosta
- ostatné parametre sa navrhujú v súlade so zásadami uvedenými pri mostovkových prvkoch železničných mostov.

## Plnostenné trámové mosty s prvkovými mostovkami - tvorba modelov v MKP

### Hlavné nosníky železničných mostov

- výška nosníka, ktorá sa volí v rozsahu  $(1/10 \div 1/12) L$
- hrúbka steny  $t_w$  sa odporúča stanoviť podľa empirického Muchanovho vzťahu v tvare  $7+0,003h$ , pričom jednotky sú v mm
- pásnice sa volia v súlade s namáhaním, zvyčajne sa šírka  $b_f$  volí odhadom
  - 400 mm pre  $L = 18 \div 22$  m
  - 450 mm pre  $L = 20 \div 28$  m
  - 500 mm pre  $L = 25 \div 30$  m
  - 550 mm pre  $L = 28 \div 32$  m
  - 600 mm pre  $L = 30 \div 35$  m
- hrúbka pásnic  $t_f$  je v rozsahu 30 až 60 mm, zvyčajne je v rozmedzí  $b_f/t_f = (10 \div 14)$  pre najviac namáhané úseky s následným odstupňovaním na nižšie hrúbky, však zvyčajne  $b_f/t_f < (20 \div 30)$

### Hlavné nosníky „cestných“ mostov

- výška hlavných nosníkov odporúča voliť v rozsahu  $(1/15 \div 1/20) L$
- pásnicami šírky cca 0,2 h majú obdobné hrúbky/štíhlosti ako pri železničných mostoch

## Plnostenné trámové mosty s prvkovými mostovkami - klopenie hlavných nosníkov

### Klopenie

- Vplyv globálnej stability plnostenného hlavného nosníka sa zohľadňuje **súčiniteľom klopenia  $\chi_{LT}$** .
- Na jeho stanovenie - potrebná hodnota **kritického momentu  $M_{cr}$**
- Proti strate stability je hl. nosník zabezpečený len tuhosťou priečnych rámov tvorených priečnikom a priečnymi výstuhami včítane príslušnej spolupôsobiacej časti steny.

### V prípade prúťového modelu hlavného nosníka

je určenie  $M_{cr}$  možné len zjednodušene za predpokladu voľby vzpernej dĺžky v klopení.

- Bud' je možné **predpokladať**, že strata stability **nastane medzi polorámami**, a následne sa tieto musia tuhostne navrhnuť tak aby túto premisu zabezpečili. Bližšie - pozri **6.3.4.2 v STN EN 1993-2 + NA**

Pre medziľahlé rámy

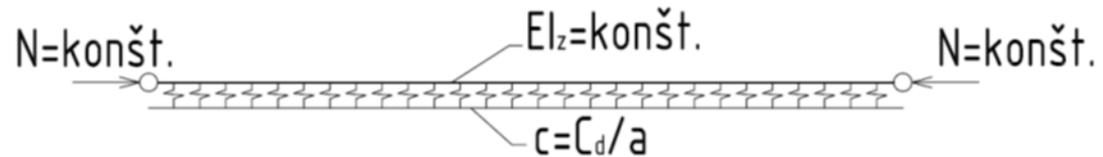
$$C_d > \frac{4N_{E,cr,k\acute{l}bovo}}{L_z}$$

Pre koncový rám

$$C_{d,e} > \frac{250 m^2 EI_z}{L_z^3 n}$$

## Plnostenné trámové mosty s prvkovými mostovkami - klopenie hlavných nosníkov

- Alebo je možné vykonať analýzu využitím **modelu náhradného prúta na pružných podperách**. Hodnoty pružinových konštánt sa stanovujú z tuhosti priečneho rámu. V tomto prípade je potrebné považovať za tlačenný pás v zmysle príslušného vzťahu hornú pásnicu ( $A_{f,eff}$ ) so spolupôsobiacou časťou steny v hodnote jednej tretiny tlačenej časti steny ( $A_{eff} = A_{f,eff} + A_{wc}/3$ ).



$$m = \frac{2}{\pi^2} \sqrt{\gamma} = \frac{2}{\pi^2} \sqrt{\frac{C_d L^4}{a E I_z}}$$

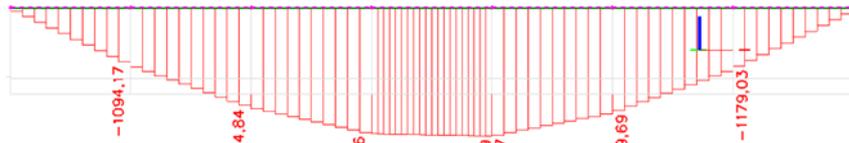
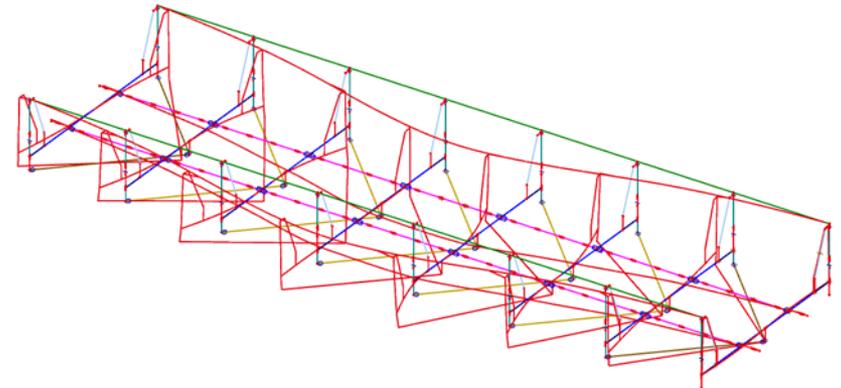
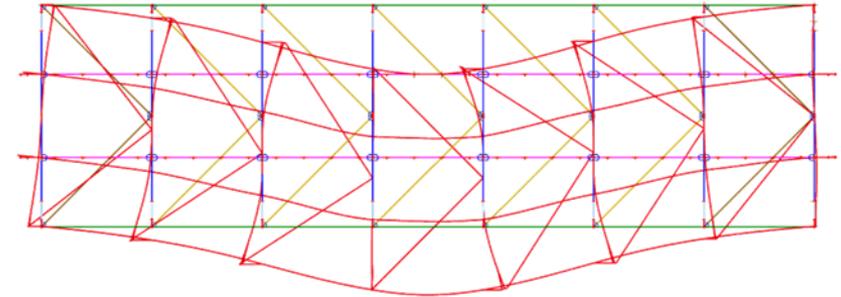
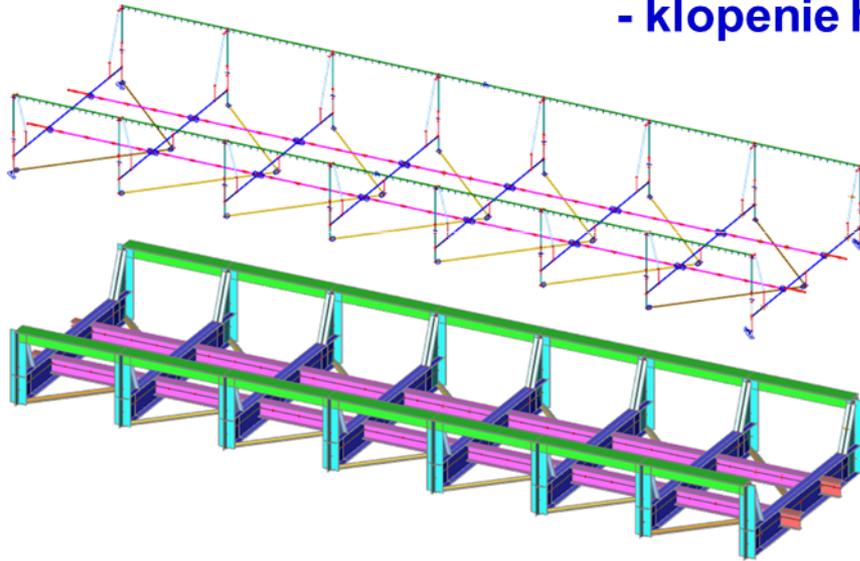
$$N_{cr} = m N_E = m \frac{\pi^2 E I_z}{L_z^2}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{crit}}} \rightarrow \chi_{LT}$$

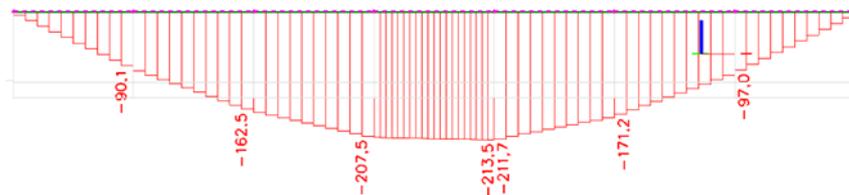
## Plnostenné trámové mosty s prvkovými mostovkami - klopenie hlavných nosníkov

- Prípadne je možné vykonať stabilitnú analýzu využitím **modelu náhradného prúta začleneného do modelu polorámov priamo v 3D modeli konštrukcie**
  - je možné rešpektovať zmeny prierezov tlačeneho prútu
  - je možné rešpektovať premenné zaťaženie osovou silou po dĺžke prúta (takmer akýkoľvek priebeh sa dá aproximovať)
  - využitie skutočnej **reálnej tuhosti** polorámov ale aj celej konštrukcie

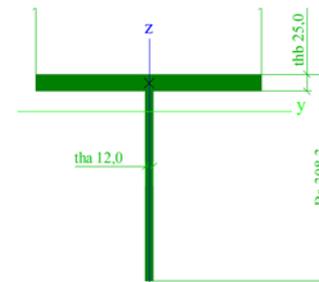
## Plnostenné trémové mosty s prvkovými mostovkami - klopenie hlavných nosníkov



Osové sily [kN] v modeli náhradného **tláčeného** prúta

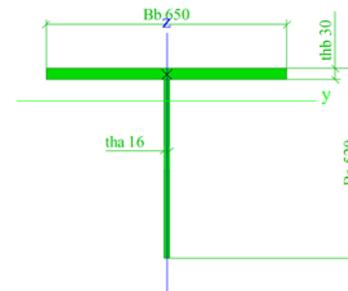
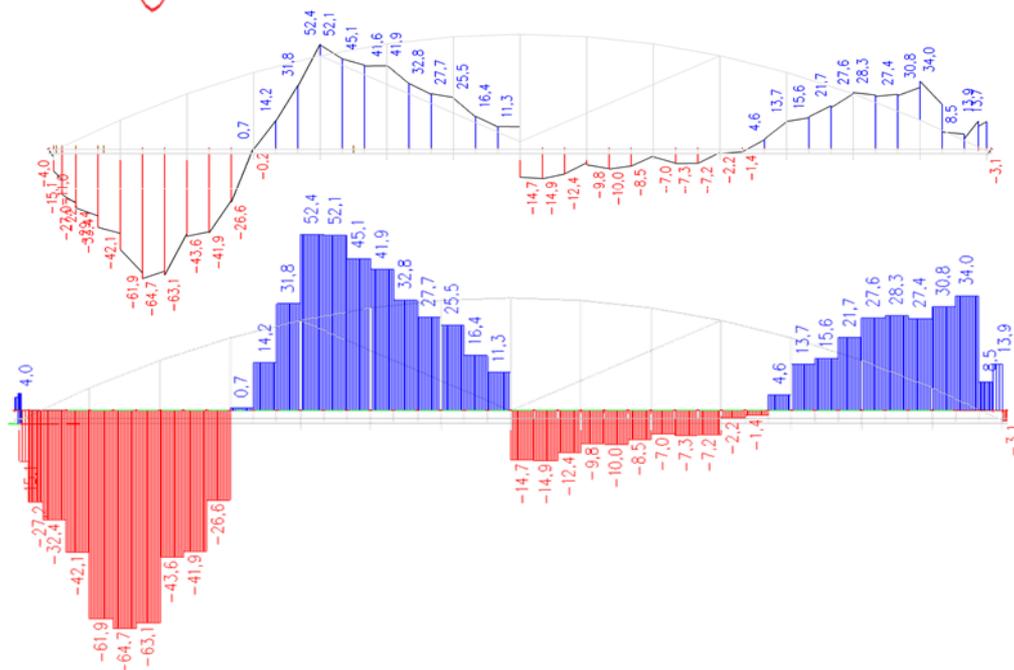
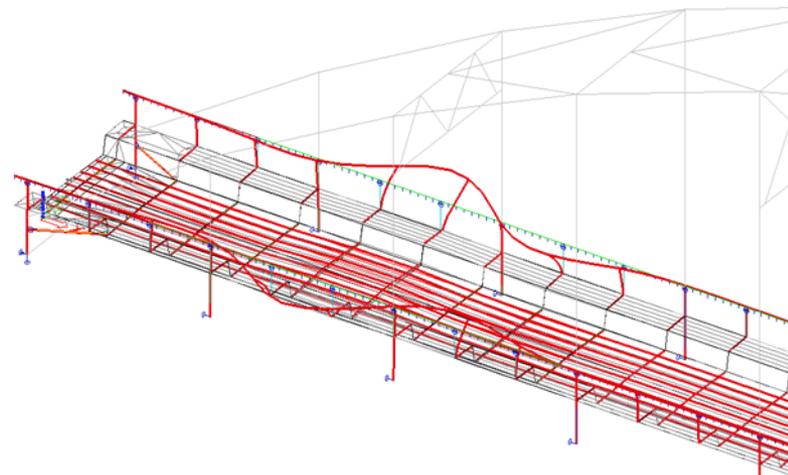
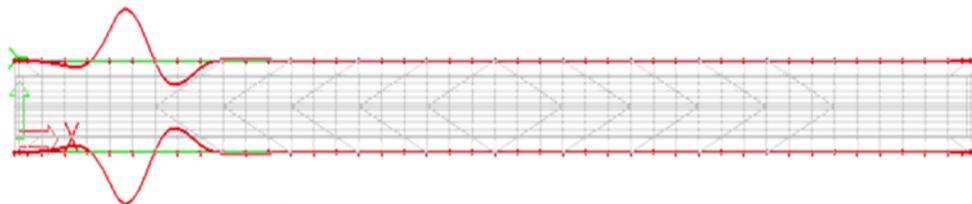


Napätia [MPa] v modeli náhradného **tláčeného** prúta



## Plnostenné trámové mosty s prvkovými mostovkami - klopenie hlavných nosníkov

Príklad analýzy vzperu náhradného prúta hornej pásnice  
v prípade plnostenného nosníka Langerovho trámu



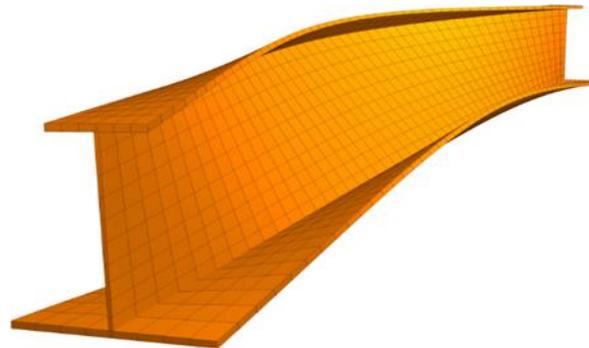
## Plnostenné trémové mosty s prvkovými mostovkami - klopenie hlavných nosníkov

**Alebo je možné využiť niektorý s dostupných nástrojov pre analýzu klopenia**

- problematické zadanie najmä nekonštantnej tuhosti a tuhosti polorámov

**Špecializované softvéry**

LTBeam, CUFSM



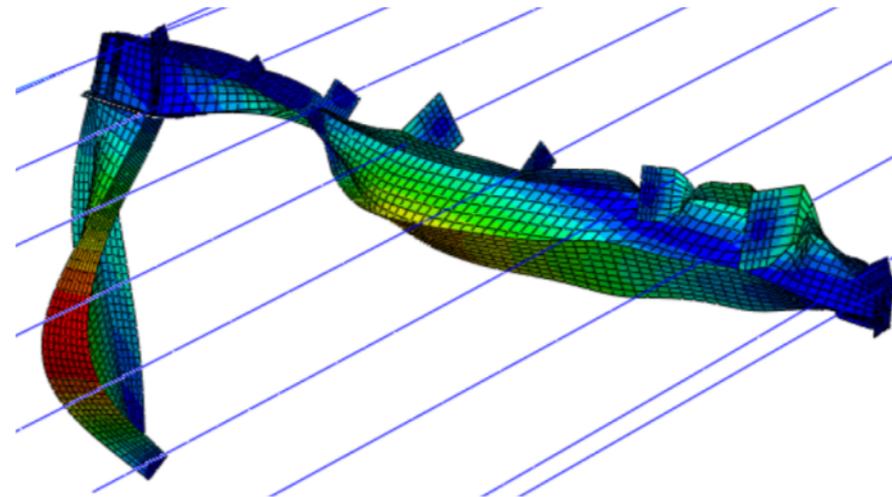
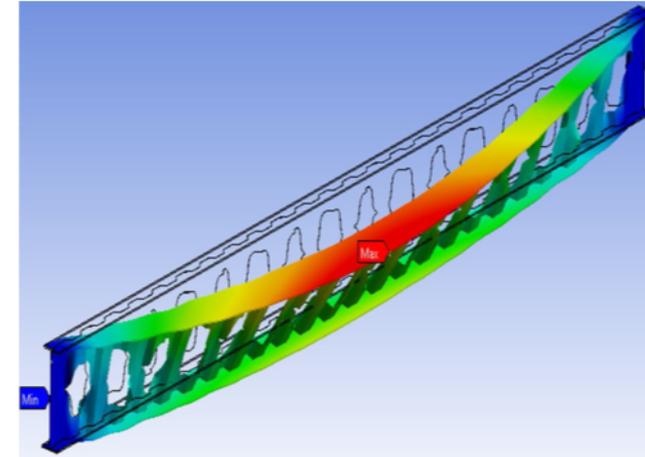
## Plnostenné trémové mosty s prvkovými mostovkami - klopenie hlavných nosníkov

V prípade doskostenového modelu hlavného nosníka

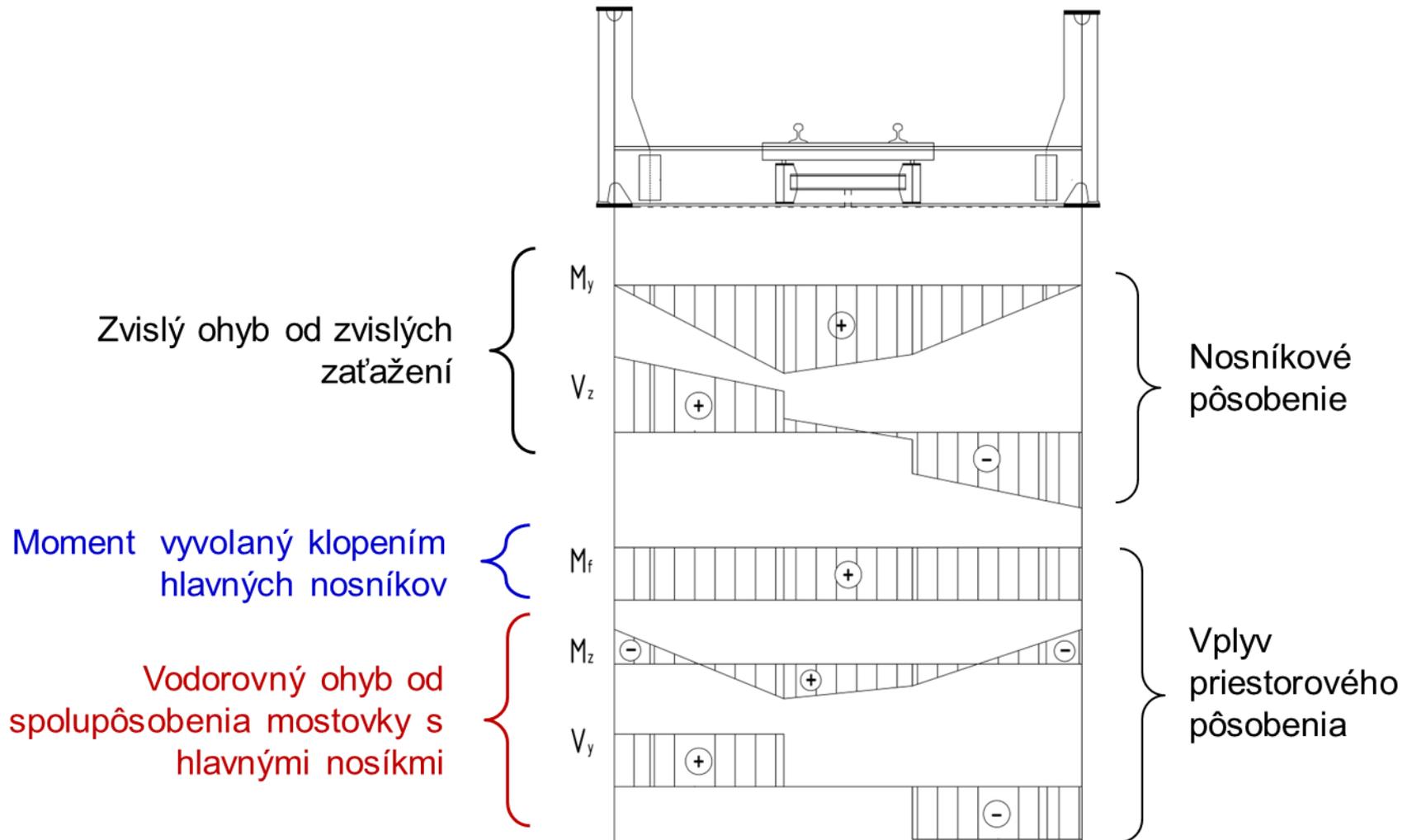
je možné vykonať **stabilitnú analýzu** a priamo s jej pomocou stanoviť hodnotu  $M_{cr}$  na základe vypočítaného **kritického násobku**  $\alpha_{cr}$ .

### Stabilitná analýza - MKP

- škrupinové prvky !!
- akékoľvek tvary, nábehy, odskoky
- korektné zohľadnenie tuhosti
- dobré výsledky
- pre korektné výstupy – modelovať aj výstupy
- sú potrebné skúsenosti !
- problém: lokálna stabilita

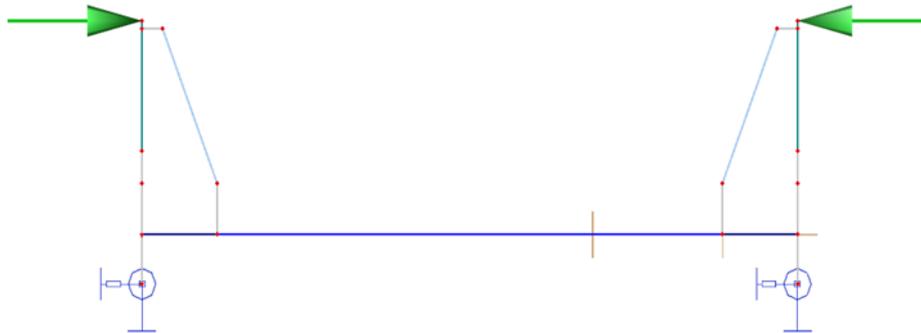


## Plnostenné trámové mosty s prvkovými mostovkami - namáhanie priečnych polorámov



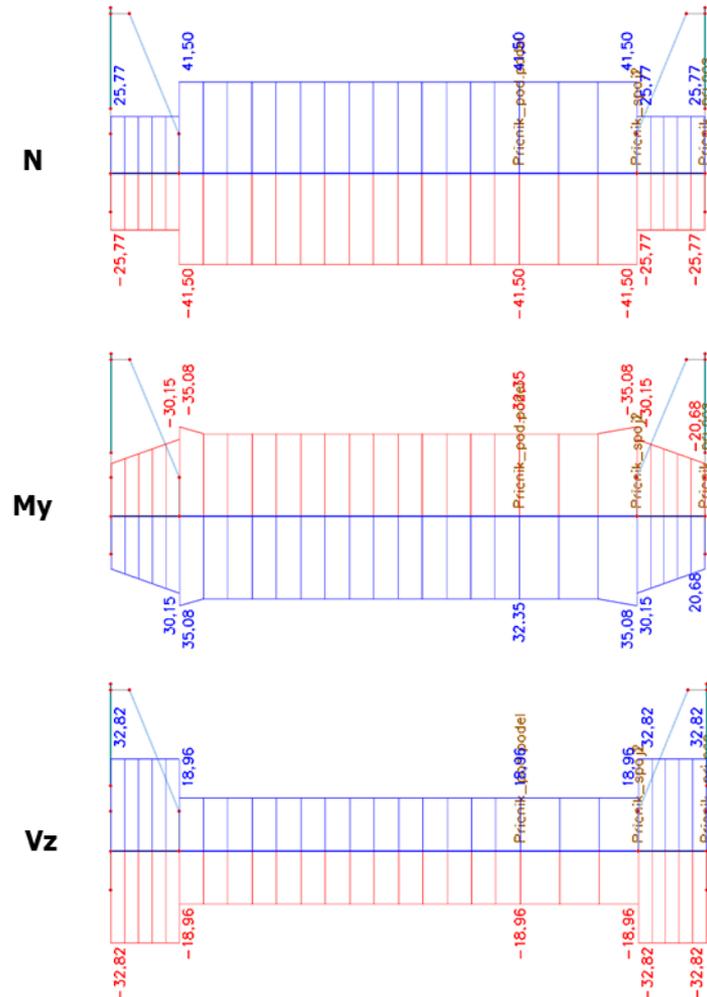
## Plnostenné trámové mosty s prvkovými mostovkami - namáhanie priečných polorámov

Namáhanie priečného polorámu silou  $F_{Ed}$  určenou z analýzy klopenia hlavného nosníka.



Alternatívne sa môže uvažovať

+F	+F
-F	-F
+F	-F
-F	+F



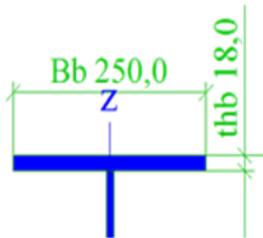
## Plnostenné trámové mosty s prvkovými mostovkami - namáhanie priečnych polorámov

### Vplyv klopenia priečnika – zjednodušená metóda

Priečnik je zabezpečený proti klopeniu v miestach prípojov pozdĺžnikov

$$\text{ak } \bar{\lambda}_f = \frac{k_c L_c}{i_{f,z} \lambda_1} < \bar{\lambda}_{c0} \frac{M_{c,Rd}}{M_{y,Ed}} \rightarrow \text{smie sa vplyv klopenia zanedbať}$$

### Príklad



$L_c =$	1,800	m	$i_{f,z} =$	65,3	mm
			$\bar{\lambda}_{c0} =$	0,2	
$k_c =$	0,950		$k_{f\ell} =$	1,0	

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c L_c}{i_{f,z} \lambda_1} = 0,279 < \bar{\lambda}_{c0} \cdot \frac{M_{c,Rd}}{M_{y,Ed}} = \bar{\lambda}_{c0} \cdot \frac{W_{nt,y,2} \cdot f_y / \gamma_{M0}}{M_{y,Ed}} = 0,2 \cdot \frac{728,22}{423,39} = 0,344$$