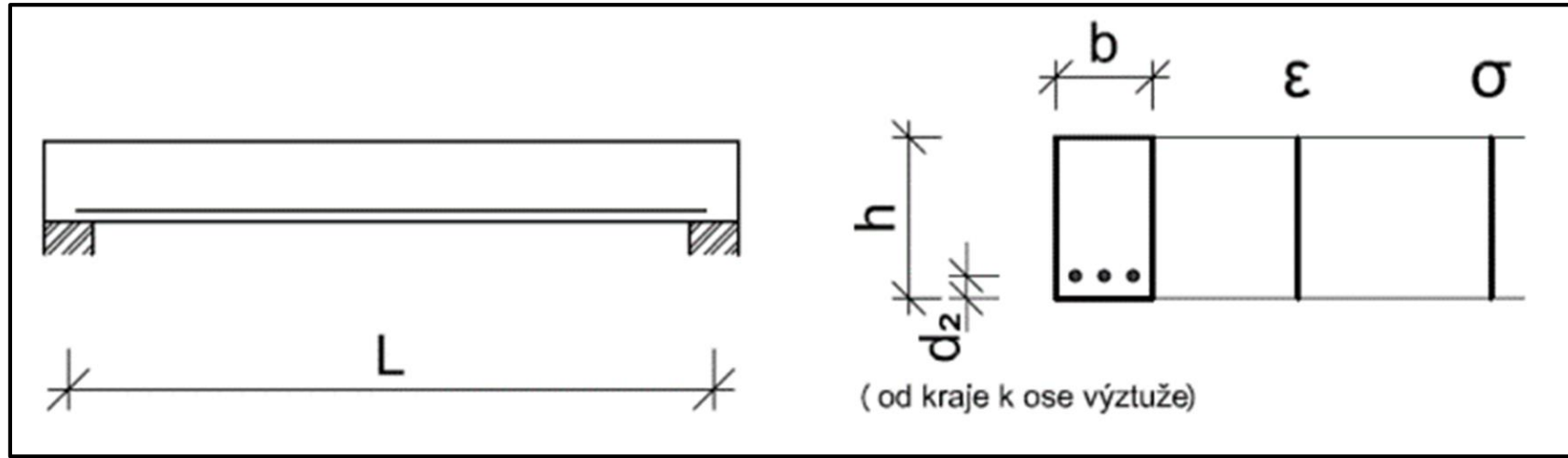


NNKB – 6. cvičení

Výkres výztuže desky

Návrh a posouzení ohybové výztuže trámu

Zadání



- $h = 300 \text{ mm}$
- $b = 200 \text{ mm}$
- $d_2 = 40 \text{ mm}$
- $A_s = 200 \text{ mm}^2$
- $f_{cd} = 20 \text{ MPa}$
- $f_{yd} = 400 \text{ MPa}$

Stanovte přímým výpočtem moment únosnosti M_{Rd} zadaného průřezu.

Nakreslete do obrázku předpokládaný průběh ε a σ v MSÚ. Zakreslete síly F_s a F_c a rameno vnitřních sil z .

Řešení

- $h = 300$ mm
- $b = 200$ mm
- $d_2 = 40$ mm
- $A_s = 200$ mm²
- $f_{cd} = 20$ MPa
- $f_{yd} = 400$ MPa

$$0.8 \cdot b \cdot x \cdot f_{cd} = A_s \cdot f_{yd}$$

$$\rightarrow x = (A_s \cdot f_{yd}) / (0.8 \cdot b \cdot f_{cd}) = (200 \cdot 400) / (0.8 \cdot 200 \cdot 20) = 25 \text{ mm}$$

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - 0.4 \cdot x) = 200 \cdot 400 \cdot (260 - 0.4 \cdot 25) = 20\,000\,000 \text{ Nmm} = 20 \text{ kNm}$$

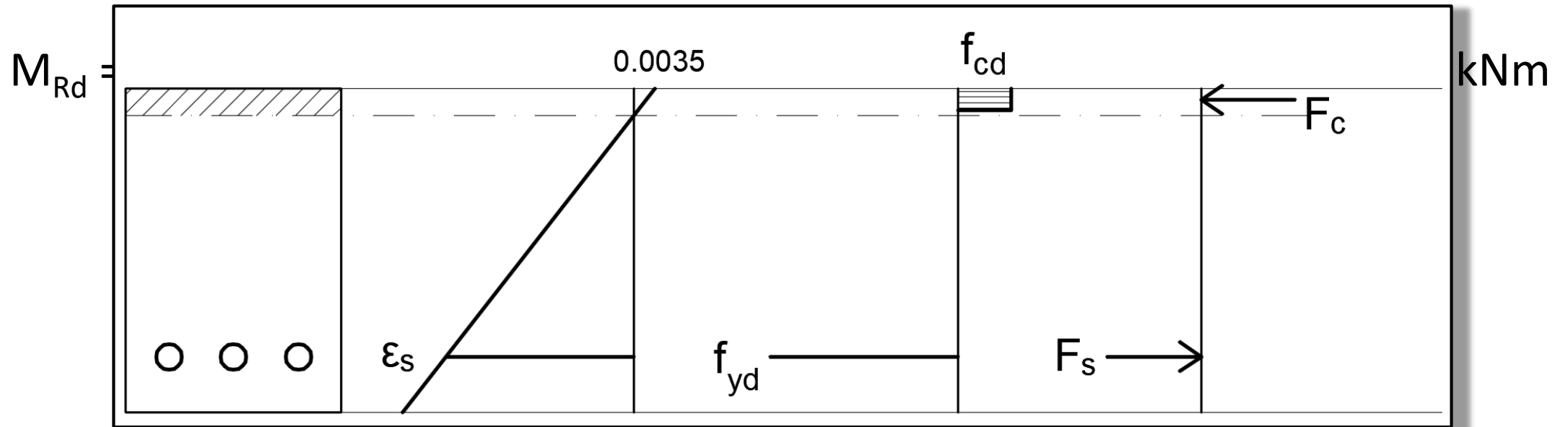
$$d = h - d_2 = 300 - 40 = 260 \text{ mm}$$

Řešení

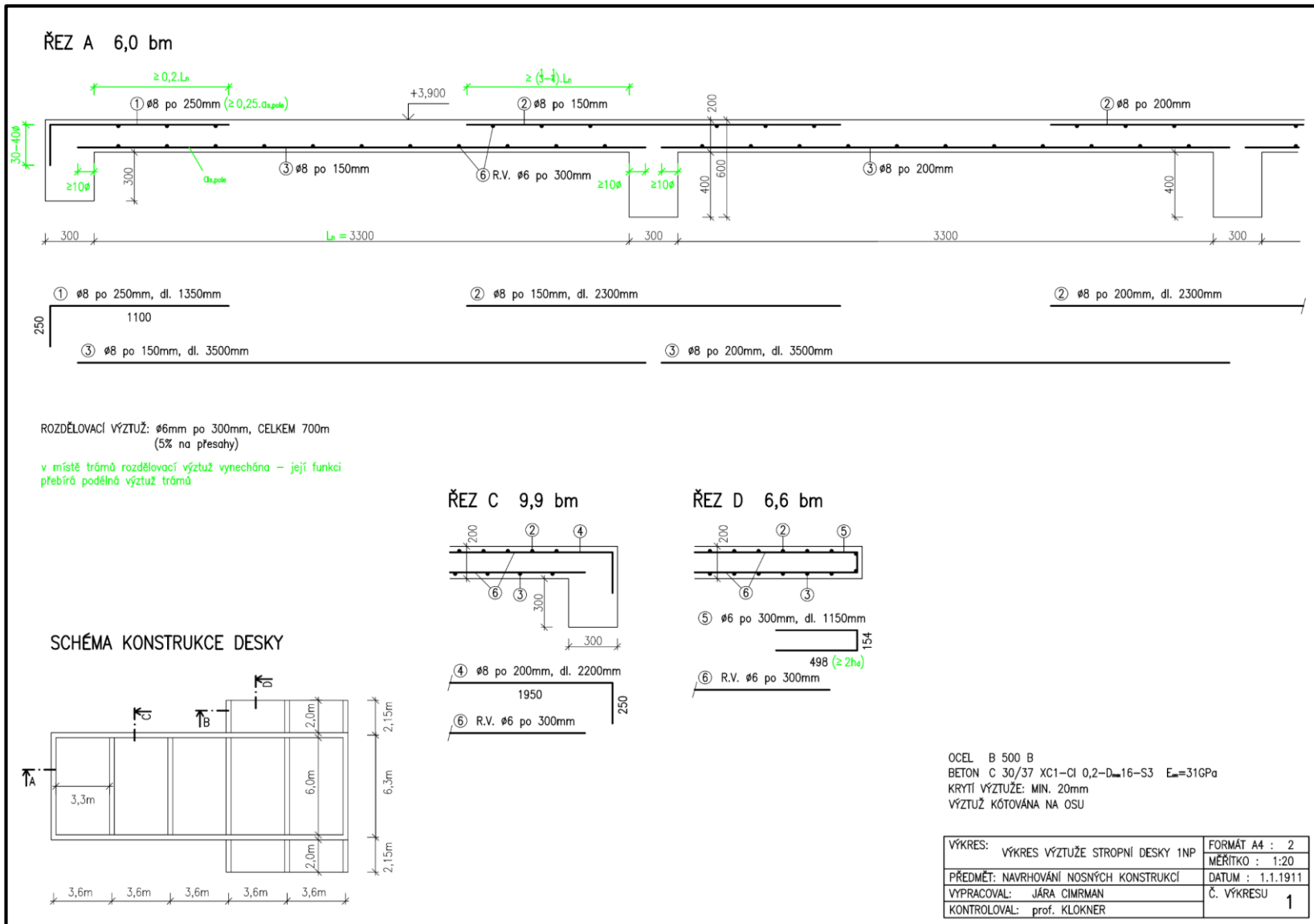
- $h = 300$ mm
- $b = 200$ mm
- $d_2 = 40$ mm
- $A_s = 200$ mm²
- $f_{cd} = 20$ MPa
- $f_{yd} = 400$ MPa

$$0.8 \cdot b \cdot x \cdot f_{cd} = A_s \cdot f_{yd}$$

$$\rightarrow x = (A_s \cdot f_{yd}) / (0.8 \cdot b \cdot f_{cd}) = (200 \cdot 400) / (0.8 \cdot 200 \cdot 20) = 25 \text{ mm}$$



Výkres výztuže desky



- Zpracovat **ručně** v měřítku 1:10 / 1:20
- **Kóty** a **popisky** tence
- **Obrys** konstrukce **tlustě**
- **Pruty** výztuže **velmi tlustě**
- Konstrukci **okótovat**, tvary výztuže **rozkreslit** pod řez a pruty **popsat**
- V pravém dolním rohu **rozpiska**, specifikace **betonu**, typ **výztuže**, minimální hodnota **krytí** a poznámka o **způsobu kótování** výztuže
- Délky prutů
 - **Přesah dolní nosné** výztuže za líc podpory minimálně $10 \times \phi_s$
 - **Přesah horní nosné** výztuže za líc podpory $1/4$ až $1/3 l_n$ (světlé rozpětí desky)
 - Skutečné **celkové délky prutů** v násobcích **50 mm**
- **Zelené poznámky** jsou pouze pro vás, do výkresu nepatří

Návrh a posouzení výztuže trámů

Rozdíly trámu oproti desce

Trám

uvažujeme skutečnou šířku b_T
(nebo efektivní šířku b_{eff})

M [kNm]

A_s [mm²]

$n \cdot \emptyset X$ ($A_s = Z$ mm²)

$d_T = h - c - \emptyset_{tř} - \emptyset/2$

$\emptyset_{tř}$ 8 mm nebo 10 mm; \emptyset 14 mm až 22 mm

Deska

uvažujeme 1 m'

M [kNm/m']

A_s [mm²/m']

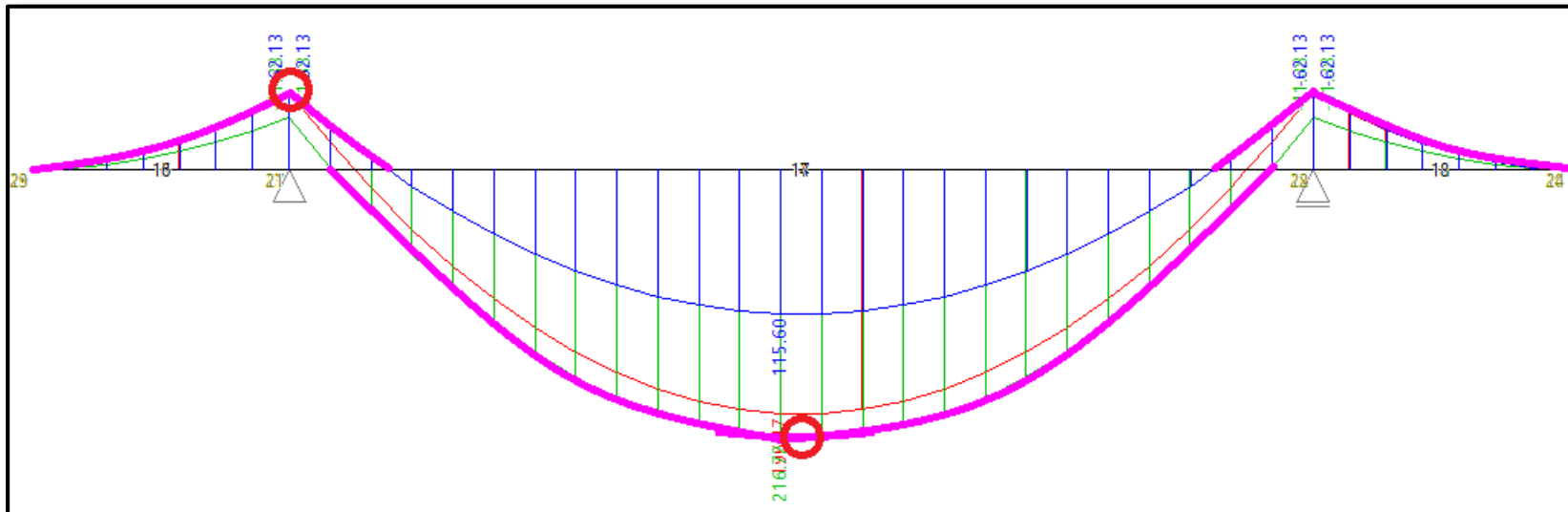
$\emptyset X$ po Y mm ($A_s = Z$ mm²/m')

$d = h - c - \emptyset/2$

Naše úloha

Řešíme průřezy namáhané největšími momenty.

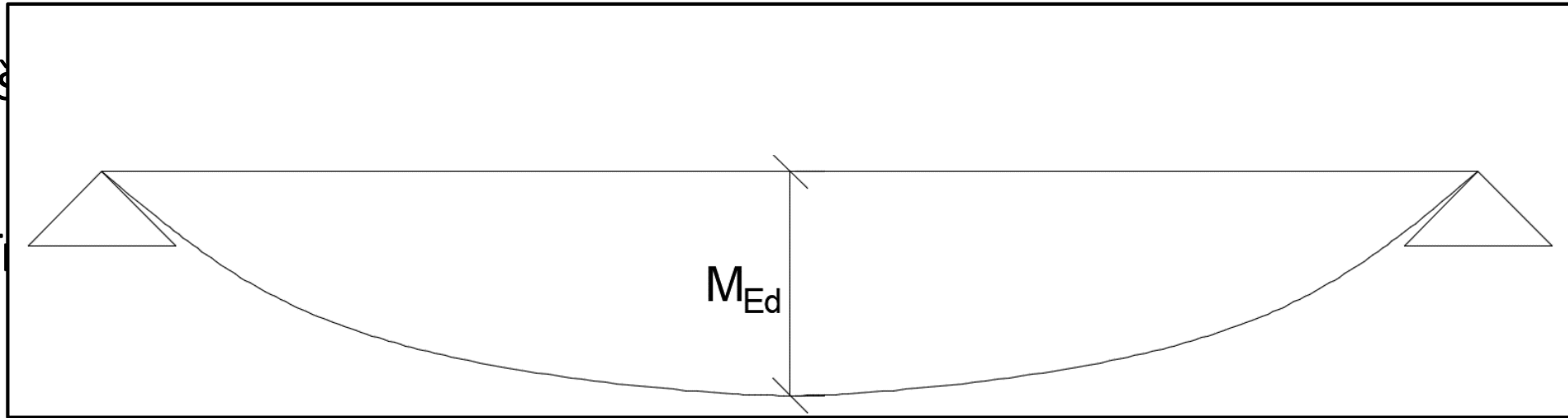
- Trám T1
 - nad vnitřní podporou (maximum z obálky momentů)
 - v poli (maximum z obálky momentů).



Naše úloha

Řeš

• Trám T1

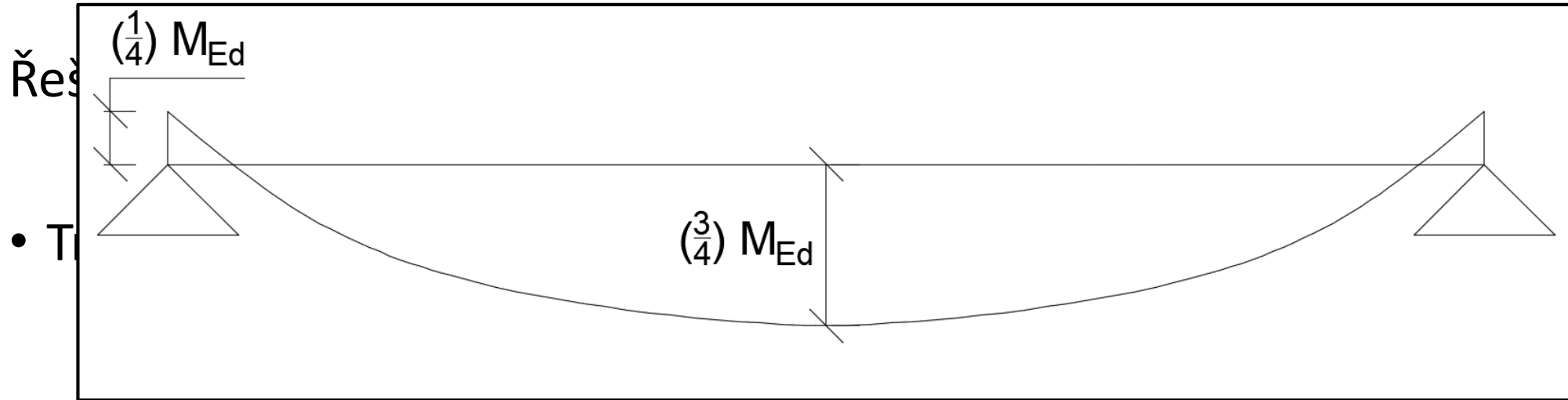


• Trám T2

- nad krajní kloubovou podporou (uvažujeme zatížení o velikost 25 % M_{pole})
- v poli

Excel

Naše úloha

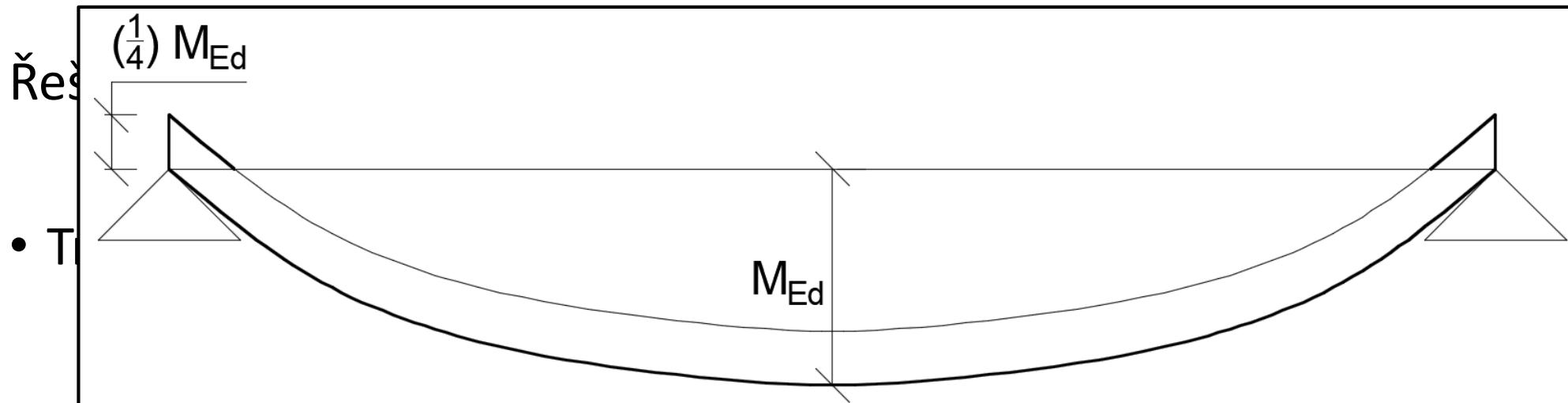


- Trám T2

- nad krajní kloubovou podporou (uvažujeme zatížení o velikost 25 % M_{pole})
- v poli

Excel

Naše úloha



Excel

Trám T1

Trám T1

Musíme navrhnout a posoudit výztuž na maximální kladný a maximální záporný moment, tedy:

- Maximální moment v poli
- Moment nad podporou

Ověření vhodnosti návrhu průřezu

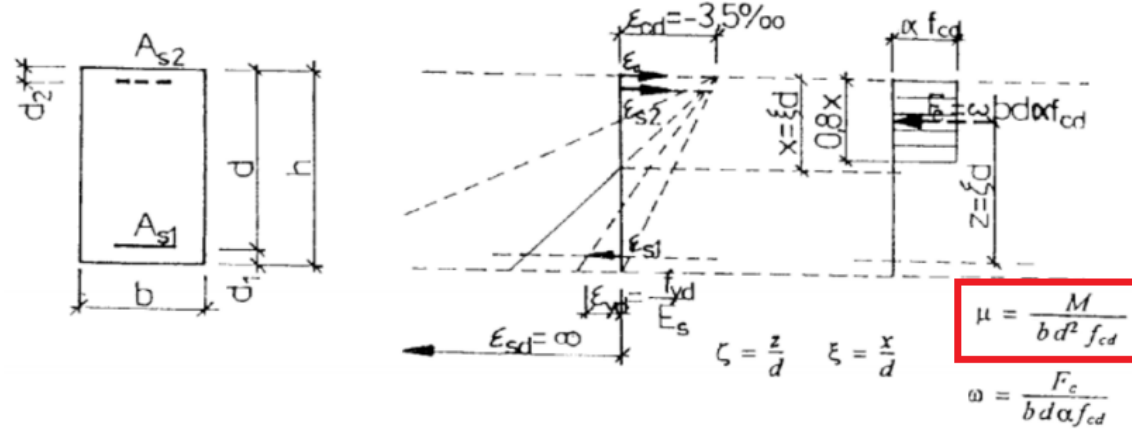
Předběžné ověření pomocí tabulek. Tabulky vycházejí ze vztahů pro posouzení návrhu ($F_s = F_c$, $M_{Rd} = F_s \cdot z$).

Ze zatížení je vypočteno μ a pomocí něj je z tabulek odečteno ξ ($=x/d$). Hodnota ξ by měla ležet v intervalu $\langle 0.15, 0.40 \rangle$. (Důvod viz přednášky.)

Pokud by hodnota ležela mimo interval, bylo by nutné upravit návrh (zvětšit nebo zmenšit výšku trámu h_t).

Tabulka součinitelů pro návrh ŽB prvků

Obdélníkový průřez
Rovnoměrné rozdělení napětí v betonu
Přetvoření tahové výztuže neomezené



μ	ω	ξ	ζ	ε _{s1}	ε _c	ε _{s2} pro d ₂ /d			
						0.05	0.1	0.15	0.2
0.010	0.0101	0.013	0.995	275.093	-3.500	10.430	24.359	38.289	52.219
0.020	0.0202	0.025	0.990	135.086	-3.500	3.429	10.359	17.288	24.217
0.030	0.0305	0.038	0.985	88.412	-3.500	1.096	5.691	10.287	14.882
0.040	0.0408	0.051	0.980	65.071	-3.500	-0.071	3.357	6.786	10.214
0.050	0.0513	0.064	0.974	51.063	-3.500	-0.772	1.956	4.684	7.413
0.060	0.0619	0.077	0.969	41.722	-3.500	-1.239	1.022	3.283	5.544
0.070	0.0726	0.091	0.964	35.047	-3.500	-1.573	0.355	2.282	4.209
0.080	0.0835	0.104	0.958	30.039	-3.500	-1.823	-0.146	1.531	3.208
0.090	0.0945	0.118	0.953	26.142	-3.500	-2.018	-0.536	0.946	2.428
0.100	0.1056	0.132	0.947	23.022	-3.500	-2.174	-0.848	0.478	1.804
0.110	0.117	0.146	0.942	20.468	-3.500	-2.302	-1.103	0.095	1.294

Předběžně
posouze

Ze zatíže
Hodnota

Pokud by
(zvětšit r

ro

x/d).
nášky.)

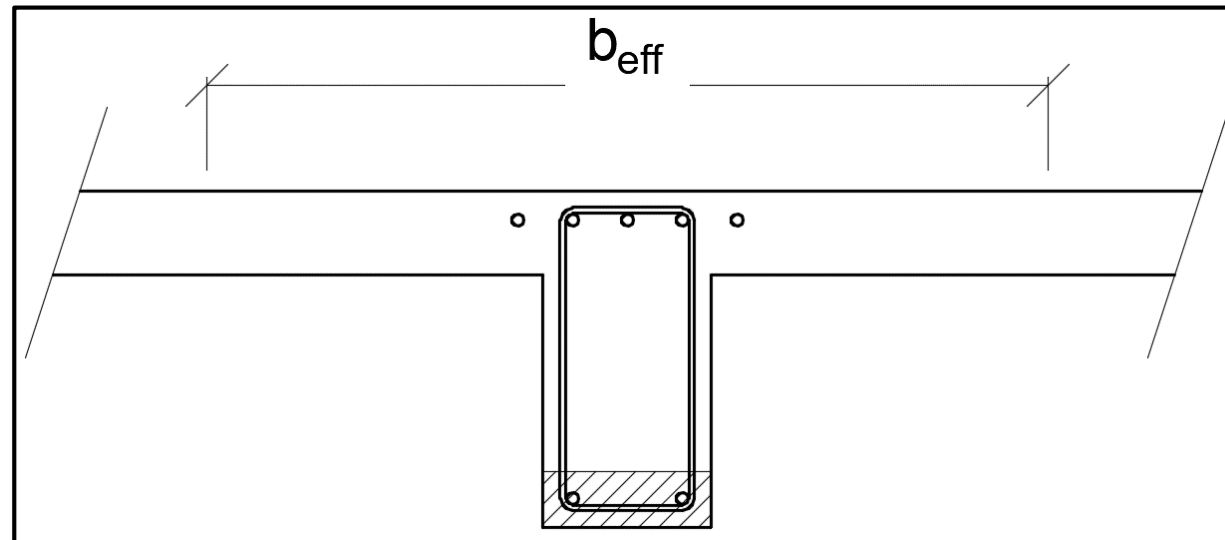
vrh

Trám T1 – nad podporou

Záporný moment \rightarrow spodní vlákna jsou tlačena, horní tažená

\rightarrow tlačaná oblast je dole a má šířku $b = b_T$

výztuž je u horního povrchu a může být rozmístěna v části desky o šířce b_{eff} (více o b_{eff} později)



Návrh výztuže

Pro návrh výztuže lze použít více způsobů.

- 1) Přesný vzorec \rightarrow
- 2) Tabulky μ ($b=b_T$) $\rightarrow \zeta \rightarrow a_{s,req} = m_{Ed}/(\zeta d f_{yd})$
- 3) Vlastní excel – iterační hledání (metoda pokus omyl)
- 4) Punk odhad z někde mezi $0.6d$ a $0.8d$

$$a_{s,req} = \frac{b_T d f_{cd}}{f_{yd}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m_{Ed}}{b_T d^2 f_{cd}}} \right)$$

NÁVRH: N x ØX ($A_{s,prov} = Z \text{ mm}^2$)

NÁVRH: 7 x Ø10 ($A_{s,prov} = 549.8 \text{ mm}^2$)

Tabulka součinitelů pro návrh ŽB prvků

Obdélníkový průřez
Rovnoměrné rozdělení napětí v betonu
Přetvoření tahové výztuže neomezené

μ	ω	ξ	ζ	ϵ_{s1}	ϵ_c	ϵ_{s2} pro d_z/d			
						0.05	0.1	0.15	0.2
0.010	0.0101	0.013	0.995	275.093	-3.500	10.430	24.359	38.289	52.219
0.020	0.0202	0.025	0.990	135.086	-3.500	3.429	10.359	17.288	24.217
0.030	0.0305	0.038	0.985	88.412	-3.500	1.096	5.691	10.287	14.882
0.040	0.0408	0.051	0.980	65.071	-3.500	-0.071	3.357	6.786	10.214
0.050	0.0513	0.064	0.974	51.063	-3.500	-0.772	1.956	4.684	7.413
0.060	0.0619	0.077	0.969	41.722	-3.500	-1.239	1.022	3.283	5.544
0.070	0.0726	0.091	0.964	35.047	-3.500	-1.573	0.355	2.282	4.209
0.080	0.0835	0.104	0.958	30.039	-3.500	-1.823	-0.146	1.531	3.208
0.090	0.0945	0.118	0.953	26.142	-3.500	-2.018	-0.536	0.946	2.428
0.100	0.1056	0.132	0.947	23.022	-3.500	-2.174	-0.848	0.478	1.804
0.110	0.117	0.146	0.942	20.468	-3.500	-2.302	-1.103	0.095	1.294

Konstrukční zásady

Minimální plocha výztuže: $A_{s,min} = \max\left(0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_T d; 0.0013 b_T d\right)$

Maximální plocha výztuže: $A_{s,max} = 0.04 b_T h$

Min. světlá rozteč prutů: $s_{min} = \max(20 \text{ mm}; 1.2\varnothing; D_{max} + 5 \text{ mm})$

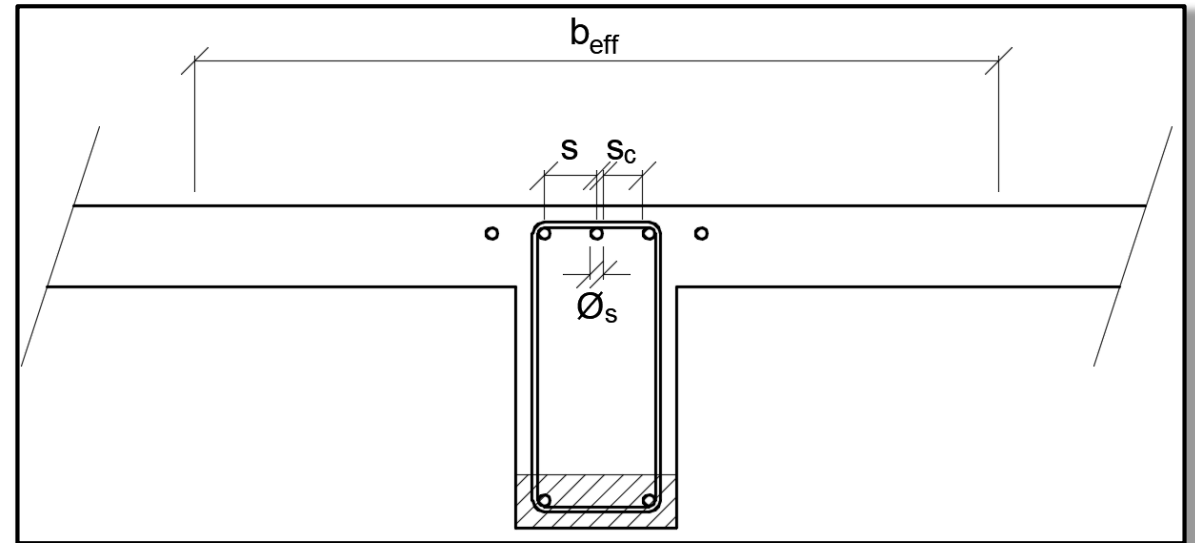
Max. osová rozteč prutů: $s_{max} = \min(2h_T; 250 \text{ mm})$

Ověření konstrukčních zásad

$$A_{s,min} \leq A_{s,prov} \leq A_{s,max}$$

$$s_{min} \leq s_c$$

$$s \leq s_{max}$$



Zvolit s , tak aby se všechny pruty vešly do b_{eff} , a zároveň, aby platily výše uvedené vztahy a geometrie dávala smysl (tzn. pruty do rohů třmínek).

s – zvolit

$$s_c = s - \emptyset$$

Posouzení návrhu výztuže

Výpočet výšky tlačené oblasti:

$$x = \frac{A_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0.8 \cdot b_T \cdot f_{cd}}$$

Ověření protažení výztuže:

$$\xi = \frac{x}{d} \leq 0.45$$

Výpočet momentu únosnosti:

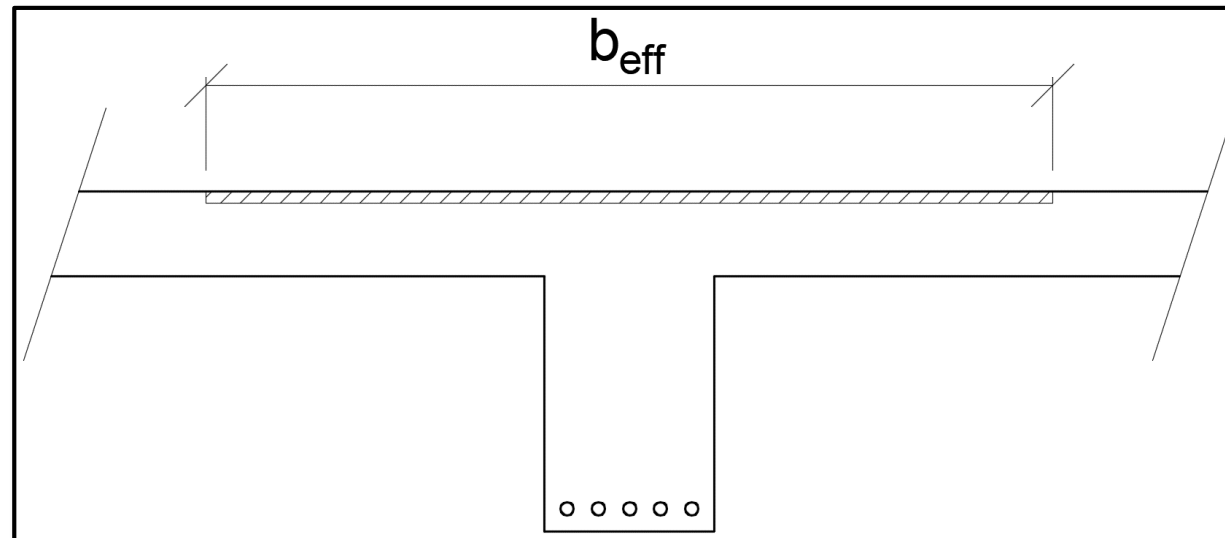
$$M_{Rd} = A_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0.4 \cdot x)$$

Posouzení:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

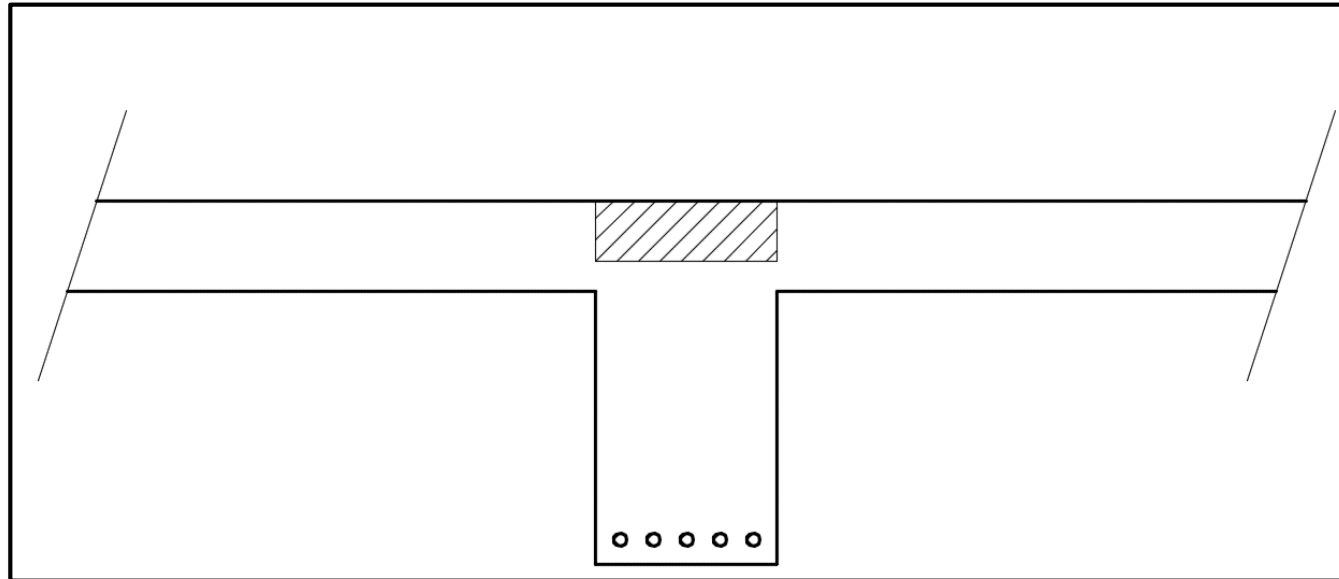
Trám T1 – v poli

Kladný moment \rightarrow spodní vlákna jsou tažená, horní tlačená
 \rightarrow tlačená oblast je nahoře a má šířku b_{eff}
výztuž je u dolního povrchu a musí se vejít do šířky b_T



Spolupůsobící šířka desky

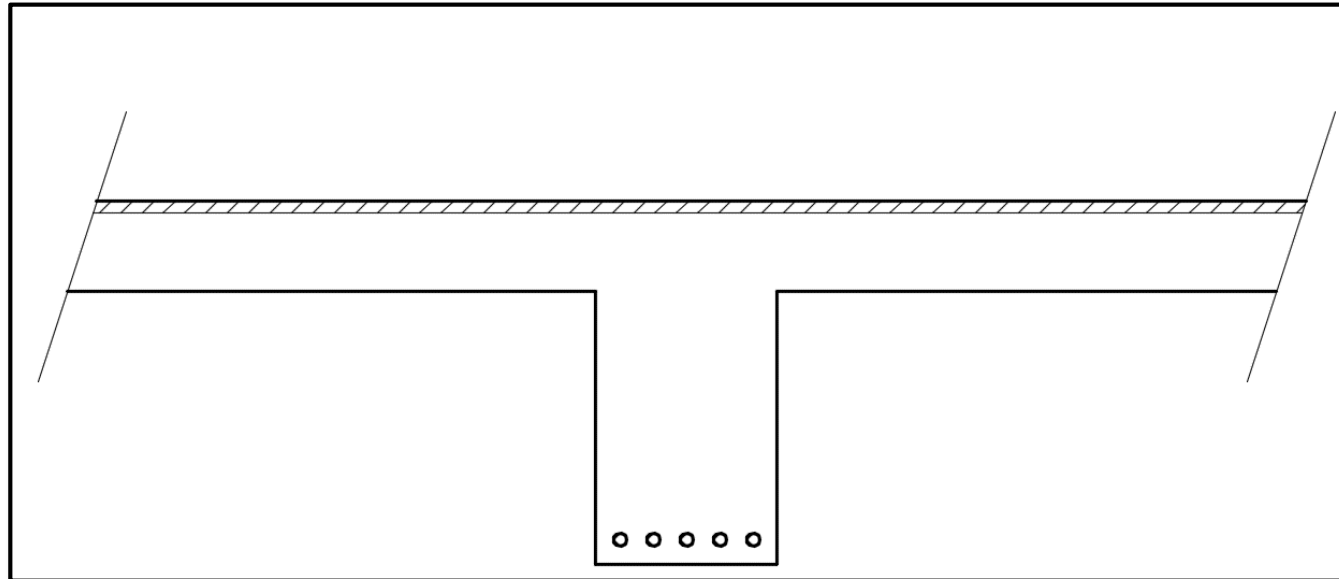
Deska a trám jsou monoliticky spojeny a spolupůsobí spolu. Otázkou je, jak velkou část desky uvažovat spolu s průvlakem.



jen na šířku trámu? divný

Spolupůsobící šířka desky

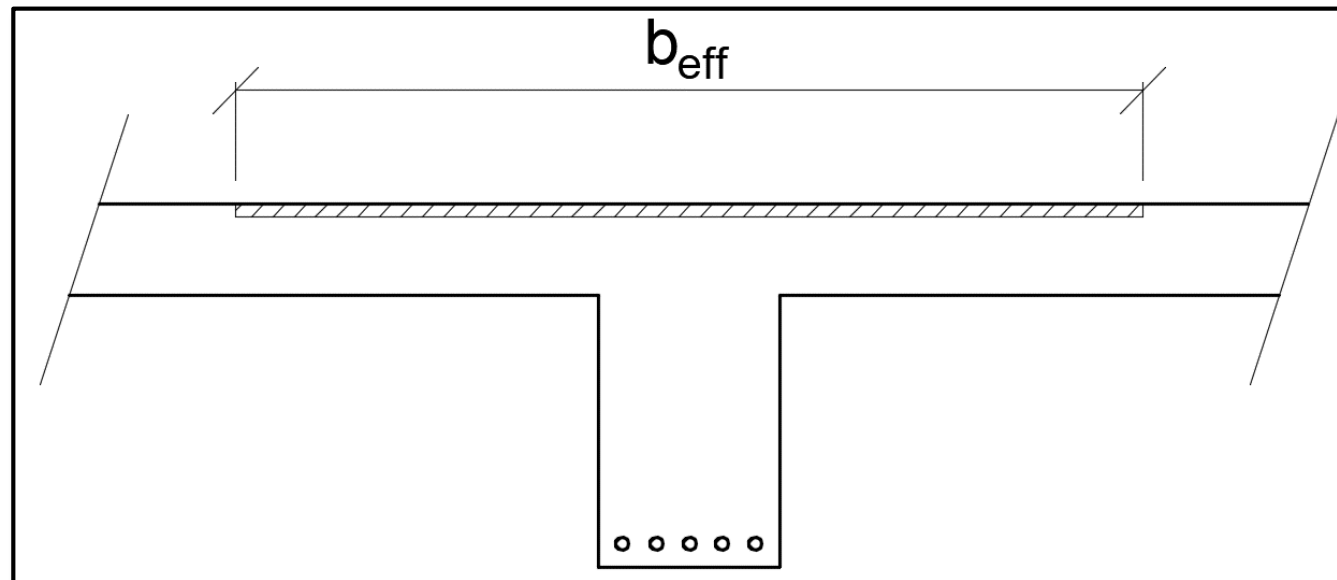
Deska a trám jsou monoliticky spojeny a spolupůsobí spolu. Otázkou je, jak velkou část desky uvažovat spolu s průvlakem.



celou šířku desky? divný

Spolupůsobící šířka desky

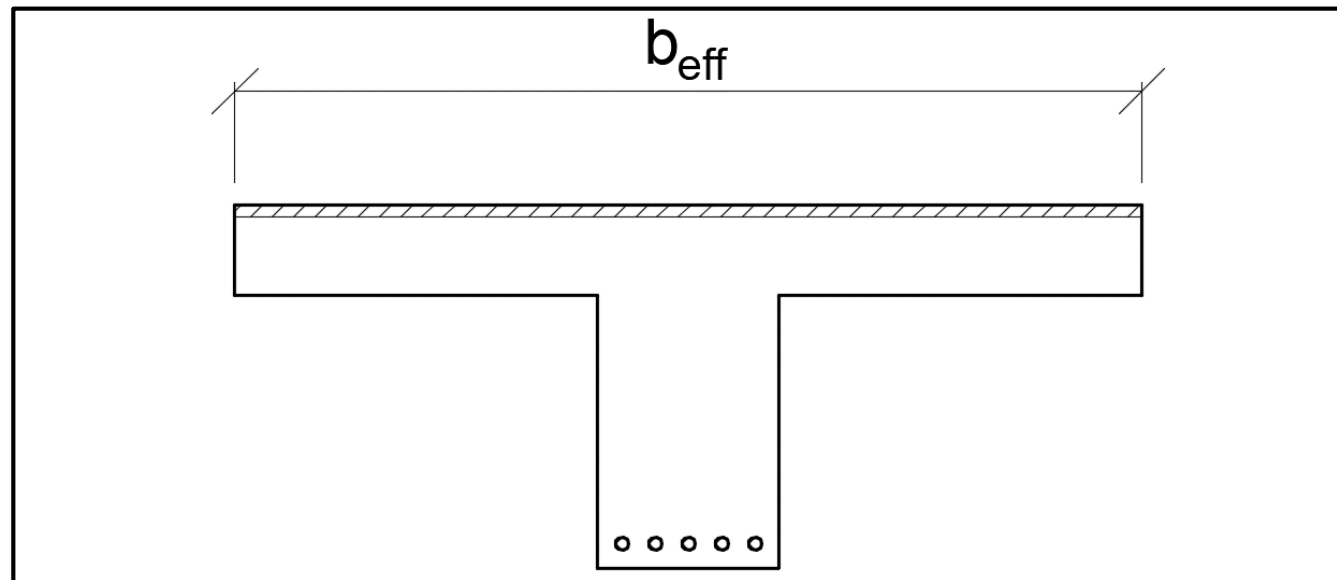
Deska a trám jsou monoliticky spojeny a spolupůsobí spolu. Otázkou je, jak velkou část desky uvažovat spolu s průvlakem.



určitou efektivní šířku? to zní normálně

Spolupůsobící šířka desky

Norma definuje určitou **spolupůsobící (efektivní) šířku desky**, kterou můžeme uvažovat jako součást trámu.

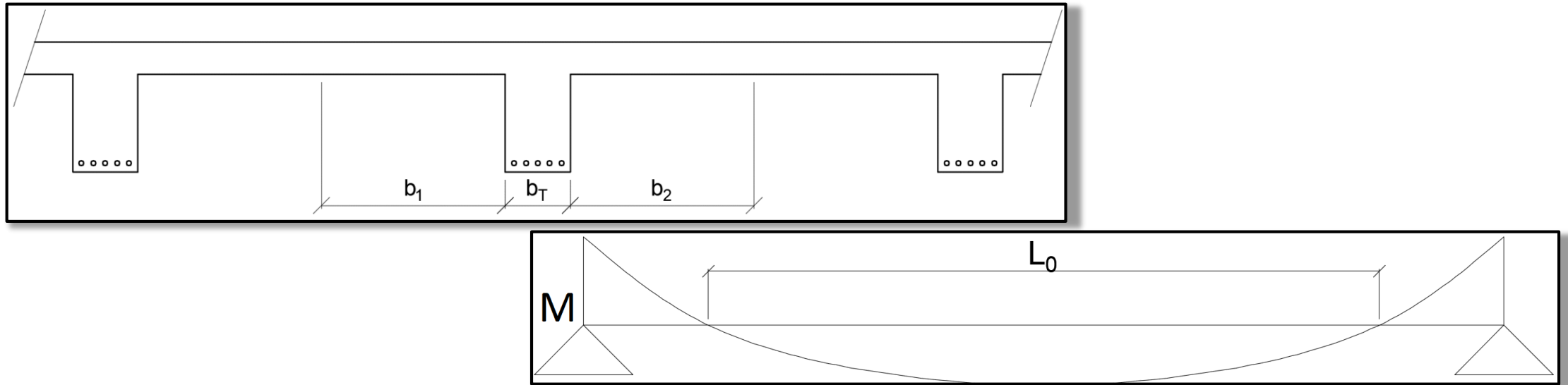


Spolupůsobící šířka desky

Vztah pro výpočet spolupůsobící šířky:

$$b_{eff} = b_T + b_{eff,1} + b_{eff,2},$$

kde $b_{eff,i} = \min(0.2b_i + 0.1l_0; 0.2l_0; b_i)$.



I_0 – délka trámu s kladným momentem

I_0 stanovujte pro tu KZS, u které je tato délka největší (ve cvičení KZS2).

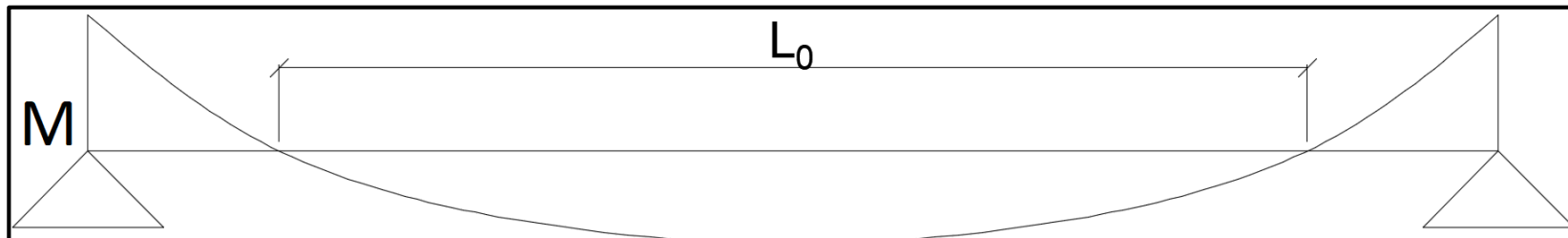
Odhadem: $I_0 = 0.7L_T$ pro ideální vetknutí – vetknutí

$I_0 = 0.85L_T$ pro ideální vetknutí – kloub

Lépe: odměřit z momentů vykreslených v měřítku

Nejlépe: přesný výpočet z rovnice pro moment $M(x)$

$$M(x) = 0 \rightarrow x = \text{___ m}$$



Návrh výztuže

Pro návrh výztuže lze použít více způsobů.

- 1) Přesný vzorec \rightarrow
- 2) Tabulky μ ($b = b_{eff}$) $\rightarrow \zeta \rightarrow a_{s,req} = m_{Ed} / (\zeta d f_{yd})$
- 3) Vlastní excel – iterační hledání (metoda pokus omyl)
- 4) Punk odhad z někde okolo $0.9d$

$$a_{s,req} = \frac{b_{eff} d f_{cd}}{f_{yd}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m_{Ed}}{b_{eff} d^2 f_{cd}}} \right)$$

NÁVRH: N x ØX ($A_{s,prov} = Z \text{ mm}^2$)

NÁVRH: 7 x Ø10 ($A_{s,prov} = 549.8 \text{ mm}^2$)

Tabulka součinitelů pro návrh ŽB prvků

Obdélníkový průřez
Rovnoměrné rozdělení napětí v betonu
Přetvoření tahové výztuže neomezené

μ	ω	ξ	ζ	ϵ_{s1}	ϵ_c	ϵ_{s2} pro d_2/d			
						0.05	0.1	0.15	0.2
0.010	0.0101	0.013	0.995	275.093	-3.500	10.430	24.359	38.289	52.219
0.020	0.0202	0.025	0.990	135.086	-3.500	3.429	10.359	17.288	24.217
0.030	0.0305	0.038	0.985	88.412	-3.500	1.096	5.691	10.287	14.882
0.040	0.0408	0.051	0.980	65.071	-3.500	-0.071	3.357	6.786	10.214
0.050	0.0513	0.064	0.974	51.063	-3.500	-0.772	1.956	4.684	7.413
0.060	0.0619	0.077	0.969	41.722	-3.500	-1.239	1.022	3.283	5.544
0.070	0.0726	0.091	0.964	35.047	-3.500	-1.573	0.355	2.282	4.209
0.080	0.0835	0.104	0.958	30.039	-3.500	-1.823	-0.146	1.531	3.208
0.090	0.0945	0.118	0.953	26.142	-3.500	-2.018	-0.536	0.946	2.428
0.100	0.1056	0.132	0.947	23.022	-3.500	-2.174	-0.848	0.478	1.804
0.110	0.117	0.146	0.942	20.468	-3.500	-2.302	-1.103	0.095	1.294

Konstrukční zásady

Minimální plocha výztuže: $A_{s,min} = \max\left(0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_T d; 0.0013 b_T d\right)$

Maximální plocha výztuže: $A_{s,max} = 0.04 b_T h$

Min. světlá rozteč prutů: $s_{min} = \max(20 \text{ mm}; 1.2\emptyset; D_{max} + 5 \text{ mm})$

Max. osová rozteč prutů: $s_{max} = \min(2h_T; 250 \text{ mm})$

Ověření konstrukčních zásad

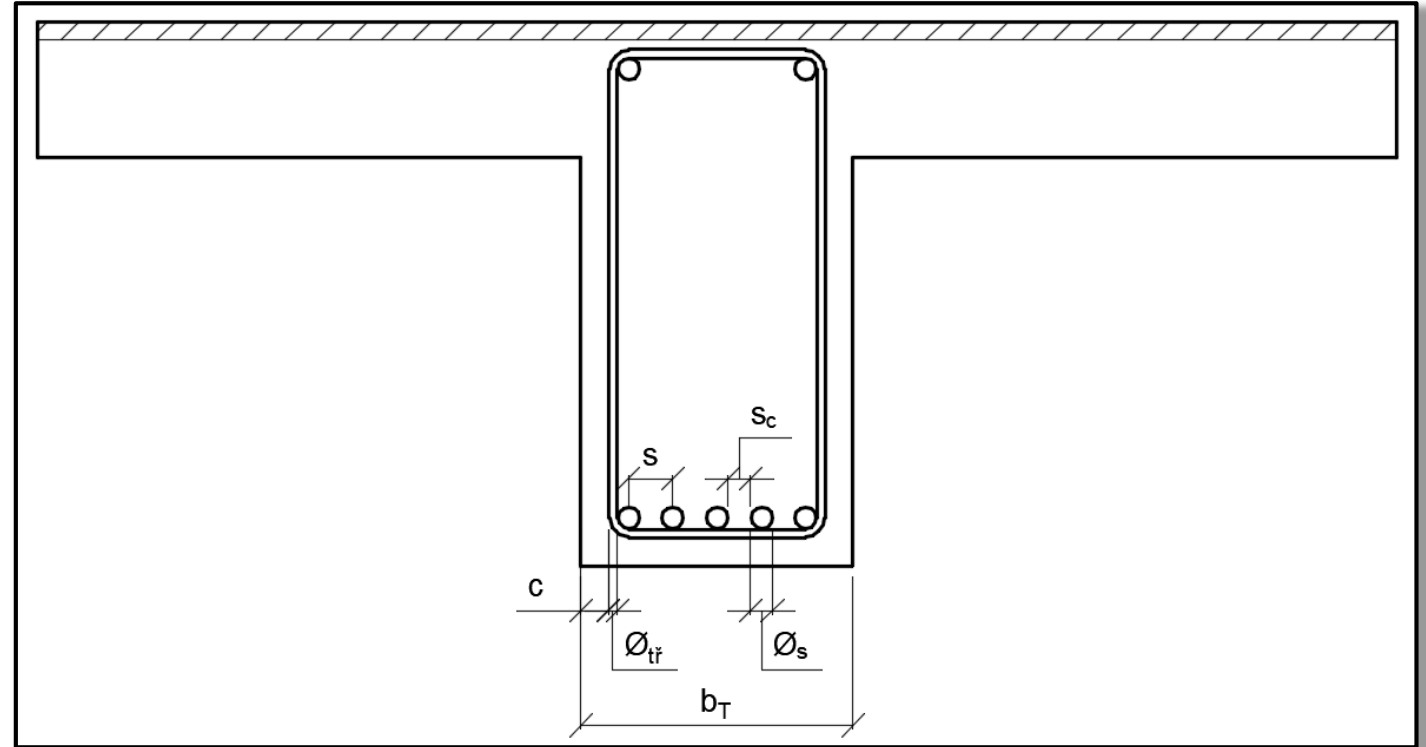
$$A_{s,min} \leq A_{s,prov} \leq A_{s,max}$$

$$s_{min} \leq s_c$$

$$s \leq s_{max}$$

$$s_c = \frac{b_T - 2c - 2\varnothing_{tř} - n\varnothing_s}{n - 1}$$

$$s = s_c + \varnothing$$



Posouzení návrhu výztuže

Výpočet výšky tlačené oblasti:

$$x = \frac{A_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0.8 \cdot b_{eff} \cdot f_{cd}}$$

Ověření protažení výztuže:

$$\xi = \frac{x}{d} \leq 0.45$$

Ověření výšky tlačené oblasti:
(uvažovali jsme, že tlačená oblast je na šířce b_{eff} – tedy jen v desce)

$$x \leq h_d$$

Výpočet momentu únosnosti:

$$M_{Rd} = A_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0.4 \cdot x)$$

Posouzení:

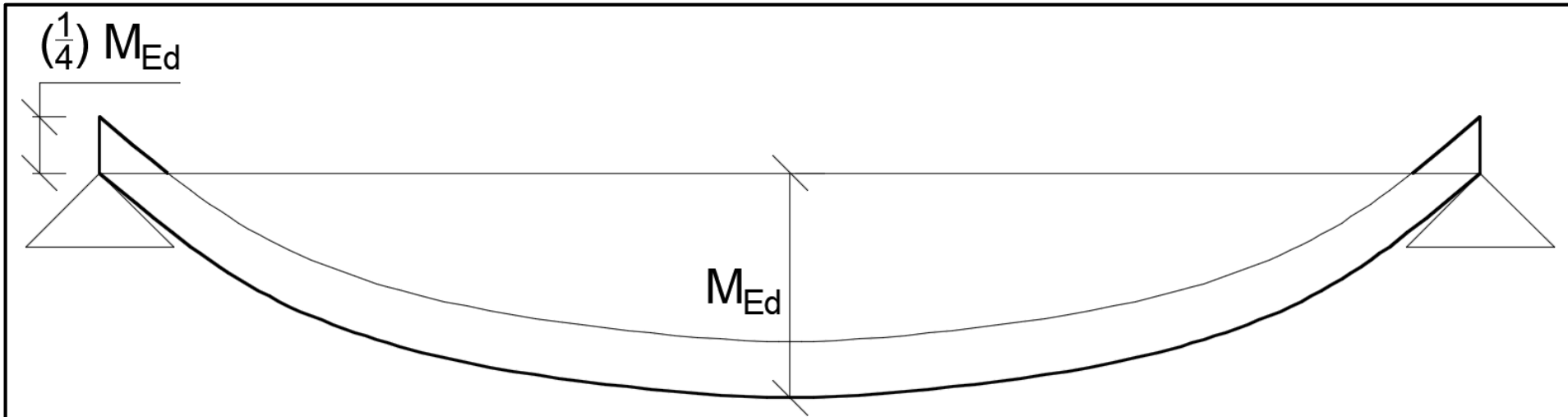
$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

Trám T2

Trám T2

Musíme navrhnout a posoudit výztuž na maximální kladný moment v poli. Dále uvažujeme, že uložení nebude ideální kloub a přenesení až 25 % momentu v poli. Musíme navrhnout a posoudit výztuž na:

- Maximální moment v poli $M_{Ed,p}$
- Moment nad podporou $0.25M_{Ed,p}$



Trám T2

Postup návrhu a posouzení výztuže (nad podporou i v poli) je stejný jako u trámu T1.

Pozor, hodnoty se mohou lišit. Například:

- jiné M_{Ed} \rightarrow jiná $A_{s,req}$ a $A_{s,prov}$
- jiný průběh momentů \rightarrow jiné l_0 \rightarrow jiná b_{eff}

Obecně řečeno, nepřebírejte čísla z předchozího výpočtu trámu T1.

Konec