

BZKQ Část beton – 3. cvičení

Návrh a posouzení výztuže

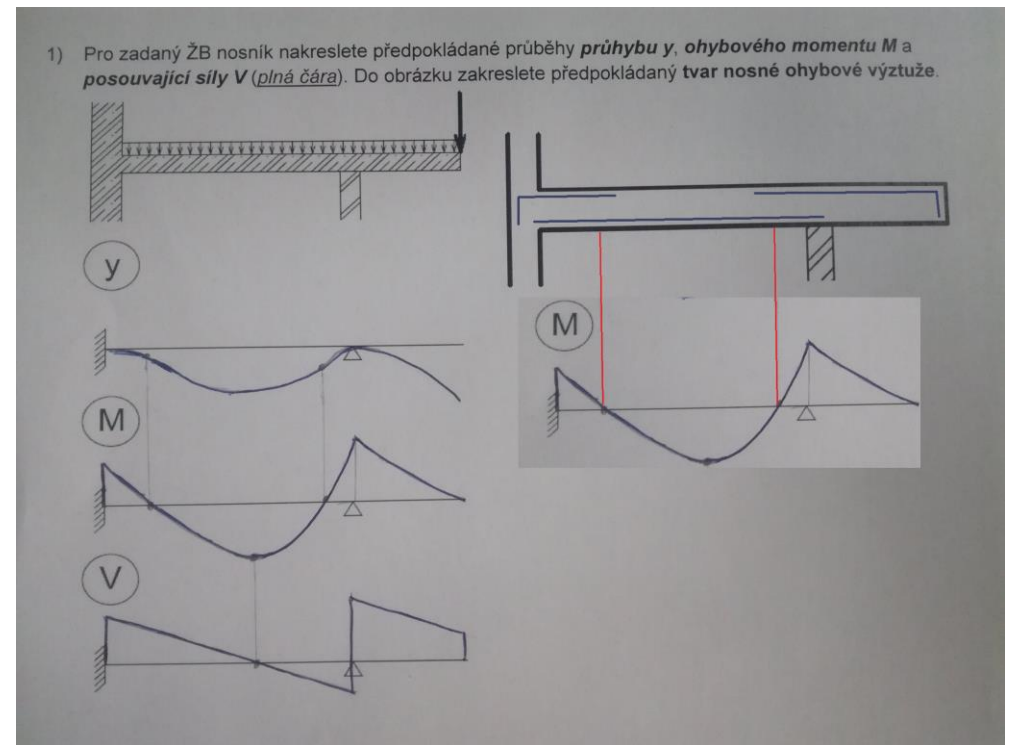
Opakování 1

Průhyb:

- nulový v podpoře
- nulová tečna ve vetknutí

Moment

- záporný nad podporou
- záporný na konzole
- kladný v poli
- nulový v místě inflexních bodů průhybu



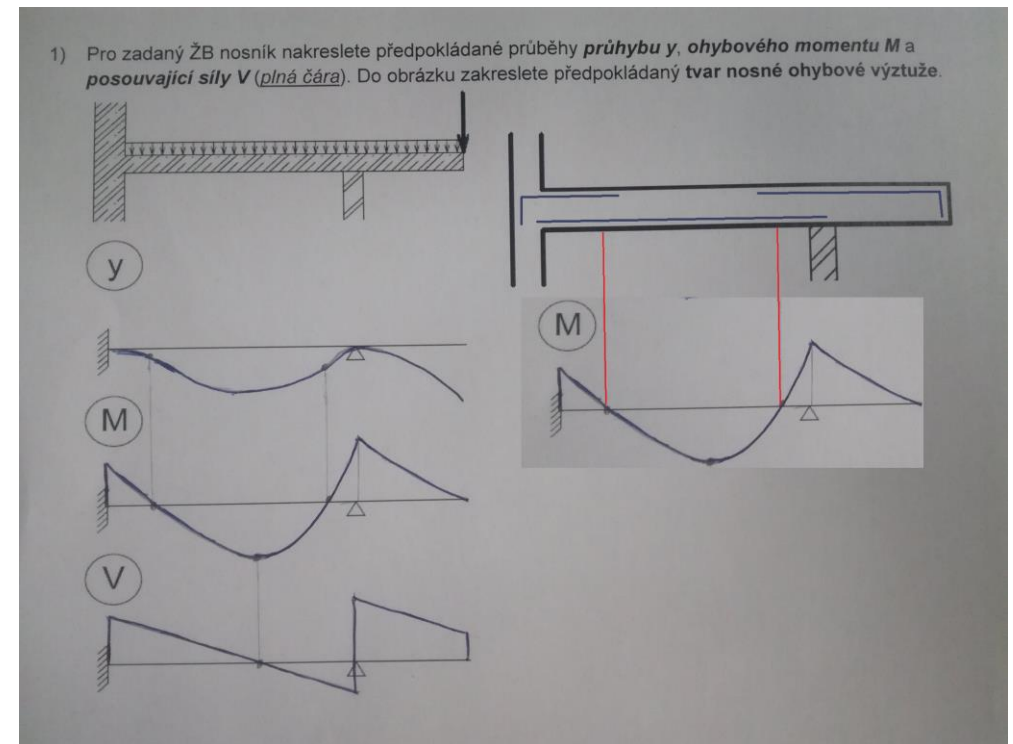
Opakování 1

Posouvačka:

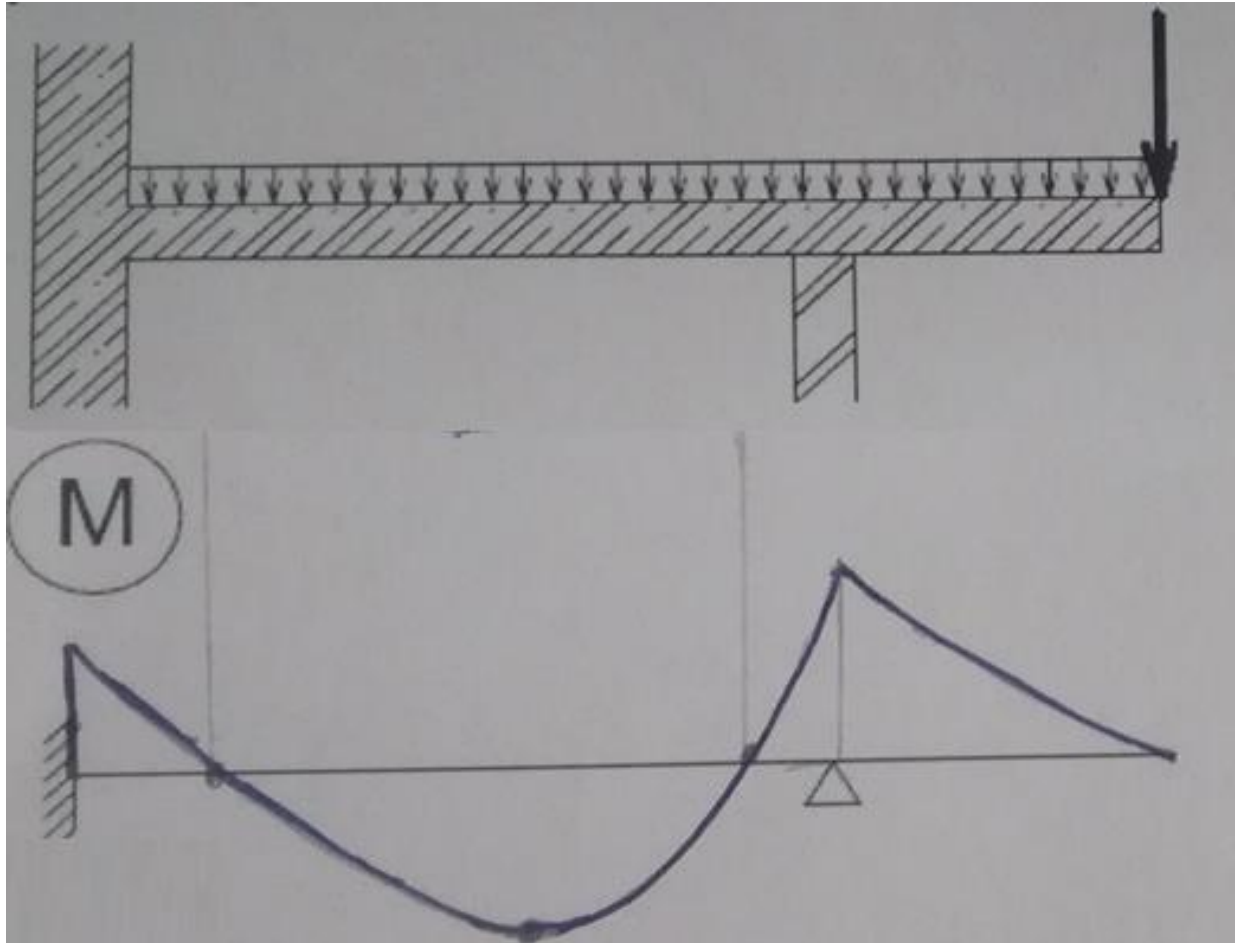
- skoková změna v místě působení síly nebo reakce
- lineárně rostoucí pokud působí obdélníkové spojité zatížení
- nulová v místě nulové derivace momentu

Výztuže

- na té straně, kde je moment
- kotvit kus za nulový moment



Testík



1) Redistribuce a redukce

- je možné provést **redistribuci**? ANO/NE a PROČ?
- je možné provést **redukci**? ANO/NE a PROČ?

Případně:

Upravte momenty využitím redistribuce nebo redukce.

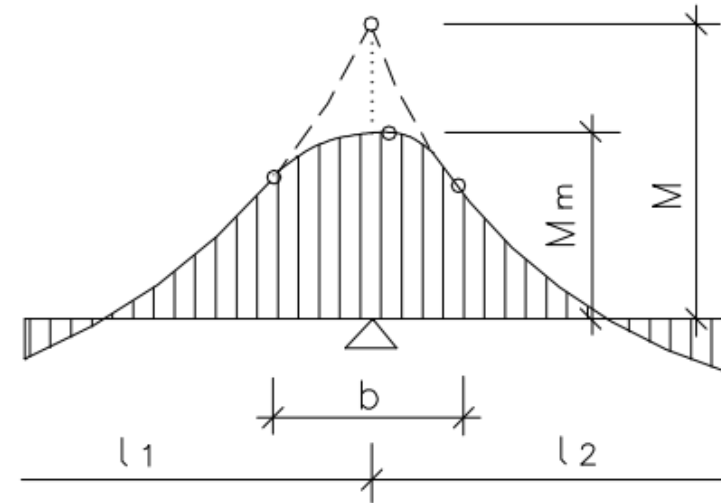
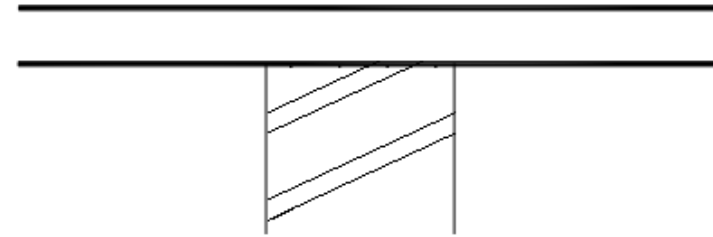
2) Krycí vrstva - uveďte parametry (slovně s vysvětlením), na kterých závisí požadovaná hodnota.

Řešení 1 – Redukce

Redukujeme **nadpodporové** momenty. Moment v poli není ovlivněn.

Závisí na způsobu podepření:

- **Prosté podepření** – zmenšil o ΔM a spojit obloučkem
- Dokonalé vetknutí

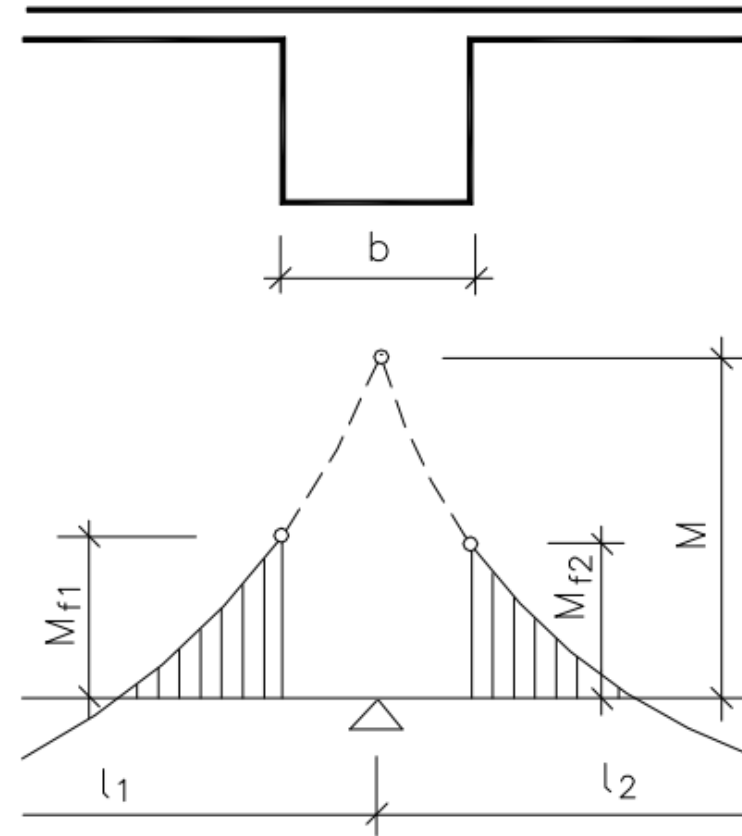


Řešení 1 – Redukce

Redukujeme **nadpodporové** momenty. Moment v poli není ovlivněn.

Závisí na způsobu podepření:

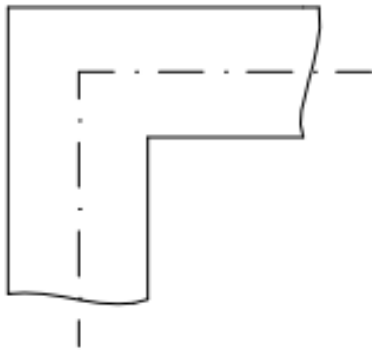
- Prosté podepření
- **Dokonalé vetknutí** – zmenšit na líc podpory



Řešení 1 – Redukce

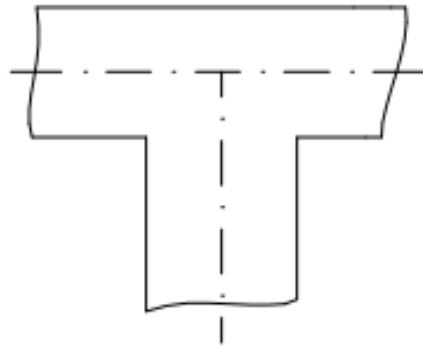
Pokud si nejsme **stoprocentně jisti o dokonalém vetknutí** prvku v podpoře, je správné uvažovat **prosté podepření**.

a)



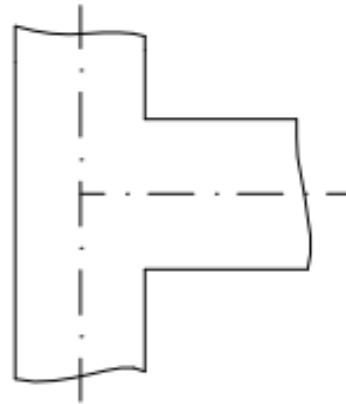
obloučkem
(vůbec?)

b)



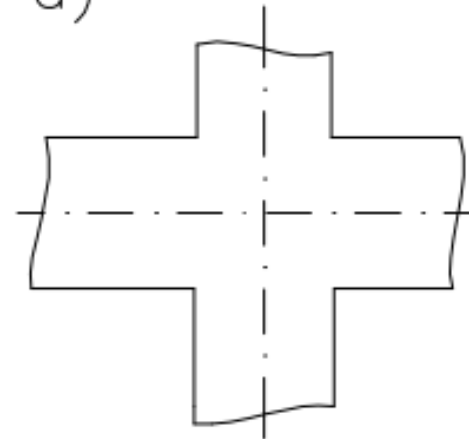
obloučkem

c)



na líc

d)



na líc

Řešení 2 – Redistribuce

Redistribuce je povolena jen u **staticky neurčitých konstrukcí**.

Redistribuuujeme nadpodporové momenty, ale moment v poli je také ovlivněn.

Řešení 2 – Redistribuce

Redistribuci **nesmíme** použít:

- pokud **poruší rovnováhu** na styčném

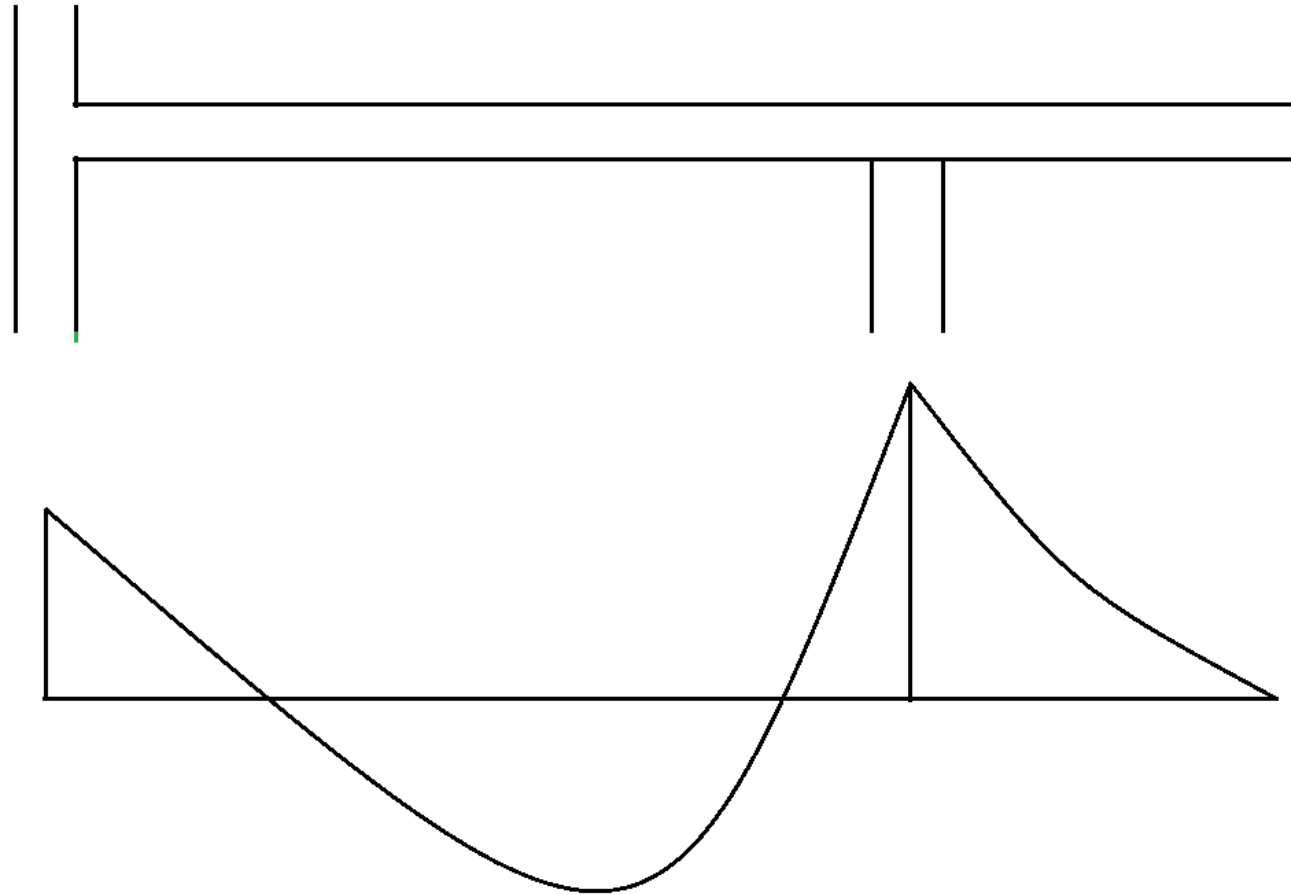
Redistribuce **nemá smysl**:

- u **malých hodnot momentů** – v průřezu stejně musí být alespoň konstrukční výztuž a ta ten malý moment pokryje
- nad podporou, kde **z druhé strany je větší moment**

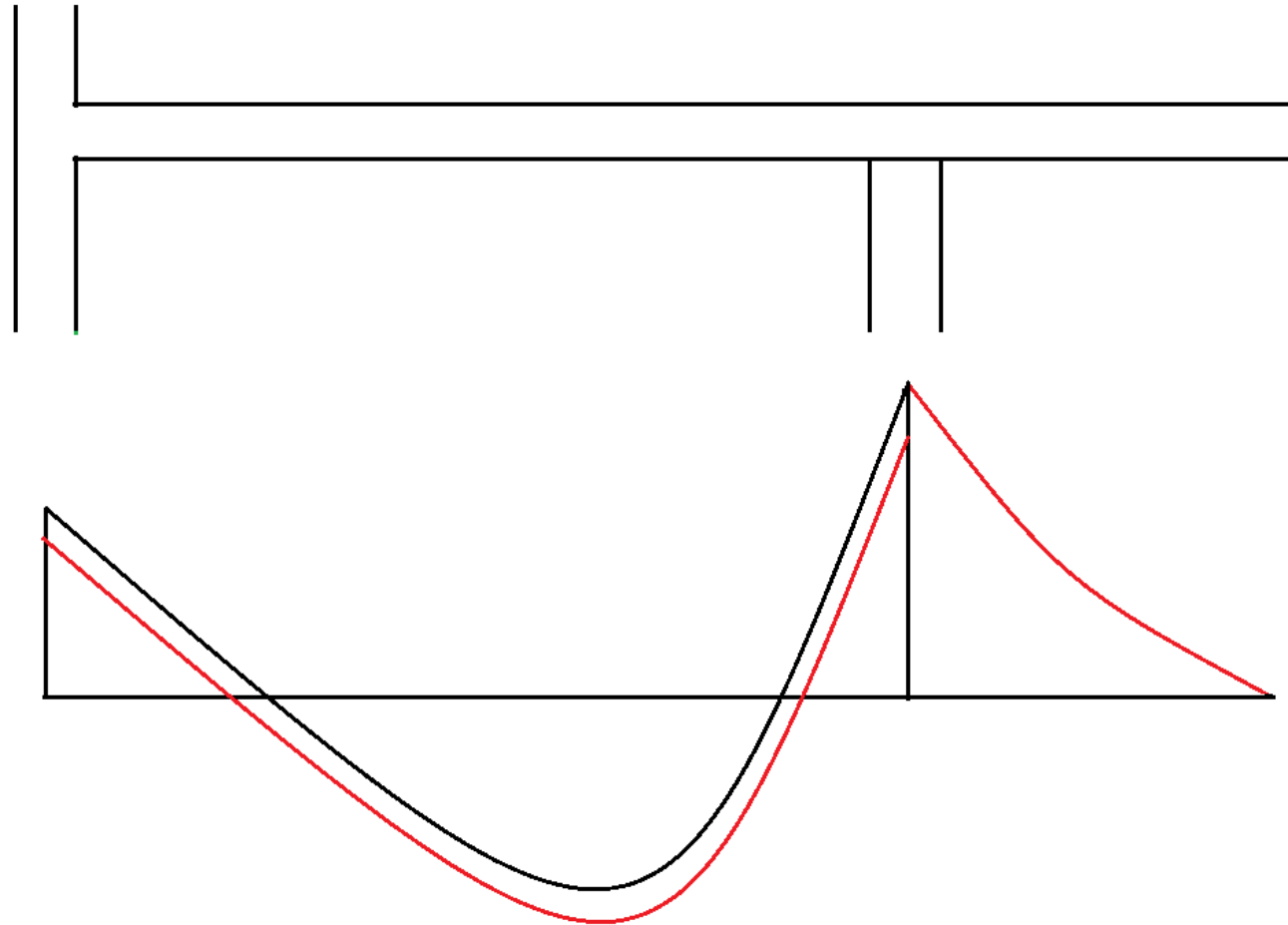
Redistribuci je **výhodné** použít:

- na **větším nadpodporovém** momentu

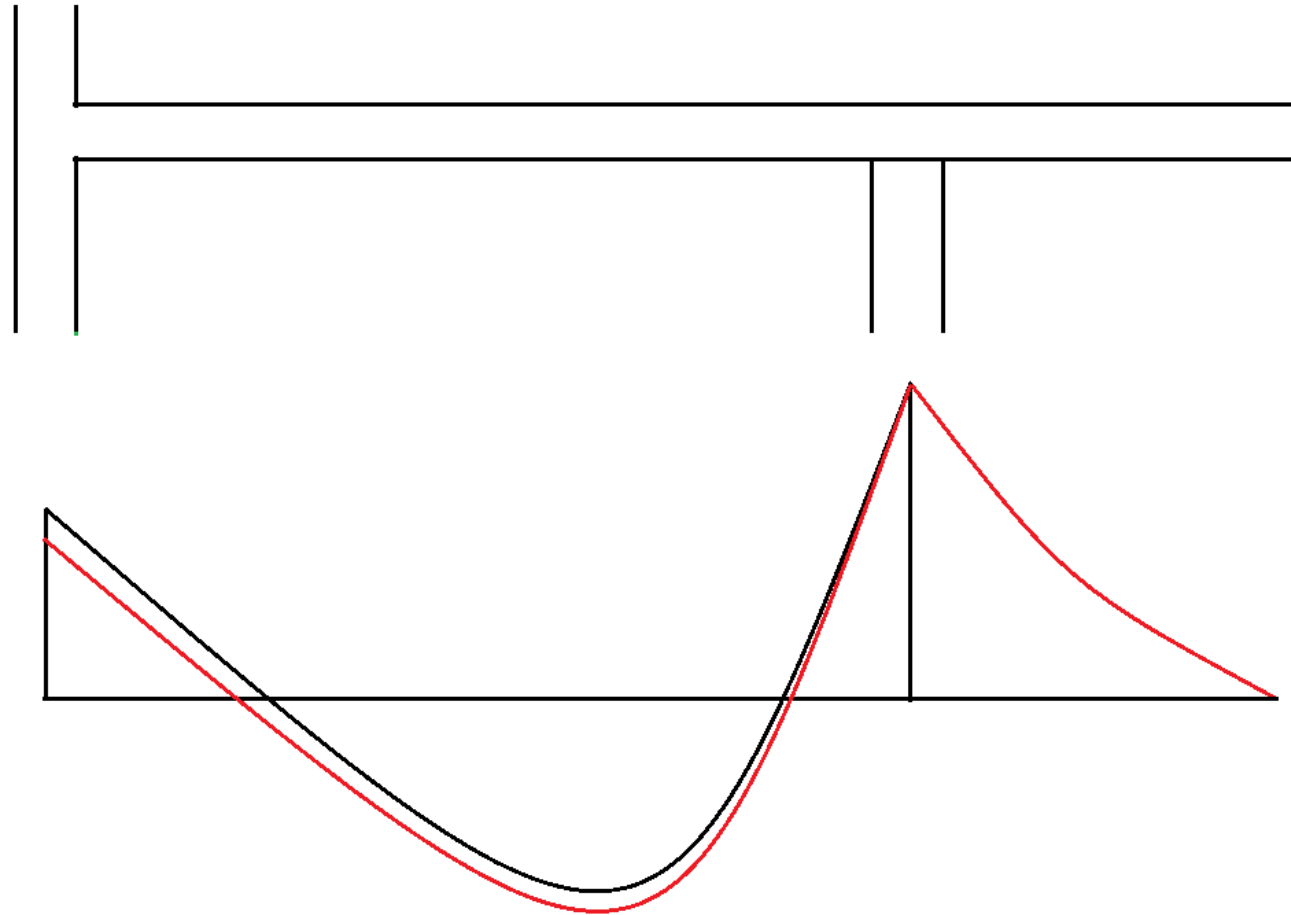
Řešení – příklad



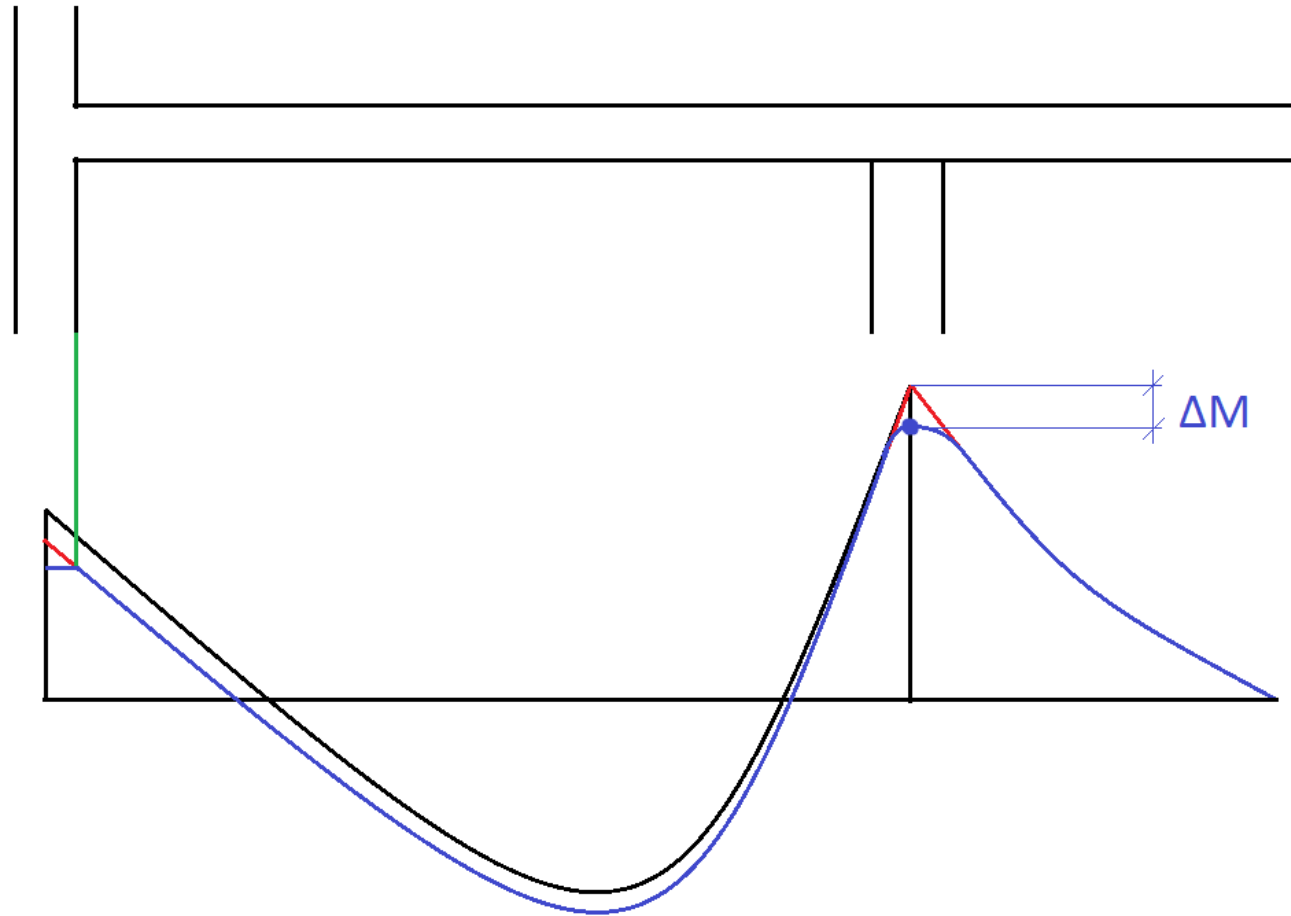
Řešení – příklad



Řešení – příklad

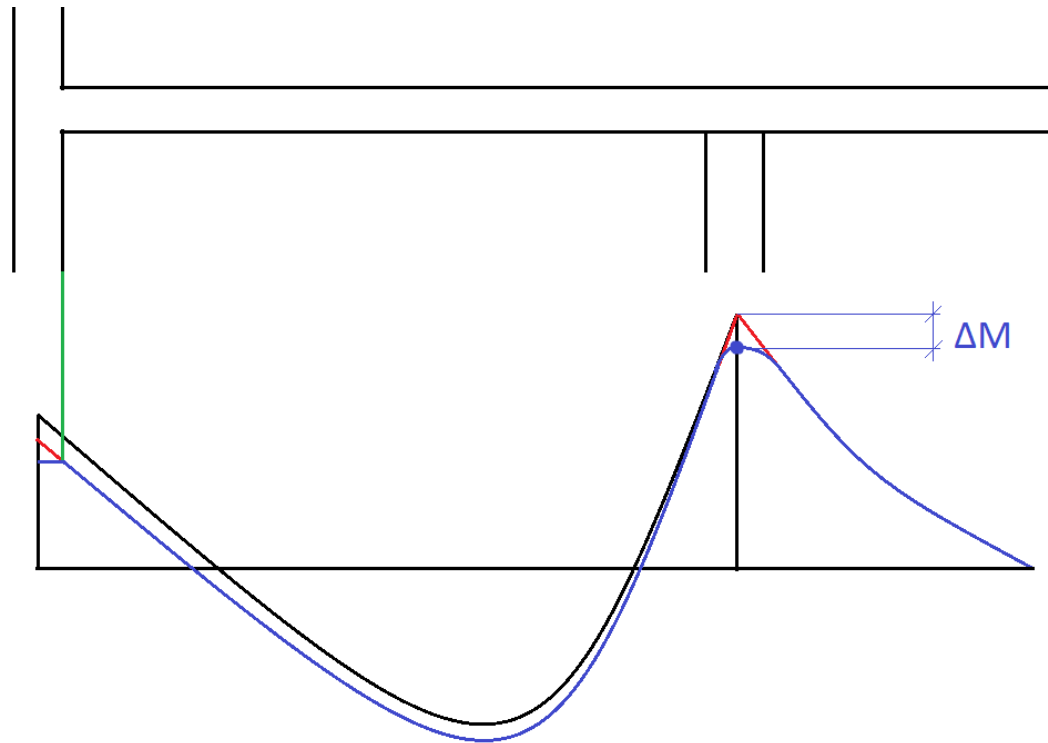


Řešení – příklad



Řešení

redistribuce a redukce ohybových momentů



- je možné provést **redistribuci**?
ANO/NE a PROČ?
všude kromě konzoli
- je možné provést **redukci**?
ANO/NE a PROČ?

Případně:

Upravte momenty využitím
redistribuce nebo **redukce**.

Řešení

2) Krycí vrstva - uveďte parametry (slovně s vysvětlením), na kterých závisí požadovaná hodnota:

- a) průměr prutu výztuže
- b) rozměr kameniva
- c) stupeň vlivu prostředí – koroze, karbonatace, chloridy, rozmrazovací cykly
- d) třída konstrukce – životnost, třída betonu, typ konstrukce, kontrola výroby
- e) způsob výroby – in-situ monolit, prefabrikace

a, b

$$c_{\min} = \max \{ c_{\min,b}; c_{\min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm} \}$$

c, d

$$c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta c_{\text{dev}}$$

Návrh a posouzení výztuže

I. Příčel

1) Ohybová výztuž

- a) 2x v poli
- b) 3x nad podporou

2) Smyková výztuž

- a) návrhové třmínky
- b) konstrukční třmínky

II. Sloup

1) Podélná výztuž – interakční diagram

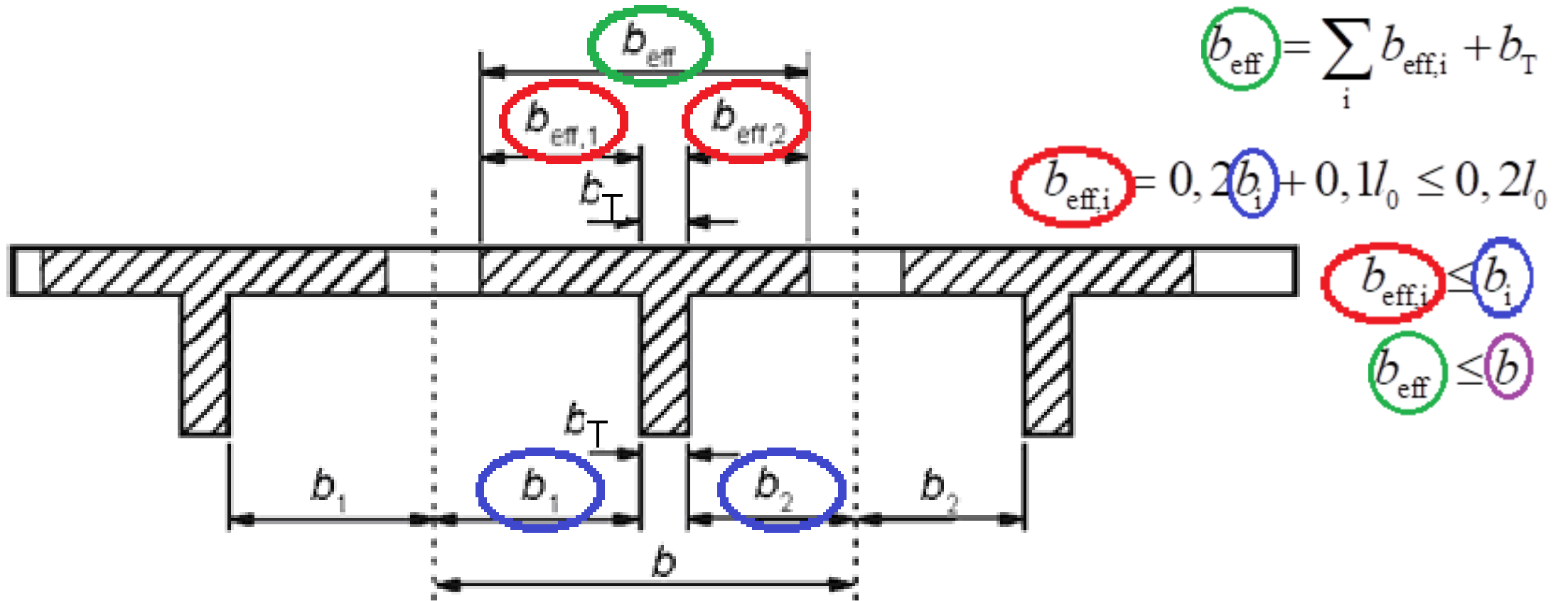
Příčel – ohybová výztuž

Navrhněte **příčel nad 1NP**. Postup stejný jako v NNK.

- 1) Výztuž nad podporami
- 2) Výztuž v polích

- 1x ručně v poli (největší moment)
- 1x ručně nad podporou (největší moment)
- zbytek lze v Excelu – přinést vytištěné a přehledné výsledky z Excelu

Spolupůsobící šířka



Ohybová výztuž příčle

- 1) Návrh
- 2) Konstrukční zásady
- 3) Posouzení

1) Návrh výztuže příčle

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{bd_T^2 f_{cd}}$$

tabulka (4. sloupec) →

ζ

$b = b_{eff}$ v poli

$b = b_T$ v podporách

$$A_{s,rqd} = \frac{M_{Ed}}{\zeta d_T f_{yd}}$$

NEBO

Excel

Návrh: x R ($A_{s,prov} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}^2$)

2) Ověření konstrukčních zásad

$$d_T = h_T - c_{\text{nom}} - \frac{\varnothing}{2} - \varnothing_t \quad !$$

$$A_{s,\text{prov}} \geq A_{s,\text{min}} = \max \left(0,26 \frac{f_{\text{ctm}}}{f_{\text{yk}}} b_T d; 0,0013 b_T d \right)$$

$$A_{s,\text{prov}} \leq A_{s,\text{max}} = 0,04 b_T h_T$$

Osová vzdálenost profilů $s_a \leq \min(2h_T; 250 \text{ mm})$

Světlá vzdálenost profilů $s_c \geq \max(20 \text{ mm}; 1,2\varnothing; D_{\text{max}} + 5 \text{ mm})$

Pruty se musí vejít do šířky průřezu (b_T v poli, b_{eff} nad podporou)!

3) Posouzení

$$x = A_s f_{yd} / (0,8 b f_{cd})$$

$b = b_{\text{eff}}$ v poli

$b = b_T$ v podporách

$$z = d - 0,8 x / 2$$

$$M_{Rd} = A_s f_{yd} z$$

3) Posouzení výztuže – Excel

Materiálové charakteristiky

fck	30 MPa
fcd	20 MPa
fctm	2.9 MPa
fyk	500 MPa
fyd	434.78 MPa

bT	250 mm
hT	500 mm
c	30 mm
øtř	8 mm
ø	12 mm
d	456 mm

n	2 ks
As,prov	226.2 mm ²

x	24.6 mm
z	446.2 mm

MRd	43.9 kNm
-----	----------

Konstrukční zásady:

Plocha výztuže:

As,min	<	As,prov	<	As,max	
171.9	<	226.2	<	5000.0	Vyhovuje

Maximální osová vzdálenost prutů:

sa	162	<	250	Vyhovuje
----	-----	---	-----	----------

Minimální světlá:

sc	150	>	21	Vyhovuje
----	-----	---	----	----------

Výška tlačené oblasti:

ξ	0.054	<	ξbal =	0.450	Vyhovuje
---	-------	---	--------	-------	----------

Každý si vytvořte svůj Excel.

Příčel – smyková výztuž

Smyková výztuž

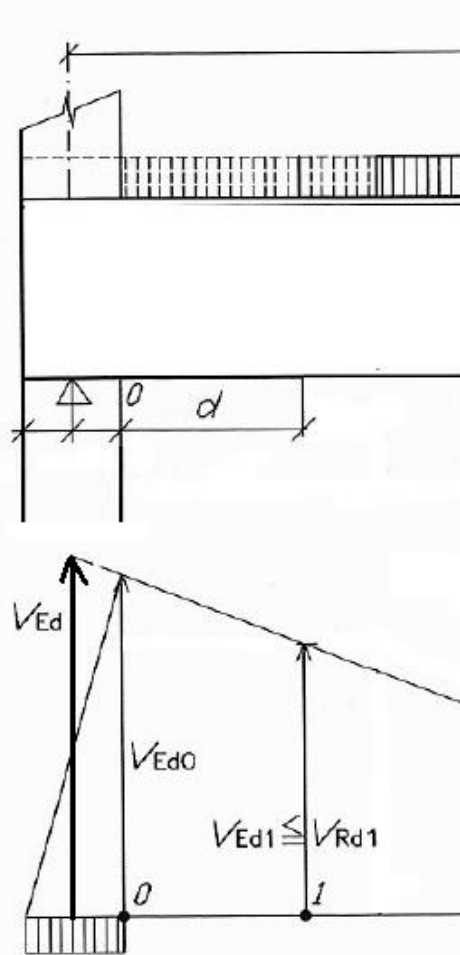
Postup stejný jako v NNK.

- 1) Návrhové třmínky
- 2) Konstrukční třmínky

případně

- 3) Mezilehlé třmínky

1) Návrhové třmínky



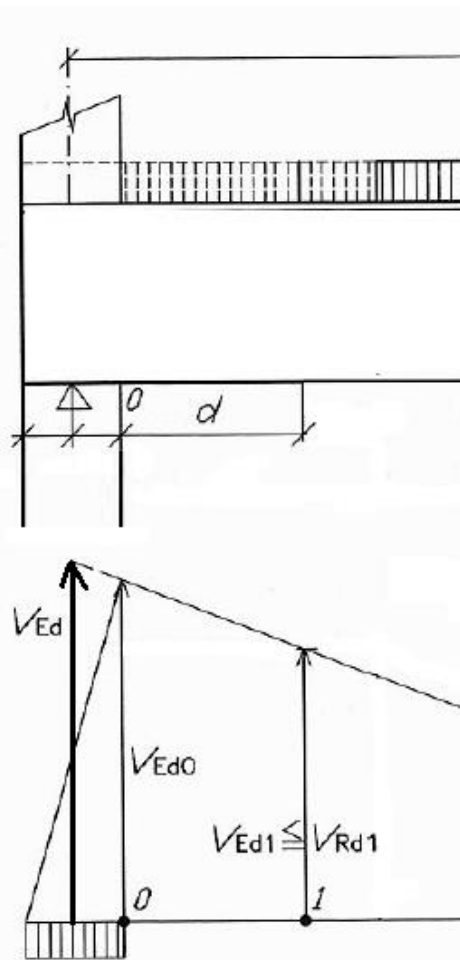
Navrhujeme na sílu V_{Ed1} ve vzdálenosti d od líce podpory.

- 1) Potřebná rozteč třmínků s_1
- 2) Konstrukční zásady a stupeň vyztužení
- 3) Posouzení třmínků $V_{Rd,1}$
- 4) Určíme minimální „přesah“ oblasti návrhových třmínků Δl

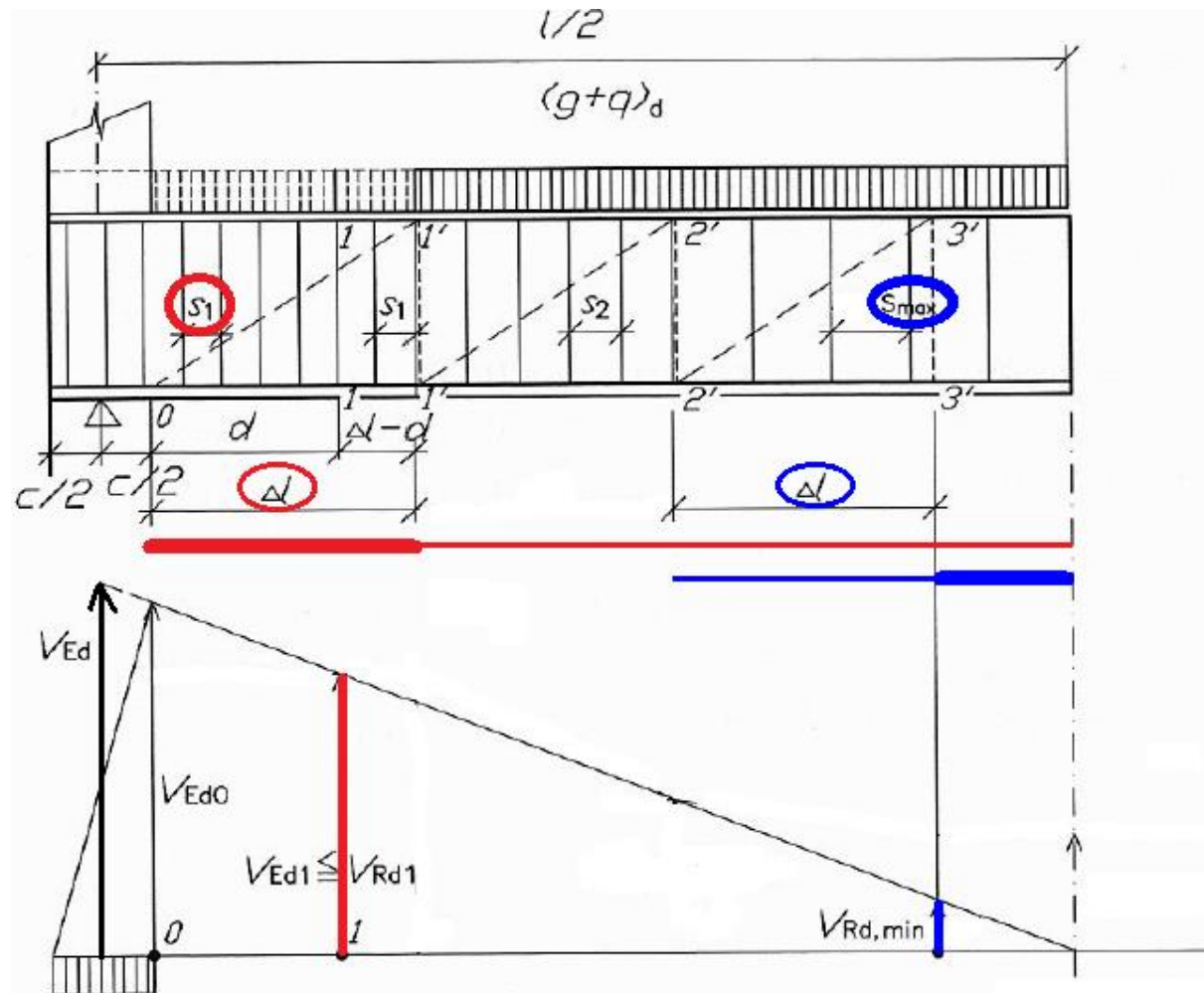
2) Konstrukční třmínky

Volíme rozteč třmínků s_{\max} podle konstrukčních zásad.

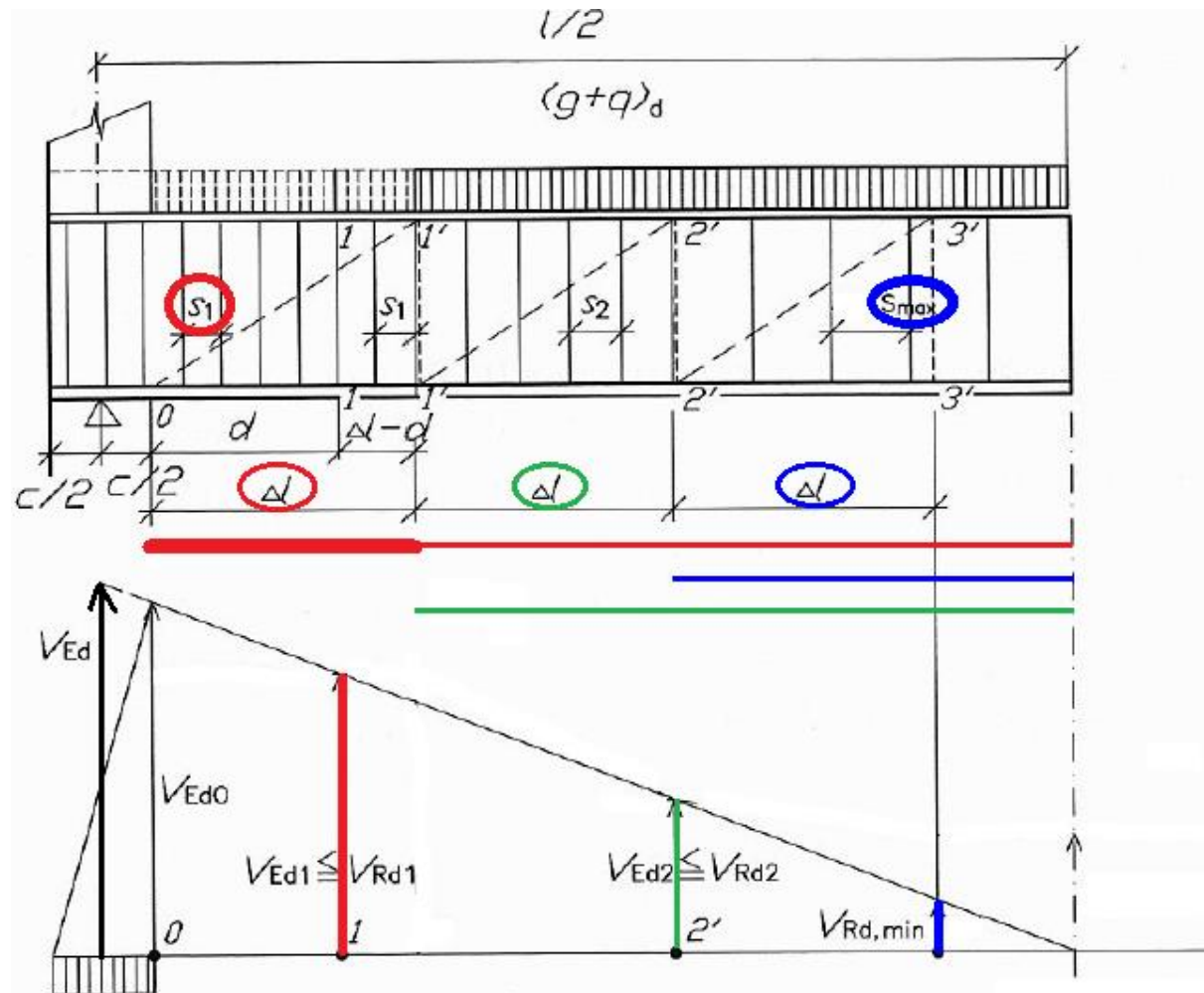
- 1) Kontrola stupně vyztužení
- 2) Stanovení únosnosti třmínků $V_{Rd, \min}$
- 3) Určíme maximální „přesah“ oblasti konstrukčních třmínků Δl



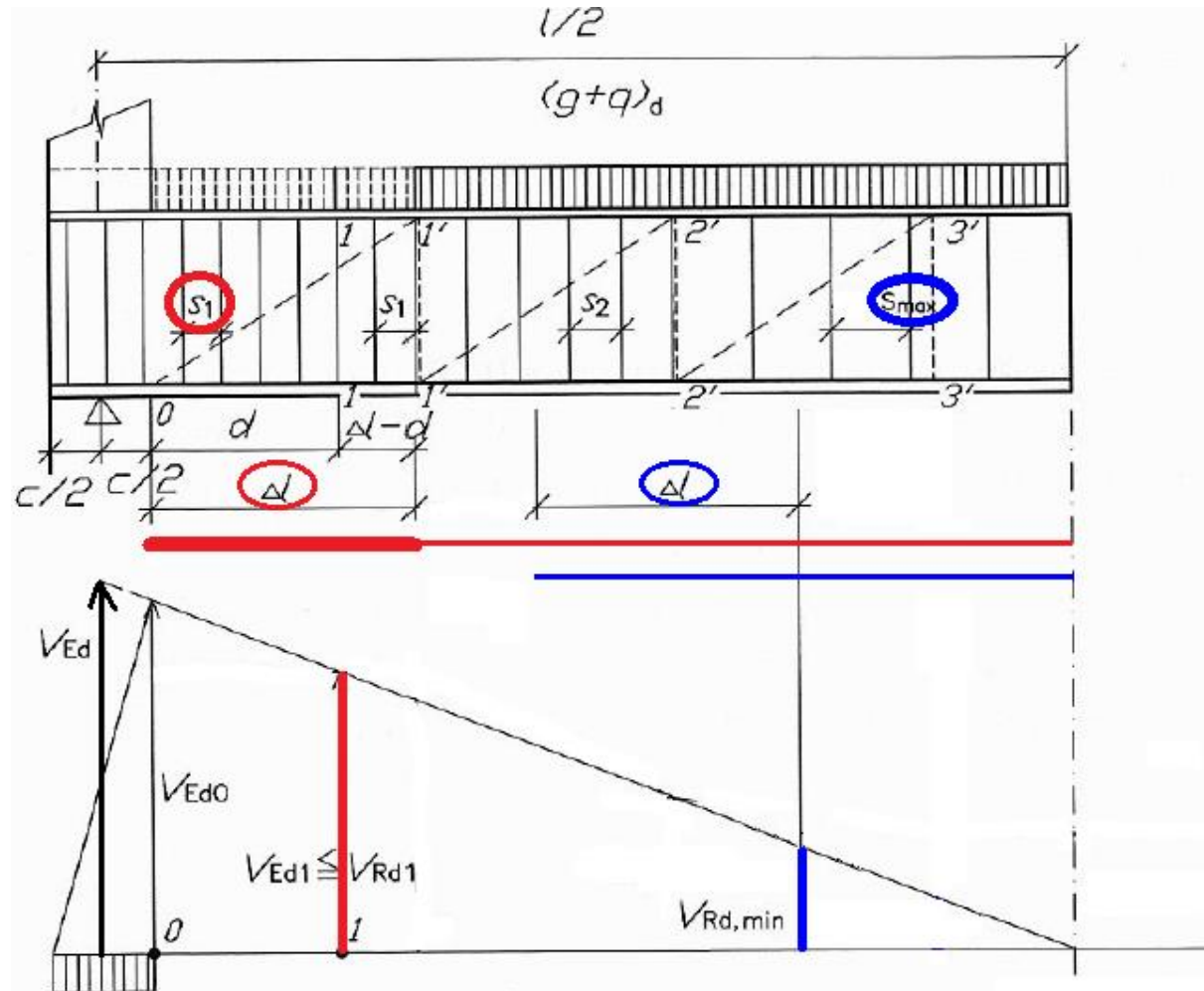
3) Rozmístění třmíneků



Rozmístění třmínek – mezilehlé třmínky



Rozmístění třmínků – menší rozteč konstrukčních



Sloup – podélná výztuž

Sloup – podélná výztuž

Navrhněte **vnitřní sloup v 1 NP**. Postup stejný jako v NNK.

- 1) Geometrické imperfekce
- 2) Štíhlost sloupu
- 3) Interakční diagram

Sloup – geometrické imperfekce

Odchyšky v geometrii konstrukce způsobují přídavné ohybové namáhání M_{ipm} , které přičteme k lineárně určenému momentu M_{Ed} .

$$M_{\text{imp}} = N_{\text{Ed}} e_i$$
$$e_i = \theta_i \cdot \frac{l_0}{2} = \theta_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m \cdot \frac{l_0}{2}$$
$$\theta_0 = \frac{1}{200}$$
$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}}$$
$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)}$$

Sloup – geometrické imperfekce

$$M_{\text{imp}} = N_{\text{Ed}} e_i$$

	M [kNm]	Hlava sloupu	Pata sloupu
	$ M_{\text{imp}} $	8,0	8,3
KZS1	M_{Ed}	-17,0	15,0
	$M_{\text{Ed},I}$	-25,0	23,3
KZS2	M_{Ed}	-12,0	23,0
	$M_{\text{Ed},I}$	-20,0	31,3
KZS3	M_{Ed}	-21,0	20,0
	$M_{\text{Ed},I}$	-29,0	28,3

jiná hodnota v hlavě a patě protože jiná N_{Ed} .

Přičítáme/odečítáme tak, aby absolutní hodnota byla po úpravě větší.*

=> od záporných odečítáme, ke kladným přičítáme

$M_{\text{Ed},I}$ jsou momenty, na které pak budeme průřez posuzovat.

* Vypočtená imperfekce může vzniknout na jedné nebo i druhé straně – tzn. může vyvolávat kladný i záporný moment. My hledáme ten největší moment $M_{\text{Ed},I}$, který může vzniknout na konstrukci. Proto k M_{Ed} vždy přičítáme $M_{\text{Ed},I}$ se stejným znaménkem, abychom hodnotu zvětšili.

Sloup – štíhlost sloupu

Musíme ověřit, zda sloup není štíhlý.

$$\lambda \leq \lambda_{\text{lim}}$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i}$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A_c}}$$

$$\lambda_{\text{lim}} = \frac{20ABC}{\sqrt{n}} \leq 75$$

Limitní štíhlost sloupu λ_{lim} – součinitel C

Součinitel C je vliv ohybových momentů.

$$C = 1,7 - M_{01}/M_{02}$$

M_{01} a M_{02} jsou ohybové momenty I. řádu v hlavě a v patě sloupu.

M_{02} je ten z momentů, který je v absolutní hodnotě větší.

Součinitel C stanovíme pro nejnepříznivější rozložení ohybových momentů z hlediska deformace sloupu.

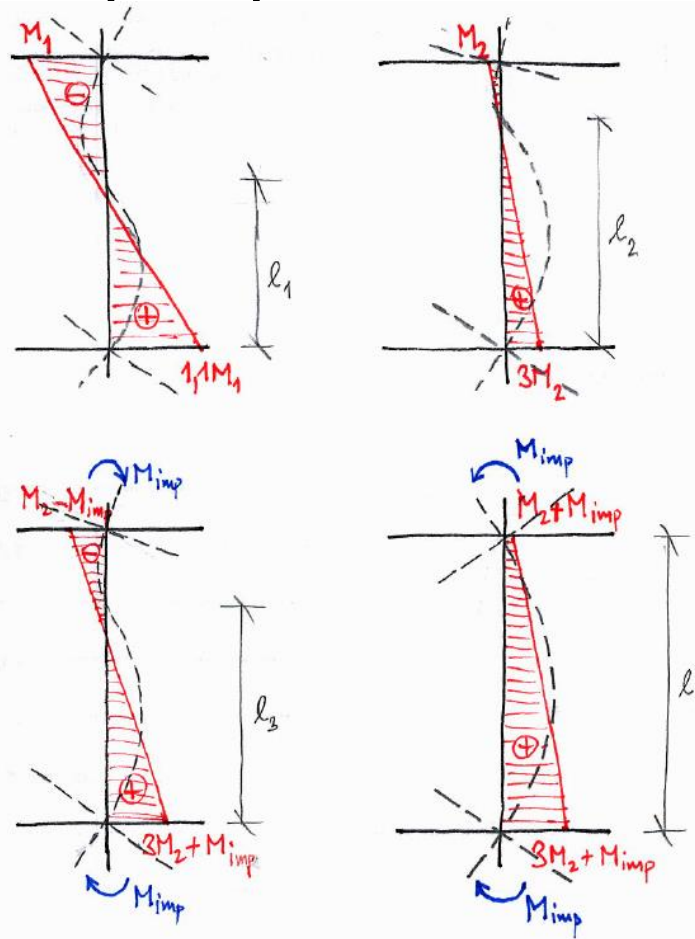
Pokud jsou **momenty převážně vyvozeny imperfekcemi**, bereme rovnou

$$C = 0,7$$

Limitní štíhlost sloupu λ_{lim} – součinitel C

Nejnepříznivější rozložení ohybových momentů z hlediska deformace sloupu.

$$C = 1,7 - M_{01}/M_{02}$$



Ačkoliv $M_1 > M_2$,
z hlediska deformací
je 2. rozdělení momentů
horší, neboť $l_2 > l_1$

Stav, kdy M_{imp} vyzvojuje
na obou koncích sloupu tah
na stejné straně, je
horší z hlediska
deformací

--- Přibližný tvar deformace

Limitní štíhlost sloupu λ_{lim} – součinitel C

$$C = 1,7 - M_{01}/M_{02}$$

Když hledáme nejnepříznivější rozložení, tak chceme, aby **C bylo co nejmenší**.

S číslem 1,7 a znaménkem minus nic neuděláme, takže jediné, co **můžeme ovlivnit je M01/M02**.

Aby C bylo co nejmenší, tak **hlavně chceme, aby M01/M02 bylo kladné**. Protože když bude kladné, tak jeho odečtením dostaneme hodnotu menší než 1,7.

Pokud v žádné variantě (ani po přičtení / odečtení M_{imp}) nebude poměr kladný, tak bude určitě **záporný** a bude hodnotu zvětšovat nad 1,7, což mi nechceme. V tomto případě **aspoň chceme, aby ten poměr byl co nejmenší**. Protože čím menší poměr bude, tím míň se to zvětší nad 1,7.

Limitní štíhlost sloupu λ_{lim} – součinitel C

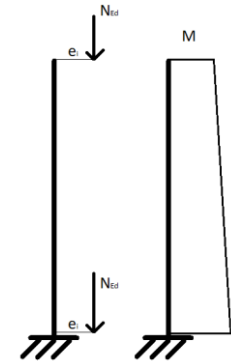
Máme **dané lineární momenty** z kombinací KZS1 až KZS3.

Máme **k dispozici M_{imp} 8 a 10**, které můžeme dávat jako kladné nebo záporné.

To můžeme, protože nevíme, jak budou působit a můžou působit kladně i záporně – a když hledáme tu nejvíc nepříznivou variantu, tak si je **zvolíme tak, aby byly co nejnepříznivější**.

DŮLEŽITÉ: Po tom, co si zvolíme, zda uvažujeme kladně nebo záporně, musíme to dodržet pro oba momenty – tzn.: Uvažujeme-li -8, musíme uvažovat -10 a naopak. *

	hlava	pata	poměr
M _{imp}	8	10	
KZS1	7	-17	
+M _{imp}			
-M _{imp}			
KZS2	15	-9	
+M _{imp}			
-M _{imp}			
KZS3	17	-25	
+M _{imp}			
-M _{imp}			



* Když si zvolíme znaménko, tak tím volíme, ve kterém směru (na které straně) je ta imperfekce. A to, na které je straně, je stejné pro hlavu i patu – proto stejné znaménko momentů.

Limitní štíhlost sloupu λ_{lim} – součinitel C

Příklad 1

K daným kombinacím momentů KZS1 až KZS3 přičítáme a odečítáme M_{imp} a hledáme kladný poměr.

Nalezli jsme 2 kombinace $M_{Ed} + M_{imp}$, jejichž momenty mají kladný poměr.

Volíme tu kombinaci, která dává větší kladný poměr, tj. **0,06**.

	hlava	pata	poměr
M_{imp}	8	10	
KZS1	7	-17	-0.41
+ M_{imp}	15	-7	-0.47
- M_{imp}	-1	-17	0.06
KZS2	15	-9	-0.60
+ M_{imp}	23	1	0.04
- M_{imp}	7	-9	-0.78
KZS3	17	-25	-0.68
+ M_{imp}	25	-15	-0.60
- M_{imp}	9	-25	-0.36

Limitní štíhlost sloupu λ_{lim} – součinitel C

Příklad 1

K daným kombinacím momentů KZS1 až KZS3 přičítáme a odečítáme M_{imp} a hledáme kladný poměr.

Žádný jsme nenalezli, tak hledáme nejmenší záporný poměr.

Volíme kombinaci KZS2+ M_{imp} , která dává nejmenší poměr, tj. **-0,12**.

	hlava	pata	poměr
M_{imp}	8	10	
KZS1	20	-17	-0.85
+ M_{imp}	28	-7	-0.25
- M_{imp}	12	-17	-0.71
KZS2	25	-14	-0.56
+ M_{imp}	33	-4	-0.12
- M_{imp}	17	-14	-0.82
KZS3	17	-33	-0.52
+ M_{imp}	25	-23	-0.92
- M_{imp}	9	-33	-0.27

Sloup – štíhlost sloupu

Pokud sloup vyjde jako štíhlý, měl by se dopočítat vliv imperfekcí 2. řádu. To ve cvičení dělat nebudeme. V případě, že vám nevyjde štíhlost, zvětšete $M_{Ed,I}$ o 30 %.

Sloup – návrh výztuže

Pomocí nomogramů a předpokladu dostředného tlaku. (viz NNK a návod)

NEBO

Excel nebo programy.

Návrh: x R ($A_{s,prov} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}^2$)

Sloup – ověření návrhu

Ověřit stupeň vyztužení.

$$A_{s,prov} \geq A_{s,min} = \max \left(0,1 \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} ; 0,002 A_c \right)$$

$$A_{s,prov} \leq A_{s,max} = 0,04 A_c$$

Sloup – posouzení návrhu

Ruční výpočet a sestrojení celého bodového interakčního diagramu.

NEBO

Sestrojení pomocí programu IDP

<http://people.fsv.cvut.cz/~stefarad/software/idp/idp.cz.html>

a ověření programem InDi

<https://www.dropbox.com/s/tiksjdk012ar2ru/InDi.exe?dl=0>

Obsah druhého úkolu

- Návrh a posouzení ohybové výztuže – 2x ručně, 3x Excel
 - Návrh
 - Konstrukční zásady
 - Posouzení
- Návrh a posouzení smykové výztuže
 - Návrhové třmínky
 - Konstrukční třmínky
- Návrh a posouzení podélné výztuže sloupu
 - Imperfekce
 - Štíhlost sloupu
 - Interakční diagram