

# BK01 & BZKQ – 11. cvičení

Úloha 7 – Návrh a posouzení základových patek

Navíc

# Oficiální návod

## Upozornění:

**V oficiálním návodu je výpočet prováděn na 1 m běžný** (jako se řeší desky) a ne na skutečnou délku (tj. kolmý rozměr patky). Z toho důvodu je v návodu:

- moment  $m_c$  vypočítán z plošného zatížení (plošné odpovídá liniovému na 1 m')
- průřezový modul  $W$  počítán s  $b = 1.0$  m
- výztuž navržena jako  $\emptyset X \times Y$  mm ( $A_{s,prov} = Z$  mm<sup>2</sup>/m')
- při výpočtu  $x$  uvažováno  $A_{s,prov}$  na 1 m' a  $b = 1.0$  m

Tento způsob je zvolen pouze kvůli mírně rychlejšímu výpočtu (není třeba přepočítávat plošné zatížení na liniové a lze uvažovat  $b = 1.0$ ).

**V této prezentaci je výpočet prováděn na celou délku patky (jako se řeší průvlaky). Nekombinujte níže uvedený postup s postupem v oficiálním návodu!**

Navíc

### Upozornění:

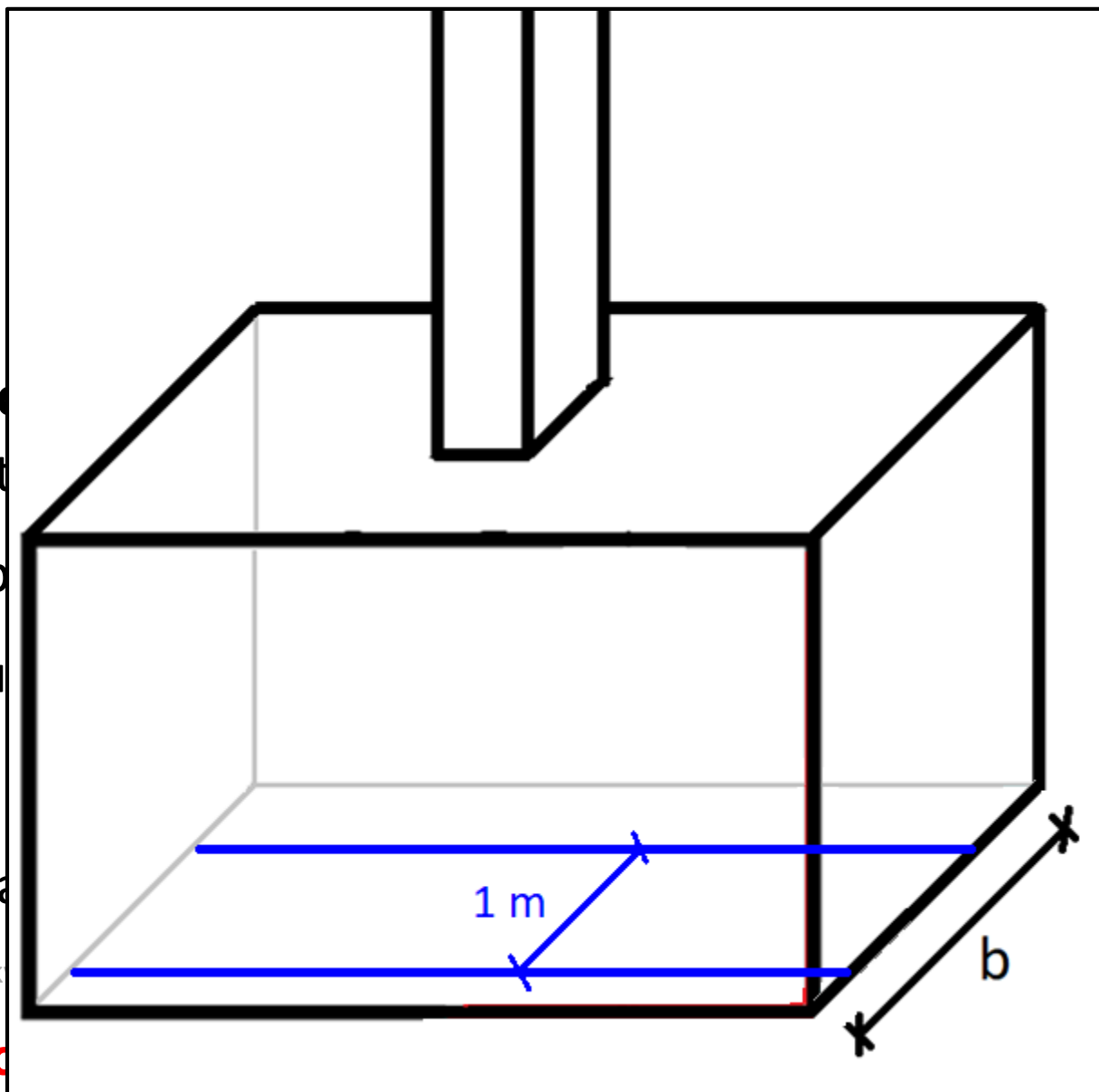
V oficiálním návodu  
skutečnou délku (t

- moment  $m_c$  vyp
- průřezový modu
- výztuž navržena
- při výpočtu  $x$  uva

Tento způsob je zvolen pouze k

V této prezentaci

průvlaky). Nekombinujte níže uvedený postup s postupem v oficiálním návodu!



řeší desky) a ne na  
odu:

ovému na 1 m')

a lze uvažovat  $b = 1.0$ ).

tky (jako se řeší

Teorie navíc

# Návrh a posouzení základových patek

## Namáhání patek

# Návrh a posouzení základových patek

Na rozdíl od většiny ostatních betonových konstrukcí není u patky tolik důležité její **tlakové namáhání**.

U patky je důležité její namáhání tahem (příčným a od ohybu).

→ U patky z prostého betonu je důležitá tahová pevnost betonu.

→ U železobetonové patky je nutné navrhnout výztuž na tah/ohyb.

Co se týče tlaku, důležitá je tlaková únosnost zeminy.

Teorie navíc

# Návrh a posouzení základových patek

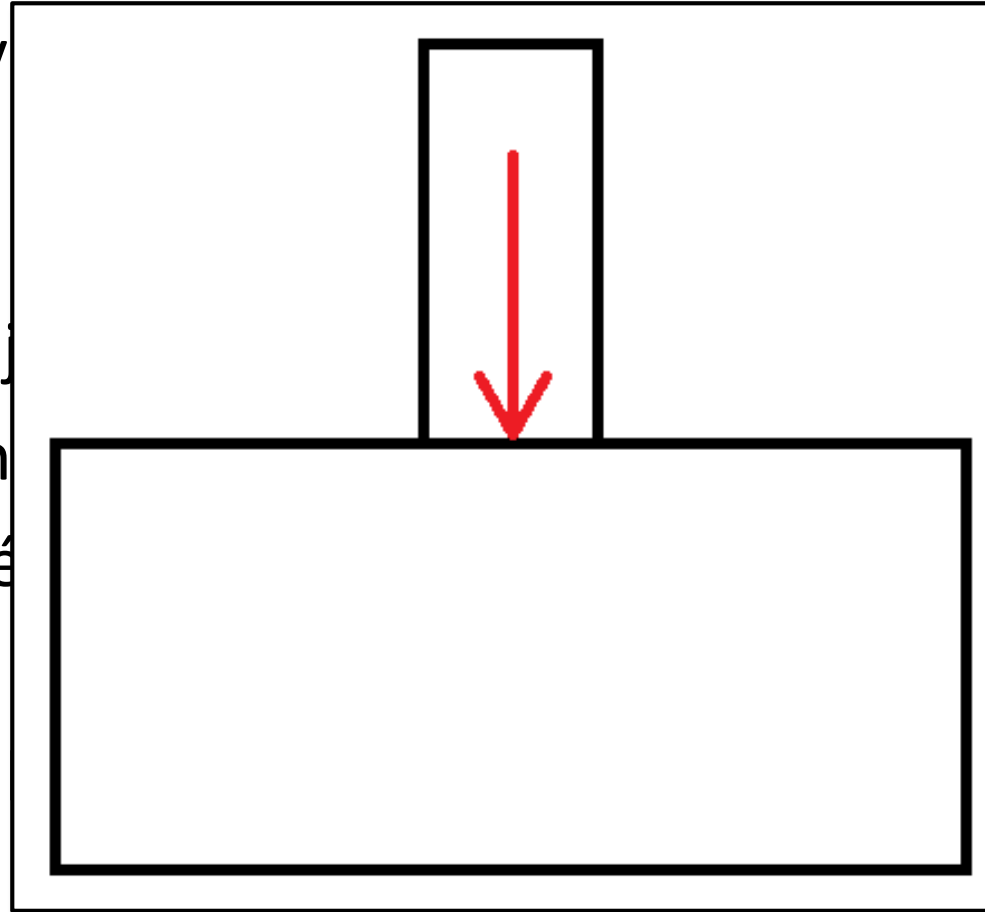
Na rozdíl od většiny  
důležité její **tlakové**

U patky je **důležité**

→ U patky z prostéh

→ U železobetonové

Co se týče tlaku, dů



není u patky tolik

od ohybu).

ost betonu.

ž na tah/ohyb.

l.

Teorie navíc

# Návrh a posouzení základových patek

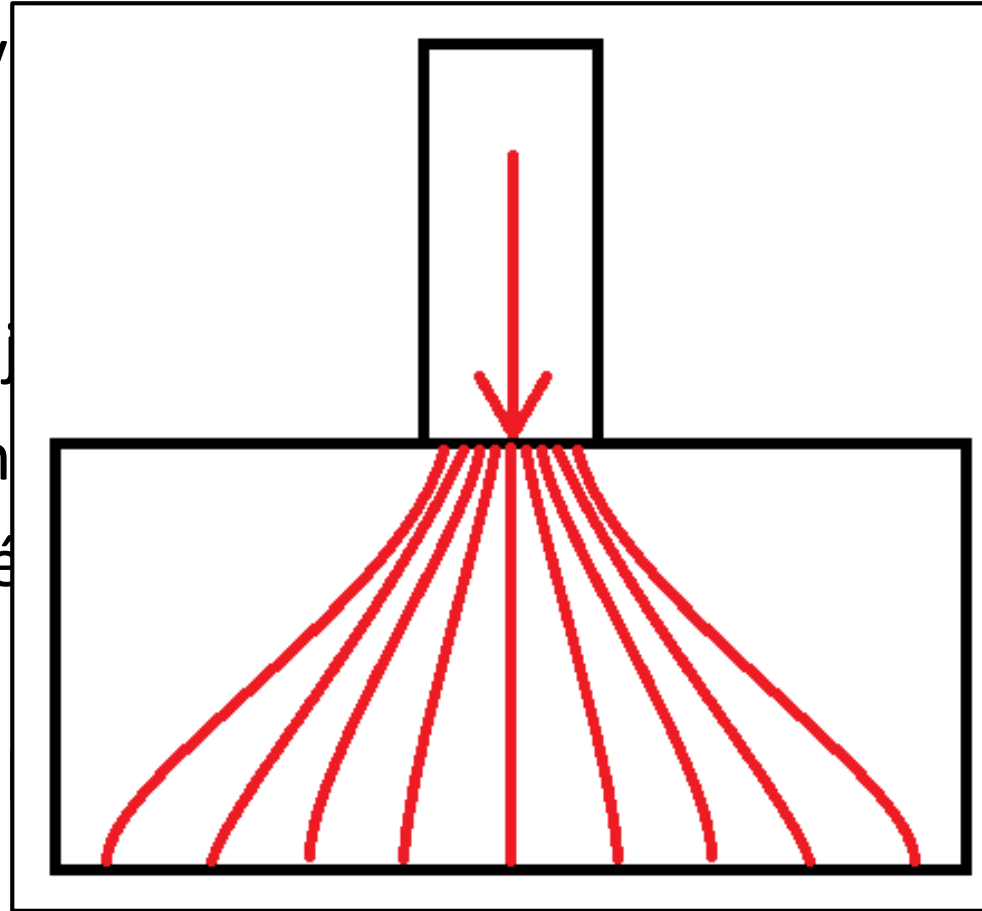
Na rozdíl od většiny  
důležité její **tlakové**

U patky je **důležité**

→ U patky z prostéh

→ U železobetonové

Co se týče tlaku, dů



není u patky tolik

od ohybu).

ost betonu.

ž na tah/ohyb.

l.

Teorie navíc

# Návrh a posouzení základových patek

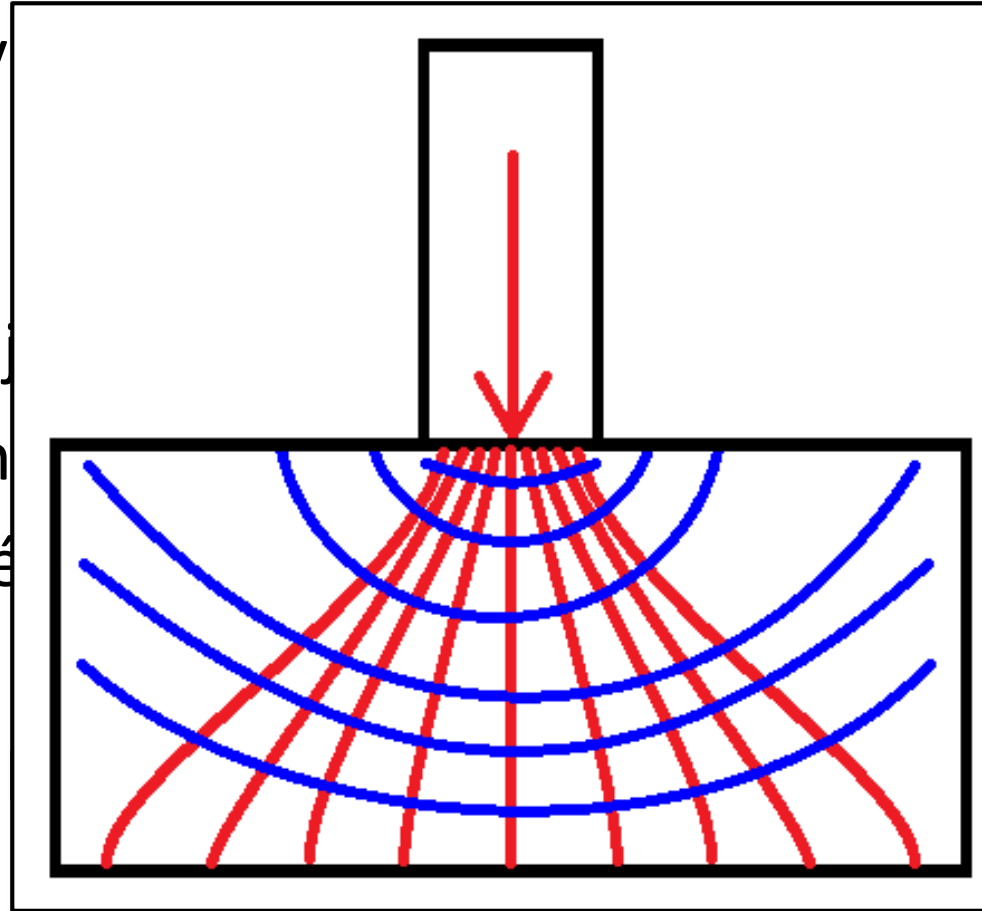
Na rozdíl od většiny  
důležité její **tlakové**

U patky je **důležité**

→ U patky z prostéh

→ U železobetonové

Co se týče tlaku, dů



není u patky tolik

od ohybu).

ost betonu.

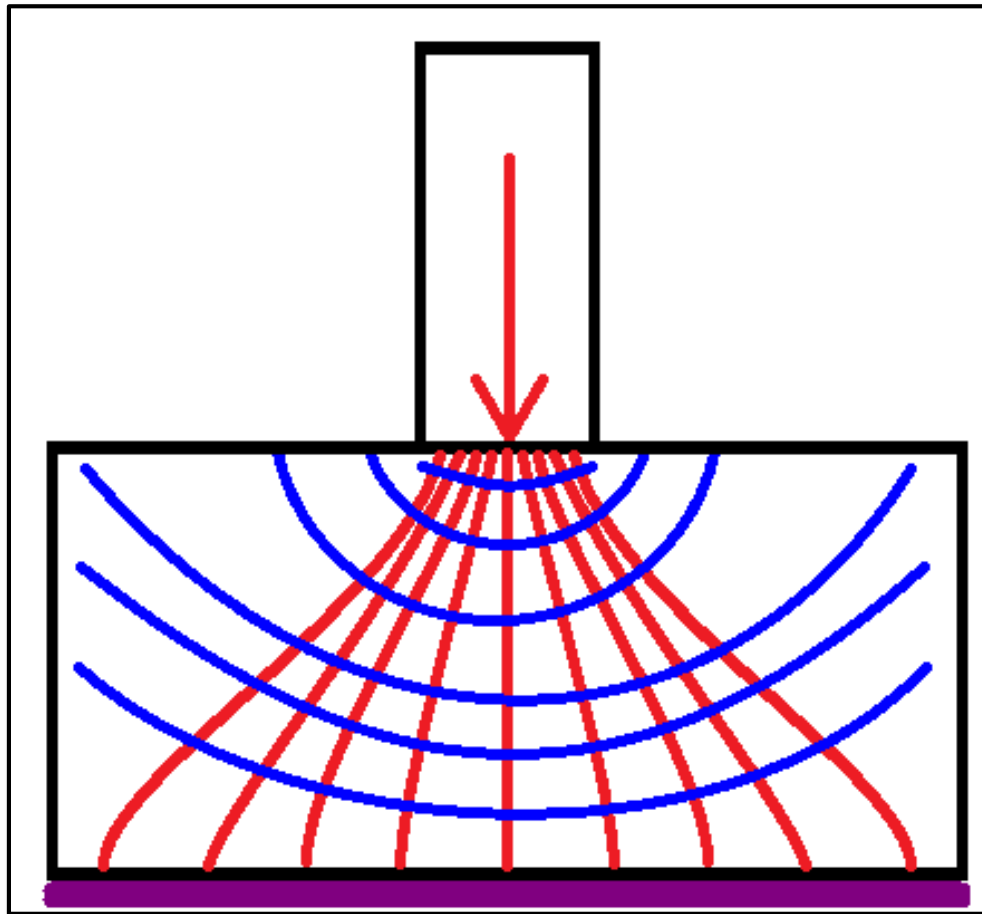
ž na tah/ohyb.

L.



Teorie navíc

# Návrh a posouzení základových patek



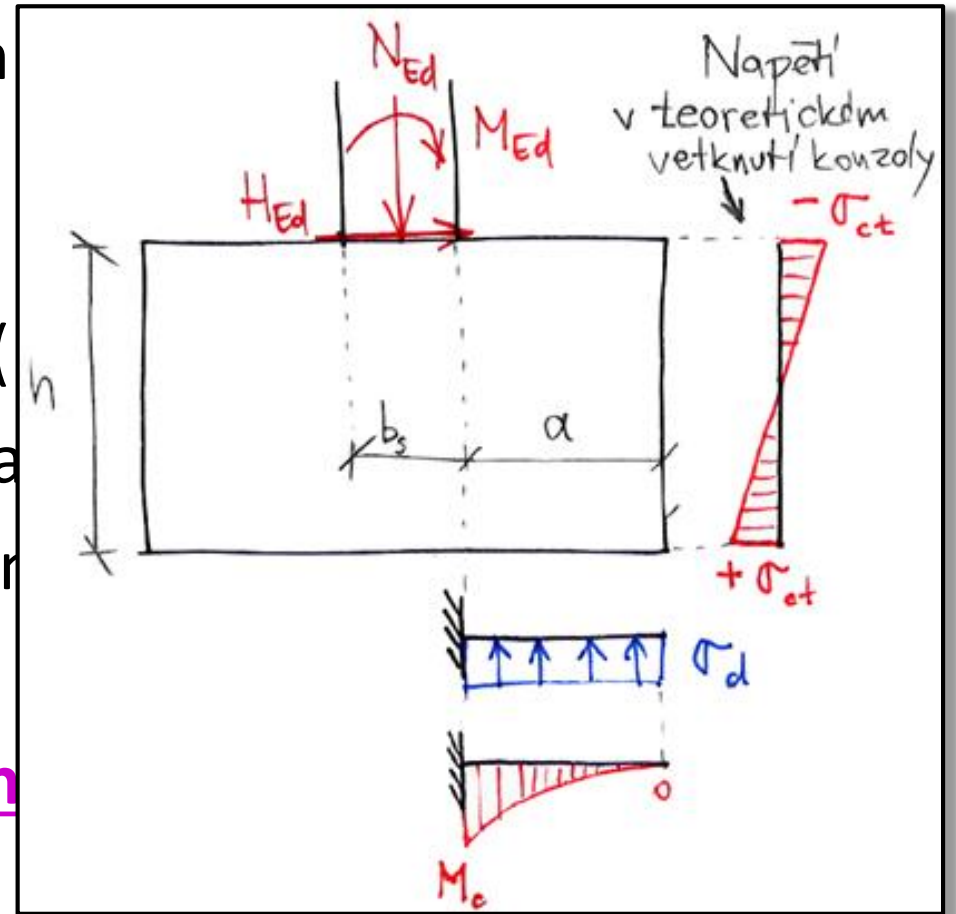
betonových

ní tahem (

důležitá ta

tné navrh

ová únosn



Teorie navíc

# Návrh a posouzení základových patek

## Excentricita působící síly

# Excentricita působící síly

**Celková excentricita  $e$**  je poměr momentu a normálové síly působící v základové spáře

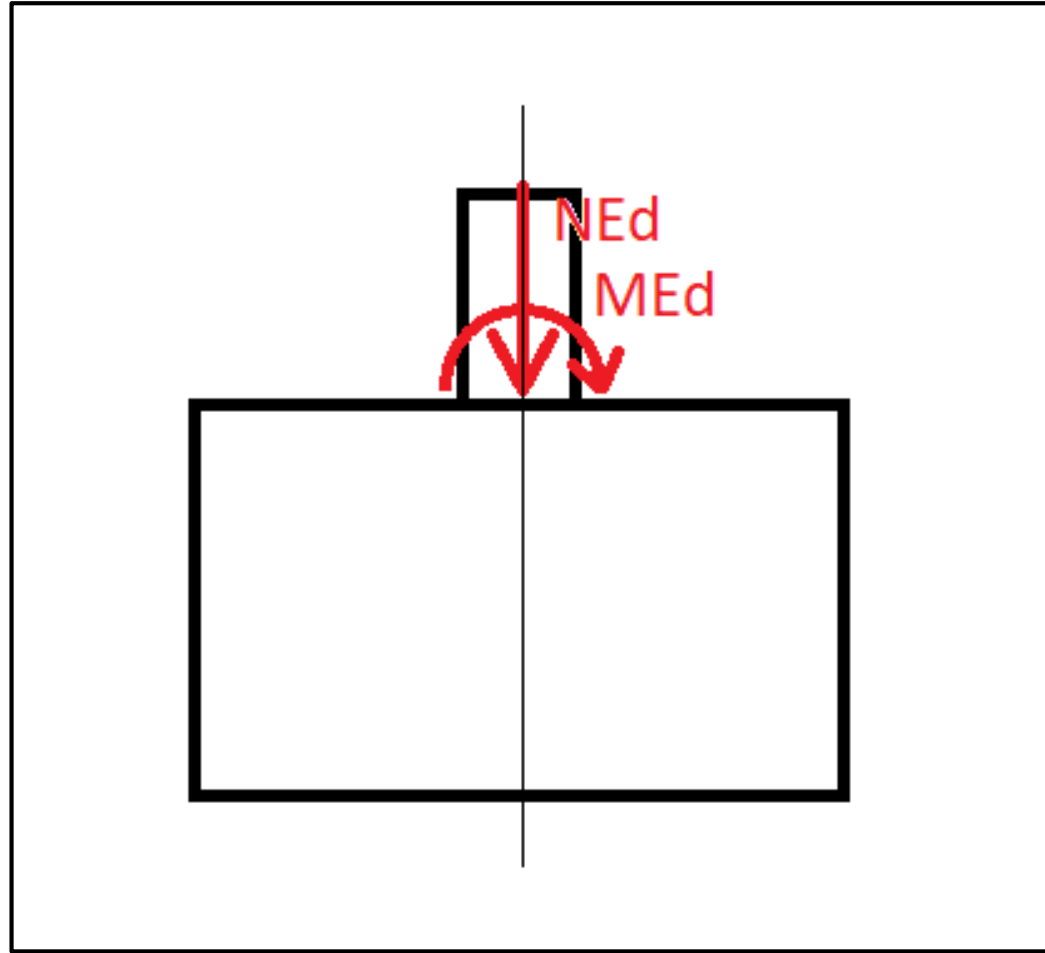
$$e = \frac{M}{N}.$$

Moment v základové spáře je způsoben

- 1) momentem  $M_{Ed}$**  od horní konstrukce
- 2) vodorovnou silou** na horní hraně patky (posouvající síla  $H_{Ed}$  od horní konstrukce) **na rameni** rovném výšce patky

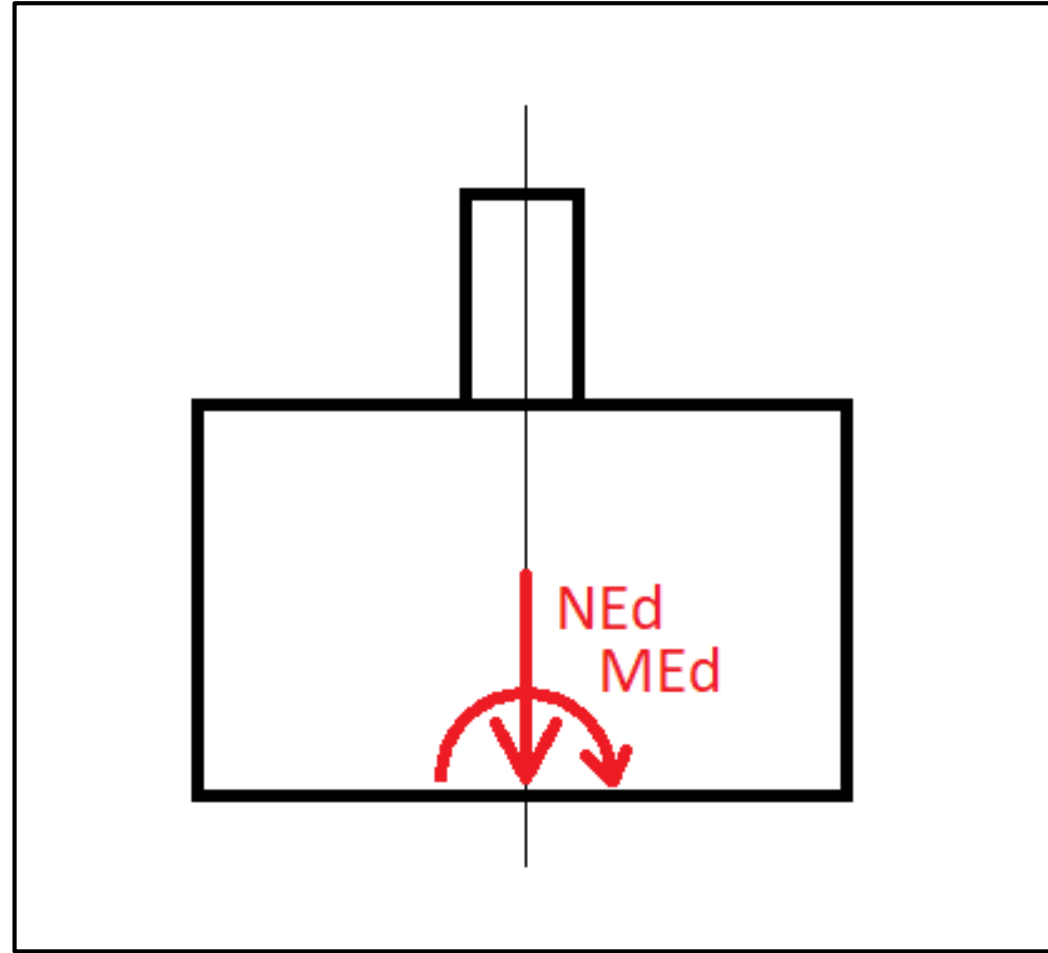
Teorie navíc

Normálová síla  $N_{Ed}$  a ohybový moment  $M_{Ed}$

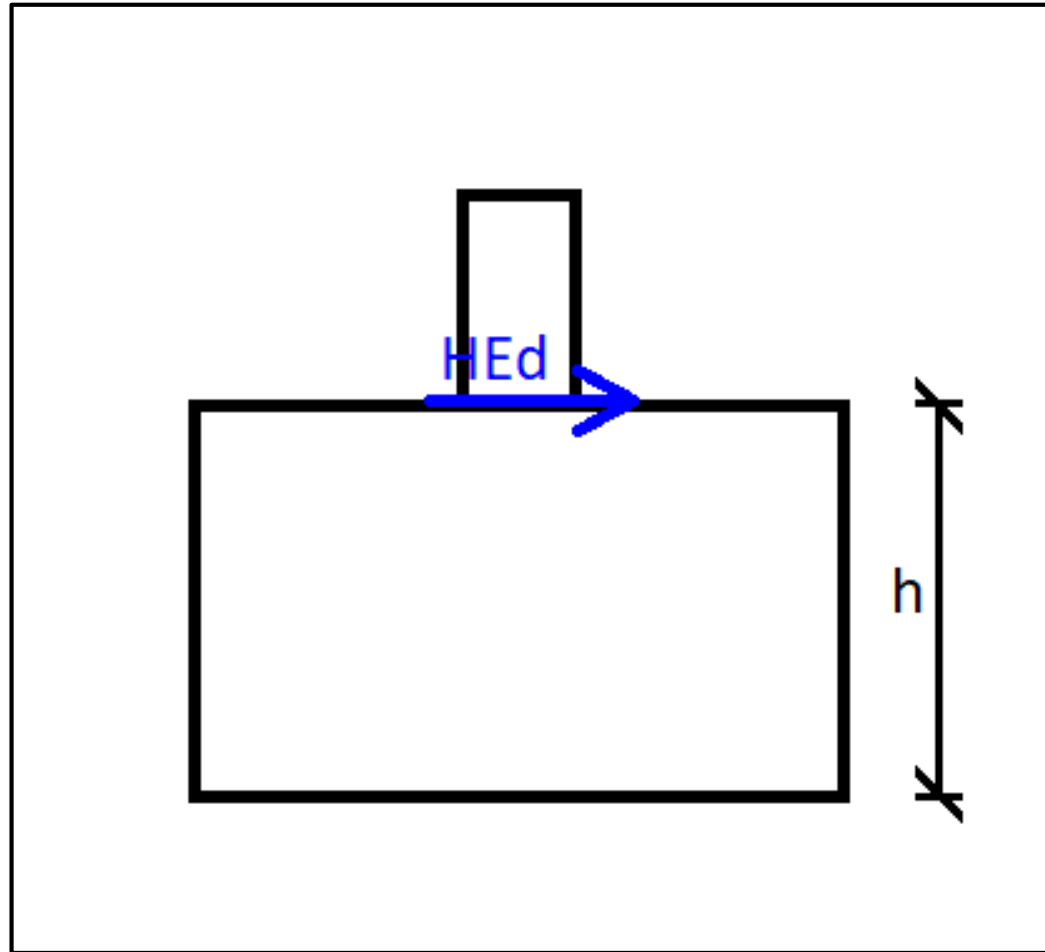


Teorie navíc

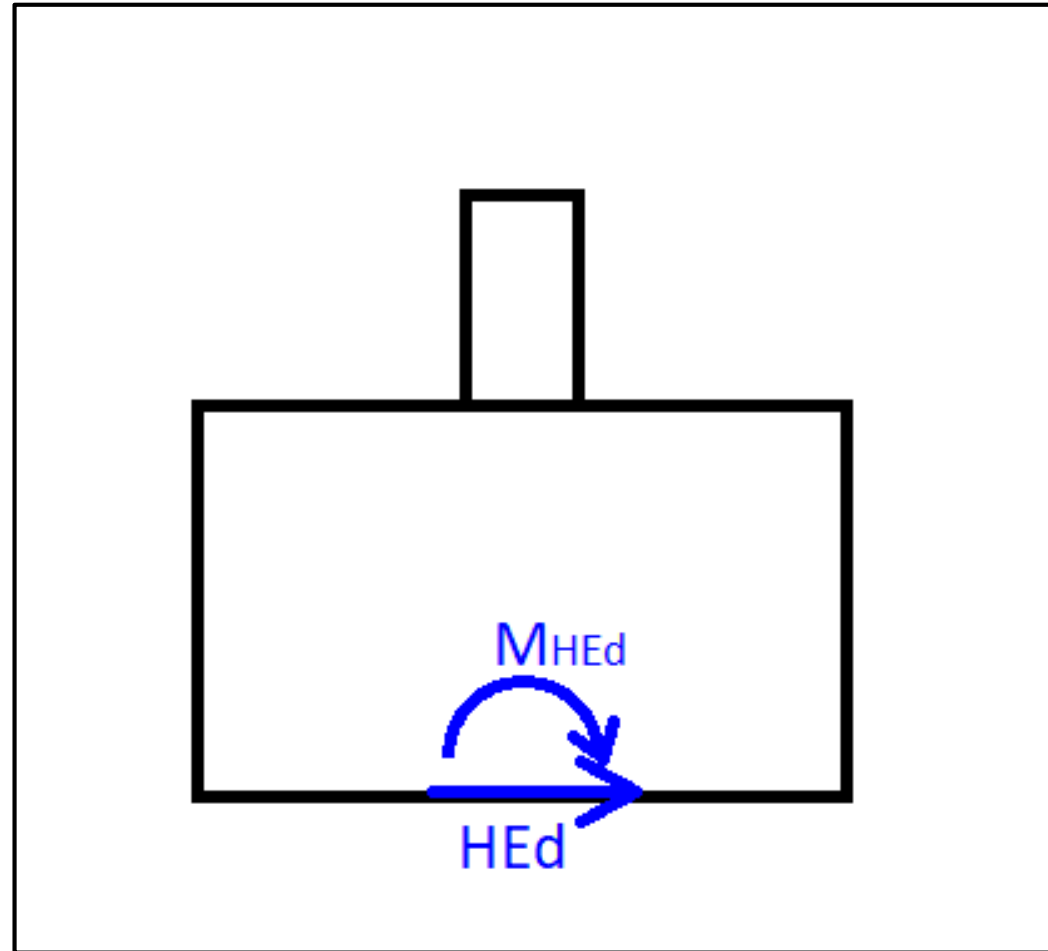
# Normálová síla $N_{Ed}$ a ohybový moment $M_{Ed}$



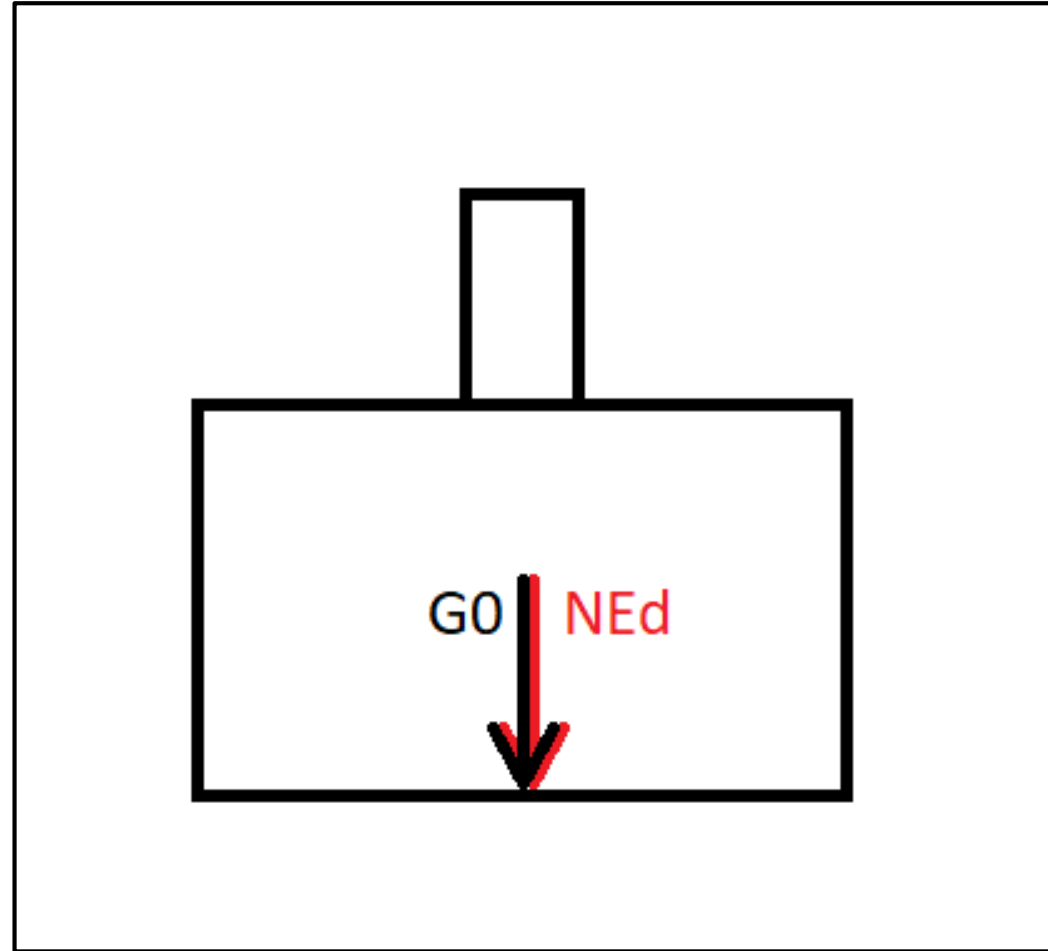
# Posouvající síla od horní konstrukce $H_{Ed}$



# Posouvající síla od horní konstrukce $H_{Ed}$ a její momentový účinek k základové spáře

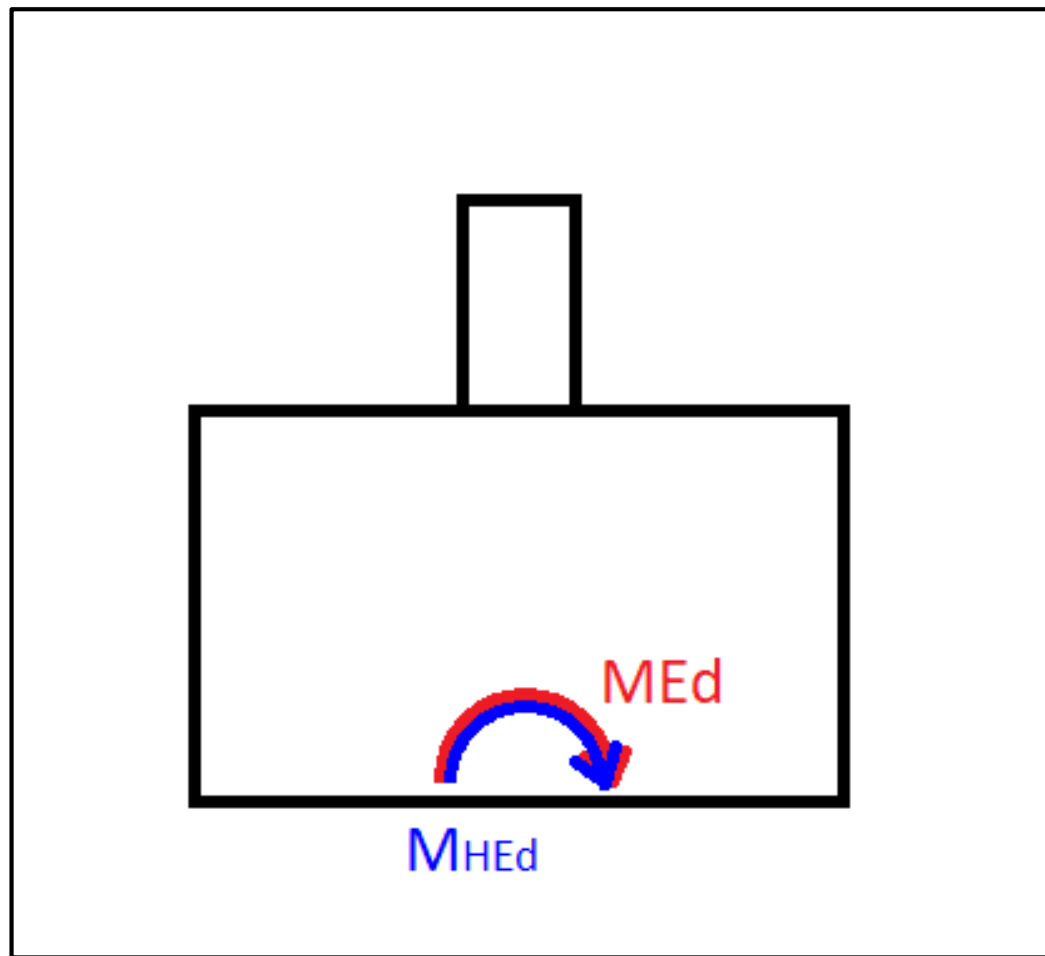


# Normálové síly



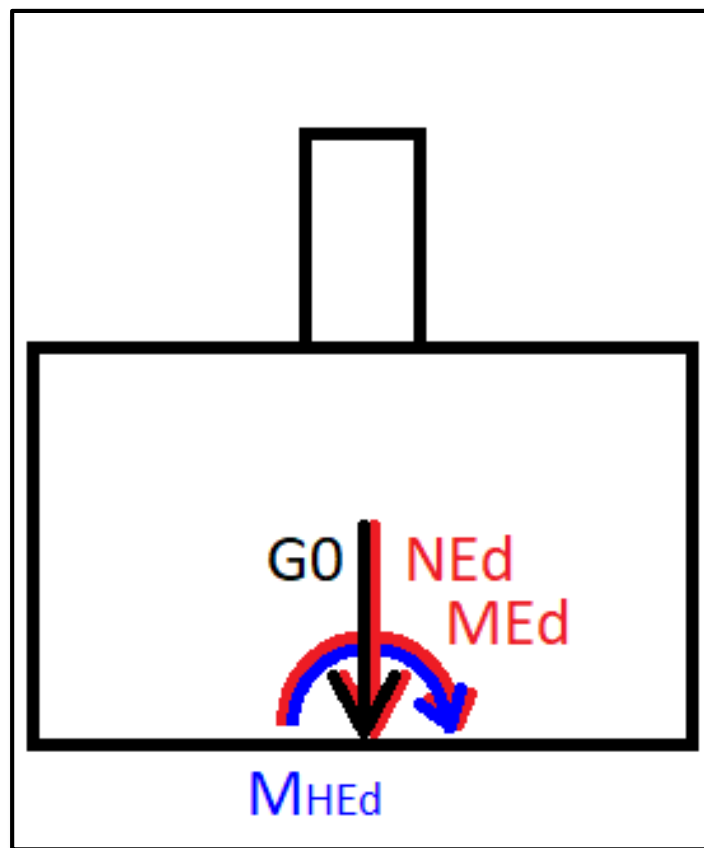


# Ohybové momenty



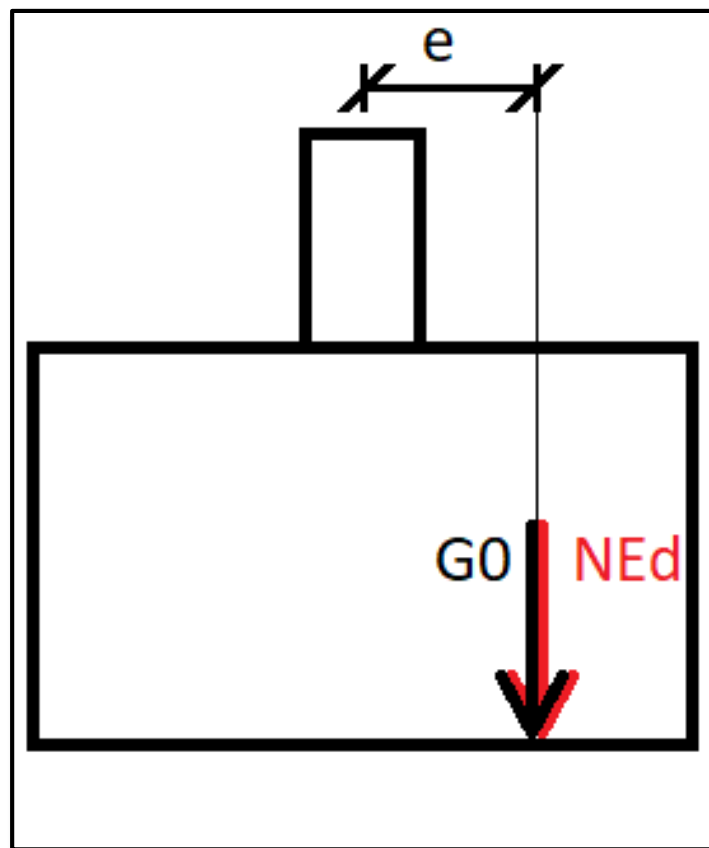
# Celková excentricita svislé síly

Celková excentricita působící svislé síly se určí z celkového momentu a celkových svislých sil.



# Celková excentricita svislé síly

Celková excentricita působící svislé síly se určí z celkového momentu a celkových svislých sil.



# Celková excentricita svislé síly

Celková excentricita působící svislé síly se určí z celkového momentu a celkových svislých sil.

$$e = \frac{M_{Ed} + H_{Ed}h}{N_{Ed} + G_{0,d}}$$

Teorie navíc

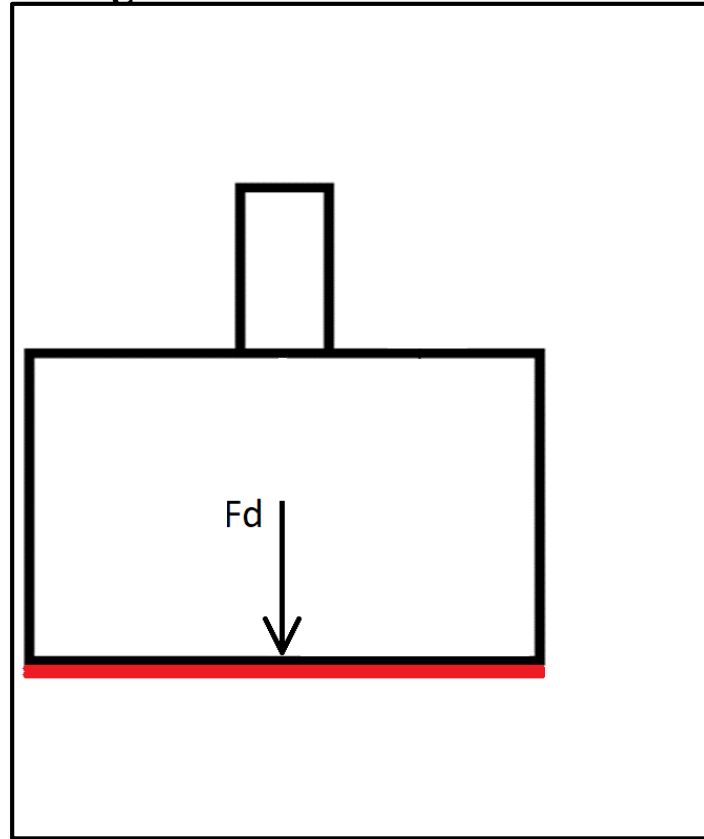
# Návrh a posouzení základových patek

## Efektivní zatěžovací plocha

Teorie navíc

## Efektivní zatěžovací plocha – obecně

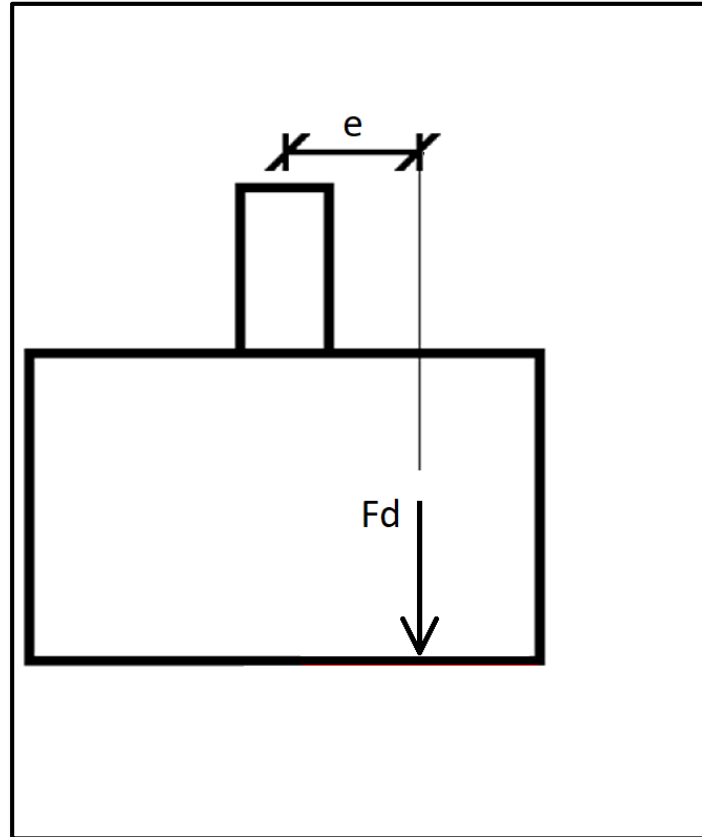
Kdyby normálová síla působila v ose, zatěžovací plocha by odpovídala půdorysné ploše:  $A_{eff} = A_c = b^2$ .



Teorie navíc

## Efektivní zatěžovací plocha – obecně

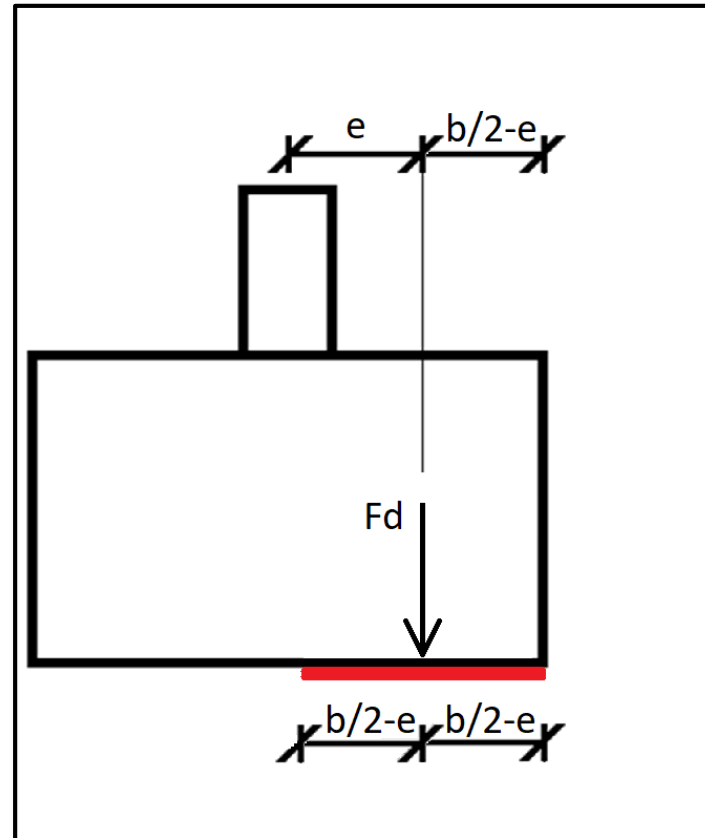
**Normálová síla působící v patě patky obecně nepůsobí v ose patky, ale působí na určité excentricitě.**



Teorie navíc

# Efektivní zatěžovací plocha – obecně

Efektivní zatěžovací plocha  $A_{eff}$  závisí právě na excentricitě působící normálové síly.

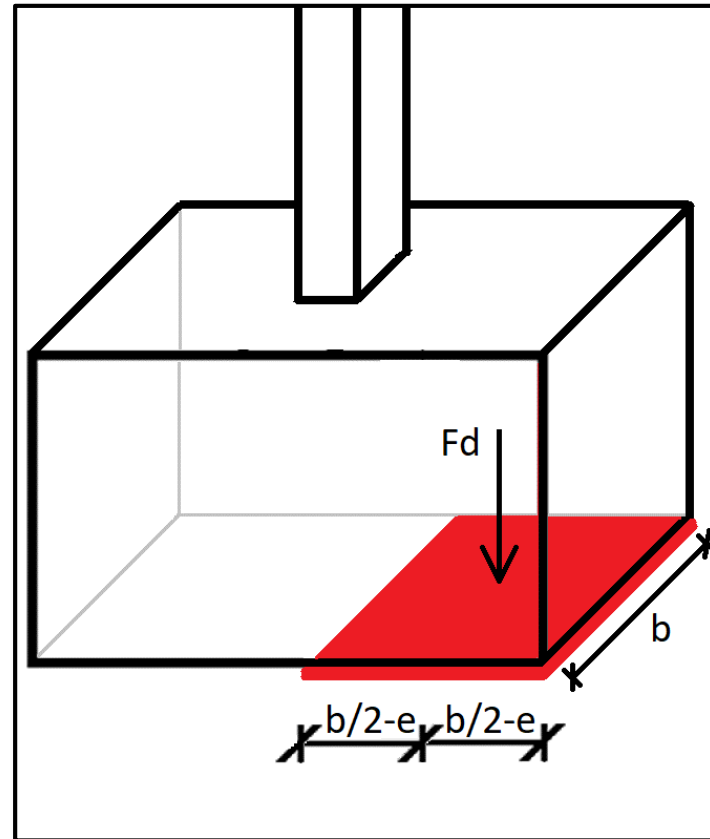




Teorie navíc

# Efektivní zatěžovací plocha – obecně

Efektivní zatěžovací plocha  $A_{eff}$  závisí právě na excentricitě působící normálové síly.



# Návrh a posouzení základových patek

Zadání úkolu

# Zadání

**Navrhněte a posuďte základovou patku** zatíženou kombinací svislé a vodorovné síly a ohybovým momentem.

# Cíl

Navrhnout a posoudit základovou **patku z prostého betonu**.

Navrhnout a posoudit základovou **patku z železobetonu**.

# Návrh a posouzení základových patek

Navrhujeme **základové patky** pro zadanou reakci z horní stavby.

Dvě varianty:

- 1) prostý beton
- 2) železobeton

Patky se budou lišit:

- výškou ***h***
- vyztužením

**Půdorysný rozměr *b* bude v obou případech stejný.**

# Návrh a posouzení základových patek

## Postup

# Návrh a posouzení základových patek

- I. Půdorysné rozměry patky
- II. Ověření napětí v základové spáře
- III. Patka z prostého betonu – návrh + posouzení
- IV. Železobetonová patka – návrh + posouzení
- V. Skica tvaru a výztuže

# I. Půdorysné rozměry patky

Pro návrh rozměrů vycházíme z toho, že při posouzení patky musí platit, že **napětí v základové spáře  $\sigma$**  musí být menší než zadaná **únosnost zeminy  $R_d$** .

$$\sigma = \frac{N_{Ed} + G_{0,d}}{A_{eff}} \leq R_d$$



# Půdorysné rozměry patky

Z podmínky pro napětí v základové spáře

$$\sigma = \frac{N_{Ed} + G_{0,d}}{A_{eff}} \leq R_d$$

získáme vztah pro výpočet minimální efektivní zatěžovací plochy

$$A_{eff,min} = \frac{N_{Ed} + G_{0,d}}{R_d},$$

kde  $N_{Ed}$  je zadaná normálová síla od horní stavby

$G_{0,d}$  je vlastní tíha patky (odhadněte jako  $0.05 \cdot N_{Ed}$ )

$R_d$  je zadaná únosnost zeminy

# Půdorysné rozměry patky

**Půdorysný rozměr patky** je nutné zvolit **s ohledem na potřebnou** efektivní zatěžovací plochu  $A_{eff,min}$ .

Pro jednoduchost navrhne **čtvercovou patku** se šířkou  $b$ .

**Nejjednodušší postup** je iterační hledání řešení – tj. vhodně **odhadnout půdorysný rozměr** a provést **ověření napětí v zemině**. Pokud ověření nevyhoví, rozměr zvětšíme. Pokud rezerva bude velká, rozměr zmenšíme.

# Šířka patky

Šířku patky ***b*** zvolte tak, aby půdorysná plocha byla o 25 % větší\* než minimální efektivní zatěžovací plocha.

$$A_p = b^2 \geq 1.25 \cdot A_{eff,min}$$

Pro šířku patky tedy platí vztah

$$b \geq \sqrt{1.25 \cdot A_{eff,min}}$$

Šířku patky zvolte jako násobek 50 mm.

\*Uvažujeme, že výsledná efektivní zatěžovací plocha (kterou spočítáme dále) bude o 20 % menší než celková půdorysná plocha.

## II. Ověření napětí v základové spáře

Předběžný návrh ověříme posouzením napětí v základové spáře

$$\sigma = \frac{N_{Ed} + G_{0d}}{A_{eff}} \leq R_d.$$

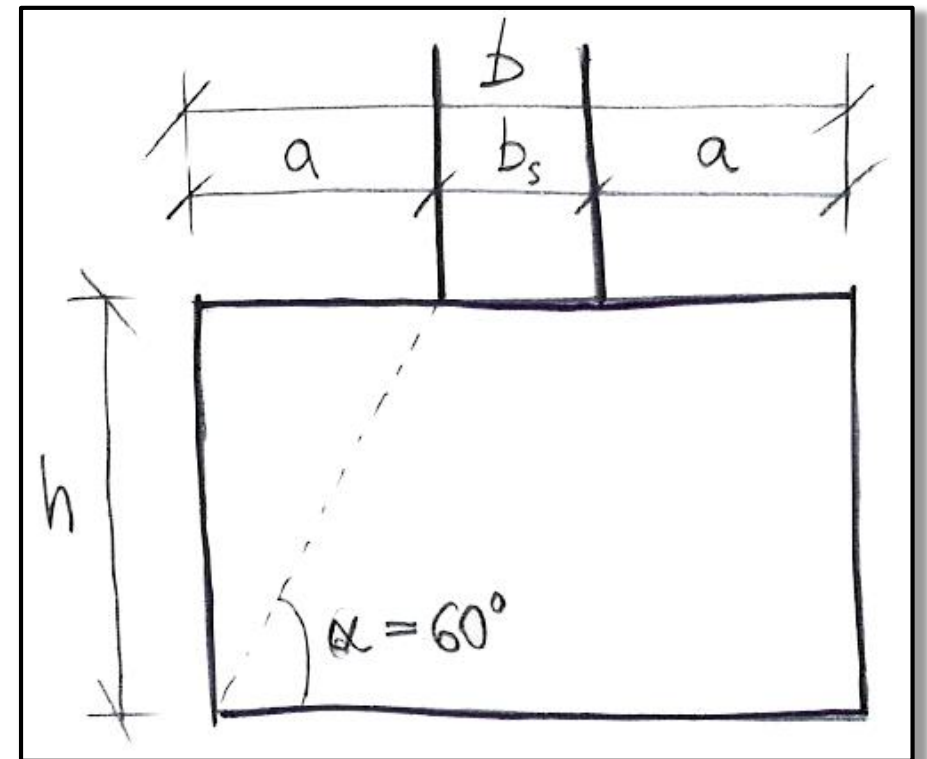
Pro stanovení napětí musíme nejprve stanovit výšku patky, vlastní tíhu patky a efektivní zatěžovací plochu.

## Výška patky

První odhad výšky patky provedeme z předpokladu, že roznášecí úhel zatížení  $\alpha$  v prostém betonu by měl být  $60^\circ$ .

$$h = a \tan \alpha = \frac{b - b_s}{2} \tan 60^\circ$$

Výšku patky zvolte jako násobek 50 mm.



# Vlastní tíha paty

Vlastní tíha patky je

$$G_{0,d} = 1.35 \cdot 25 \cdot b^2 h.$$

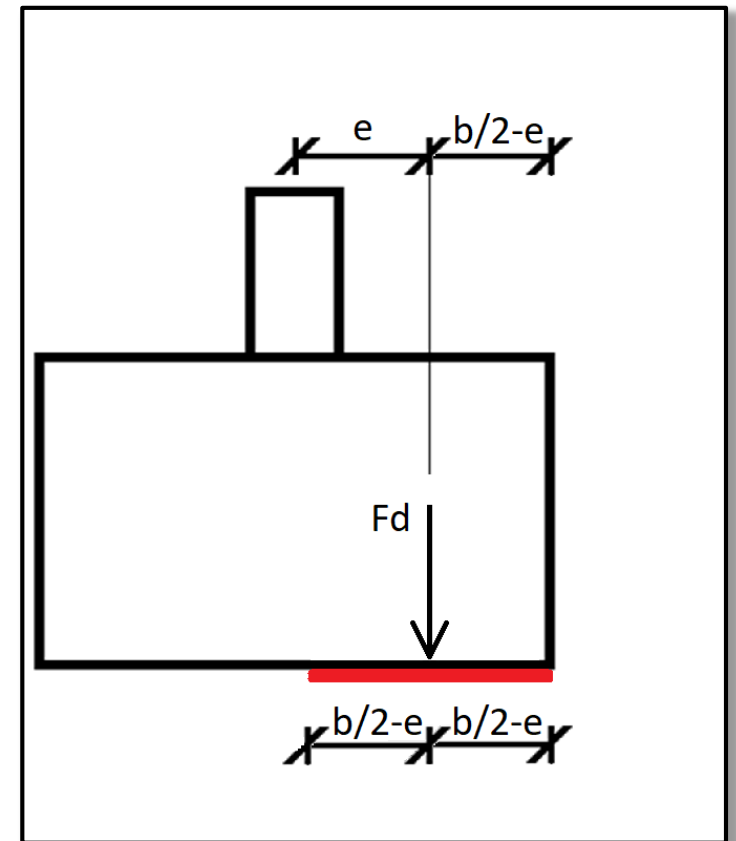
# Efektivní zatěžovací plocha

Efektivní zatěžovací plocha je

$$A_{eff} = b(b - 2e),$$

kde

$$e = \frac{M_{Ed} + H_{Ed}h}{N_{Ed} + G_{0,d}}.$$



# Ověření napětí v základové spáře

Po stanovení vlastní tíhy a efektivní zatěžovací plochy je možné ověřit napětí v základové spáře

$$\sigma = \frac{N_{Ed} + G_{0d}}{A_{eff}} \leq R_d.$$

Pokud ověření vyjde, můžeme pokračovat na návrh patky z prostého betonu.

Pokud ověření nevyjde, je nutné upravit návrh – tj. zvětšit šířku patky  $b$ .



## III. Patka z prostého betonu

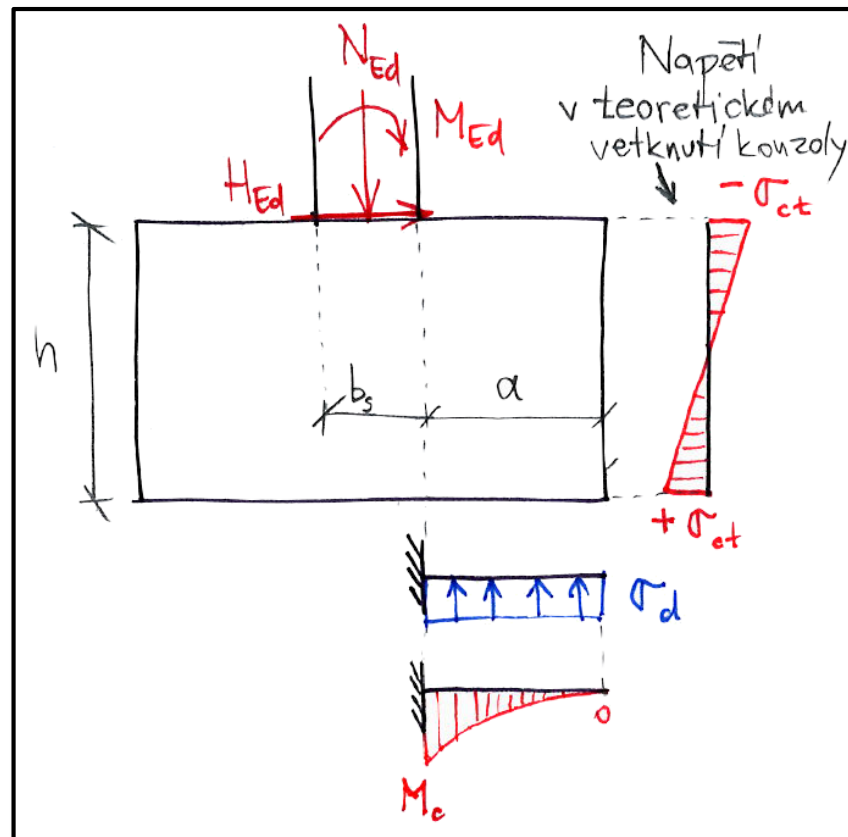
**Půdorysné** rozměry už jsou **určeny** z kroku I.

**Výšku** patky **vypočteme** z podmínky pro napětí v betonu.

Navrženou patku z prostého betonu nakonec **posoudíme**.

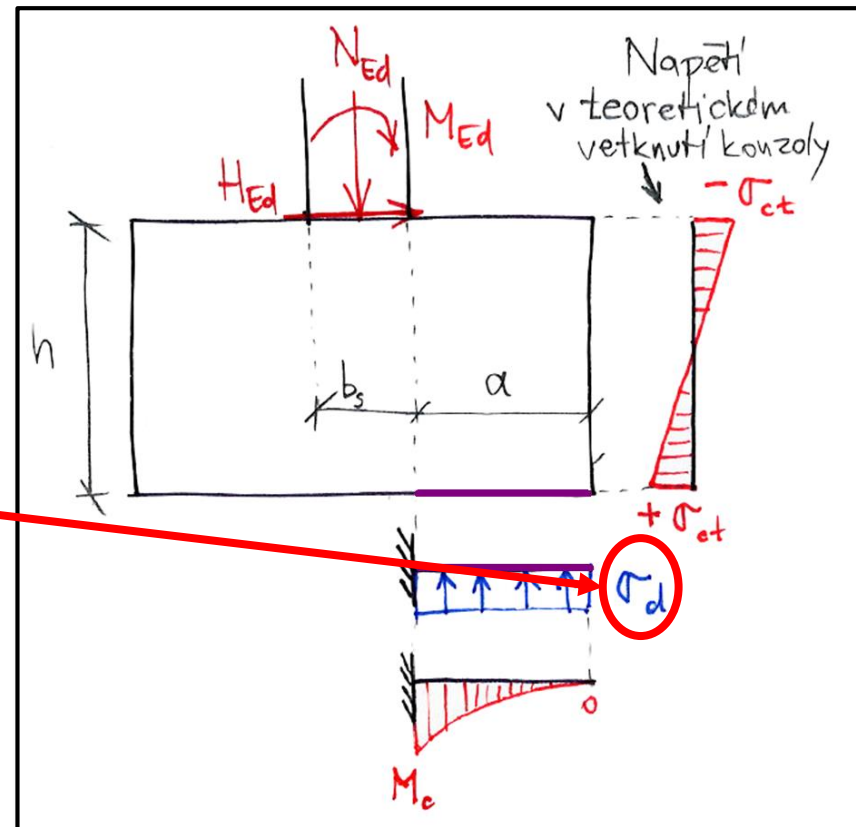
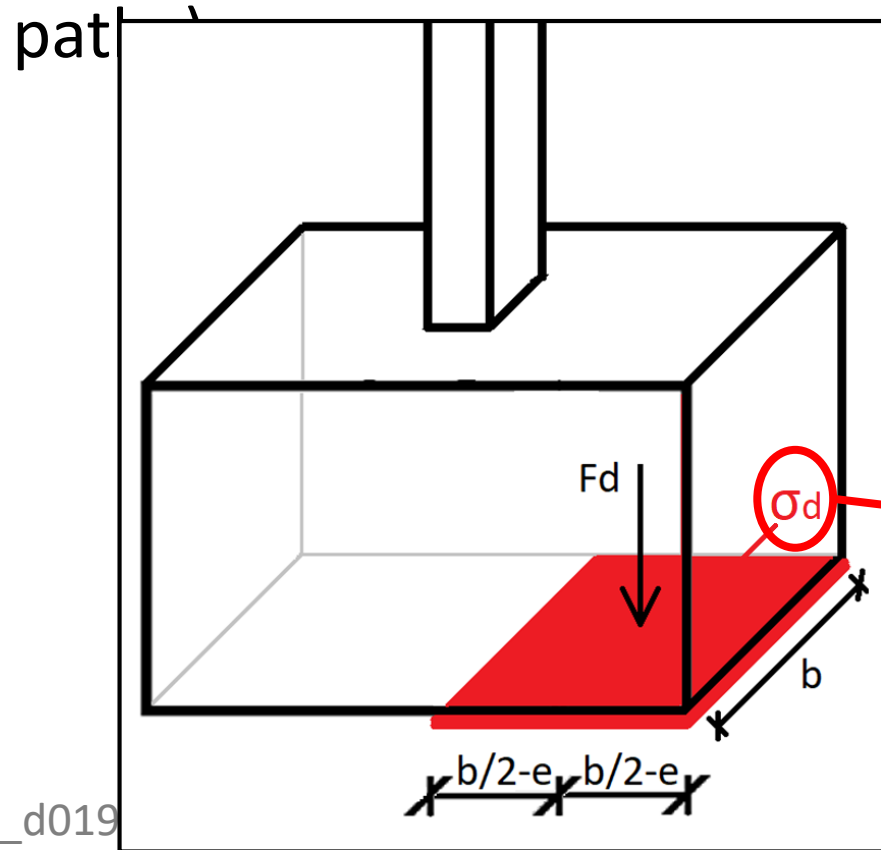
# Statické schéma

Patku modelujeme jako ohýbanou **konzolu** s účinnou **délkou**  $a = (b - b_s)/2$  namáhanou **zatížením od podloží** (tj. napětí, kterým podloží působí na patku).



# Statické schéma

Patku modelujeme jako ohýbanou **konzolu** s účinnou **délkou**  $a$  namáhanou **zatížením od podloží** (napětí, kterým podloží působí na patku)



# Návrh patky z prostého betonu

Pro patku musíme **určit následující**.

- 1) Napětí, kterým podloží působí na patku  $\sigma_d$
- 2) Zatížení, kterým podloží působí na patku  $f_d$
- 3) Moment od zatížení v teoretickém vetknutí konzoly  $M_c$
- 4) Návrhovou tahovou pevnost prostého betonu  $f_{ctd}$
- 5) Výšku patky  $h$
- 6) Výstřednost zatížení  $e$  a efektivní plochu  $A_{eff}$ .

# 1) Napětí, kterým podloží působí na patku $\sigma_d$

Napětí, kterým podloží působí na patku se určí ze vztahu

$$\sigma_d = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}},$$

kde  $A_{eff}$  prozatím převezmeme z předchozího předběžného ověření napětí v zemině.

Vlastní tíha patky se zde neuvažuje, protože je eliminována. Patka je směrem nahoru ohýbána zatížením včetně vlastní tíhy  $\sigma$  (předchozí kapitola) a směrem dolů pak vlastní tíhou. Výsledkem je zatížení bez vlastní tíhy  $\sigma_d$ .

## 2) Zatížení, kterým podloží působí na patku $f_d$

Zatížení, kterým podloží působí na patku se získá přenásobením napětí (tj. plošného zatížení) zatěžovací šířkou (tj. délkou patky)

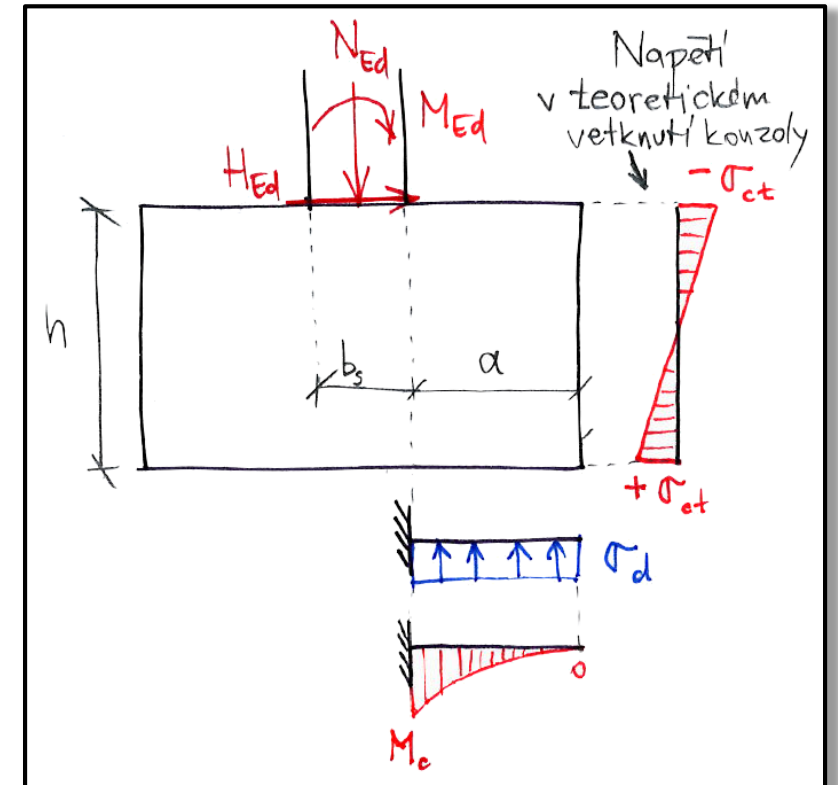
$$f_d = b\sigma_d.$$

### 3) Moment v teoretickém vetknutí konzoly

Moment ve vetknutí konzoly je

$$M_c = \frac{1}{2} f_d a^2,$$

kde  $a$  je vzdálenost od líce sloupu k hraně patky.



## 4) Návrhová tahová pevnost prostého betonu

Návrhová pevnost betonu je

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} f_{ctk,0.05}}{\gamma_c},$$

kde  $\alpha_{ct} = 0.8$  je součinitel nepříznivých účinků zatížení na pevnost betonu v tahu

$f_{ctk,0.05}$  je charakteristická tahová pevnost betonu (z tabulky)

**Upozornění:**  $f_{ctd}$  počítáme z  $f_{ctk,0.05}$  (nikoliv z  $f_{ctk,0.95}$ ).



## 5) Výška patky ***h***

Při výpočtu výšky patky vycházíme z podmínky pro napětí v tažených vláknech

$$\sigma_{ct} = \frac{M_c}{W} = \frac{\frac{1}{2} f_d a^2}{\frac{1}{6} b h^2} \leq f_{ctd}$$

a úpravou získáme vztah pro výpočet výšky patky

$$h \geq a \sqrt{\frac{3 f_d}{b f_{ctd}}}$$

## 6) Výstřednost $e$ a efektivní plocha $A_{eff}$

Efektivní zatěžovací plochu lze opět stanovit pomocí vztahu

$$A_{eff} = b(b - 2e),$$

kde

$$e = \frac{M_{Ed} + H_{Ed}h}{N_{Ed} + G_{0,d}},$$

kde

$$G_{0,d} = 1.35 \cdot 25 \cdot b^2 h.$$

# Posouzení patky z prostého betonu

Patku je nutné posoudit na následující.

- 1) Napětí v **tažených vláknech** patky – musí být menší než tahová pevnost betonu.
- 2) Napětí v **základové spáře** – musí být menší než pevnost zeminy.

# 1) Posouzení napětí v tažených vláknech patky

Napětí v tažených vláknech patky  $\sigma$  musí být menší než tahová pevnost betonu  $f_{ctd}$ .

$$\sigma_{ct} = \frac{M_c}{W} = \frac{\frac{1}{2} f_d a^2}{\frac{1}{6} b h^2} \leq f_{ctd}$$

kde

$$f_d = b \frac{N_{Ed}}{A_{eff}}.$$

**Upozornění:** Hodnotu  $M_c$  je nutné znovu spočítat (nelze převzít hodnotu vypočtenou na slidu 58), protože se změnila efektivní plocha (viz slide 61).

## 2) Posouzení napětí v základové spáře

Napětí v základové spáře musí být menší než pevnost zeminy. Musí platit

$$\sigma = \frac{N_{Ed} + G_{0,d}}{A_{eff}} \leq R_d,$$

kde  $G_{0,d}$  a  $A_{eff}$  jsou nejaktuálněji spočtené hodnoty (viz slide 61)\*.

\*Nejsou to ty předběžné hodnoty  $A_{eff}$  a  $G_0$  použité pro návrh rozměrů patky v kroku I.

# IV. Železobetonová patka

**Půdorysné** rozměry už jsou **určeny** z kroku I.

**Výšku** patky vhodně **zvolíme**.

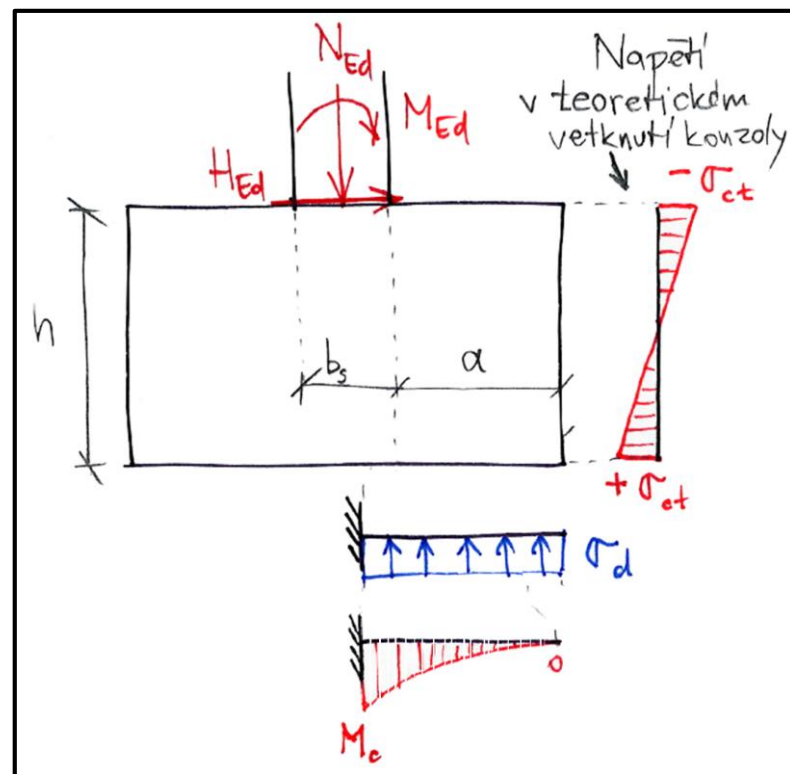
**Navrhne**me a **posoudíme** ohybovou **výztuž** patky.

# Statické schéma

Patku opět modelujeme jako ohýbanou **konzolu**, nyní však s **účinnou délkou  $l_k$** .

$$l_k = a + 0.15b_s,$$

kde  $a = 0.5(b - b_s)$ .



# Návrh železobetonové patky

Pro patku musíme **určit následující**.

- 1) Výšku železobetonové patky  $h$  (zvolíme) a vlastní tíhu patky  $G_{0,d}$
- 2) Hodnotu výstřednosti zatížení  $e$  a efektivní plochy  $A_{eff}$
- 3) Napětí  $\sigma_d$  a zatížení  $f_d$ , kterým podloží působí na patku
- 4) Moment od zatížení v teoretickém vetknutí konzoly  $M_c$
- 5) Plochu ohybové výztuže  $A_{s,prov}$  (navrhujeme)



# 1) Výška a vlastní tíha

Výšku patky  **$h$**  zvolte poloviční než v případě patky z prostého betonu a výšku zaokrouhlete na celé 50 mm dolů.

Při určování výšky patky lze také vycházet z předpokladu, že roznášecí úhel zatížení by měl být přibližně 45°. Pro vaše zadání však často vychází zbytečně vysoká patky při tomto úhlu. Proto pro účely cvičení raději volte výšku poloviční v porovnání s patkou z prostého betonu.

Vlastní tíha patky je

$$G_{0,d} = 1.35 \cdot 25 \cdot b^2 h.$$

## 2) Výstřednost $e$ a efektivní plocha $A_{eff}$

Efektivní zatěžovací plochu lze opět stanovit pomocí vztahu

$$A_{eff} = b(b - 2e),$$

kde

$$e = \frac{M_{Ed} + H_{Ed}h}{N_{Ed} + G_{0,d}}.$$

**Upozornění: Výšku  $h$  a vlastní tíhu  $G_{0,d}$  použijte tu skutečnou aktuální (předchozí slide) a ne hodnoty pro patku z prostého betonu.**

### 3) Napětí $\sigma_d$ a zatížení $f_d$ působící na patku

Napětí, kterým podloží působí na patku se určí ze vztahu

$$\sigma_d = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}},$$

kde  $A_{eff}$  viz předchozí slide.

Zatížení, kterým podloží působí na patku je

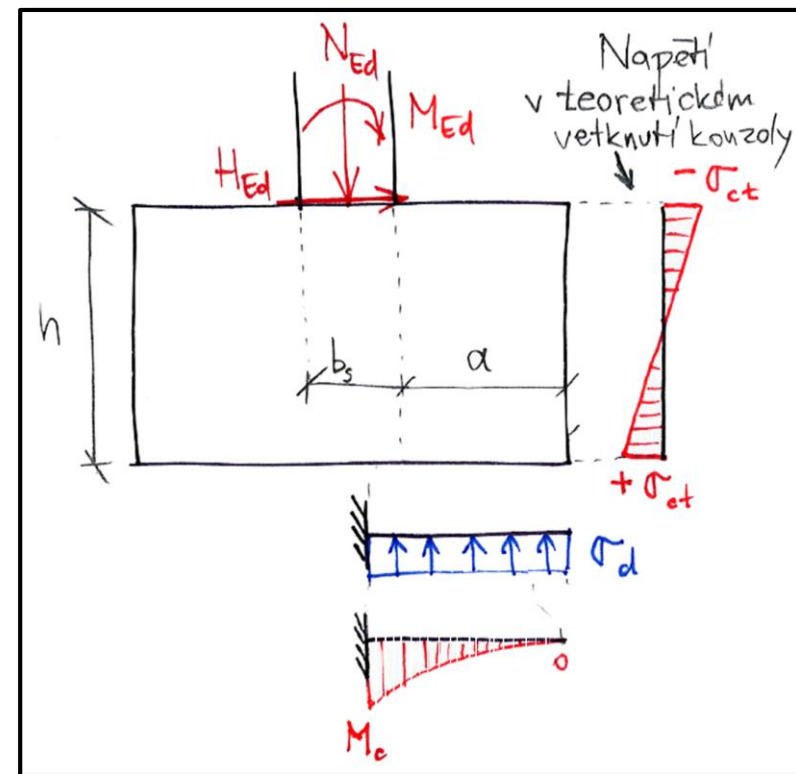
$$f_d = b\sigma_d.$$

## 4) Moment v teoretickém vetknutí konzoly

Moment ve vetknutí konzoly je

$$M_c = \frac{1}{2} f_d l_k^2,$$

kde  $l_k = 0.5(b - b_s) + 0.15b$ .



## 5) Plocha ohybové výztuže

Navrhujeme ohybovou výztuž úplně stejně, jako se navrhuje ohybová výztuž v trámu.

$$d = h - c - \varnothing - \varnothing/2 \text{ (bezpečně uvažujeme, že výztuž uložili dále od povrchu)}$$

kde  $c = 40 \text{ mm}$  (uvažujeme, že pod patkou je podkladní beton),

$\varnothing$  volte 14 mm až 20 mm.

## 5) Plocha ohybové výztuže

Navrhujeme ohybovou výztuž úplně stejně, jako se navrhuje ohybová výztuž v trámu.

$$d = h - c - \varnothing - \varnothing/2 \text{ (bezpečně uvažujeme, že výztuž uložili dále od povrchu)}$$

$$z = 0.9d \text{ (odhad)}$$

$$A_{s,req} = \frac{M_c}{z f_{yd}}$$

$$A_{s,min} = 0.0013bd$$

$$s_{max} = 300 \text{ mm}$$

$$\rightarrow \mathbf{XX} \times \varnothing \mathbf{YY} \left( A_{s,prov} = \mathbf{ZZ} \text{ mm}^2 \right)$$

# Posouzení železobetonové patky

U železobetonové patky je nutné posoudit následující.

- 1) Únosnost **ohybové výztuže** – musí být větší než moment na konzole.
- 2) Napětí v **základové spáře** – musí být menší než pevnost zeminy.
- 3) Protlačení patky\*.

\*V praxi by v případě nízké patky bylo nutné patku posoudit na protlačení. Proces posouzení protlačení je podobný jako u protlačení sloupu, ale je iterační a zdlouhavý. Ve cvičení není nutné protlačení posuzovat.

# 1) Posouzení únosnosti ohybové výztuže

Klasické posouzení ohybové výztuže.

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

$$z = d - 0.4x$$

$$M_{Rd} = A_{s,prov} f_{yd} z$$

$$\mathbf{M_c \leq M_{Rd}}$$



## 2) Posouzení napětí v základové spáře

Napětí v základové spáře musí být menší než pevnost zeminy. Musí platit

$$\sigma = \frac{N_{Ed} + G_{0,d}}{A_{eff}} \leq R_d,$$

kde  $G_{0,d}$  a  $A_{eff}$  jsou nejaktuálněji spočtené hodnoty (viz slide 68 a 69)\*.

\*Nejsou to ty předběžné hodnoty  $A_{eff}$  a  $G_0$  použité pro návrh rozměrů patky v kroku I ani hodnoty pro patku z prostého betonu.

# Skica tvaru a výztuže

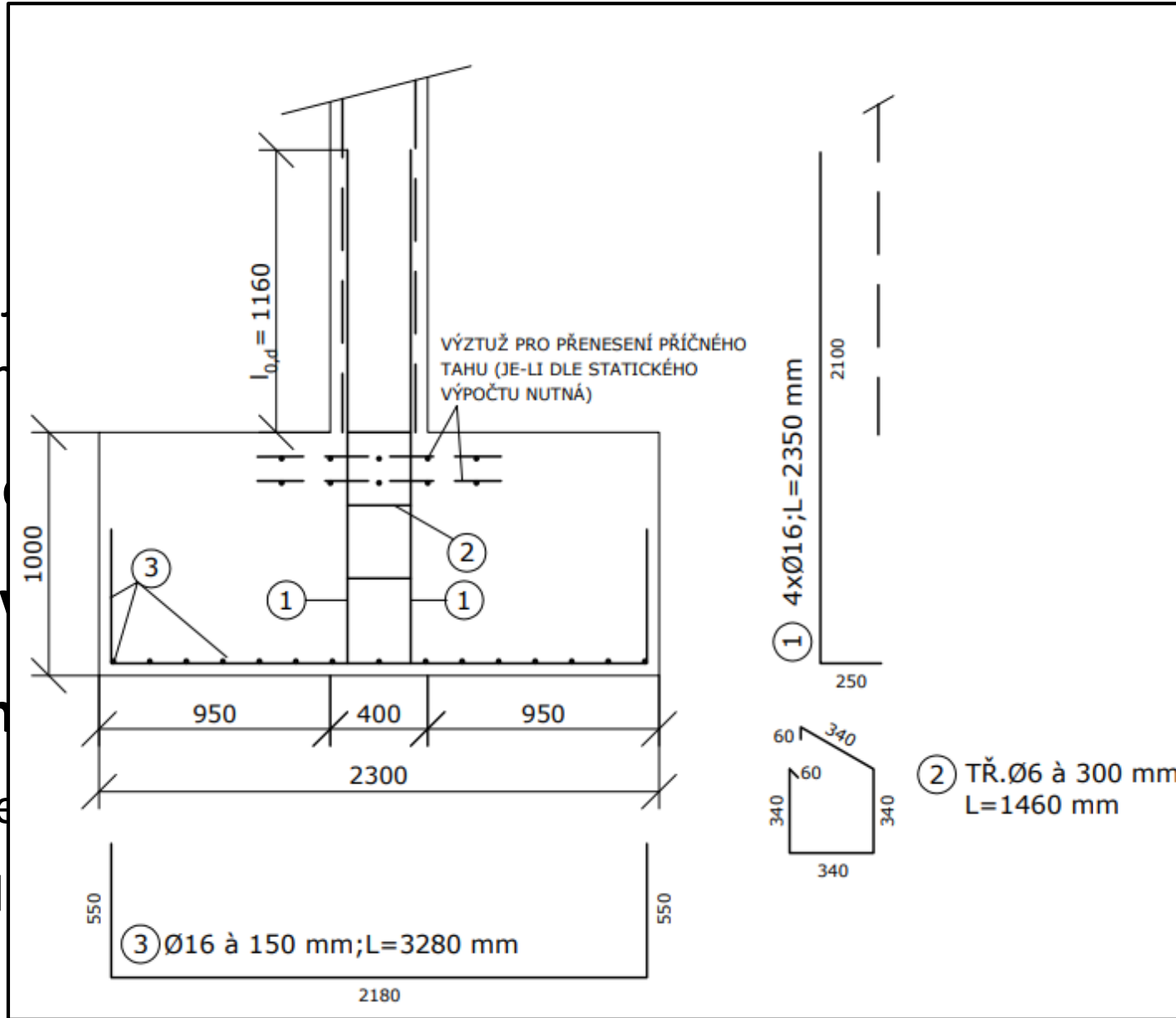
Skicu zpracujte pro patku z prostého betonu i železobetonu. Skica výztuže by měla obsahovat:

- vámi navrženou **hlavní ohybovou výztuž** patky
- **startovací výztuž** pro sloupy
- **konstrukční výztuž** patky
  - horní v řešeném řezu
  - horní a dolní v druhém směru
  - spony

Skicu zpracuj  
výztuže by m

- vámi navrže
- **startovací v**
- **konstrukčn**

- horní v ře
- horní a d
- spony

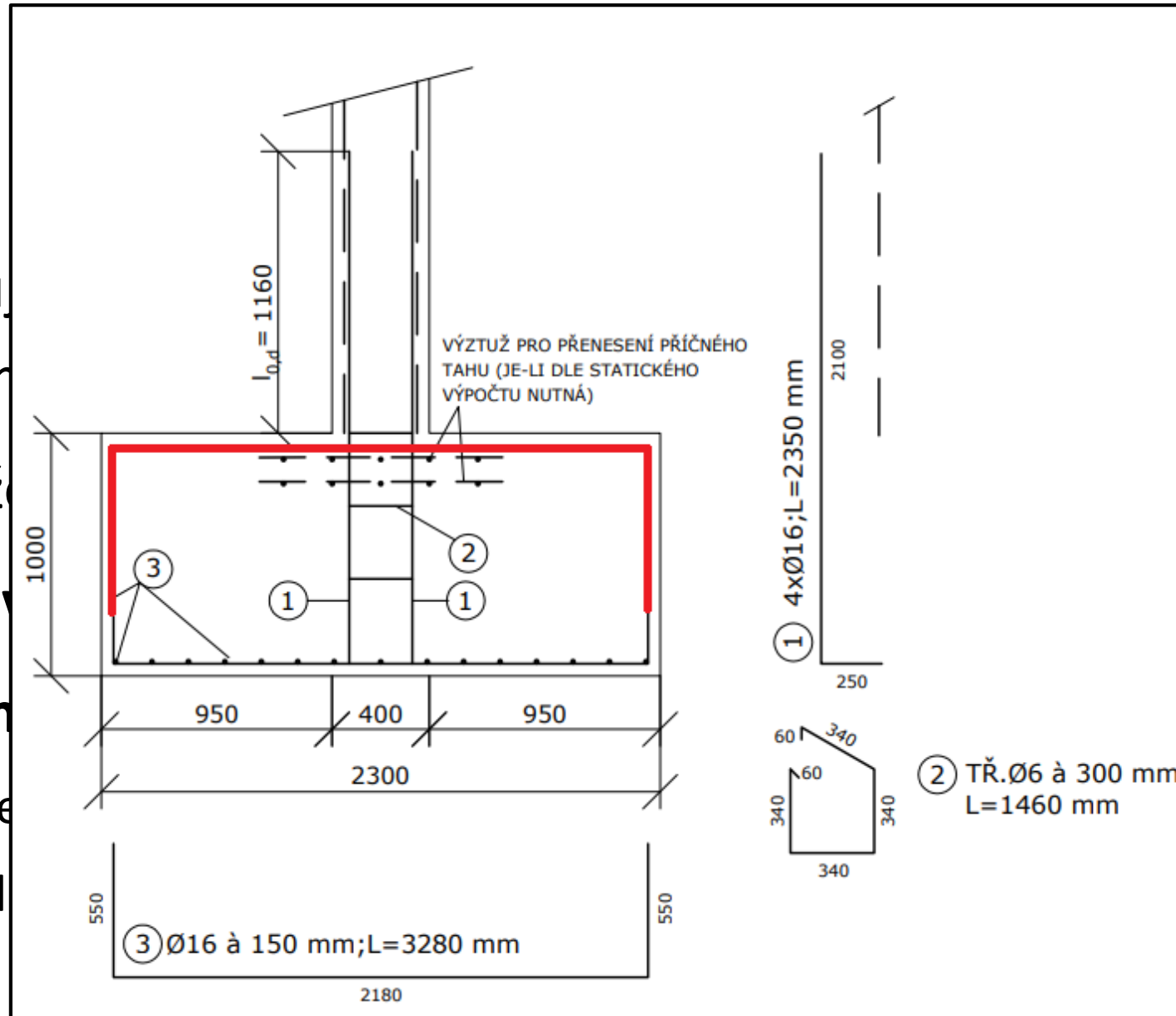


Skica

Skicu zpracuj  
výztuže by m

- vámi navrže
- **startovací v**
- **konstrukčn**

- horní v ře
- horní a d
- spony

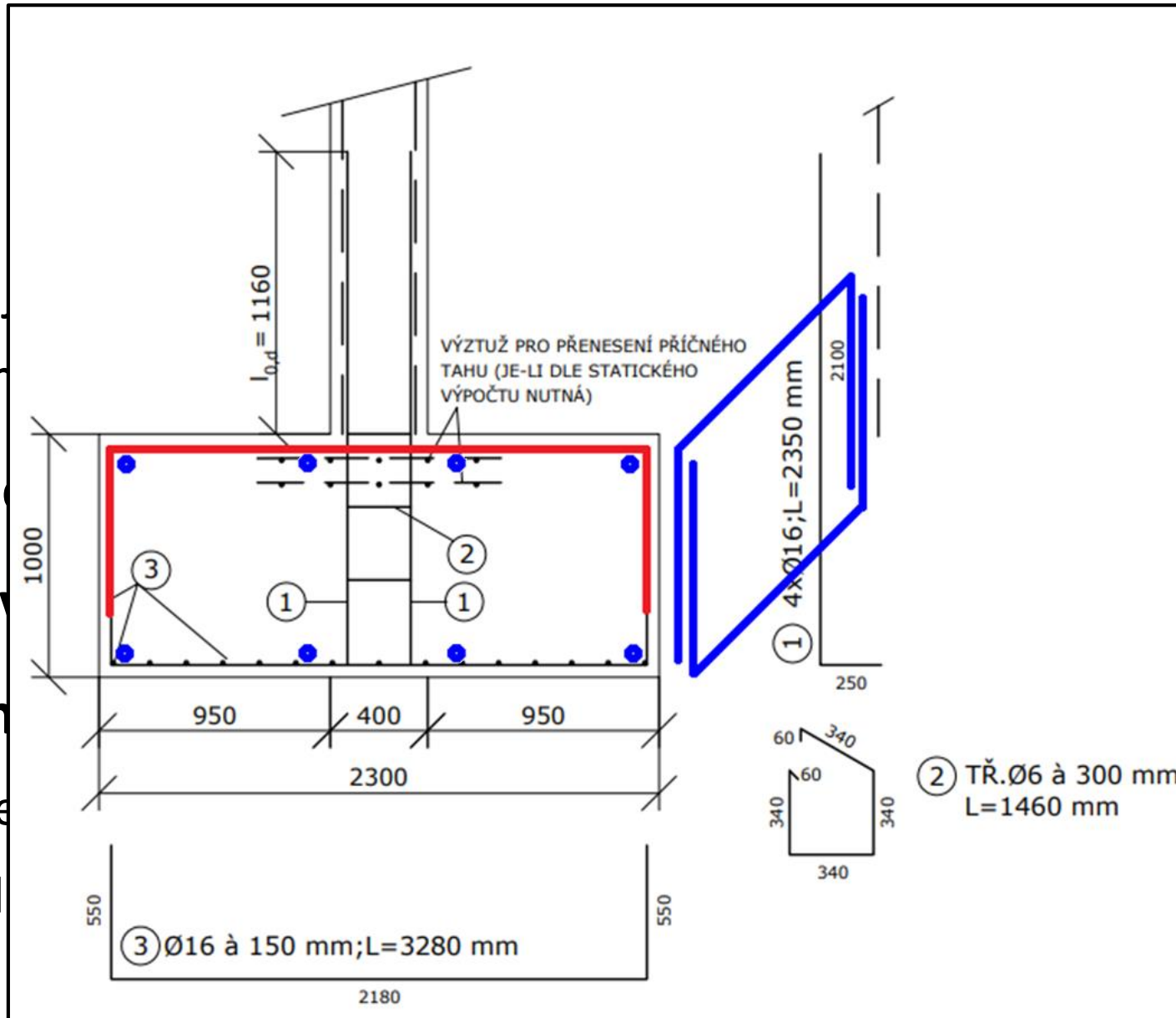


Skica

Skicu zpracuj  
výztuže by m

- vámi navrže
- **startovací v**
- **konstrukčn**

- horní v ře
- horní a d
- spony

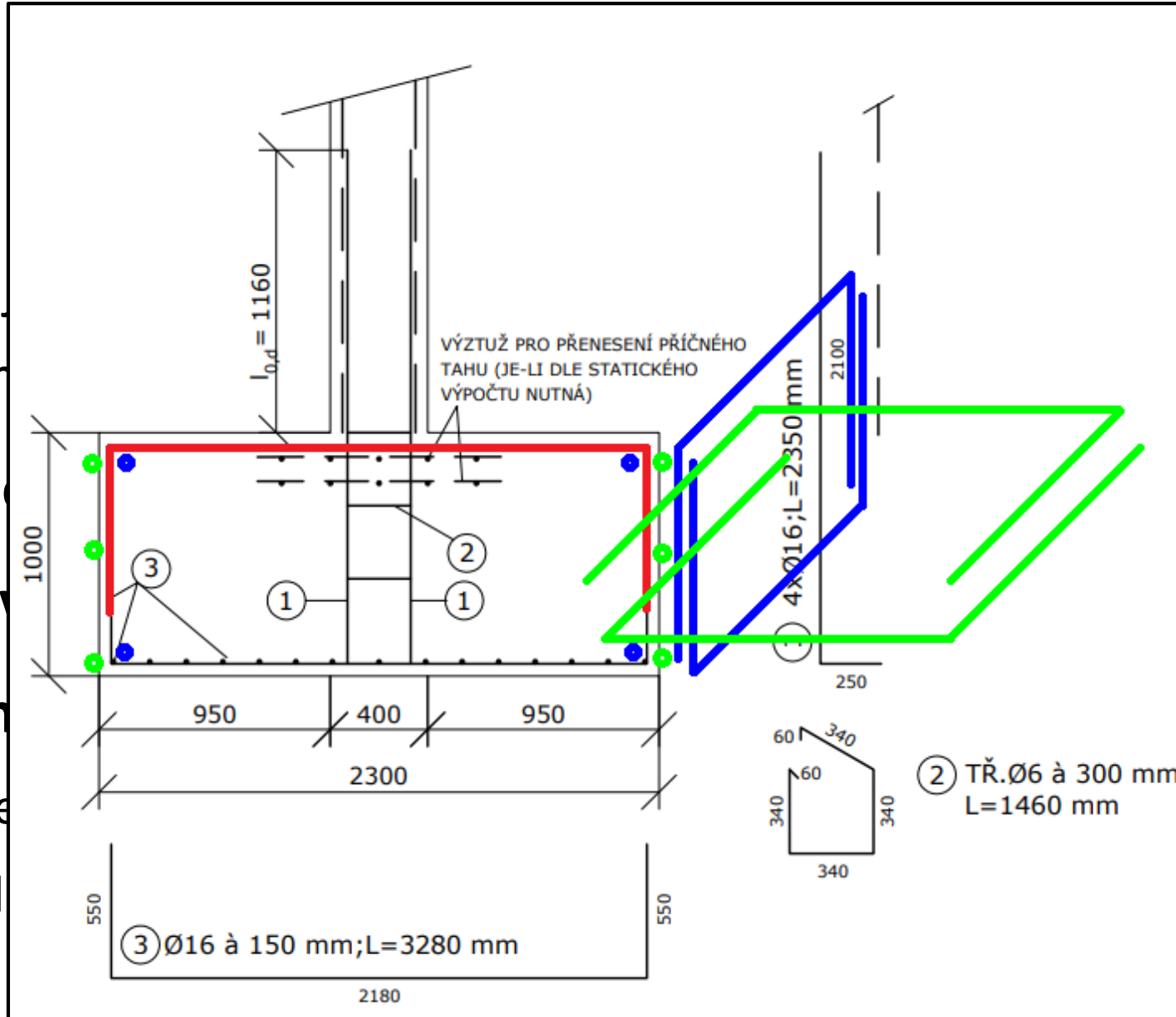


Skica

Skicu zpracuj  
výztuže by m

- vámi navrže
- **startovací v**
- **konstrukčn**

- horní v ře
- horní a d
- spony

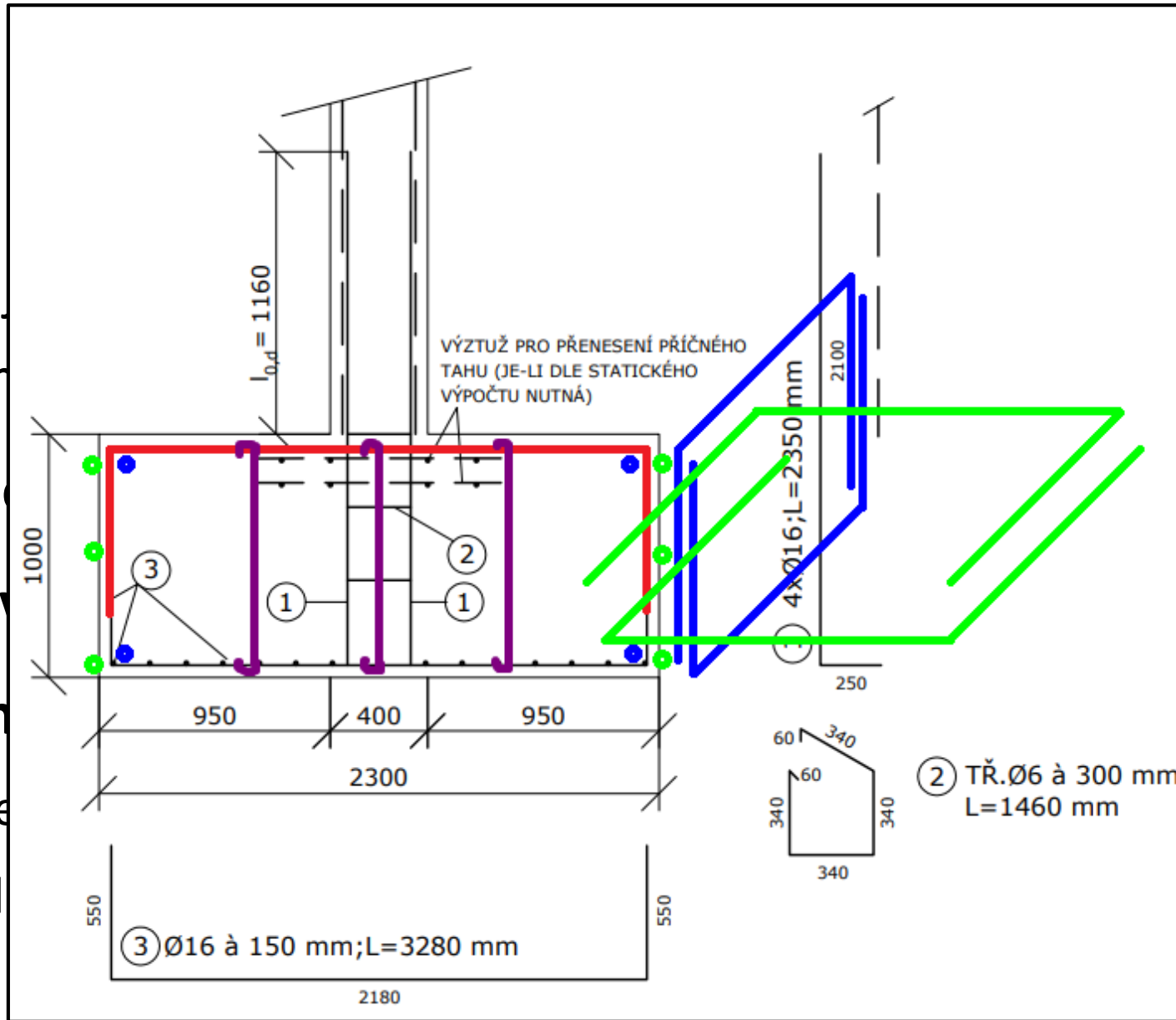


Skica

Skicu zpracuj  
výztuže by m

- vámi navrže
- **startovací**
- **konstrukčn**

- horní v ře
- horní a d
- spony



Skica

Konec