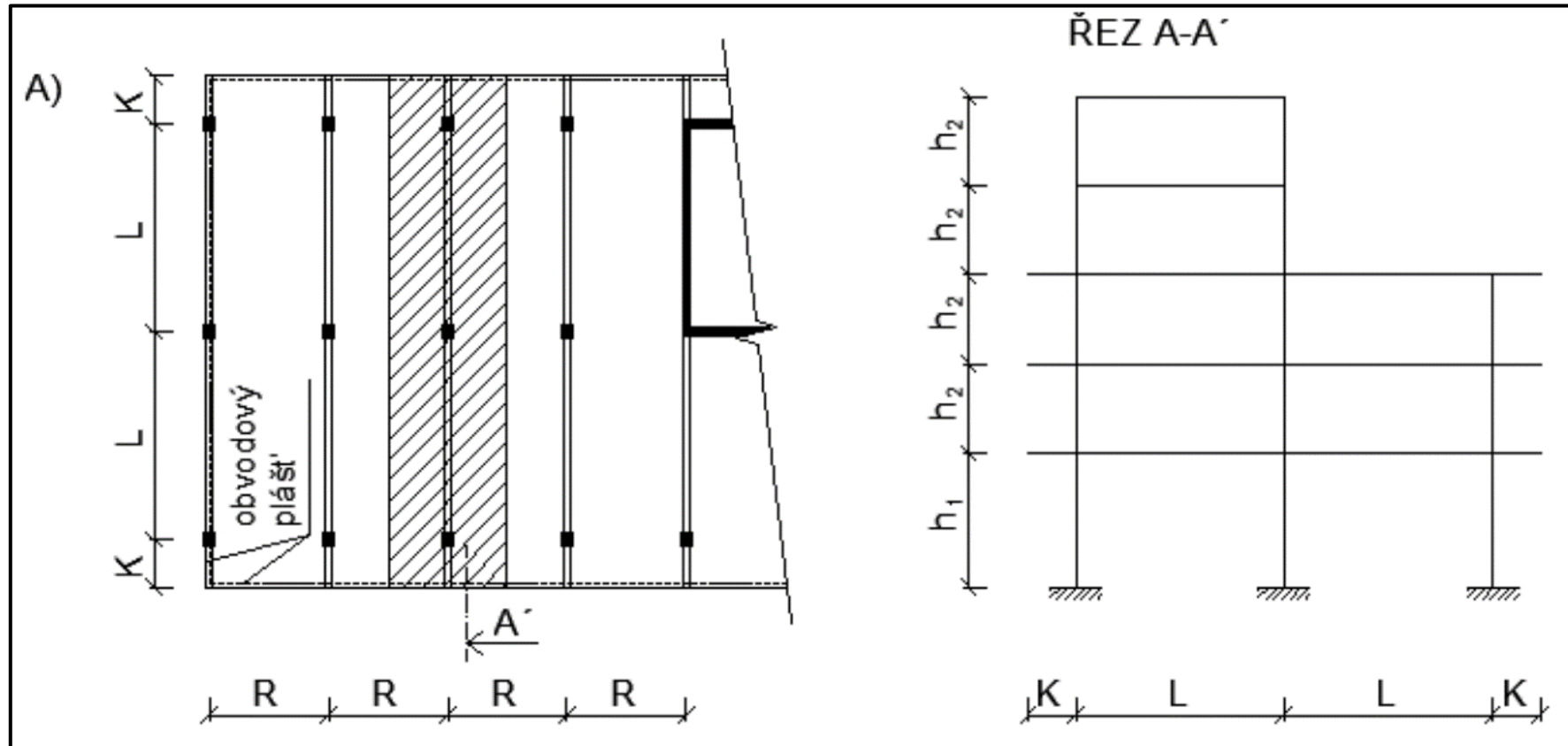




Železobetonová rámová konstrukce

Návrh a posouzení výztuže štíhlého sloupu a schéma výztuže rámu

Řešená konstrukce (var A)



Všechny úkoly této úlohy

1. Návrh rozměrů a výpočet zatížení
2. Statický výpočet
 - a) Vnitřní síly pomocí SCIA, obálka momentů
 - b) Návrh a posouzení sloupu (moment 2. řádu, interakční diagram)**
3. Schéma vyztužení celého rámu
4. Výkres vyztuže sloupu

Postup návrhu a posouzení sloupu

1) Výpočet **momentu prvního řádu**:

- a) Výpočet vnitřních sil od zatížení pomocí lineárního výpočtu (např. SCIA Engineer).
- b) Výpočet momentu od geometrické imperfekce.
- c) Výpočet momentu prvního řádu.

2) Výpočet **štíhlosti sloupu**.

3) **Návrh výztuže**.

- a) Odhad momentu 2. řádu.
- b) Odhad návrhového ohybového momentu s účinky 2. řádu.
- c) Návrh výztuže.

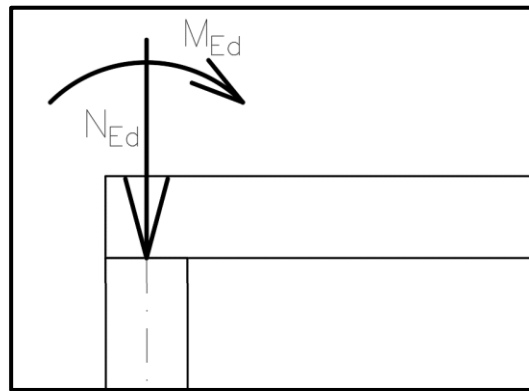
4) **Posouzení sloupu**

- a) Výpočet momentu 2. řádu.
- b) Výpočet návrhového ohybového momentu s účinky 2. řádu.
- c) Posouzení sloupu pomocí interakčního diagramu.

Výpočet momentu prvního řádu

Vnitřní síly od zatížení

Základními hodnotami pro návrh a posouzení sloupu jsou **vnitřní síly z lineárního výpočtu***. Tyto vnitřní síly (N_{Ed} a M_i^\dagger) jsou vypočítané **pro ideální konstrukci** a působící na střednici sloupu.



* V našem případě z programu SCIA Engineer.

† Moment se liší po výšce sloupu. Moment v hlavě sloupu se značí jako M_{top} . Moment v patě sloupu se značí jako M_{bot} .

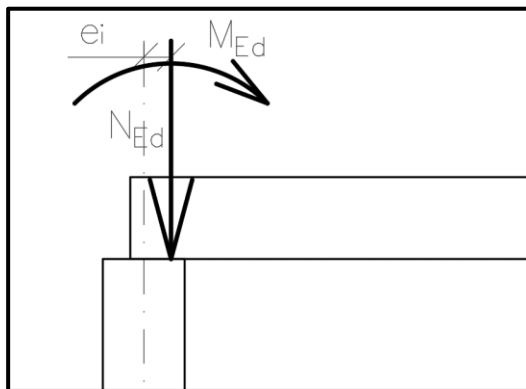
Moment od geometrické imperfekce

Ve skutečnosti však při výstavbě **vznikají různé geometrické odchylky***, které **způsobují moment od geometrické imperfekce**

$$M_{imp} = |N_{Ed}|e_i,$$

kde N_{Ed} je působící normálová síla,

e_i je výstřednost způsobená geometrickými odchylkami.



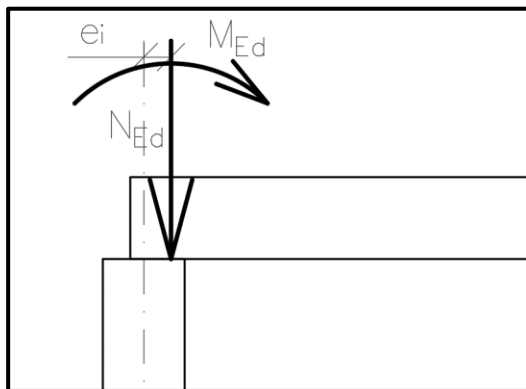
Moment od geometrické imperfekce

Ve skutečnosti však při výstavbě **vznikají různé geometrické odchylky***, které **způsobují moment od geometrické imperfekce**

$$M_{imp} = |N_{Ed}|e_i,$$

kde N_{Ed} je působící normálová síla,

e_i je výstřednost způsobená geometrickými odchylkami.



Výpočet momentu od geometrické imperfekce

Výstřednost způsobená geometrickými odchylkami **závisí na geometrii konstrukce a normových parametrech.**

Postup výpočtu výstřednosti je uveden v normě [1, kap. 5.2] a výukových podkladech [2, 3].

Moment prvního řádu

Pro návrh a posouzení sloupu budeme uvažovat, že **současně působí ohybový moment od zatížení M_i a ohybový moment od geometrické odchylky M_{imp} .**

Tento moment se nazývá ***moment prvního řádu****

$$M_{0Ed} = M_i + M_{imp},$$

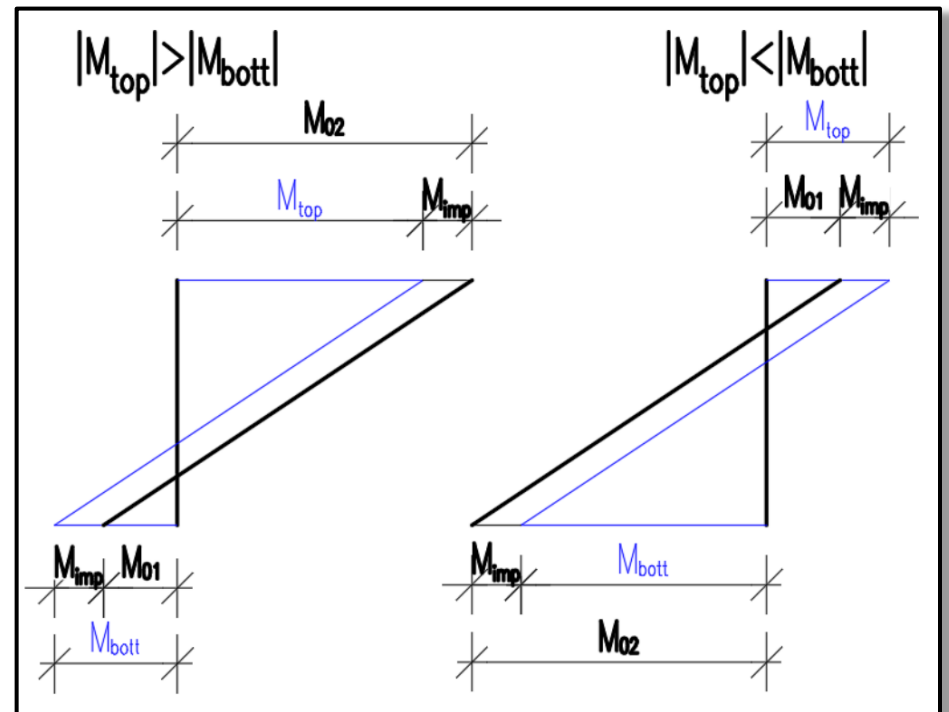
kde M_i je moment od zatížení v daném místě sloupu. My vyšetřujeme dvě polohy – v hlavě sloupu (M_{top}) a v patě sloupu (M_{bot}).

Moment prvního řádu

Hodnota momentu prvního řádu M_{0Ed} je různá po výšce sloupu. Pro **koncové momenty*** prvního řádu se používá značení:

M_{01} pro **menší** koncový moment,

M_{02} pro **větší** koncový moment.



Moment prvního řádu

Moment prvního řádu **musíme vypočítat** jak **v hlavě** sloupu, tak **v patě** sloupu. V naší úloze pro zjednodušení provedeme výpočet pouze pro jeden sloup (vybere cvičící) a jednu kombinaci zatížení (KZS1)*.

Postup výpočtu momentu prvního řádu je uveden ve výukových podkladech [2, 3].

Výpočet štíhlosti sloupu

Výpočet štíhlosti sloupu

Před návrhem a posouzením musíme stanovit, **zda je sloup štíhlý***.

Výpočet štíhlosti sloupu

Před návrhem a posouzením musíme stanovit, **zda je sloup štíhlý***.

Výpočet štíhlosti sloupu

Štíhlost ověříme pomocí podmínky

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

kde λ je **štíhlost sloupu**,
 λ_{lim} je **limitní štíhlost***.

Postup výpočtu štíhlosti sloupu a limitní štíhlosti je uveden ve výukových podkladech [2, 3].

Výpočet štíhlosti sloupu

Pokud podmínka **nevyhoví** (tj. $\lambda > \lambda_{lim}$), tak je **sloup štíhlý** a musíme při návrhu i posouzení zohlednit **moment druhého řádu**.

V našem úkolu zohledníme moment druhého řádu vždy –
tj. i v případě, že podmínka vyhoví.

Návrh výztuže

Odhad momentu 2. řádu

Pro návrh výztuže potřebujeme znát celkový návrhový moment, který v sobě obsahuje moment druhého řádu.

Moment druhého řádu ale závisí na vyztužení, které v tuto chvíli neznáme, a proto **provedeme pouze odhad momentu druhého řádu.**

Odhad momentu 2. řádu

Moment druhého řádu vypočítáme pomocí vztahu

$$M_2 = N_{Ed} e_2,$$

kde N_{Ed} je návrhová hodnota normálové síly*,
 e_2 je deformace 2. řádu.

Postup odhadu deformace 2. řádu je uveden ve výukovém podkladu [2].

Odhad návrhového momentu s účinky 2. řádu

Pro výpočet celkového návrhového momentu musíme kromě momentu druhého řádu stanovit také **ekvivalentní koncový moment**.

Pomocí momentů prvního řádu v patě a hlavě sloupu vypočítáme ekvivalentní koncový moment

$$M_{0e} = |C_m| M_{02}.$$

Postup výpočtu ekvivalentního koncového momentu je uveden ve výukovém podkladu [2].

Odhad návrhového momentu s účinky 2. řádu

Následně pomocí ekvivalentního koncového momentu, koncových momentů a odhadnutého momentu 2. řádu vypočítáme ***návrhový ohybový moment* s účinky 2. řádu***

$$M_{Ed} = \max \left(M_{02}; M_{0e} + M_2; |M_{01} - 0.5M_2 - 2M_{imp}|; |N_{Ed}| \left(\frac{h}{30}; 20 \text{ mm} \right) \right).$$

Postup výpočtu návrhového momentu je uveden ve výukovém podkladu [2].

Návrh výztuže

Pro stanovený návrhový ohybový moment s účinky 2. řádu M_{Ed} a maximální normálovou sílu N_{Ed} (z KSZ1) navrhujeme výztuž sloupu. Pro návrh využijeme **nomogramy**, předpoklad **dostředného tlaku** a **konstrukční zásady**.

Do sloupu navrhujeme symetricky profil a počet prutů výztuže a do rámečku napíšeme: **NÁVRH: n x \emptyset_s ($A_{s,prov} = \dots \text{mm}^2$)**.

Postup návrhu výztuže je uveden ve výukových podkladech [2, 4, 5, 6].

Posouzení sloupu

Výpočet momentu 2. řádu

Vzhledem k tomu, že již známe vyztužení sloupu, tak můžeme **přesně vypočítat moment 2. řádu**. Moment druhého řádu vypočítáme pomocí vztahu

$$M_2 = N_{Ed}e_2,$$

kde N_{Ed} je návrhová hodnota normálové síly,
 e_2 je deformace 2. řádu.

Postup přesného výpočtu deformace 2. řádu je uveden v normě [1, kap. 5.8.8.2] a ve výukových podkladech [2, 3].

Výpočet návrhového momentu s účinky 2. řádu

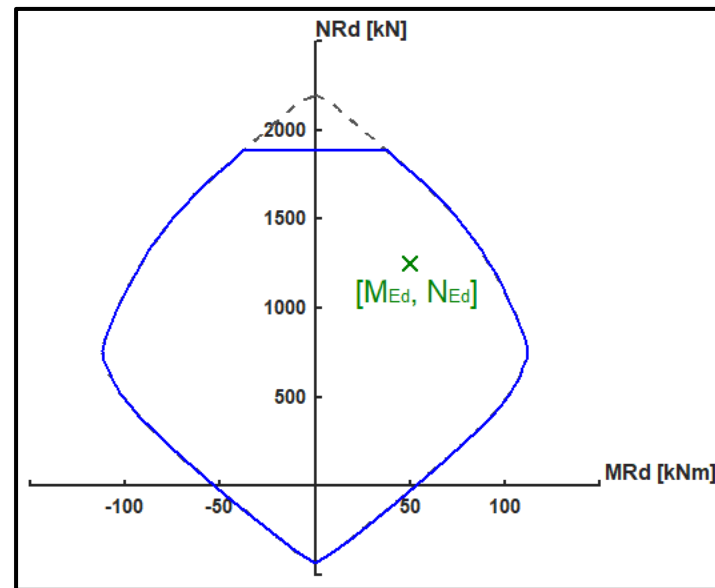
Pomocí přesného momentu 2. řádu můžeme vypočítat **přesný návrhový ohybový moment s účinky 2. řádu**

$$M_{Ed} = \max \left(M_{02}; M_{0e} + M_2; |M_{01} - 0.5M_2 - 2M_{imp}|; |N_{Ed}| \left(\frac{h}{30}; 20 \text{ mm} \right) \right).$$

Postup přesného výpočtu návrhového ohybového momentu je uveden ve výukových podkladech [2, 3].

Posouzení sloupu

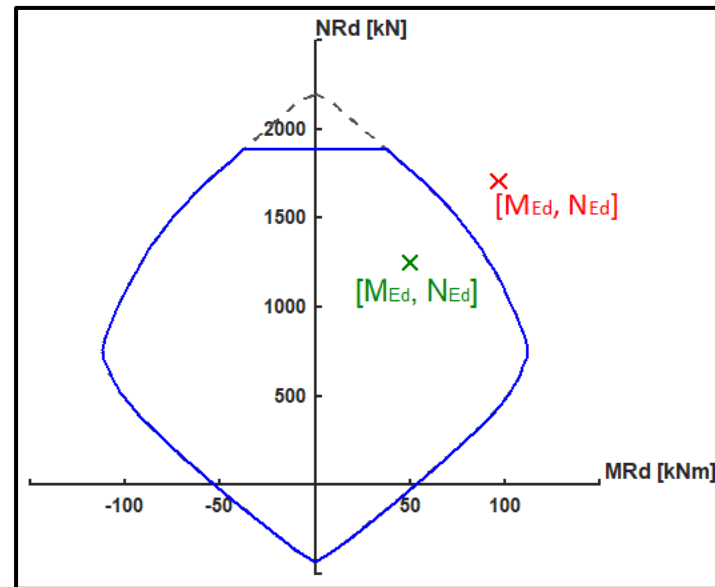
Posouzení průřezu sloupu děláme pomocí interakčního diagramu. Nejprve sestojíme interakční diagram průřezu a následně do něj vyneseme bod znázorňující působící vnitřní síly.



Posouzení sloupu

Pokud **bod** leží **uvnitř** digramu, návrh **vyhovuje**.

Pokud **bod** leží **mimo** diagram, návrh **nevyhovuje**.



Posouzení sloupu

Pro sestrojení interakčního diagramu průřezu s navrženou výztuží můžete použít software – např. [FIN EC](#) nebo [InDiOn](#). Interakční diagram také můžete sestrojít ručně.

Postup ručního sestrojení interakčního diagramu je uveden ve výukových podkladech [7, 8, 9].

Pro posouzení použijte **maximální normálovou sílu** v patě sloupu (z KZS1) a **přesný návrhový ohybový moment s účinky 2. řádu**.

Posouzení sloupu

Pokud v domácím úkolu posouzení nevyhoví, navrhněte úpravu, která by podle vás problém vyřešila. Úkol pak už nemusíte přepočítávat.

Výkres výztuže sloupu

Výkres výztuže sloupu

Před tvorbou výkresu výztuže sloupu je nutné:

- navrhnout třmínky sloupu,
- vypočítat přesahovou délku podélné výztuže.

Postup návrhu třmínků a výpočtu stykovací délky je uveden ve výukových podkladech [2, 10].

Výkres výztuže sloupu

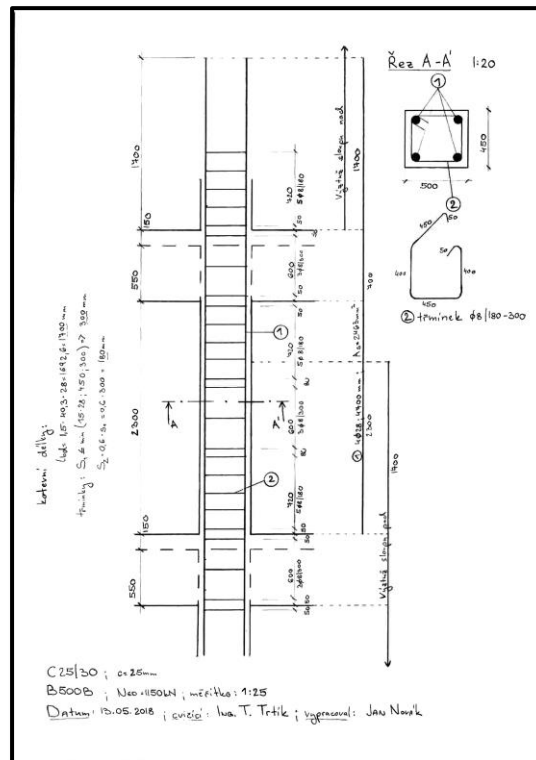
Výkres výztuže vypracujte v ruce nebo v CADu **na papír A4.**

Výkres musí obsahovat:

- 1x svislý podélný řez, 1x příčný řez
- podélnou výztuž a příčnou výztuž,
- rozkreslenou výztuž (tvary prutů),
- uvedení přesahových délek,
- kóty, poznámky a rozpisku.

Výkres výztuže sloupu – příklad

Tento příklad výkresu sloupu je pro vnitřní sloup typického podlaží a může **může se lišit od vámi řešeného sloupu!** Dbejte na to, zda máte krajní sloup (trám jen z jedné strany) nebo sloup v 1NP (patka pod sloupem.).



Výkres

Tento příklad výkresu
Dbejte na to, zda
sloup v 1NP (patka

říklad

ni řešeného sloupu!
jedné strany) nebo

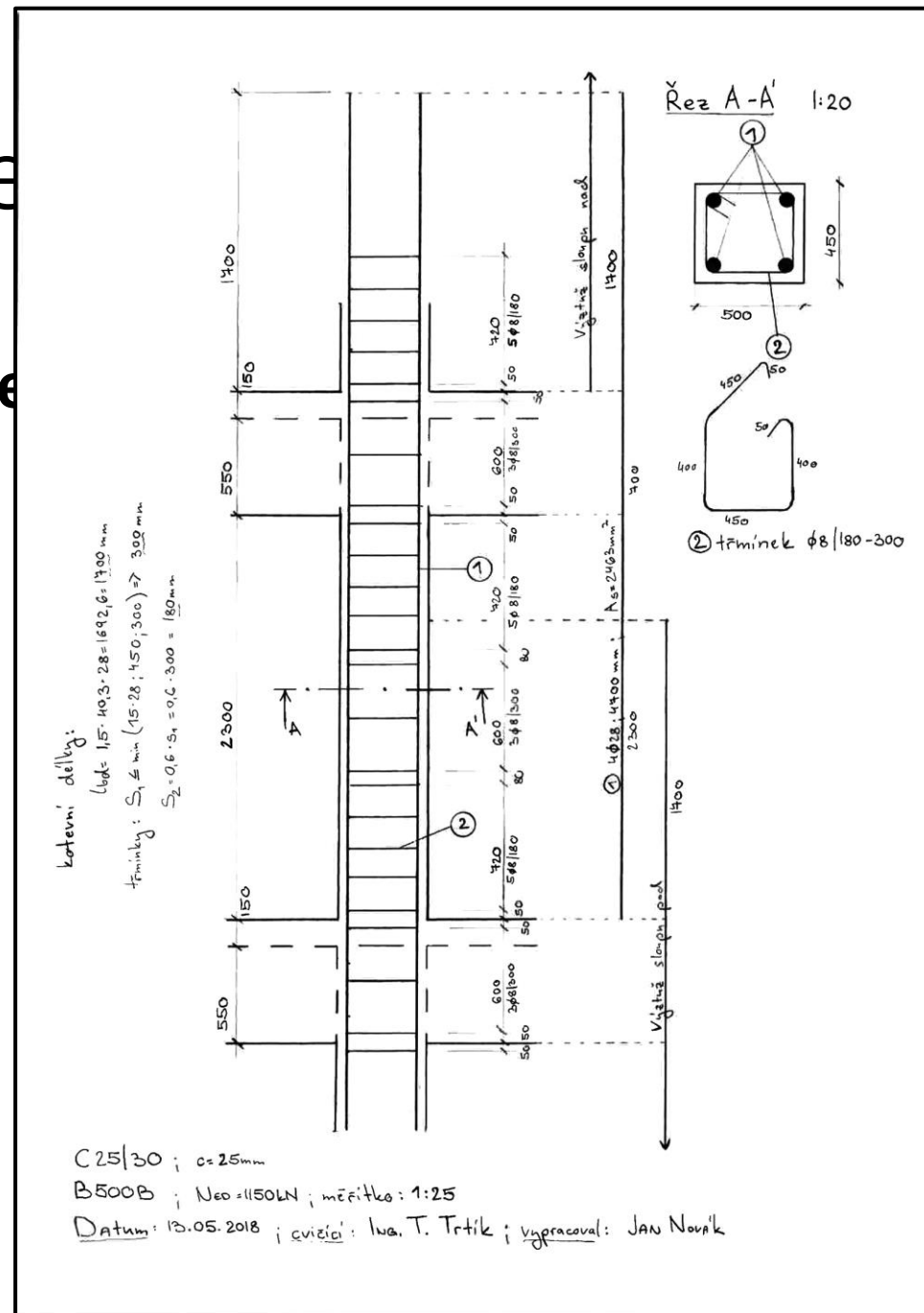
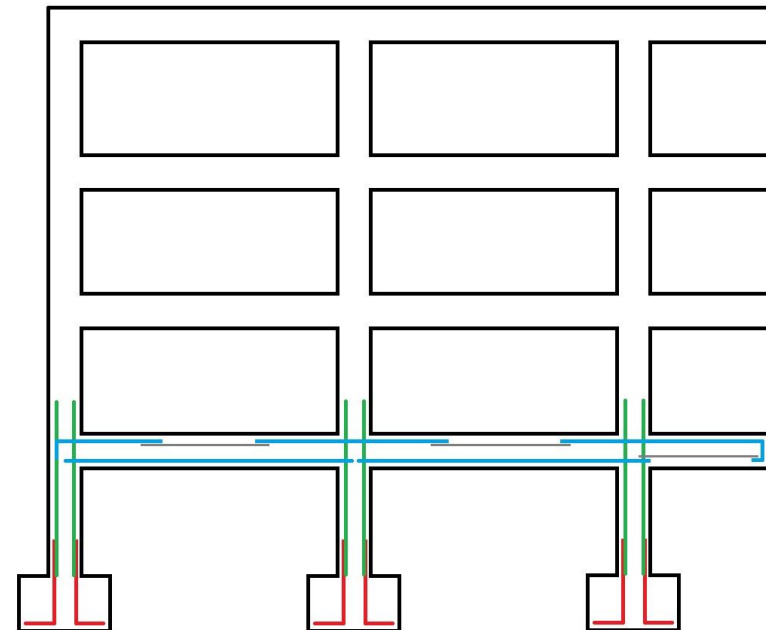


Schéma vyztužení celého rámu

Schéma výztužení celého rámu

Vykreslete (ručně nebo na počítači) schéma vašeho rámu a do schématu zakreslete různými barvami nebo tloušťkami:

- hlavní nosnou podélnou výztuž,
- konstrukční podélnou výztuž.



díky za pozornost

Reference

- [1] ČSN EN 1992-1-1 [Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby](#) (Kap. 4.4.1), [norma].
- [2] M. Tipka. [Návod pro cvičení BK01 – cvičení 3](#), [doc].
- [3] M. Tipka. [Posouzení štíhlého železobetonového sloupu](#), [doc].
- [4] M. Tipka. [Nomogramy pro návrh průřezů souměrně vyztužených sloupů](#), [doc].
- [5] J. Holan. [Prezentace pro cvičení NNKB – Návrh výztuže sloupu](#), [ppt].
- [6] J. Holan. [Videoprezentace pro cvičení NNKB – Návrh výztuže sloupu](#), [youtube].
- [7] J. Holan. [Prezentace pro cvičení NNKB – Únosnost a posouzení průřezu namáhaného M+N](#), [ppt].
- [8] J. Holan. [Videoprezentace pro cvičení NNKB – Výpočet únosnosti průřezu namáhaného kombinací N+M](#), [youtube].
- [9] J. Holan. [Videoprezentace pro cvičení NNKB – Posouzení průřezu namáhaného kombinací N+M](#), [youtube].
- [10] M. Tipka. [Kotvení výztuže](#), [doc].
- [11] J. Holan. [Prezentace pro cvičení BK01 v roce 2021 – Návrh a posouzení výztuže sloupu](#), [ppt].
- [12] M. Tipka. [Nomogramy pro návrh průřezů souměrně vyztužených sloupů](#), [doc].
- [13] M. Tipka. [Konstrukční zásady pro sloupy](#), [doc].

Poděkování

Děkuji **Radku Štefanovi, Tomáši Trtíkovi a Romanu Chylíkovi** za časté konzultace při vypracovávání prezentace.

Děkuji **Petru Bílému a Martinovi Tipkovi** za vytvoření a udržování oficiálních podkladů, ze kterých vychází tato prezentace.