# Schéma vyztužení rámu a výkres výztuže trámu

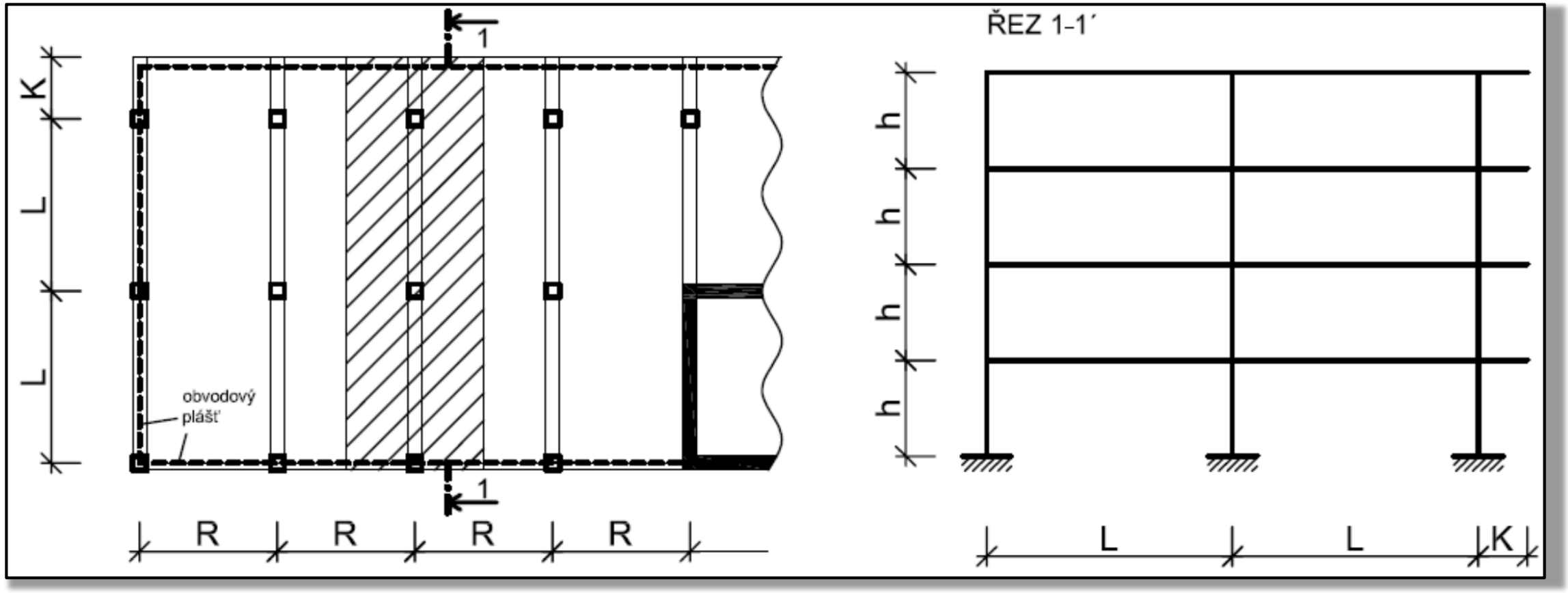
Prezentace k cvičení BK01/BZKQ – Úkol 1.6

7bratrstvo

Autor: Roman Chylík, Jakub Holan

Poslední aktualizace: 13.10.2020 13:00

# Řešená úloha



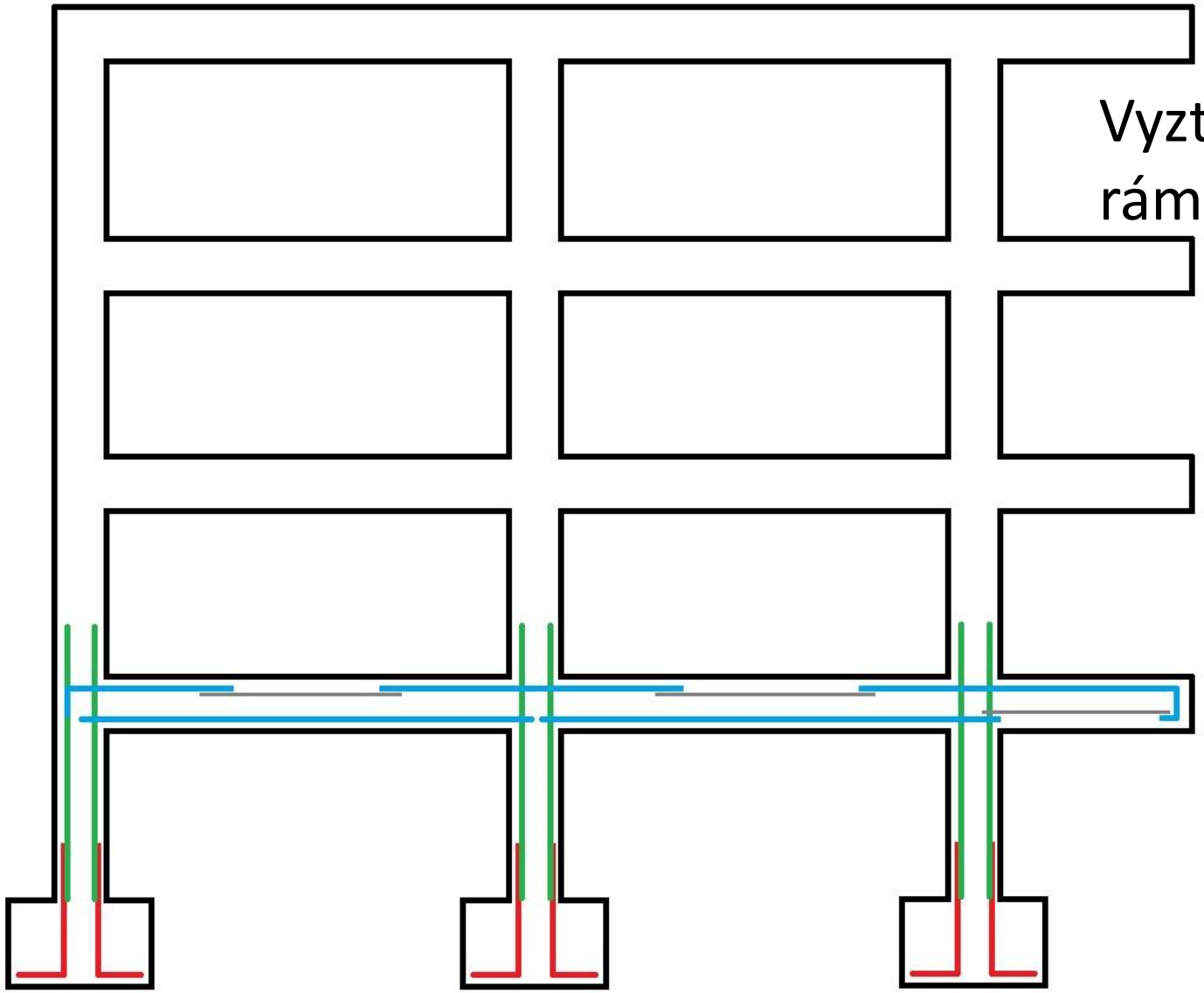
# Stádium řešené úlohy

1. Návrh rozměrů a výpočet zatížení
2. Statický výpočet
   a) Výpočet vnitřních sil pomocí SCIA ENGINEER – obálka ohybových momentů a posouvajících sil
   b) Úprava (redistribuce a redukce) ohybových momentů
   c) Návrh výztuže a posouzení průřezů příčle – ohyb a smyk
   d) Návrh výztuže a posouzení průřezu sloupu – kombinace ohybu a tlaku
3. Schéma vyztužení rámu
4. Výkres výztuže části rámu

# Náplň úkolu 1.6

- Schéma vyztužení celého rámu
- Výkres výztuže vybrané části rámu
- Kotevní a přesahová délka

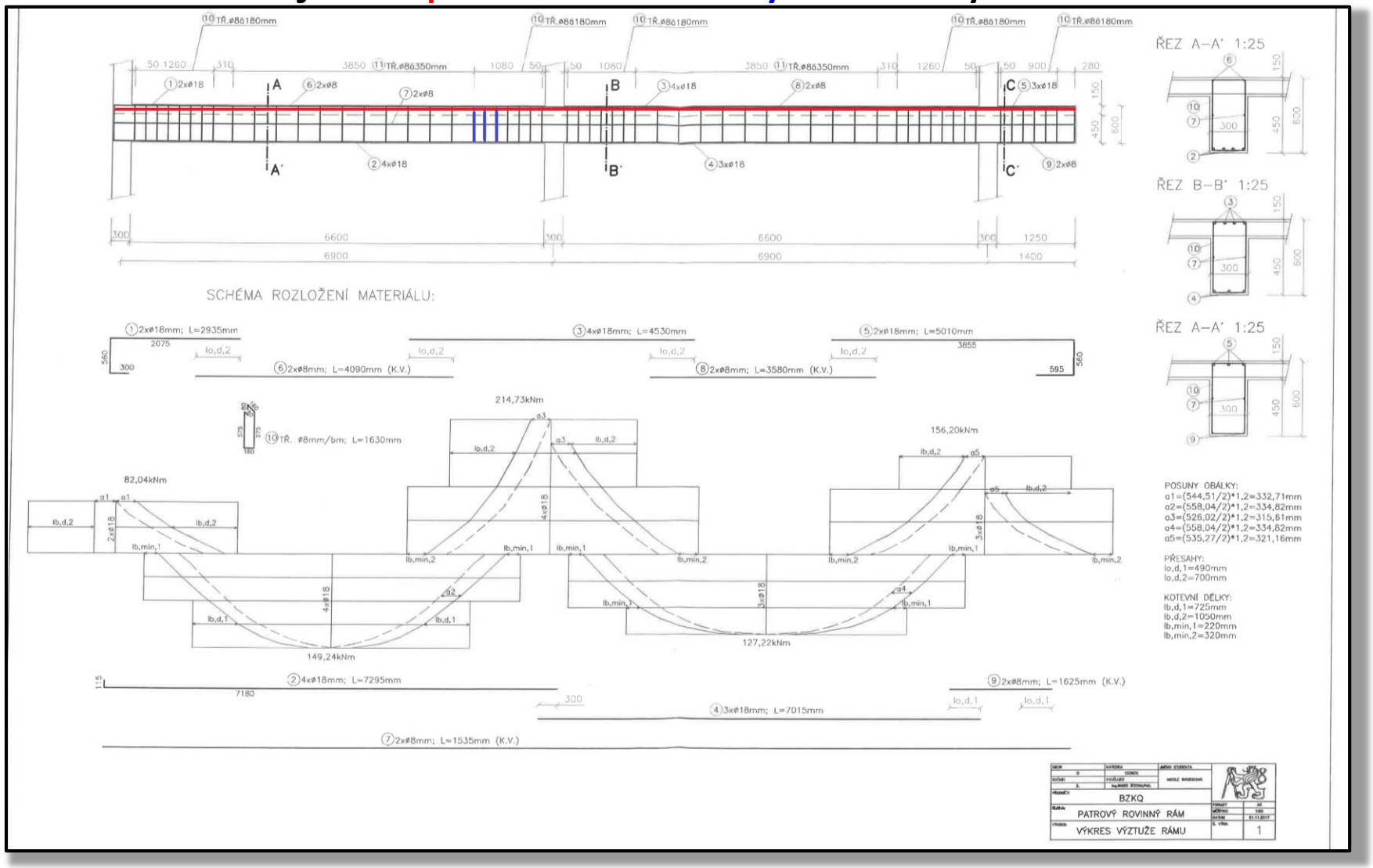
# Schéma vyztužení celého rámu



Vyztužení horní části rámu doplňte sami.

# Výkres výztuže vybrané části rámu

Do výkresu zakreslujeme podélnou a smykovou výztuž.

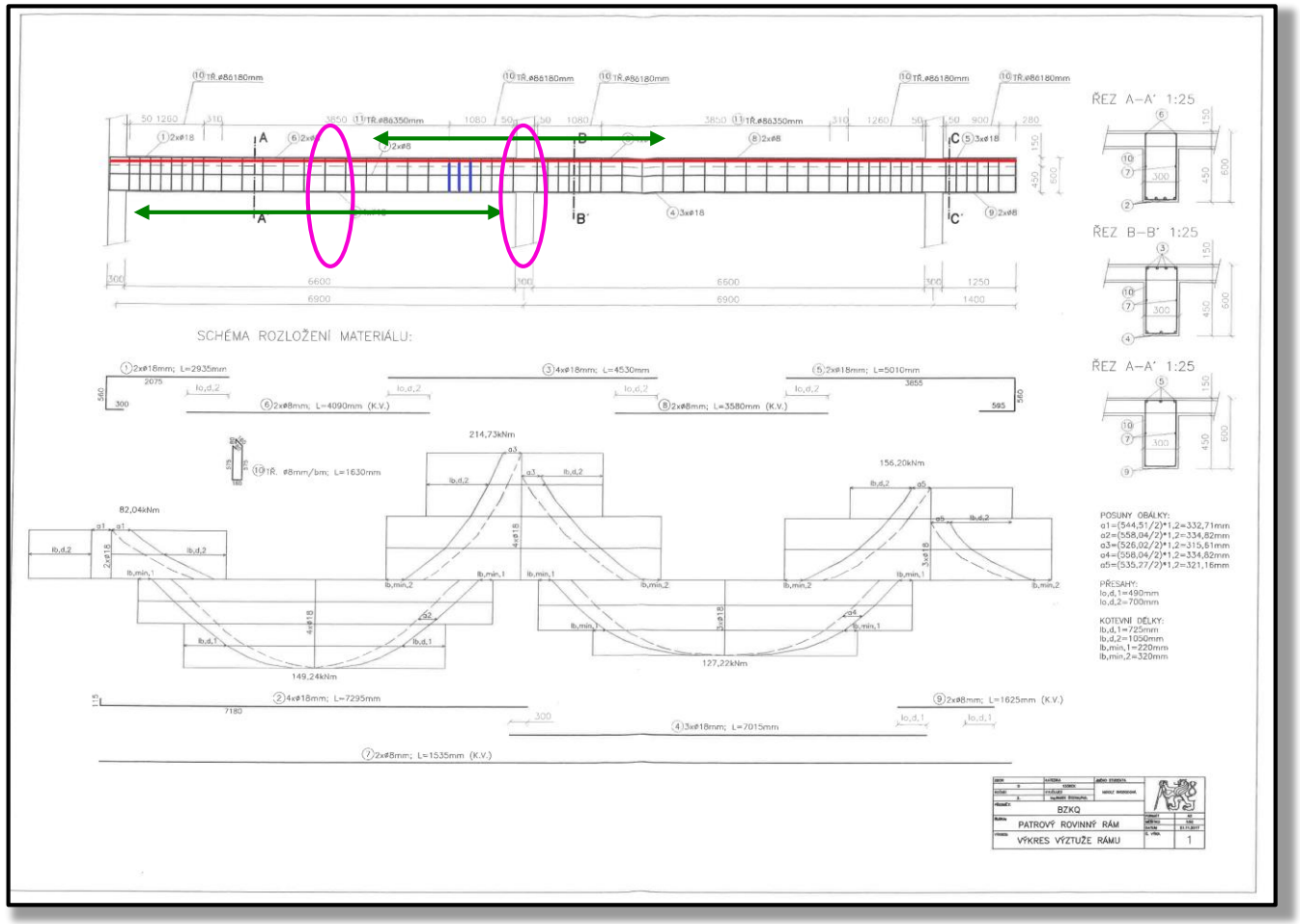


# Podélná výztuž

# Podélná výztuž

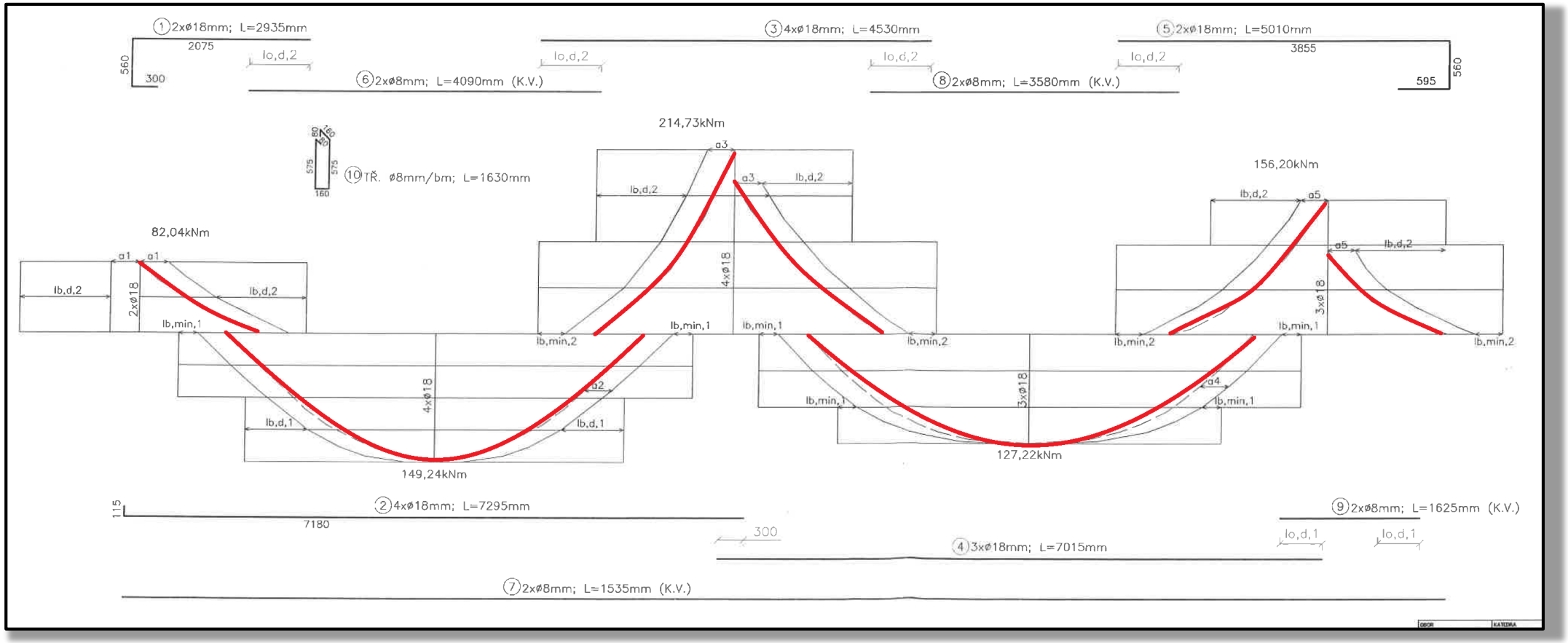
Podélnou (hlavní tahovou) výztuž máme navrženou v 5ti průřezech – nad podporami a v polích.

Musíme se rozhodnout, kam až má být protažena tato výztuž.



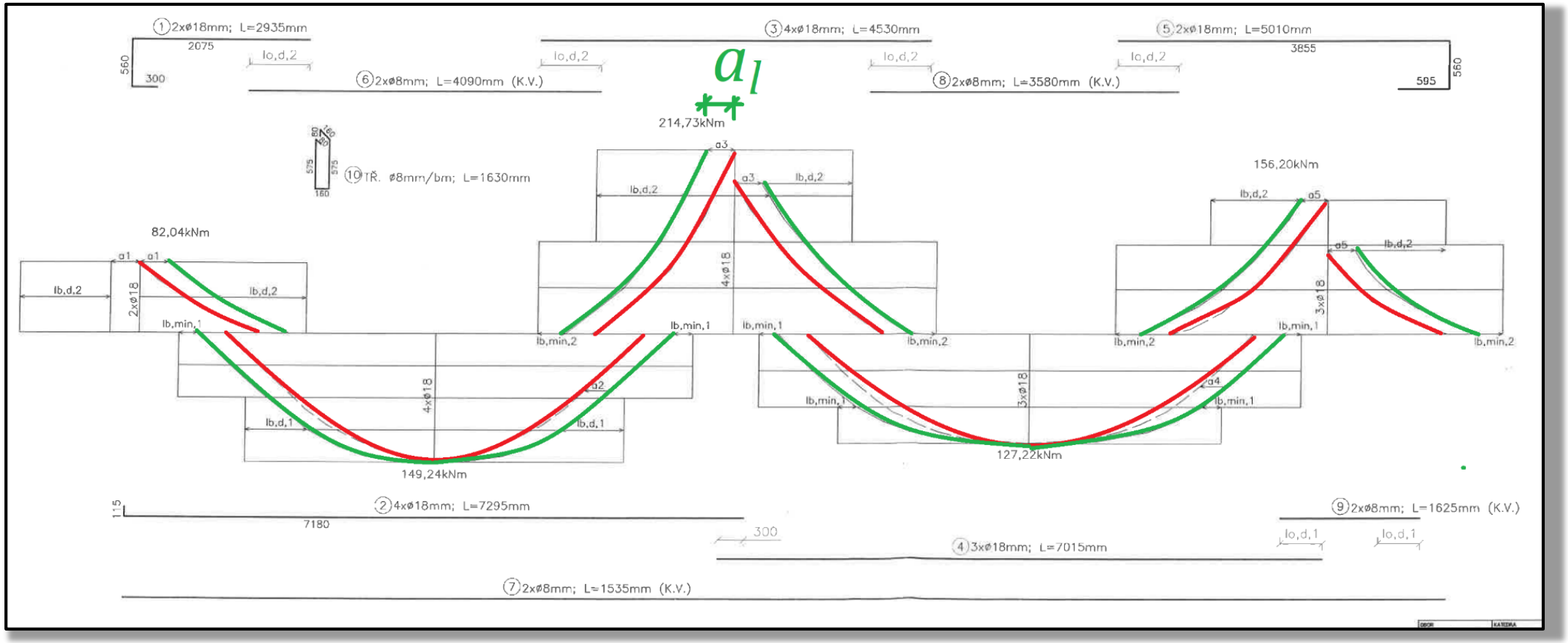
# Obálka momentů

Při stanovení, kam má být výztuž protažena vycházíme z obálky momentů.



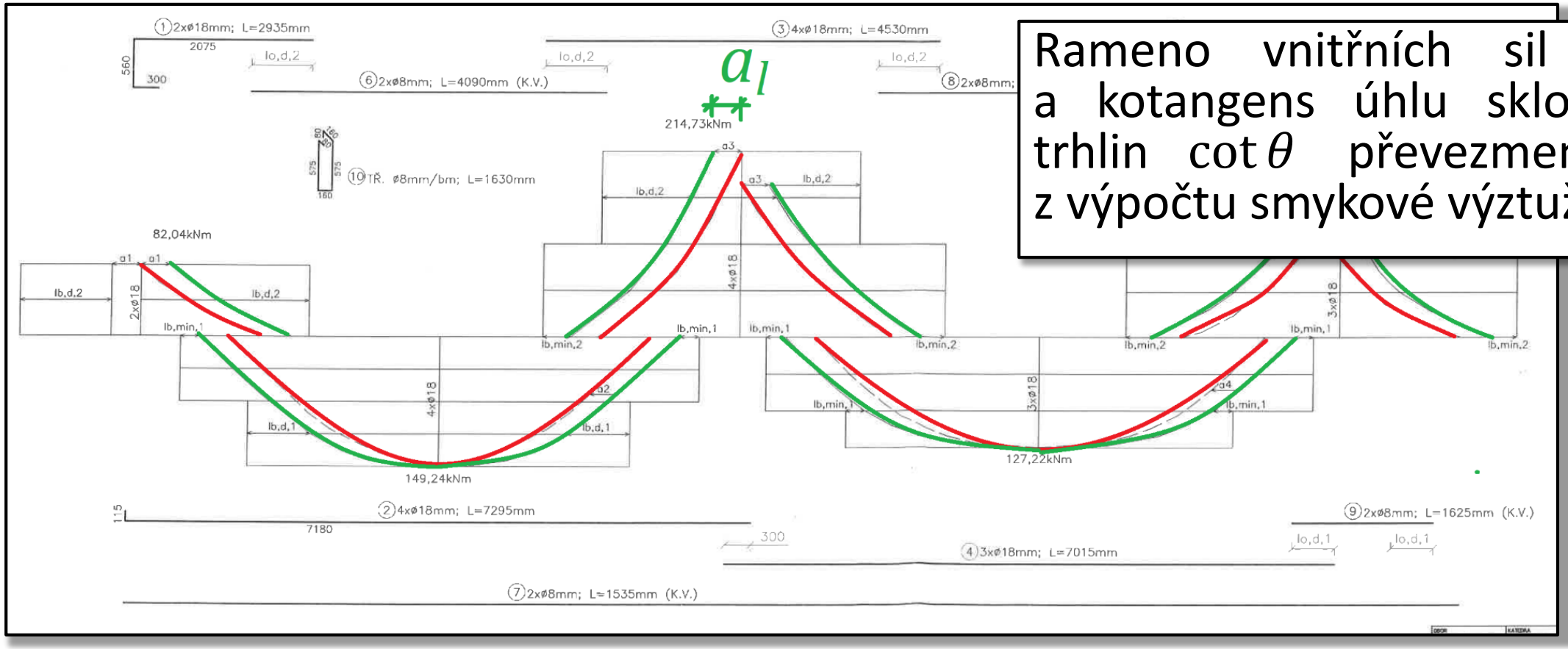
# Rozšíření obálky

Obálku rozšíříme ve vodorovném směru o $a_l = z\,(\cot\theta)/2$.



# Rozšíření obálky

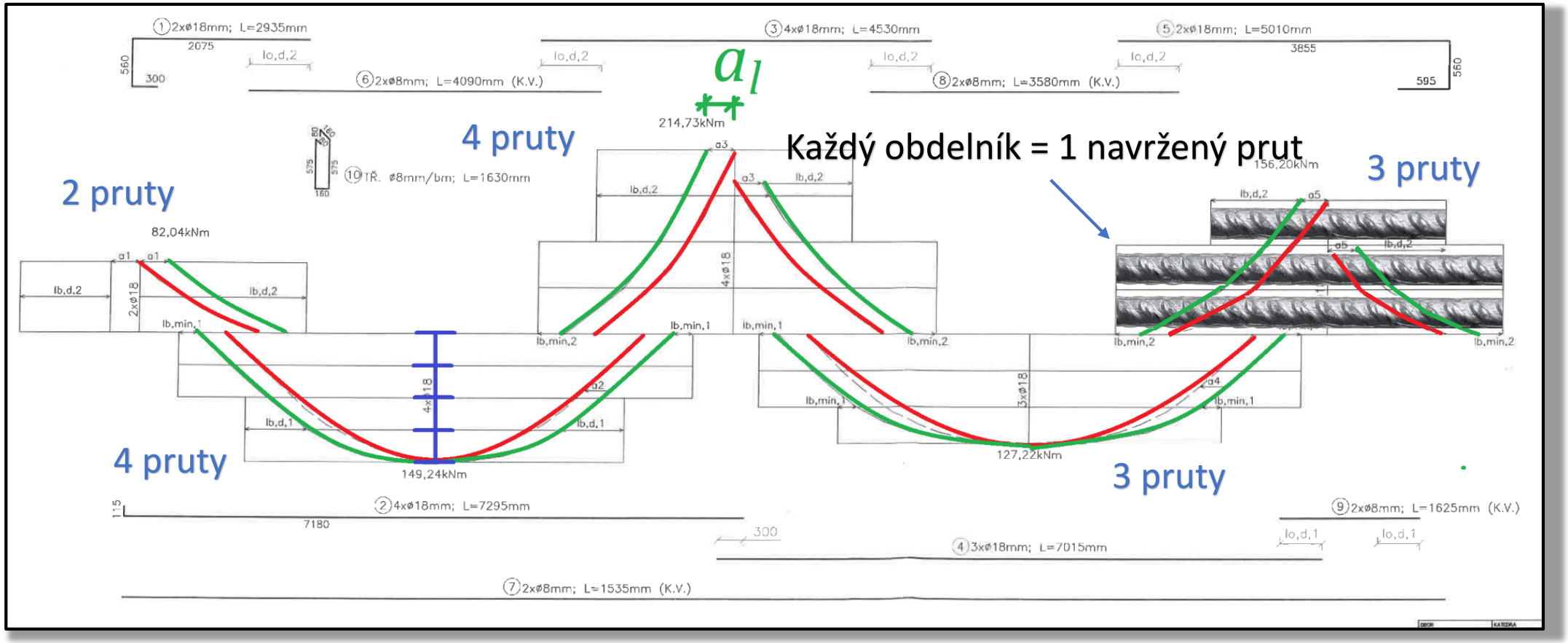
Obálku rozšíříme ve vodorovném směru o $a_l = z\,(\cot\theta)/2$.




Rameno vnitřních sil $z$ a kotangens úhlu sklonu trhlin $\cot\theta$ převezmeme z výpočtu smykové výztuže.

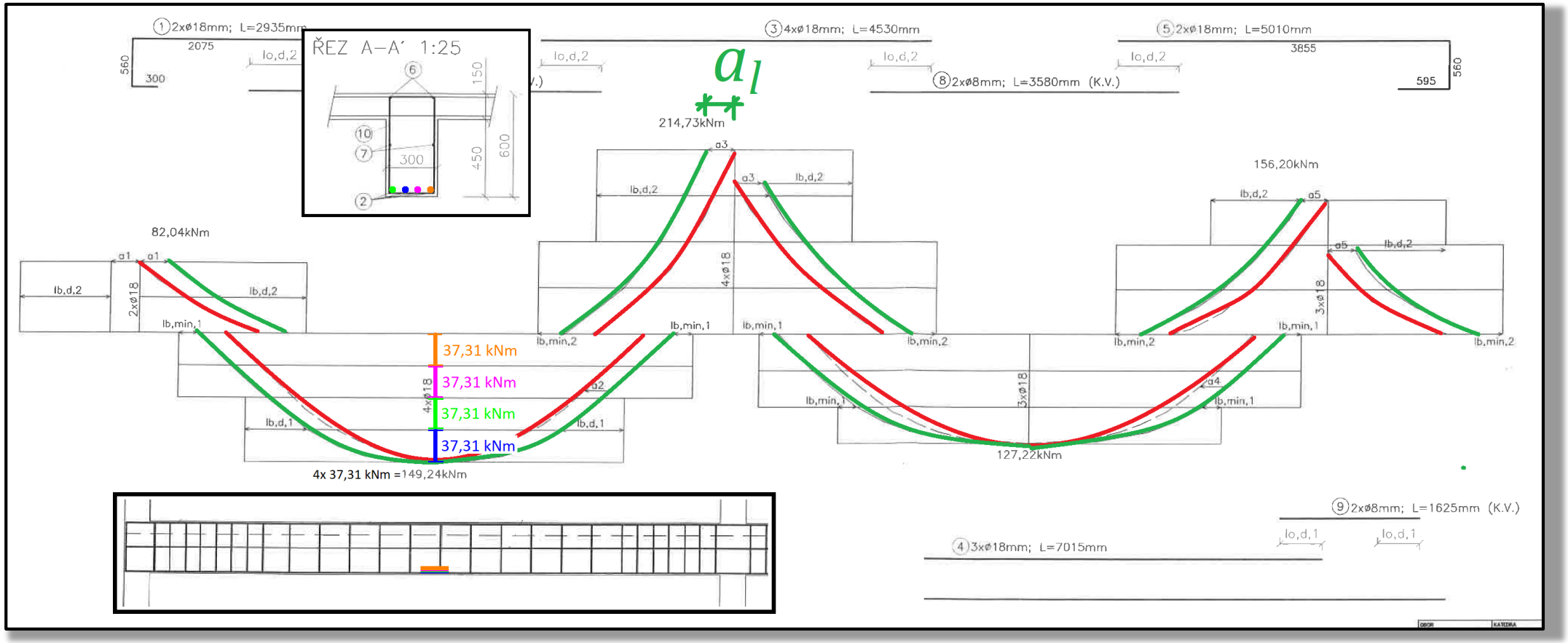
# Rozdělení momentu podle prutů

Moment $M_{Ed}$ vydělíme počtem navržených prutů $n$ v daném průřezu.



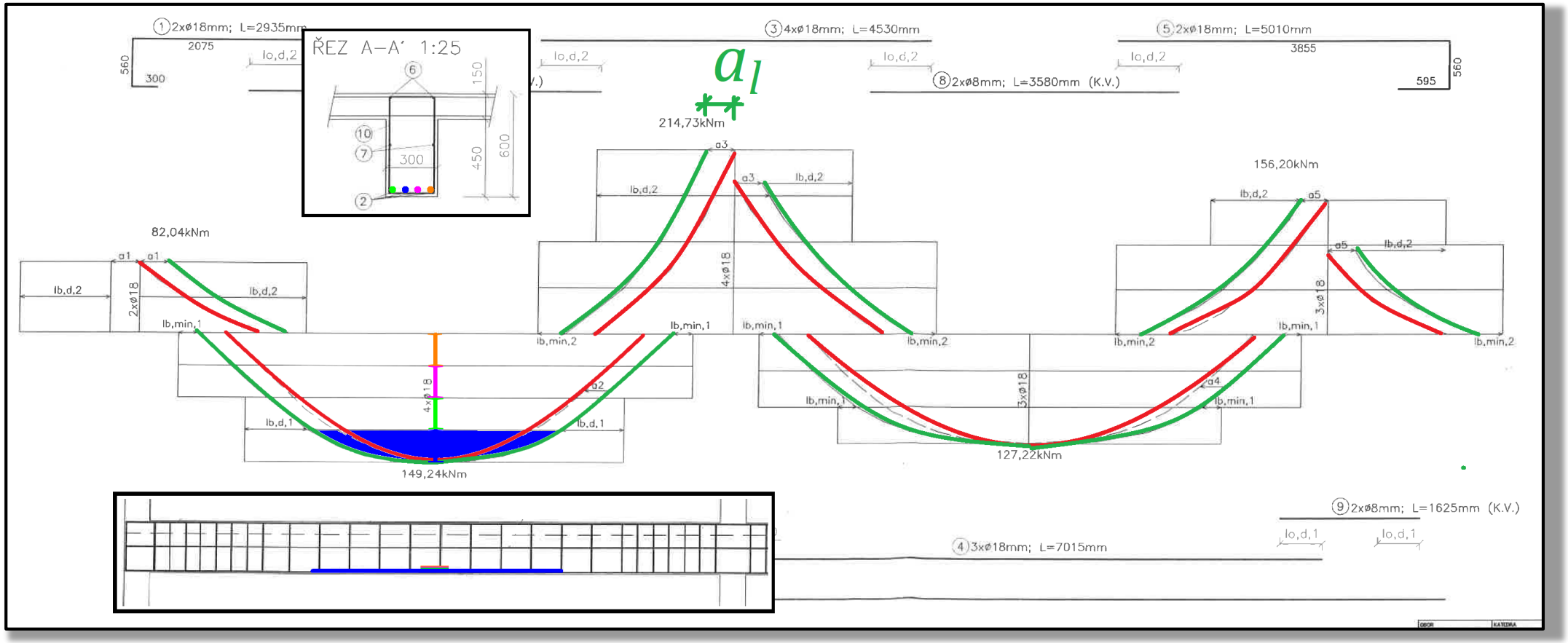
# Rozdělení momentu podle prutů

Zjednodušeně předpokládáme, že každý prut zajišťuje $1/n$ únosnosti.



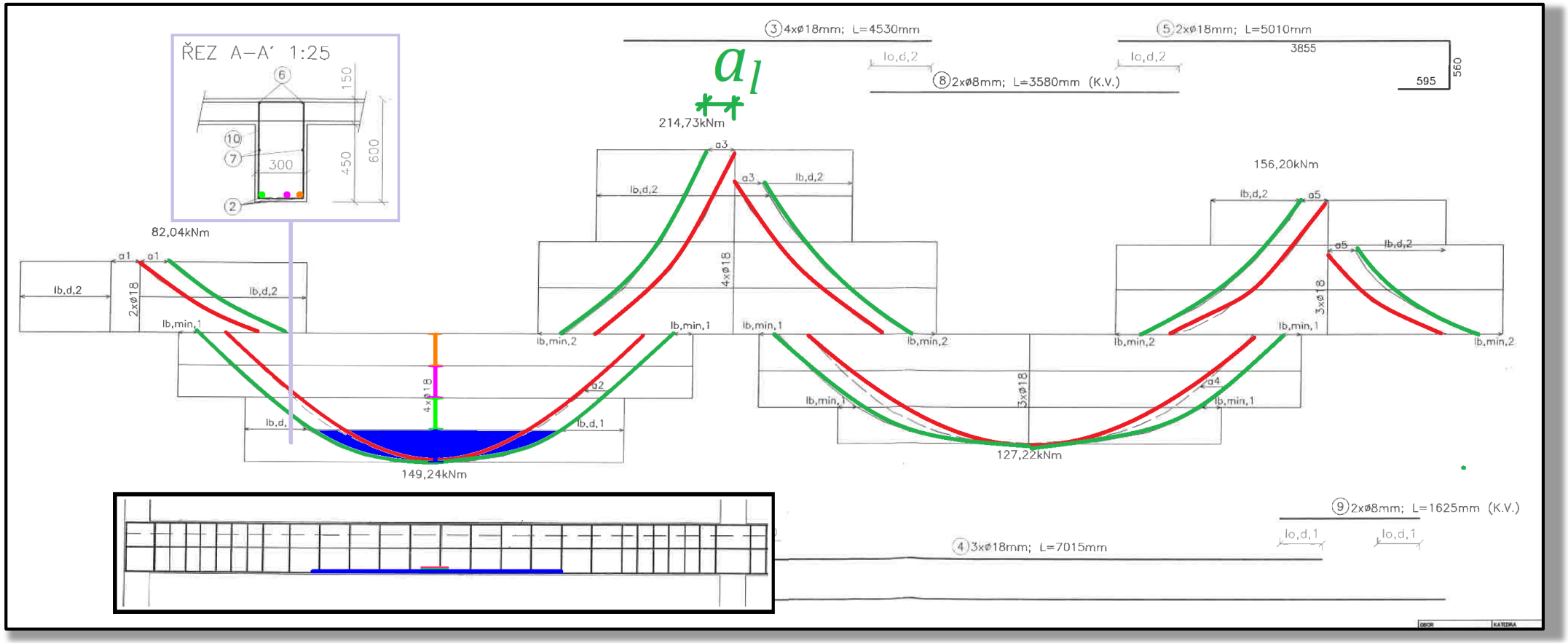
# Rozdělení momentu podle prutů

Směrem k podpoře moment klesá, a proto modrý prut „potřebujeme“ jen na krátké části uprostřed.



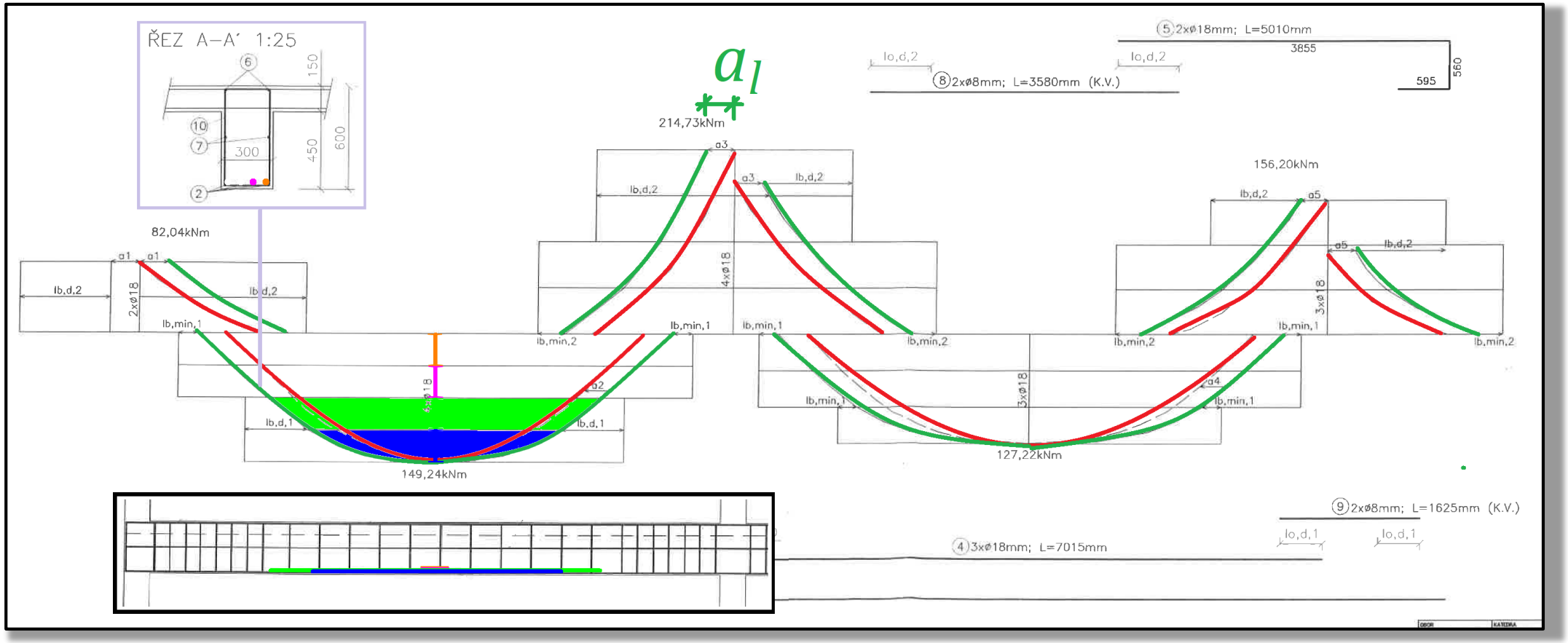
# Rozdělení momentu podle prutů

V průřezu blíže k podpoře již modrý prut nepotřebujeme.



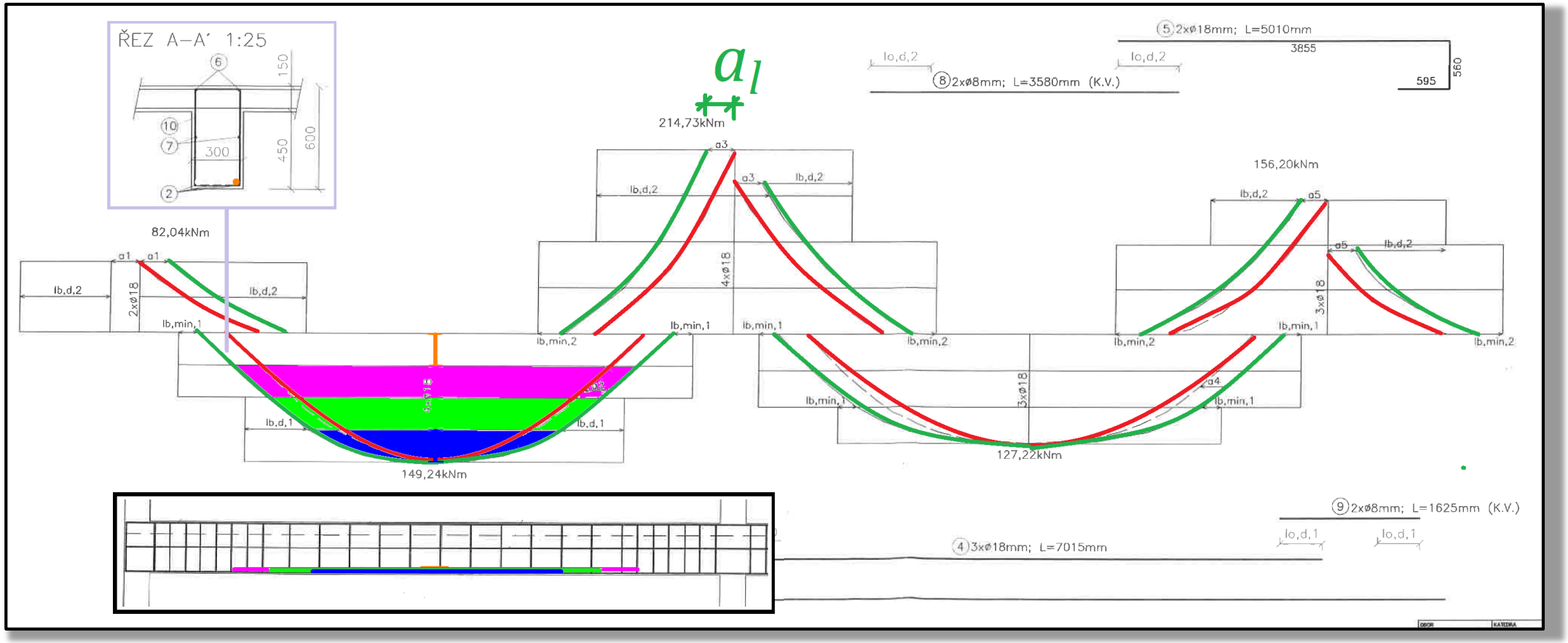
# Rozdělení momentu podle prutů

Stejně tak zelený prut nepotřebujeme v průřezu ještě blíže u podpory.



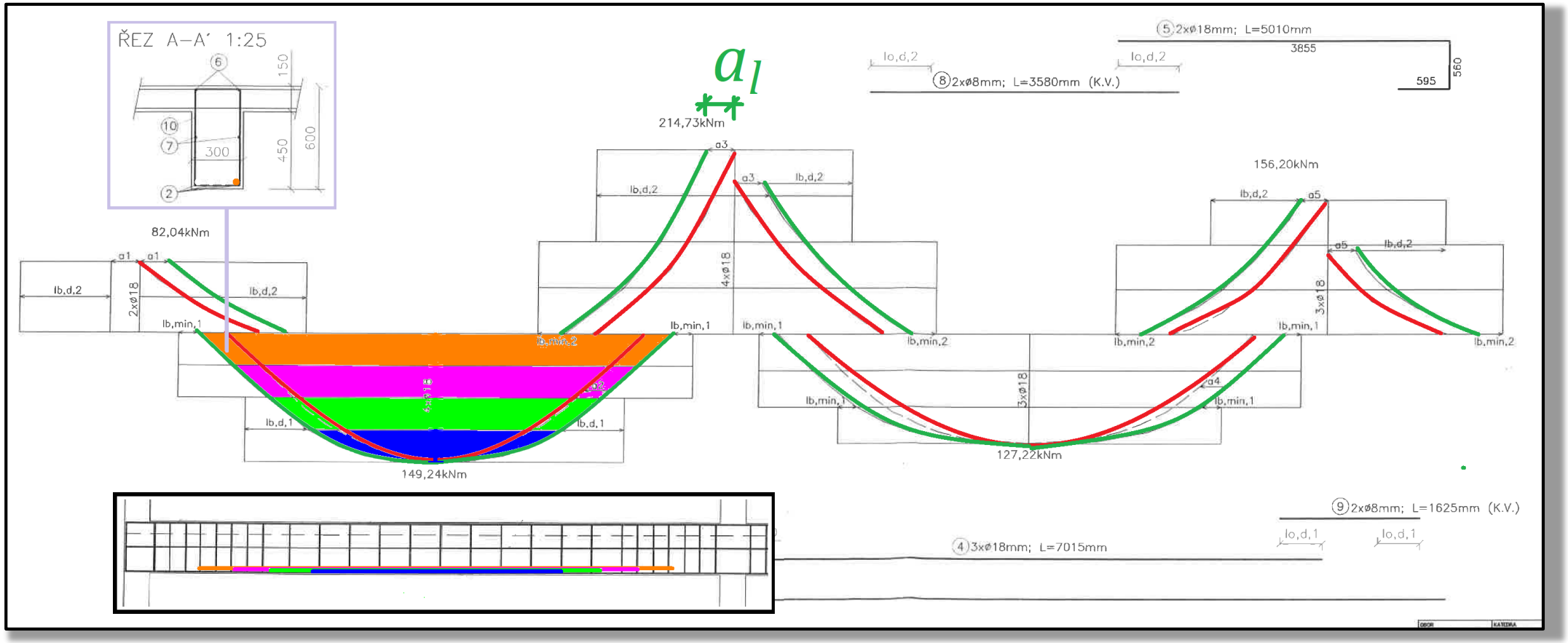
# Rozdělení momentu podle prutů

A úplně u podpory nám stačí už pouze jeden (oranžový) prut.



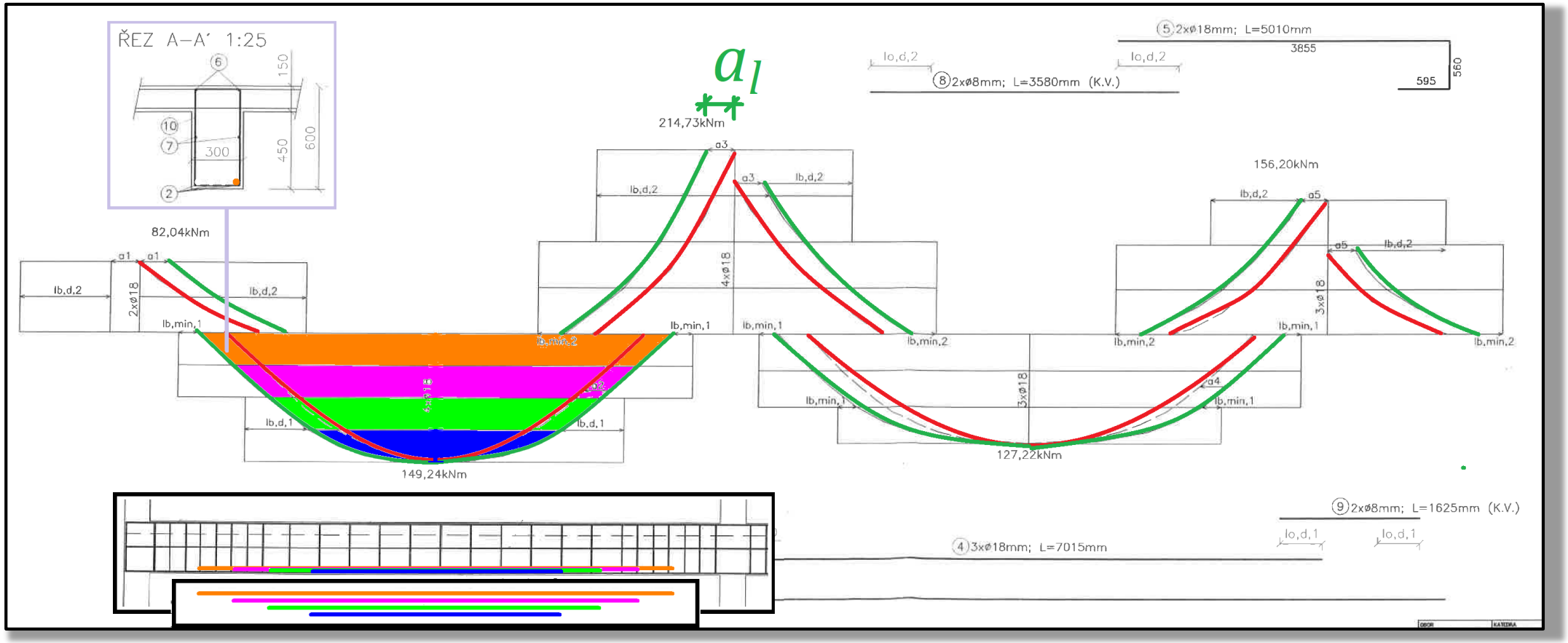
# Rozdělení momentu podle prutů

A úplně u podpory nám stačí už pouze jeden (oranžový) prut.



# Rozdělení momentu podle prutů

Tímto způsobem jsme tedy stanovili, jak dlouhé musí pruty být.



# Kotvení výztuže

Délky prutů, které jsme stanovili předchozím způsobem však nestačí. **Každý prut výztuže musíme řádně zakotvit**. U kotvení řešíme dvě podmínky.

- Zakotvení **minimální kotevní délkou** $l_{b,min}$ od konce základní délky.
- Zakotvení **návrhovou kotevní délkou** $l_{b,d}$ od místa plného využití prutu.

Obě délky vycházejí ze **základní kotevní délky** $l_{b,req}$.

# Základní kotevní délka

**Základní kotevní délku** určíme přesně pomocí vztahu

$$l_{b,req} = \left( l_{b,req} = \frac{\varnothing_s}{4} \times \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} \right),$$

kde $\varnothing_s$ je průměr prutu výztuže,

$\sigma_{sd}$ je návrhové namáhání prutu v místě kotvení (uvažujeme $f_{yd}$)

$f_{bd} = 2.25 n_1 n_2 f_{ctd}$, (mezní napětí v soudržnosti)

kde $n_1 = 1.0$ pro dobré podmínky soudržnosti*,

$n_1 = 0.7$ pro ostatní podmínky soudržnosti,

$n_2 = 1.0$ pro $\varnothing_s \leq 32$ mm,

$n_2 = (132 - \varnothing_s)/100$ pro $\varnothing_s > 32$ mm,

$f_{ctd} = f_{ctk,0.05}/1.5$.



* Pouze pro dolní výztuž. Horní výztuž jsou „ostatní podmínky“.

# Základní kotevní délka

**Základní kotevní délku** také **můžeme stanovit zjednodušeně** pomocí vztahu

$$l_{b,req} = k\varnothing_s,$$

kde $\varnothing_s$ je průměr prutu výztuže,

$k$ stanovíme v závislosti na třídě betonu a podmínkách soudržnosti z tabulky níže.

| Součinitel $k$ | C12/15 | C16/20 | C20/25 | C25/30 | C30/37 | C35/45 | C40/50 | C50/60 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dobrá soudržnost (dolní pruty) | 66.9 | 55.7 | 48.3 | 40.3 | 36.2 | 33.0 | 29.0 | 25.0 |
| Ostatní (horní pruty) | 94.0 | 79.6 | 69.0 | 57.6 | 52.0 | 47.4 | 41.4 | 35.7 |

# Minimální kotevní délka

**Minimální kotevní délku** stanovíme ze vztahu

$$l_{b,min} = \max(0.3 l_{b,req}, 10 \varnothing_s, 100\ \text{mm}),$$

kde $l_{b,req}$ je základní kotevní délka (viz výše).

# Návrhová kotevní délka

**Návrhovou kotevní délku** $l_{b,d}$ určíme ze vztahu

$$l_{b,d} = \max\left(\alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4\alpha_5 l_{b,req}; l_{b,min}\right)$$

kde $\alpha_i$ lze zjednodušeně a bezpečně volit jako $\alpha_i = 1.0$ (nebo přesněji dle tabulky na dalším slidu),

$l_{b,req}$ je základní kotevní délka (viz výše),

$l_{b,min}$ je minimální kotevní délka (viz výše).

# Návrhová kotevní délka

**Návrhovou kotevní délku** $l_{b,d}$ určíme ze vztahu

kde $\alpha$ … přesněji

dl…

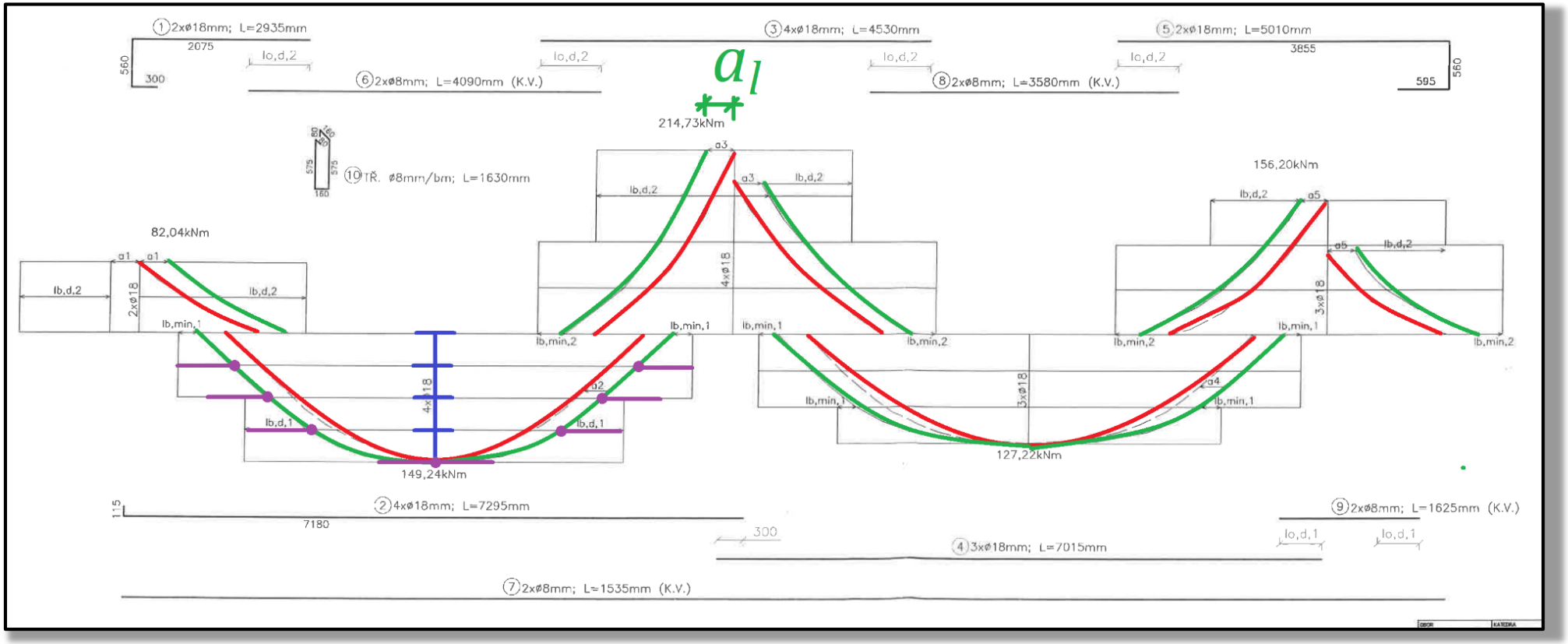
$l_b$…

$l_b$…

| Ovlivňující činitel | Způsob kotvení | Prut betonářské výztuže | |
|---|---|---|---|
| | | tažený | tlačený |
| Tvar prutů | přímý prut | $\alpha_1 = 1.0$ | $\alpha_1 = 1.0$ |
| | jiný než přímý prut | $\alpha_1 = 1.0$ pro $c_d < 3\varnothing$<br>$\alpha_1 = 0.7$ pro $c_d > 3\varnothing$ | $\alpha_1 = 1.0$ |
| Betonová krycí vrstva | Přímý prut | $\alpha_2 = \min\left(\max\left(1 - 0.15\frac{c_d - \varnothing}{\varnothing}; 0.7\right); 1.0\right)$ | $\alpha_2 = 1.0$ |
| | jiný než přímý prut | $\alpha_2 = \min\left(\max\left(1 - 0.15\frac{c_d - 3\varnothing}{\varnothing}; 0.7\right); 1.0\right)$ | $\alpha_2 = 1.0$ |
| Ovinutí příčnou výztuží nepřivařenou k hlavní výztuži | všechny způsoby kotvení | $\alpha_3 = \min(\max(1 - K\lambda; 0.7); 1.0)$ | $\alpha_3 = 1.0$ |
| Ovinutí přivařenou příčnou výztuží | všechny způsoby kotvení, poloha rozměr podle obrázku | $\alpha_4 = 0.7$ | $\alpha_4 = 1.0$ |
| Účinek ovinutí příčným tlakem | všechny způsoby kotvení | $\alpha_5 = \min(\max(1 - 0.04p; 0.7); 1.0)$ | – |
| Součinitel $c_d, K, \lambda$ a $p$ viz ČSN EN 192-1-1, čl. 8.4.4. | | | |

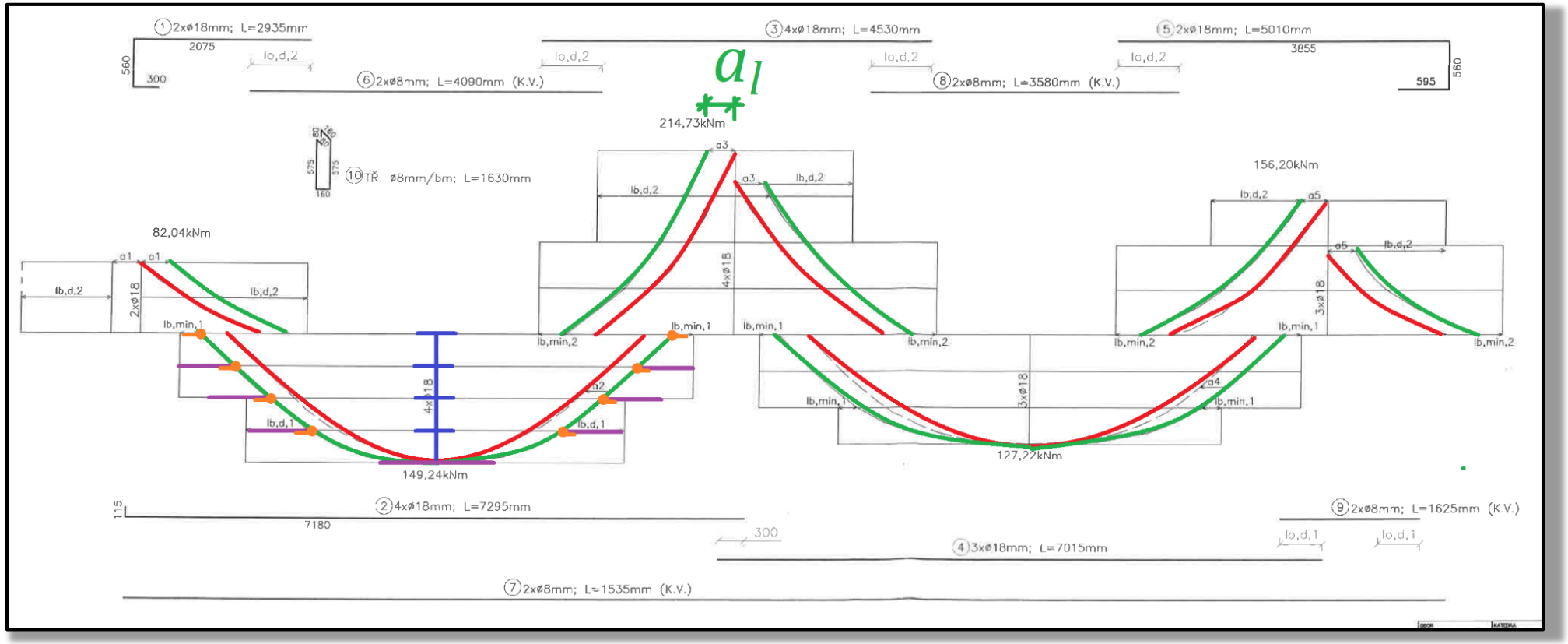
# Určení délek prutů

Od místa plného využití musí každý prut být zakotven návrhovou kotevní délkou $l_{bd}$.



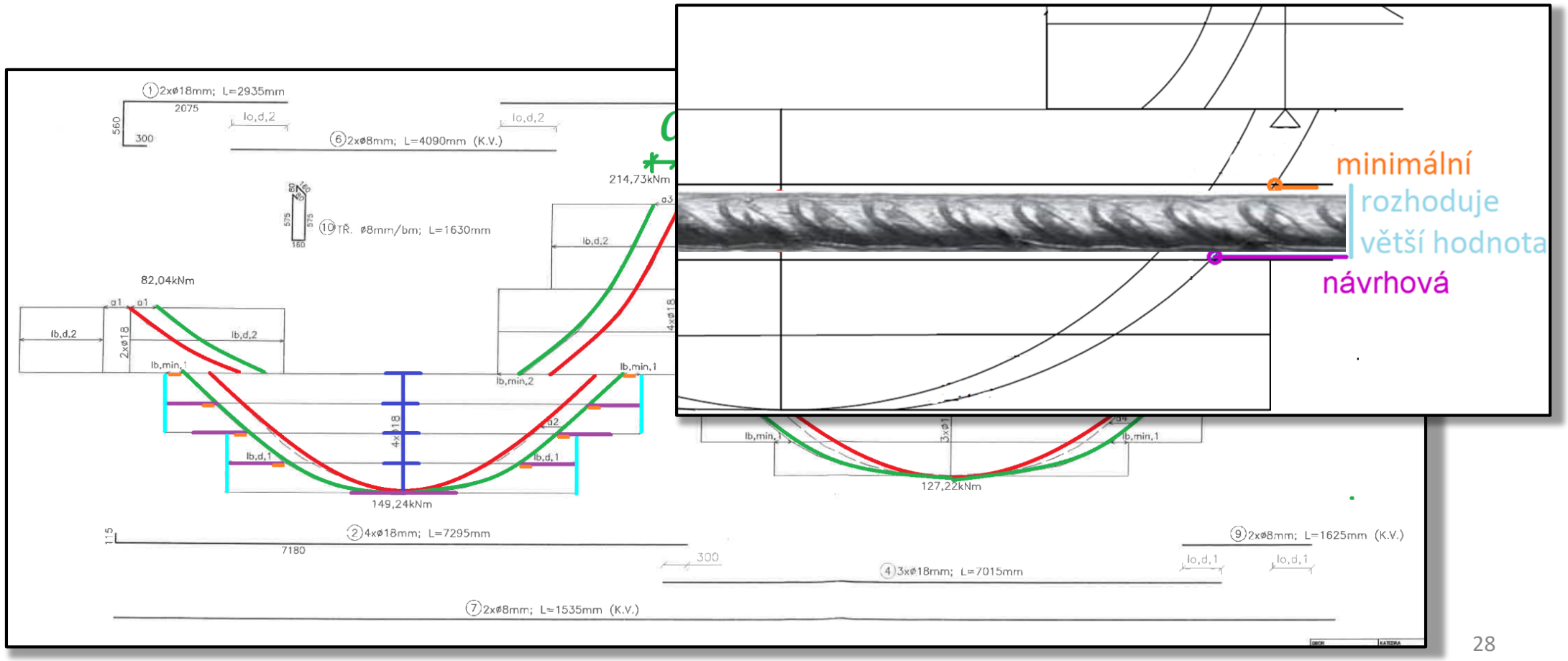
# Určení délek prutů

Od konce základní délky musí být zakotven minimální kotevní délkou $l_{b,min}$.



# Určení délek prutů

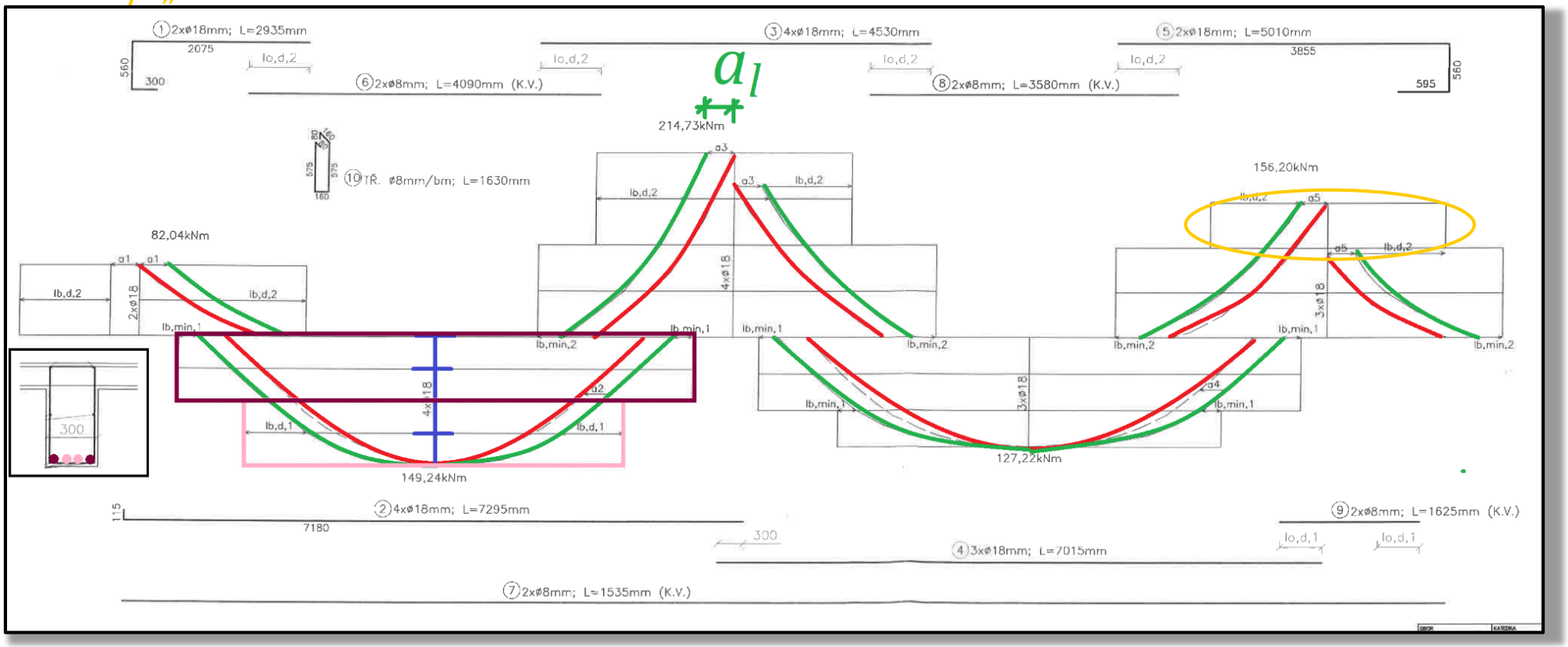
O celkové délce prutů rozhoduje ta kotevní délka, která sahá dále.



# Určení délek prutů

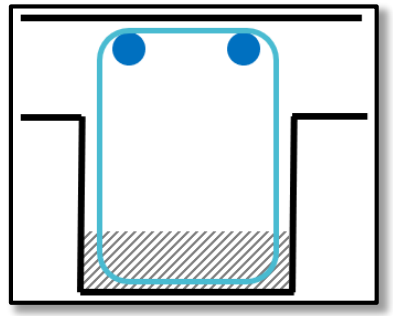
## Průřezy je vhodné vyztužovat symetricky (podle svislé osy).

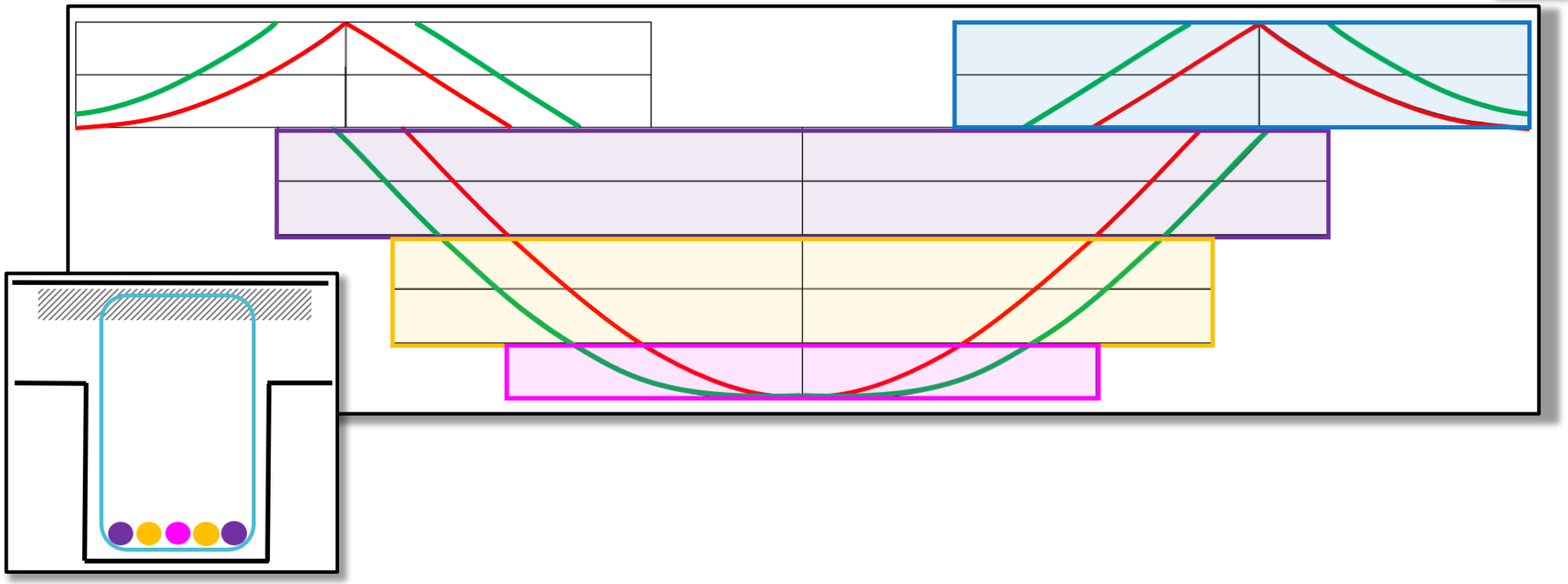
To znamená, že vždy dva pruty mají stejnou délku (rovnou té delší z jejich délek). Pouze případný prostřední prut může být „sám“.



# Určení délek prutů

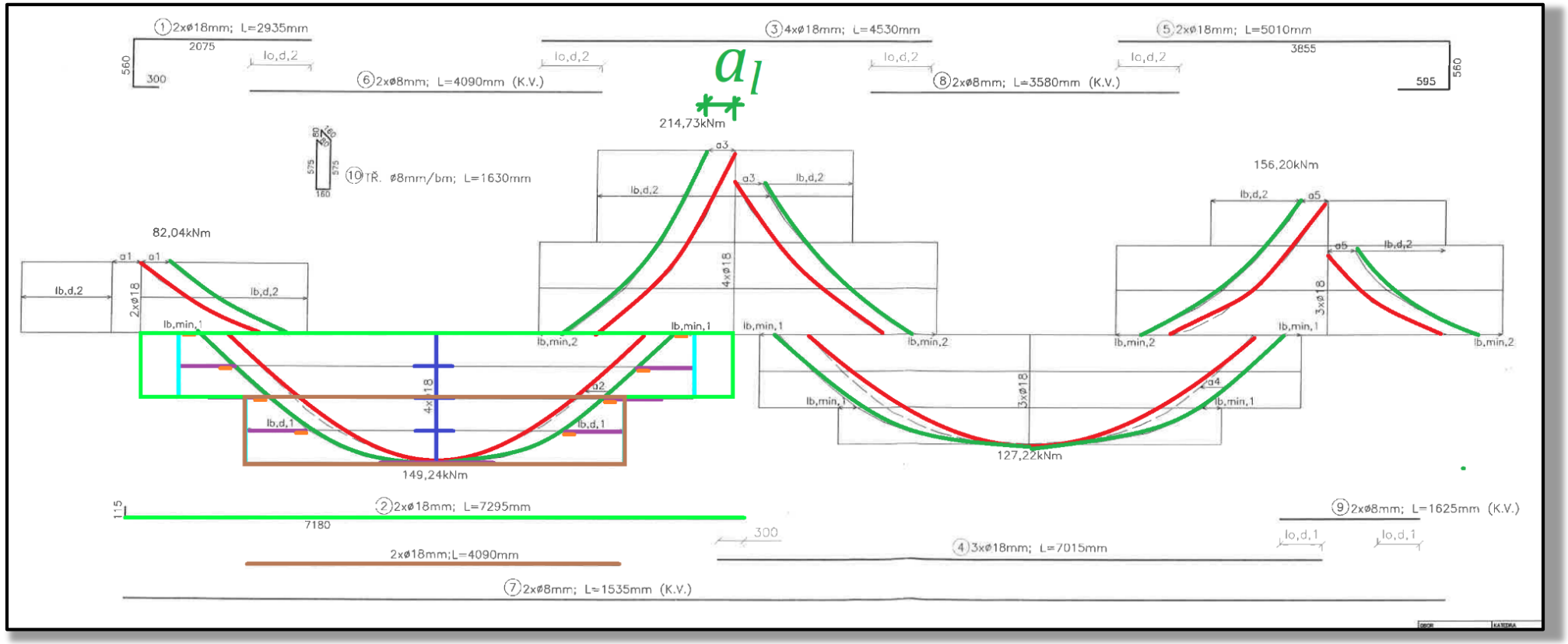
Průřezy je vhodné vyztužovat symetricky (podle svislé osy).





# Určení délek prutů

Dva pruty v rozích třmínků musí být dotaženy minimálně 10⌀ za líc podpory, ostatní mohou být kratší.



# Určení délek prutů

V praxi se ve většině případů žádné rozdělení materiálu podle momentu nedělá :) Všechny pruty v poli dotahují až do podpor.

**V našem úkolu** tedy nemusíte dělat rozdělení materiálu pro výztuž v poli (dotáhněte všechny pruty až do podpory) a můžete udělat **rozdělení materiálu pouze pro výztuž nad podporami**.

# Smyková výztuž

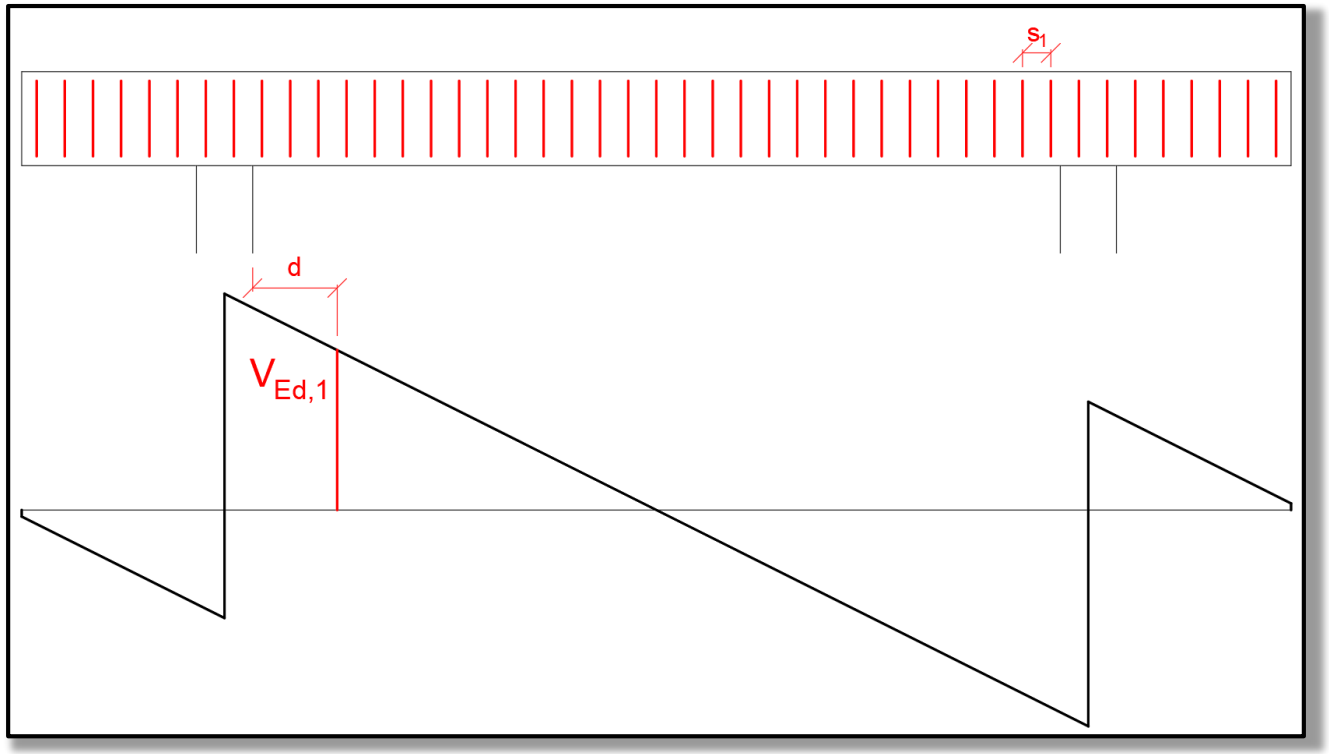
# Smyková výztuž

Rozdělení smykové výztuže bylo již popsáno v prezentaci k návrhu smykové výztuže.

Zde je postup pouze zopakován.

# Rozmístění návrhových třmínků

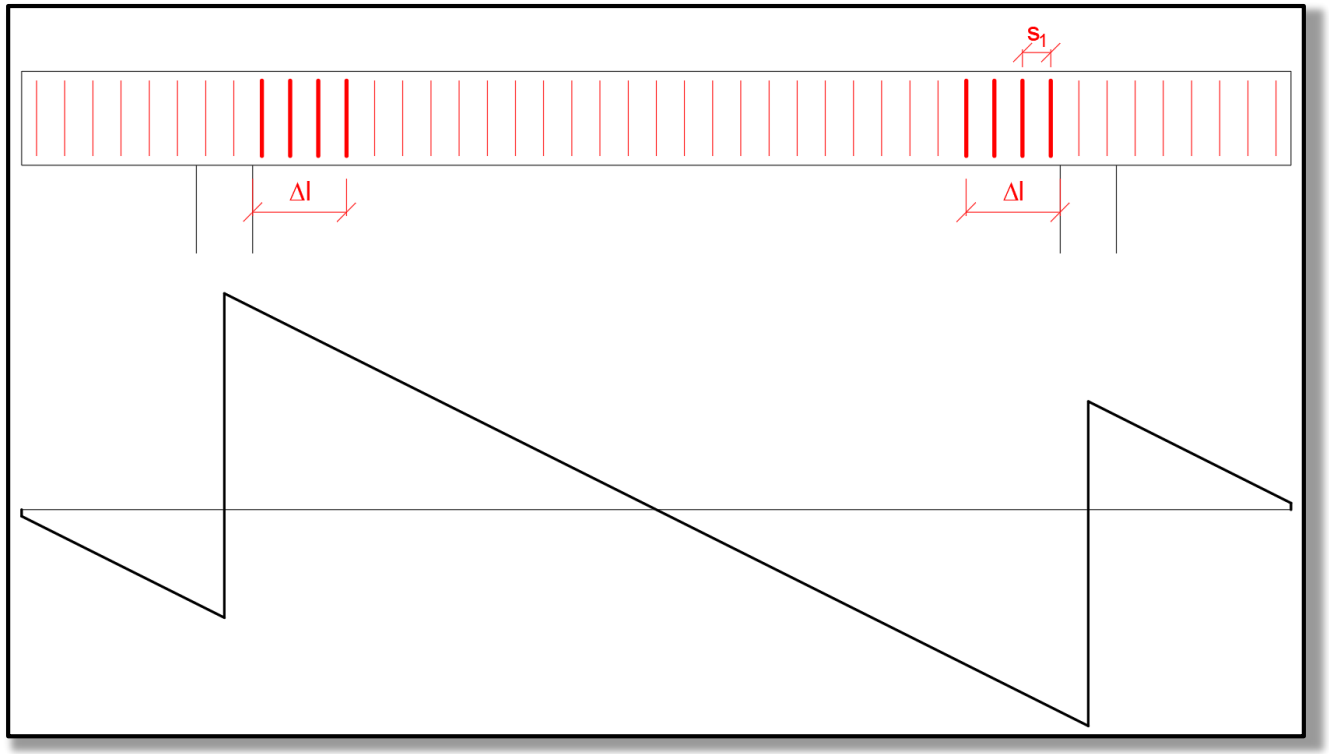
**<u>Návrhové</u> třmínky** jsou navrženy na maximální posouvající sílu v konstrukci*. To znamená, že je **<u>můžeme</u> použít <u>v celém prvku</u>**. To ale **není ekonomické.** (Protože třmínky jsou navrženy na maximální sílu, ale ve většině konstrukce je síla menší a třmínky jsou zbytečně moc blízko u sebe.)




*To není úplně pravda. Třmínky jsou navrženy na sílu ve vzdálenosti $d$ od líce podpory ($V_{Ed,1}$) a v teoretické podpoře je síla ještě větší. Ale vzhledem k tomu, že trhlina vychází z líce podpory (a ne z teoretické podpory), třmínky nikdy nebudou vystaveny síle větší než $V_{Ed,1}$.

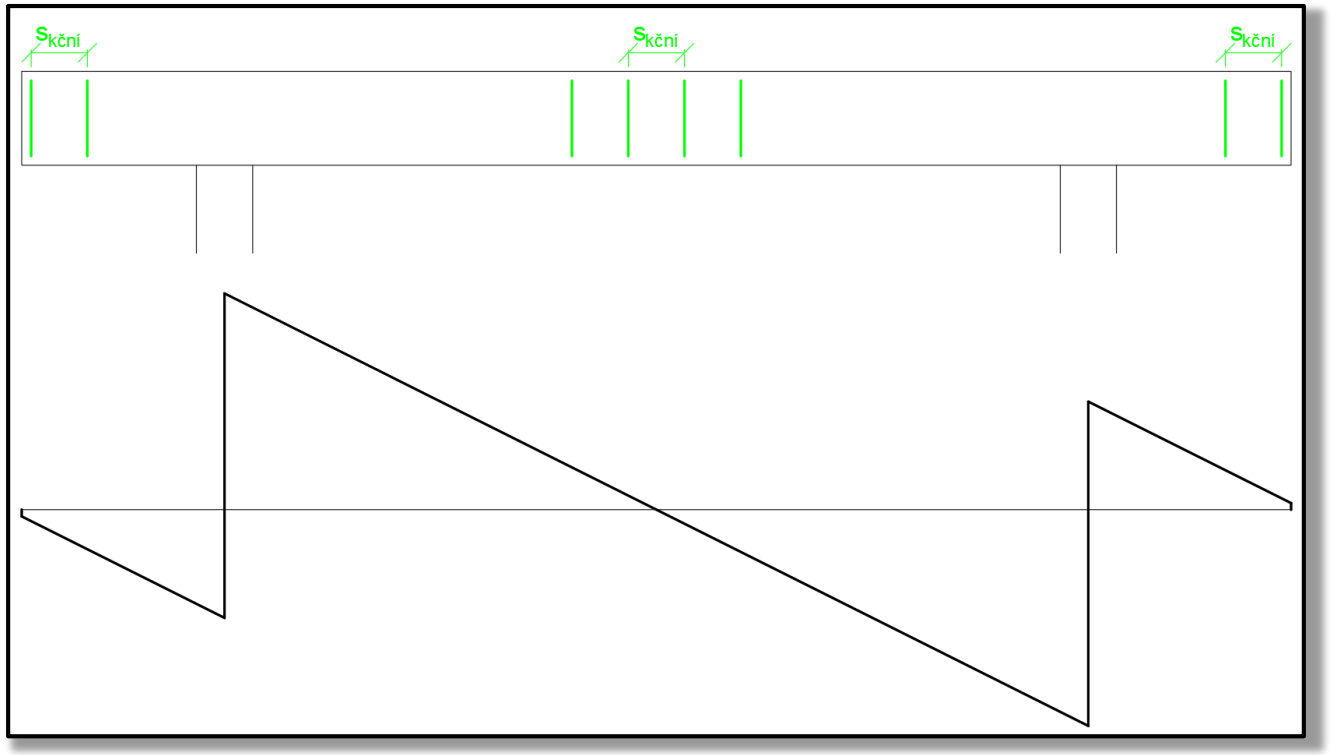
# Rozmístění návrhových třmínků

Dále nám návrhová norma udává, že **návrhové třmínky musíme použít minimálně ve vzdálenosti $\Delta l = z \cot \theta$ od líce podpory.** (Aby pokryly celou smykovou trhlinu vycházející z líce podpory.)



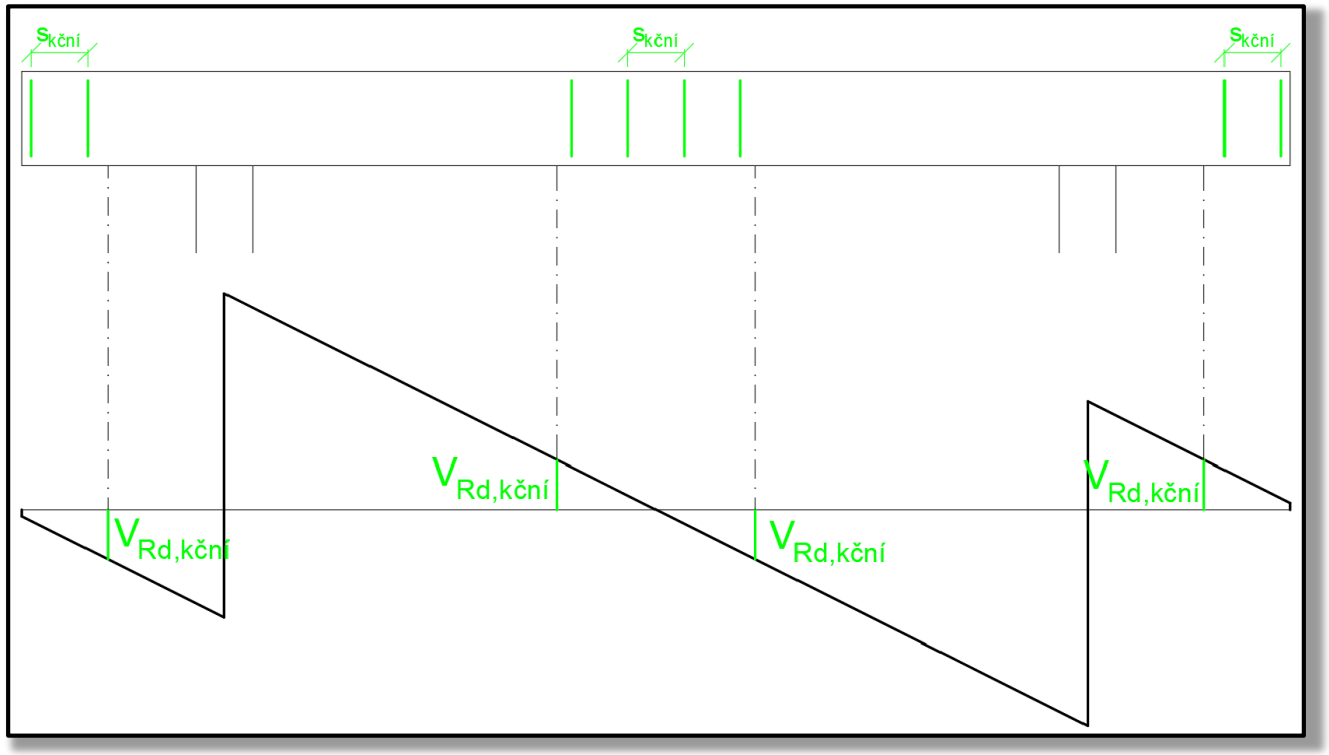
# Rozmístění konstrukčních třmínků

**Konstrukční třmínky** jsou **ekonomičtější** (protože mají větší rozteč)**, ale nelze je použít všude** (protože mají menší únosnost).



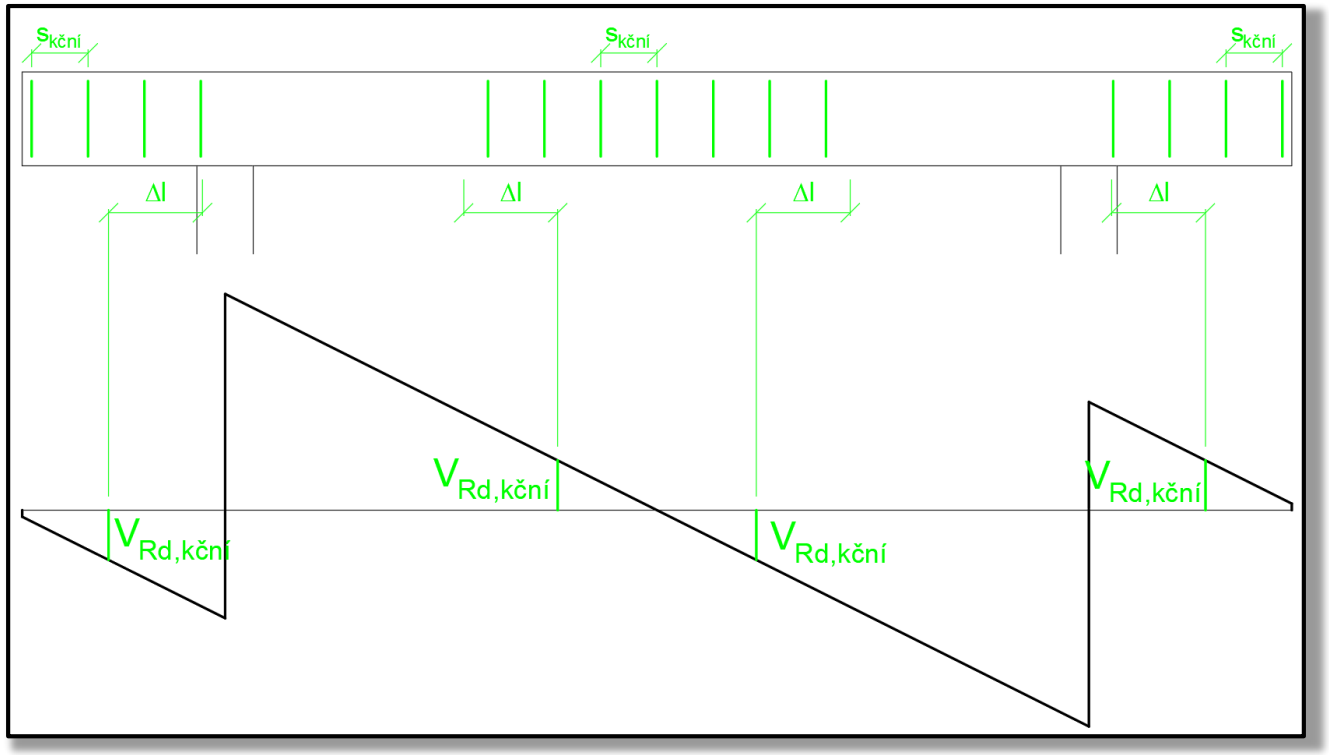
# Rozmístění konstrukčních třmínků

**Konstrukční třmínky** můžeme použít **všude**, **kde je** působící **posouvající síla menší než únosnost** konstrukčních třmínků.



# Rozmístění konstrukčních třmínků

Návrhová norma udává, že konstrukční třmínky **můžeme použít ještě o $\Delta l = z \cot \theta$ „před“ posouvající sílu** rovnou únosnosti třmínků $V_{Rd,kční}$.

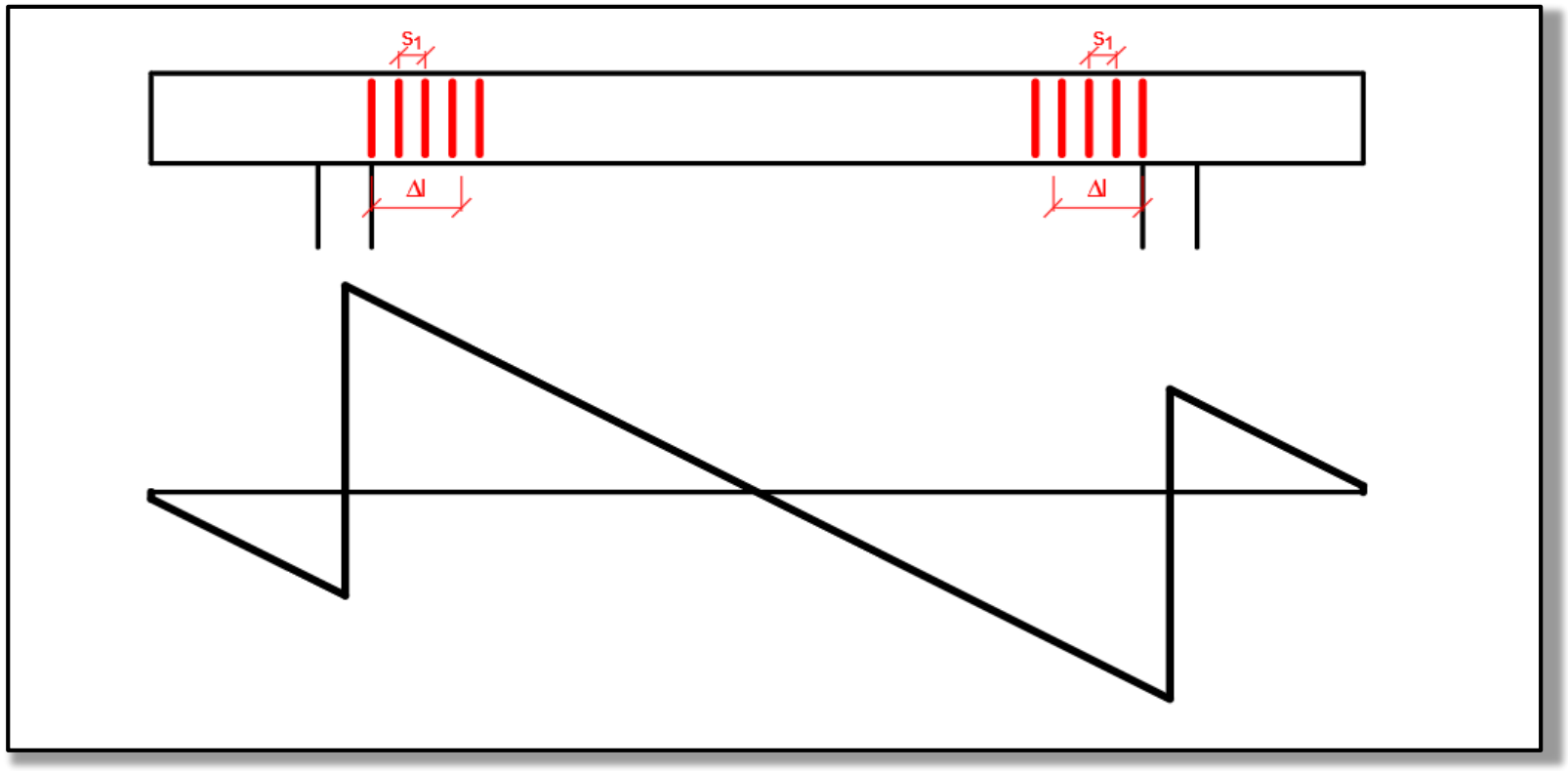


# Rozmístění všech třmínků

Při **návrhu rozmístění třmínků** tedy většinou používáme **následující postup**.

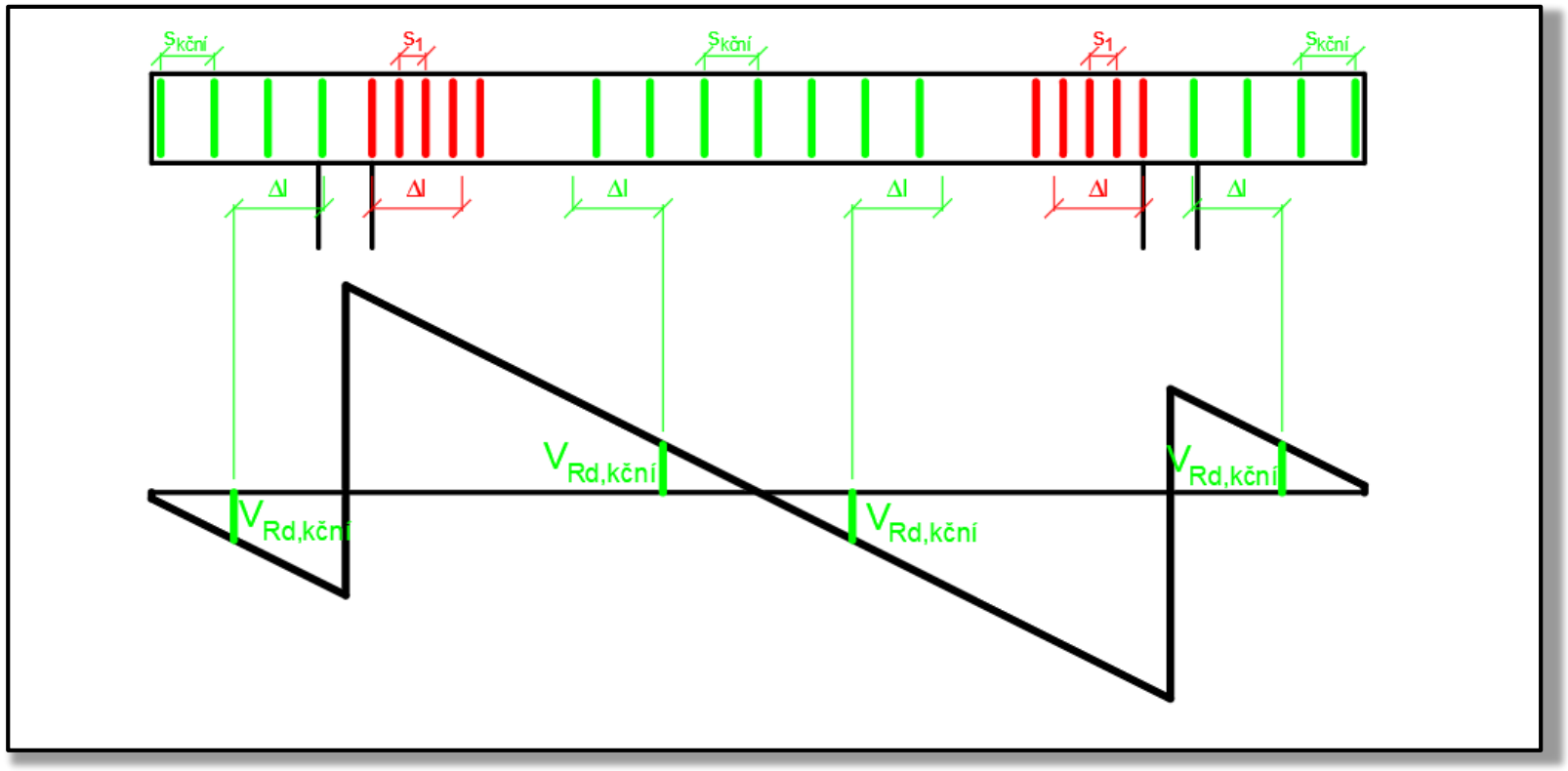
# Rozmístění všech třmínků

Nejprve stanovíme, **kde všude <u>musí</u> být <u>návrhové</u>** třmínky.



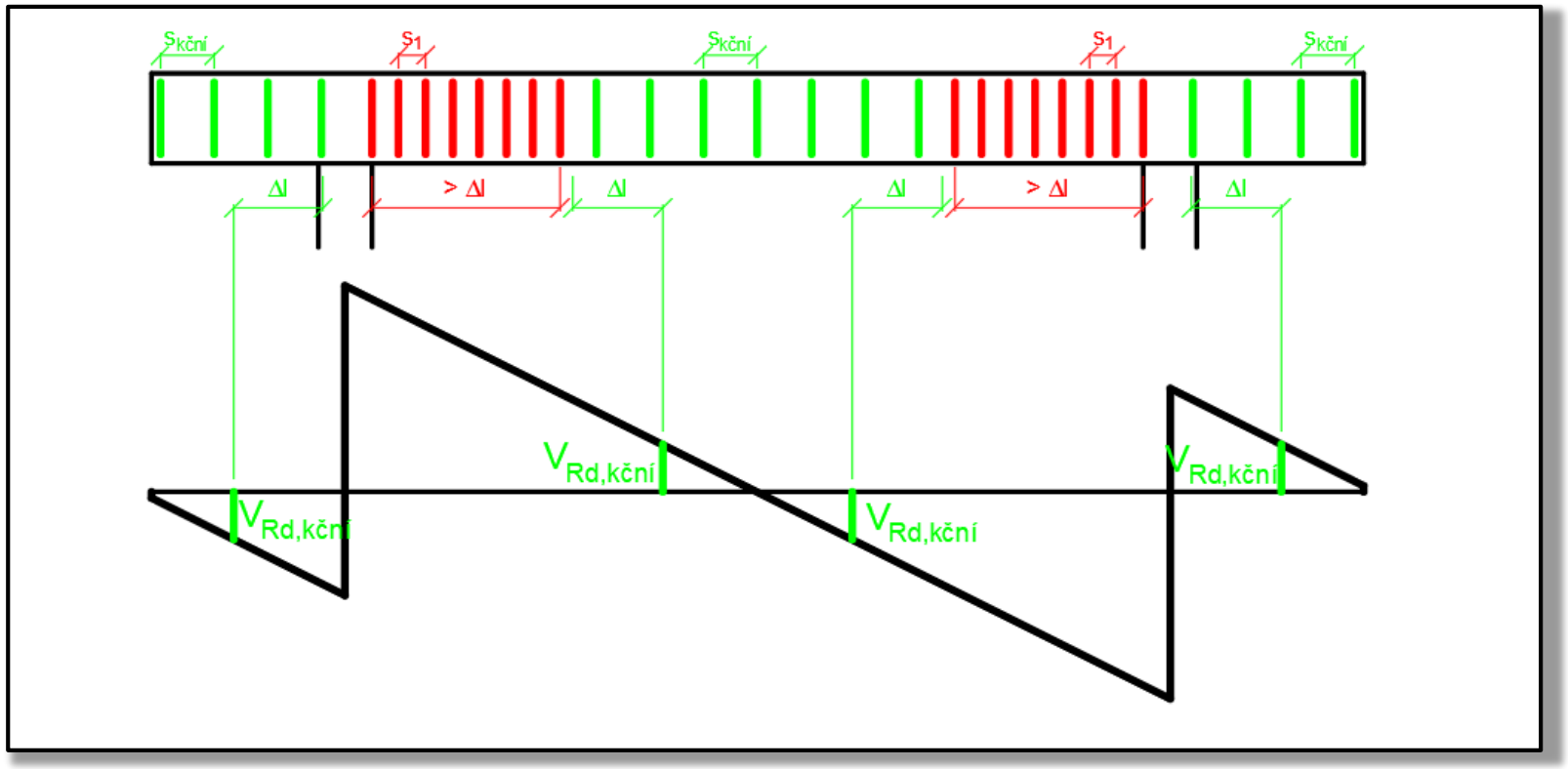
# Rozmístění všech třmínků

Dále určíme, **kde všude <u>můžeme</u> použít** ekonomické **<u>konstrukční</u>** třmínky.



# Rozmístění všech třmínků

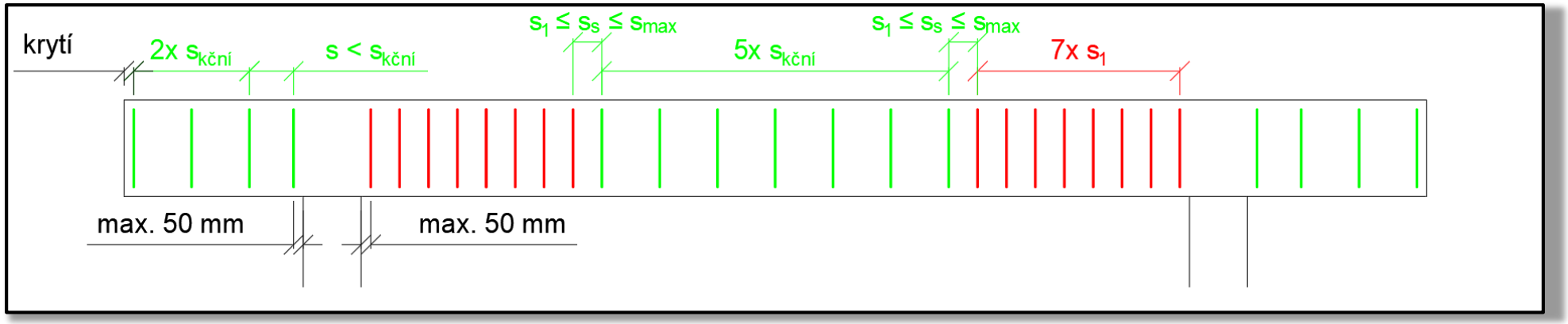
Pokud se nám **oblast** návrhových a konstrukčních třmínků **nepřekrývá**, **„dotáhneme“ návrhové** třmínky až ke konstrukčním.



# Rozmístění všech třmínků

Nakonec upravíme rozmístění tak, aby dával smysl z hlediska geometrie:

- **krajní** třmínek musí mít dostatečné **krytí**,
- **první třmínek** musí být ve vzdálenosti **max. 50 mm od hrany podpory**,
- **rozteč na styku návrhových a konstrukčních** třmínků $s_s$ nám vyjde **z geometrie**.



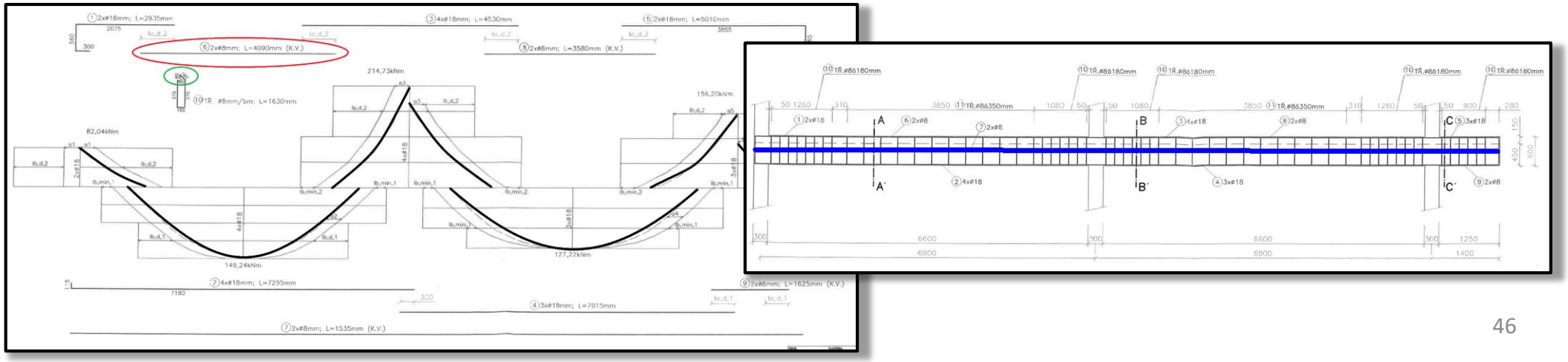
# Další výztuž

# Další výztuž

Délka koncových úseků spínaných třmínků minimálně 10x profil třmínku.

K hornímu povrchu (do míst, kam nesahá nosná výztuž) přidat konstrukční výztuž kvůli třmínkům.

Je-li výška trámu větší než 500 mm, přidat konstrukční výztuž do poloviny výšky – vychází z podmínky maximální vzdálenosti výztuže.



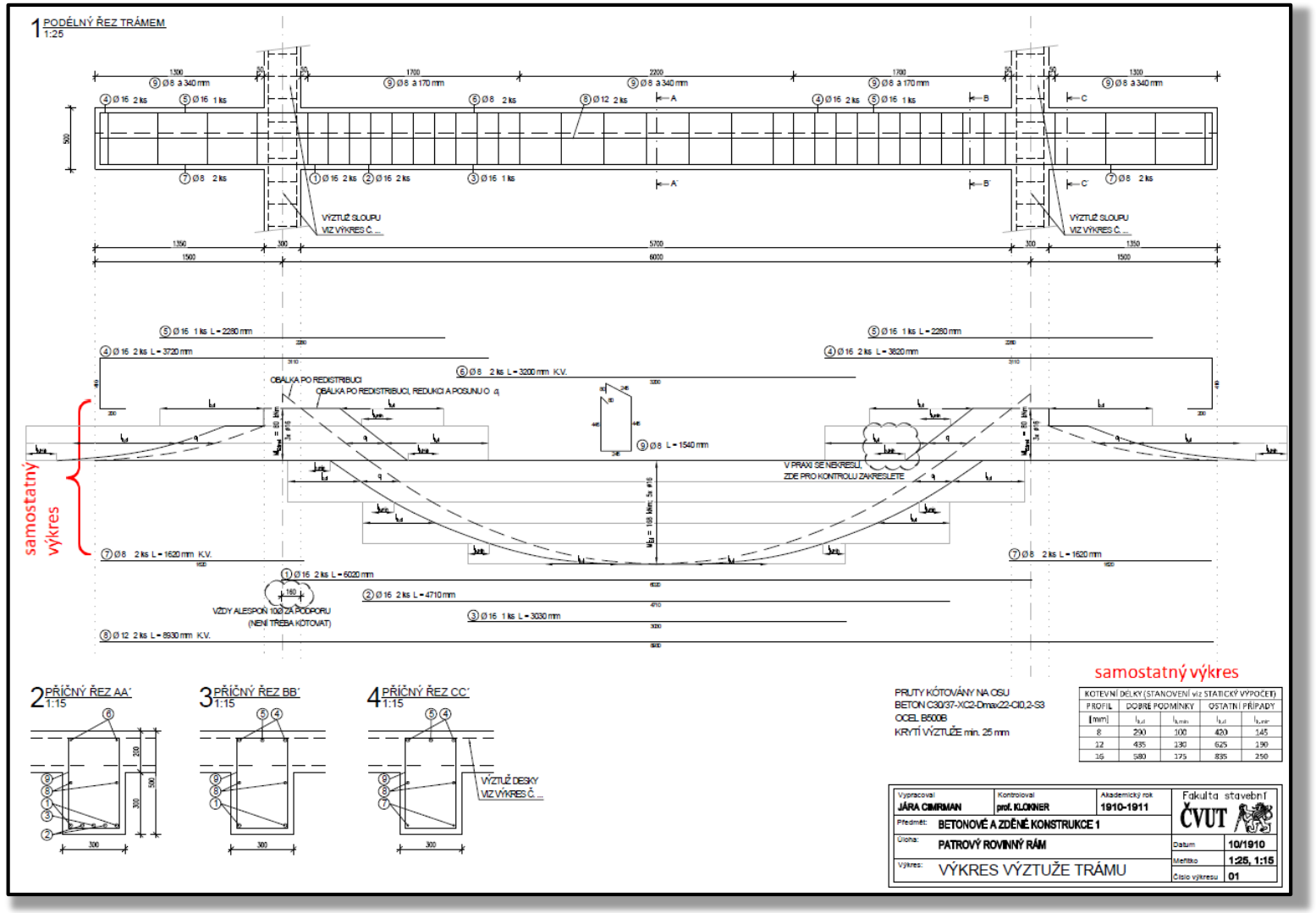
# Obecné pokyny

# Obecné pokyny

- Měřítko 1:50 (odevzdání v digitální formě – není třeba úprava dle velikosti tiskárny).
- 2 výkresy
  - jeden obálka momentů a rozdělení materiálů,
  - druhý standardní výkres výztuže,

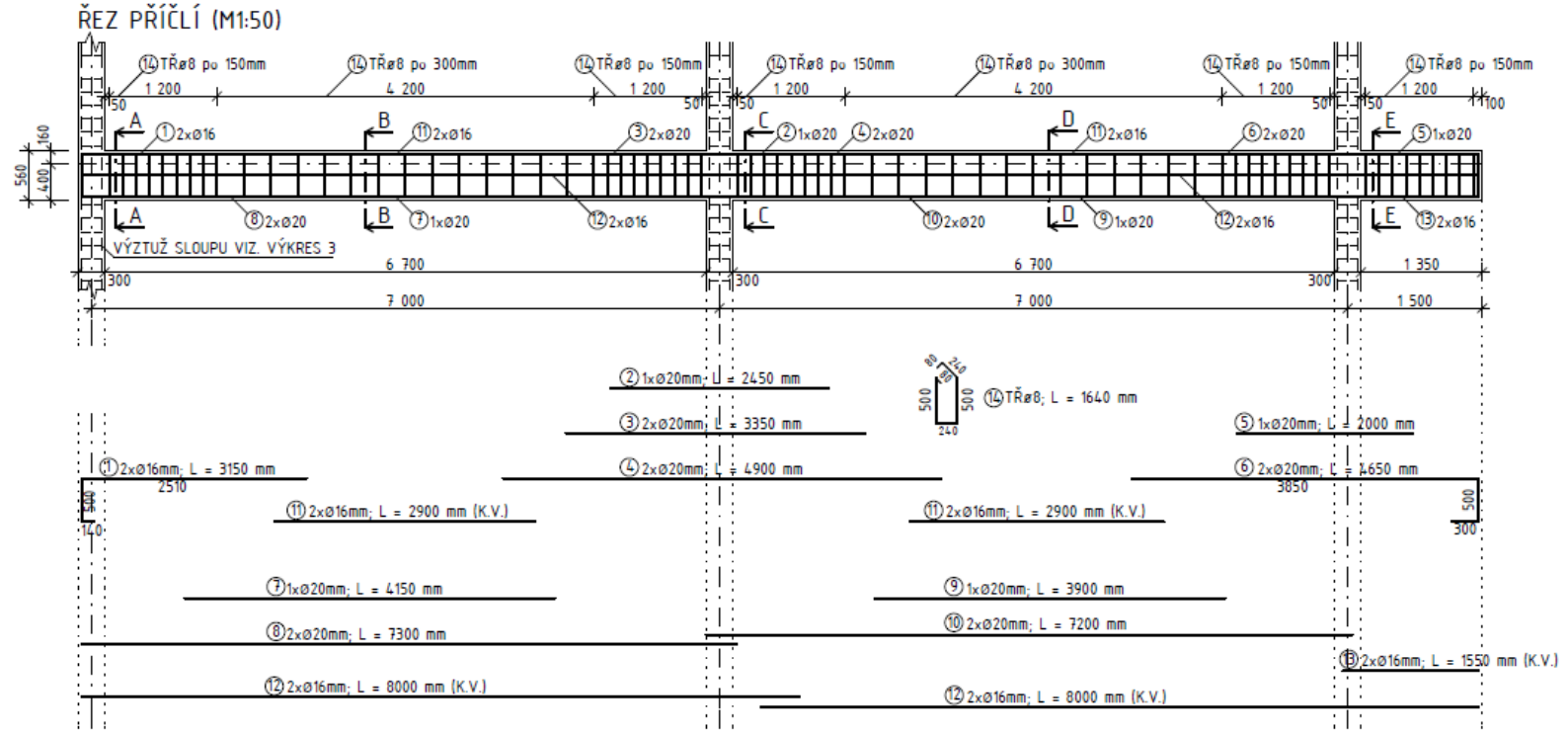
- Výkres by měl obsahovat
  - podélný řez trámem s rozkreslenou a popsanou výztuží nad/pod trámem,
  - navazující konstrukce, sloupy nad a pod příčlí s naznačenou výztuží
  - příčné řezy trámem v poli a u podpory (5 průřezů),
  - rozšířenou obálku momentů,
  - schémata rozdělení materiálu,
  - popisek nad rozpiskou,
  - rozpisku.

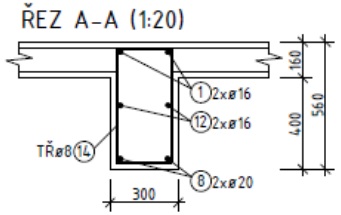
# Příklad výkresu – oficiální vzorový výkres

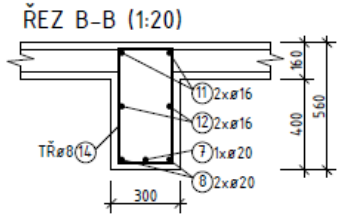


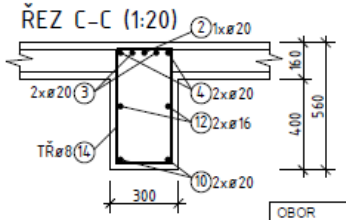
# Příklad

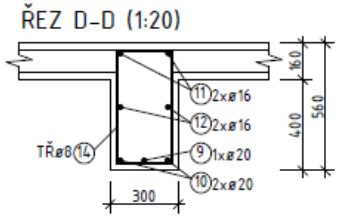


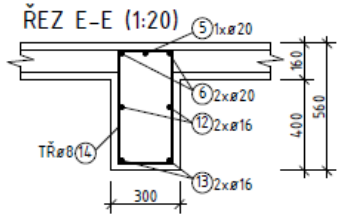



POZNÁMKY:
VÝZTUŽ KÓTOVÁNA NA OSU
BETON C30/37-XC1-$D_{MAX}$16-Cl0,2-S4
OCEL B500B
KRYTÍ VÝZTUŽE PŘÍČLE = 30 mm

| OBOR | KATEDRA | JMÉNO STUDENTA | ČVUT v Praze Fakulta stavební |
|---|---|---|---|
| Konstrukce pozemních staveb | | | |
| ROČNÍK | | | |
| 3. | | | |
| AKCE : DOMÁCÍ ÚKOL č.1 K PŘEDMĚTU BK01 - PATROVÝ ROVINNÝ RÁM | | | FORMÁT 2x A4 |
| | | | MĚŘÍTKO 1:50/1:20 |
| | | | DATUM 29.10.2019 |
| | | | Č. VÝKR. 2 |
| OBSAH : VÝKRES VÝZTUŽE PŘÍČLE - ŘEZY | | | PODPIS |

# Díky za pozornost

# Poděkování

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

Děkuji **Stáňovi Zažirejovi** za poskytnutí vizualizací a obrázků.

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