



*Úloha 2 – Železobetonový trémový strop*

# Výkres výztuže trámu

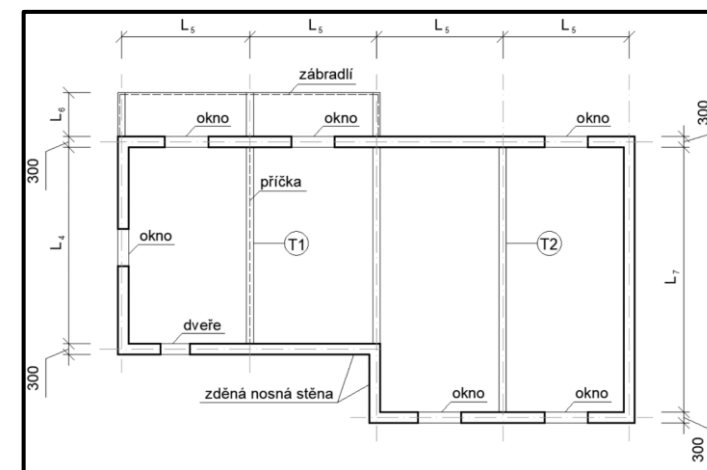
Prezentace k cvičení z předmětu NNKB (paralelka Štefan)

# Zadání Úlohy 2

# Zadání Úlohy 2

V rámci úlohy 2 vypracujeme

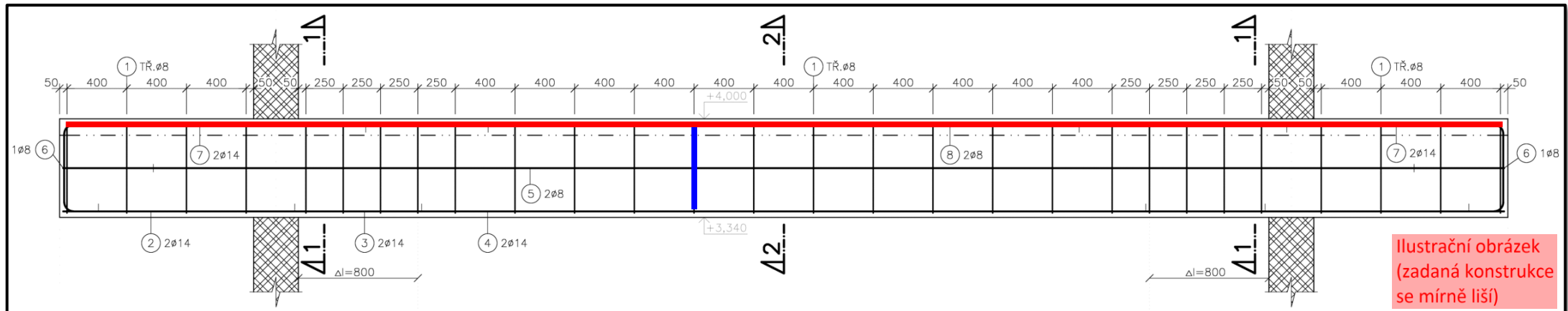
- návrh rozměrů stropních prvků (desky a trámů T1 a T2) + výpočet zatížení stropních prvků,
- výpočet vnitřních sil na desce a trámech T1 a T2,
- návrh a posouzení výztuže desky + výkres výztuže desky,
- návrh a posouzení výztuže trámů + **výkres výztuže trámu T1**,
- výkres tvaru.



# Výkres výztuže trámu T1

# Výkres výztuže trámu

Do výkresu zakreslujeme **podélnou** a **smykovou** výztuž.

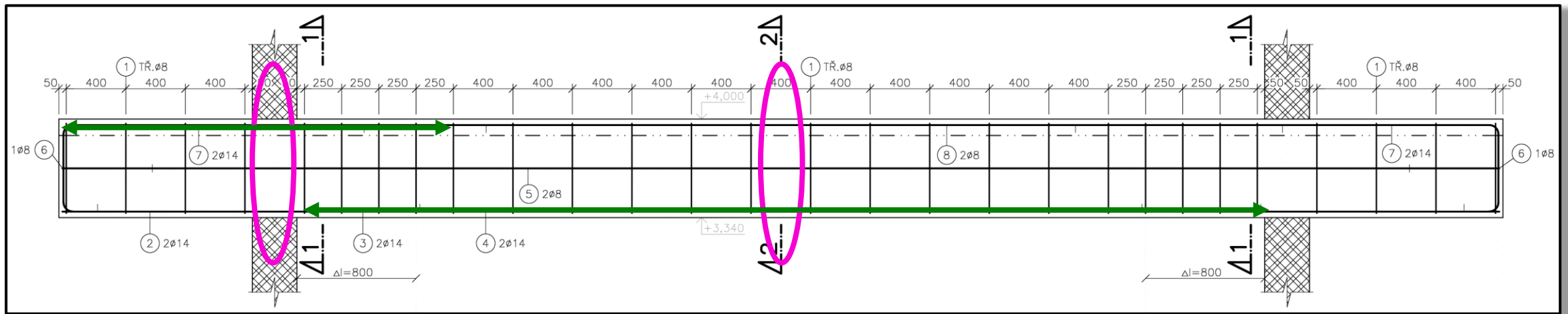


# Podélná výztuž

# Podélná výztuž

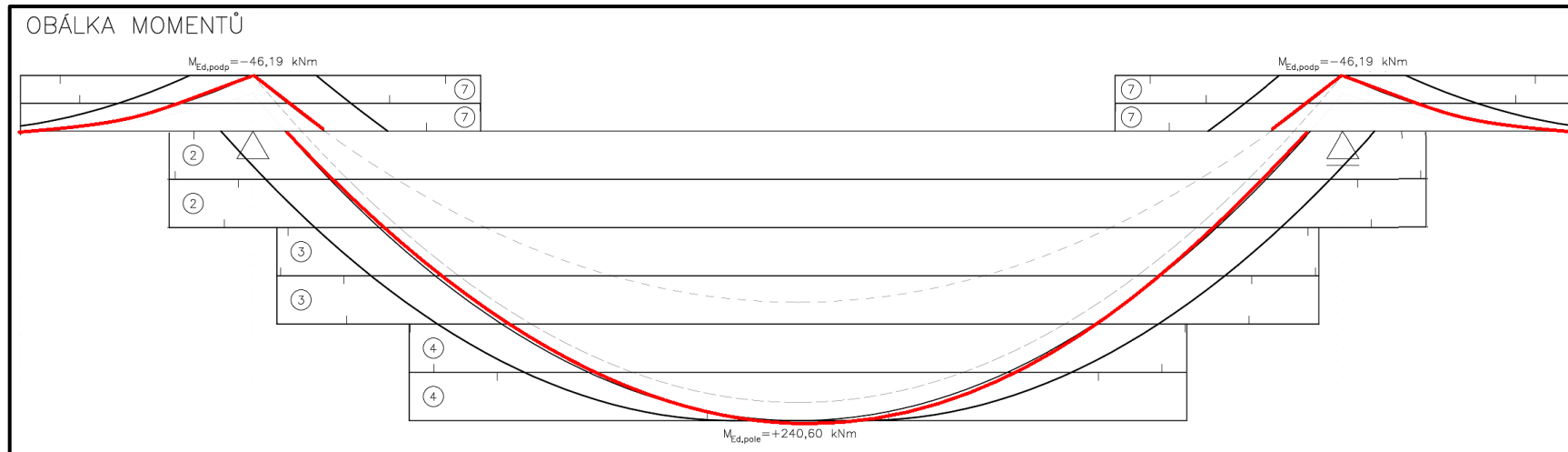
**Podélnou** (hlavní tahovou) výztuž máme navrženu pouze v průřezech – nad podporou a v poli.

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



# Obálka momentů

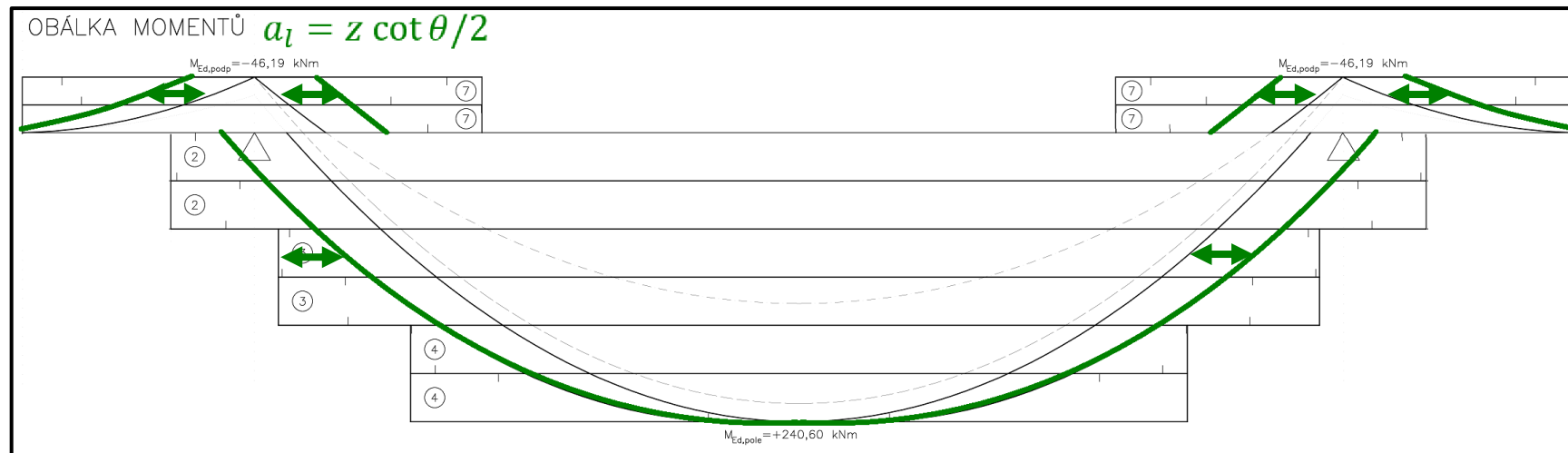
Při stanovení, kam má být výztuž protažena, vycházíme z **obálky momentů**.





# Rozšíření obálky

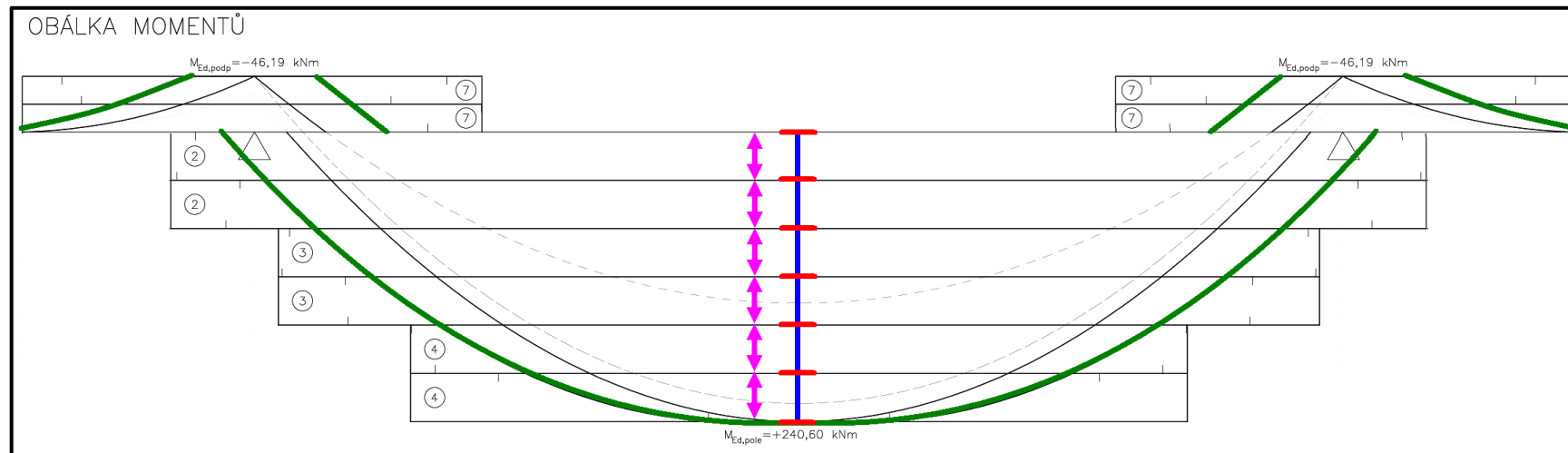
Obálku rozšíříme tak, že křivky posuneme ve vodorovném směru o  $a_l = 0.5 \cdot z \cdot \cot \theta^*$ .



\* Rameno vnitřních sil  $z$  a kotangens úhlu sklonu trhlin  $\cot \theta$  převezmeme z výpočtu smykové výztuže. Pro moment nad podporou bereme hodnotu  $z$  z výpočtu horní ohybové výztuže nad podporou. Pro moment v poli bereme hodnotu  $z$  z výpočtu dolní ohybové výztuže v poli.

# Rozšíření obálky

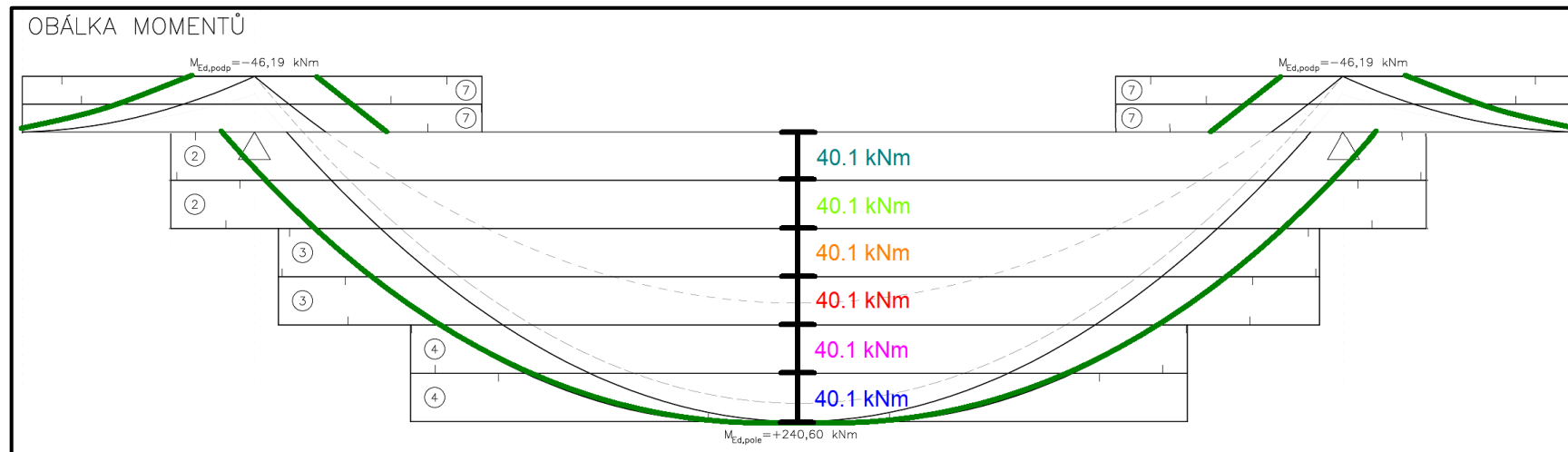
Uprostřed pole máme kvůli momentu  $M_{Ed,pole}$  navrženo  $n$  prutů. Působící moment si rozdělíme na  $n$  dílků, abychom viděli, jaký moment nám přenáší jeden prut\*.



\* Vycházíme z myšlenky: „Pro přenesení momentu  $M_{Ed,pole}$  jsme navrhli  $n$  prutů. Každý prut nám tedy zajišťuje únosnost o hodnotě  $M_{Ed,pole}/n$ ”.

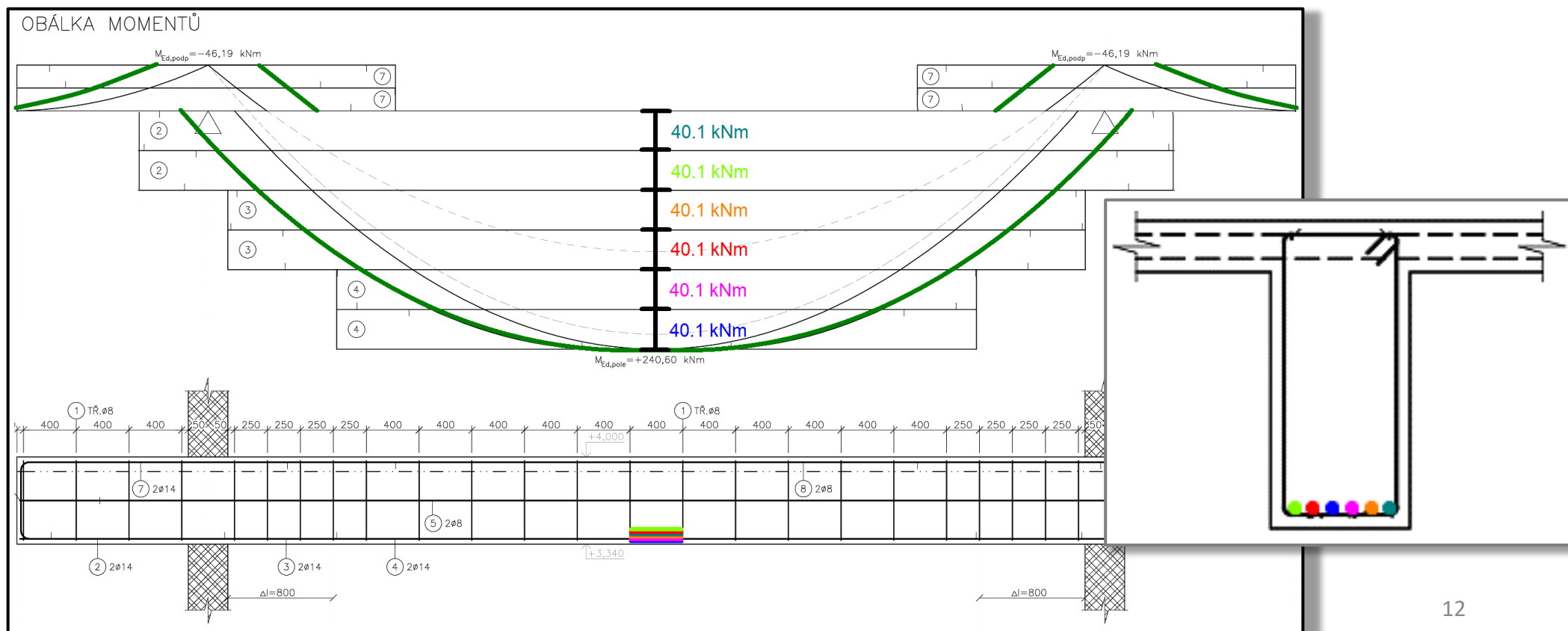
# Rozšíření obálky

Zjednodušeně uvažujeme, že **každý prut zajišťuje únosnost** o hodnotě  $M_{Ed,pole}/n$ .



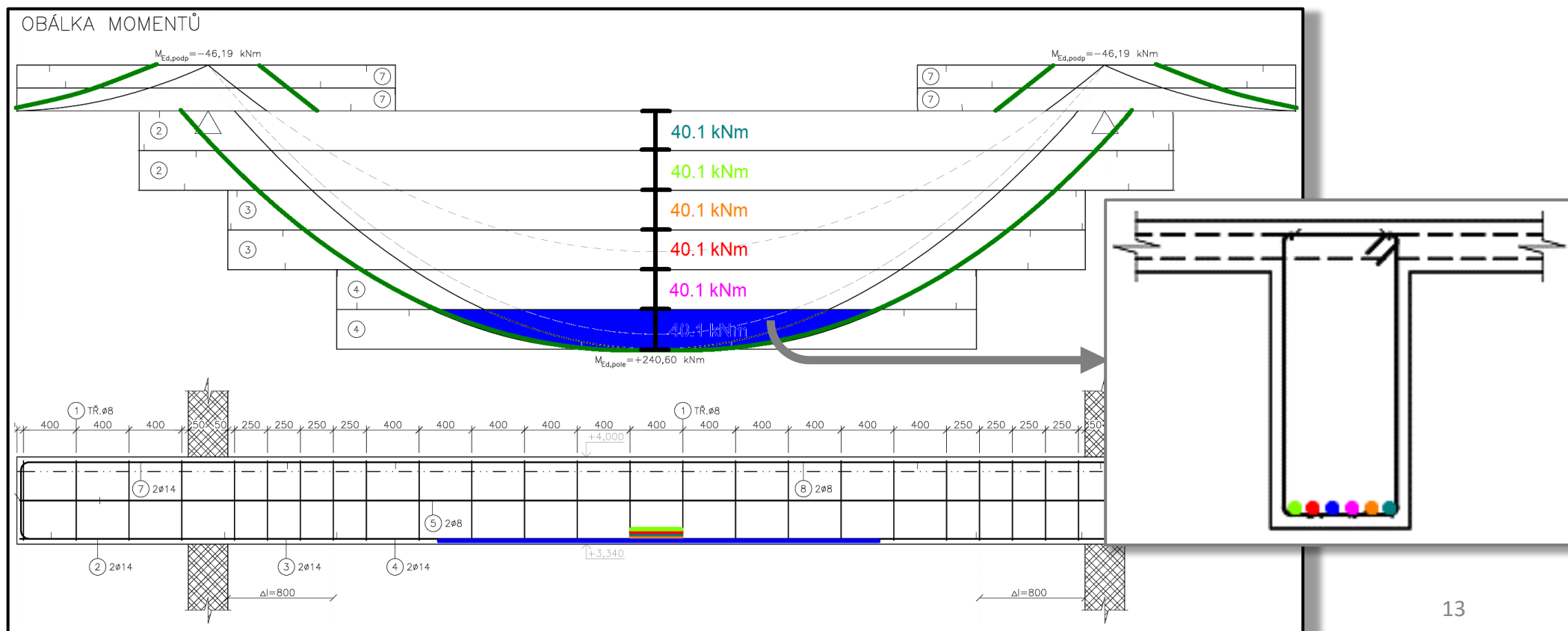
# Rozšíření obálky

Uprostřed pole tedy potřebujeme všech 6 prutů.



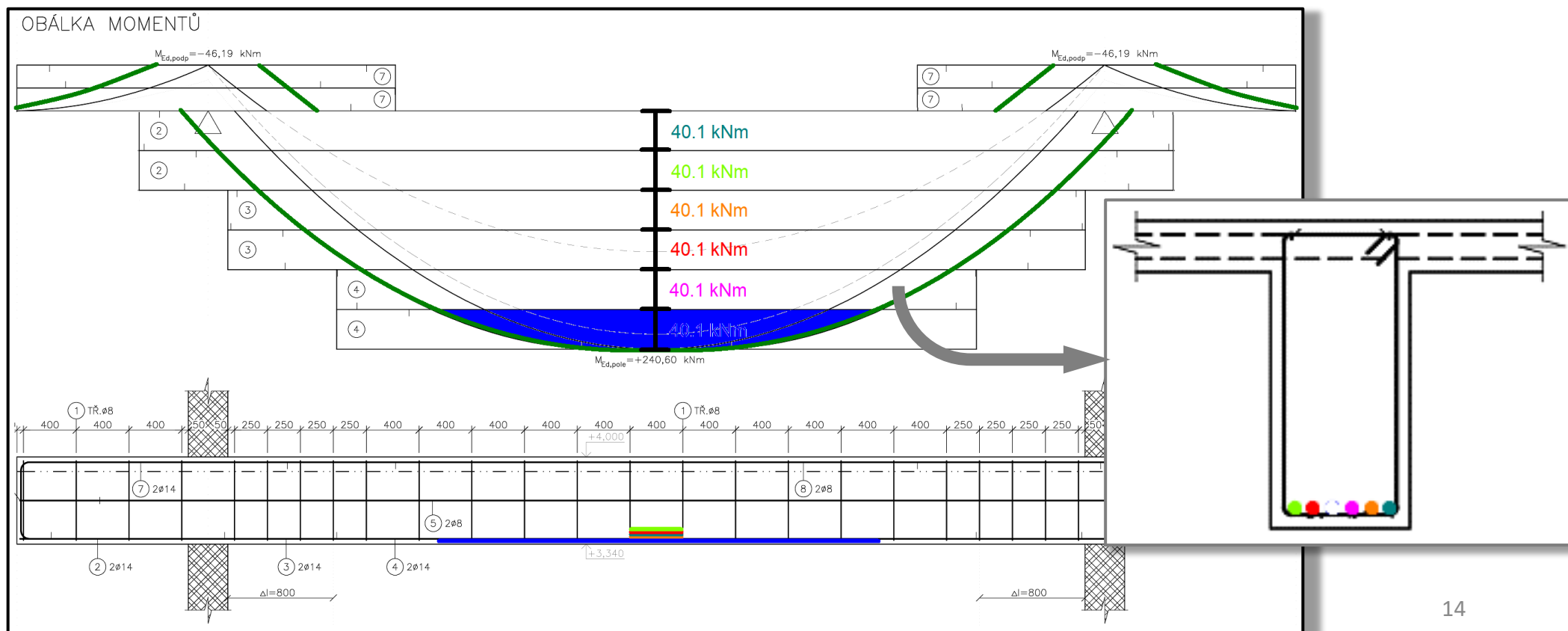
# Rozšíření obálky

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



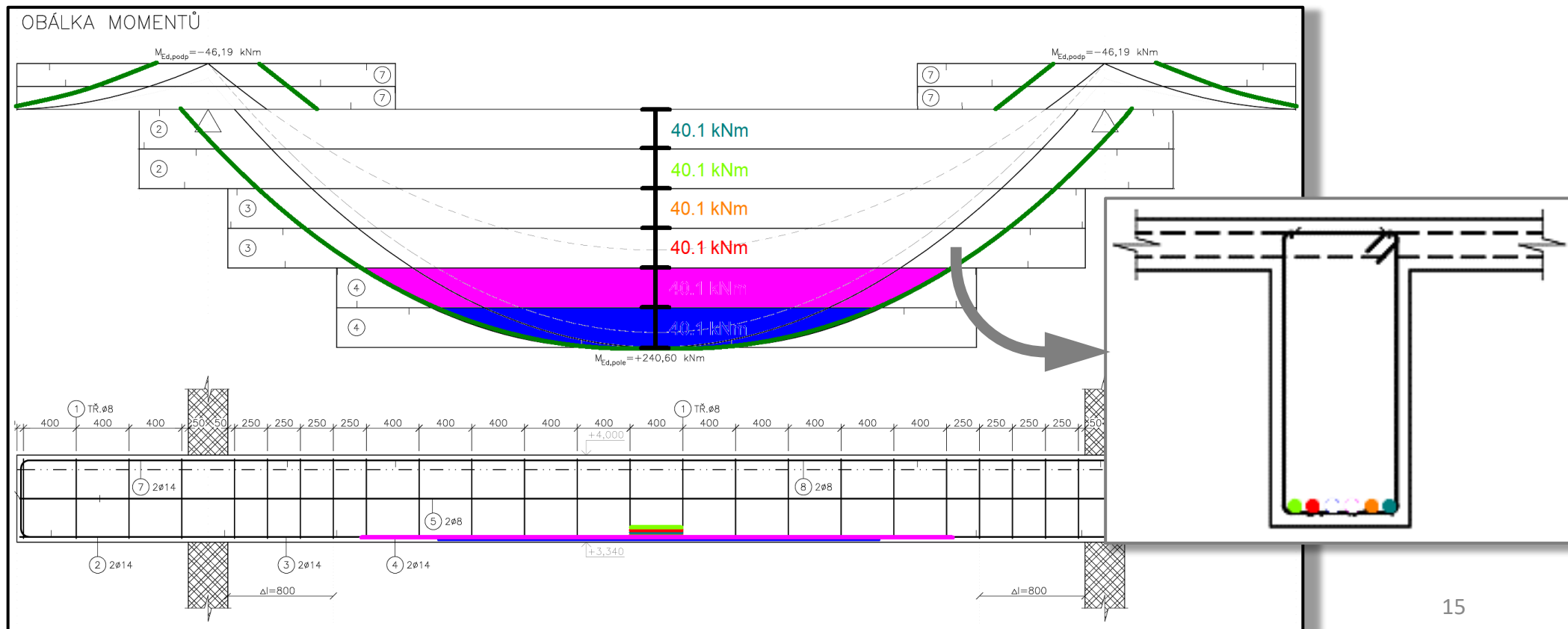
# Rozšíření obálky

V průřezu blíže k podpoře již modrý prut nepotřebujeme.



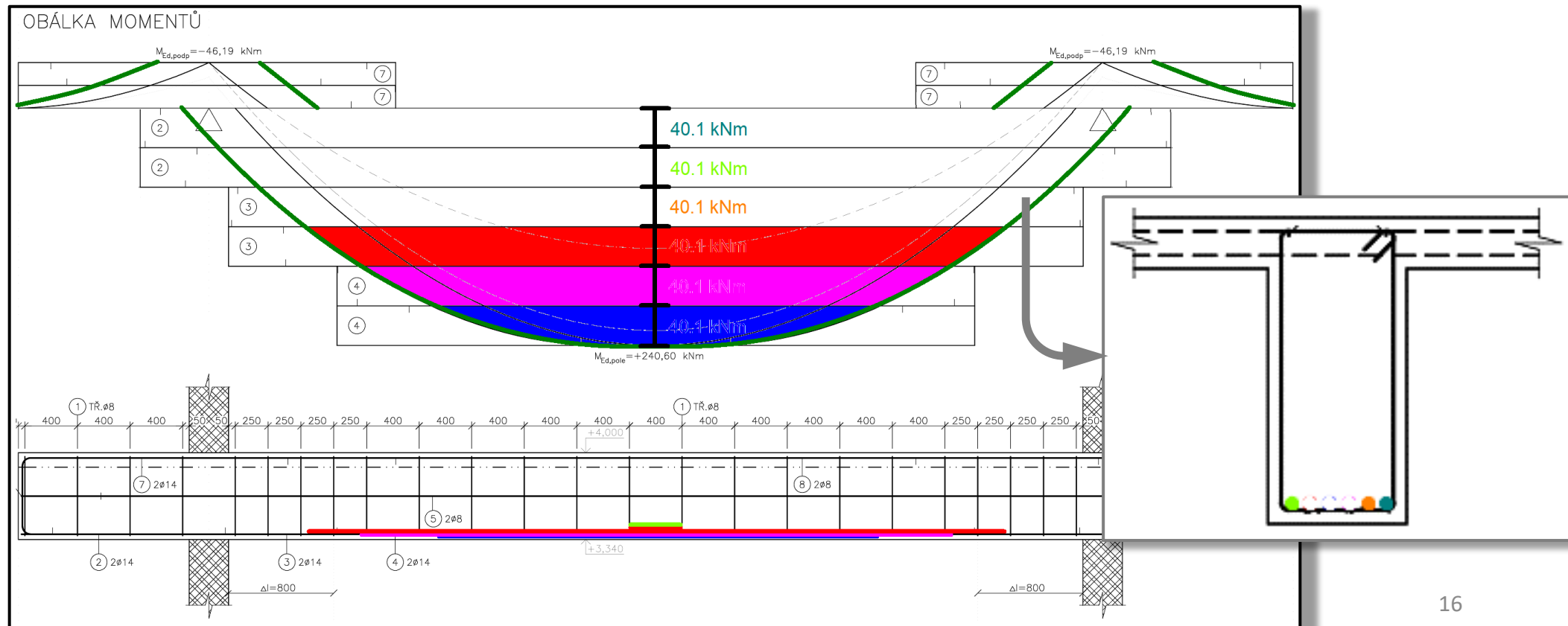
# Rozšíření obálky

Stejně tak fialový prut potřebujeme pouze v o trochu delší části a ještě blíže u podpory už ho nepotřebujeme.



# Rozšíření obálky

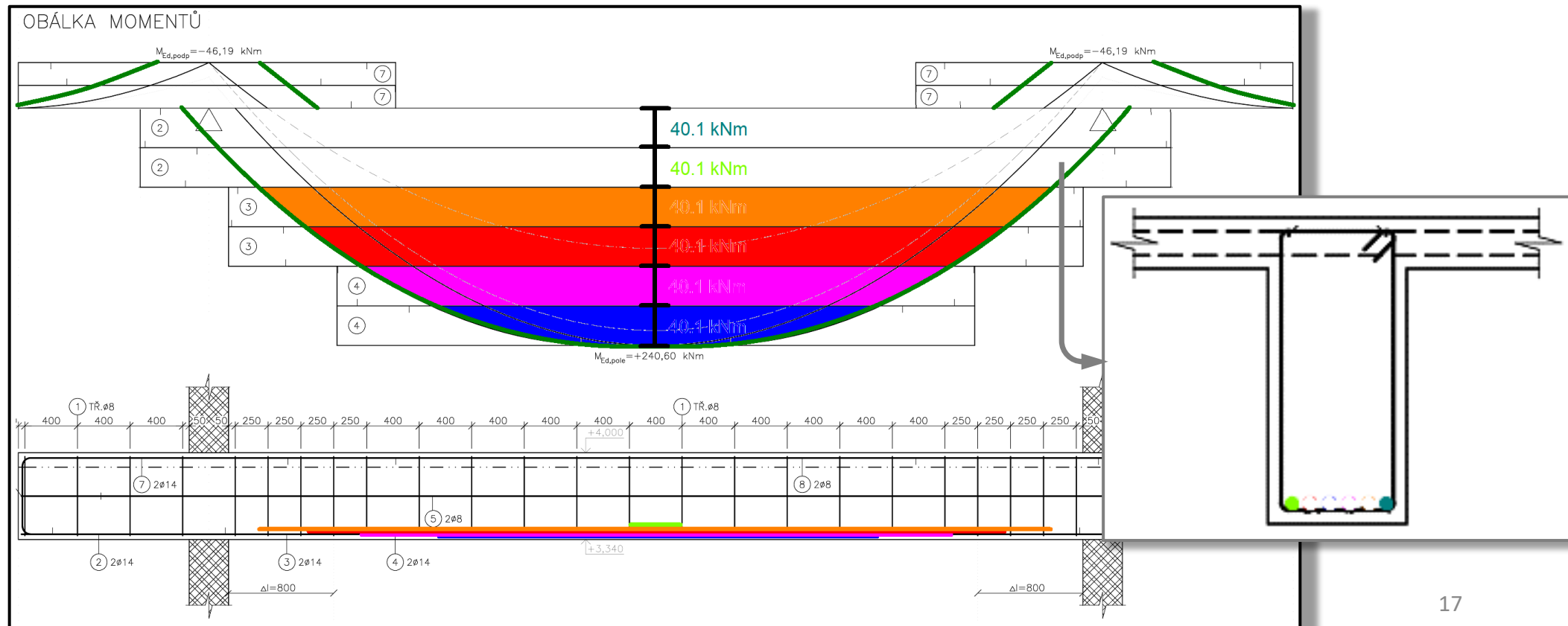
A tak dále.





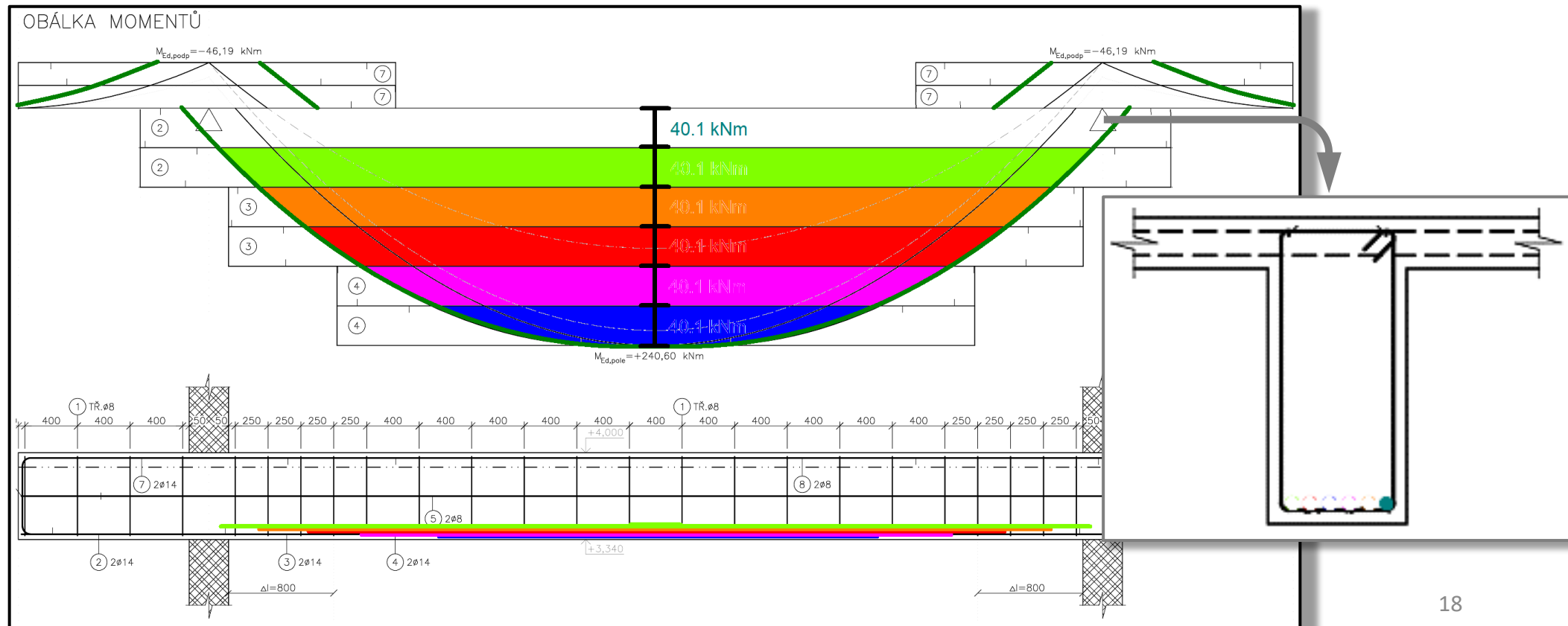
# Rozšíření obálky

A tak dále.



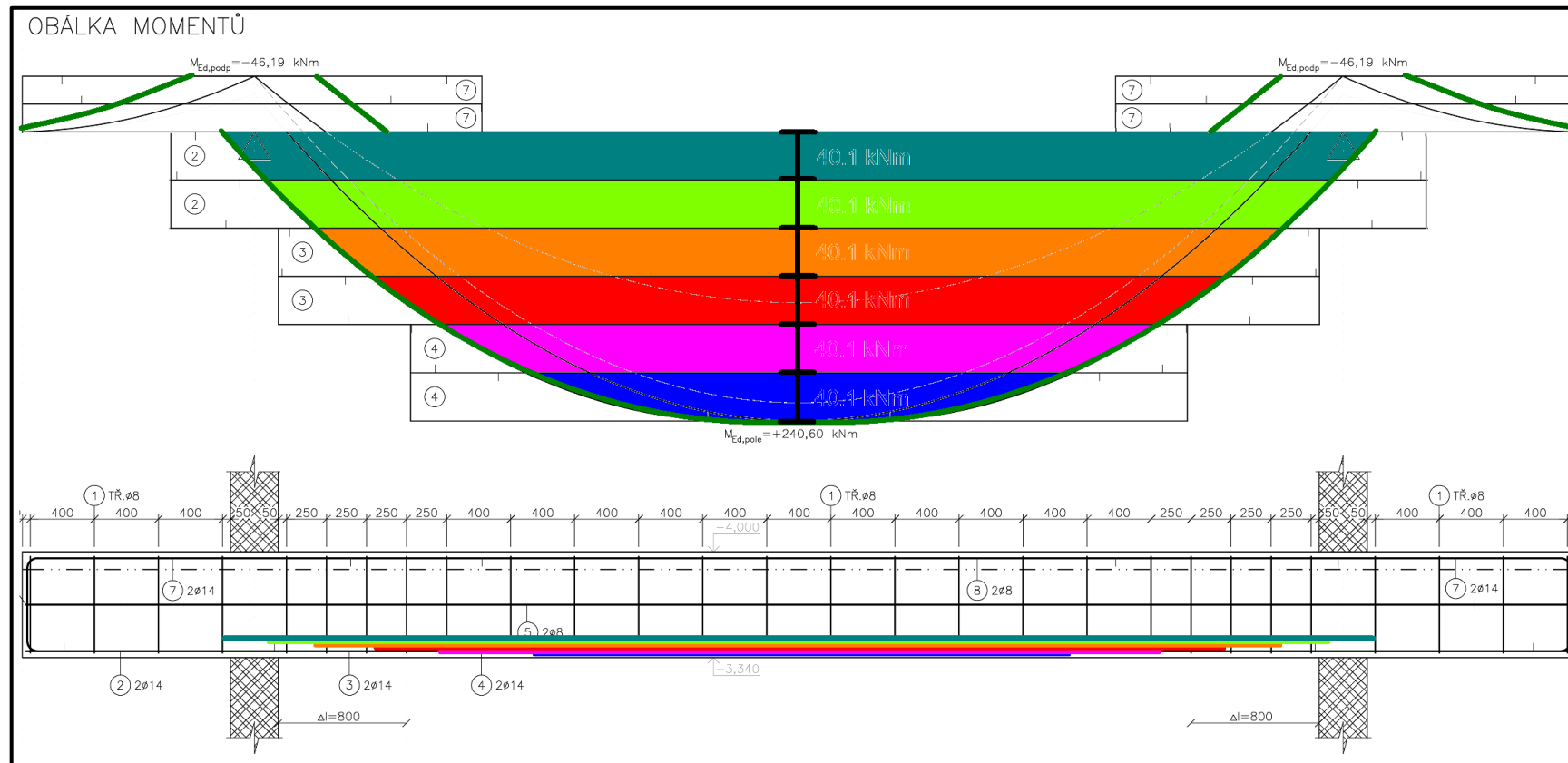
# Rozšíření obálky

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



# Rozšíření obálky

Tímto způsobem jsme tedy stanovili, jak dlouhé musí jednotlivé 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

Ve cvičení můžeme zjednodušeně stanovit **základní kotevní délku** pomocí vztahu

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

kde  $\varnothing_s$  je průměr prutu výztuže (navrženo v předchozím úkolu),  
 $k$  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

Přesný výpočet základní kotevní délky  $\left( l_{b,req} = \frac{\varnothing}{4} \times \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} \right)$ , viz přednášky.

# Minimální kotevní délka

**Minimální kotevní délku** stanovíme ze vztahu

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

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

# Návrhová kotevní délka

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

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

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 předchozí slidy),

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

# Návrhová kotevní délka

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

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

kde  $\alpha_i$

ta

$l_b$

$l_b$

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 $c_d < 3\varnothing$ $\alpha_1 = 0.7$ 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 výztuží	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.			

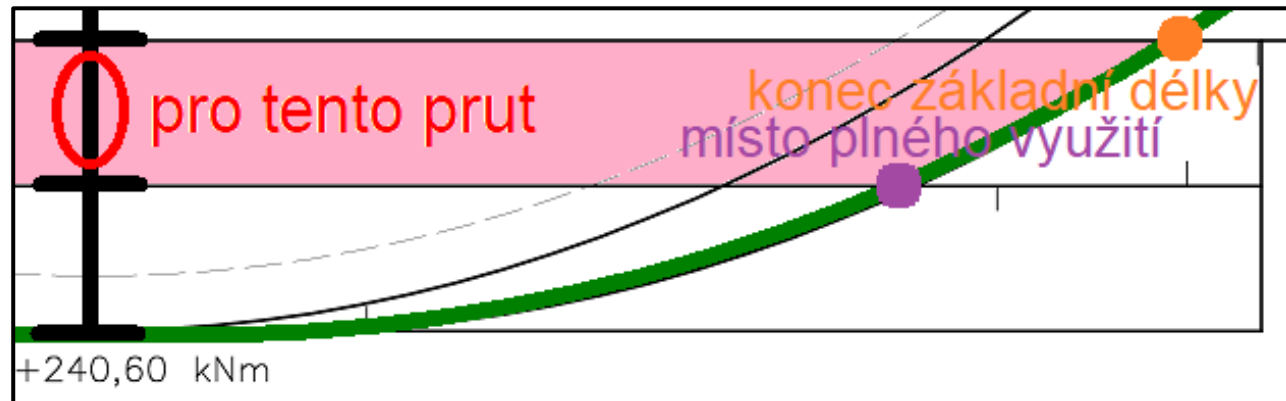
sněji dle



# Určení délek prutů

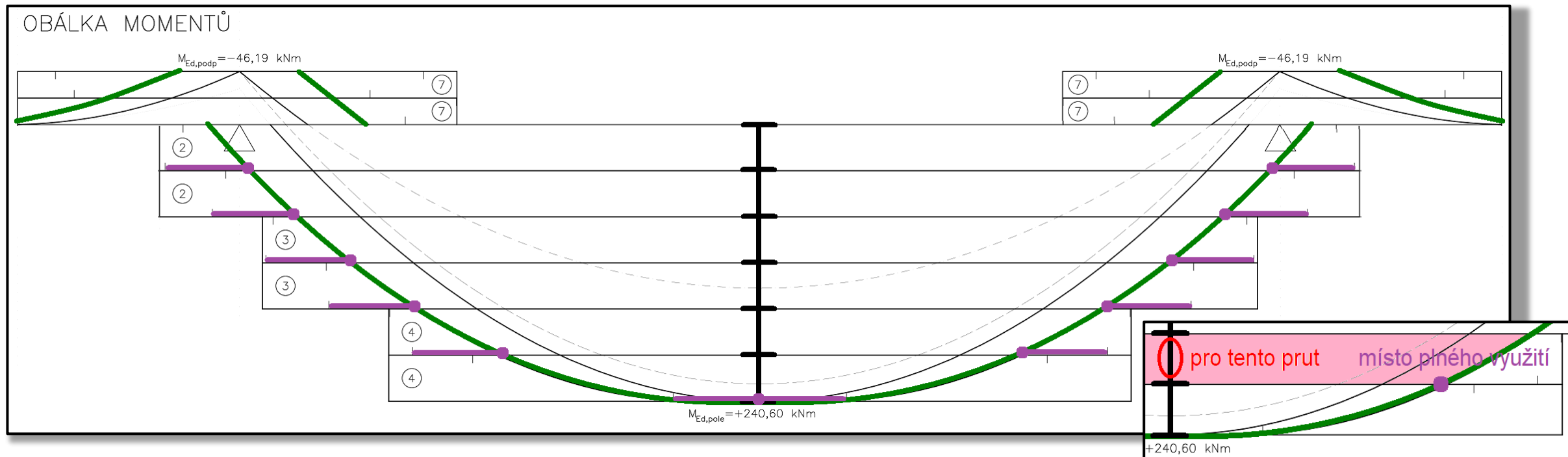
Při vynášení kotevní délky používáme **dva pojmy**

- **konec základní délky** – místo, kde prut začíná být namáhán (tj. při menším momentu už vůbec není namáhán)
- **místo plného využití** – místo, ve kterém je daný prut nejvíce namáhán (tj. při větším momentu už další namáhání přenáší další prut)



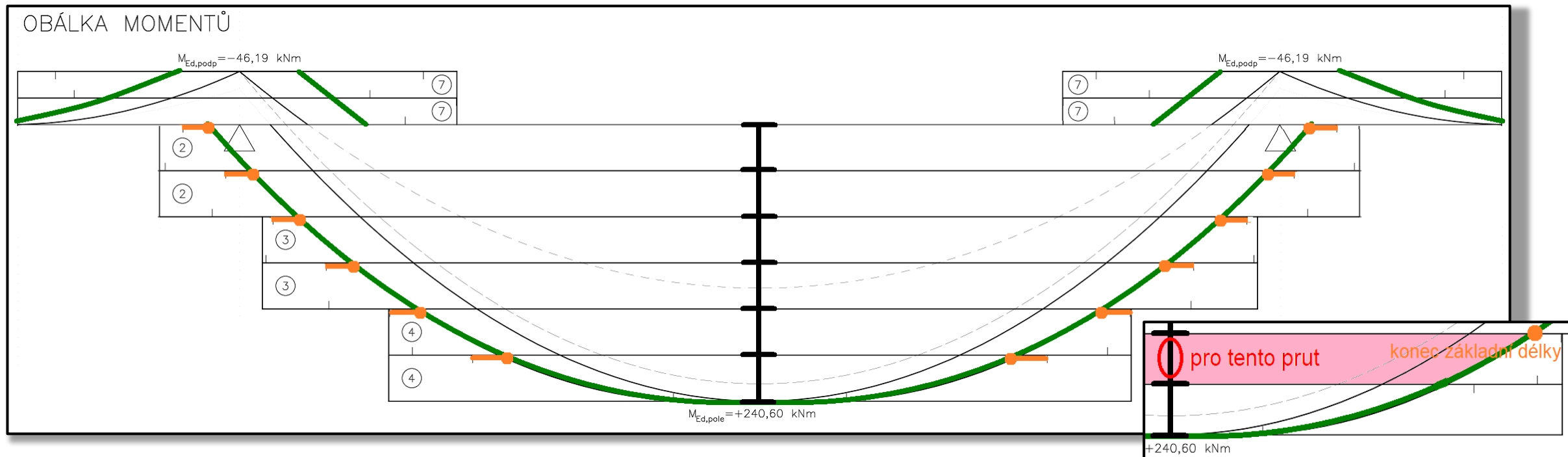
# Určení délek prutů

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



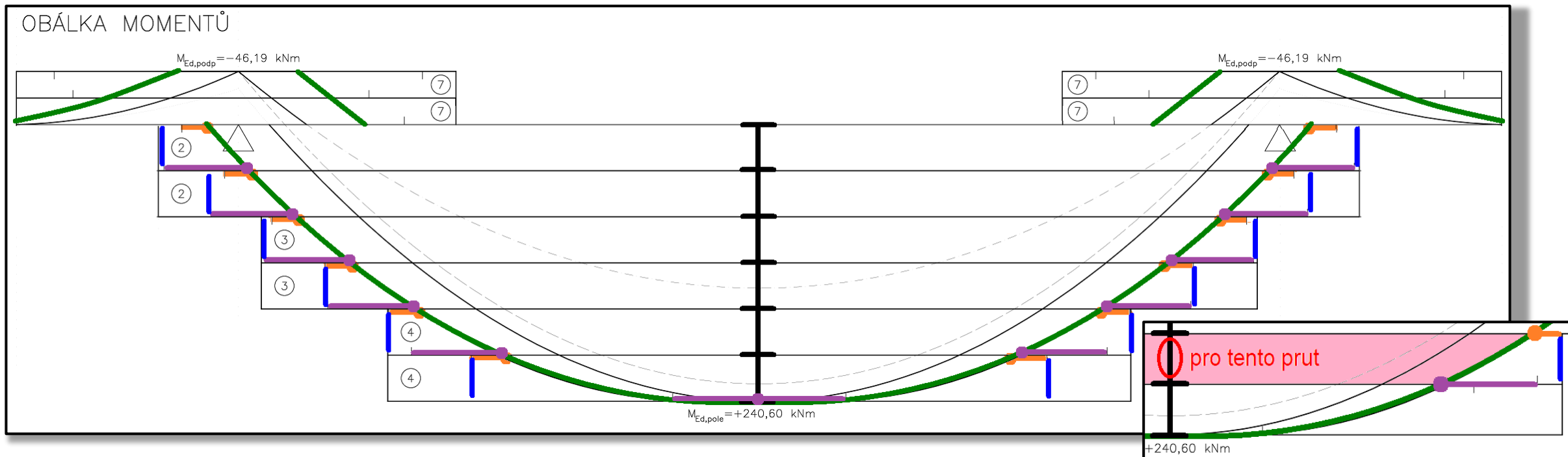
# Určení délek prutů

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



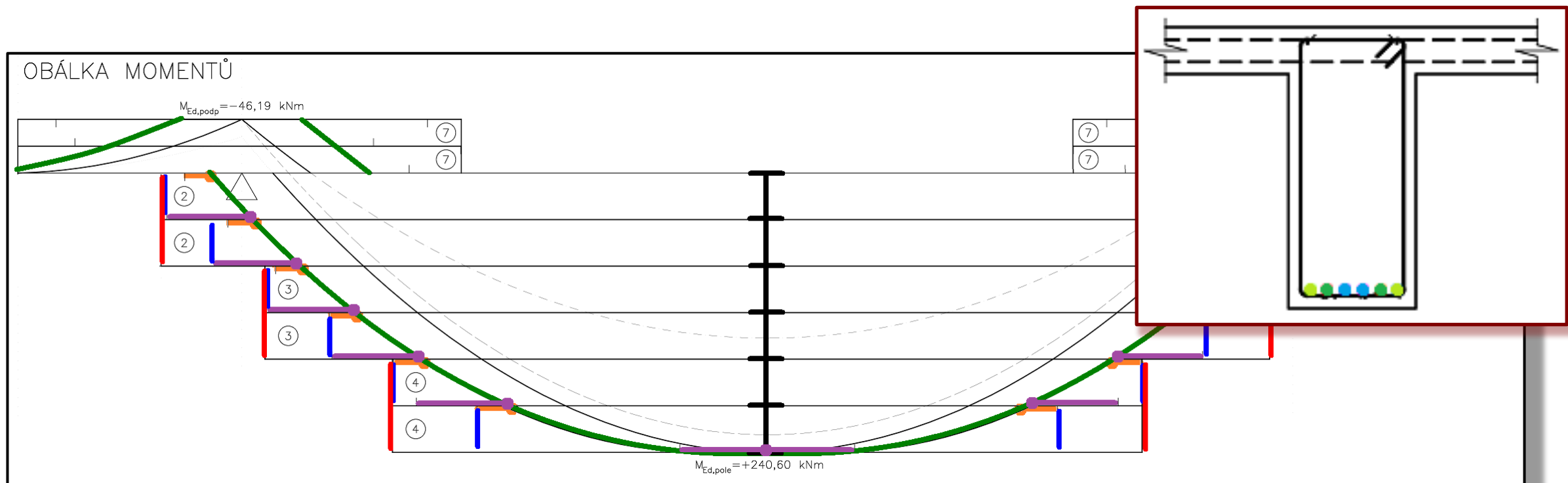
# Určení délek prutů

O celkové délce každého prutu **rozhoduje** ta kotevní délka, **kte**rá sahá dále.



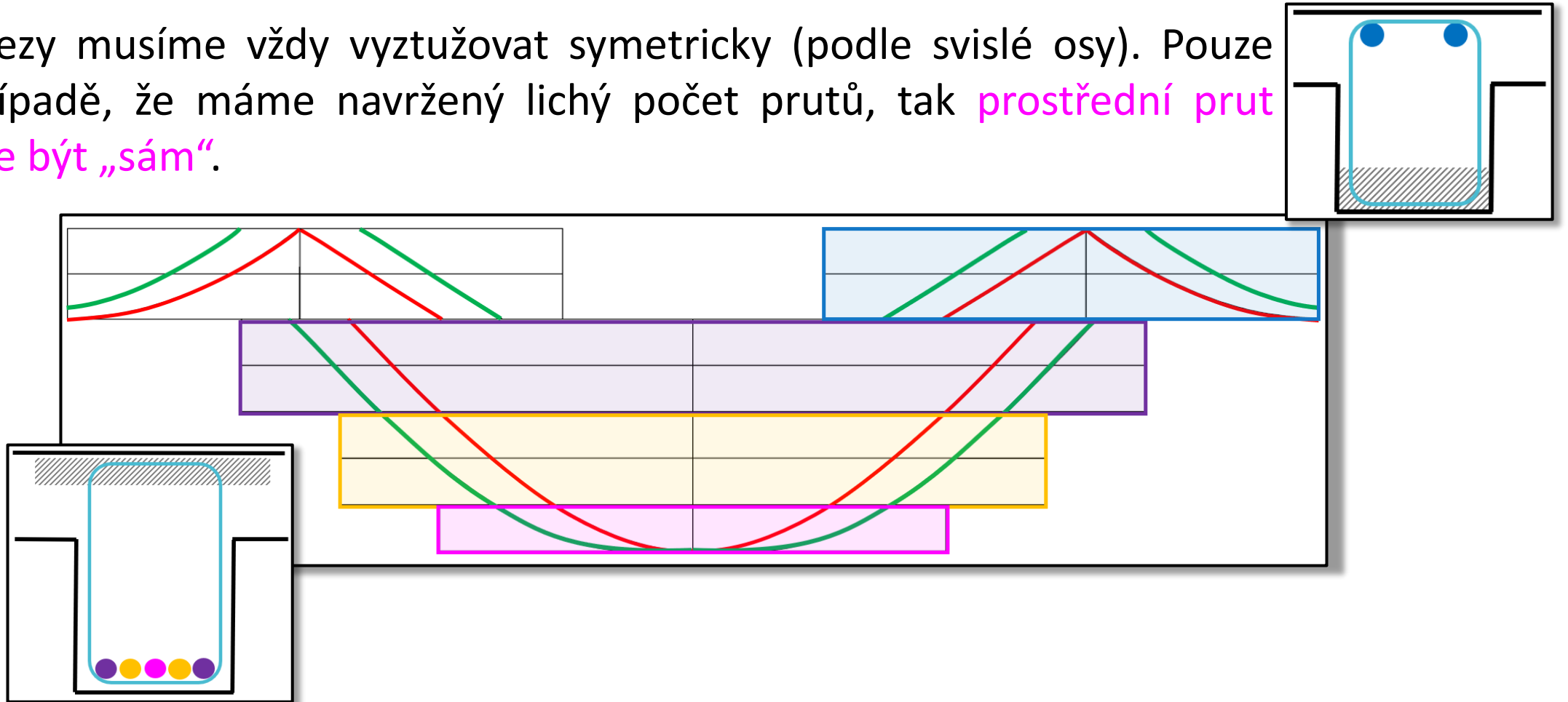
# Určení délek prutů

Průřezy musíme vždy **vyztužovat symetricky** (podle svislé osy). To znamená, že **vždy dva pruty mají stejnou délku** (rovnou té delší z jejich délek)\*.



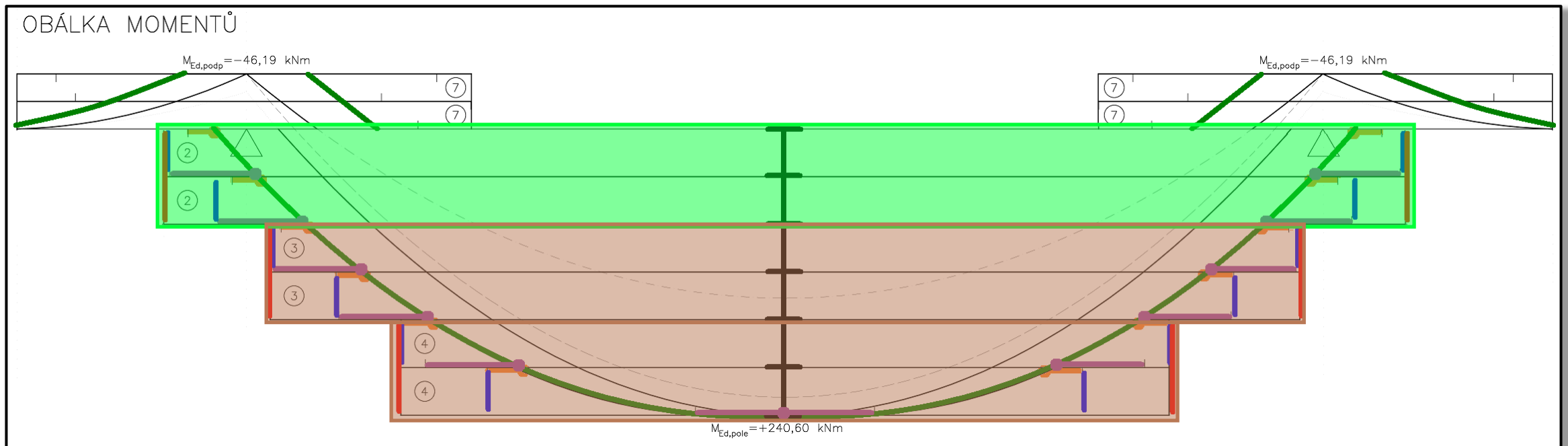
# Určení délek prutů

Průřezy musíme vždy vyztužovat symetricky (podle svislé osy). Pouze v případě, že máme navržený lichý počet prutů, tak **prostřední prut může být „sám“**.



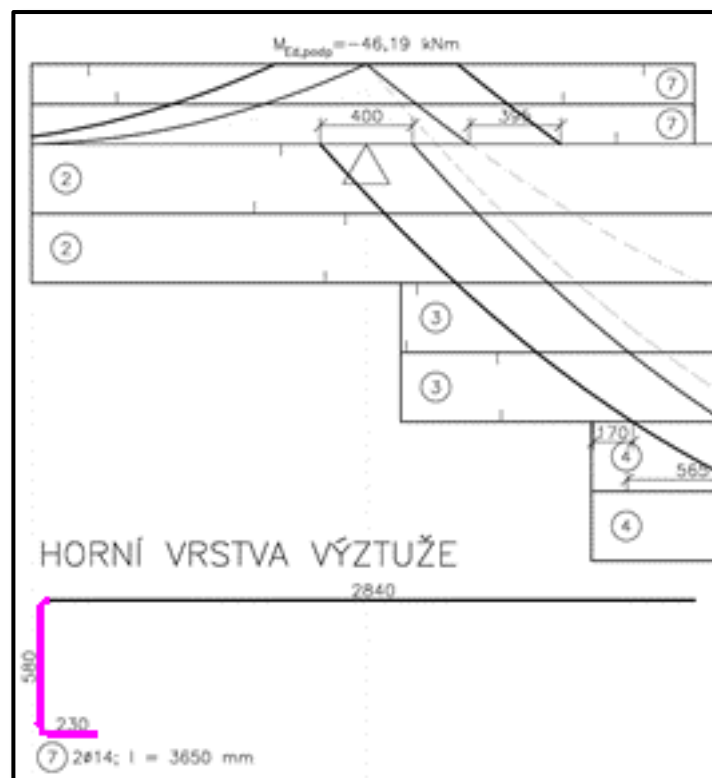
# Určení délek prutů

Dva pruty v rozích třmínek musí být dotaženy minimálně  $10\varnothing$  za líc podpory, ostatní mohou být kratší\*. Všechny délky prutů navrhujeme v násobcích 50 mm.



# Určení délek prutů

Na konzole (kde končí konstrukce) zajistíme dostatečné kotvení horní výztuže tak, že výztuž zahneme k dolnímu povrchu. **Délka zahnutí** vychází z požadované kotevní délky.





# Smyková výztuž

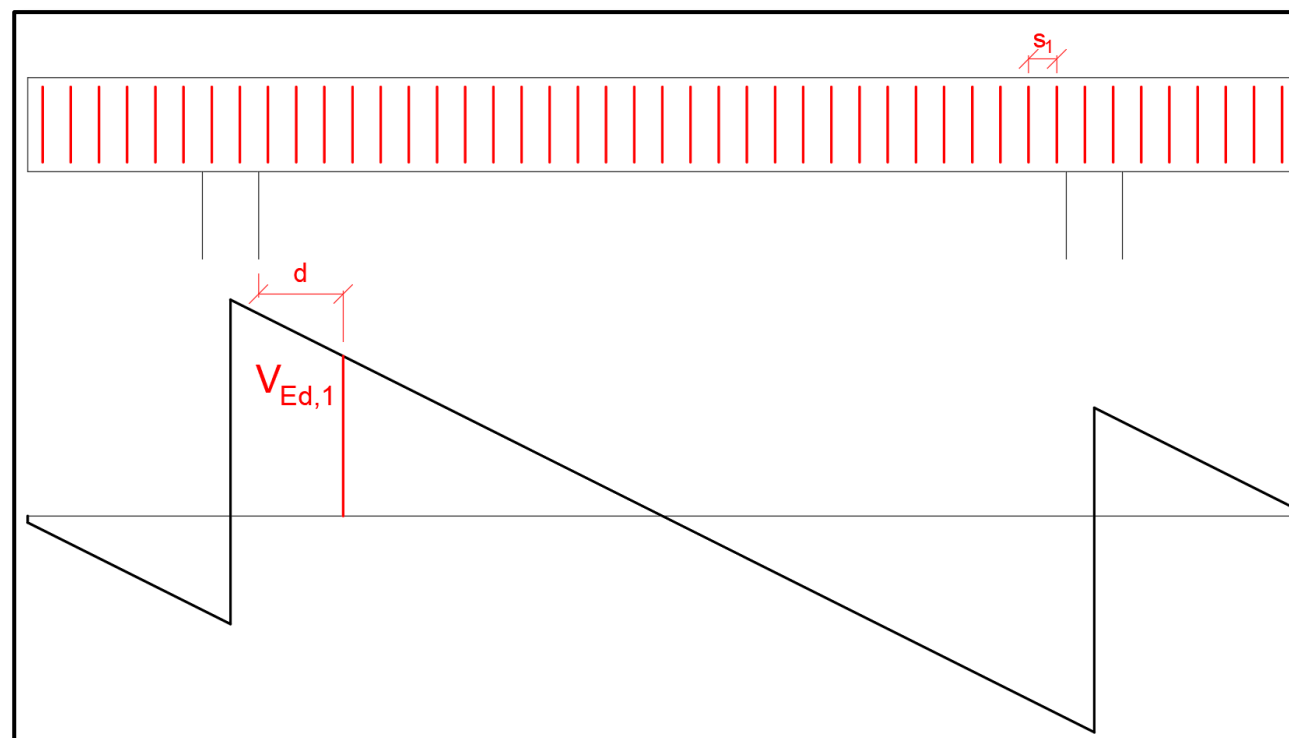
# Smyková výztuž

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

Zde je postup pouze zopakován.

# Rozmístění návrhových třmínků

**Návrhové třmínky** jsou navrženy na maximální posouvající sílu v konstrukci\*. To znamená, že je **můžeme použít v celém prvku**. To ale **není ekonomické\*\***.

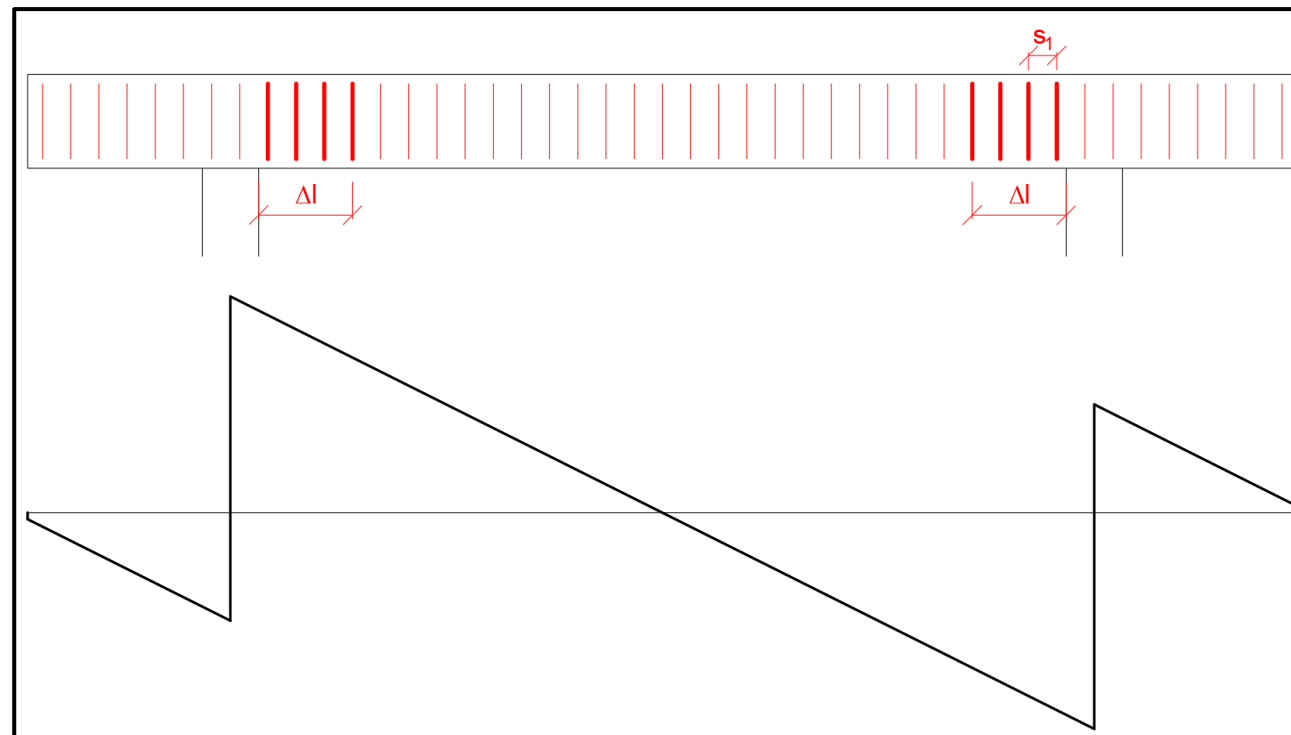


\*To není úplně pravda. Třmínky jsou navrženy na sílu ve vzdálenosti  $d$  od líce podpory ( $V_{Ed,1}$ ) a v teoretické podpoře je síla ještě větší. Ale vzhledem k tomu, že trhлина vychází z líce podpory (a ne z teoretické podpory), třmínky nikdy nebudou vystaveny síle větší než  $V_{Ed,1}$ .

\*\*Protože třmínky jsou navrženy na maximální sílu, ale ve většině konstrukce je síla menší a třmínky jsou zbytečně moc blízko u sebe.

# Rozmístění návrhových třmínek

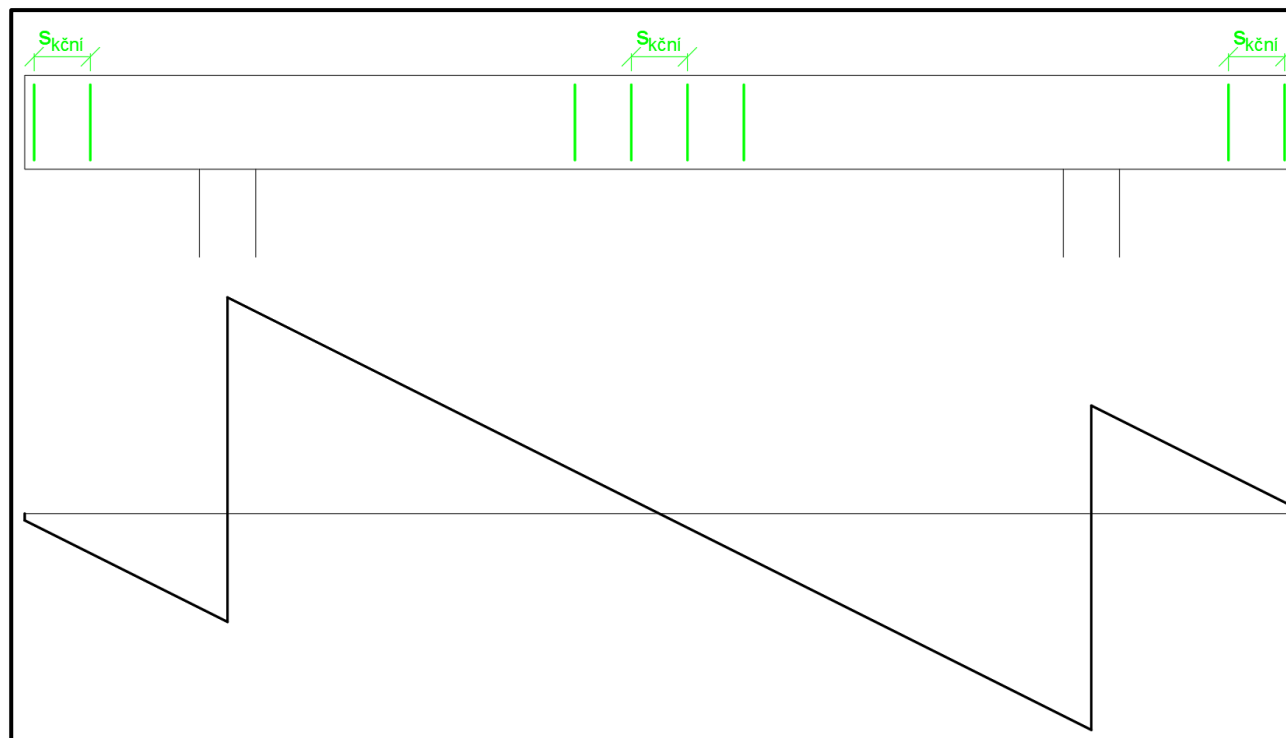
Dále nám návrhová norma udává, že **návrhové třmínky musíme použít minimálně ve vzdálenosti  $\Delta l = z \cot \theta$  od líce podpory\***.



\*Aby pokryly celou smykovou trhlinu vycházející z líce podpory.

# Rozmístění konstrukčních třmínků

**Konstrukční třmínky jsou ekonomičtější\*, ale nelze je použít všude\*\*.**

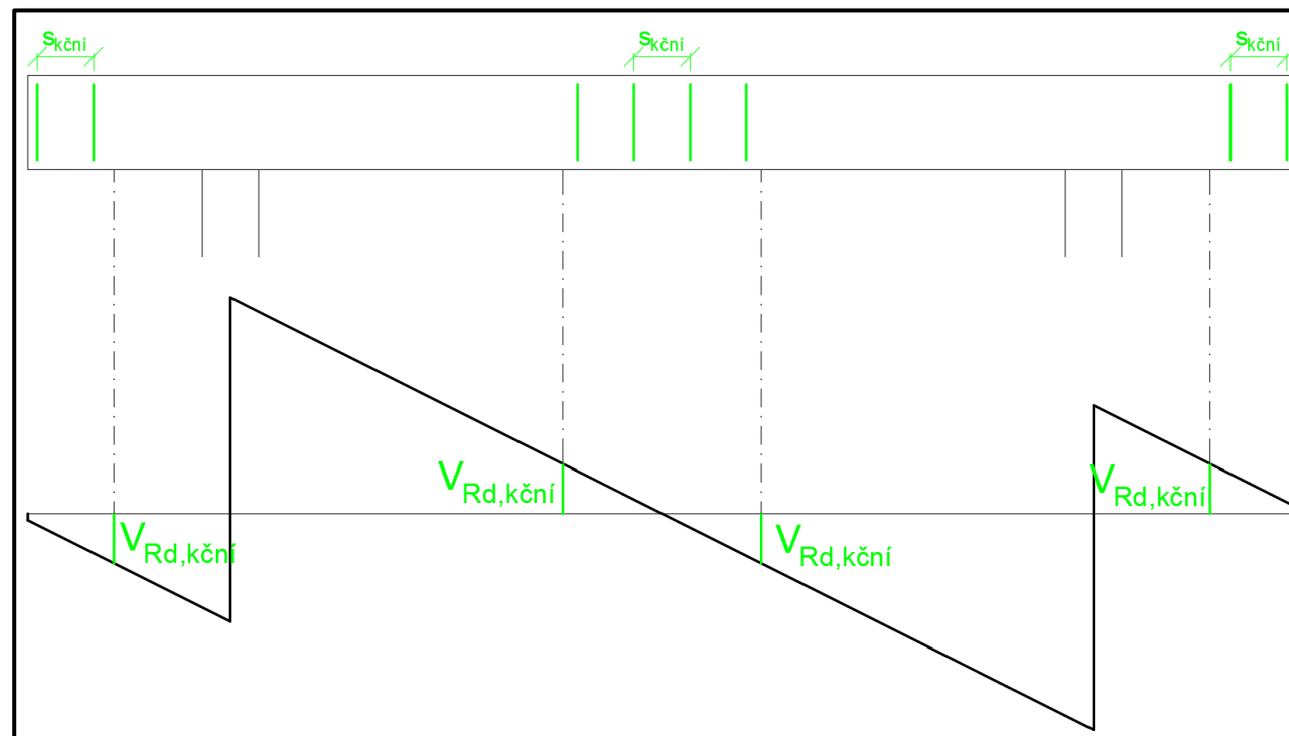


\*protože mají větší rozteč

\*\*protože mají menší únosnost

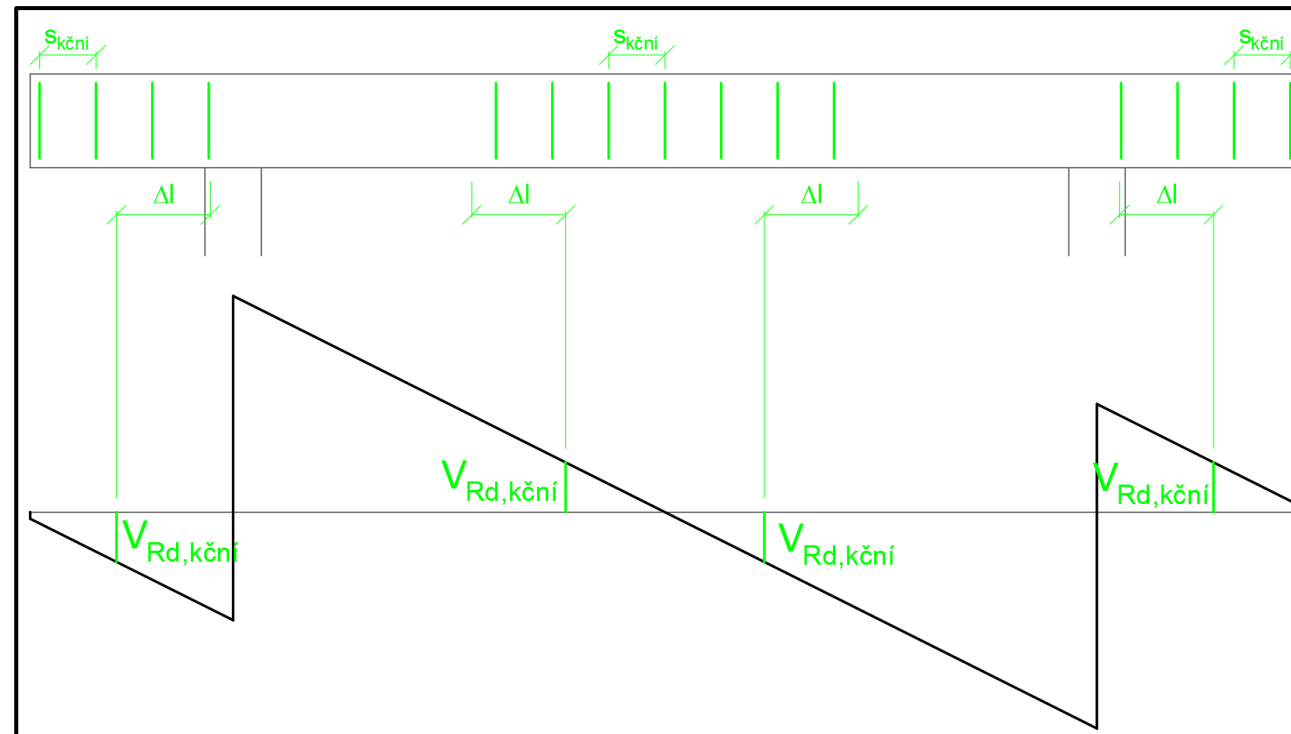
# Rozmístění konstrukčních třmínků

**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  $V_{Rd,kčn}$ .**



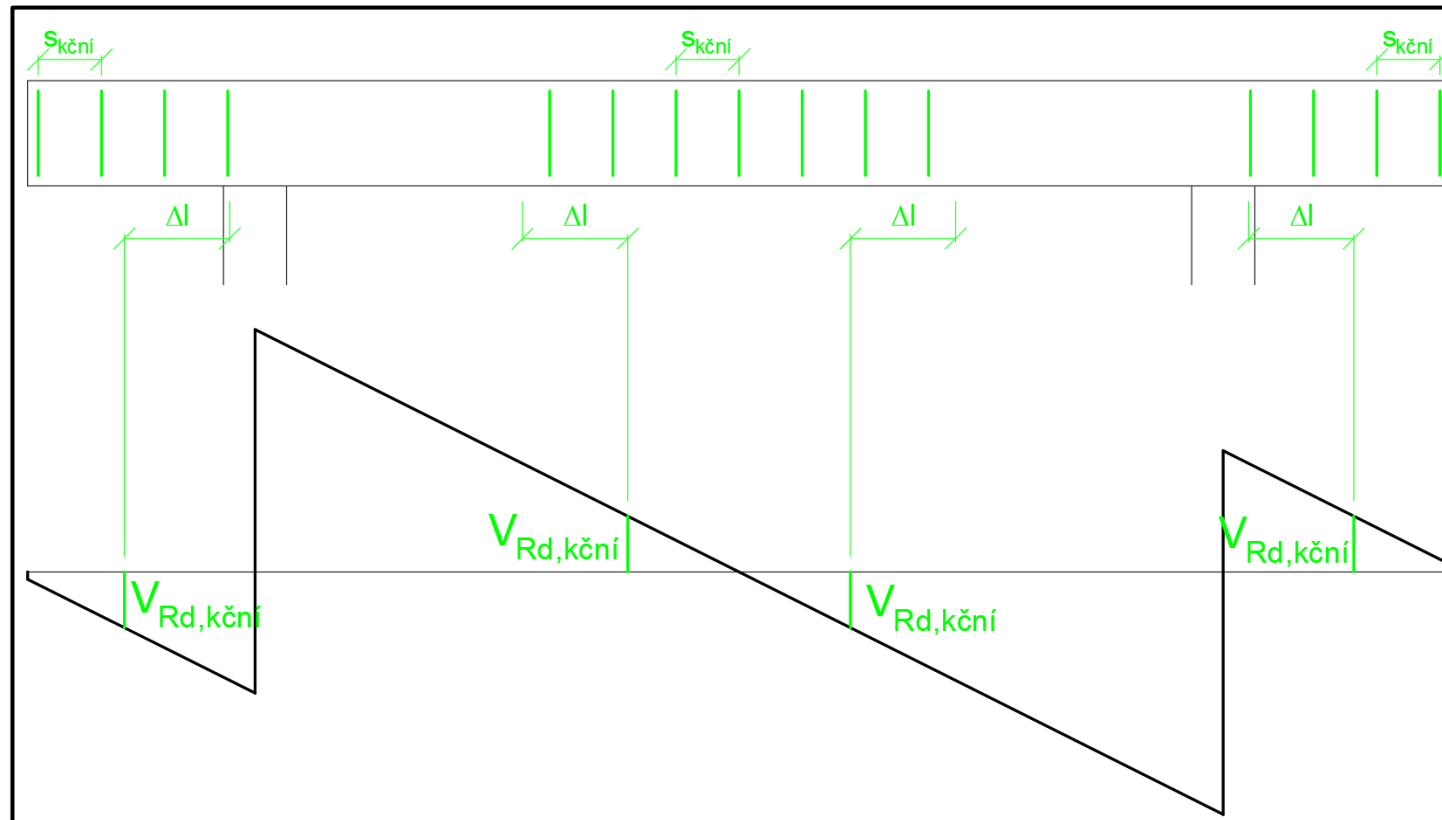
# Rozmístění všech třmínek

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



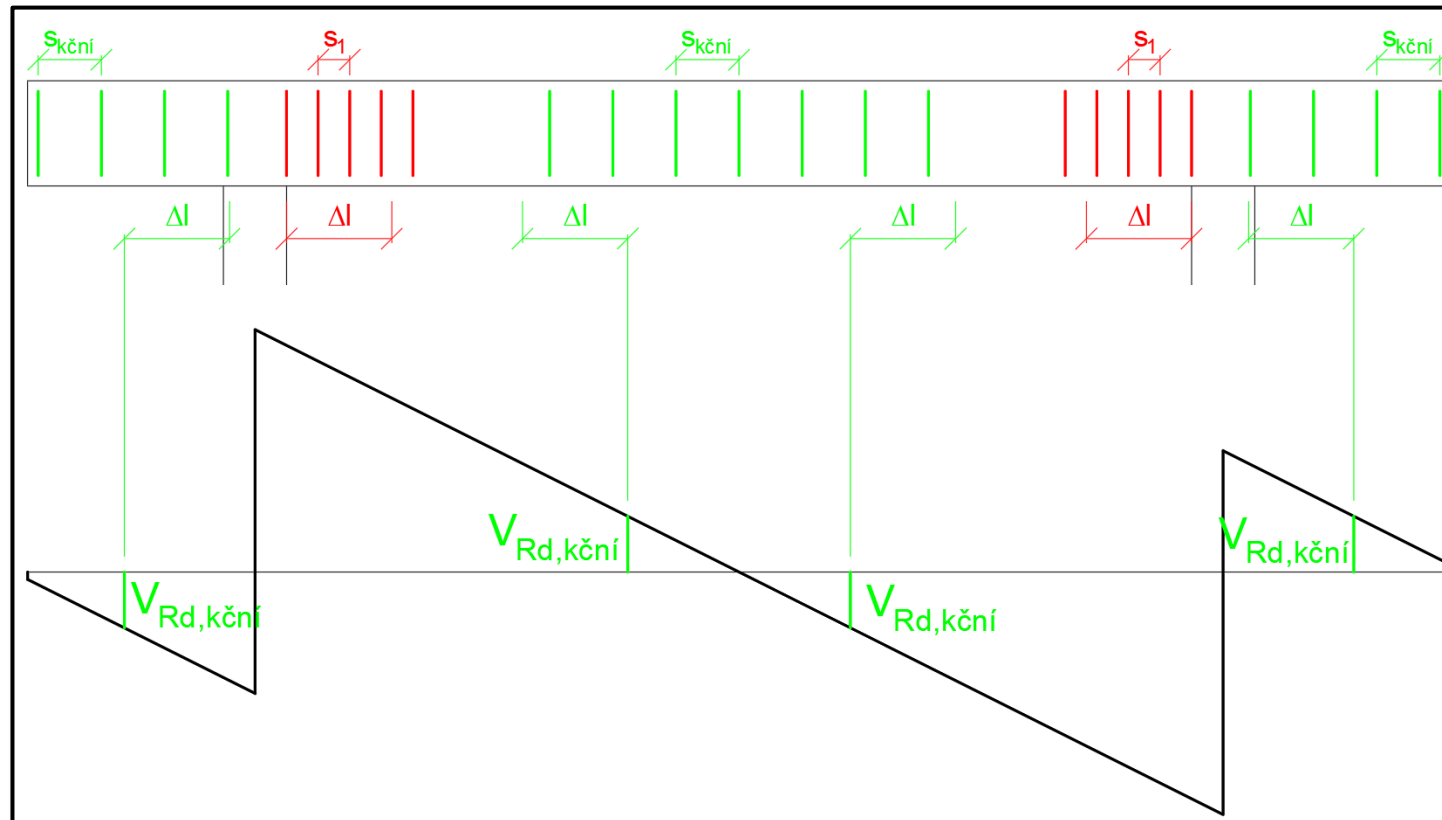
# Rozmístění všech třmínků

Nejprve stanovíme, **kde všude můžeme použít ekonomické konstrukční třmínky.**



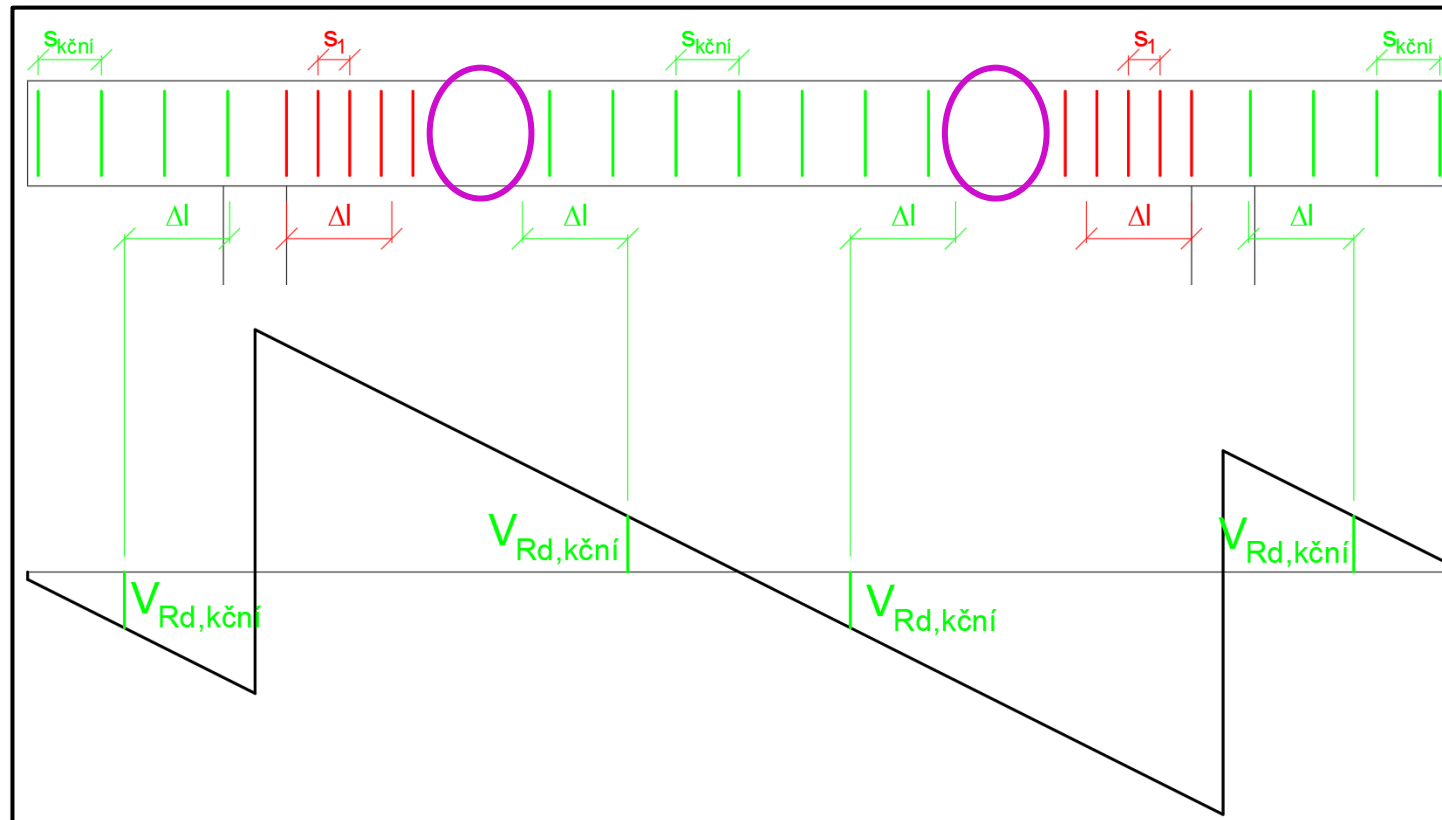
# Rozmístění všech třmínků

Dále určíme, **kde všude musí být návrhové třmínky.**



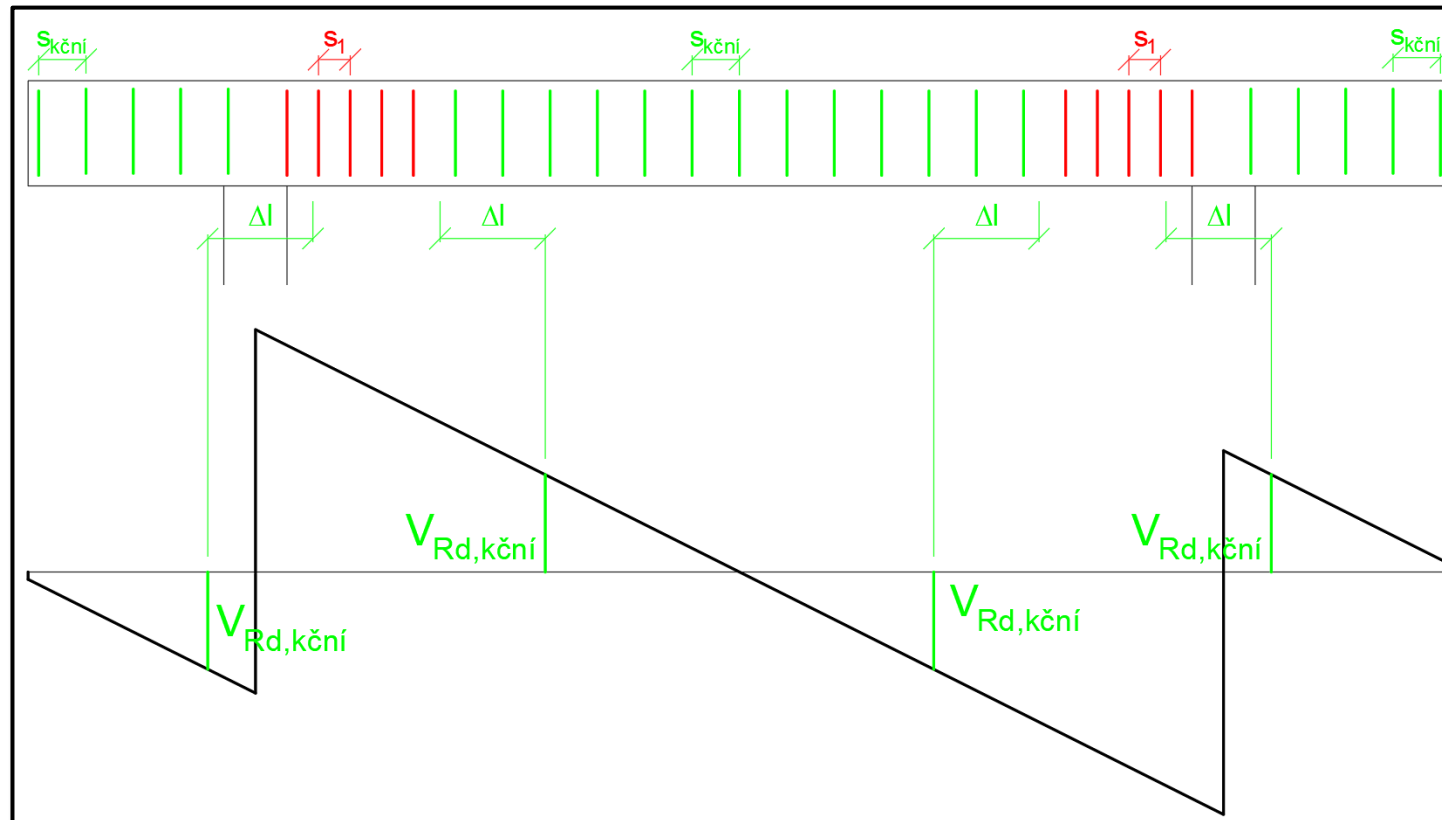
# Rozmístění všech třmínků

A nyní musíme rozhodnout, jak vyřešit oblast, kde nám třmínky ještě chybí.



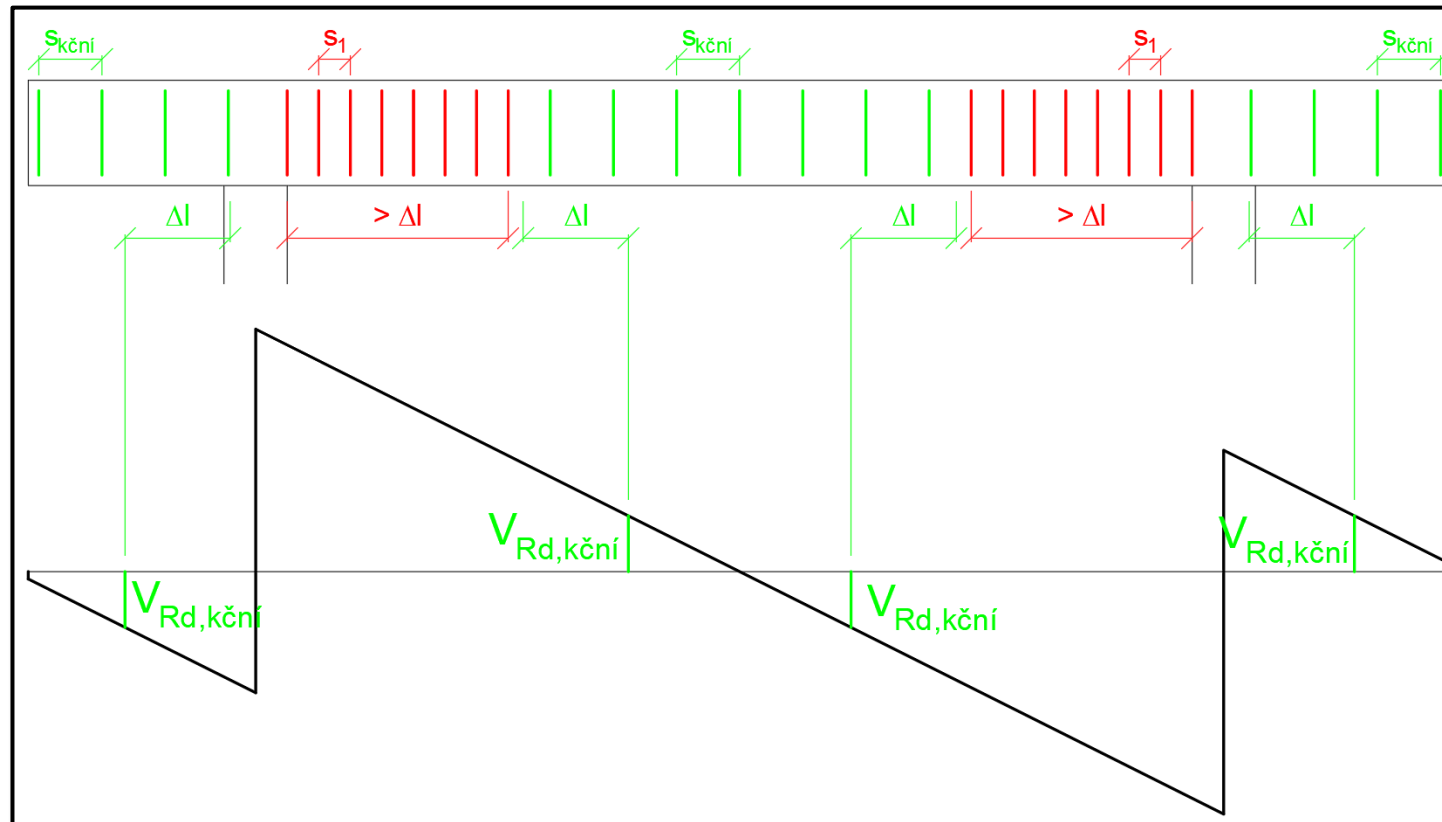
# Rozmístění všech třmínků

Prvním řešením je **snížit rozteč konstrukčních třmínků**. Tím se zvýší jejich únosnost, a tím se rozšíří oblast jejich možného použití.



# Rozmístění všech třmínků

Druhým (a jednodušším) řešením je „dotáhnout“ návrhové třmínky až ke konstrukčním třmínkům\*.

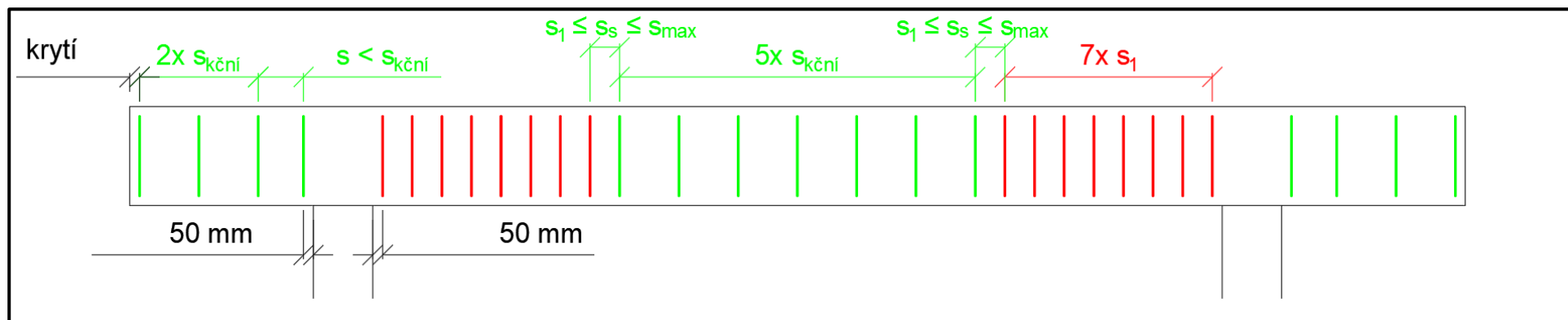


\* A konstrukční třmínky nechat tak, jak jsme je navrhli na začátku

# Rozmístění všech třmínků

Nakonec **upravíme návrh** tak, aby **dával geometricky smysl**:

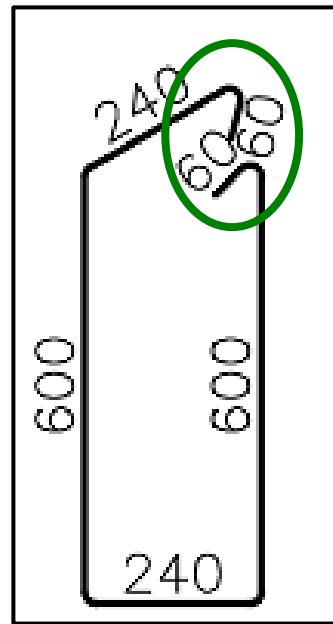
- krajní třmínek musí mít dostatečné krytí,
- třmínky nad zděnou podporou vynecháme (protože je tam věnec), první třmínek musí být ve vzdálenosti 50 mm až 75 mm od hrany podpory,
- rozteč na styku návrhových a konstrukčních třmínků  $s_s$  nám vyjde z geometrie.



Další výztuž

# Další výztuž

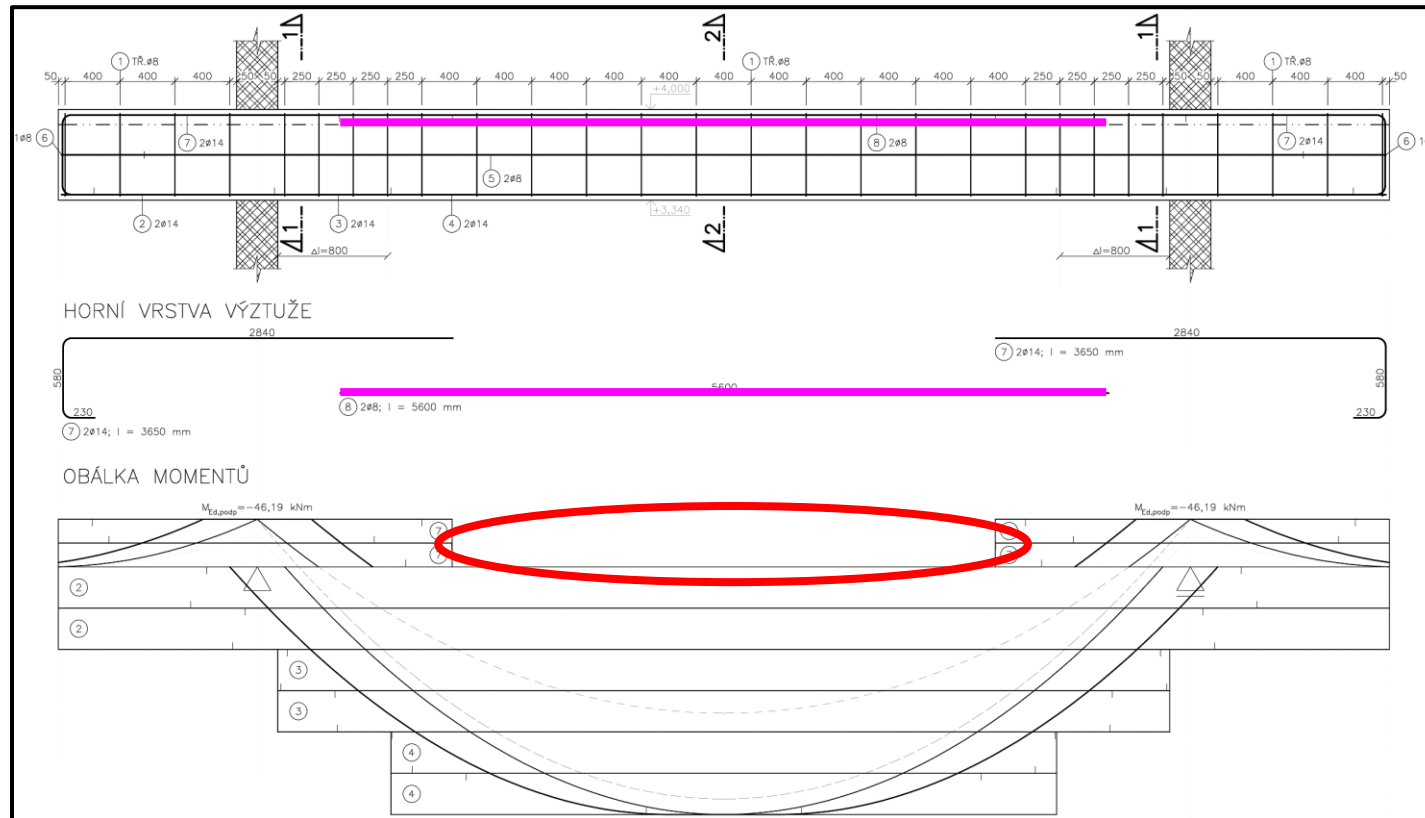
Délka **koncových úseků spínaných třmínků** má být minimálně 10x profil třmínku.





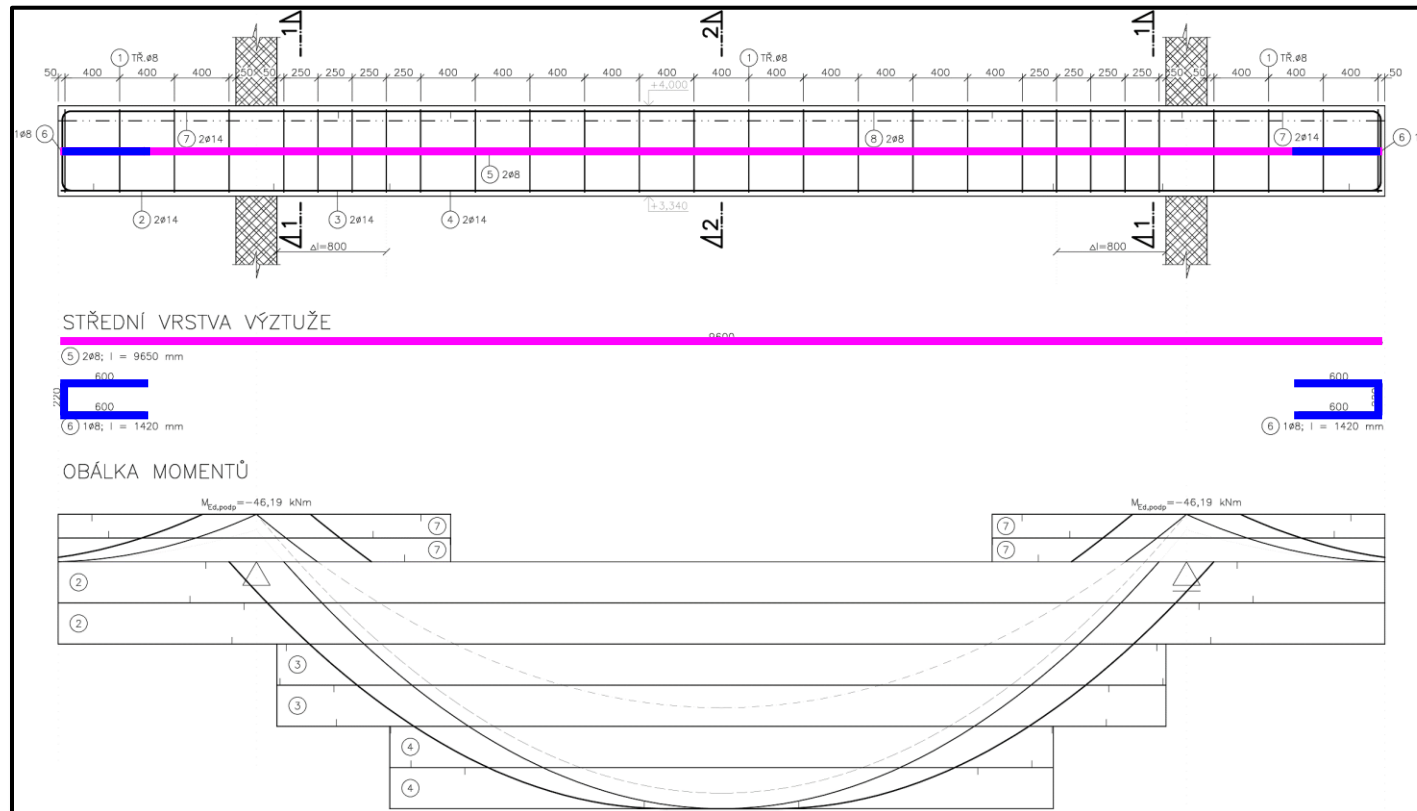
# Další výztuž

Do míst, kam nesahá nosná výztuž přidáváme konstrukční výztuž kvůli třmínkům.



# Další výztuž

Je-li výška trámu větší než 500 mm, přidáváme **konstrukční výztuž do poloviny výšky** (včetně lemovací výztuže).

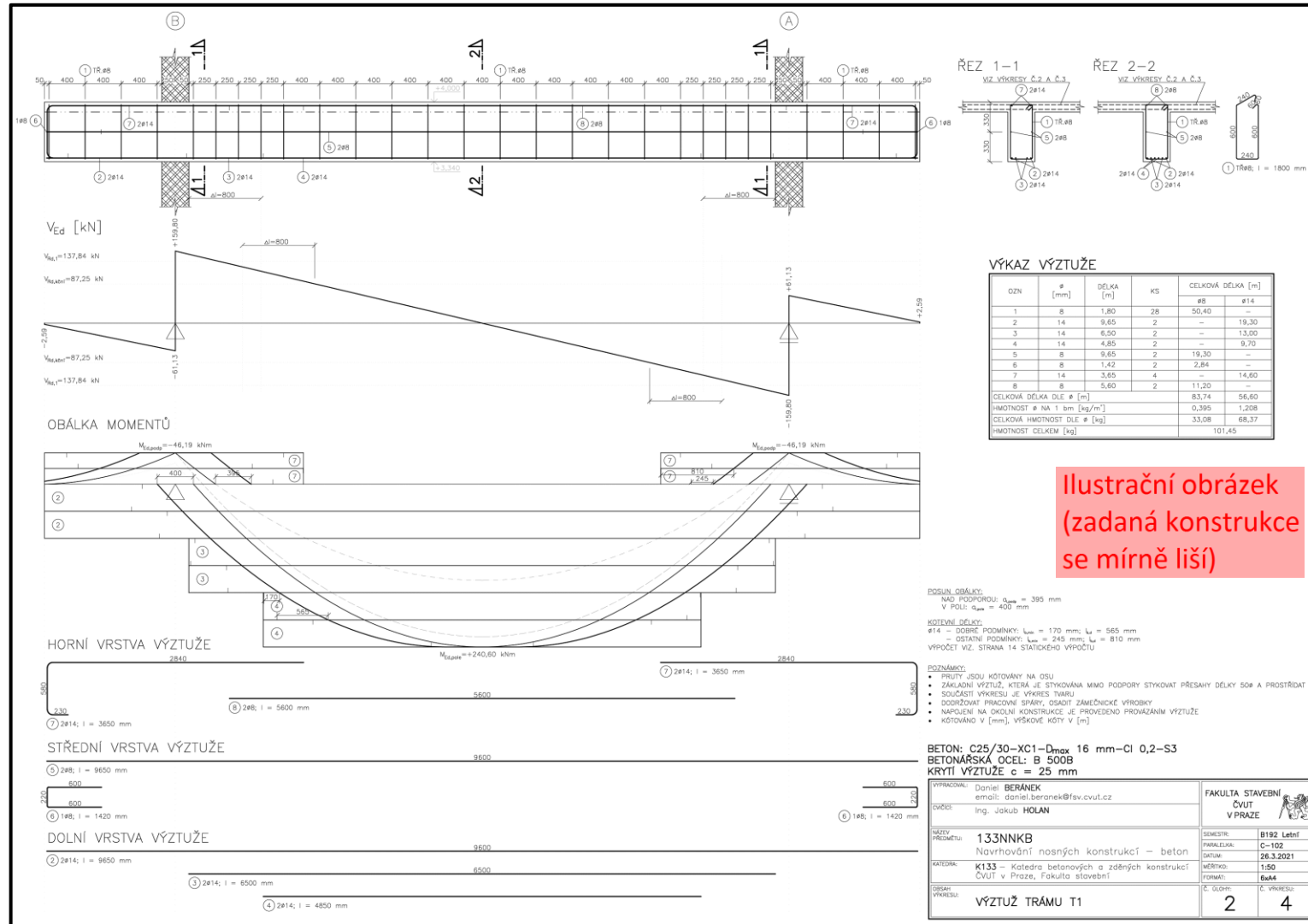


# Obecné pokyny

# Obecné pokyny k výkresu

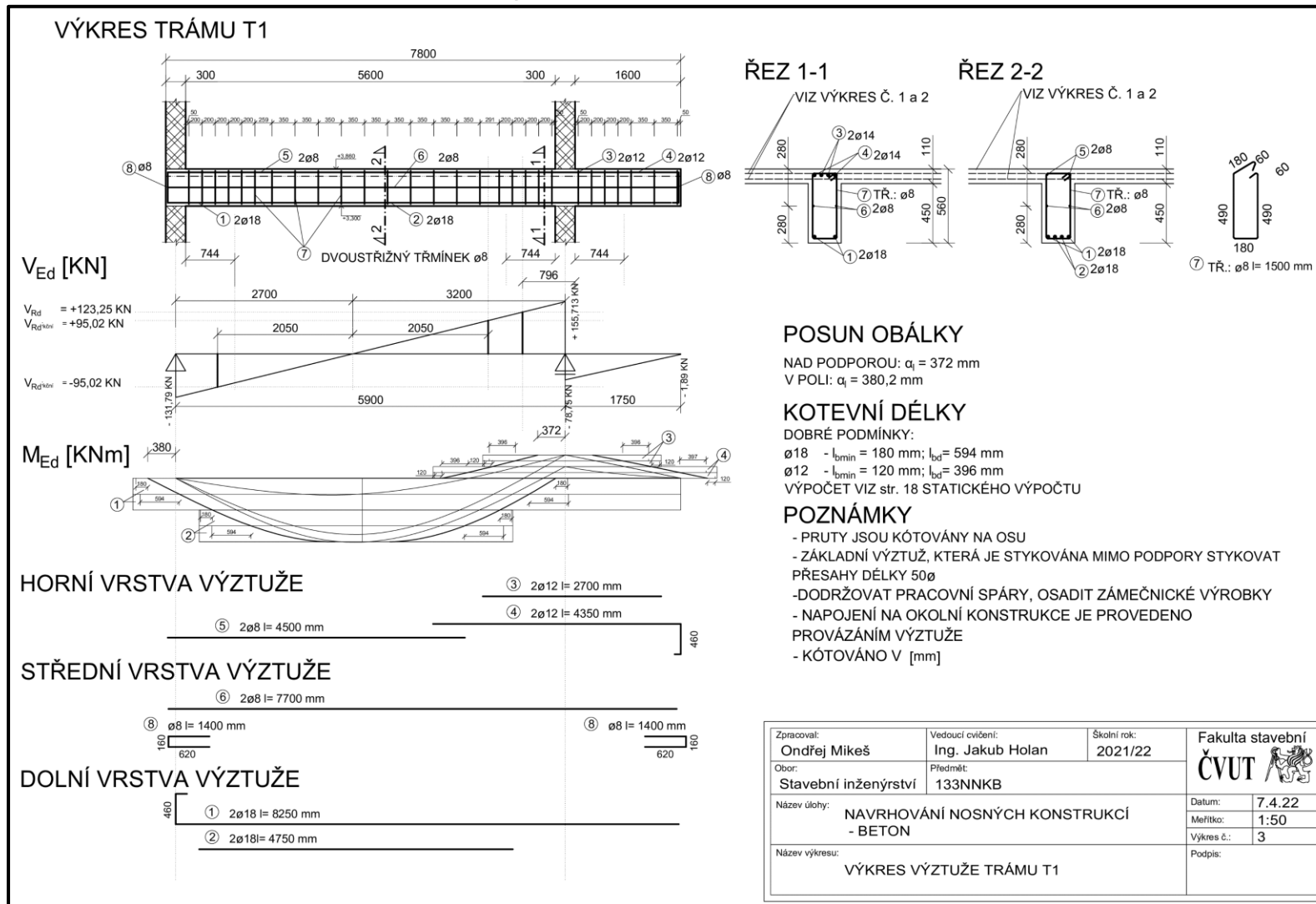
- Měřítko 1:50.
- Výkres by měl obsahovat
  - podélný řez trámem s rozkreslenou a popsanou výztuží nad/pod trámem,
  - příčné řezy trámem v poli a u podpory,
  - rozšířenou obálku momentů,
  - schémata rozdělení materiálu,
  - výkaz výztuže (dobrovolně),
  - popisek nad rozpiskou,
  - rozpisku.

# Příklad výkresu (2 konzole)



Ilustrační obrázek (zadaná konstrukce se mírně liší)

# Příklad výkresu (1 konzole)



díky za pozornost

# Poděkování

Děkuji **Radku Štefanovi, Tomáši Trtíkovi, Romanu Chylíkovi a Hance Schreiberové** za časté konzultace při vypracovávání prezentace a **Stáňovi Zažirejovi** za poskytnutí vizualizací a obrázků. Děkuji **Petru Bílému a Martinovi Tipkovi** za vytvoření a udržování oficiálních podkladů, ze kterých vychází tato prezentace.

Děkuji **Danovi Beránkovi a Ondrovi Mikešovi** za poskytnutí jejich výkresů.

Děkuji také všem, kteří si prezentaci pročetli až do konce, a [v neposlední řadě, děkuji divákům v poslední řadě.](#)