

NÁVRH RÁMU POMOCÍ PROGRAMU SCIA ENGINEER



Projekt: Vyztužování poruchových oblastí železobetonové konstrukce

Dílčí část: Návrh rámu pomocí programu SCIA Engineer

Vypracoval: Bc. Stanislav Voráček, Ing. Radek Štefan, Ph.D., a kolektiv

ČVUT v Praze, Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

Thákurova 7, Praha 6 - Dejvice

Datum: 2021 (verze 2021_12_17)



1 Obsah

1	Obsah	1
2	Úvod	3
3	Zadání	4
4	Modelování konstrukce	5
4.1	Vytvoření projektu	5
4.2	Uživatelské rozhraní	7
4.3	Zadání průřezů	8
4.4	Zadání prvků a podpor	10
4.4.1	Prvky zadané v celku	10
4.4.2	Prvky zadané po jednotlivých polích/patrech	15
4.4.3	Kontrola geometrických dat	17
5	Zatížení	18
5.1	Zatěžovací stavy a skupiny	18
5.2	Zatěžovací kombinace	25
6	Výpočet vnitřních sil	28
6.1	Výpočet	28
6.2	Zobrazení výsledků a jejich kontrola	29
7	Návrh výztuže	31
7.1	Data o vzpěru	31
7.2	Beton – Štíhlost	38
7.3	Beton – Nastavení betonu	50
7.4	Beton – Vnitřní síly	52
7.5	Beton – Nastavení pro dílec	59
7.6	Beton – Návrh výztuže příčlí	60
7.6.1	Podélná výztuž	60
7.6.2	Třmínky	74
7.7	Beton – Návrh výztuže sloupů	76



7.7.1	Podélná výztuž	76
7.7.2	Třmínky	84
7.8	Rekapitulace návrhu výztuže (nutná výztuž) pro celý rám	85
7.8.1	Podélná výztuž	85
7.8.2	Třmínky	87
8	Posouzení MSÚ ve vybraných řezech	89
8.1	Posouzení průřezů příčle: <i>Únosnost průřezu – metoda mezních přetvoření (MSÚ)</i>	89
8.2	Posouzení průřezů sloupů: <i>Únosnost průřezu – interakční diagram (MSÚ)</i>	98
9	Zadání výztuže na celý rám, posouzení MSÚ	100
9.1	Základní výztuž	100
9.2	Úprava výztuže sloupů	102
9.3	Úprava výztuže příčlí	110
9.3.1	Podélná výztuž	110
9.3.2	Třmínky	113
9.4	Posouzení MSÚ na rámu	118
10	Posouzení MSP	121
10.1	Kombinace zatížení pro MSP, nastavení výpočtu (betonu)	121
10.2	Omezení napětí	123
10.3	Šířka trhlin	125
10.4	Průhyb	127
11	Reference	132



2 Úvod

Tento komentovaný příklad je zaměřen na návrh a posouzení železobetonového rámu pomocí programu *SCIA Engineer* a slouží jako podklad pro výuku v rámci předmětu *133YBKC (Navrhování betonových konstrukcí na počítači)*.

Příklad vychází z oficiálního manuálu pro starší verzi *SCIA Engineer* [1], ze kterého přebírá strukturu výkladu (postup výpočtu) a popis některých částí. V kapitole o zatížení byl využit manuál [2], v celém příkladu pak průběžně i nápovědy [3], [4] a [5]. Celý návod vychází ze starší verze tohoto návodu pro program *SCIA Engineer 2017* [6].

Pro lepší pochopení problematiky lze využít i výuková videa [7], ve kterých jsou ukázány níže popsané postupy.

Obdobný rám je řešen v kurzu *133BK01* (resp. *133BZKQ*), ve kterém je však výztuž navrhována a posuzována ručním výpočtem.

Jedná se o jednoduchý příklad, který poskytuje základní představu o možnostech využití programu *SCIA Engineer* pro návrh výztuže železobetonových konstrukcí. Předpokládá se nulová znalost programu *SCIA Engineer* a pouze základní znalost navrhování betonových konstrukcí (předmět *133YBKC* si zapisují také studenti 3. ročníku, kteří ještě neabsolvovali předmět *133BK01*).

Příklad je vytvořen ve verzi programu *SCIA Engineer 21.0.1021.64* Informace o instalaci programu lze nalézt v úvodní prezentaci předmětu *133YBKC* [8].

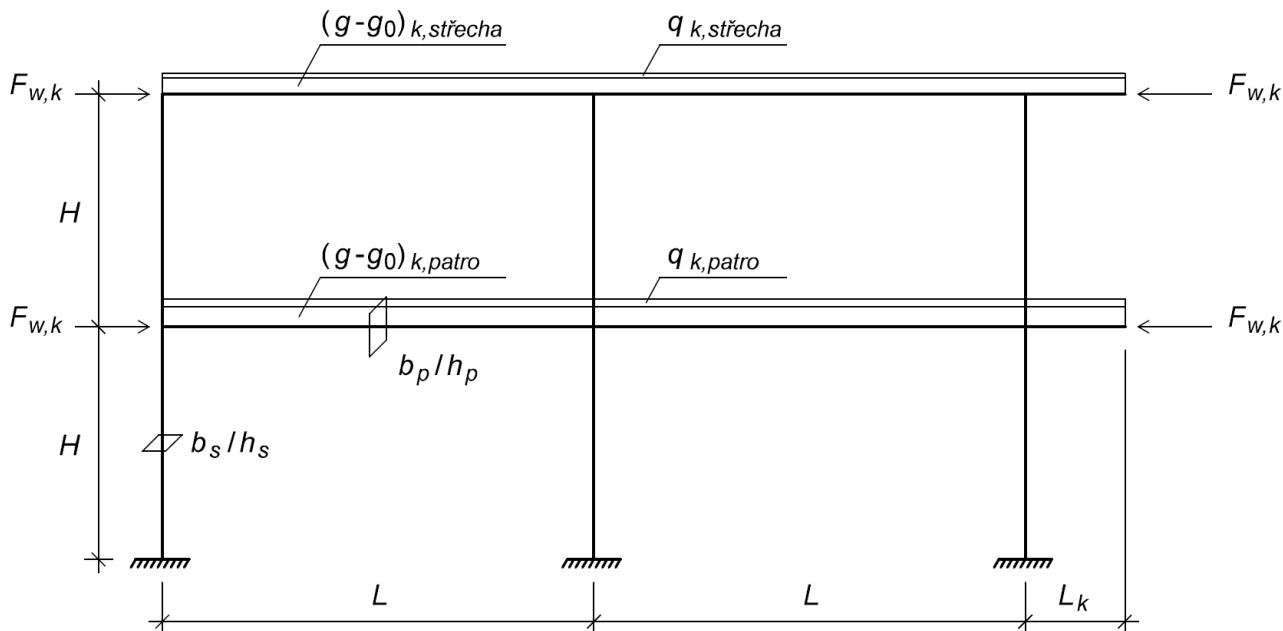
Harmonogram výuky v rámci předmětu *133YBKC*:

1. Úvod, zadání, model konstrukce, zatížení, výpočet vnitřních sil (kapitoly 3 až 6)
2. Data o vzpěru, štíhlost, nastavení betonu, návrhové vnitřní síly, návrh výztuže (kapitola 7)
3. Posouzení průřezů – metoda mezních přetvoření, interakční diagram (kapitola 8)
4. Zadání výztuže na celý rám, posouzení MSÚ na celém rámu (kapitola 9)
5. Posouzení MSP (kapitola 10)



3 Zadání

Úkolem je navrhnout a posoudit výztuž železobetonového dvoupodlažního rámu o dvou polích s konzolami na jedné straně.



Sloupy jsou vetknuté do základů, přičle jsou se sloupy spojeny tuze (monolitická konstrukce). Proti účinkům vodorovného zatížení (vítr) je konstrukce ve směru kolmém na rovinu rámu ztužena (tuhá stropní tabule + ztužující stěny); v rovině rámu zajišťují tuhost vetknuté sloupy. Geometrie: rozpětí polí $L = 6,5$ m, vyložení konzol $L_k = 1,5$ m, výška podlaží $H = 3,5$ m, rozměry průřezu sloupů $b_s = 350$ mm, $h_s = 350$ mm, rozměry průřezu přičlí $b_p = 350$ mm, $h_p = 650$ mm. Zatížení: ostatní stálé zatížení patra $(g-g_0)_{k,patro} = 30$ kN/m, proměnné zatížení patra $q_{k,patro} = 12$ kN/m, ostatní stálé zatížení střechy $(g-g_0)_{k,střecha} = 25$ kN/m, proměnné zatížení střechy $q_{k,střecha} = 6$ kN/m, vítr (vodorovné síly zleva a zprava) $F_{w,k} = 30$ kN. Materiály: beton C30/37, výztuž B500B. Třída prostředí XC2.

Poznámka:

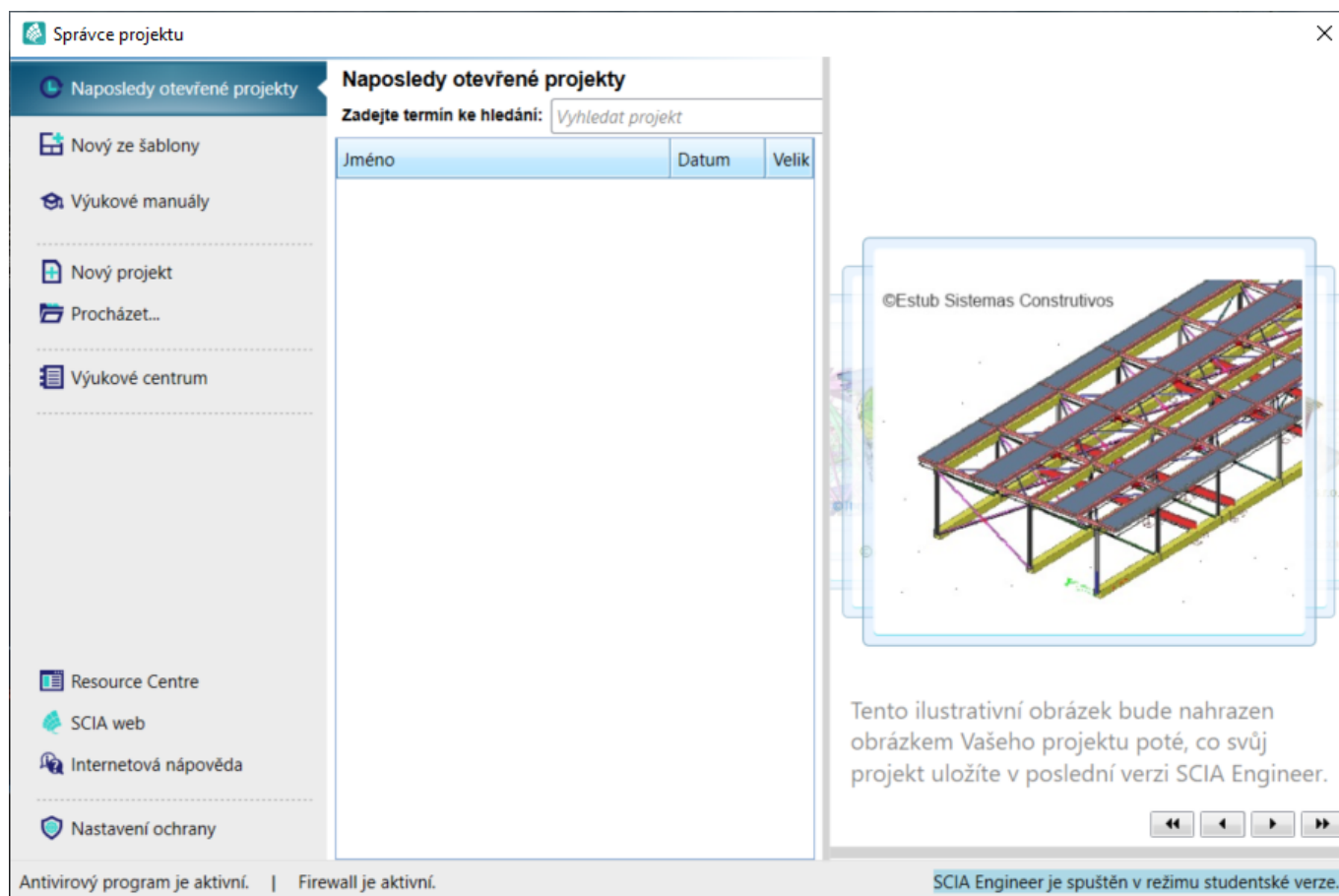
Zadání je zjednodušené; chybí např. zatížení od obvodového pláště, není specifikováno, jak konstrukce vypadá ve směru kolmém na rovinu rámu, zanedbává se spolupůsobení rámové přičle se stropní deskou (T-průřez) apod. Zadání bylo zvoleno tak, aby bylo možné ukázat základní funkce programu SCIA Engineer.



4 Modelování konstrukce

4.1 Vytvoření projektu

Spustíme program *SCIA Engineer 21*. Při prvním spuštění vybereme v okně *Správce projektu* → *Nový projekt*. Pokud už máme program spuštěný, nový projekt založíme přes ikonu *Soubor (horní lišta)* → *Nový*. Otevře se okno *Data o projektu* (do stejného bodu se dostaneme i přes dříve zmíněnou ikonu *Nový projekt*). V záložce *Základní data* zadáme jméno projektu, materiály, normy a konstrukci (*Rám XZ*). V záložce *Akce* můžeme změnit hodnotu tíhového zrychlení na 10 m/s^2 (mohli bychom nechat původní hodnotu, ale výsledky budeme porovnávat s ručními výpočty, kde standardně uvažujeme 10 m/s^2). Dále můžeme odškrtnout pole *Automaticky generované kombinace* (pokud toto pole necháme zaškrtnuté, SCIA za nás sama vytvoří normové kombinace, pro tento úkol si však budeme kombinace zadávat ručně – více viz kapitola 5.2). Potvrdíme. Projekt uložíme (jako *YBKC_Ram.esa*, např. na plochu). Projekt lze uložit pomocí běžně používané zkratky *Ctrl+S* nebo přes *Soubor* → *Uložit / Uložit jako*.



Data o projektu

Základní data Funkcionalita Akce Sada jednotek Ochrana

DATA

Jméno: YBKC_Ram
Část: -
Popis: -
Autor: Vory
Datum: 07. 10. 2021

MATERIÁL

Beton
Materiál C30/37
Materiál výztuže B 500B
Ocel
Zdivo
Hliník
Dřevo
Vláknobeton
Ostatní

NORMA

Národní norma:
EC - EN
Národní dodatek:
Česká CSN-EN NA

Konstrukce: Rám XZ
Prostředí pro vyhodnocení: výchozí
Model: Jeden

[Info o 64-bitové verzi](#)

'Tlustostěnné' betonové průřezv: pokročilá 2D MKP metoda je vponuta!

OK Zrušit

Data o projektu

Základní data Funkcionalita Akce Sada jednotek Ochrana


Tíhové zrychlení 10 m/s²

ZATÍŽENÍ VĚTREM
Podle normy EC 1 / 22,50m/s / 0

ZATÍŽENÍ SNĚHEM
Podle normy EC 1 / Sk=1,50kN/m² Ce=1,0 Ct=1,0

AKUMULACE VODY
Modelový součinitel 1,30

SEISMICKÉ KOMBINACE
Součinitel pro průvodní složky 0,30

NORMOVÉ KOMBINACE
 Automatic... 

OK Zrušit



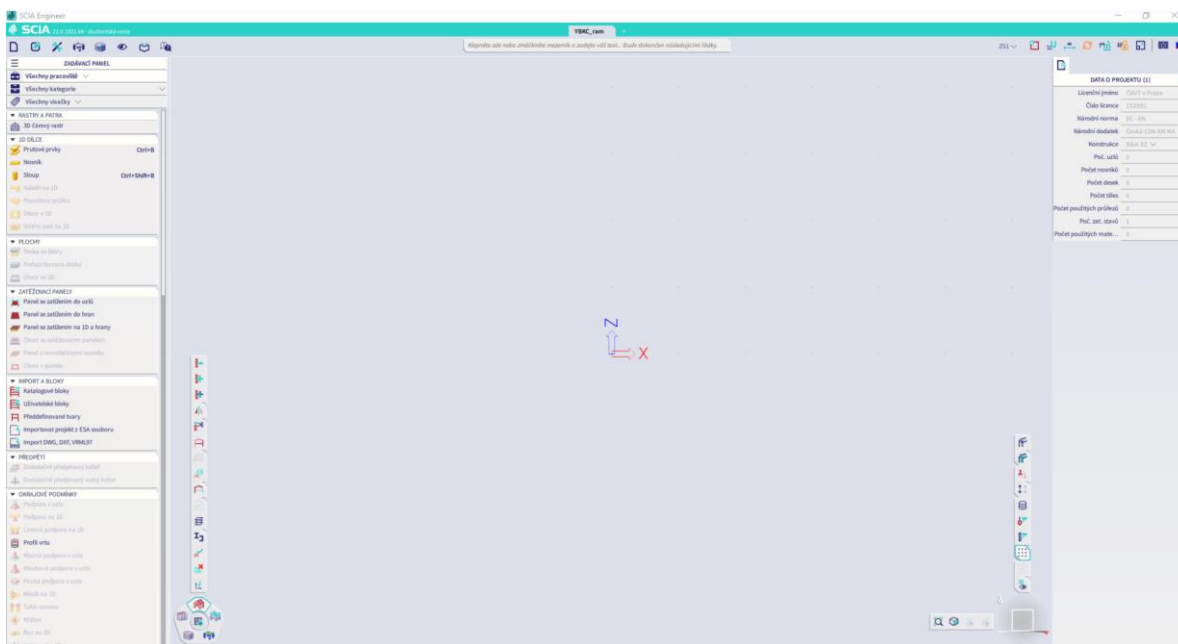
4.2 Uživatelské rozhraní

Než začneme se samotným modelováním, je vhodné si přizpůsobit uživatelské rozhraní tak, aby se nám s programem lépe pracovalo (tato kapitola je velmi individuální a každý si časem jistě najde své rozložení, které mu bude vyhovovat).

Pro začátek doporučuji následující úpravy rozhraní. Hlavní *ZADÁVACÍ PANEL*, který se nachází uprostřed v dolní části obrazovky, lze pouhým přetažením (kliknutím na panel, podržením a přetažením) přenést na levou stranu obrazovky. Pokud klikneme na symbol u zadávacího panelu (tři vodorovné čárky), zobrazí se nám krátká nabídka. Zde doporučuji vypnout *Režim ikon* (zobrazíte si tak, co jednotlivé ikony znamenají) a současně zapnout *Zobrazit hlavičky kategorií* (tím si ikony rozčleníme na jednotlivé kategorie, takže na první pohled vidíme, kterou kategorií používáme – to nám může velmi usnadnit práci). Dále v zadávacím panelu klikneme na třetí rozbalovací nabídku a vybereme *Všechny visačky* (tím si zobrazíme vše, co budeme během používání programu potřebovat). V zadávacím panelu jsou též nabídky *Pracoviště* a *Kategorie*, to jsou nástroje, které nám umožní zobrazit ze všech prvků jen ty, které v dané chvíli potřebujeme.

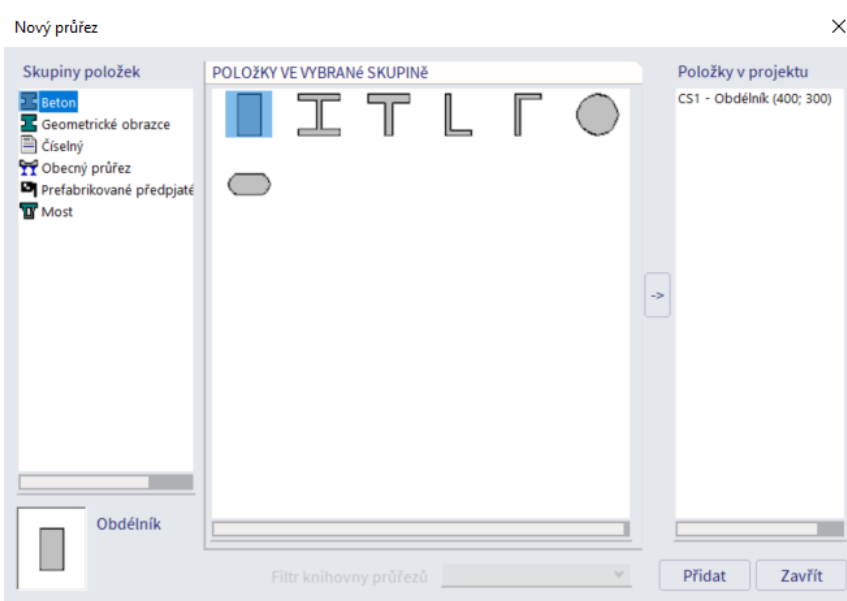
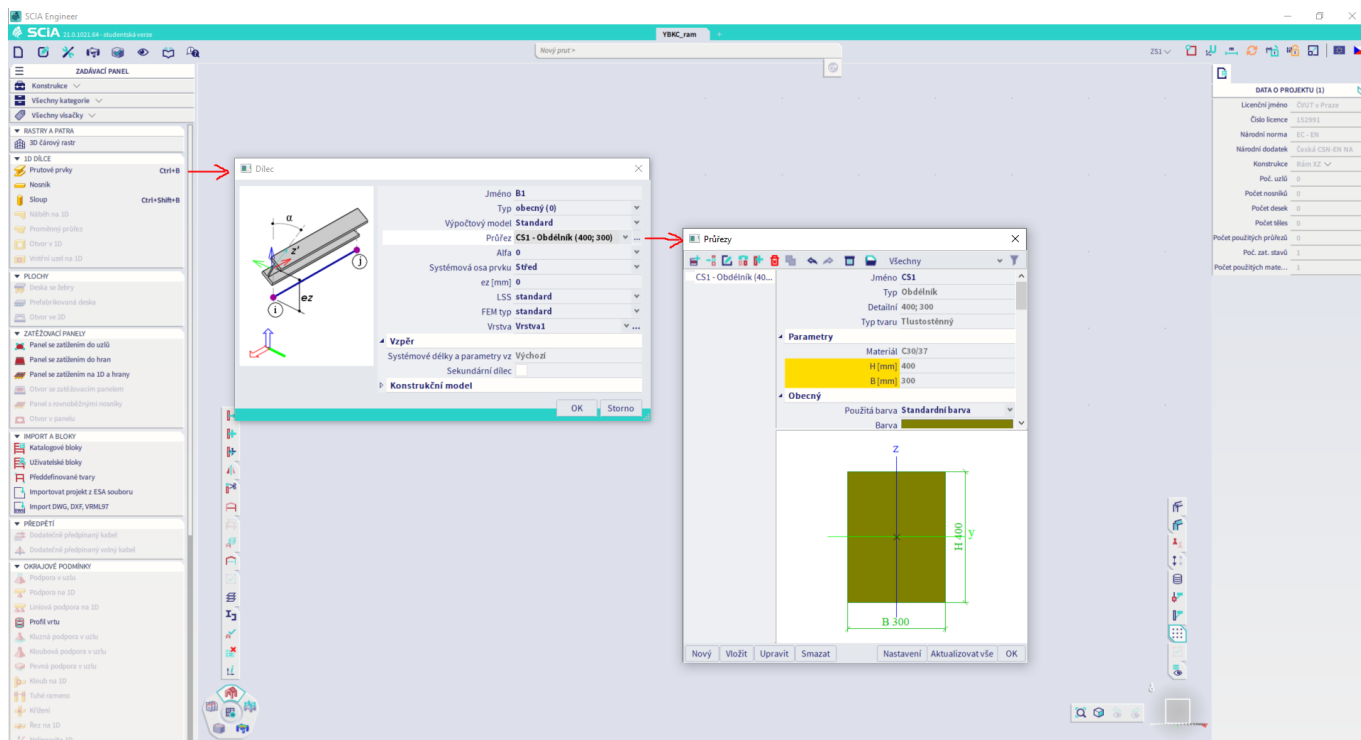
Další část nastavení prostředí se týká „kulaté“ nabídky vlevo dole, zde máme jednotlivé sekce, kterým se budeme věnovat (Konstrukce, Zatížení apod.). Jelikož budeme v tomto případě pracovat pouze s betonem, můžeme si vypnout ocel. Ocel vypneme kliknutím na symbol tři vodorovných čárek vlevo dole (symbol se objeví, pokud máme kurzor poblíž kulaté nabídky → *SEKCE PRACOVISTĚ* → *Ocel*). Ve stejné nabídce vidíme sekci *Mé pracoviště*, pokud sekci aktivujeme a rozklikneme, vytvoří se nám v dolní části obrazovky nová lišta, do které si můžeme přetáhnout příkazy, které často používáme. V tuto chvíli však *Mé pracoviště* nepotřebujeme.

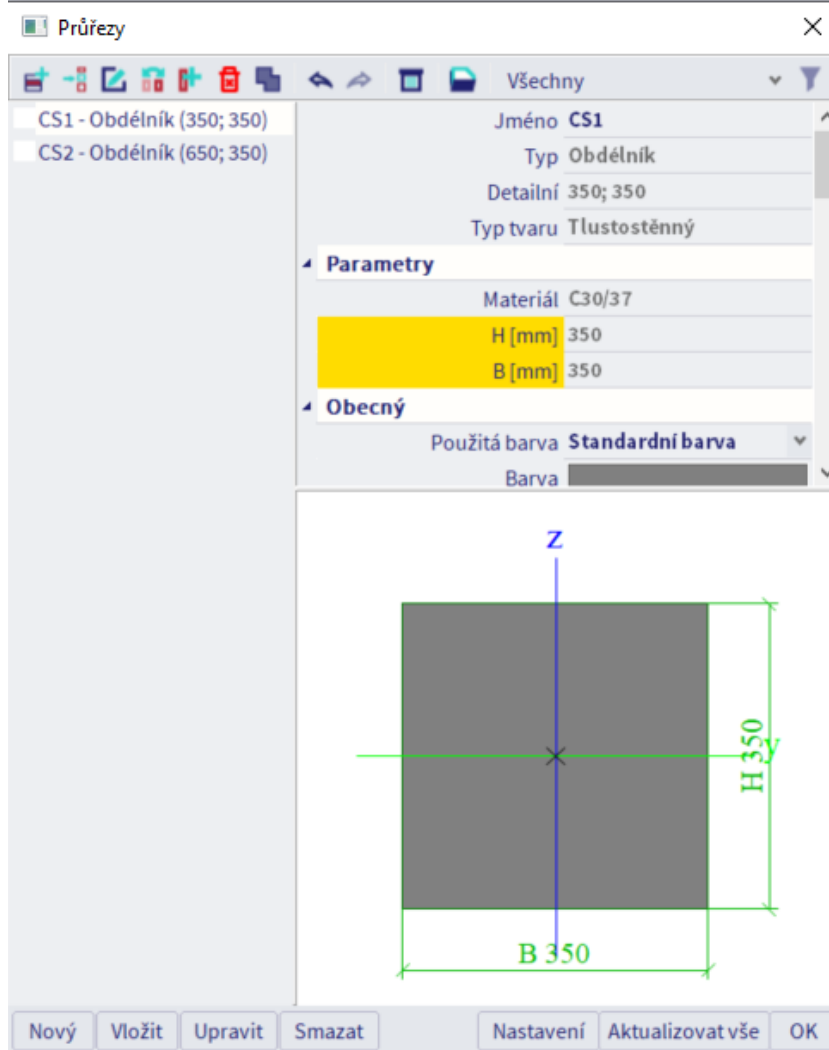
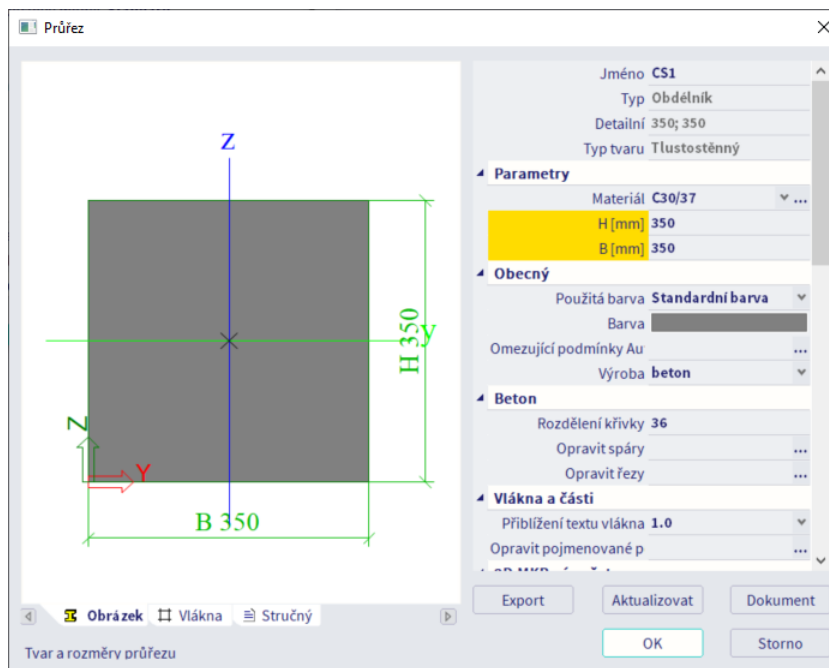
Velmi užitečné je též vyhledávací pole, které se nachází v horní části obrazovky (uprostřed). Pokud potřebujeme vyhledat nějakou funkci, stačí zadat klíčové slovo a zobrazí se nám nabídka se všemi funkcemi, které klíčové slovo obsahují.



4.3 Zadání průřezů

V zadávacím panelu (vlevo) si vybereme pracoviště *Konstrukce* → *1D dílce* → *Prutové prvky* → *tři tečky* (vpravo u aktuálního průřezu). Otevře se nám okno *Průřez* (stejného výsledku dosáhneme i po výběru *Knihovny* viz horní lišta → *Průřez*). Stiskneme tlačítko *Nový* → *výběr tvaru prvku (obdélník)* → *Přidat*. V okně *Průřez* zadáme rozměry sloupu a potvrdíme tlačítkem *OK*. Stejným způsobem zadáme průřez příčle a zavřeme okno *Nový průřez*. V okně *Průřezy* můžeme prvky též přejmenovat či změnit nějakou konkrétní vlastnost, což se hodí u větších projektů, ve kterých se vyskytuje velké množství odlišných prvků.



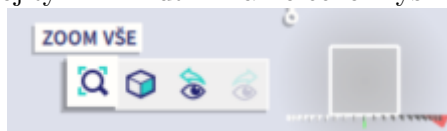


4.4 Zadání prvků a podpor

Zadání geometrie lze provést několika způsoby. Můžeme využít čárový rastr nebo zadat prvky jednoduše pomocí souřadnic. Ukážeme si obě varianty. Prvky mohou být modelovány vcelku nebo po jednotlivých polích (patrech). Opět si ukážeme obě varianty. Při zadávání prvků vcelku je nutné prvky **propojit**.

Při modelování konstrukce si ukážeme možnosti zobrazení modelu a výběru prvků a jejich vkládání (viz [1], kde jsou uvedeny tyto i některé další typy):

- Náhled na celou konstrukci lze získat kliknutím na příslušnou ikonu příkazu *Zoom vše* v panelu nástrojů (vpravo dole) nebo dvojitým kliknutím na kolečko myši.



- Prohlížení zadané konstrukce v axonometrii (natáčení pohledu na konstrukci) lze provést stisknutím *Ctrl* + pravého tlačítka myši a pohybem myši (obdobně: *Shift* + pravé tlačítko myši pro posun náhledu a *Ctrl* + *Shift* + pravé tlačítko myši pro zoom).
- Výběr prvků funguje jako v CAD programech. Okno zleva doprava vybírá všechny prvky, které jsou celé v okně. Okno zprava doleva vybírá všechny prvky, které jsou v okně i jen částečně. Výběr potvrzujeme tlačítkem *Esc*.
- V příkazovém řádku používáme při zadávání souřadnic desetinnou čárku (nově můžeme použít i desetinnou tečku – ve starších verzích lze použít pouze desetinnou čárku) a středník pro oddělení jednotlivých souřadnic.
- Při práci v programu sledujeme instrukce v příkazovém řádku.

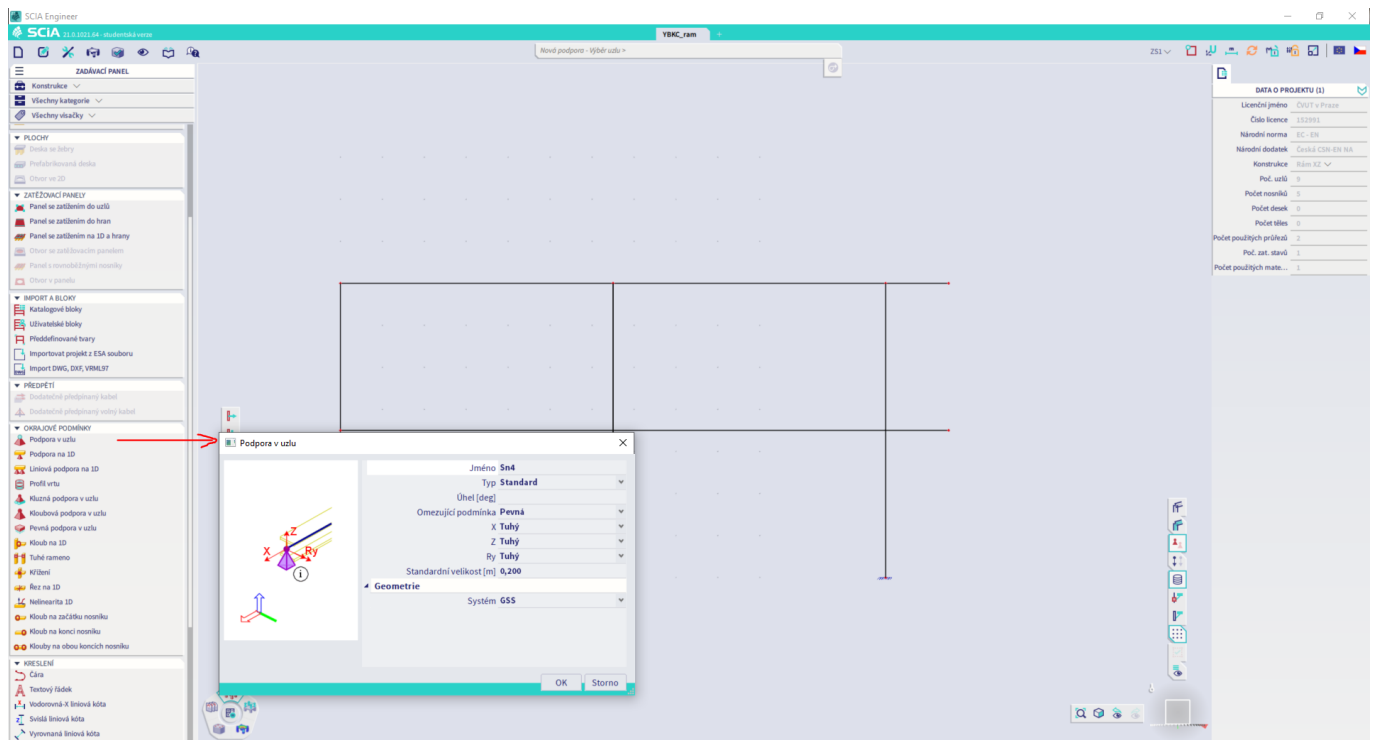
4.4.1 Prvky zadané vcelku

Vložíme první sloup o délce 7 m do počátku souřadnic (*ZADÁVACÍ PANEL* → *1D DÍLCE* → *Sloup* → *výběr průřezu + zadání délky prvku*). Další sloupy vytvoříme kopírováním prvního. Kopírování provedeme výběrem funkce *Kopírovat* (svislý levý panel v pracovním prostoru). Vložíme příčle o délce 14,5 m do středu sloupu a na jeho horní konec.



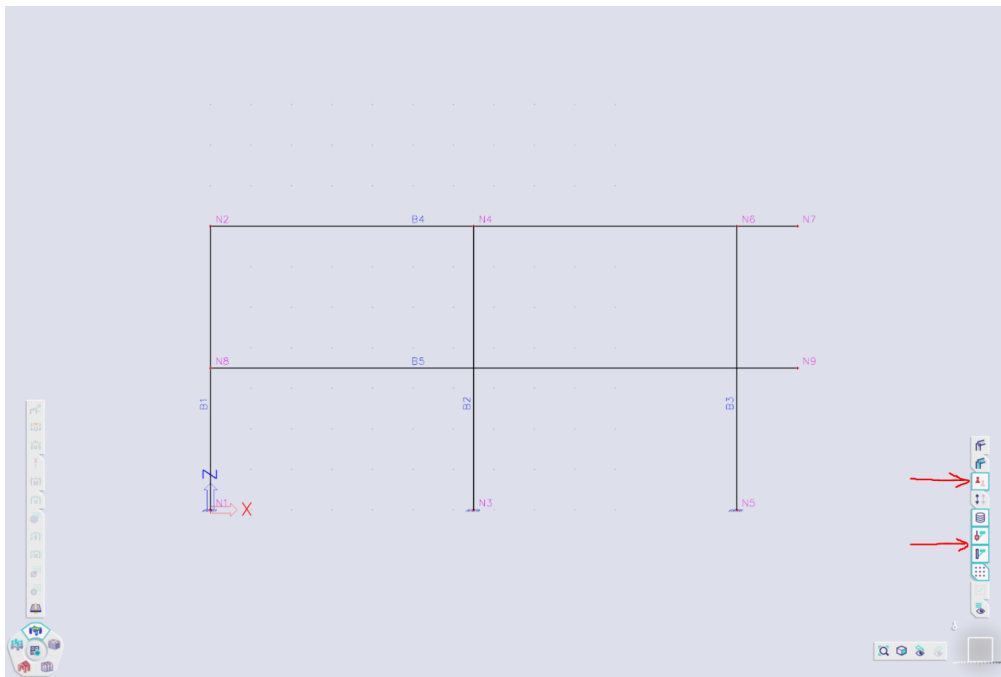


Vložíme podpory sloupů. Vybereme *Zadávací panel* → *Konstrukce* → *Okrajové podmínky* → *Podpora v uzlu*, otevře se příslušné okno. Zde nic neměníme (tuhá podpora), potvrdíme *OK* a vybereme celou spodní oblast rámu tak, abychom vybrali spodní uzly. Dvakrát stiskneme *Esc*. Popř. můžeme nejdříve vybrat oblast vložení a následně vložit podpory.

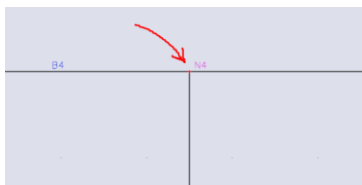


Obdobně bychom to mohli provést přímo stisknutím ikony *Pevná podpora*, označením spodních uzlů a dvojitým stisknutím *Esc*.

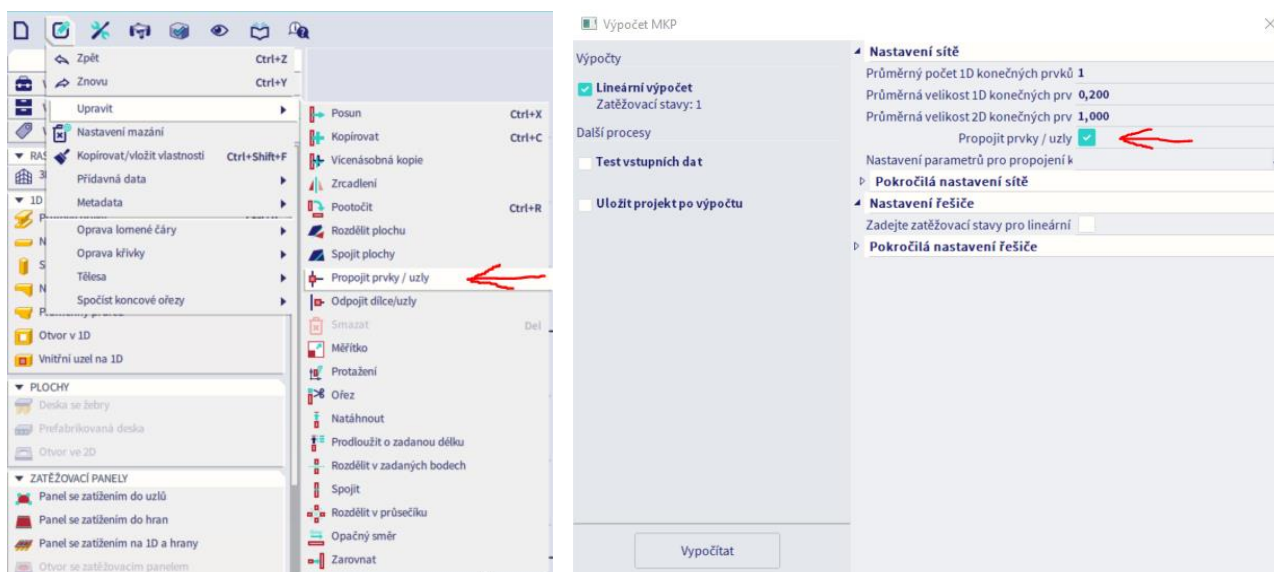
Zobrazení/skrytí popisů uzlů a dílců, zobrazení podpory, zobrazení povrchů a renderování geometrie nalezneme v nabídce vpravo dole.



V tuto chvíli máme vytvořené jednotlivé prvky našeho rámu. Problémem však zůstávají dvě věci. První je nepropojení prvků/uzlů. To poznáme tak, že např. mezi sloupem (B2) a příčlím (B4) je pouze malá červená tečka, která značí uzel (N4).



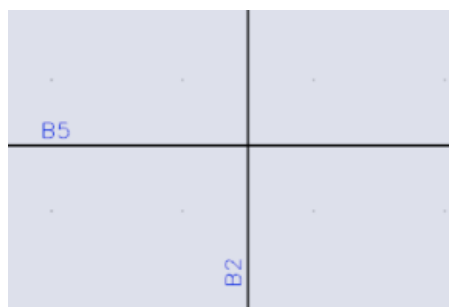
Propojit uzly můžeme dvěma způsoby. Buď „ručně“ pomocí ikony z nabídky vlevo na horní liště (*horní lišta* → *UPRAVIT* → *Upravit* → *Propojit prvky/uzly* → *OK*) nebo jednodušeji, kliknutím na výpočet (*nabídka vlevo dole* → *uprostřed kruhového pracoviště* → *VYPOČÍTAT*) a následným potvrzením. V druhém případě za předpokladu, že máme zaškrtnuté nastavení „Propojit prvky / uzly“.



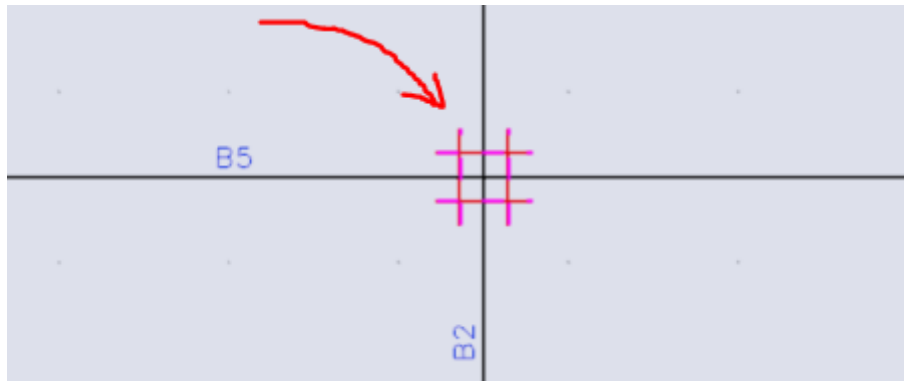
Ať už zvolíme libovolnou možnost, výsledkem je propojení jednotlivých prvků. Propojení prvků poznáme pomocí rovnoběžných čárek u daného uzlu.



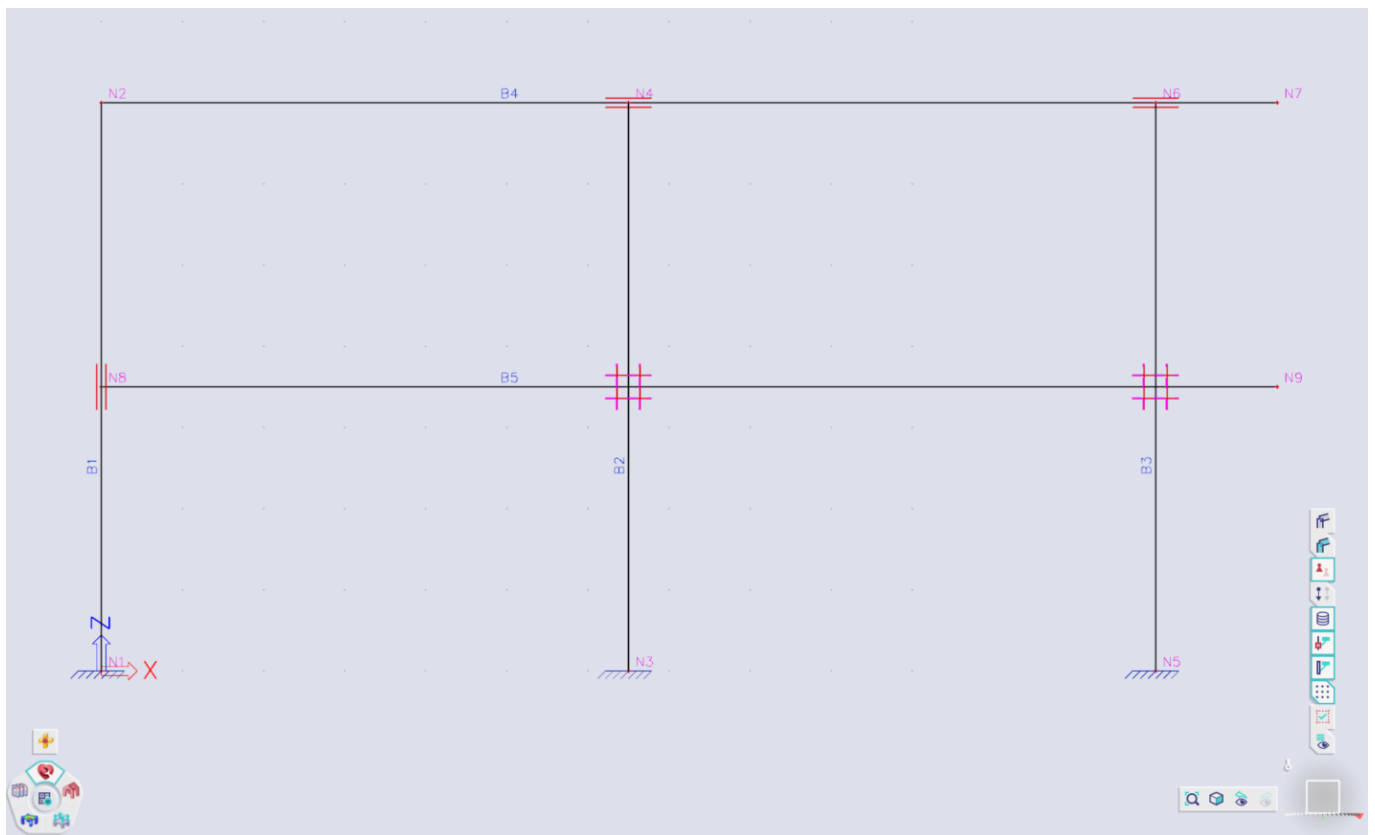
Druhým problémem, který se týká propojování prvků je jejich křížení. To se týká např. prostředního sloupu (B2) a spodní příčle (B5).



Propojení těchto prvků zajistíme pomocí nástroje křížení. (*ZADÁVACÍ PANEĽ* → *OKRAJOVÉ PODMÍNKY* → *Křížení*). Vybereme nástroj, ponecháme nastavení (pevné křížení, jelikož se jedná o tuhou ŽB konstrukci) a potvrdíme. Pak myší vybereme body křížení. Alternativně si označíme celou konstrukci, vybereme nástroj, potvrdíme a program vybereme všechna místa vhodná ke křížení za nás. Křížení prvků poznáme tak, že se kolem uzlu vytvoří mřížka.



Celá konstrukce s propojenými prvky pak vypadá následovně.



Než přejdeme k další kapitole, řekněme si, proč SCIA nepropojí křížení už při „propojení prvků /uzlů“. Je tomu tak z odlišné podstaty těchto dvou úkonů. Nepropojené uzly jsou chybou výpočtu a zjednodušeně znamenají, že dva prvky k sobě nejsou nijak připojeny i když na sebe přímo navazují (minimálně jeden z nich v daném uzlu končí). Zatímco křížení se vyskytuje mimo koncové uzly prvků. Může se tak stát, že se prvky kříží, ale nejsou nijak spojeny (např. dvě ocelová táhla kolmo na sebe, které ztužují rámovou konstrukci). Z tohoto důvodu nechává SCIA na uživateli, zda v daném místě zadá propojení těchto prvků či nikoliv.



4.4.2 Prvky zadané po jednotlivých polích/patrech

Při modelování konstrukce po jednotlivých polích a patrech využijeme *Čárový rastr*. Do rastru vložíme jednotlivé prvky a podpory. Ukážeme si práci s rastrem – zapnutí/vypnutí zobrazení, editace, nastavení úchopu.

Modely vytvořené uvedenými dvěma způsoby jsou z hlediska výsledků ekvivalentní, liší se jen v některých detailech, které si ukážeme dále (např. při zadávání spojitého zatížení na prvek, při návrhu výztuže apod.).

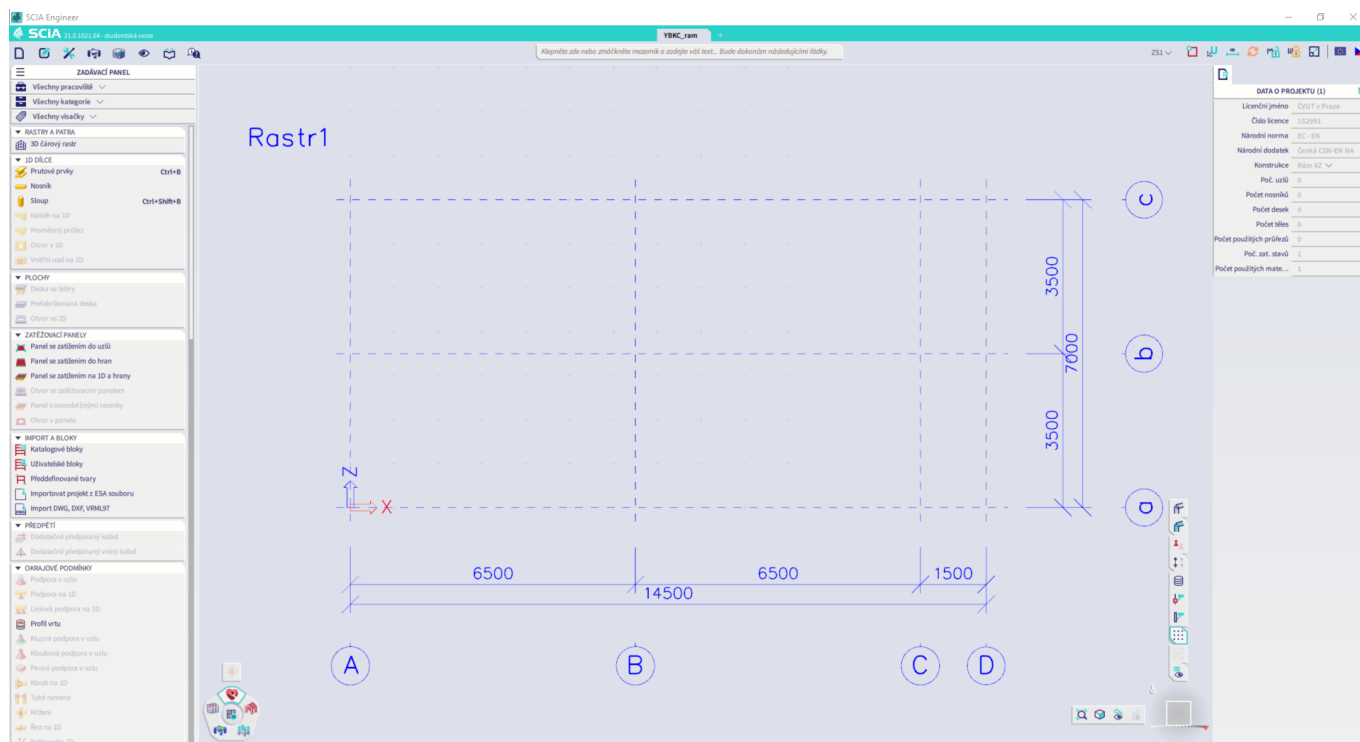
Začneme tedy vytvořením rastru (*ZADÁVACÍ PANEL* → *RASTRY A PATRA* → *3D čárový rastr*). Dle směrů (X,Z) zadáme rozměry naší konstrukce. Potvrdíme.

Typ	Popis	X [m]	dx [m]	Poč.	SL
1	A	0,000			ne
2	B	6,500	6,500	2	ne
3	C	13,000			ne
4	D	14,500	1,500	1	ne
*		0,000	0,000	0	

Typ	Popis	Z [m]	dz [m]	Poč.	SL
1	a	0,000			ne
2	b	3,500	3,500	2	ne
3	c	7,000			ne
*		0,000	0,000	0	

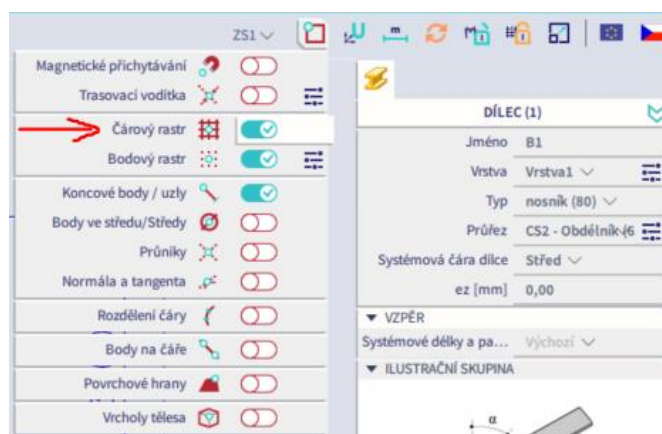
Rastr vložíme do modelovacího prostoru. Pro vložení do počátku klikneme do příkazového řádku (*nahoře uprostřed*) a zadáme nulu. Potvrdíme pomocí klávesy ENTER.





V případě použití rastru je žádoucí zapnout přichytávání k rastru. Zajdeme proto do nastavení úchopů (*horní lišta – vpravo* → *ÚCHOP* → *Čárový rastr*). V této nabídce najdeme i další možnosti přichytávání k prvkům.

U složitých konstrukcí s mnoha prvky je vhodné zapínat pouze potřebné body uchopení, jinak se může velmi snadno stát, že se nedopatřením chytíme za jiný bod, než jaký chceme vybrat.

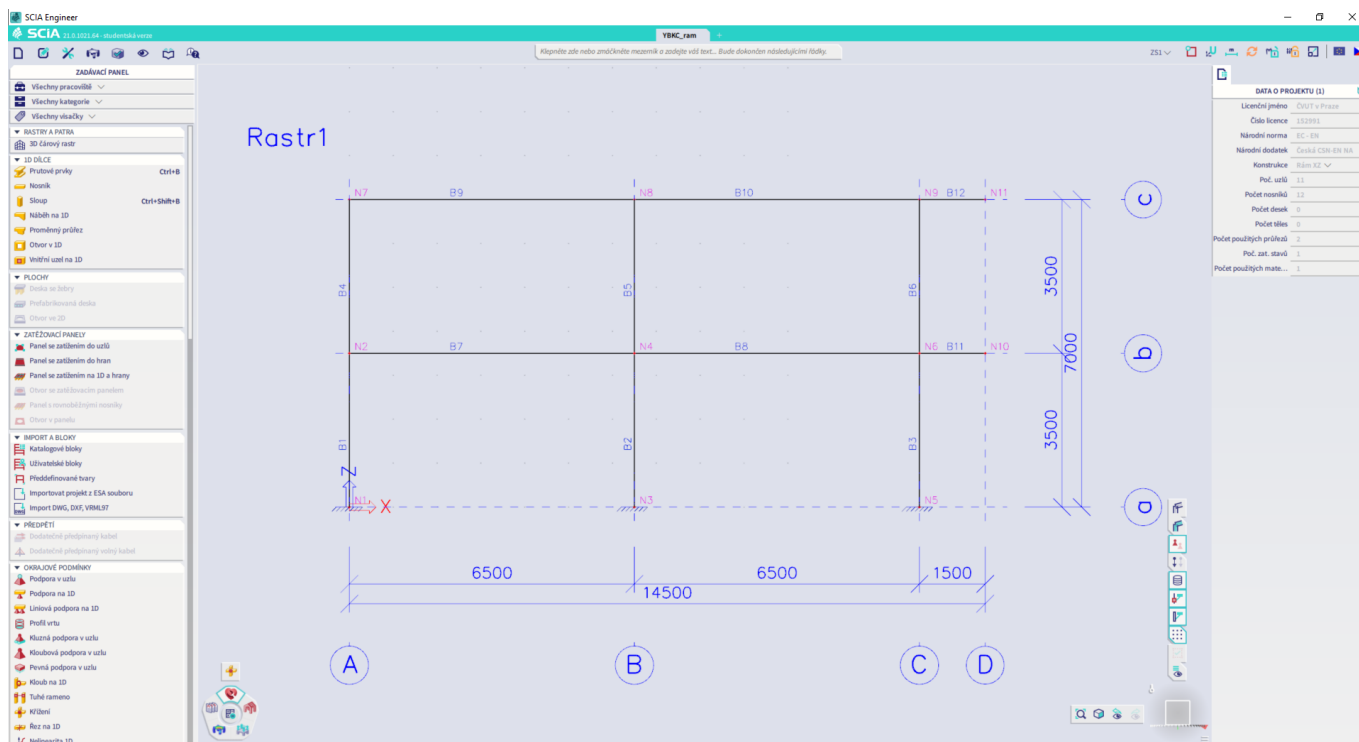


Dále postupujeme jako v předchozím případě. Vytvoříme si jednotlivé průřezy (pokud je ještě nemáme) a poskládáme pomocí nich naší konstrukci.

Pozn. Konstrukci můžeme modelovat buď pomocí prutových prvků nebo pomocí nosníků a sloupů. Prutové prvky mají tu výhodu, že si můžeme myšlí zvolit počátek a konec prutu (snadné zadávání). Musíme si však sami hlídat vodorovnost příčlů a svislost sloupů (u složitějších konstrukcí se může stát, že se uklikneme a prvek který má být vodorovný bude např. nepatrně šikmý). Pokud využíváme sloupy a příčle, musíme předem zadat délku každého prvku a daný prvek ručně vložit.

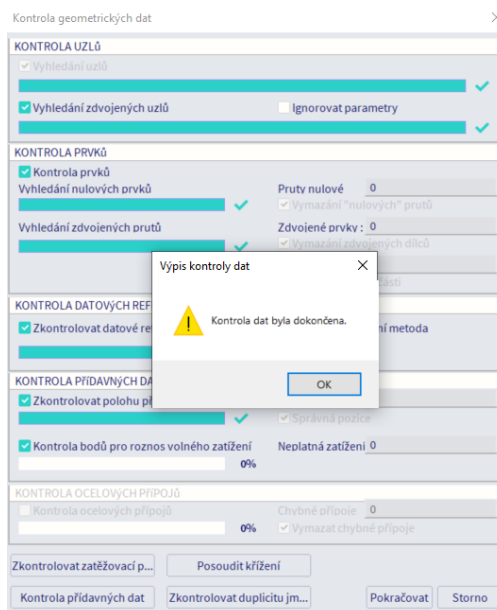


Totožně jako v předchozím případě vložíme podpory do spodních uzlů konstrukce.



4.4.3 Kontrola geometrických dat

Po ukončení modelování konstrukce zkontrolujeme vytvořenou konstrukci. Přes horní lištu (vlevo) → NÁSTROJE → Zkontrolovat konstrukci → Spustit. Tato funkce slouží např. pro kontrolu, zda někde nemáme zdvojené uzly nebo prvky. Zde je to asi zbytečné, ale je dobré si na to zvyknout, u složitějších projektů je vždy vhodné kontrolu provést.



5 Zatížení

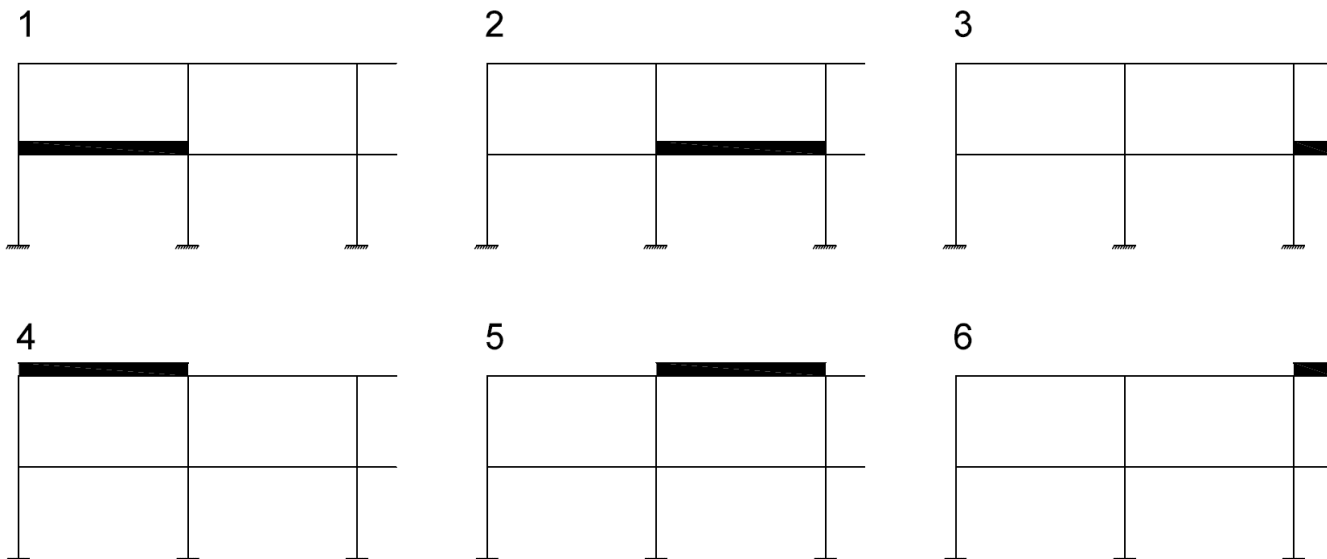
5.1 Zatěžovací stavy a skupiny

Abychom získali extrémní hodnoty vnitřních sil, musíme uvažovat proměnná zatížení nejen plná ve všech polích, ale také prostřídaná (šachovnicová) – a to ve všech možných kombinacích. Toho lze dosáhnout několika způsoby. V předmětu *133BK01* se při modelování rámu pracuje s lineárními kombinacemi a vybrané varianty působení proměnného zatížení se zadávají v příslušných zatěžovacích stavech (proměnné plné, proměnné šachovnicové 1, proměnné šachovnicové 2, atd.). Použití této metodiky je podrobněji vysvětleno ve výukových videích [7].

My budeme tvořit kombinace automaticky, proto si připravíme pro proměnná zatížení tolik zatěžovacích stavů, kolik máme v konstrukci polí (v našem případě 6), aby se poté mohly tyto stavy kombinovat. Dále přidáme zatížení od větru, opět zvlášť pro působení zleva a zprava.

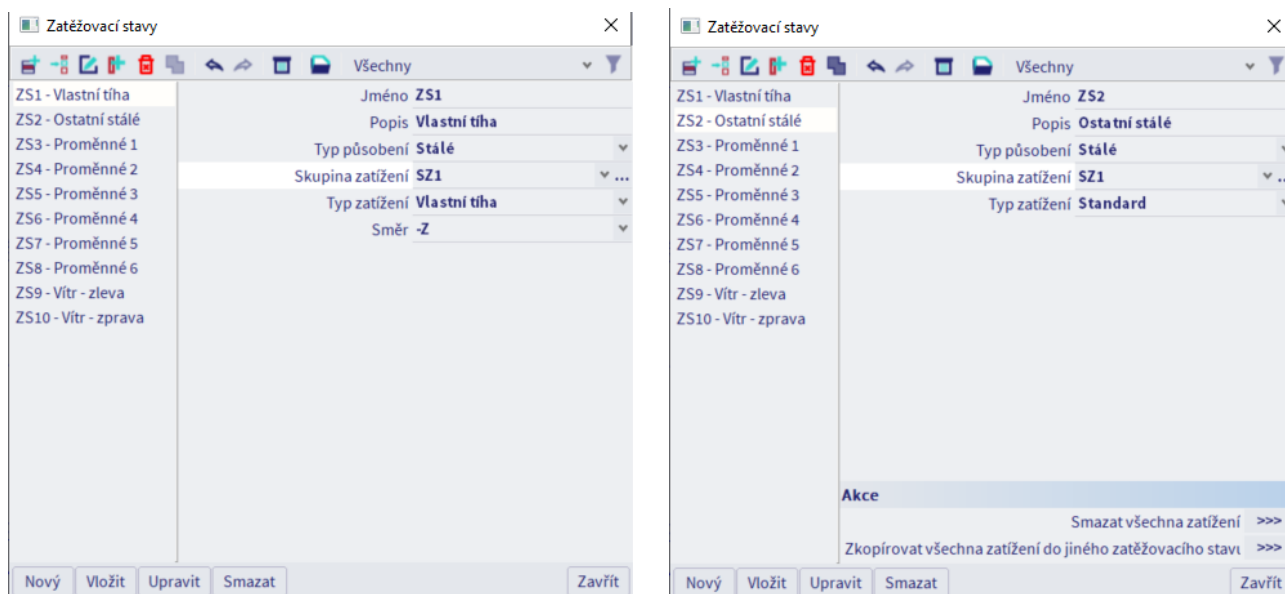
Vytvoříme tedy 10 zatěžovacích stavů:

ZS1 – Vlastní tíha	ZS6 – Proměnné 4
ZS2 – Ostatní stálé	ZS7 – Proměnné 5
ZS3 – Proměnné 1	ZS8 – Proměnné 6
ZS4 – Proměnné 2	ZS9 – Vítr zleva
ZS5 – Proměnné 3	ZS10 – Vítr zprava

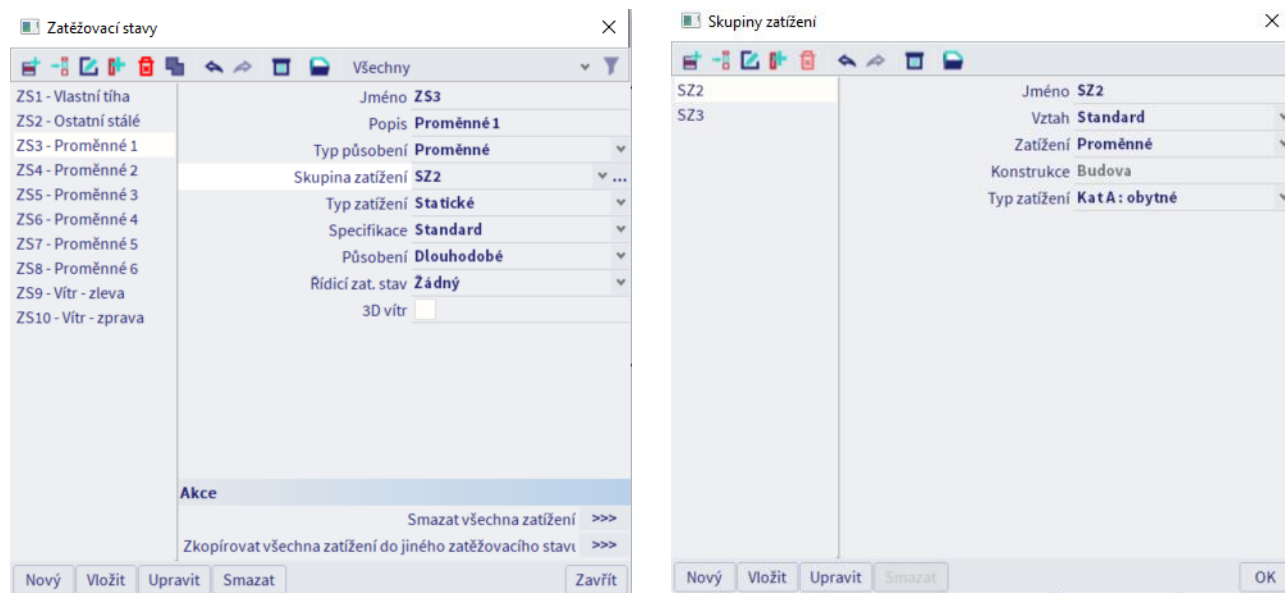


Vlastní tíhu a ostatní stálé zatížení ponecháme v defaultní skupině zatížení SZ1, která je vyhrazena pro stálá zatížení, přičemž se uvažuje, že zatížení v této skupině působí vždy (ve všech kombinacích).

Začneme tedy tvorbou zatěžovacích stavů (ZS). Do nabídky ZS se dostaneme přes *horní lištu – vpravo* → *ZS1 (rozklikneme)* → *Spravovat zatěžovací stavy*. Postupně přidáváme nové ZS dle zadání.

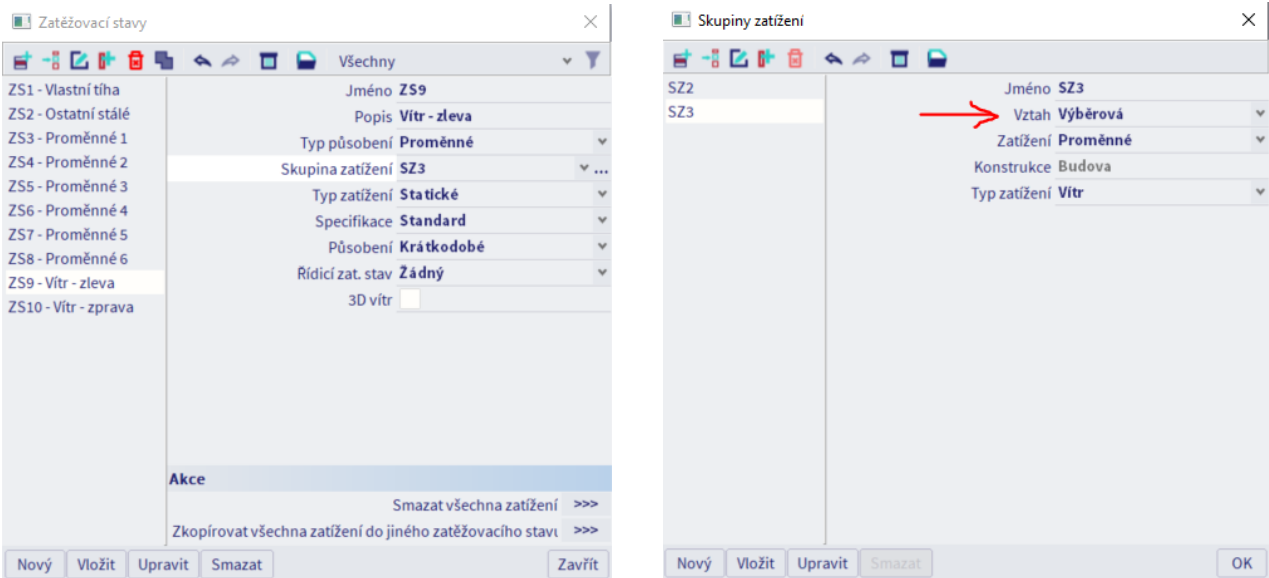


Pro proměnná zatížení v ZS3 až ZS8 nastavíme: *Typ působení* → *Proměnné*, *Působení* → *Dlouhodobé*, ponecháme defaultní skupinu zatížení SZ2. Zde si všimneme, že u této skupiny se uvažuje *Vztah* → *Standard* (vysvětlení viz níže). Typ zatížení ponecháme *Kat A: obytné* (v zadání není specifikováno).



Pro ZS9 a ZS10 (vítr zleva/zprava) změníme *Působení* na *Krátkodobé* a vytvoříme novou skupinu zatížení SZ3, u které zadáme *Vztah* → *Výběrová* a *Typ zatížení* → *Vítr*.

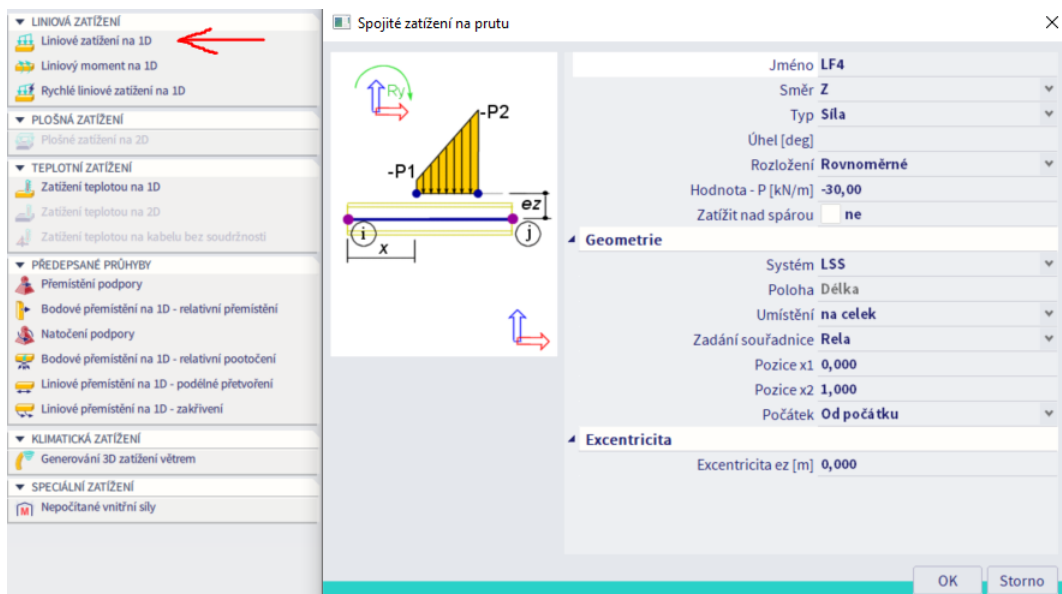




Možné varianty vztahů zatížení ve skupinách zatížení jsou následující (podrobněji viz [2] popř. [7]):

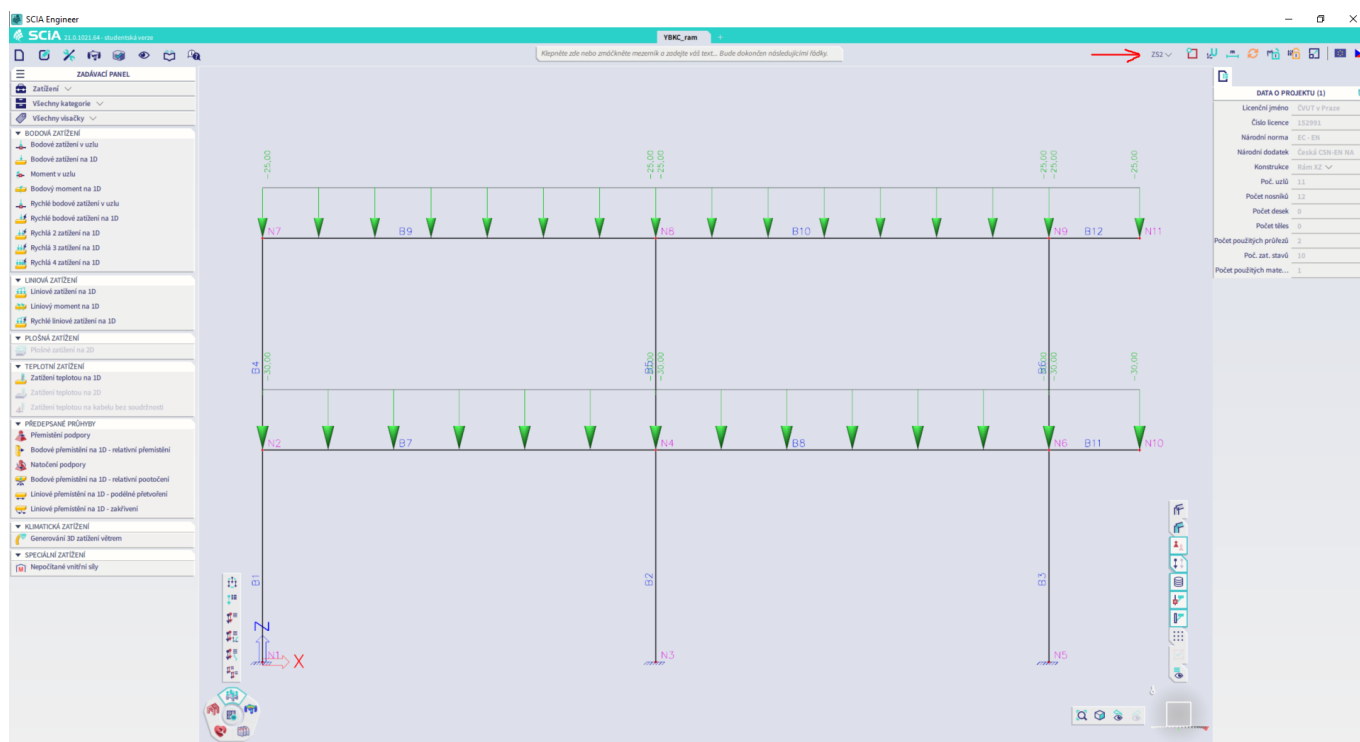
- *Standard* – zatížení v této skupině se kombinují všemi možnými způsoby (v našem případě zatížení ve stavech ZS3 až ZS8).
- *Výběrová* – zatížení v této skupině se spolu nekombinují, neboť nikdy nepůsobí současně (v našem případě zatížení od větru zleva a zprava, tj. ZS9 a ZS10).
- *Společně* – zatížení v této skupině působí vždy společně (v našem případě tento typ proměnných zatížení nevyužijeme).

Do jednotlivých zatěžovacích stavů vložíme příslušná zatížení dle zadání. Vložení zatížení provedeme pomocí ikony liniového zatížení na 1D prvku (*ZADÁVACÍ PANEL* → *Zatížení* → *LINIOVÁ ZATÍŽENÍ* (popř. *BODOVÁ ZATÍŽENÍ* → *Liniové zatížení na 1D*)). Do tabulky vyplníme směr síly – X,Z (dle souřadnicového systému) a hodnotu síly P dle zadání (nezapomeneme na správné znaménko). Znaménko mínus vyjadřuje směr působení síly, v tomto případě směr dolů – tzn. síla působí proti ose.

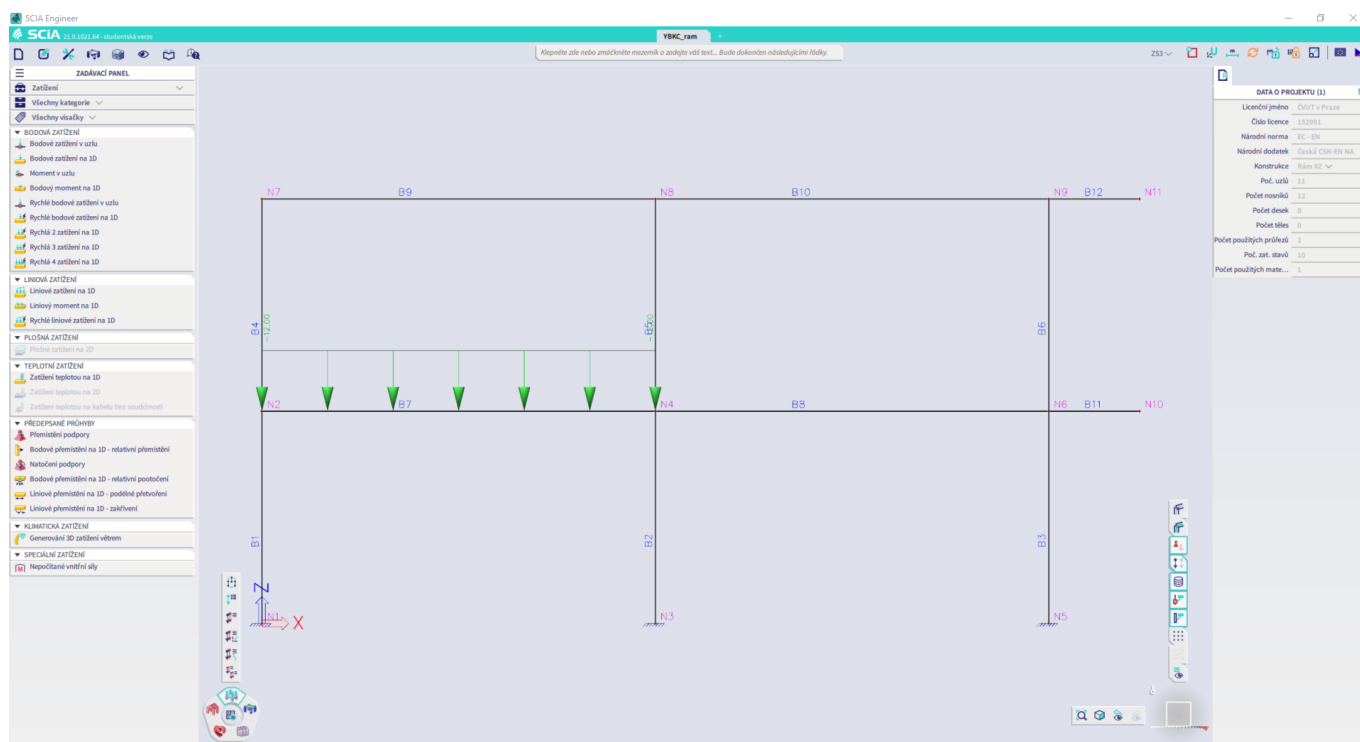


ZS1 – Vlastní tíha konstrukce (počítá SCIA)

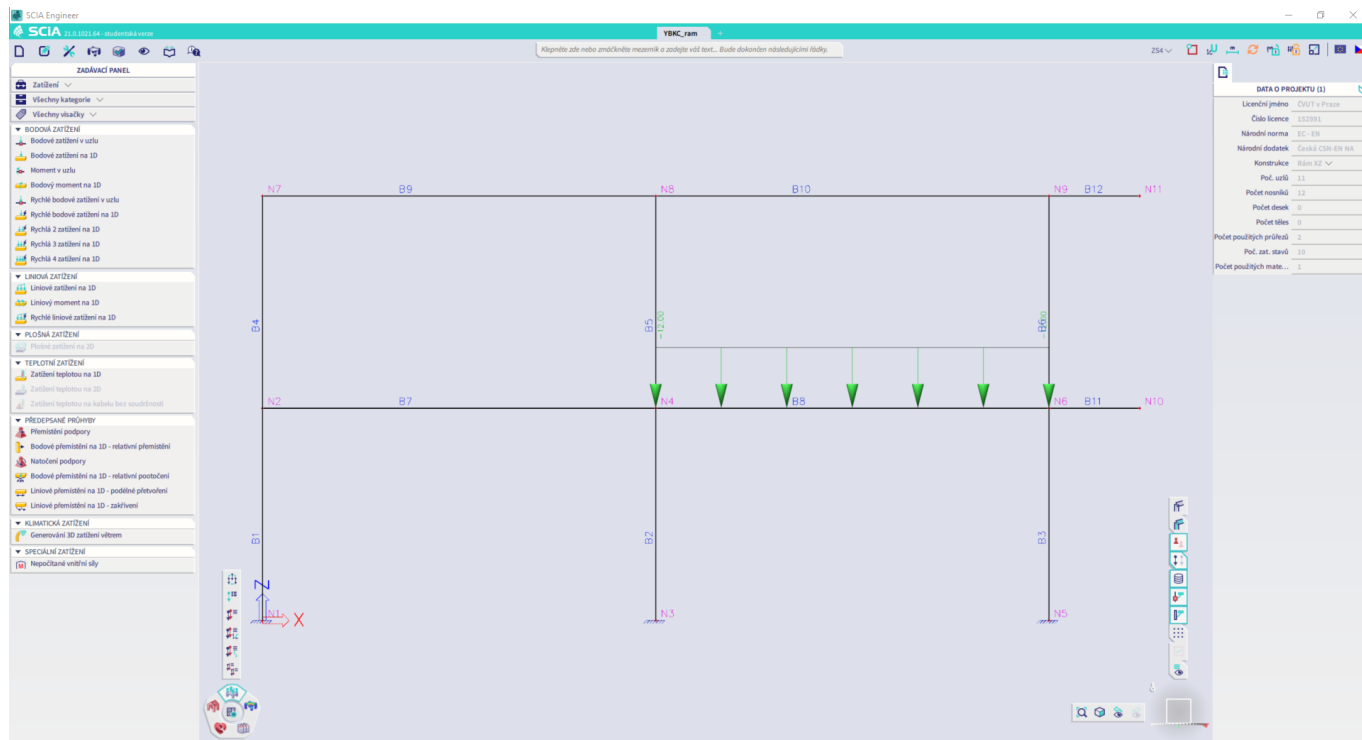
ZS2 – Ostatní stálé zatížení



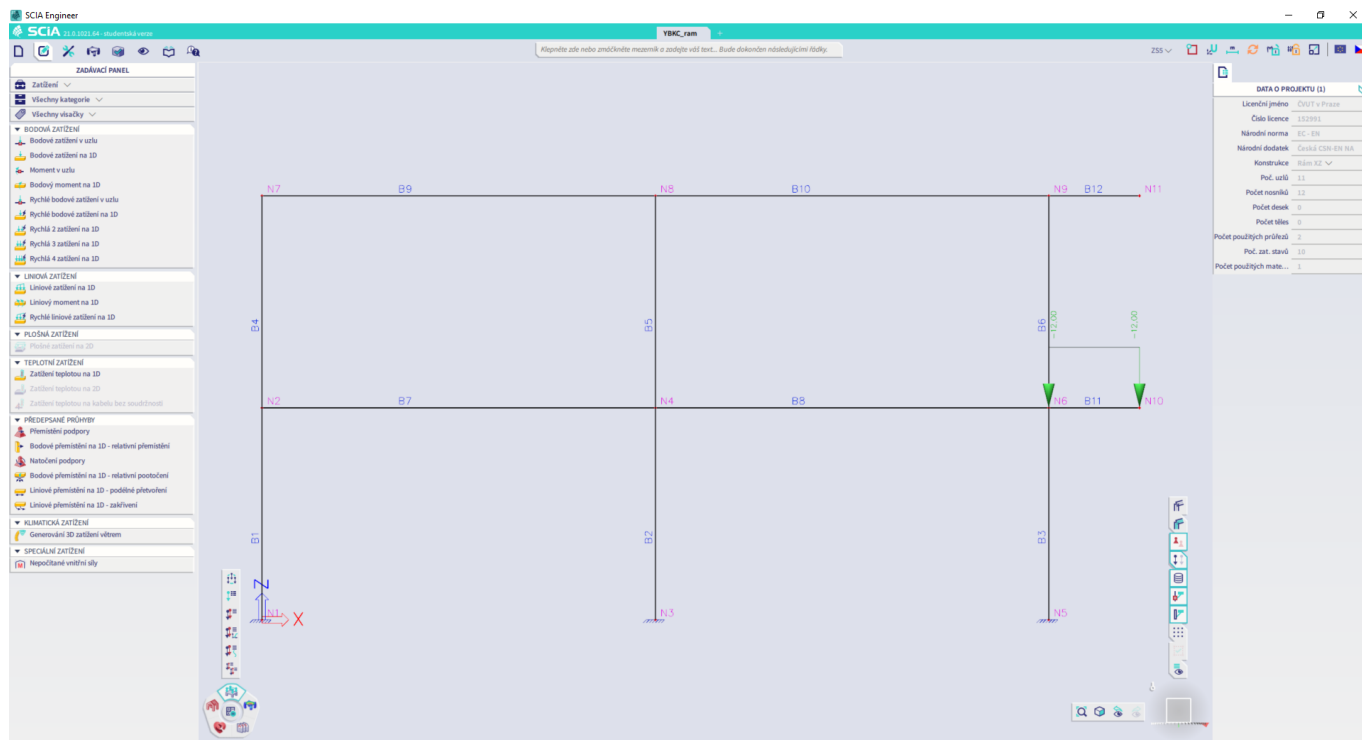
ZS3 – Proměnné 1



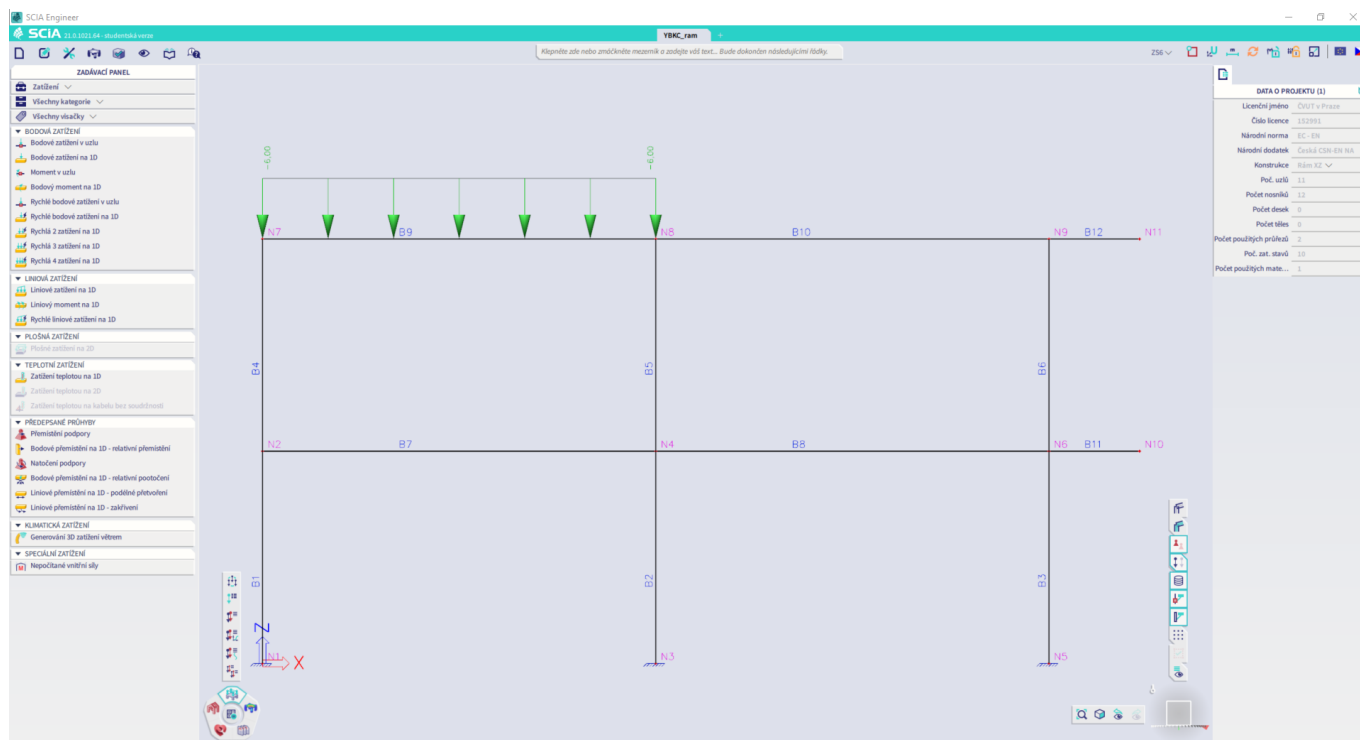
ZS4 – Proměnné 2



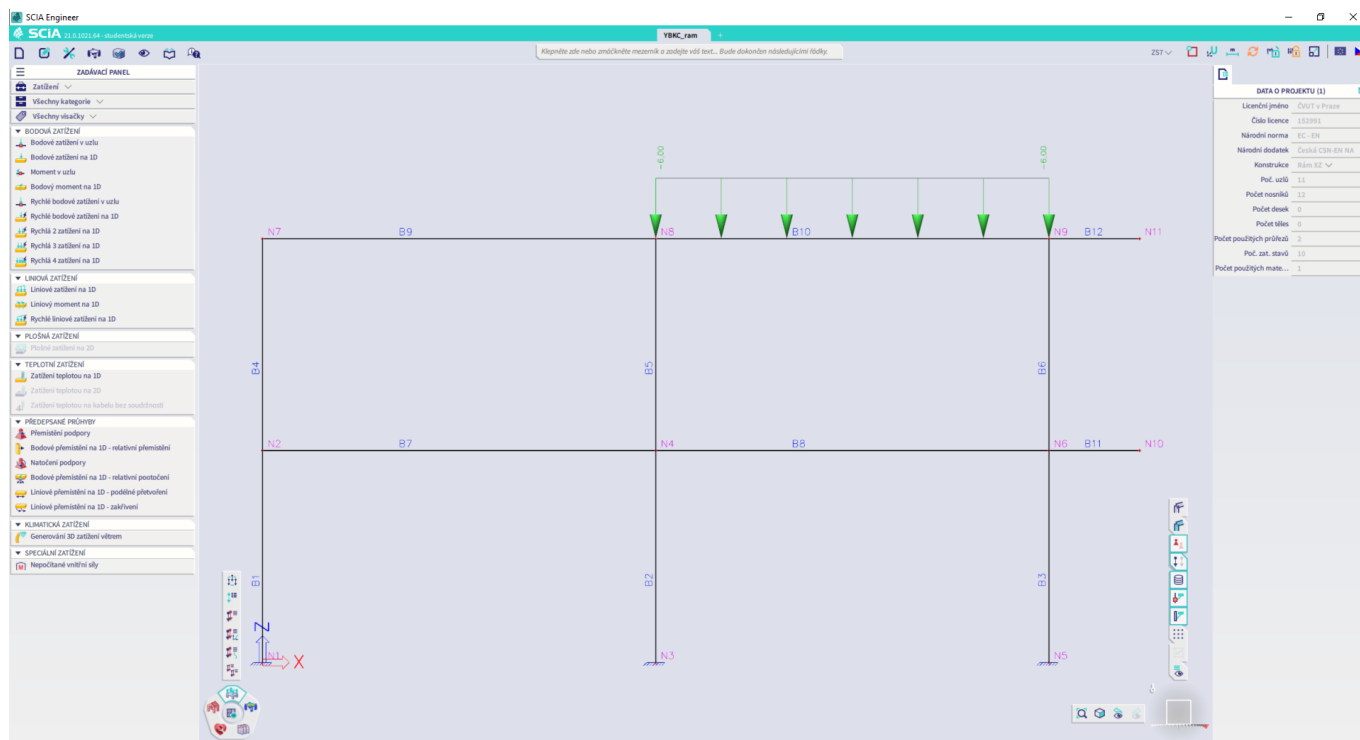
ZS5 – Proměnné 3



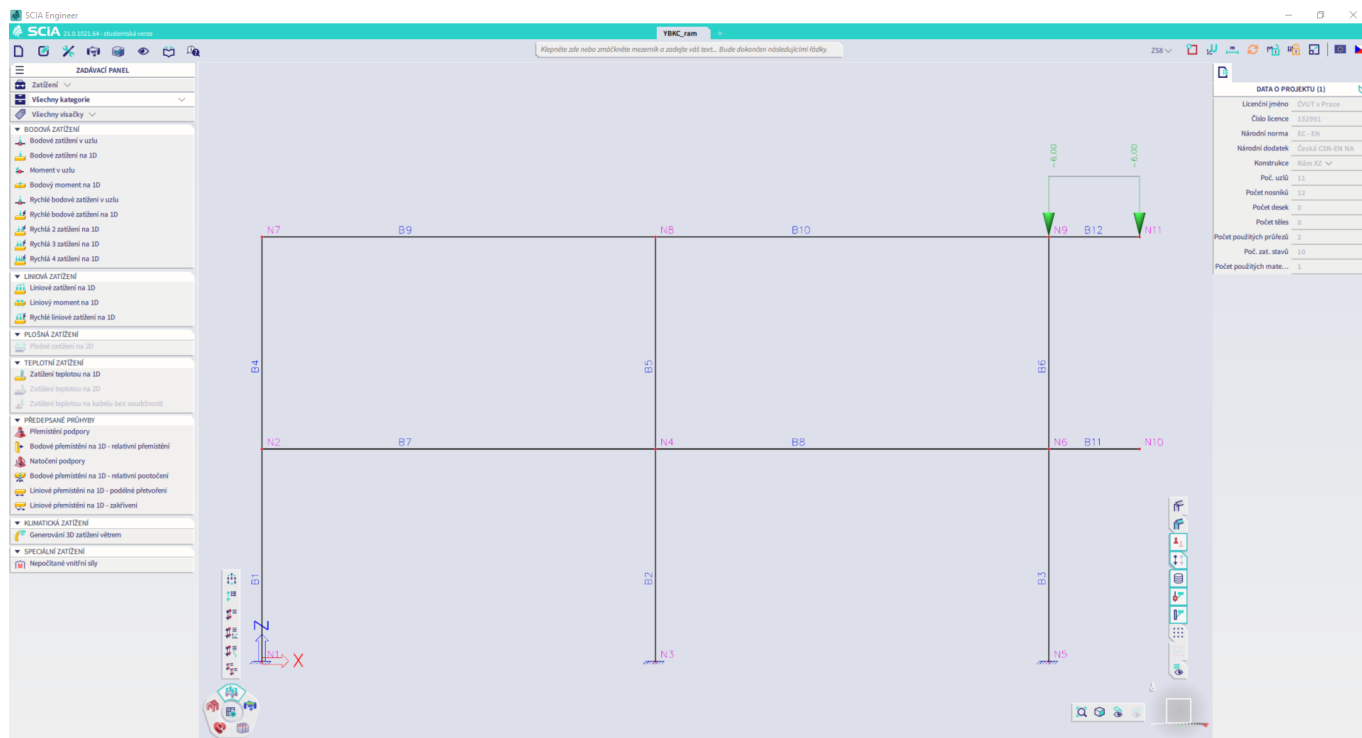
ZS6 – Proměnné 4



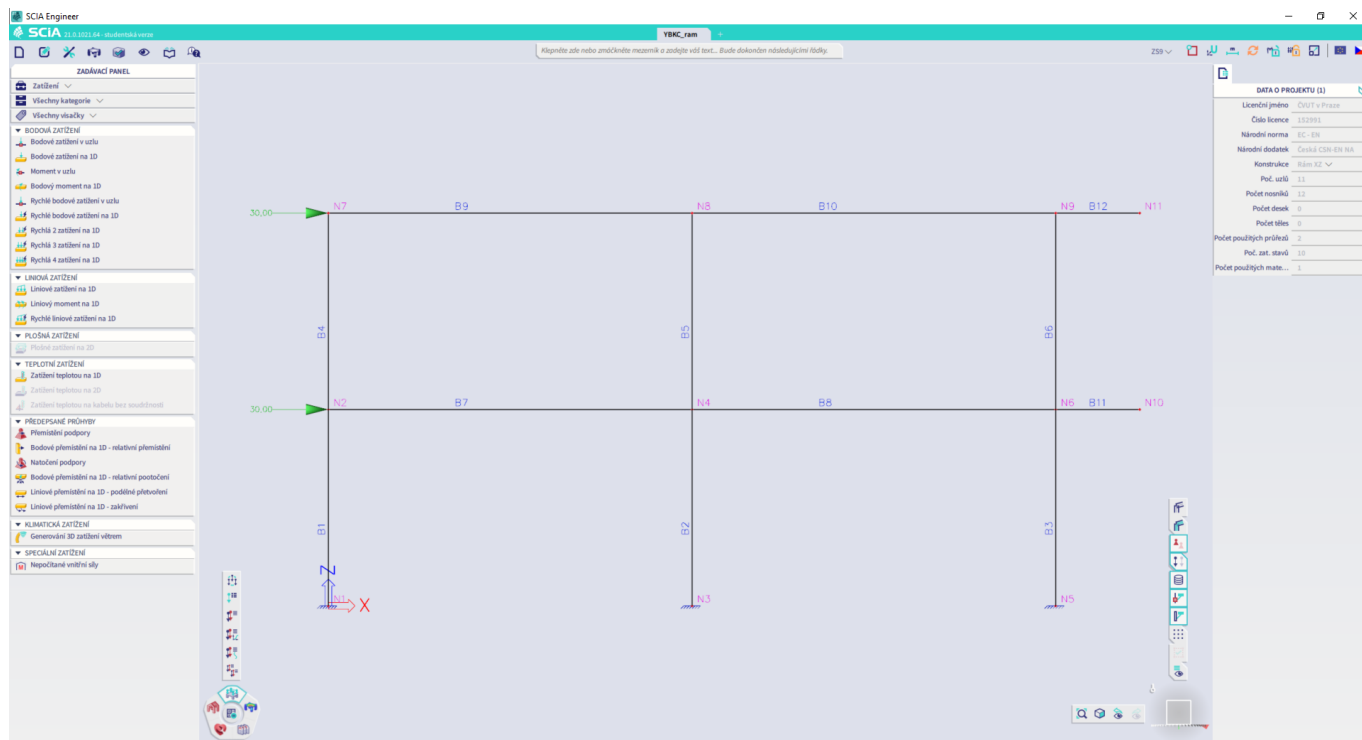
ZS7 – Proměnné 5



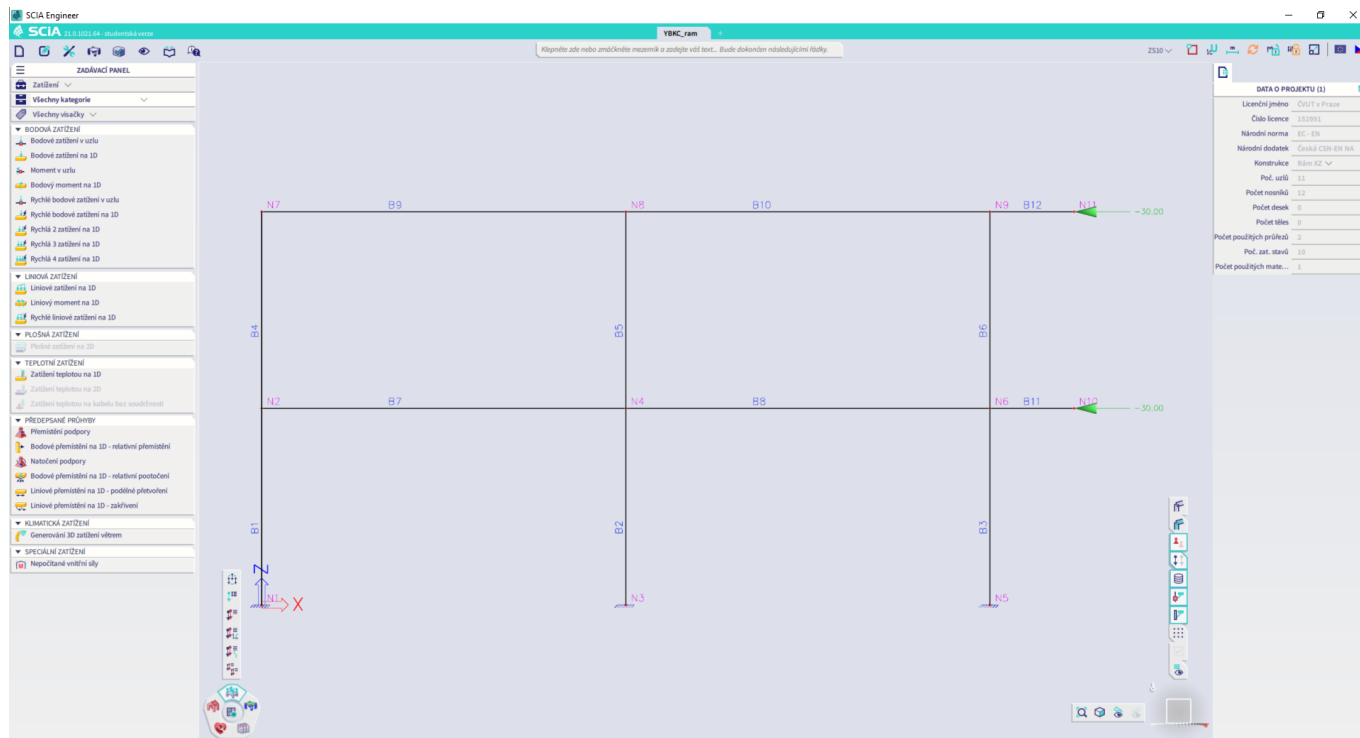
ZS8 – Proměnné 6



ZS9 – Vítř zleva



ZS10 – Vitr zprava



5.2 Zatěžovací kombinace

Při tvorbě kombinací ukážeme, že program nabízí tři možnosti zadávání (vytváření) kombinací

- obálka,
- lineární,
- EN.

Tyto možnosti se liší v tom, jak se:

- zadávají (uvažují) součinitele zatížení (dílní součinitele spolehlivosti, kombinační součinitele),
- zadávají (vytvářejí) kombinace,

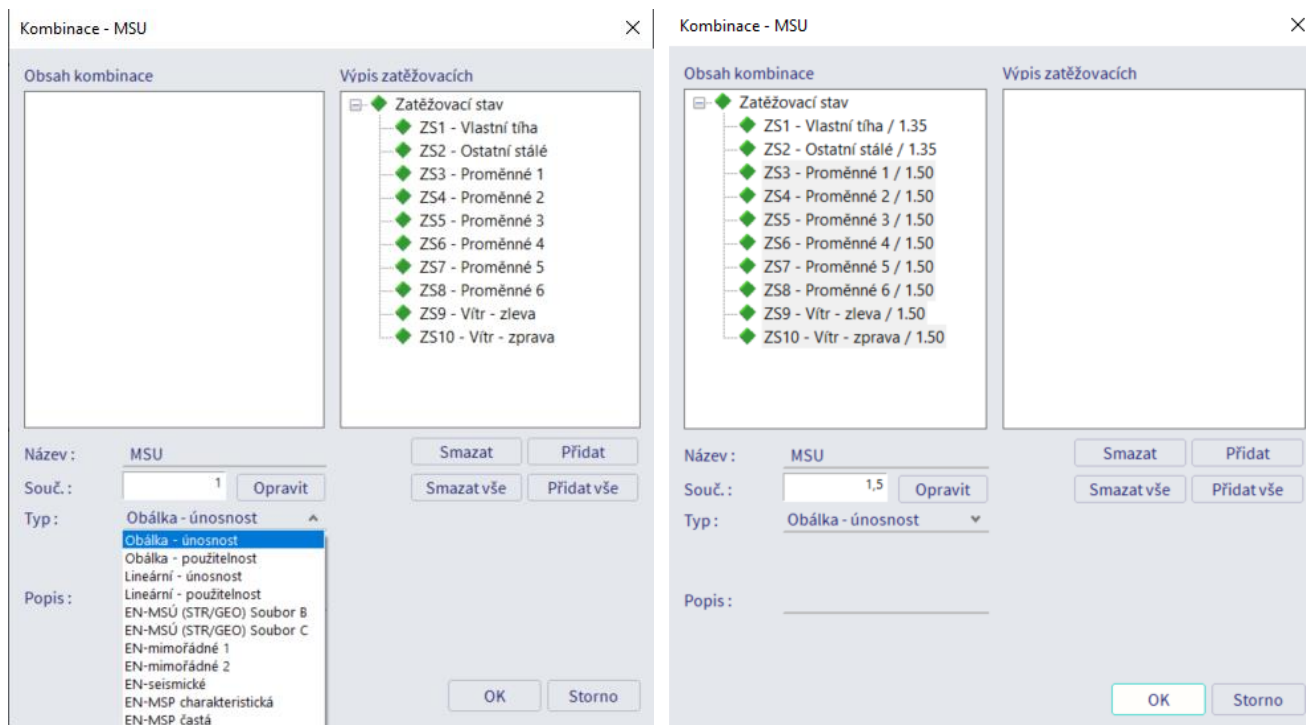
což lze shrnout do následující tabulky:

	Součinitele	Kombinace
Obálka	Ručně	Automaticky
Lineární	Ručně	Ručně
EN	Automaticky	Automaticky



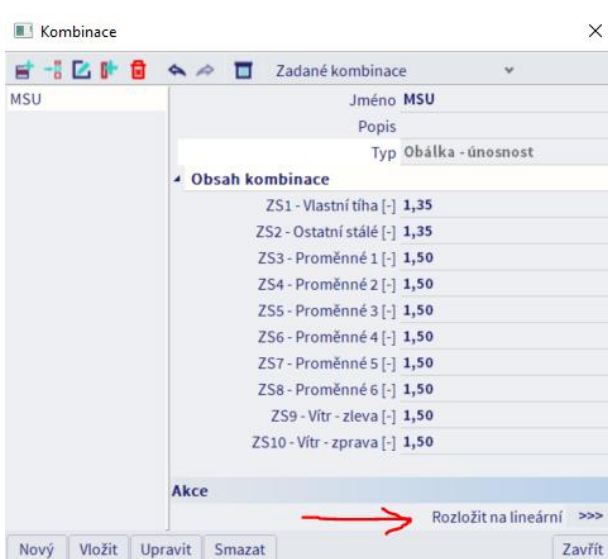
My budeme používat *Obálku*. Prozatím budeme řešit jen MSÚ. Vybereme tedy *Typ* → *Obálka - únosnost*. Do obsahu kombinace vložíme všechny zatěžovací stavy a ručně u nich nastavíme hodnoty součinitelů. Potvrdíme.

Pozn.: Ikonu kombinace najdeme v panelu vlevo dole (*nad kruhovou nabídkou* → *KOMBINACE*)



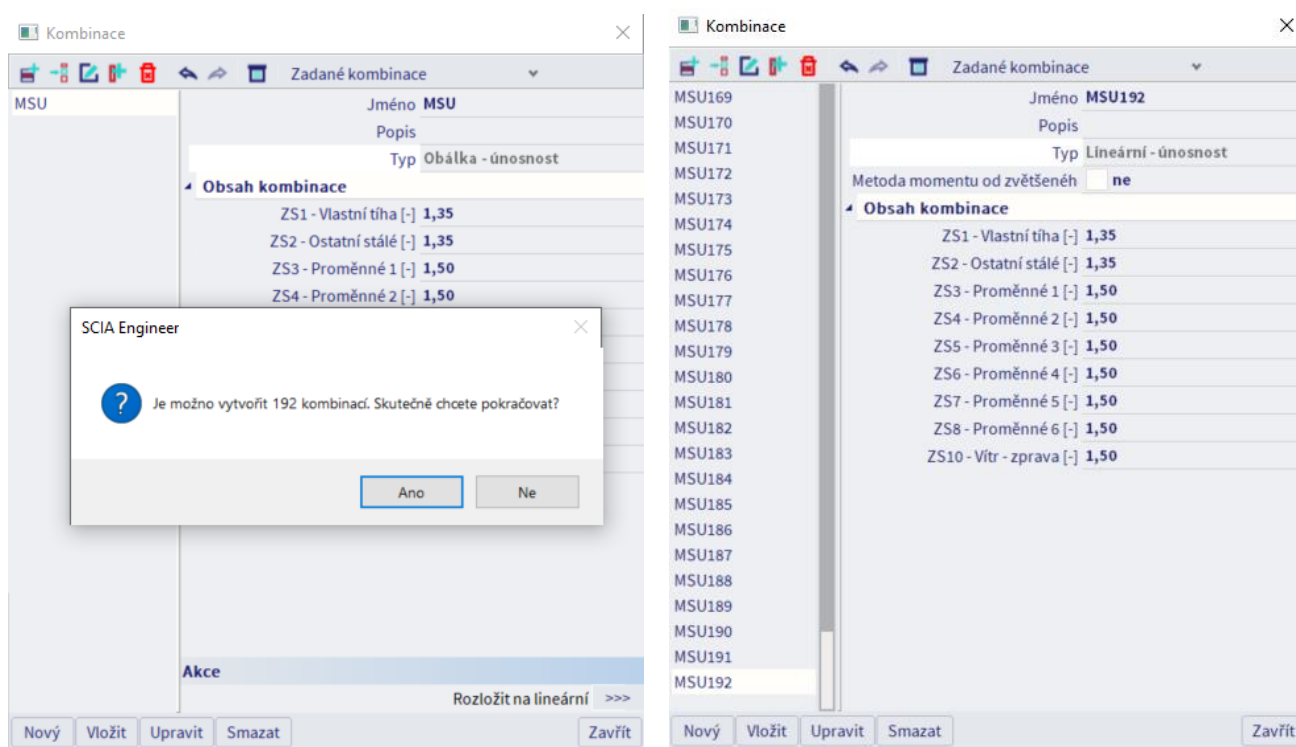
Tím se vytvoří jedna obálková kombinace MSU. Takto bychom to mohli ponechat. Pro ilustraci si však ukážeme rozložení této kombinace na lineární, což je vhodné ze dvou důvodů

- vidíme, kolik kombinací se v té obálkové uvažuje a z čeho se skládají,
- následně si budeme moci pro tyto jednotlivé lineární kombinace zobrazovat výsledky (vnitřní síly).



Poznámka k počtu kombinací:

ZS1 a ZS2 působí vždy, k těmto stavům se přidávají různé kombinace ZS3 až ZS8, kterých je 64 (vytváříme kombinace k -té třídy z n prvků bez opakování, kde k může být 0 až 6 a $n = 6$; $2^6 = 2^6 = 64$). Těchto 64 kombinací navíc může působit: bez větru, s větrem zleva (ZS9), nebo s větrem zprava (ZS10). Lze tedy vytvořit $64 \cdot 3 = 192$ lineárních kombinací, o čemž se následně přesvědčíme v programu. Máme celkem 193 kombinací, jednu obálkovou (MSU) a 192 lineárních (MSU1 až MSU192).



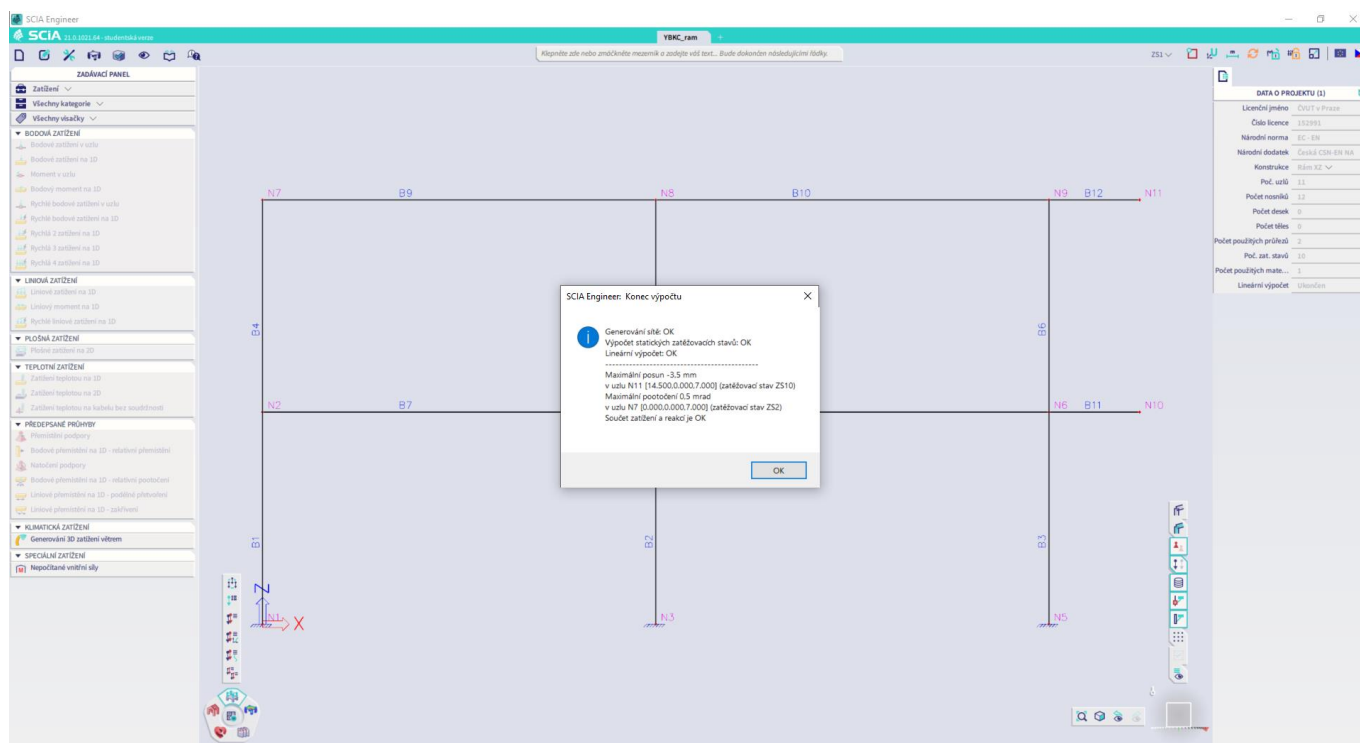
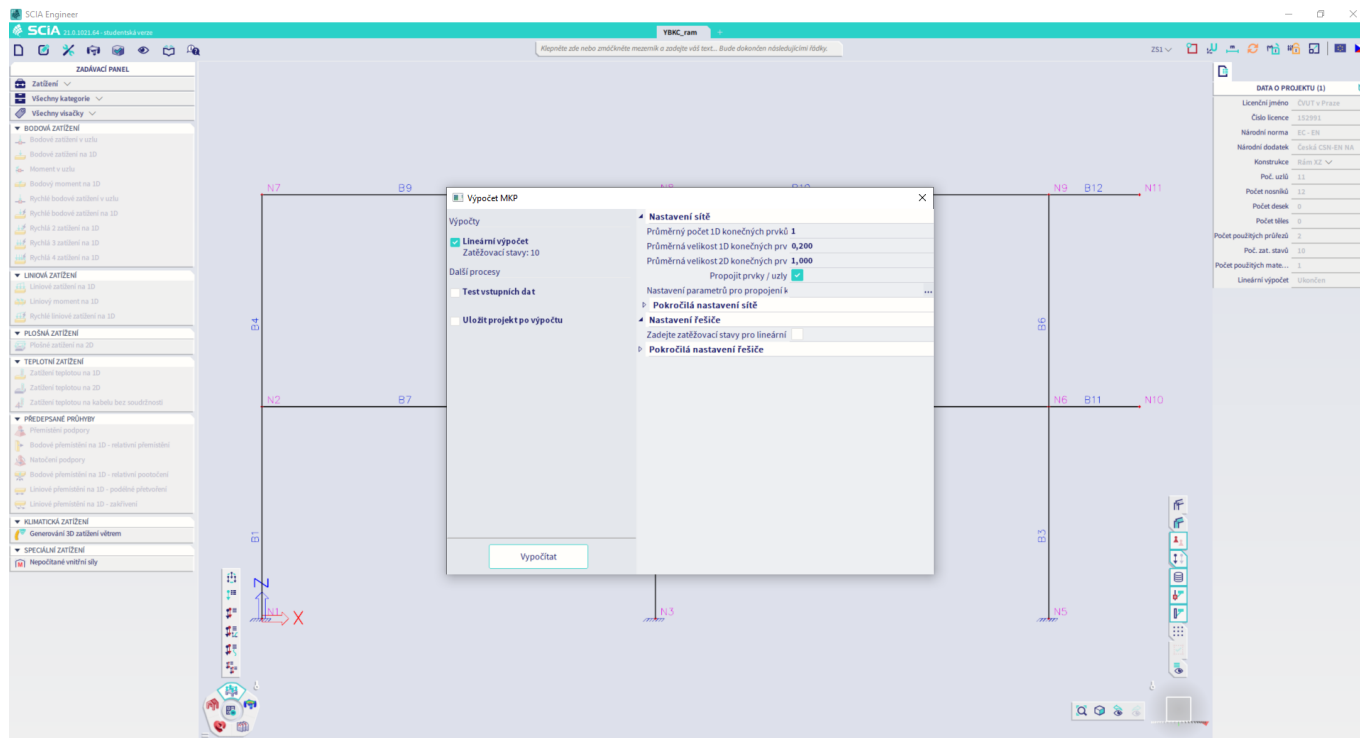
Kombinace pro MSP budeme řešit později (viz kapitola 10).



6 Výpočet vnitřních sil

6.1 Výpočet

Provedeme výpočet (*kruhový panel vlevo dole* → **VYPOČÍTAT**)



6.2 Zobrazení výsledků a jejich kontrola

Po provedení výpočtu můžeme přejít k výsledkům (*kruhový panel* → *VÝSLEDKY* → *1D VNITŘNÍ SÍLY*). Tyto výsledky si při výkladu podrobně projdeme. Provedeme kontrolu.

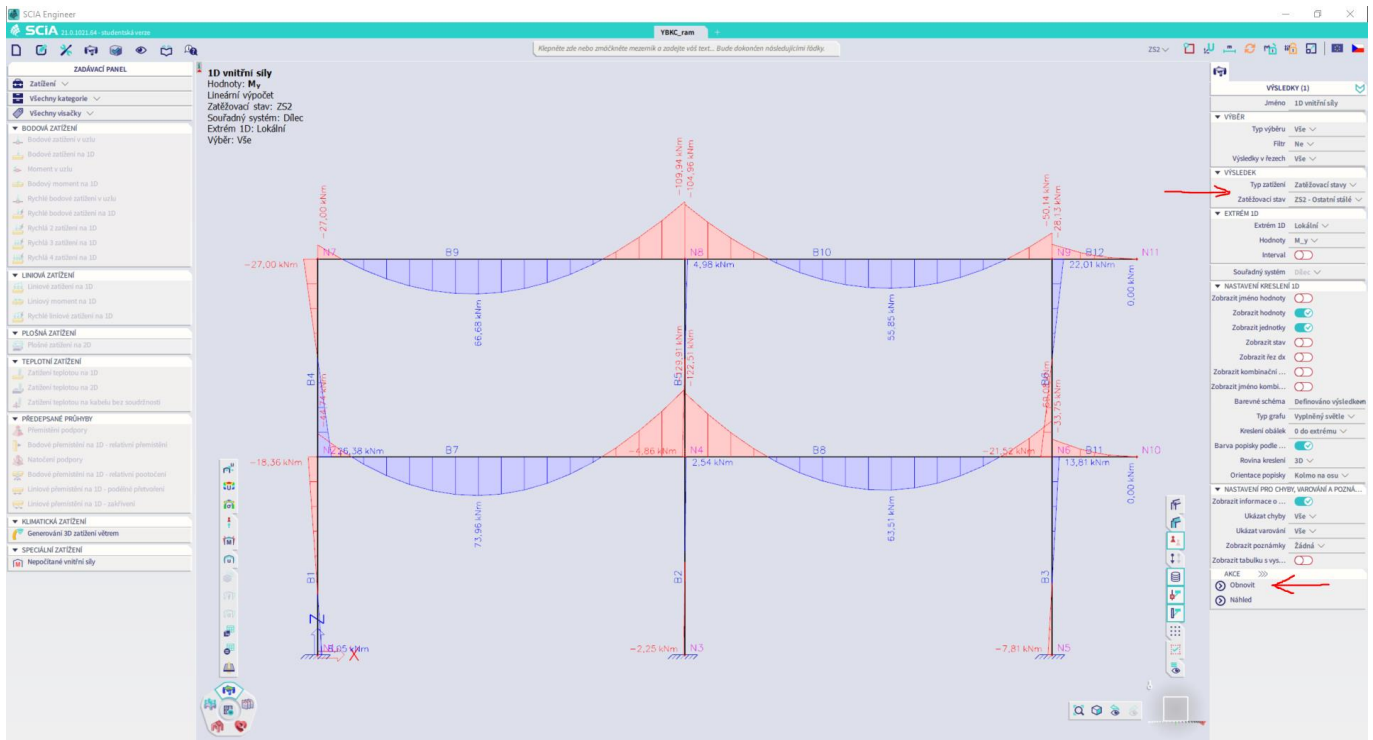
Nejprve např. pro spodní konzolu a ZS2 (ostatní stálé) by měl vyjít ohybový moment v místě vetknutí konzoly:

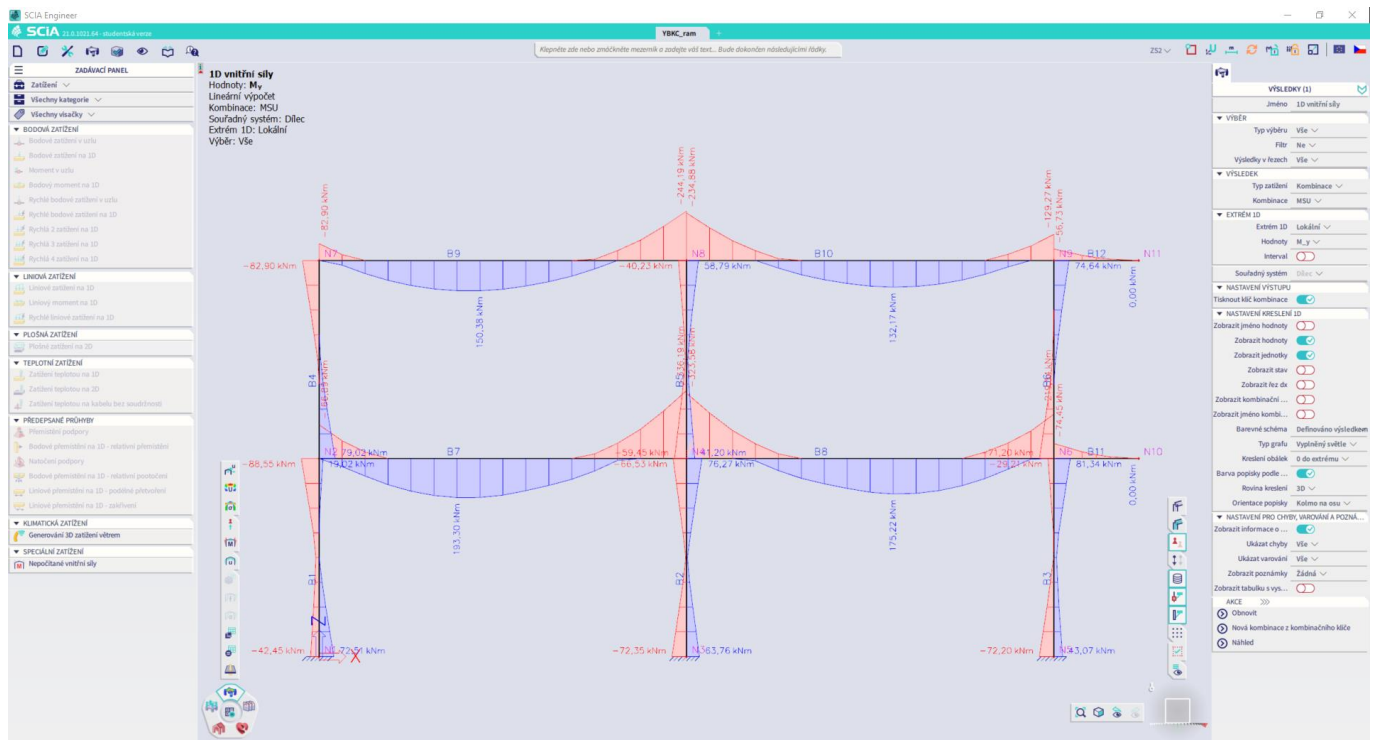
```
>> 0.5 * 30 * 1.5^2  
ans = 33.750  
>> |
```

Pro MSU (obálková kombinace, pozor na hodnotu tíhového zrychlení, počítáme s hodnotou 10 m/s^2) by měl být ohybový moment ve stejném místě:

```
>> 0.5 * (30 * 1.35 + 0.35 * 0.65 * 25 * 1.35 + 12 * 1.5) * 1.5^2  
ans = 74.450  
>> |
```

Je zřejmé, že hodnoty v programu *SCIA Engineer* vycházejí stejně.





Poznámka k nastavení vykreslení výsledků:

*V nabídce vpravo vybíráme, jaké vnitřní síly si chceme vykreslit, od jaké kombinace, jak detailní mají být popisy hodnot apod. Na závěr stiskneme tlačítko **Obnovit** a program vykreslí výsledky. Pravá nabídka obsahuje mnoho užitečných nastavení, která budeme v budoucnu využívat, pro bližší seznámení s vykreslováním výsledků doporučuji příslušné výukové video [7].*

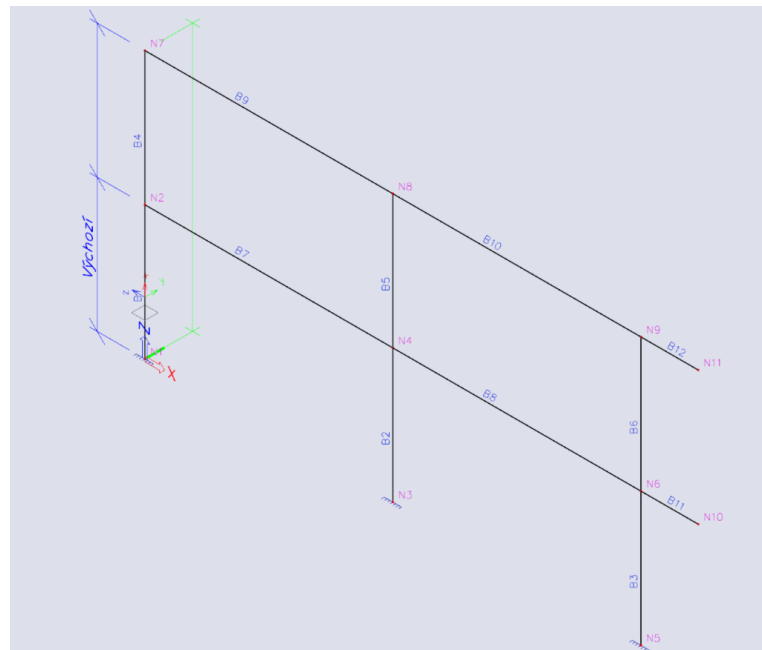
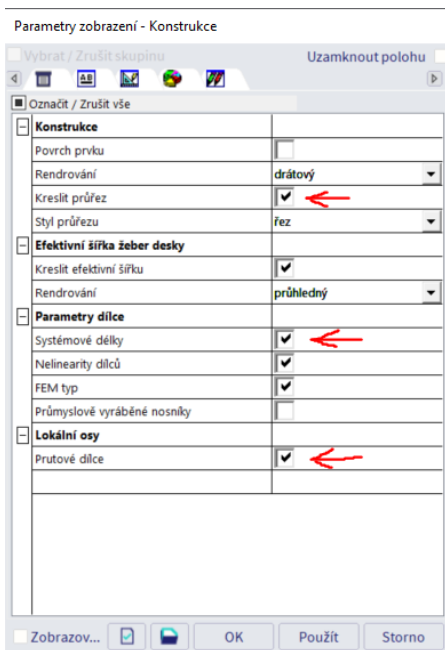
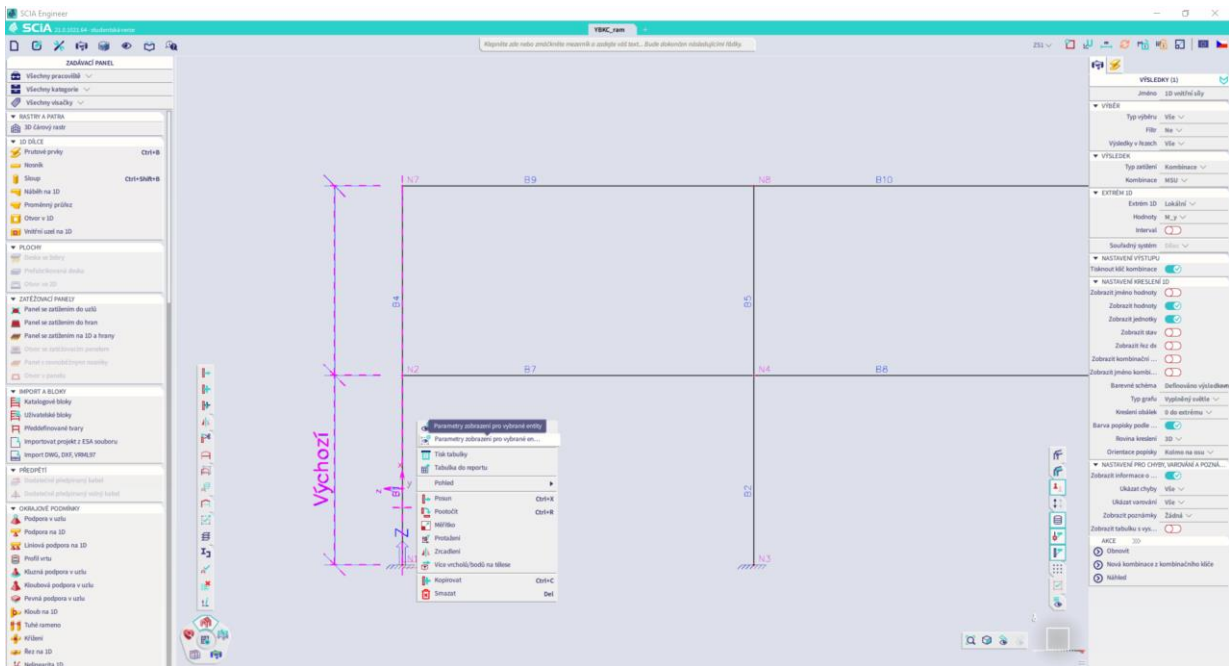
7 Návrh výztuže

7.1 Data o vzpěru

Před vlastním návrhem výztuže je třeba nastavit data o vzpěru pro tlačené prvky (sloupy), viz [1].

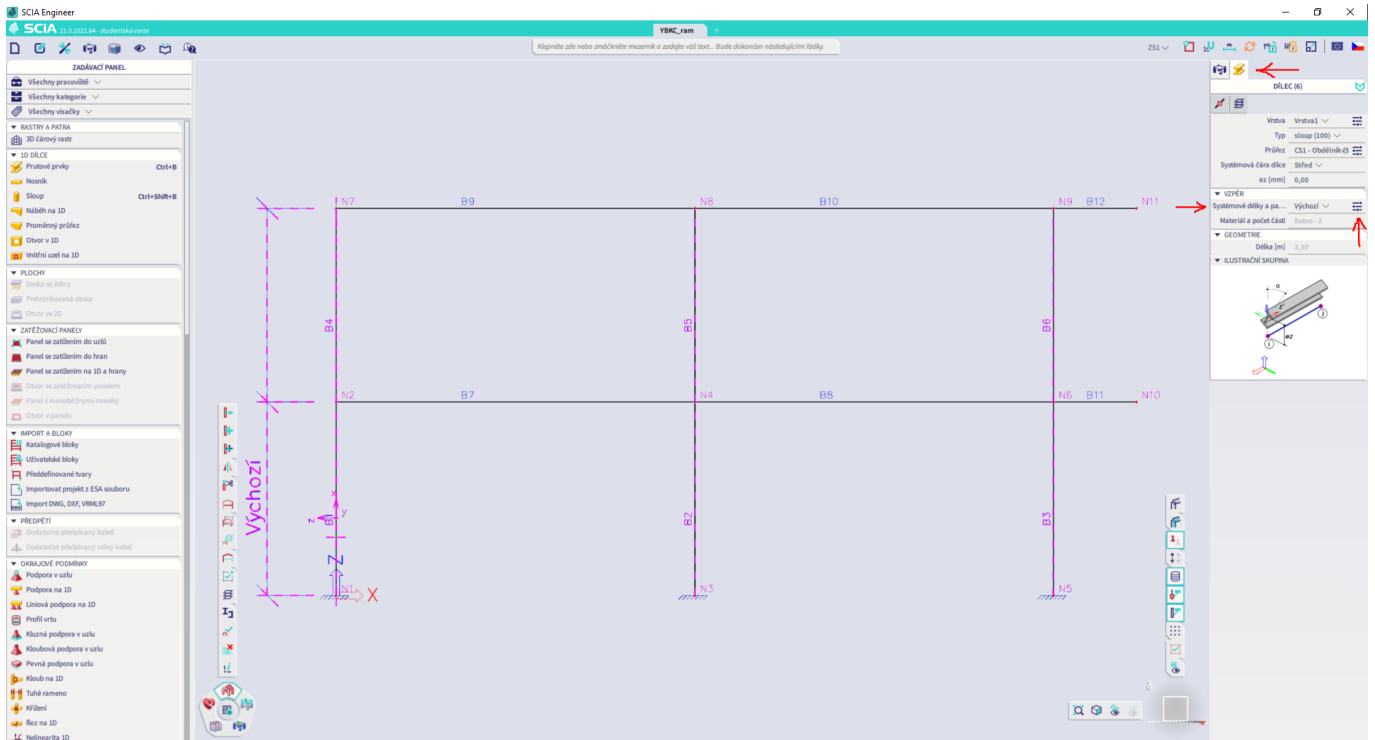
Označíme levý sloup rámu. Přes pravé tlačítko vybereme *Parametry zobrazení pro vybrané entity*. V okně zaškrtneme *Kreslit průřez*, *Systémové délky* a *Prutové dílce*. Potvrdíme.

Na ploše klikneme pravým tlačítkem myši → *Parametry zobrazení pro všechny entity* → *Popisy* → *Popis lokálních os* → *Prutové dílce*.



Zobrazí se označení lokálních os. Osy v rovině řezu sloupu jsou y (kolmá na rovinu rámu) a z (v rovině rámu). Všechny proměnné, které zde budeme nastavovat a které mají index y , resp. z , se vztahují k vybočení **kolmo** k dané ose. Je zřejmé, že defaultně je délka L_y rovna výšce podlaží; délka L_z je rovna celé výšce konstrukce (použité barvy jsou v tomto případě matoucí – je otázkou, zda by nebylo vhodnější, aby byla např. délka L_y zvýrazněna stejnou barvou jako osa y).

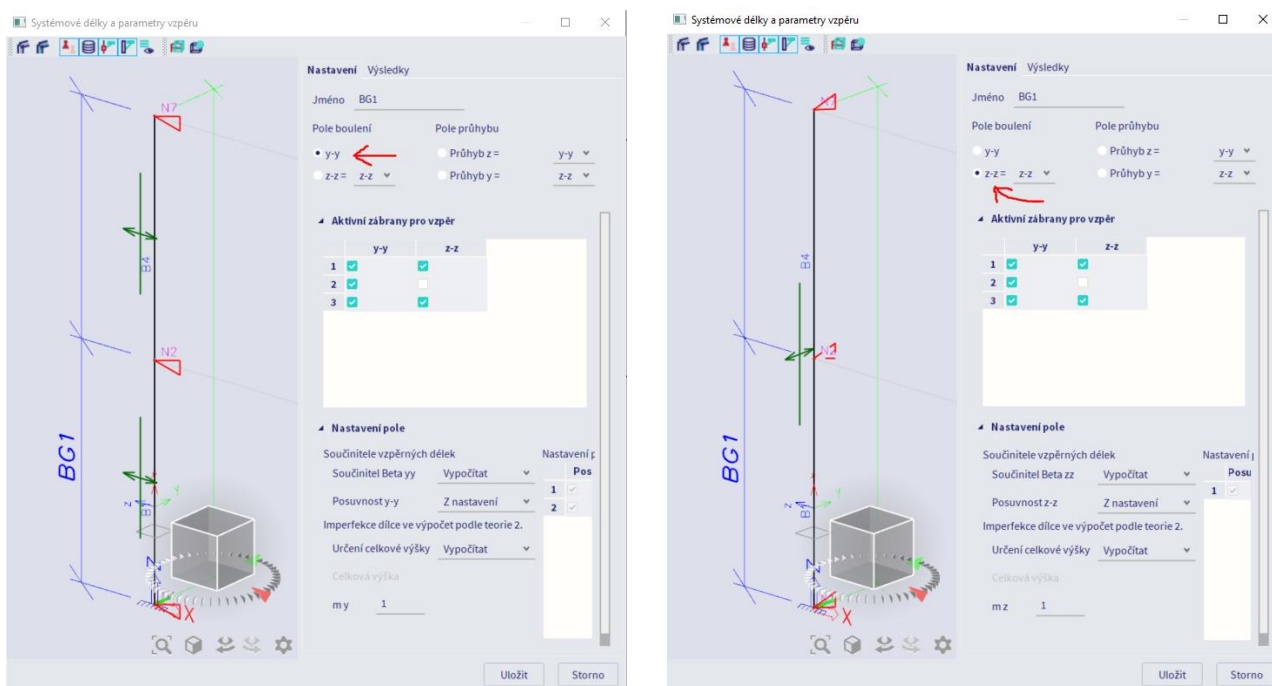
Všechny sloupy označíme a v pravé nabídce vybereme nastavení systémových délek a parametrů vzpěru (pravá nabídka → DÍLEČ → VZPĚŘ → Systémové délky a parametry vzpěru → symbol tří čárek).



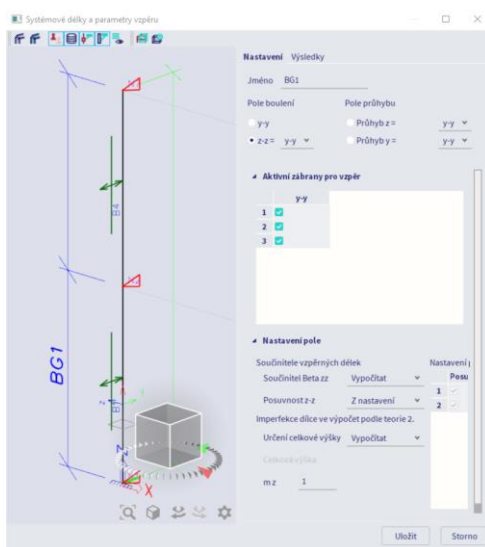
Poznámka k výběru prvků:

Vzpěrné systémy se nastavují vždy pro celý sloup přes celou výšku konstrukce. A to i tehdy, když jsou sloupy modelovány jako jednotlivé prvky po patrech. Pokud např. v našem případě označíme jen levý spodní sloup a budeme pro něj definovat vzpěrný systém BC1, bude tento systém automaticky nastaven i pro levý horní sloup (při definování systému tam vidíme oba sloupy). Pokud chceme nastavit u všech sloupů (u nás u levého, středního i u pravého) stejný vzpěrný systém, označíme je na začátku všechny nebo to nastavíme nejprve u jednoho (např. u levého) a u těch zbývajících to poté zadáme v okně vlastností.

Otevře se okno *Systémové délky a parametry vzpěru*. V záložce *Aktivní zábrany pro vzpěř* vidíme, že sloupy jsou proti vybočení podepřeny z hlediska vybočení kolmo k ose y na třech místech a kolmo k ose z na dvou místech.



Zde lze též definovat vztahy vzpěrných systémů (*Pole boulení*) – zda se má vzpěrný systém pro měkkou osu (z) uvažovat závislý na vzpěrném systému pro tuhou osu (y), tedy $zz = yy$, nebo zda jsou nezávislé, tedy $zz = zz$. To můžeme ukázat tak, že když zvolíme $zz = yy$, zobrazí se nám následující náhled:



V našem případě však ponecháme $zz = zz$ a přesuneme se k záložce *Nastavení pole*. Zde vidíme nastavení součinitelů vzpěrných délek (pokud ne, musíme si roztáhnout okno do boku).

$Beta_{yy}$ a $Beta_{zz}$ jsou vzpěrnostní součinitele. Zde lze vybrat:

- zda se má vzpěrnostní součinitel automaticky *Vypočítat* (v závislosti na tuhostech prvků – možnost *Vypočítat* se samozřejmě týká pouze osy y , protože ohledně toho, jak konstrukce vypadá kolmo na osu z , nemá program u 2D rámu žádné informace),
- zda chce uživatel *Součinitel* zadat ručně,

- zda chce uživatel zadat přímo hodnotu vzpěrné *Délky*,
- případně lze zvolit možnost *Podpora*, u které se zadá přímo typ styčnicku (podepření) – *Vetknutí, Kloub, Volný*.

Poznámka ke značení účinné (vzpěrné) délky:

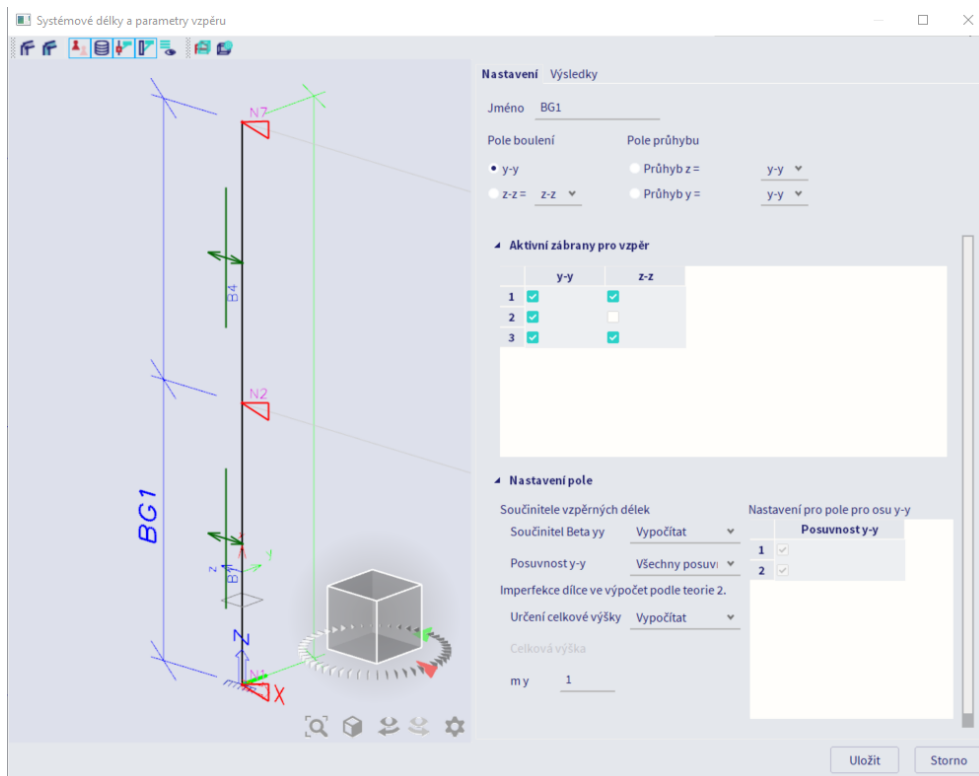
- $l_0 = \beta l$ obvyklé označení,
- $l = \beta L$ takto to značí SCIA.

Posuvný yy a *Posuvný zz* definuje, zda je (resp. není) konstrukce v daném směru ztužena proti vodorovným účinkům. Pokud necháme volbu *Nastavení*, bude se uvažovat obecné *Nastavení betonu* (defaultně je nastaveno, že konstrukce není ztužena, tedy volba posuvnosti *Ano*). Další možnosti jsou *Ano* (konstrukce není ztužena) nebo *Ne* (konstrukce je ztužena). Pokud zde nastavíme *Ano* nebo *Ne*, má to vyšší prioritu než obecné *Nastavení betonu*.

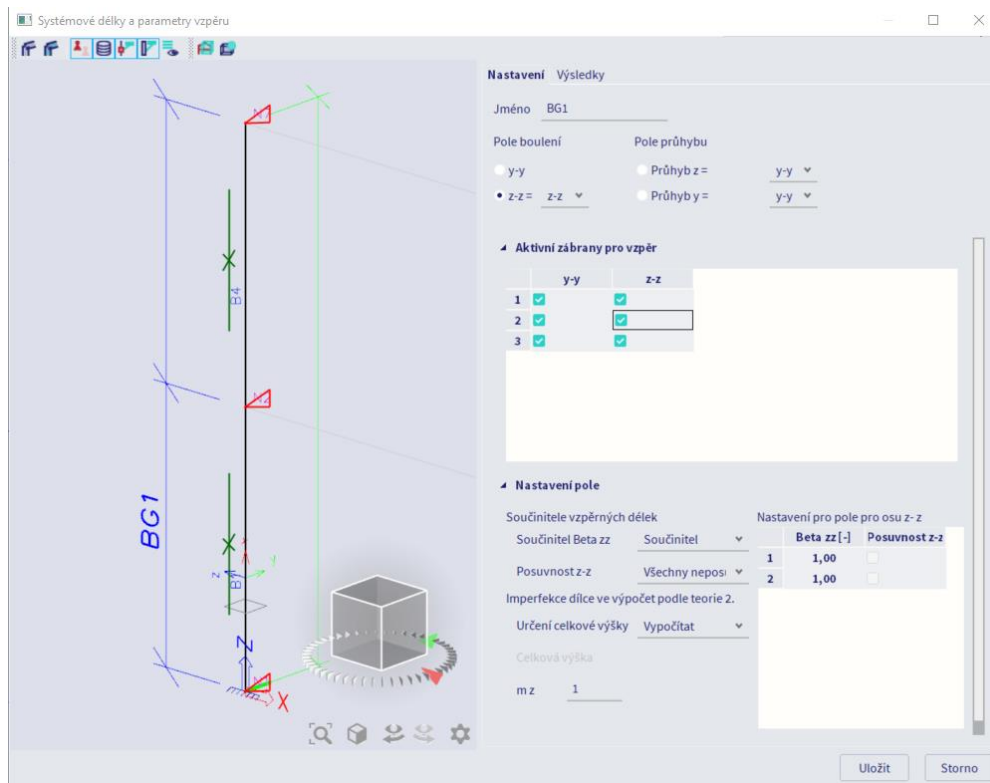
V našem případě budeme uvažovat následující parametry (viz zadání):

- *Aktivní zábrany pro vzpěr yy* → $3x$
- *Aktivní zábrany pro vzpěr zz* → $3x$
- $zz = zz$ (nezávislý vzpěrnostní systém pro měkkou osu),
- *Beta yy* → *Vypočítat*,
- *Beta zz* → *Součinitel*,
- *Posuvný yy* → *Ano*,
- *Posuvný zz* → *Ne*.

Výsledné nastavení pro pole boulení y-y (v rovině rámu):



Výsledné nastavení pro pole boulení z-z (kolmo na rovinu rámu):



Poznámka k zadávání dat pro vzpěr:

V ukázce výše jsme zadávali data pomocí výběru možností z nabídky (přes ikony). Stejně tak ale můžeme klikat přímo do axonometrie v levé části tabulky a odebírat / přidávat podpory apod. V axonometrii navíc ihned vidíme vzpěrnou délku naznačenou pomocí šipek apod.

Po úpravách vzpěrných délek musíme znovu provést výpočet!

Do této chvíle jsme se zabývali vzpěrem pouze u sloupů, posoudit na vzpěr bychom však měli všechny prvky, které mohou být v nějakém ZS tlačené (jinými slovy – při určitém působení zatížení mohou vybočit). Přejdeme tedy k určení parametrů vzpěru u příčlí. Postupujeme obdobně jako v případě sloupů.

Proti vybočení v rovině rámu (kolmo na lokální osu y) podepřeme příčle v místech rámových styčniců, proti vybočení kolmo na rovinu rámu (kolmo na lokální osu z) podepřeme příčle v místech rámových styčniců i na konci konzoly (předpokládáme zakončení desky okrajovým žebrem).

Dále podrobně nastavíme parametry vzpěrného systému BG2 (tento systém bude shodný pro obě příčle). Všechny podpory zadáme jako neposuvné. V rovině rámu je vybočení příčlí bráněno sloupy, kolmo na rovinu rámu tuhou stropní tabulí a ztužujícími prvky (ztužujícím jádrem).



Výsledné nastavení pro pole boulení y-y (v rovině rámu):

Systémové délky a parametry vzpěru

Nastavení Výsledky

Jméno BG2

Pole boulení Pole průhybu

• y-y Průhyb z = y-y

• z-z = z-z Průhyb y = z-z

4 Aktivní zábrany pro vzpěr

	y-y	z-z
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

4 Nastavení pole

Součinitele vzpěrných délek

Součinitel Beta yy Vypočítat

Posuvnost y-y Všechny neposi

Imperfekce dílce ve výpočet podle teorie 2.

Určení celkové výšky Vypočítat

Celková výška

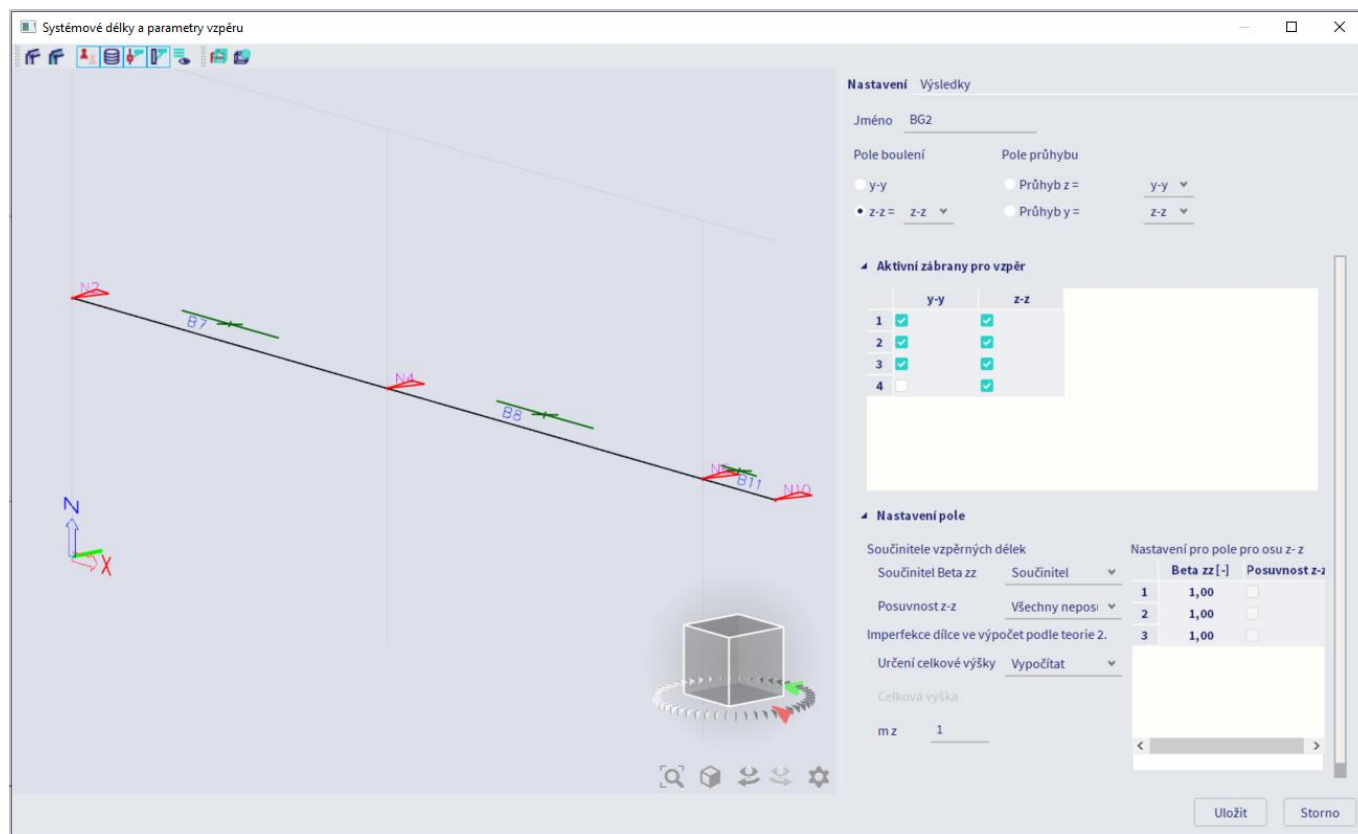
m y 1

Nastavení pro pole pro osu y-y

Posuvnost y-y	
1	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>

Uložit Storno

Výsledné nastavení pro pole boulení z-z (kolmo na rovinu rámu):



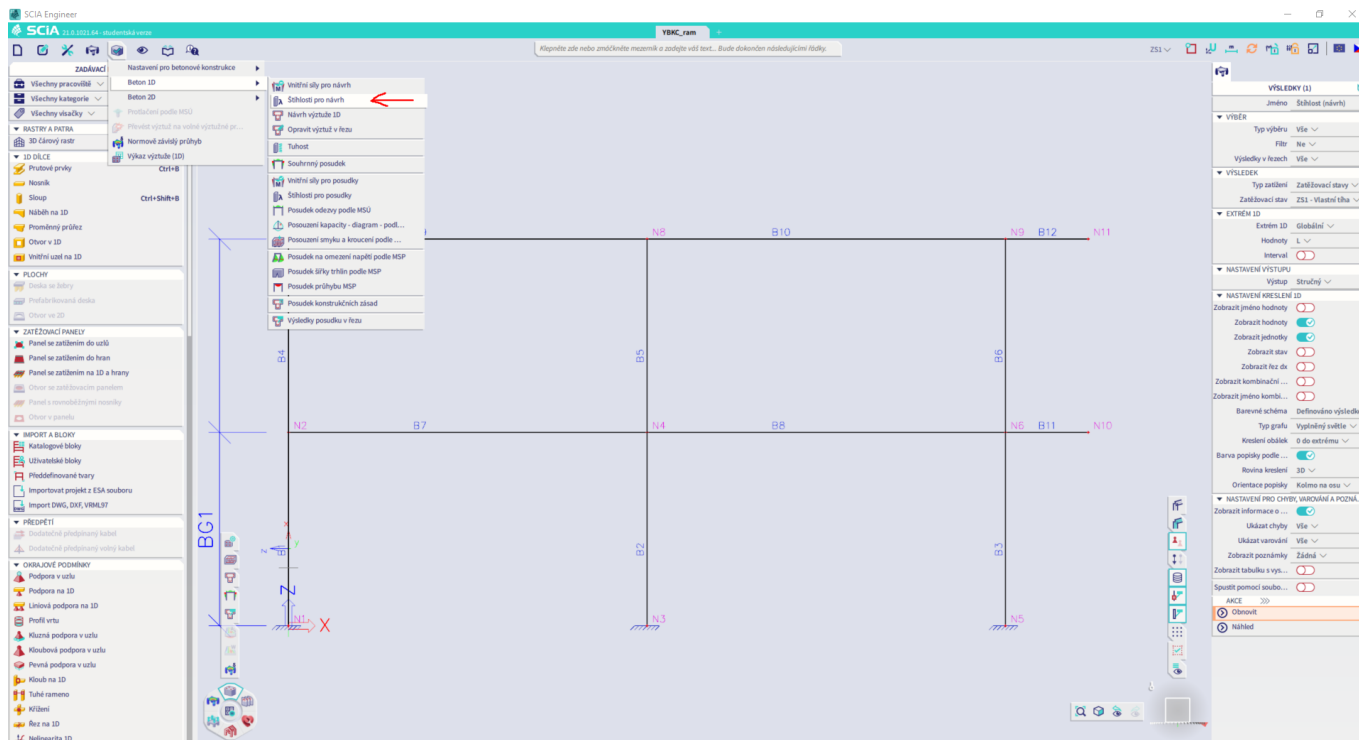
Poté vybereme druhou přičel a v pravém panelu jí přiřadíme zvolené nastavení – v našem případě BG2 (*pravá nabídka* → *Systémové délky a parametry vzpěru* → *kliknout na Výchozí* → *změnit na BG2*).

Po úpravách vzpěrných délek musíme znovu provést výpočet!



7.2 Beton – Štíhlost

Pro vykreslování štíhlostí si musíme nejdřív otevřít příslušný panel štíhlosti (*horní lišta* → *NÁVRH* → *Beton 1D* → *Štíhlosti pro návrh*).



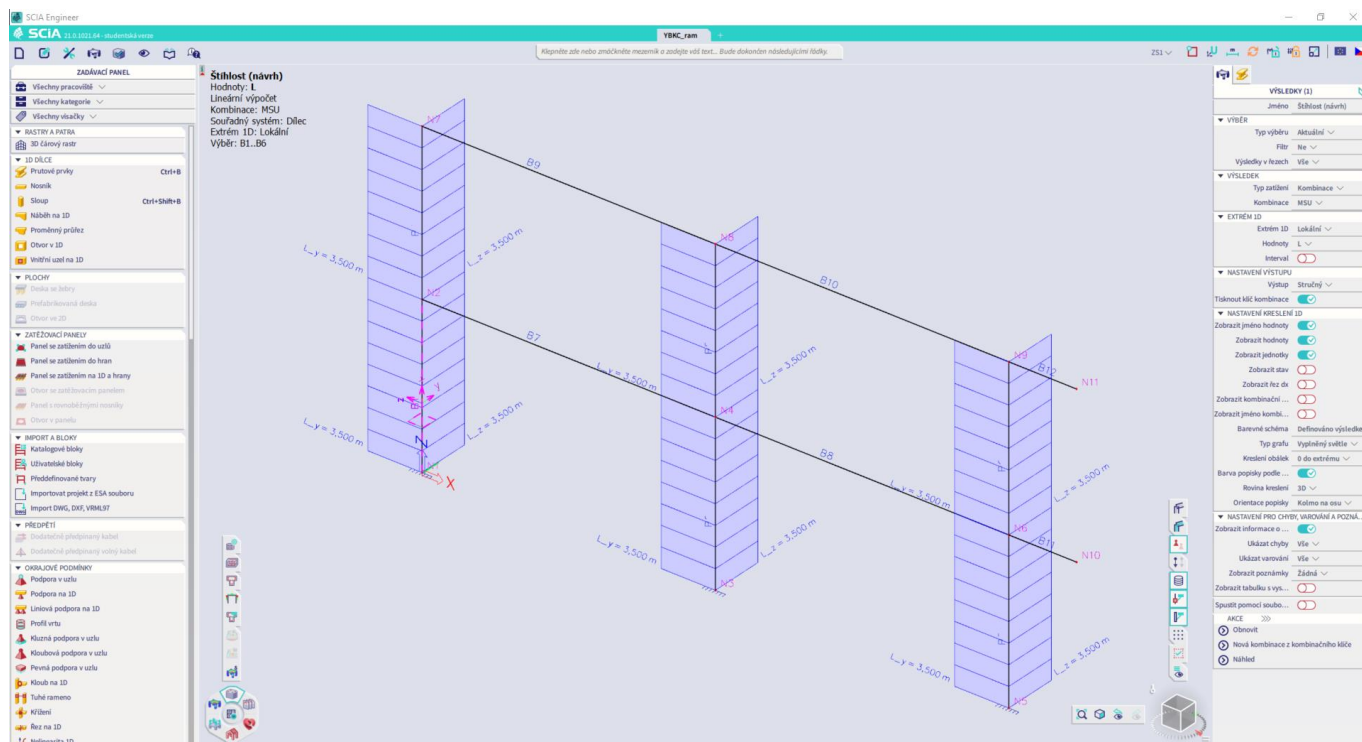
Označíme sloupy a v pravém panelu *VÝSLEDKY* zadáme, co chceme vykreslit. Typ výběru nastavíme na *Aktuální*, aby se zobrazovaly výsledky jen pro vybrané prvky. Extrém 1D nastavíme na *Řez*, abychom viděli, jak se nám parametry po výšce prvku mění (případně můžeme vybrat *Lokální* pro lepší přehlednost). Zaškrtneme *Zobrazit jméno hodnoty*, abychom viděli, co se kam vykresluje. Můžeme postupně vykreslit hodnoty L , β , I , λ (SCIA v této verzi neumí zobrazit symbol λ , uvádí „?“) a λ_{lim} . Hodnoty budeme vykreslovat pro kombinaci zatížení MSU.

Je zřejmé, že některé sloupy v řešené konstrukci jsou štíhlé, což bude zohledněno při návrhu výztuže.

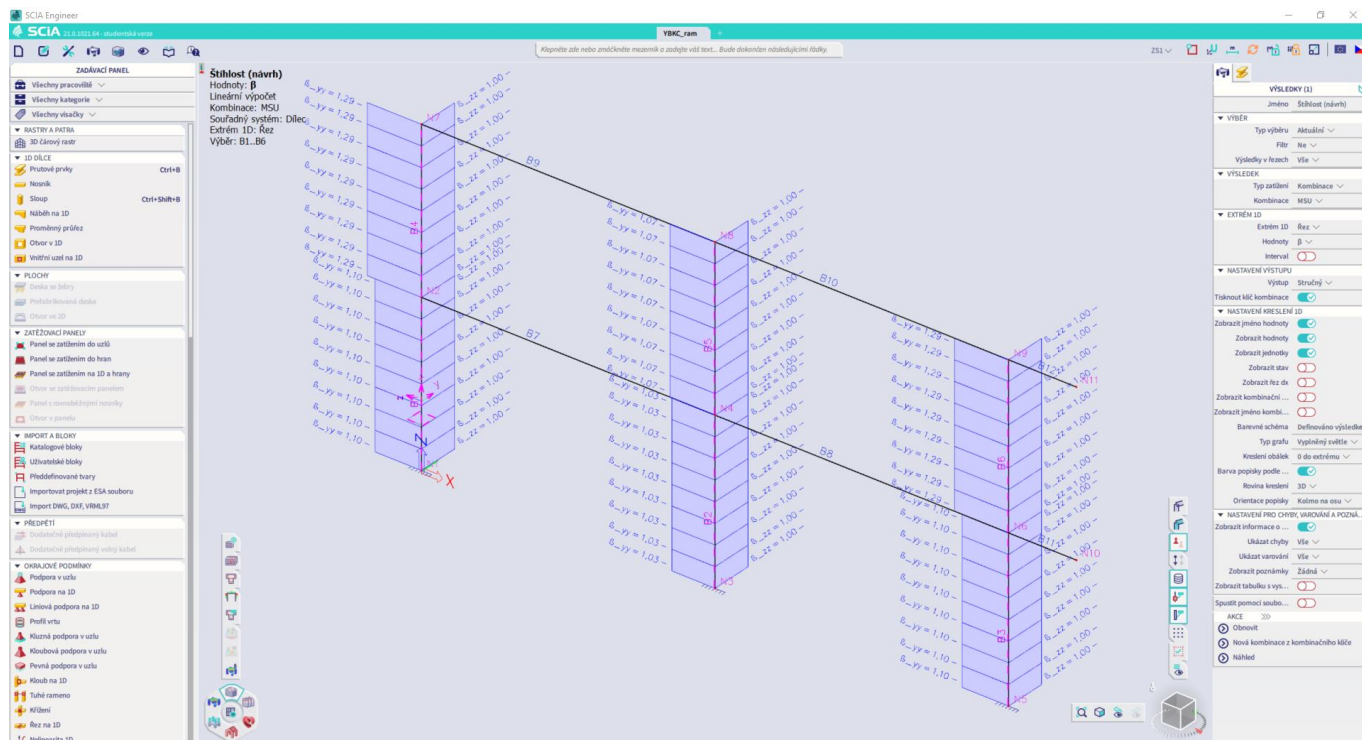
Při výuce si ukážeme, jak se změny v nastavení vzpěrných délek projeví ve štíhlostech – zkusíme měnit posuvnost/neposuvnost, podepření uprostřed délky sloupu apod.



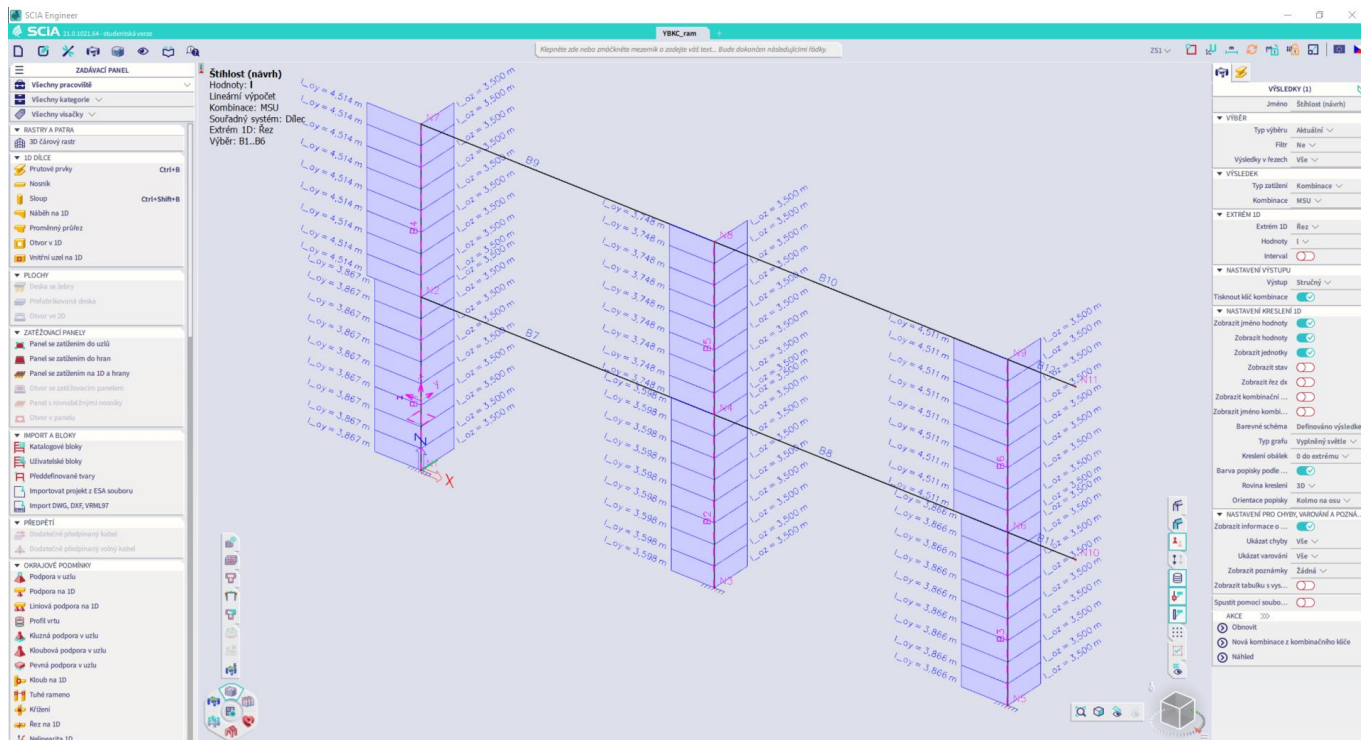
Vykreslení délky prvku L :



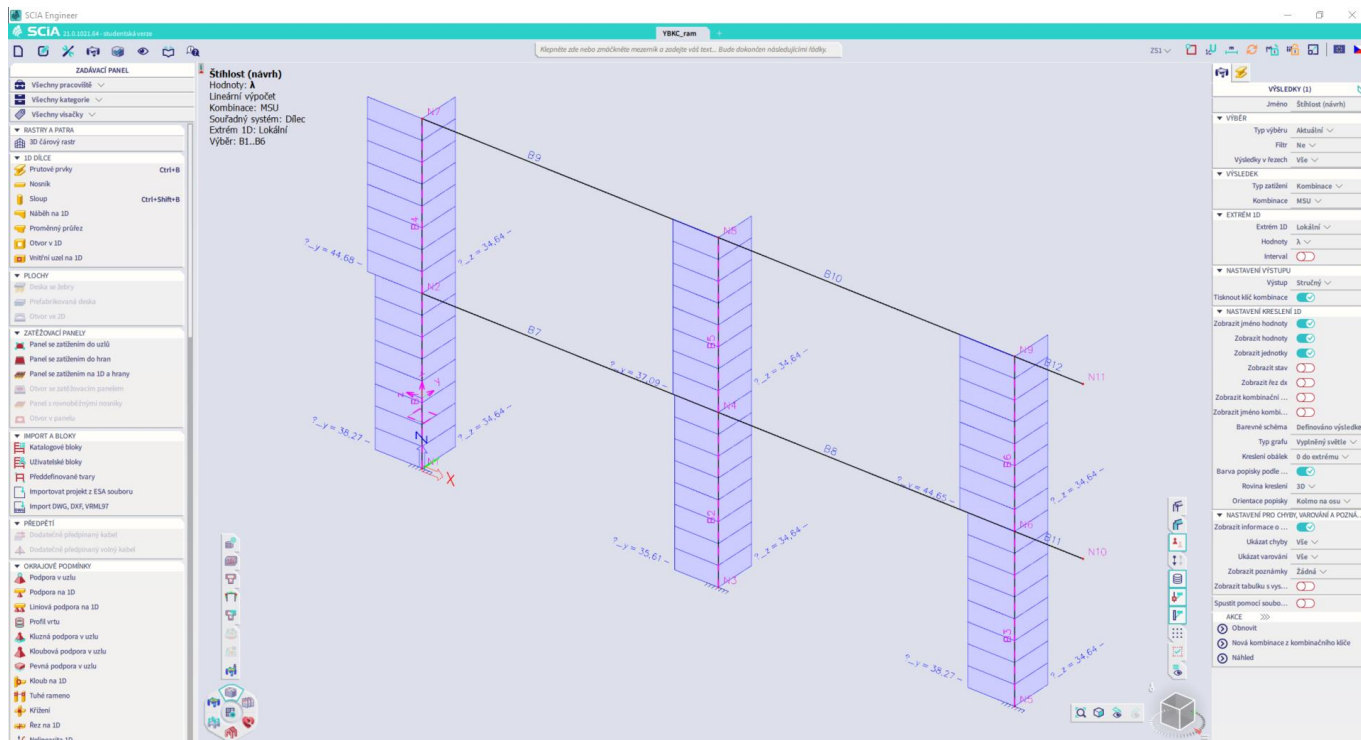
Vykreslení součinitele vzpěru β :



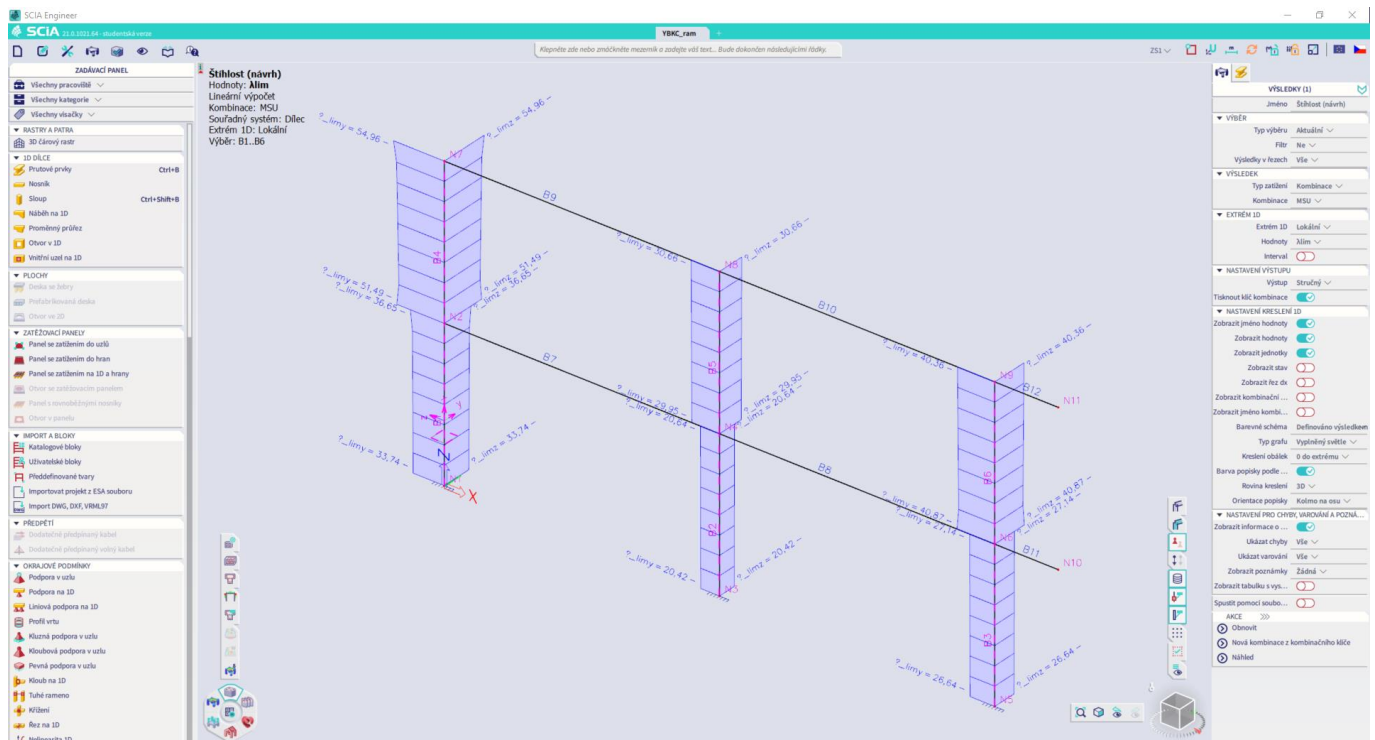
Vykreslení vzpěrné délky l :



Vykreslení štíhlosti λ :



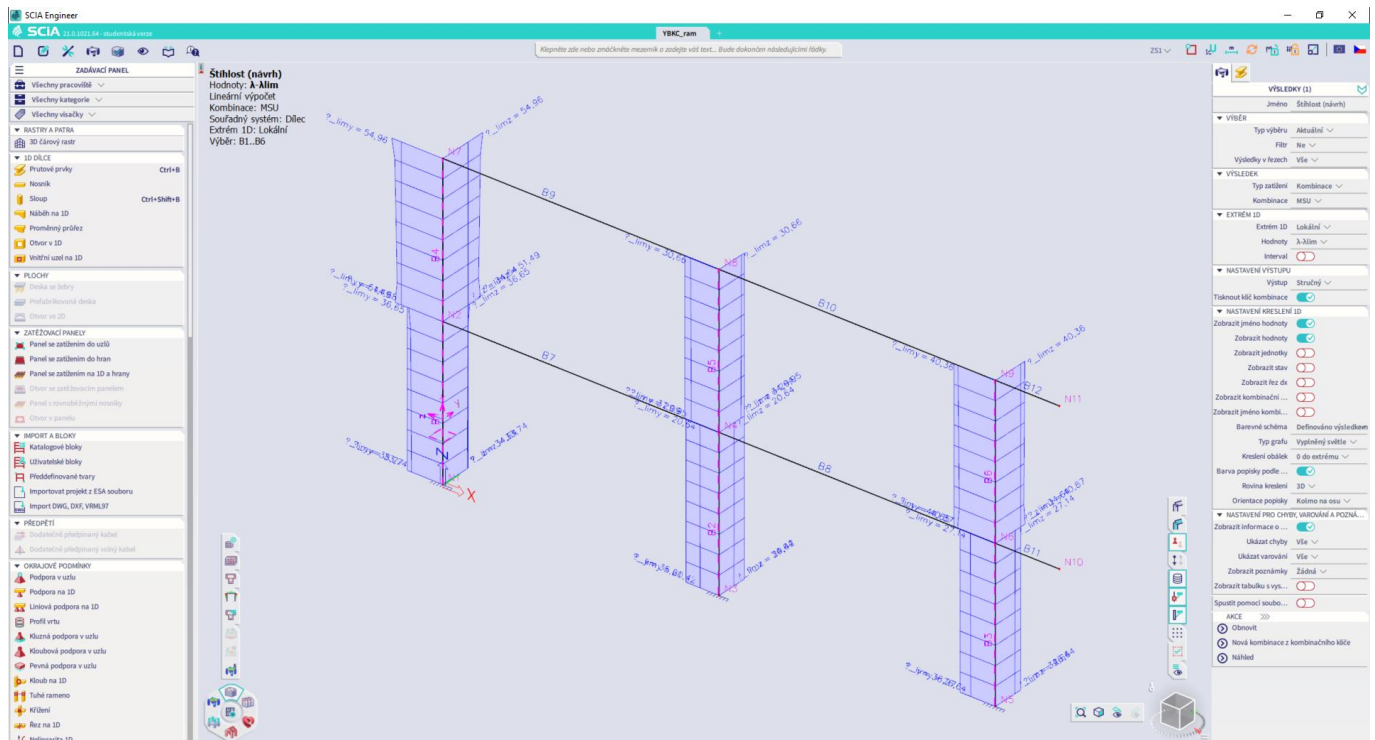
Vykreslení limitní štíhlosti λ_{lim} :



Vhodným ukazatelem, zda je průřez štíhlý či nikoliv nám nejlépe pomůže vykreslení obou štíhlostí zároveň. Vykreslení λ i λ_{lim} je bohužel stejnou barvou, v některých případech je proto výhodnější vykreslit si hodnoty zvlášť a porovnat si je např. jako dva obrázky vedle sebe.

Vykreslení štíhlosti i limitní štíhlosti λ - λ_{lim} :





Dále si ukážeme možnosti nastavení *Výstupu* (pravý panel → *Výstup* → *Náhled*). Výstup můžeme zvolit jako *Stručný*, *Standardní* či *Detailní*. Výstupy budeme generovat pro *Extrém 1D: Dílec* (kvůli přehlednosti).



a) Výstup – Stručný:

Štíhlost (návrh)

Lineární výpočet

Kombinace: MSU

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B1..B6

Jméno	dx [m]	Stav	L_y	β_{zz}	I_{oy}	i_{cy}	λ_y	λ_{limy}
			[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[-]
			L_z	β_{yy}	I_{oz}	i_{cz}	λ_z	λ_{limz}
			[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[-]
B1	0,000	MSU/1	3,500	1,00	3,867	1,0104e-01	38,27	27,13
			3,500	1,10	3,500	1,0104e-01	34,64	27,13
B1	3,500	MSU/2	3,500	1,00	3,867	1,0104e-01	38,27	36,65
			3,500	1,10	3,500	1,0104e-01	34,64	36,65
B2	0,000	MSU/3	3,500	1,00	3,598	1,0104e-01	35,61	17,90
			3,500	1,03	3,500	1,0104e-01	34,64	17,90
B2	3,500	MSU/4	3,500	1,00	3,598	1,0104e-01	35,61	20,64
			3,500	1,03	3,500	1,0104e-01	34,64	20,64
B3	0,000	MSU/2	3,500	1,00	3,866	1,0104e-01	38,27	22,11
			3,500	1,10	3,500	1,0104e-01	34,64	22,11
B3	3,500	MSU/1	3,500	1,00	3,866	1,0104e-01	38,27	27,14
			3,500	1,10	3,500	1,0104e-01	34,64	27,14
B4	0,438	MSU/5	3,500	1,00	4,514	1,0104e-01	44,68	41,90
			3,500	1,29	3,500	1,0104e-01	34,64	41,90
B4	3,500	MSU/6	3,500	1,00	4,514	1,0104e-01	44,68	54,96
			3,500	1,29	3,500	1,0104e-01	34,64	54,96
B5	0,000	MSU/7	3,500	1,00	3,748	1,0104e-01	37,09	26,94
			3,500	1,07	3,500	1,0104e-01	34,64	26,94
B5	3,500	MSU/8	3,500	1,00	3,748	1,0104e-01	37,09	30,66
			3,500	1,07	3,500	1,0104e-01	34,64	30,66
B6	0,438	MSU/9	3,500	1,00	4,511	1,0104e-01	44,65	33,94
			3,500	1,29	3,500	1,0104e-01	34,64	33,94
B6	0,000	MSU/10	3,500	1,00	4,511	1,0104e-01	44,65	40,87
			3,500	1,29	3,500	1,0104e-01	34,64	40,87



b) Výstup – Standard:

Štíhlost (návrh)

Lineární výpočet
 Kombinace: MSII
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém ID: Dílec
 Výběr: B1..B6

Sloup B1	Obdélník (350; 350)
ČSN EN 1992-1-1/NA:2011-07	Řez 9 [dx = 3.5 m]

Štíhlost

Osa	Podpřepený	$L_{z/y}$ [m]	$\beta_{zz/yy}$ [-]	$l_{z/y}$ [m]	$\lambda_{z/y}$ [-]	$\lambda_{limz/y}$ [-]	$\lambda_{z/y} > \lambda_{limz/y}$
y-y \perp	Ne	3.5	1.1	3.87	38.3	36.7	2.řád
z-z \perp	Ano	3.5	1	3.5	34.6	36.7	1.řád

Sloup B2	Obdélník (350; 350)
ČSN EN 1992-1-1/NA:2011-07	Řez 9 [dx = 3.5 m]

Štíhlost

Osa	Podpřepený	$L_{z/y}$ [m]	$\beta_{zz/yy}$ [-]	$l_{z/y}$ [m]	$\lambda_{z/y}$ [-]	$\lambda_{limz/y}$ [-]	$\lambda_{z/y} > \lambda_{limz/y}$
y-y \perp	Ne	3.5	1.03	3.6	35.6	20.6	2.řád
z-z \perp	Ano	3.5	1	3.5	34.6	20.6	2.řád

Sloup B3	Obdélník (350; 350)
ČSN EN 1992-1-1/NA:2011-07	Řez 9 [dx = 3.5 m]

Štíhlost

Osa	Podpřepený	$L_{z/y}$ [m]	$\beta_{zz/yy}$ [-]	$l_{z/y}$ [m]	$\lambda_{z/y}$ [-]	$\lambda_{limz/y}$ [-]	$\lambda_{z/y} > \lambda_{limz/y}$
y-y \perp	Ne	3.5	1.1	3.87	38.3	27.1	2.řád
z-z \perp	Ano	3.5	1	3.5	34.6	27.1	2.řád

Sloup B4	Obdélník (350; 350)
ČSN EN 1992-1-1/NA:2011-07	Řez 9 [dx = 3.5 m]

Štíhlost

Osa	Podpřepený	$L_{z/y}$ [m]	$\beta_{zz/yy}$ [-]	$l_{z/y}$ [m]	$\lambda_{z/y}$ [-]	$\lambda_{limz/y}$ [-]	$\lambda_{z/y} > \lambda_{limz/y}$
y-y \perp	Ne	3.5	1.29	4.51	44.7	55	1.řád
z-z \perp	Ano	3.5	1	3.5	34.6	55	1.řád

Sloup B5	Obdélník (350; 350)
ČSN EN 1992-1-1/NA:2011-07	Řez 9 [dx = 3.5 m]

Štíhlost

Osa	Podpřepený	$L_{z/y}$ [m]	$\beta_{zz/yy}$ [-]	$l_{z/y}$ [m]	$\lambda_{z/y}$ [-]	$\lambda_{limz/y}$ [-]	$\lambda_{z/y} > \lambda_{limz/y}$
y-y \perp	Ne	3.5	1.07	3.75	37.1	30.7	2.řád
z-z \perp	Ano	3.5	1	3.5	34.6	30.7	2.řád



c) Výstup – Detailní:

Štíhlost (návrh)

Lineární výpočet
 Kombinace: MSII
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: B1..B6

Sloup B1	Obdélník (350;350)
ČSN EN 1992-1-1/NA: 2011-07	Řez 9 [dx = 3.5 m]

Štíhlost

Koncové momenty prvního řádu:

$$M_{01y} = 18.1 \text{ kNm} \quad M_{02y} = -41.8 \text{ kNm} \quad M_{01z} = 0 \text{ kNm} \quad M_{02z} = 0 \text{ kNm}$$

Poměr mechanické výtuzže:

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{sd}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{1.21 \cdot 10^{-3} \cdot 435 \cdot 10^6}{0.123 \cdot 20 \cdot 10^6} = 0.214 \quad (5.8.3.1(1))$$

Relativní osová síla:

$$n = \frac{-N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{-233396}{0.123 \cdot 20 \cdot 10^6} = 0.0953 \quad (5.8.3.1(1))$$

Efektivní poměr dotvarování:

$$\varphi_{ef} = 2.39$$

Poznámka: Efektivní součinitel dotvarování je zohledněn ve výpočtu jako součinitel dotvarování.

Efektivní délka:

$$(5.8.3.2(2))$$

$$l_{0y} = \beta_{yy} \cdot l_y = 1.1 \cdot 3.5 = 3.87 \text{ m}$$

$$l_{0z} = \beta_{zz} \cdot l_z = 1 \cdot 3.5 = 3.5 \text{ m}$$

Poloměr setrvačnosti betonového průřezu:

$$i_{0y} = \sqrt{\frac{l_{0y}}{A_c}} = \sqrt{\frac{1.25 \cdot 10^{-3}}{0.123}} = 101 \text{ mm}$$

$$i_{0z} = \sqrt{\frac{l_{0z}}{A_c}} = \sqrt{\frac{1.25 \cdot 10^{-3}}{0.123}} = 101 \text{ mm}$$

Štíhlost:

$$\lambda_y = \frac{l_{0y}}{i_{0y}} = \frac{3.87}{0.101} = 38.3 \quad (5.14)$$

$$\lambda_z = \frac{l_{0z}}{i_{0z}} = \frac{3.5}{0.101} = 34.6 \quad (5.14)$$

Mezní štíhlost

Parametry pro výpočet limitní štíhlosti:

$$(5.8.3.1(1))$$

$$A = \frac{1}{1 + 0.2 \cdot \varphi_{ef}} = \frac{1}{1 + 0.2 \cdot 2.39} = 0.576$$

$$B = \max(\sqrt{1 + 2 \cdot \omega}, 1.1) = \max(\sqrt{1 + 2 \cdot 0.214}, 1.1) = 1.2$$

$$r_{my} = 1$$

Poznámka: Hodnota $r_{my} = 1,0$, protože dílec není kolem osy z zavětřován nebo protože hodnota M_{02y} je nulová.

$$r_{mz} = 1$$

Poznámka: Hodnota $r_{mz} = 1,0$, protože dílec není kolem osy z zavětřován nebo protože hodnota M_{02z} je nulová.

$$C_y = 1.7 - r_{my} = 1.7 - 1 = 0.7$$

$$C_z = 1.7 - r_{mz} = 1.7 - 1 = 0.7$$

Mezní štíhlost:

$$\lambda_{limy} = \min\left(\frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C_y}{\sqrt{n}}, 75\right) = \min\left(\frac{20 \cdot 0.676 \cdot 1.2 \cdot 0.7}{\sqrt{0.0953}}, 75\right) = 36.7 \quad (ČSN 5.13a)$$

$$\lambda_{limz} = \min\left(\frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C_z}{\sqrt{n}}, 75\right) = \min\left(\frac{20 \cdot 0.676 \cdot 1.2 \cdot 0.7}{\sqrt{0.0953}}, 75\right) = 36.7 \quad (ČSN 5.13a)$$

Kritérium štíhlosti

$$\lambda_y = 38.3 > \lambda_{limy} = 36.7$$

Varování: Štíhlost λ_y je větší než λ_{limy} . Je nutno uvažovat účinky druhého řádu.

$$\lambda_z = 34.6 \leq \lambda_{limz} = 36.7$$

Poznámka: Štíhlost λ_z je menší než λ_{limz} , a proto bude moment podle teorie druhého řádu ignorován.

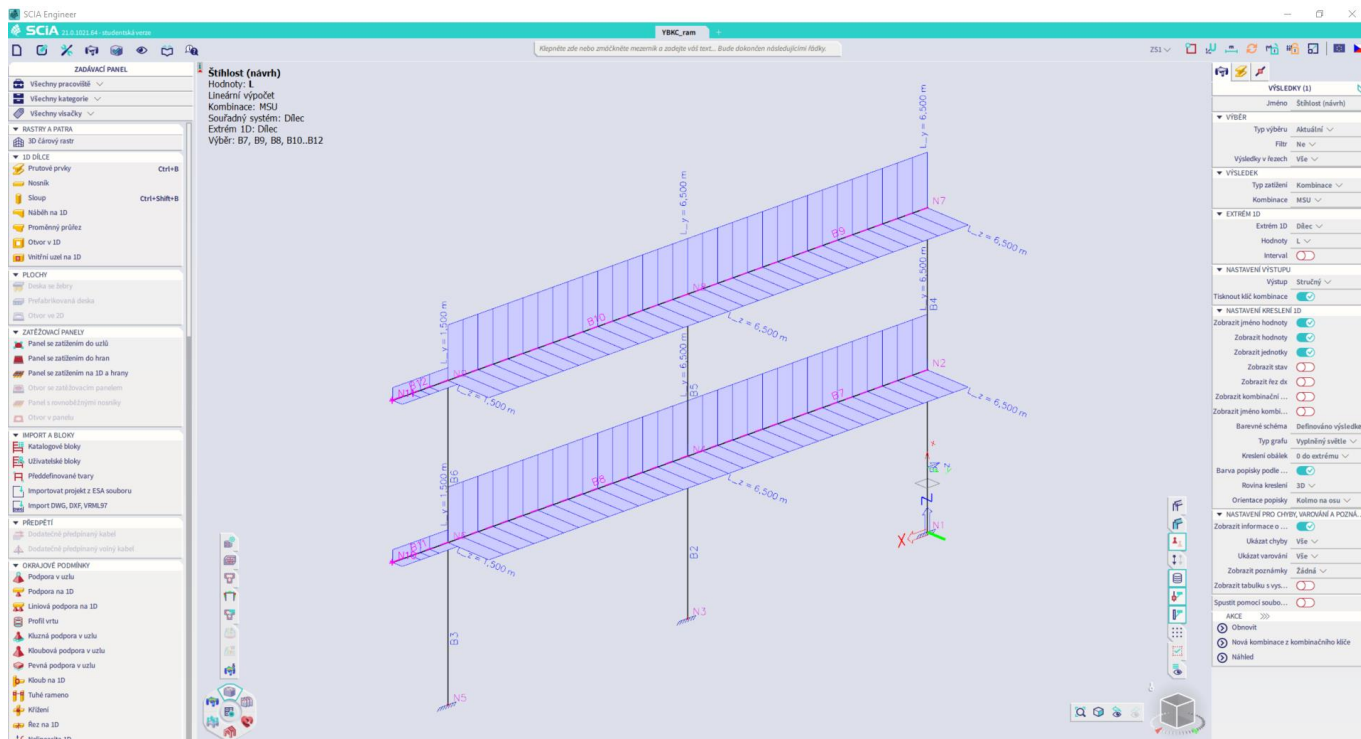
Shrnutí

Osa	Podpěrný	$L_{2/y}$ [m]	$\beta_{zz/y}$ [-]	$l_{02/y}$ [m]	$\lambda_{2/y}$ [-]	$\lambda_{lim2/y}$ [-]	$\lambda_{2/y} > \lambda_{lim2/y}$
y-y \perp	Ne	3.5	1.1	3.87	38.3	36.7	2. řád
z-z \perp	Ano	3.5	1	3.5	34.6	36.7	1. řád

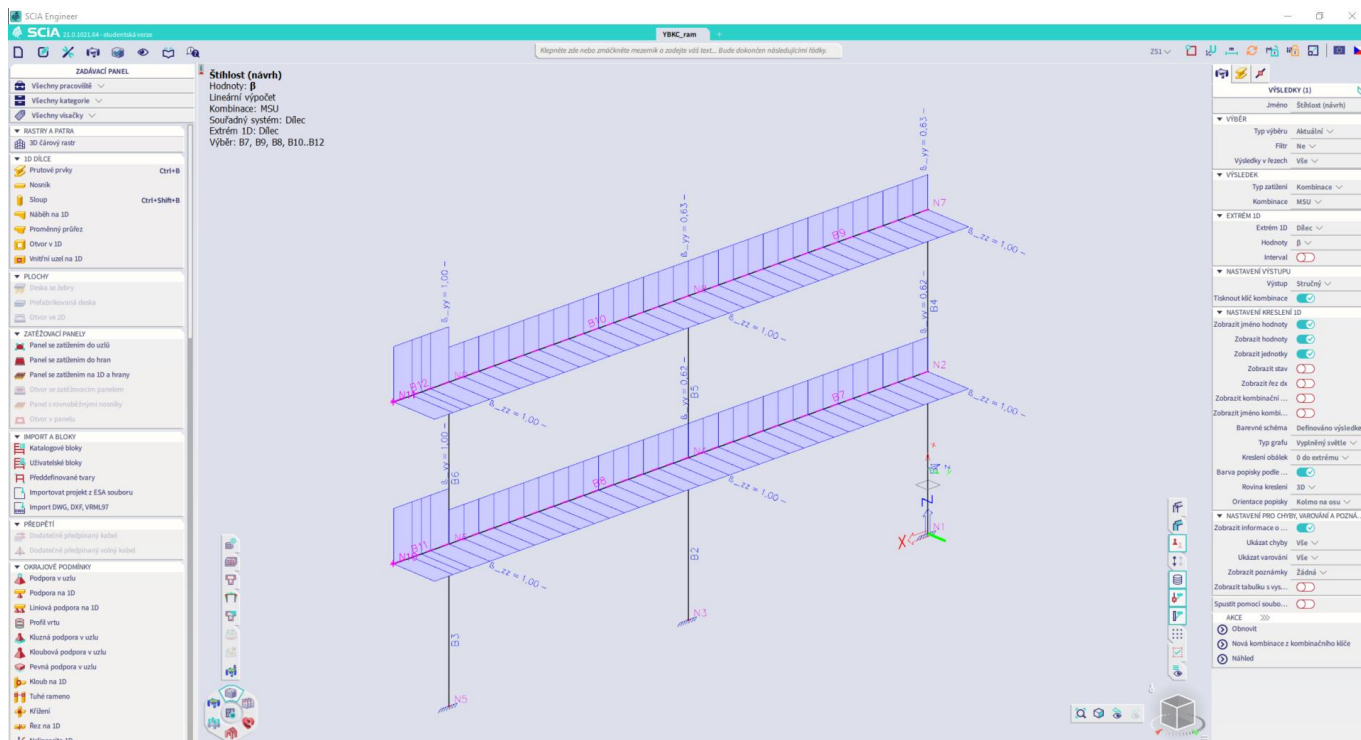


Dále si vykreslíme průběhy L , β , I , λ , λ_{lim} a $\lambda - \lambda_{lim}$ i na příčlích a opět posoudíme, zda jsou prvky štíhlé či nikoliv. Pro přehlednost je konstrukce otočena (viz souřadnicový systém na fotkách).

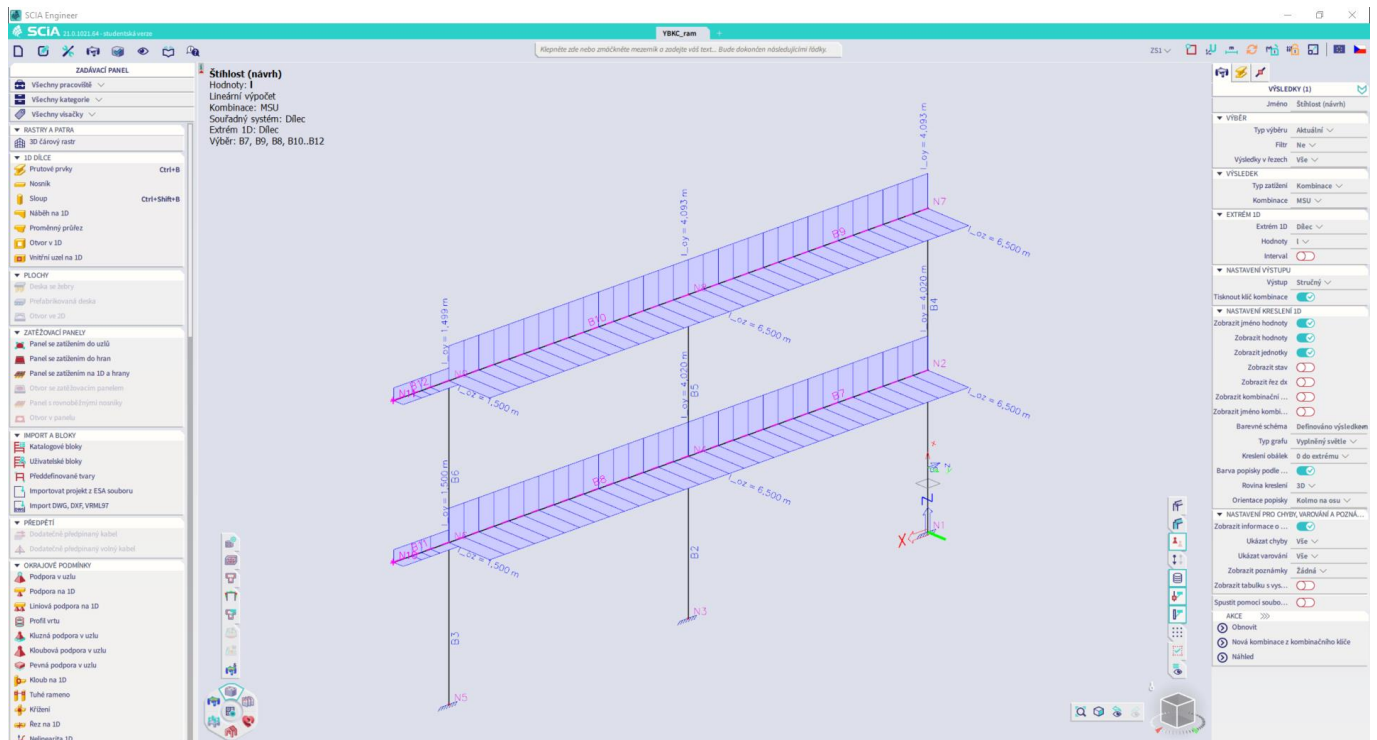
Vykreslení délky prvku L na příčlích:



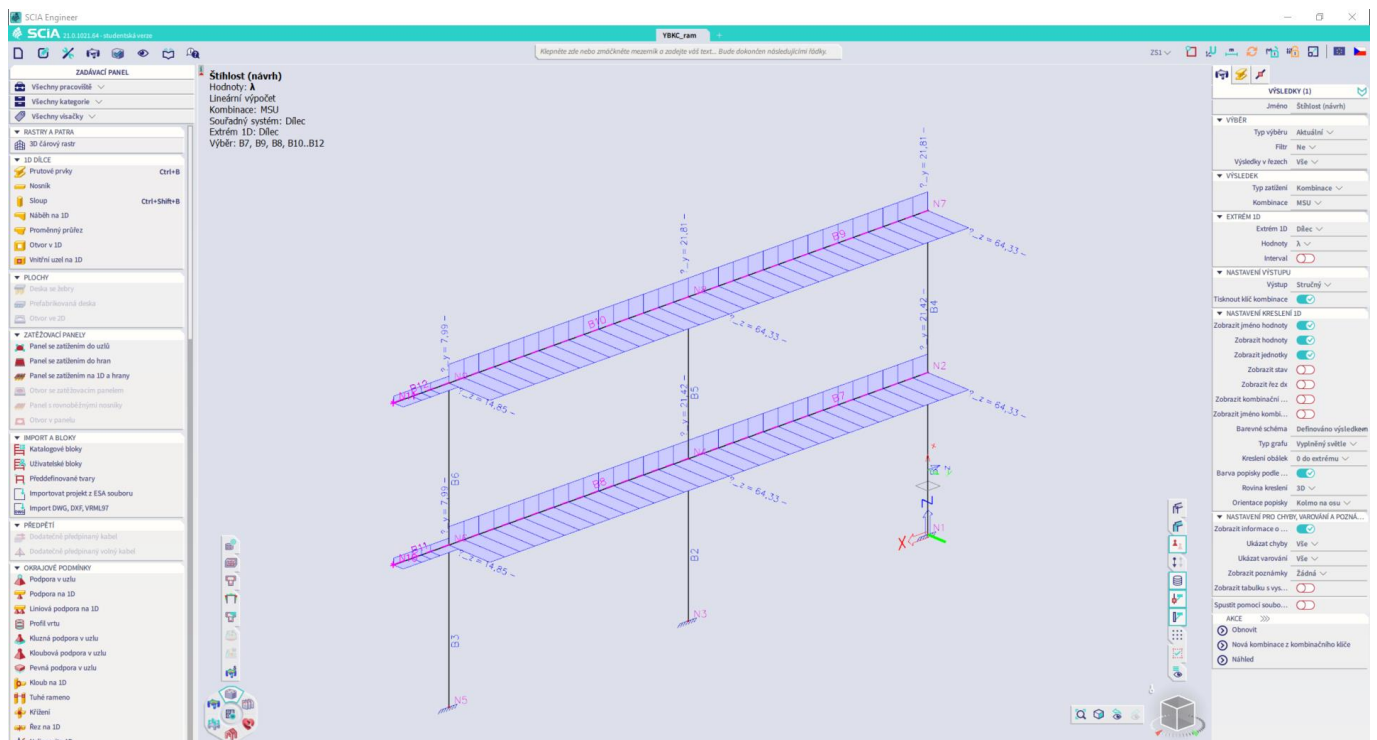
Vykreslení součinitele vzpěru β na příčlích:



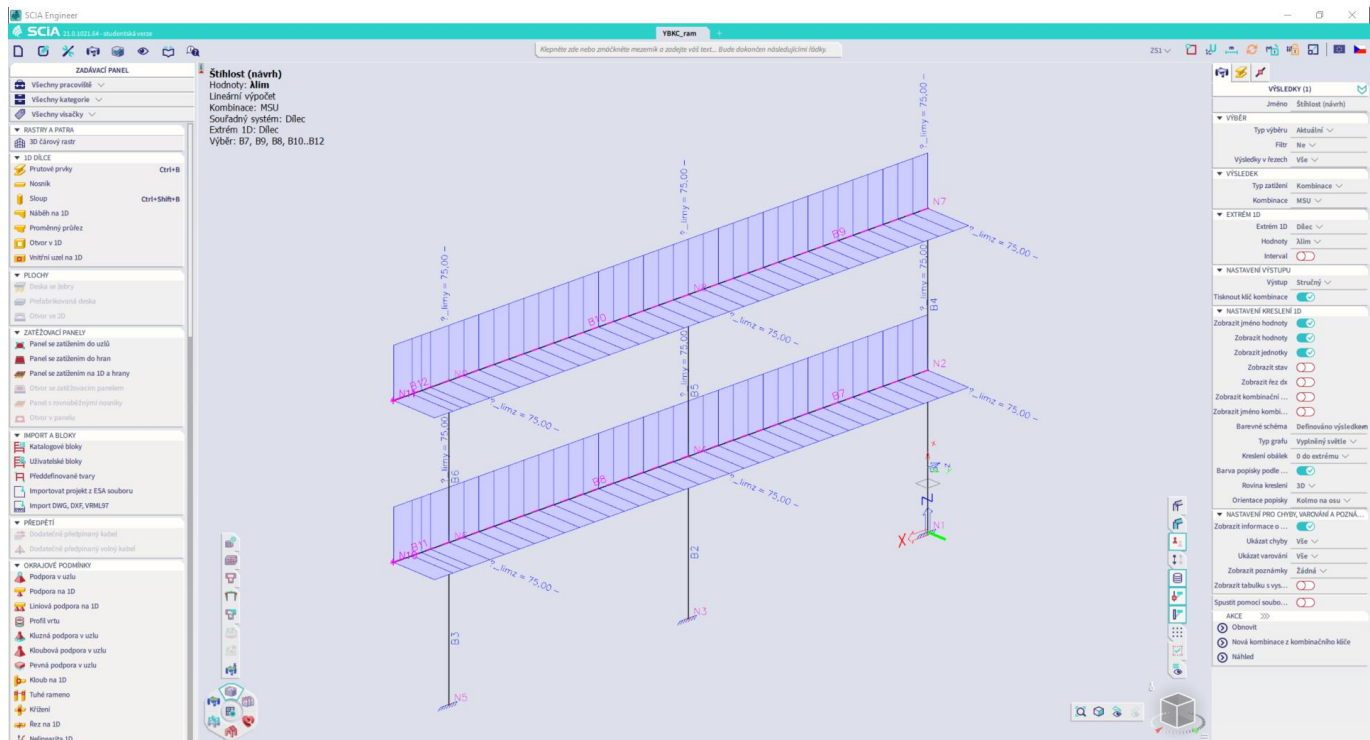
Vykreslení vzpěrné délky l na příčlích:



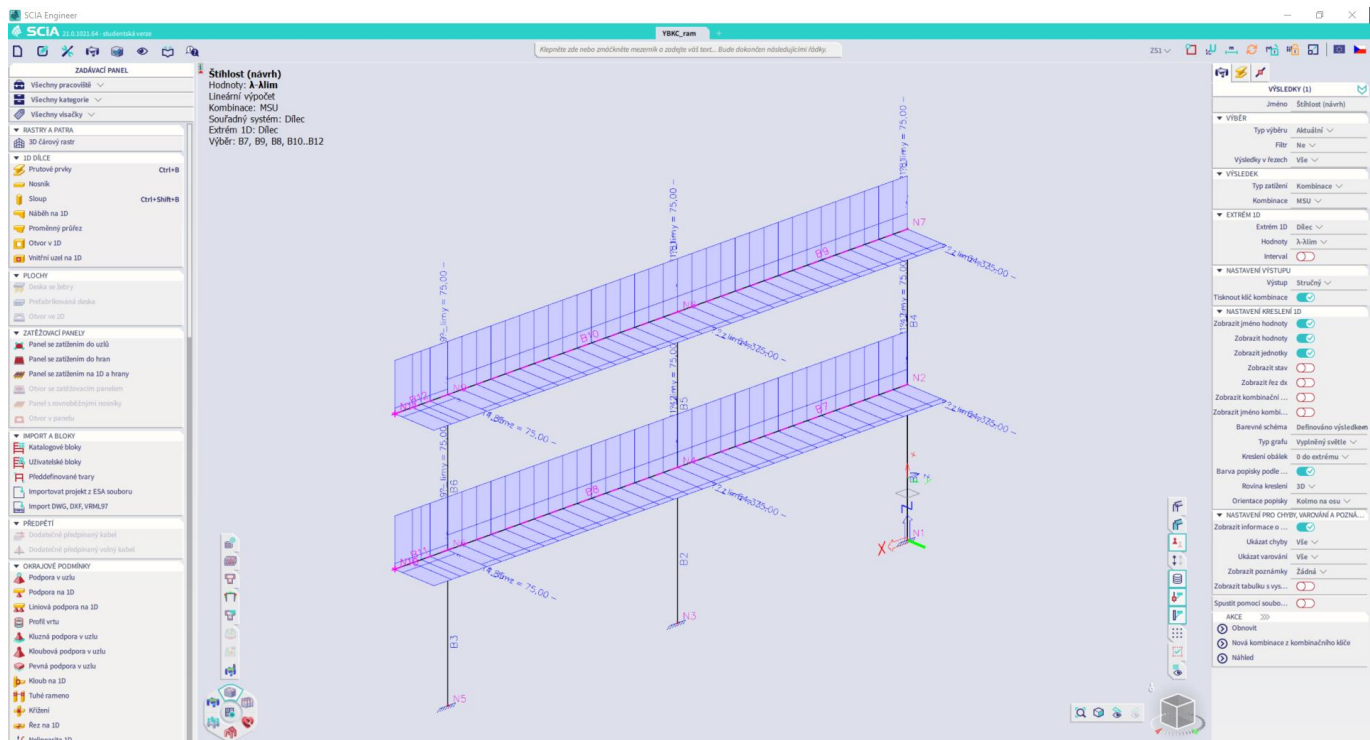
Vykreslení štíhlosti λ na příčlích:



Vykreslení limitní štíhlosti λ_{lim} na příčlích:



Vykreslení štíhlosti i limitní štíhlosti λ - λ_{lim} na příčlích:



Můžeme si též ukázat stručný výstup výpočtu pro příčle (respektive prvky ze kterých se skládají):

Štíhlost (návrh)

Lineární výpočet
 Kombinace: MSU
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: B7, B9, B8, B10..B12

Jméno	dx [m]	Stav	L_y [m]	β_{zz} [-]	I_{oy} [m]	i_{cy} [m]	λ_y [-]	λ_{limy} [-]
			L_z [m]	β_{yy} [-]	I_{oz} [m]	i_{cz} [m]	λ_z [-]	λ_{limz} [-]
B7	0,000	MSU/1	6,500	1,00	4,020	1,8764e-01	21,42	0,00
			6,500	0,62	6,500	1,0104e-01	64,33	0,00
B7	0,000	MSU/2	6,500	1,00	4,020	1,8764e-01	21,42	75,00
			6,500	0,62	6,500	1,0104e-01	64,33	75,00
B9	0,000	MSU/3	6,500	1,00	4,093	1,8764e-01	21,81	75,00
			6,500	0,63	6,500	1,0104e-01	64,33	75,00
B8	0,000	MSU/3	6,500	1,00	4,020	1,8764e-01	21,42	0,00
			6,500	0,62	6,500	1,0104e-01	64,33	0,00
B8	0,000	MSU/4	6,500	1,00	4,020	1,8764e-01	21,42	75,00
			6,500	0,62	6,500	1,0104e-01	64,33	75,00
B10	0,000	MSU/5	6,500	1,00	4,093	1,8764e-01	21,81	75,00
			6,500	0,63	6,500	1,0104e-01	64,33	75,00
B11	0,000	MSU/3	1,500	1,00	1,500	1,8764e-01	7,99	0,00
			1,500	1,00	1,500	1,0104e-01	14,85	0,00
B11	0,000	MSU/6	1,500	1,00	1,500	1,8764e-01	7,99	75,00
			1,500	1,00	1,500	1,0104e-01	14,85	75,00
B12	0,000	MSU/3	1,500	1,00	1,499	1,8764e-01	7,99	0,00
			1,500	1,00	1,500	1,0104e-01	14,85	0,00
B12	0,000	MSU/6	1,500	1,00	1,499	1,8764e-01	7,99	75,00
			1,500	1,00	1,500	1,0104e-01	14,85	75,00

Jméno	Klíč kombinace
MSU/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS4 + 1.50*ZS6
MSU/2	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS3 + 1.50*ZS5 + 1.50*ZS7 + 1.50*ZS8 + 1.50*ZS9
MSU/3	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2
MSU/4	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS4 + 1.50*ZS6 + 1.50*ZS8 + 1.50*ZS10
MSU/5	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS3 + 1.50*ZS5 + 1.50*ZS6 + 1.50*ZS8
MSU/6	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS10

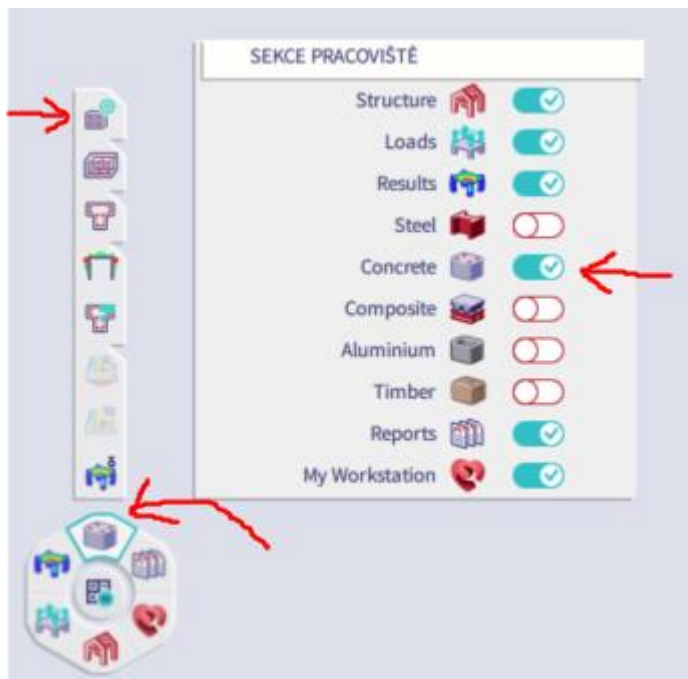
Je zřejmé, že všechny části příčlí jsou uvažovány jako masivní.



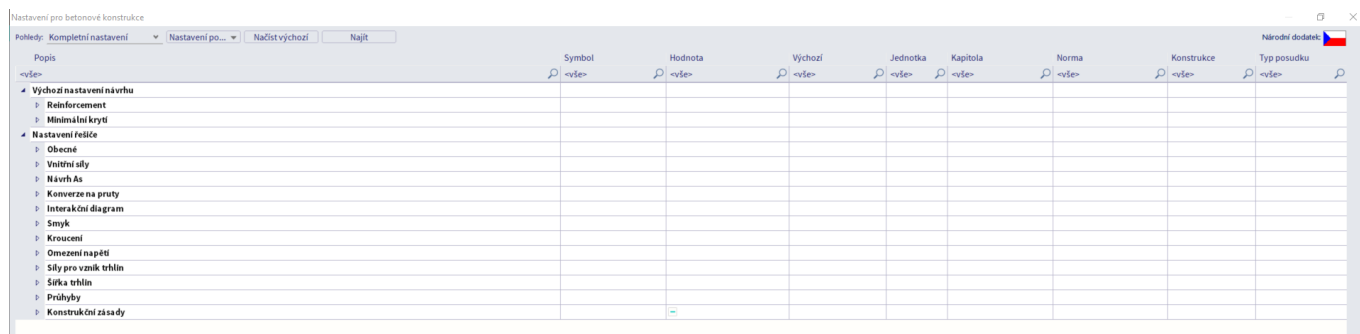
7.3 Beton – Nastavení betonu

Prohlédneme si *Nastavení betonu (konstrukce)*. Na dolním kruhovém panelu si vybereme položku *CONCRETE* (popř. si jí přidáme, pokud jí v nabídce ještě nemáme) a vybereme *první položku z nabídky*

→ *NASTAVENÍ PRO BETONOVÉ KONSTRUKCE*.



Otevře se nám okno nastavení. Nejprve na horní liště změním záložku *Pohledy z Výchozí nastavení návrhu* na *Kompletní nastavení*.



Projdeme důležité body. Nejprve otevřeme záložku *Minimální krytí* a upravíme si třídu prostředí (dle zadání). Konkrétně vybereme *XC2* u nastavení *Koroze způsobená karbonatací*.

V případě, že budeme potřebovat nápovědu k některým z hodnot v nastavení, povšimněme si znaku „>>“ vpravo. Pokud na tento znak klikneme, otevře se nám poznámka. Když klikneme na nějaké nastavení, v poznámce se zobrazí stručná charakteristika daného nastavení.

Otevřeme nápovědu programu a ukážeme si zde vysvětlení jednotlivých položek *Nastavení pro betonové konstrukce*.

Ukážeme si též, jak se v nastavení hledá.

The screenshot shows the 'Nastavení pro betonové konstrukce' dialog box. The 'Výchozí nastavení návrhu' section is expanded, showing parameters for reinforcement and concrete. A red arrow points to the 'Národní dodatky' column.

Popis	Symbol	Hodnota	Výchozí	Jednotka	Kapitola	Norma	Konstrukce	Typ posudku
Výchozí nastavení návrhu								
Reinforcement								
Minimální krytí								
Návrhová životnost		50,00	50,00	rok	4.4.1.2(5), tablé 4.3N	EN 1992-1-1	Vše (Nosník, Desk...	Výchozí nastavení ...
Riziko koroze nebo napadení								
Koroze způsobená karbonatací	XC2		XC3		4.4.1.2(5)	EN 1992-1-1	Vše (Nosník, Desk...	Výchozí nastavení ...
Koroze způsobená chloridy	Zádná		Zádná		4.4.1.2(5)	EN 1992-1-1	Vše (Nosník, Desk...	Výchozí nastavení ...
Koroze způsobená působením mořské vody	Zádná		Zádná		4.4.1.2(5)	EN 1992-1-1	Vše (Nosník, Desk...	Výchozí nastavení ...
Napadení zmrzlými roztahy	Zádná		Zádná		4.4.1.2(12)	EN 1992-1-1	Vše (Nosník, Desk...	Výchozí nastavení ...
Napadení chemikálií	Zádná		Zádná		4.4.1.2(12)	EN 1992-1-1	Vše (Nosník, Desk...	Výchozí nastavení ...
Riziko napadení otěrem	Zádná		Zádná		4.4.1.2(13)	EN 1992-1-1	Vše (Nosník, Desk...	Výchozí nastavení ...
Možnost speciální kontroly								
Speciální geometrická kontrola					4.4.1.3(3)	EN 1992-1-1	Vše (Nosník, Desk...	Výchozí nastavení ...
Speciální kontrola kvality betonu					4.4.1.2(5)	EN 1992-1-1	Vše (Nosník, Desk...	Výchozí nastavení ...
Riziko betonáže na netypický povrch	Standard		Standard		4.4.1.3(4)	EN 1992-1-1	Vše (Nosník, Desk...	Výchozí nastavení ...
Charakteristiky betonu								
Typ betonu	In-situ		In-situ		4.4.1.3(1P, 3)	EN 1992-1-1	Vše (Nosník, Desk...	Výchozí nastavení ...
Nastavení řešení								
Obecné								
Vnitřní síly								
Návrh As								
Konverze na pruty								
Interakční diagram								
Smyk								
Kroucení								
Omezení napětí								
Síly pro vznik trhlin								
Síla trhlin								
Průhyby								
Konstrukční zásady								

Za zmínku určitě stojí *Výchozí nastavení vzpěru*, které se týká přechozí podkapitoly. Můžeme zde nastavit posuvnost ve směru osy *y* a *z*. Pokud posuvnost nastavíme zde v hlavním nastavení, poté můžeme v jiných nastaveních používat položku „*z nastavení*“.

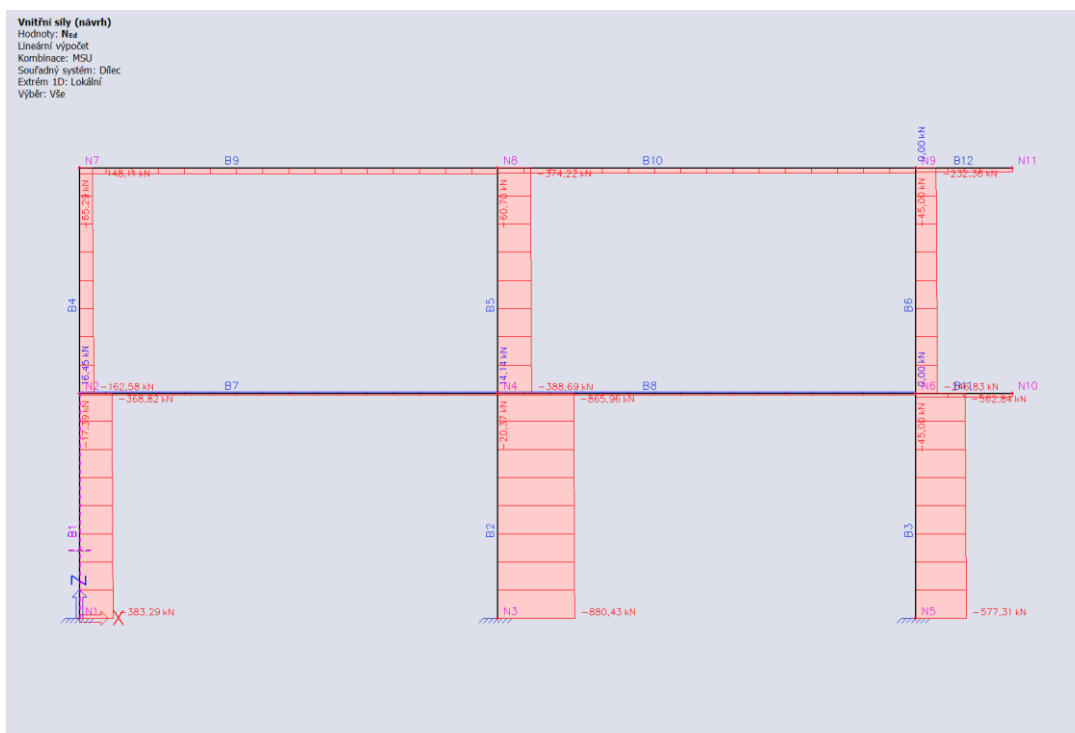
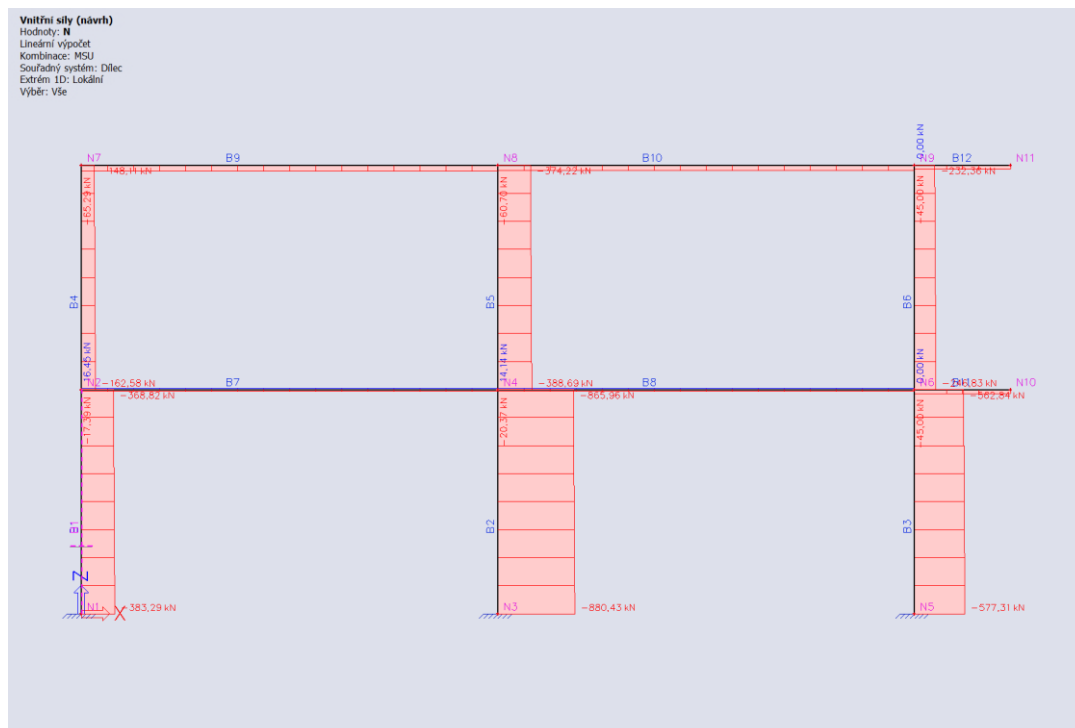
The screenshot shows the 'Nastavení pro betonové konstrukce' dialog box. The 'Nastavení řešení' section is expanded, showing parameters for concrete and reinforcement. A red arrow points to the 'Národní dodatky' column.

Popis	Symbol	Hodnota	Výchozí	Jednotka	Kapitola	Norma	Konstrukce	Typ posudku
Nastavení řešení								
Obecné								
Lim. hodnota jednotkového posudku	Lim. posudek	1,0	1,0			Nezávislé	Vše (Nosník, Desk...	Nastavení řešení ...
Hodnota jednotkového posudku pro nepočetný jednorokový posudek	Nečl. posudek	3,0	3,0			Nezávislé	Vše (Nosník, Desk...	Nastavení řešení ...
Součinitel pro výpočet efektivní výšky průřezu	Souč _{ef}	0,9	0,9			Nezávislé	Vše (Nosník, Desk...	Nastavení řešení ...
Součinitel pro výpočet amplitudy vnitřních sil	Souč _{int}	0,9	0,9			Nezávislé	Vše (Nosník, Desk...	Nastavení řešení ...
Součinitel pro výpočet síly, při které je průřez tlakový	Souč _{cm}	0,1	0,1			Nezávislé	Vše (Nosník, Desk...	Nastavení řešení ...
Dotvarování a směřování								
Stáří betonu v okamžiku uvažování momentu	t	18250,00	18250,00	den	3.1.4.B.1-2	EN 1992-1-1	Vše (Nosník, Desk...	Nastavení řešení ...
Relativní vlhkost	RH	50	50	%	3.1.4.B.1-2	EN 1992-1-1	Vše (Nosník, Desk...	Nastavení řešení ...
Způsob zadání součinitele dotvarování	Typ $\psi(t, t_0)$	Auto	Auto		3.1.4(2)	EN 1992-1-1	Vše (Nosník, Desk...	Nastavení řešení ...
Stáří betonu při zatížení	t ₀	28,00	28,00	den	3.1.4(2).B1	EN 1992-1-1	Vše (Nosník, Desk...	Nastavení řešení ...
Uvažovat vysychání a autogenní směřování	Typ $\epsilon_{sh}(t, t_0)$	Auto	Auto		3.1.4(6)	EN 1992-1-1	Vše (Nosník, Desk...	Nastavení řešení ...
Stáří betonu na počátku směřování od vysychání	t _s	7,00	7,00	den	3.1.4(6).B2	EN 1992-1-1	Vše (Nosník, Desk...	Nastavení řešení ...
MSP								
Použití efektivní moduly průřezu					7.1(2)	EN 1992-1-1	Vše (Nosník, Desk...	Nastavení řešení ...
Výchozí nastavení vzpěru								
Posuvnost po osy	Posuvnost yy	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Nezávislé	Vše (Nosník, Desk...	Nastavení řešení ...
Posuvnost po ose z	Posuvnost zz	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Nezávislé	Vše (Nosník, Desk...	Nastavení řešení ...
Vnitřní síly								
Návrh As								
Konverze na pruty								
Interakční diagram								
Smyk								
Kroucení								
Omezení napětí								
Síly pro vznik trhlin								
Síla trhlin								
Průhyby								
Konstrukční zásady								

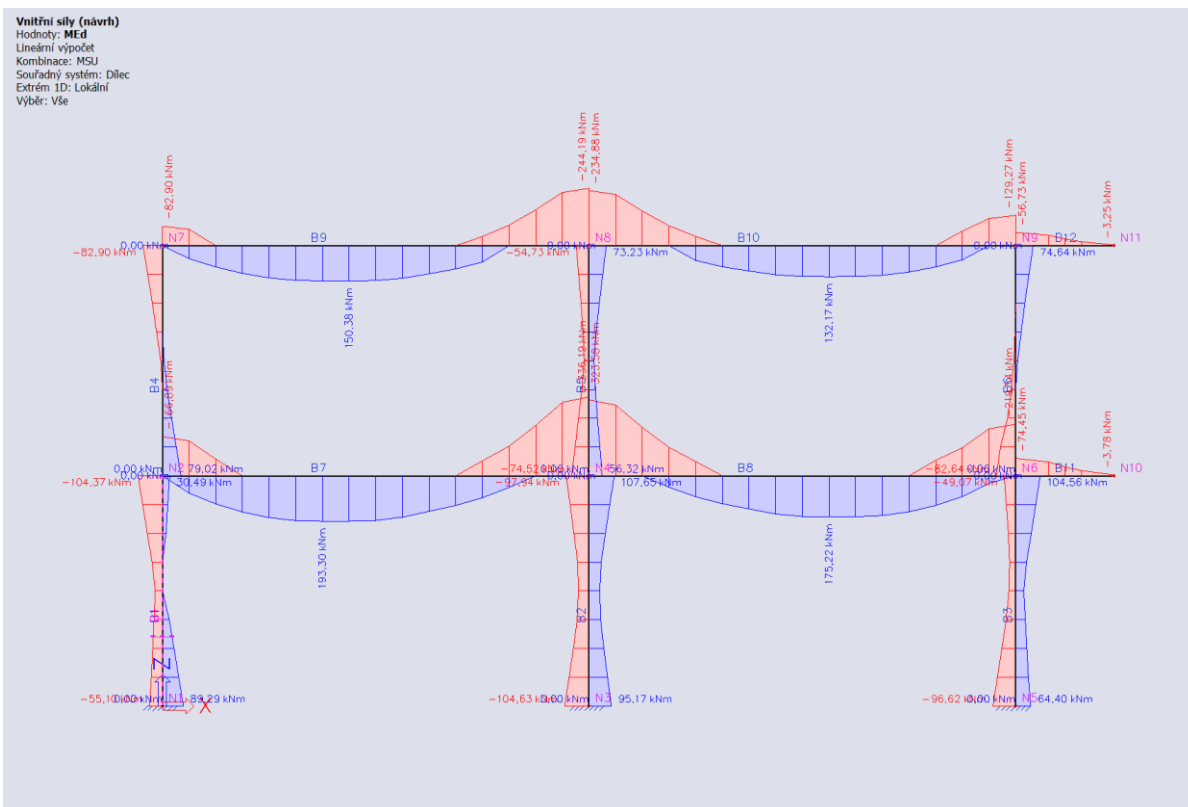
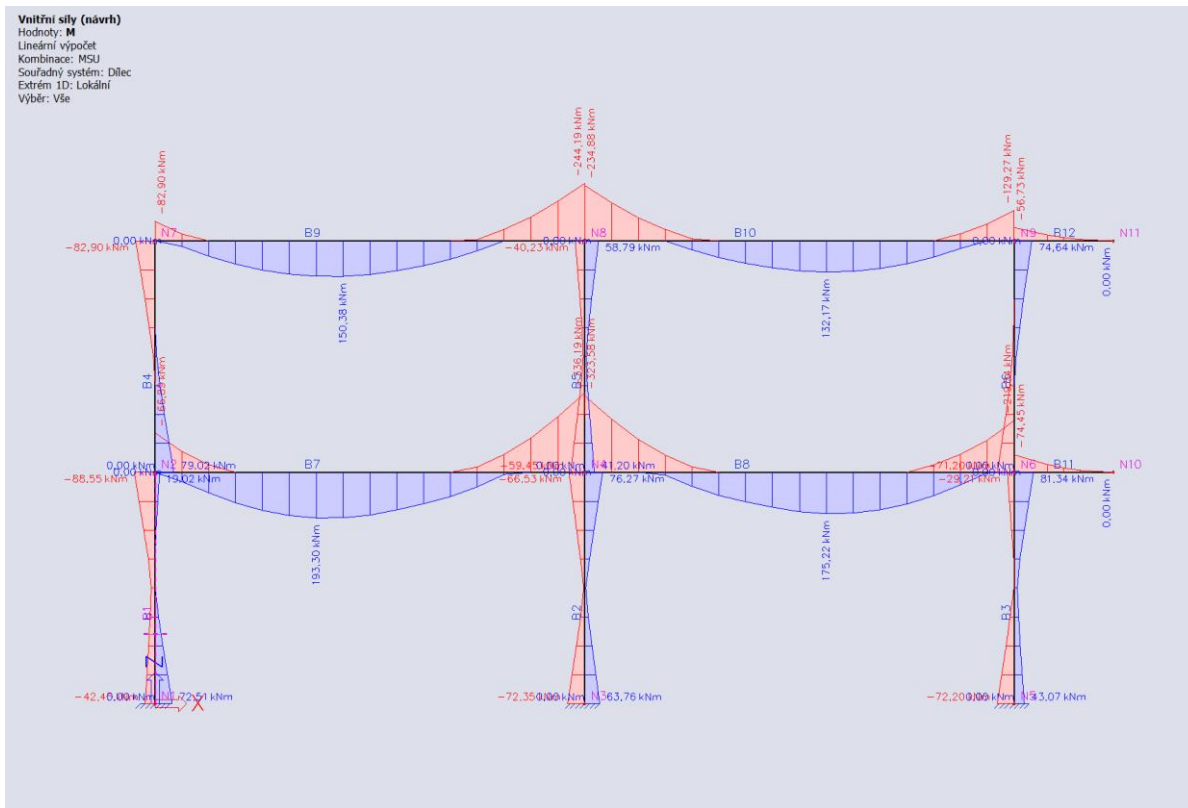
V případě nejasností je možné využít též nápovědu k celému programu.

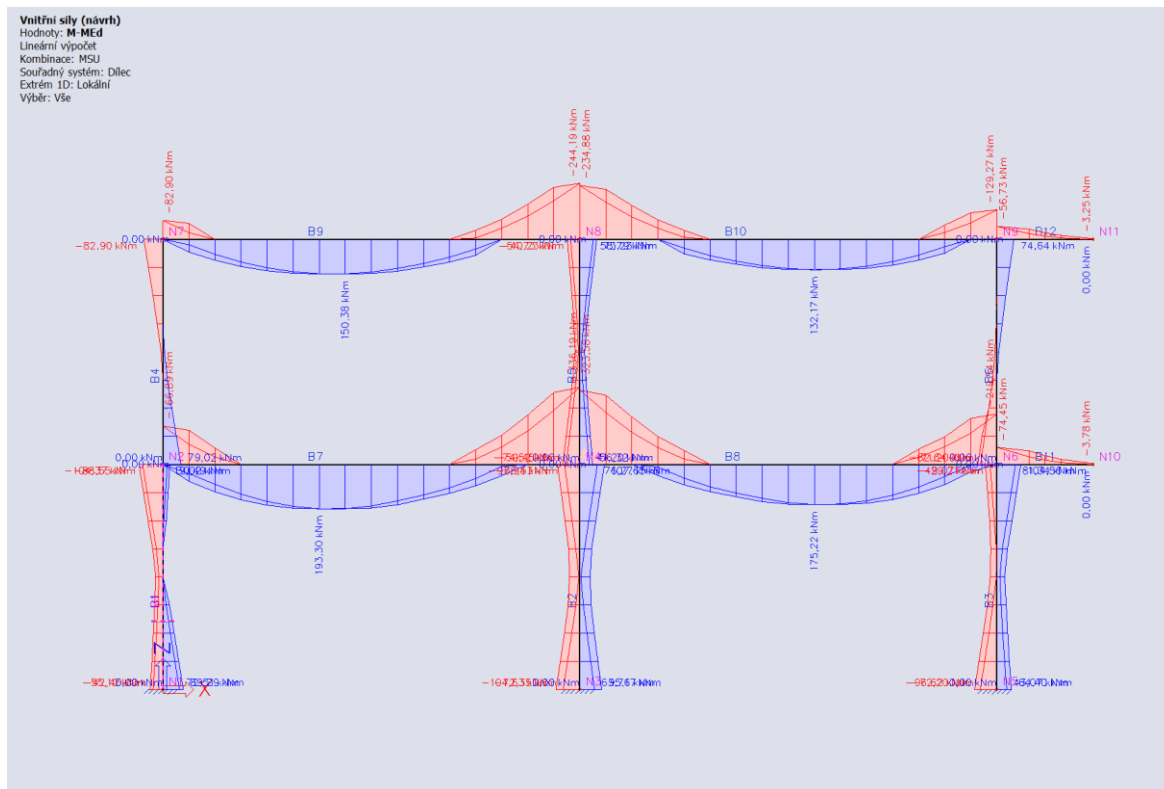
7.4 Beton – Vnitřní síly

V kruhové nabídce vybereme *Beton (CONCRETE)* → *VNITŘNÍ SÍLY PRO NÁVRH 1D BETONOVÝCH DÍLCŮ* → *VNITŘNÍ SÍLY PRO NÁVRH 1D BETONOVÝCH DÍLCŮ*. Zde si postupně ukážeme jednotlivé vnitřní síly a porovnáme návrhové s těmi, které vyšly při lineárním výpočtu. Normálové síly N a N_{Ed} jsou stejné.

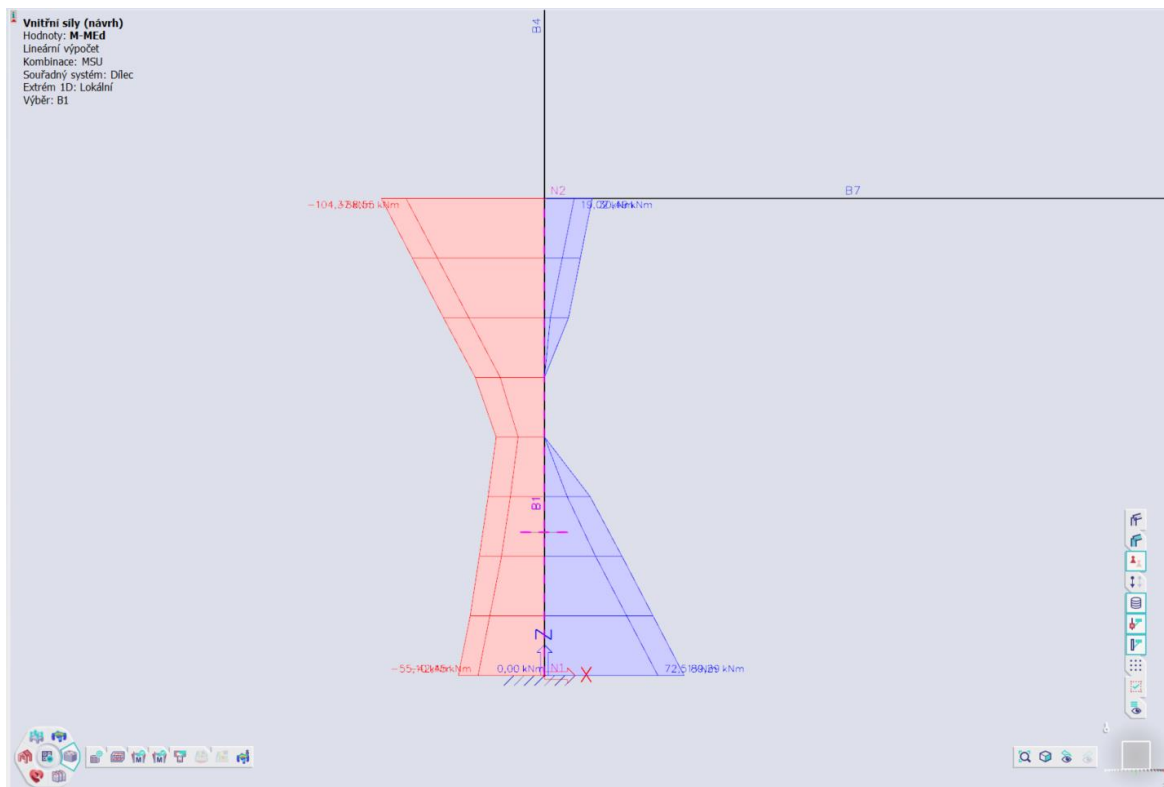


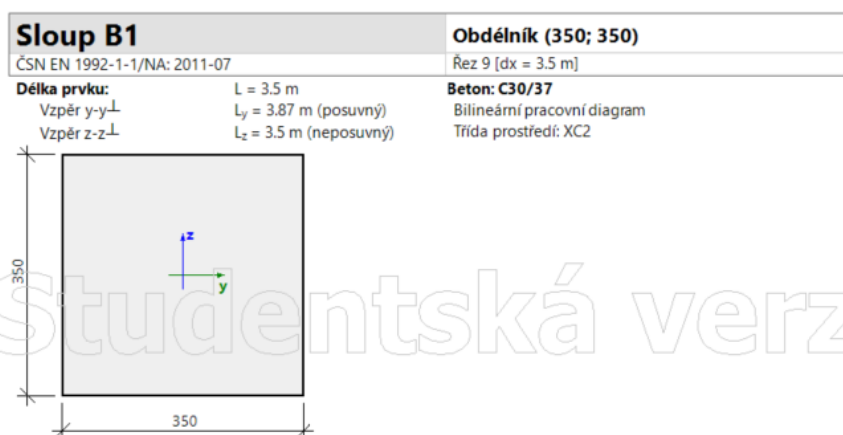
Zobrazíme ohybový moment M , ohybový moment M_{Ed} a jejich porovnání $M-M_{Ed}$. Zde je na příčli patrný posun obálky kvůli přírůstku tahové síly od smyky.





Na sloupu je porovnání momentů zajímavé (průběhy i hodnoty). Proto se na ně zaměříme podrobněji. Vykreslíme si porovnání momentů pro levý spodní sloup a necháme si zobrazit *Výstup*. Nejprve *Standard* (viz níže) a poté i *Detailní* (vzhledem k rozsahu zde neuvádíme – projdeme podrobně při výuce).





Vnitřní síly (MKP)

Extrém: MSU/13 (MSÚ)
 Typ: Kombinace (lineám)
 Návrhová situace: Obálka - únosnost

Typ zatížení	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]
Vnitřní síly (MKP)	-339,5	-88,5	0,0	0,0	-45,9	0,0

Obsah: 1.35*ZS1+1.35*ZS2+1.50*ZS3+1.50*ZS7+1.50*ZS8+1.50*ZS10

Účinky a imperfekce druhého řádu

Osa	N _{Ed} [kN]	M _{0Edy/z} [kNm]	M _{2y/z} [kNm]	M _{Edy/z} [kNm]	e _{0z/y} [mm]	e _{z/y} [mm]	e _{0min,z/y} [mm]	e _{0Edz/y} [mm]	e _{z,z/y} [mm]	e _{Edz/y} [mm]
y-y⊥	-340	-91	-12.8	-104	261	7.31	20	268	37.7	306
z-z⊥	-340	6.79	14.7	21.5	0	-6.61	-20	-20	-43.4	-63.4

Návrhové síly (přepočtené)

Typ zatížení	N _{Ed} [kN]	M _{Edy} [kNm]	M _{Edz} [kNm]	V _{Edy} [kN]	V _{Edz} [kN]	M _{Edx} [kNm]
Návrhové síly (přepočtené)	-339,5	-103,8	0,0	0,0	-45,9	0,0

Norma	Popis	Řešení
N27	Použije se jednoosý výpočet kolem osy y (vnitřní síly M _z a V _y se nastaví na nulu), protože poměry ohybových momentů a smykových sil jsou menší než limitní poměr a M _y > M _z a V _z > V _y .	
N19	Délka dílce se spočte jako výška budovy, protože dílec není izolovaný.	

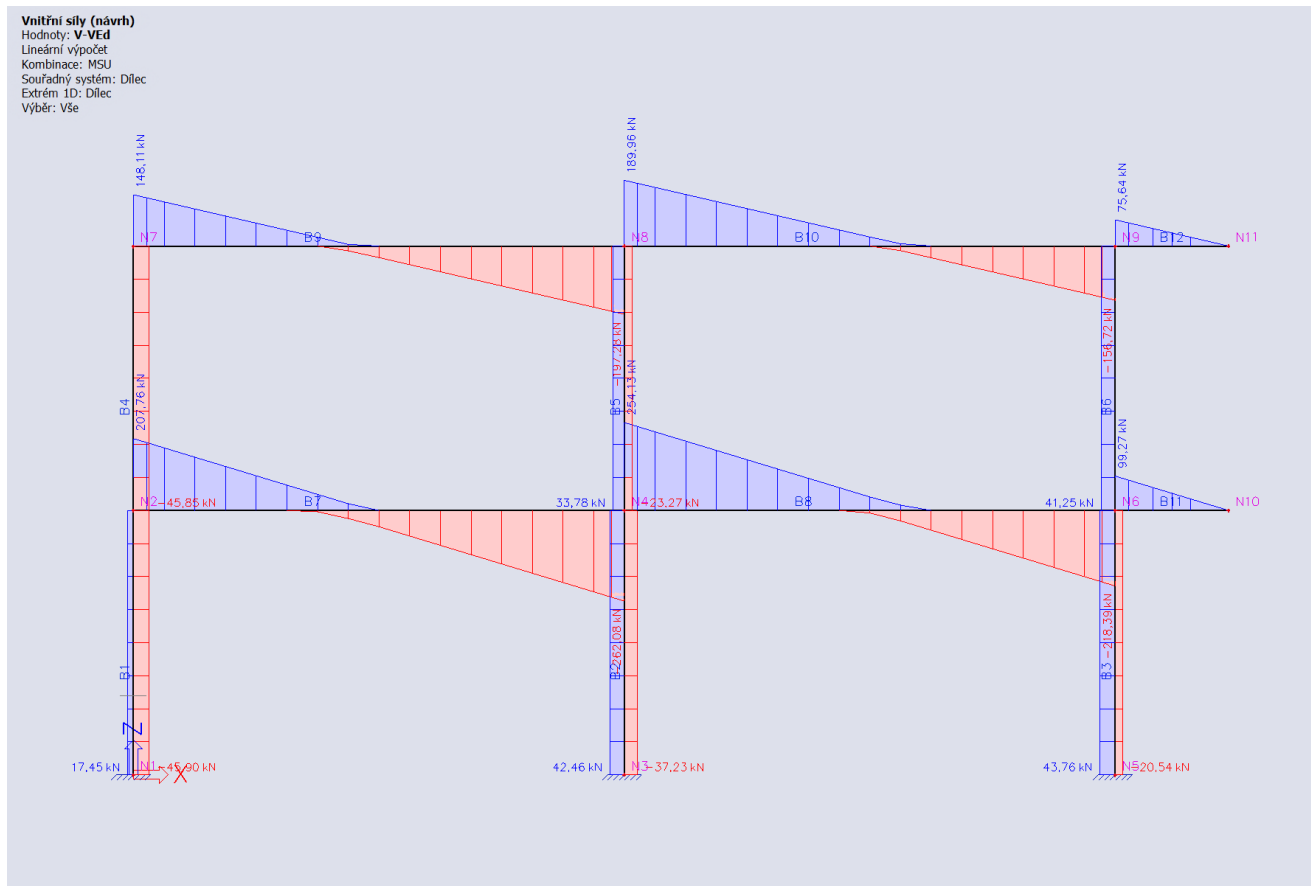
Ukážeme si, že návrhový moment se počítá jako součet momentů prvního a druhého řádu, přičemž moment prvního řádu se určí na základě výstřednosti prvního řádu (ta se stanoví z koncových momentů) s vlivem imperfekcí. Podrobný výpočet si ukážeme v detailním výstupu (při výuce).

Ve výstupu si můžeme všimnout, že kvůli minimální výstřednosti je návrhový moment $M_{Ed,z}$ nenulový, ačkoli moment M_z z výpočtu vnitřních sil je nulový.

Můžeme si ukázat také redukci momentů nad podporou. V *Nastavení pro betonové konstrukce* zaškrtneme příslušné políčko (*Vnitřní síly* → *Redukce momentu nad podporami*) a vykreslíme redukované momenty. V dalším výpočtu **nebudeme redukci momentů uvažovat** (důvod bude vysvětlen při výuce).



Dále si ukážeme průběh posouvajících sil V_{Ed} , a to jednak bez redukce, jednak s redukcí na líc podpory, resp. do vzdálenosti d od líce podpory. V dalším návrhu opět **nebudeme redukcí zohledňovat**.



Nastavení pro betonové konstrukce

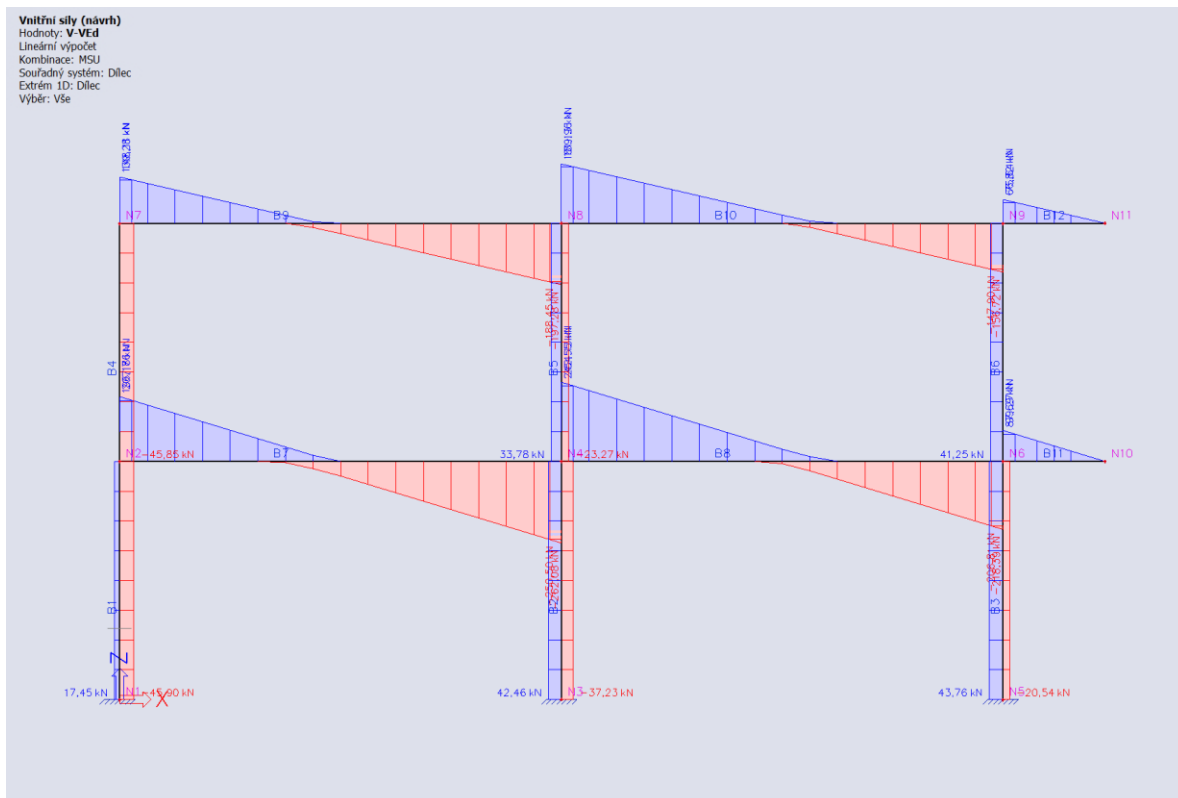
Popis Symbol Hodnota Východi Jednotka Kapitola Norma Konstrukce Typ posudku Poznámka

Popis	Symbol	Hodnota	Východi	Jednotka	Kapitola	Norma	Konstrukce	Typ posudku	Poznámka
Východi nastavení návrhu									
Reinforcement									
Minimální krytí									
Nastavení řešice									
Obecné									
Vnitřní síly									
Redukce smykové síly nad podporami					6.2.1(8)	EN 1992-1-1	Nosník, Deskový	Nastavení řešice	
Redukovat smykové síly					6.2.1(8)	EN 1992-1-1	Nosník, Deskový	Nastavení řešice	
Redukce momentu nad podporami					5.3.2.2 (4)	EN 1992-1-1	Nosník, Deskový	Nastavení řešice	
Posun momentové křivky k pokrytí přidávané tahové síly od smyku					5.2.1.3(2)	EN 1992-1-1	Nosník, Zebro, De.	Nastavení řešice	
Geometrické imperfekce v MSU	$\epsilon_{I,MSU}$				5.2(2)	EN 1992-1-1	Sloup	Nastavení řešice	
Geometrické imperfekce v MSP	$\epsilon_{I,MSP}$				5.2(3)	EN 1992-1-1	Sloup	Nastavení řešice	
Minimální excentricita	ϵ_{min}				6.1(4)	EN 1992-1-1	Sloup	Nastavení řešice	
Excentricita 1. řádu s ekvivalentním momentem					5.8.8.2(2)	EN 1992-1-1	Sloup	Nastavení řešice	
Excentricita 2. řádu	ϵ_2				5.8.8	EN 1992-1-1	Sloup	Nastavení řešice	
Modifikace vnitřních sil									
Návrh As									
Konverze na pruty									
Interakční diagram									
Smyk									
Kruscemí									
Omezení napětí									
Síly přes vzhled tržin									
Síla tržin									
Průhyby									
Konstrukční zásady									

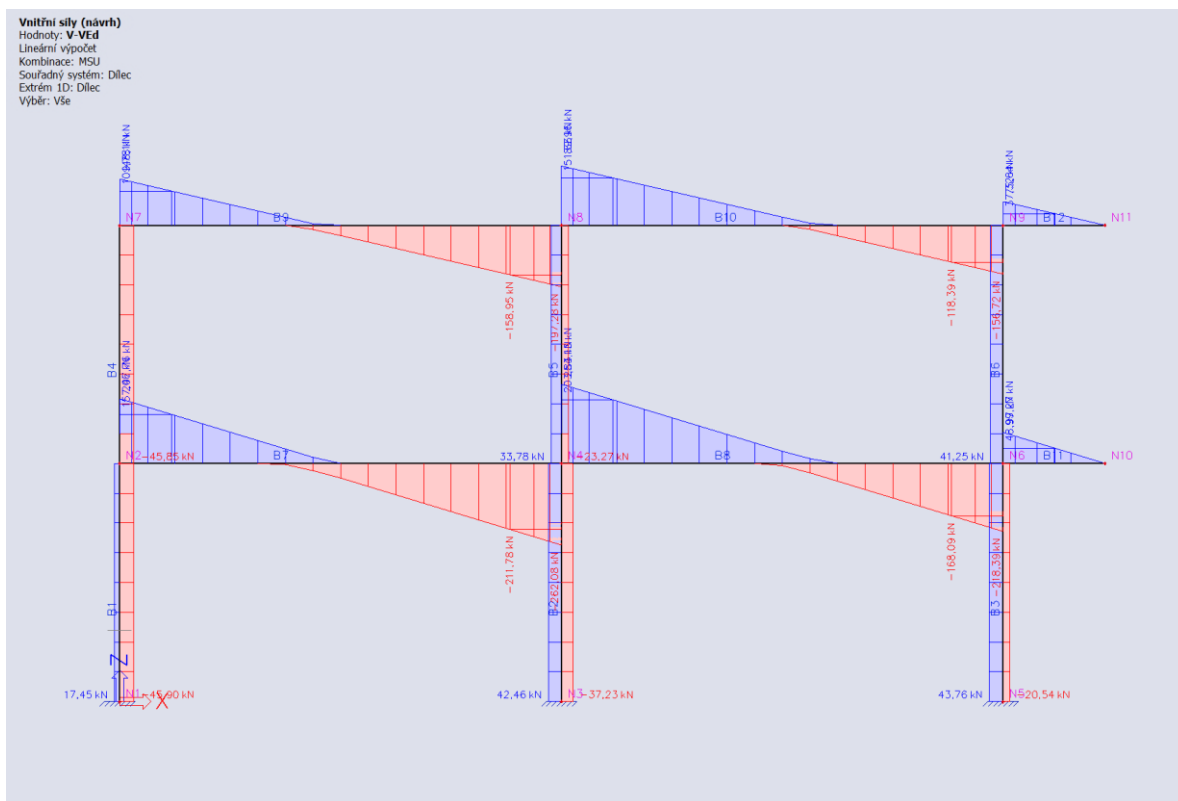
OK Storno



Redukce smykové síly – v líci podpory / sloupu:



Redukce smykové síly – v líci podpory / sloupu + účinná výška nosníku:

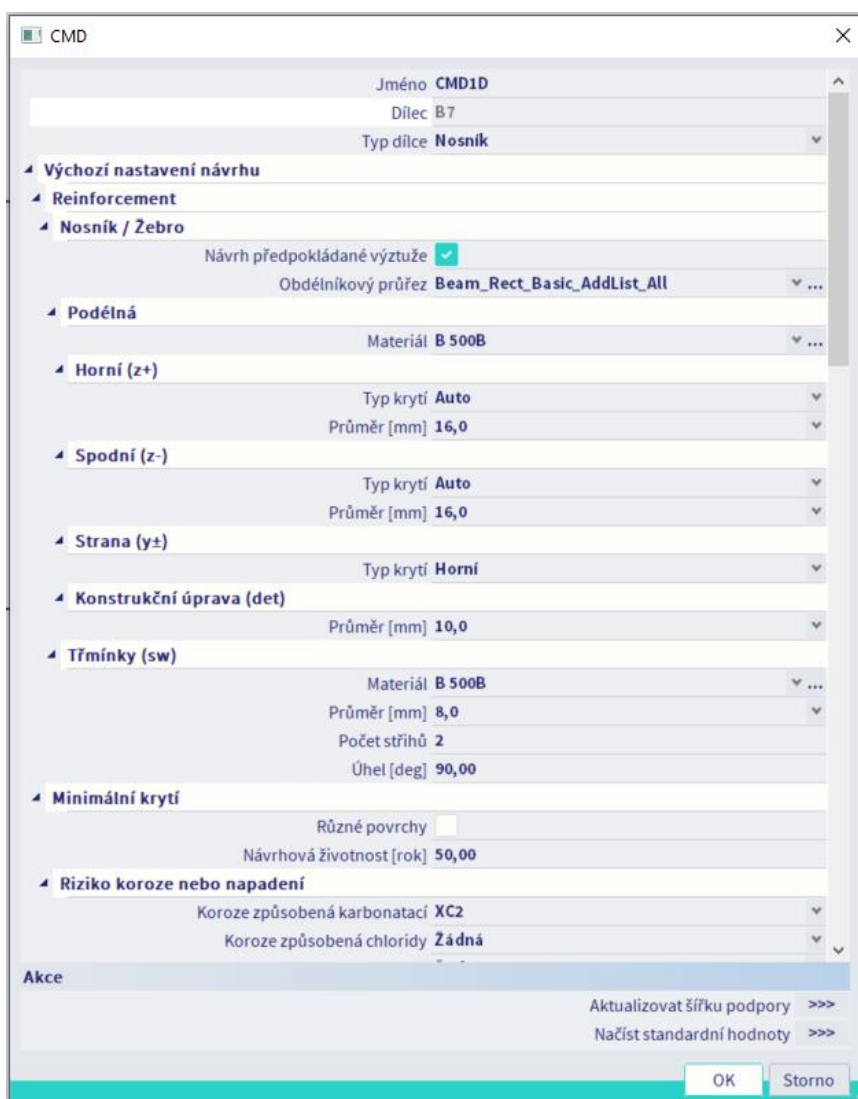


7.5 Beton – Nastavení pro dílec

V kruhové nabídce vybereme *Beton (CONCRETE)* → *Nastavení pro betonové konstrukce* → *Data prutu* → *vybereme dílec*, který chceme nastavit.



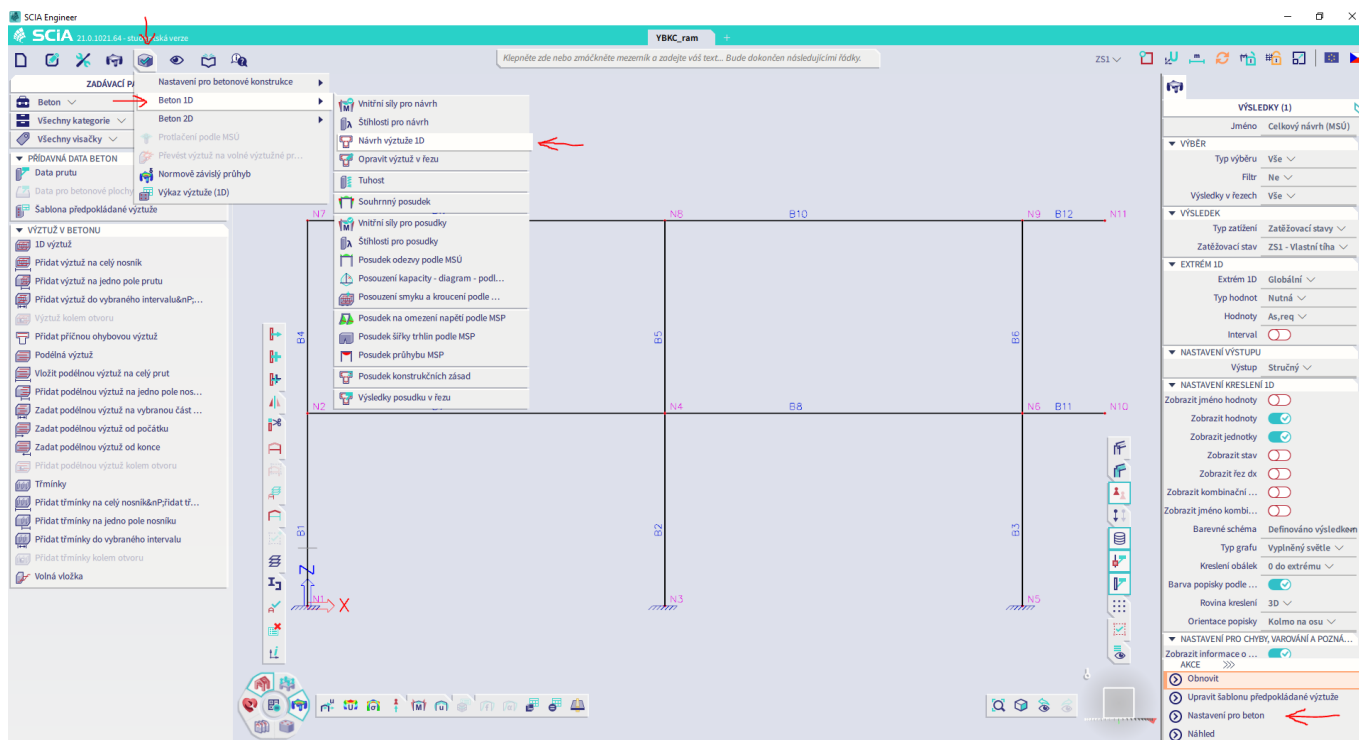
Otevře se nám okno *CMD*, ve kterém máme možnost měnit jednotlivé parametry pouze pro vybraný průřez. Při výuce si možnosti úpravy parametrů pro vybraný dílec ukážeme, pro další řešení úlohy zde však nic měnit nebudeme.



7.6 Beton – Návrh výztuže příčlů

7.6.1 Podélná výztuž

Na horní liště vybereme *Návrh* → *Beton 1D* → *Návrh výztuže 1D* (popř. se do tohoto nastavení dostaneme i přes *kruhovou nabídku* → *BETON* → *Návrh výztuže 1D*). Následně se nám zobrazí nabídka na pravé straně, zde vybereme záložku *Nastavení pro beton*.



Otevře se nám dialogové okno *Výchozí nastavení návrhu*.

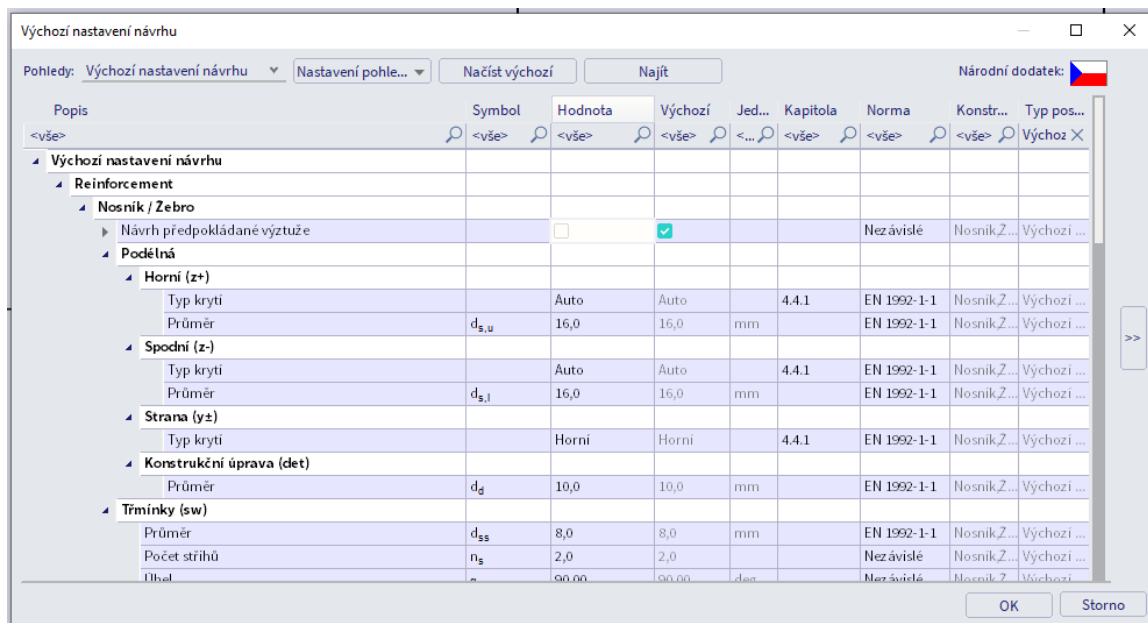
Návrh můžeme provést dvěma velmi podobnými způsoby (ukážeme si oba).

První způsob obnáší vykreslení potřebné (nutné) plochy výztuže a následný ruční návrh výztuže na tuto plochu. Pro tento způsob vybereme: *Výchozí nastavení návrhu* → *Reinforcement* → *Nosník / Žebro* → zrušíme zaškrtnutí políčka *Návrh předpokládané výztuže*.

V druhém případě si můžeme od programu nechat vykreslit předpokládaný průběh výztuže, v tomto případě necháme *Návrh předpokládané výztuže* zaškrtnutý.



Pro první způsob tedy zrušíme zaškrtnutí.



Vidíme, že pro nosník (příčel) se defaultně uvažuje profil 16 mm pro horní a spodní výztuž, profil 8 mm pro třmínky (dvoustřížné, svislé) a krytí se stanoví automaticky. Prozatím to tak ponecháme (potvrdíme tedy OK).

V kruhové nabídce vybereme *Beton (CONCRETE)* → *Návrh výztuže 1D* → *Návrh výztuže 1D*. Vybereme levou spodní příčel, a v pravém okně *Výsledky* zadáme následující parametry:

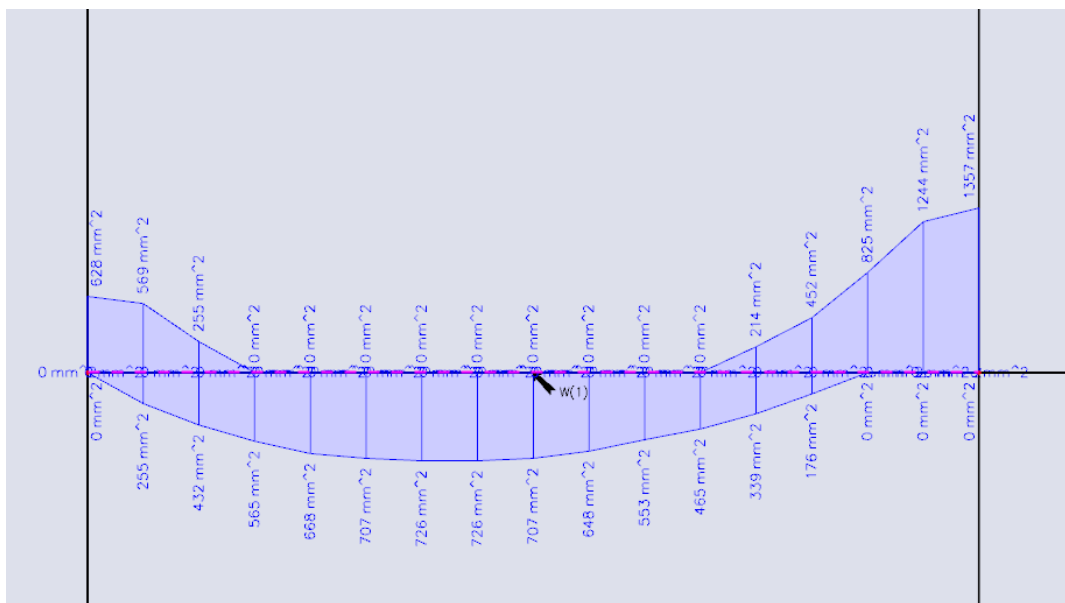
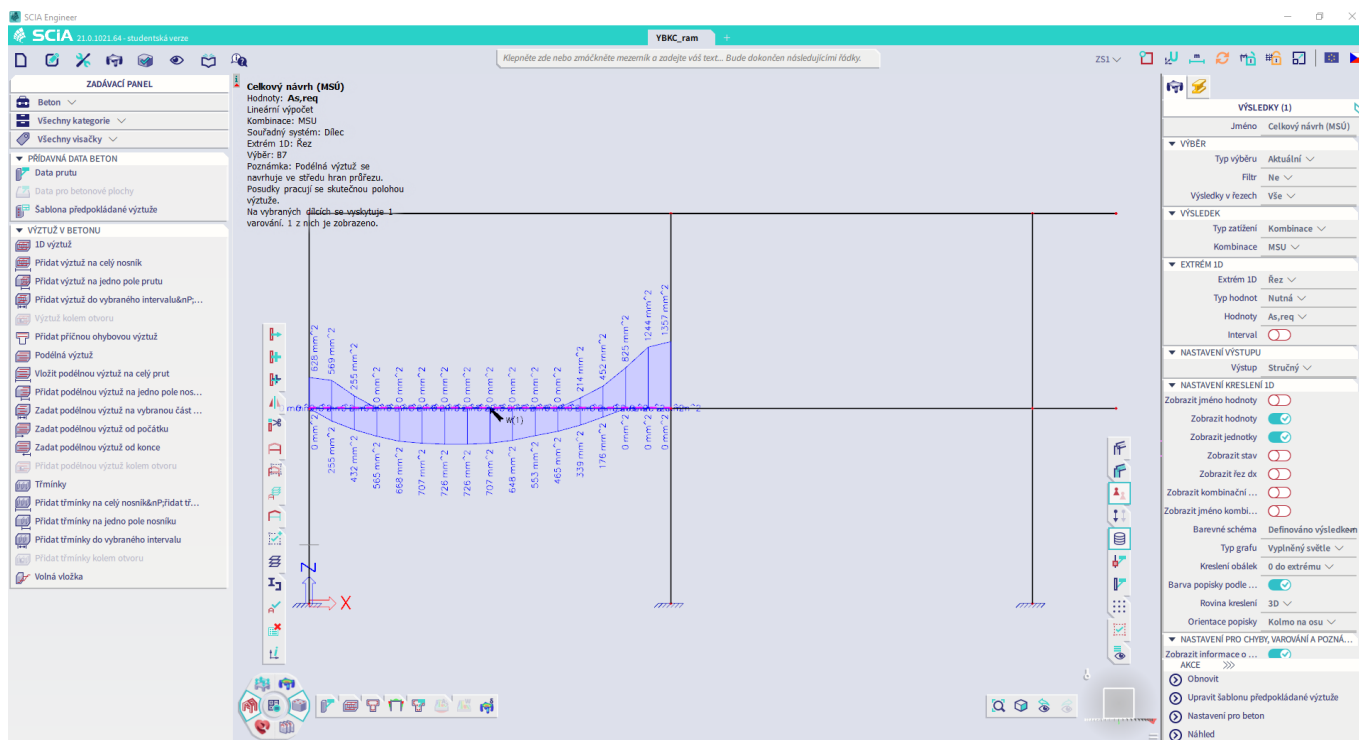
- *Výběr* → *Aktuální*,
- *Typ zatížení* → *Kombinace*,
- *Kombinace* → *MSU*,
- *Extrém 1D* → *Řez*,
- *Typ hodnot* → *Nutná*,
- *Hodnoty* → *$A_{s,req}$* ,
- *Výstup* → *Stručný*.

a v okně *Akce* stiskneme tlačítko *Obnovit*.

Poznámka k varování $w(1)$:

Na následujícím obrázku je uprostřed vybraného nosníku varování „ $w(1)$ “. Jedná se o varování ohledně nedostatečného vyztužení smykovou výztuží. Toto varování můžeme prozatím ignorovat, jelikož jsme teprve u návrhu ohybové výztuže.



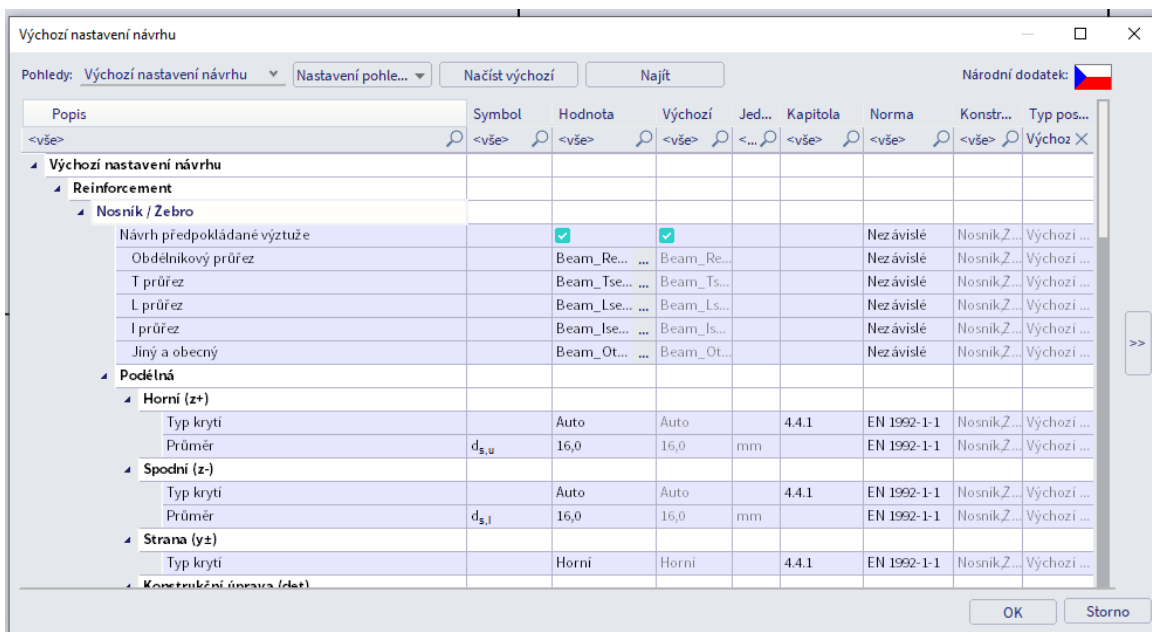


Poznámka k této variantě vykreslení:

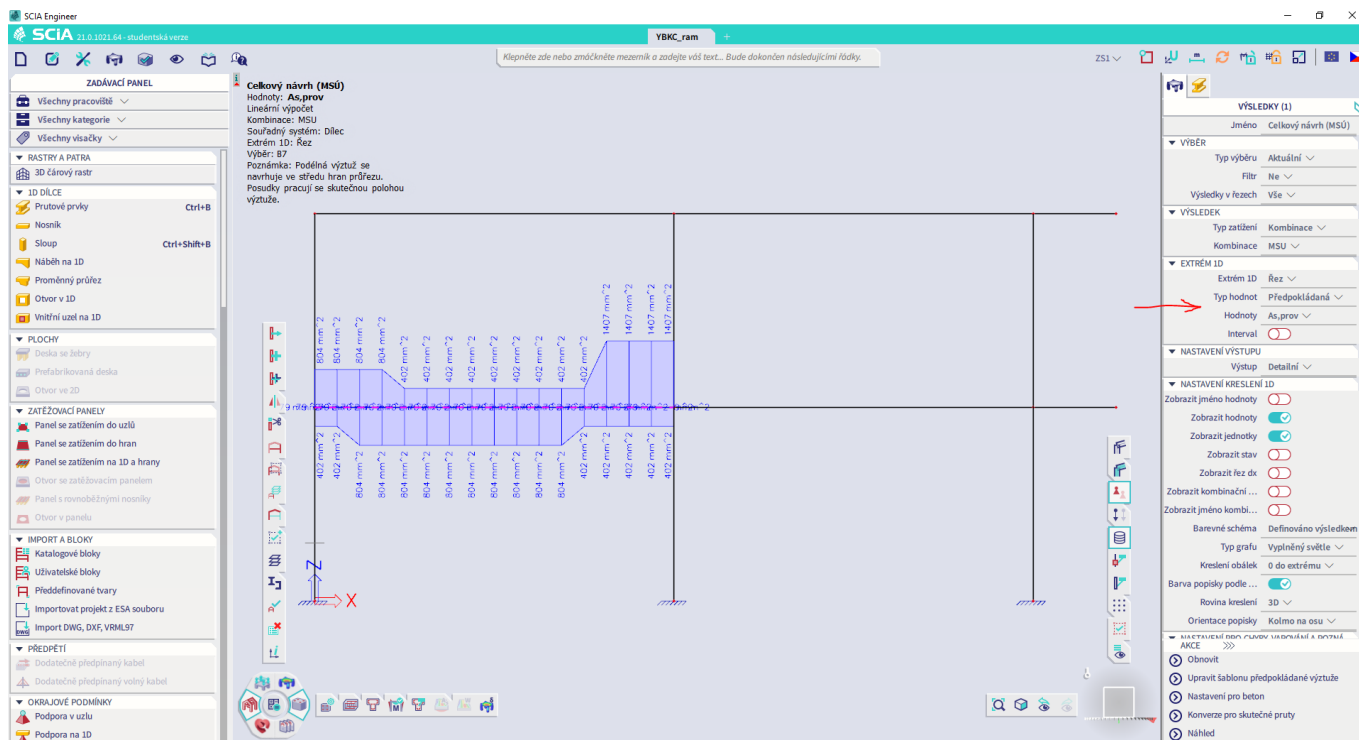
Dřívější verze programu Scia Engineer nabízela možnost přepočítání plochy výztuže na počet profilů už v této fázi návrhu, tj. dle nutné plochy výztuže. (profily se uvažují dle Výchozího nastavení návrhu, případně dle nastavení v položce Data 1D dílce). V současné verzi je možné takto zobrazit pouze třmínky (v pravém panelu → Hodnoty můžeme zvolit $A_{swm,req}$ pro zobrazení plochy nebo $A_{swm,req}(\varphi/s)$ pro zobrazení počtu profilů, které jsou v daném řezu potřebné, ale o tom až později.



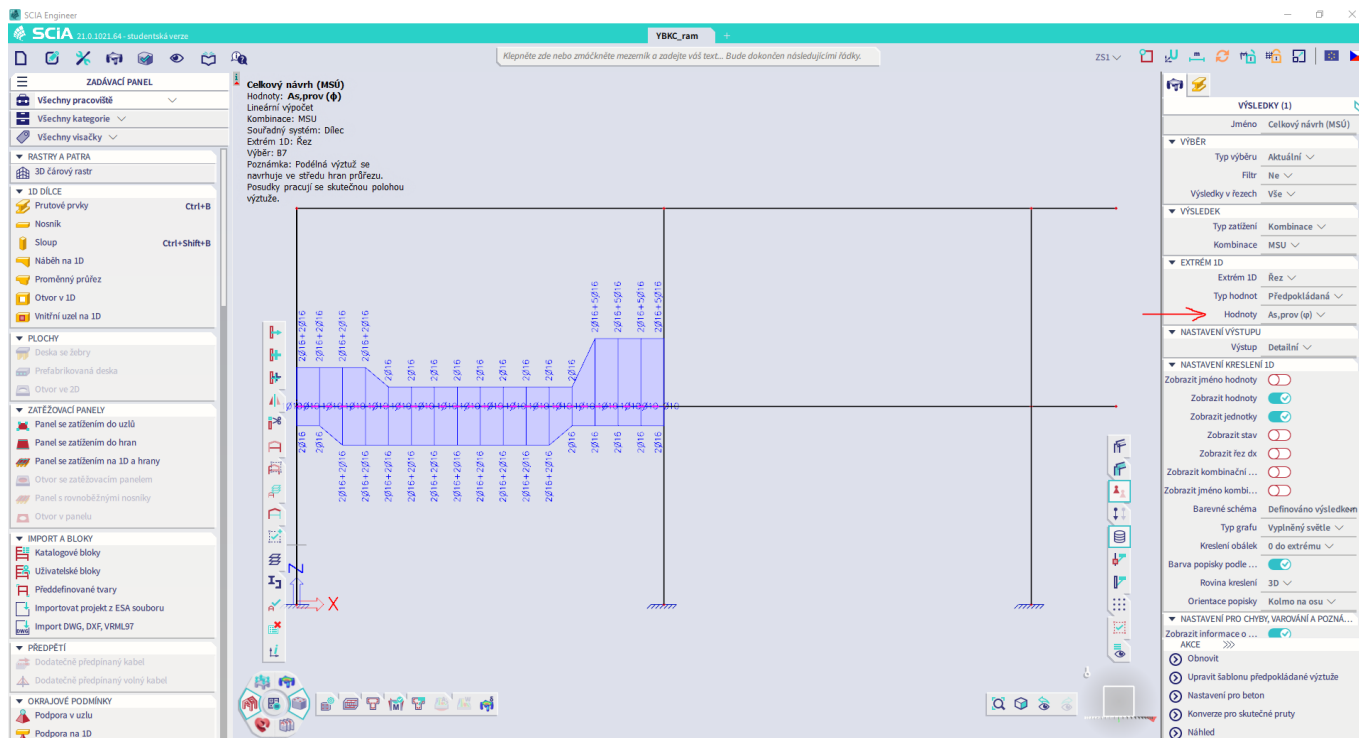
Pokud si tedy chceme zobrazit, kolik profilů výztuže, v jakém místě průřezu potřebujeme, přejdeme k druhému způsobu. Necháme tedy zaškrtnutý *Návrh předpokládané výztuže*.



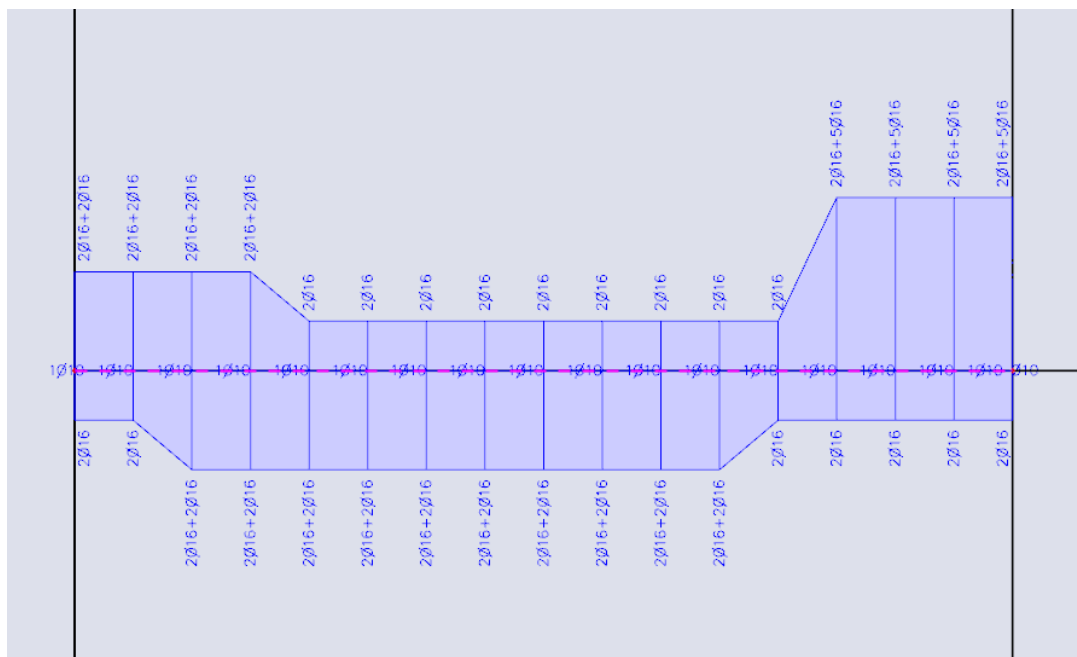
Poté v pravé nabídce zvolíme *Typ hodnot* → *Předpokládaná* a *Hodnoty* → *As,prov*. Tím nám program zobrazí *Předpokládanou* plochu výztuže, která je větší než *Nutná* plocha výztuže a zároveň se řídí nastavením (zvolený profil výztuže apod.).



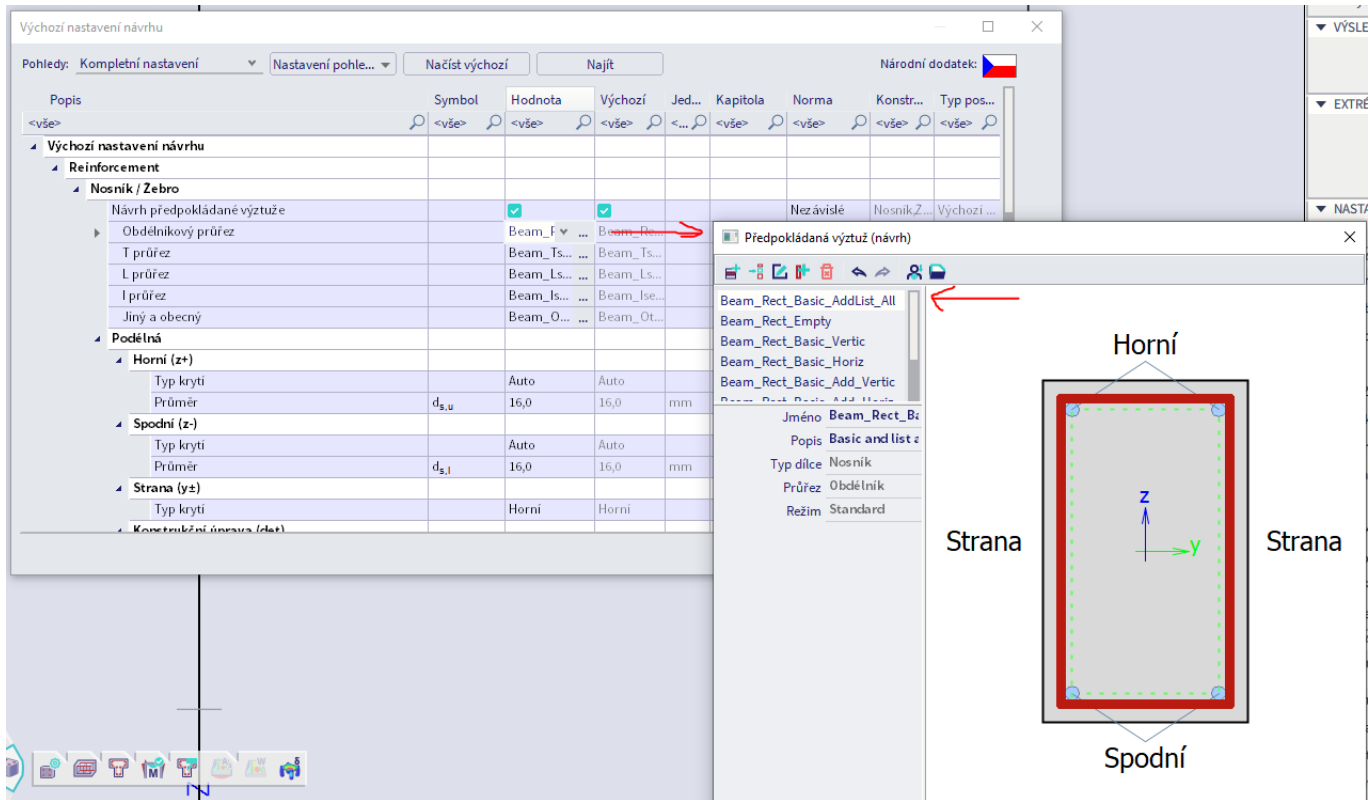
Proč tento způsob ale zmiňujeme, je už zmíněné vykreslení počtu profilů výztuže. Toho docílíme pomocí výběru $As,prov(\varphi)$ v pravé nabídce (*Hodnoty*).



Zobrazí se nám tedy předpokládané rozložení profilů po průřezu. V této chvíli považuji za nutné zmínit, že se jedná o předběžný odhad na základě zadaných kritérií a nemusí odpovídat výslednému návrhu výztuže.



Pokud se podíváme na potřebnou plochu výztuže (viz dříve), zjistíme, že nám program předepsal 2 profily nosné výztuže při horním povrchu uprostřed rozpětí prvku, což z hlediska požadované plochy výztuže není nutné (požadovaná plocha v tomto místě je nulová). Vychází to ze základního nastavení, ve kterém máme v každém rohu definovaný jeden „základní“ profil. Pro tuto chvíli nastavení měnit nebudeme.



Než budeme pokračovat, je vhodné si zkontrolovat návrh výztuže pomocí náhledu. (*pravý panel VÝSLEDKY → AKCE → Náhled*). Nejdříve zkontrolujeme hodnoty *Nutné* výztuže.

Náhled může zobrazovat různou podrobnost vypočtených hodnot, ukážeme si nejdříve *Stručný* náhled pro celý profil a poté *Detailní* náhled pro lokální extrémy.

Nejprve tedy v pravé nabídce vybereme:

- *EXTRÉM 1D → Řez*
- *NASTAVENÍ VÝSTUPU → Stručný* a dole zobrazíme *Náhled*.

Poté to samé uděláme pro následující nastavení:

- *EXTRÉM 1D → Dílec*
- *NASTAVENÍ VÝSTUPU → Detailní* a dole zobrazíme *Náhled*.

Nutná výztuž – stručný náhled:

Celkový návrh (MSÚ)

Lineární výpočet

Kombinace: MSU

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Řez

Výběr: B7

Poznámka: Podélná výztuž se navrhuje ve středu hran průřezu. Posudky pracují se skutečnou polohou výztuže.

Na vybraných dílcích se vyskytuje 1 varování. 1 z nich je zobrazeno.

Podélná nutná výztuž

Jméno	dx [m]	Stav	Member	A _{sz,req+} [mm ²]	A _{sz,req-} [mm ²]	A _{sy,req+} [mm ²]	A _{sy,req-} [mm ²]	A _{sz,req} [mm ²]	A _{sy,req} [mm ²]	A _{s,req} [mm ²]	CH/V/P
B7	0,000	MSU	Nosník	628	0	0	0	628	0	628	W11
B7	0,406	MSU	Nosník	569	255	0	0	825	0	825	W11
B7	0,813	MSU	Nosník	255	432	0	0	687	0	687	W11
B7	1,219	MSU	Nosník	0	565	0	0	565	0	565	W11
B7	1,625	MSU	Nosník	0	668	0	0	668	0	668	W11
B7	2,031	MSU	Nosník	0	707	0	0	707	0	707	W11
B7	2,438	MSU	Nosník	0	726	0	0	726	0	726	W11
B7	2,844	MSU	Nosník	0	726	0	0	726	0	726	W11
B7	3,250-	MSU	Nosník	0	707	0	0	707	0	707	W11
B7	3,250+	MSU	Nosník	0	707	0	0	707	0	707	W11
B7	3,656	MSU	Nosník	0	648	0	0	648	0	648	W11
B7	4,063	MSU	Nosník	0	553	0	0	553	0	553	W11
B7	4,469	MSU	Nosník	0	465	0	0	465	0	465	W11
B7	4,875	MSU	Nosník	214	339	0	0	553	0	553	W11
B7	5,281	MSU	Nosník	452	176	0	0	628	0	628	W11
B7	5,688	MSU	Nosník	825	0	0	0	825	0	825	W11
B7	6,094	MSU	Nosník	1244	0	0	0	1244	0	1244	W11
B7	6,500	MSU	Nosník	1357	0	0	0	1357	0	1357	W11

Nutná výztuž – detailní náhled - podrobná tabulka pro extrém v poli levé spodní příčle (dx = 2,844 m):

Podélná výztuž

	Základní	Přídavná	Konstrukční základy	A _{s,min}	A _{s,req}	A _{s,prov}	A _{s,max}	s _{min}	s _{max}	Stav	
				[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm]	[mm]		
[1]	2φ16	2φ16	---	726	319	726	804	9100	70	86	OK
[2]	---	---	1φ10	0	0	0	79	0	≥37	≤350	OK
[3]	2φ16	---	---	0	0	0	402	0	≥37	≤350	OK
[4]	---	---	1φ10	0	0	0	79	0	≥37	≤350	OK
ΣY	---	---	2φ10			0	157				
ΣZ	4φ16	2φ16	---			726	1206				
Σ	4φ16	2φ16	2φ10			726	1363				

Hodnoty v tabulce a jak změnit základní nastavení výztuže si blíže rozebereme při výuce.



Průřez v poli nám vyhovuje (4x OK – viz obrázek na předchozí straně) a předběžně navržená výztuž pomocí programu tedy pokryje potřebnou plochu výztuže. Na první pohled tedy vše vypadá v pořádku. Když však přejdeme k průřezu nad střední podporou, zjistíme, že tomu tak není.

Podélná výztuž

	Základní	Přídavná	Konstrukční zásady	$A_{s,ult}$	$A_{s,min}$	$A_{s,req}$	$A_{s,prov}$	$A_{s,max}$	s_{min}	s_{max}	Stav
				[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm]	[mm]	
[1]	2φ16	---	---	0	0	0	402	0	242	258	OK
[2]	---	---	1φ10	0	0	0	79	0	266	279	OK
[3]	2φ16	5φ16	---	1357	319	1357	1407	9100	27	43	Nevyh.
[4]	---	---	1φ10	0	0	0	79	0	266	279	OK
ΣY	---	---	2φ10			0	157				
ΣZ	4φ16	5φ16	---			1357	1810				
Σ	4φ16	5φ16	2φ10			1357	1967				

Při horním povrchu (hrana 3) nám program pro pokrytí působícího momentu navrhl celkem 7 profilů o ploše 1 407 mm² (min. požadovaná plocha je 1 357 mm²). Těchto 7 profilů se však do průřezu dle posudku nevejde. Podíváme se tedy na stanovení minimální světlé vzdálenosti mezi pruty (viz detailní náhled).

Posudek minimální světlé vzdálenosti prutů výztuže 8.2(2)

Minimální světlá vzdálenost mezi všemi pruty výztuže v průřezu

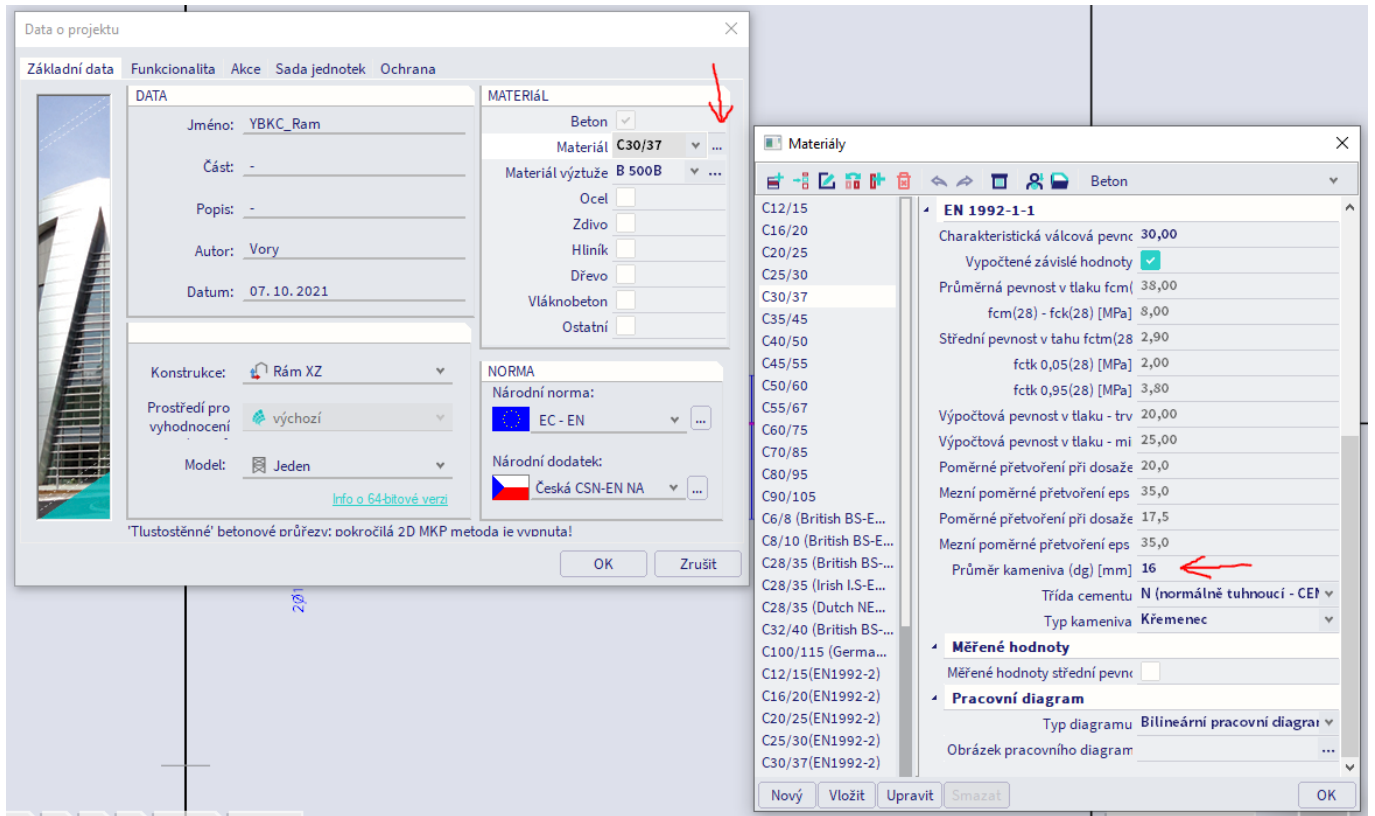
$$s_{s-s,min} = 27 \text{ mm}$$

Minimální povolená světlá vzdálenost mezi pruty výztuže ze všech prutů v průřezu

$$s_{s-s,min,lim} = \max(k_1 \cdot \phi; d_g + k_2; s_{lb,min}) = \max(1.2 \cdot 16; 32 + 5; 20) = 37 \text{ mm} \quad (§8.2(2))$$

Stanovená minimální vzdálenost profilů je zbytečně velká (37 mm), což je způsobeno uvažováním kameniva s maximální velikostí zrna 32 mm. Mohli bychom to vyřešit zadáním větších profilů (tím by se snížil jejich počet) nebo uvažováním výztuže ve dvou řadách, lepší však bude opravit velikost kameniva. Přes Nastavení projektu (horlí lišta → SOUBOR → Nastavení projektu → Materiál otevřeme okno pro úpravu parametrů betonu a opravíme hodnotu *Průměr kameniva* na 16 mm.





Potvrdíme, provedeme *Výpočet* a vrátíme se k *Návrhu výztuže*. Zkontrolujeme, zda nový návrh proběhl bez problémů.

Posudek minimální světlé vzdálenosti prutů výztuže 8.2(2)

Minimální světlá vzdálenost mezi všemi pruty výztuže v průřezu

$$s_{s-s, \min} = 27 \text{ mm}$$

Minimální povolená světlá vzdálenost mezi pruty výztuže ze všech prutů v průřezu

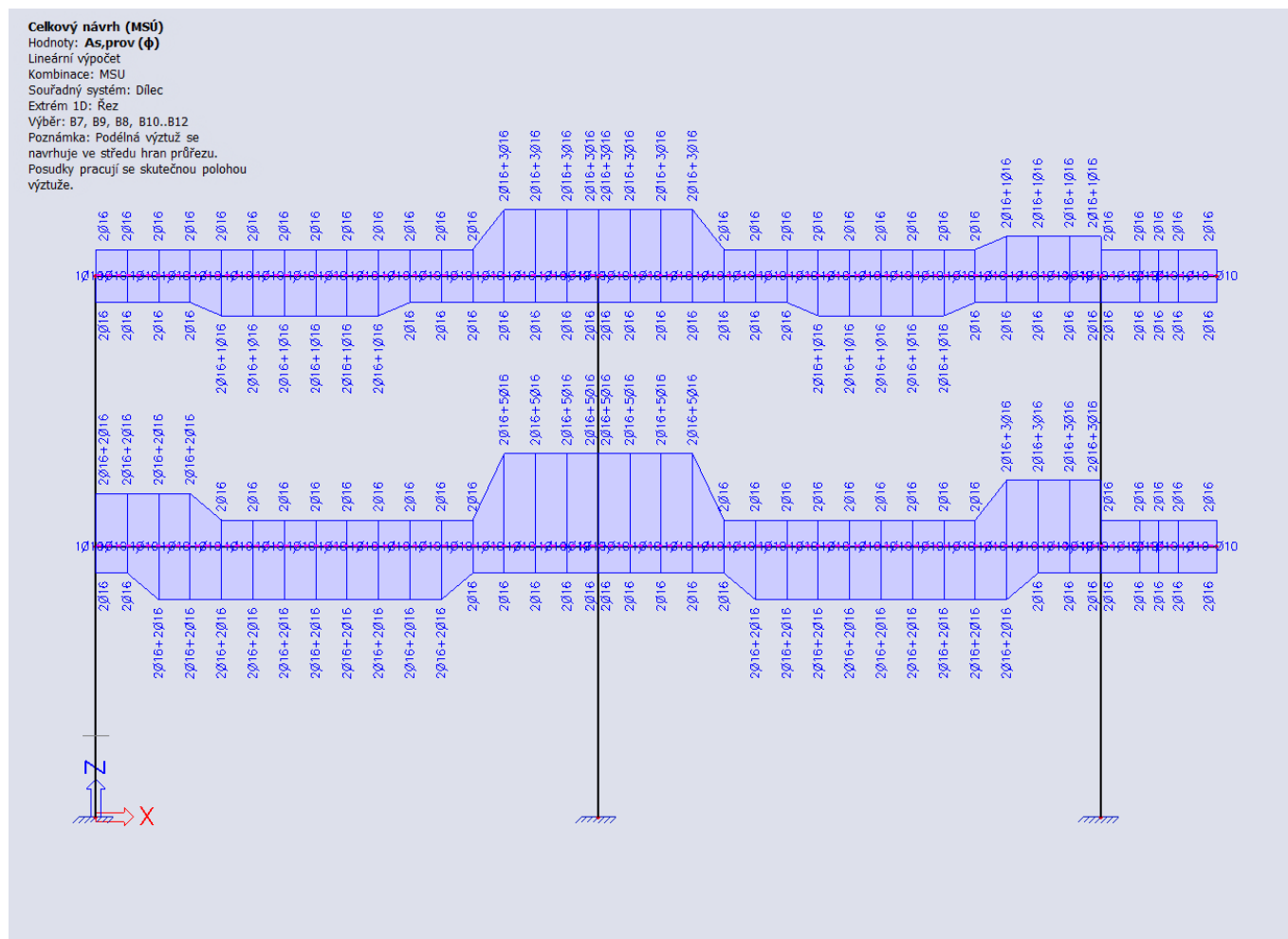
$$s_{s-s, \min, \text{lim}} = \max(k_1 \cdot \phi; d_g + k_2 \cdot s_{1b, \min}) = \max(1.2 \cdot 16; 16 + 5 \cdot 20) = 21 \text{ mm} \quad (\S 8.2(2))$$

Podélná výztuž

Základní	Přídavná	Konstrukční zásady	$A_{s, \min}$ [mm ²]	$A_{s, \min}$ [mm ²]	$A_{s, \text{req}}$ [mm ²]	$A_{s, \text{prov}}$ [mm ²]	$A_{s, \text{max}}$ [mm ²]	s_{\min} [mm]	s_{\max} [mm]	Stav
[1] 2φ16	---	---	0	0	0	402	0	242	258	OK
[2] ---	---	1φ10	0	0	0	79	0	266	279	OK
[3] 2φ16	5φ16	---	1357	319	1357	1407	9100	27	43	OK
[4] ---	---	1φ10	0	0	0	79	0	266	279	OK
ΣY ---	---	2φ10			0	157				
ΣZ 4φ16	5φ16	---			1357	1810				
Σ 4φ16	5φ16	2φ10			1357	1967				



Stejným způsobem můžeme stanovit požadovanou podélnou výztuž pro všechny části příčlí.



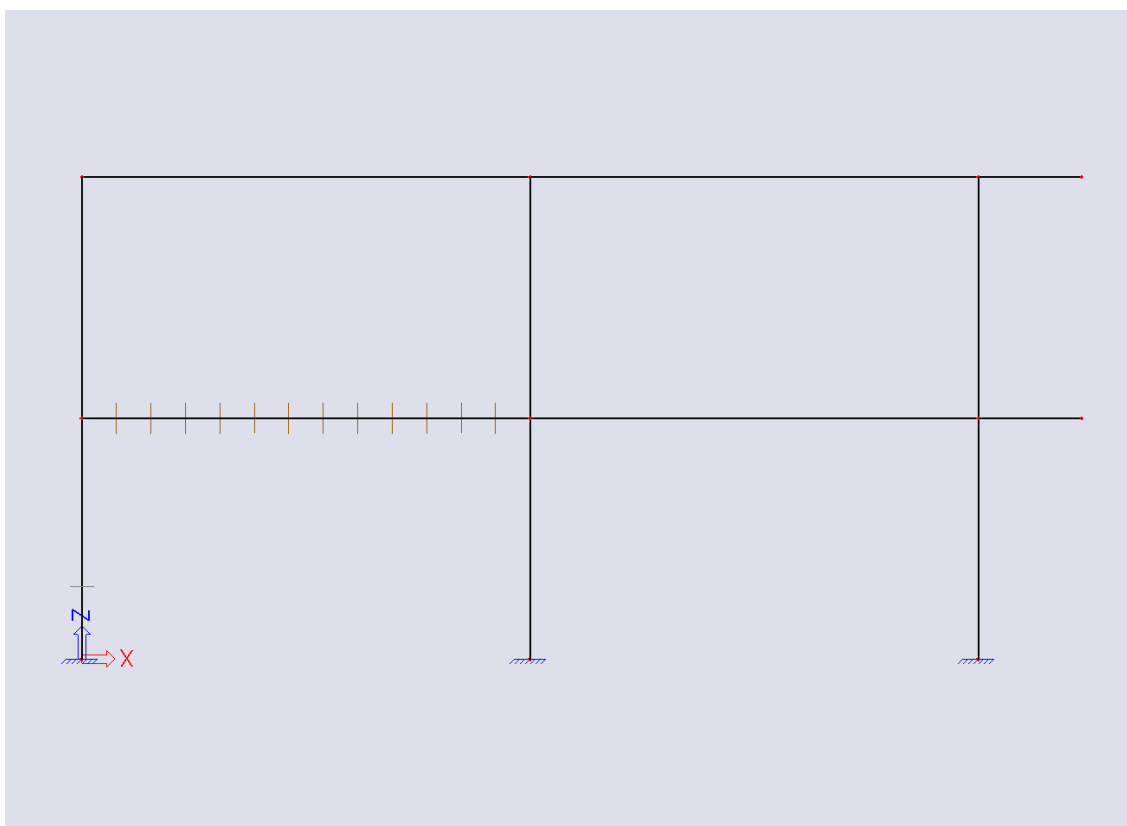
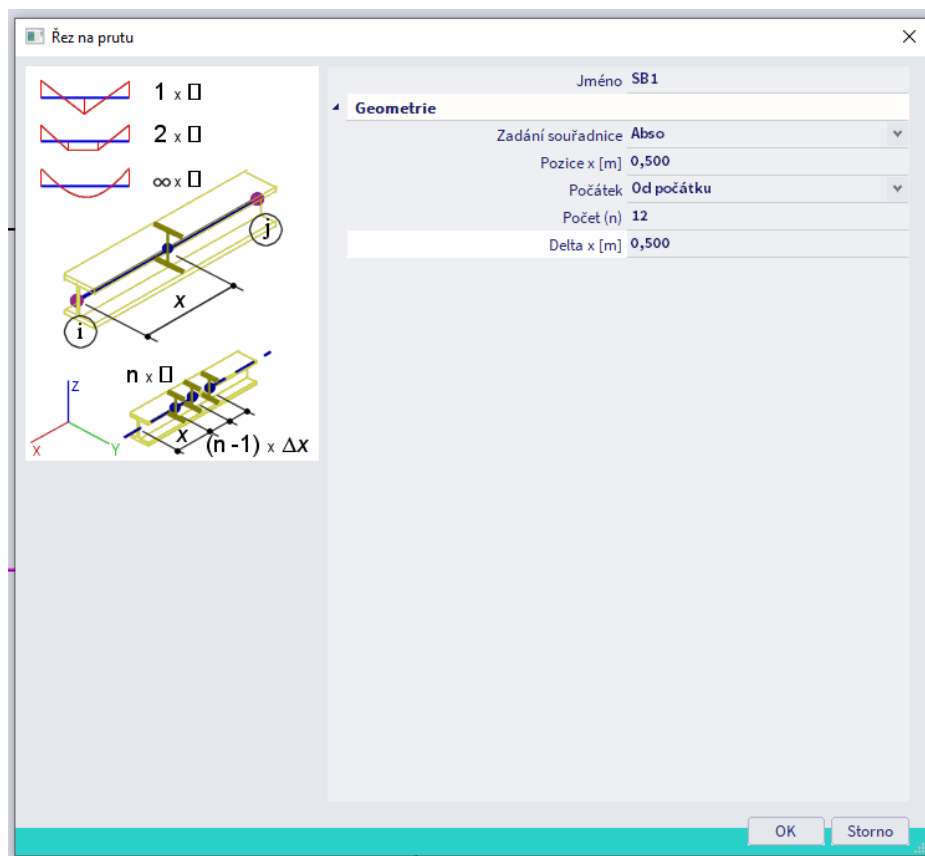
Takto stanovené rozložení požadované podélné výztuže příčle můžeme využít pro:

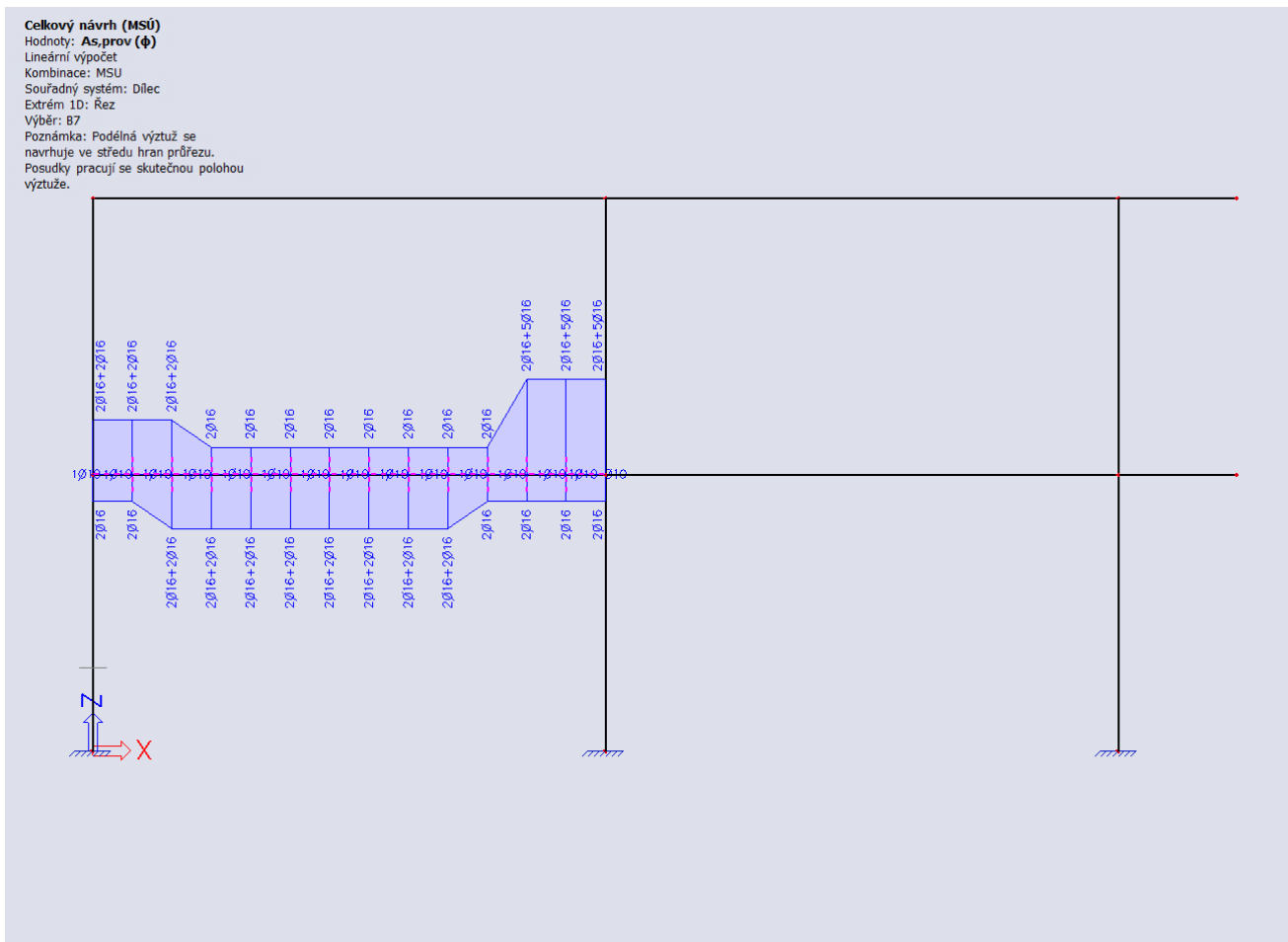
- posouzení vybraných průřezů nebo
- zadání výztuže na prut pro posouzení rámu jako celku.

V tabulkovém výstupu si můžeme všimnout, že počty i polohy řezů, ve kterých se počítá potřebná výztuž, jsou programem určeny automaticky (jedná se o stejné řezy, ve kterých se zobrazují výsledky výpočtu). Uživatel definuje v *Nastavení řešiče* jen *Počet řezů na průměrném prutu*, což je pro program pouze minimální hodnota, obvykle jich uvažuje více. Pro návrh výztuže je vhodnější, aby pořadnice řezů tvořila rozumně zaokrouhlená čísla (určitě zaokrouhlená na jednotky centimetrů, ideálně na desítky centimetrů), abychom mohli jednoduše odečítat polohy a délky jednotlivých prutů (lze je samozřejmě dopočítat i z nezaokrouhlených souřadnic řezů, případně je odměřit pomocí příkazu *Výpis souřadnice vybraného bodu*, to je ale pracnější postup).

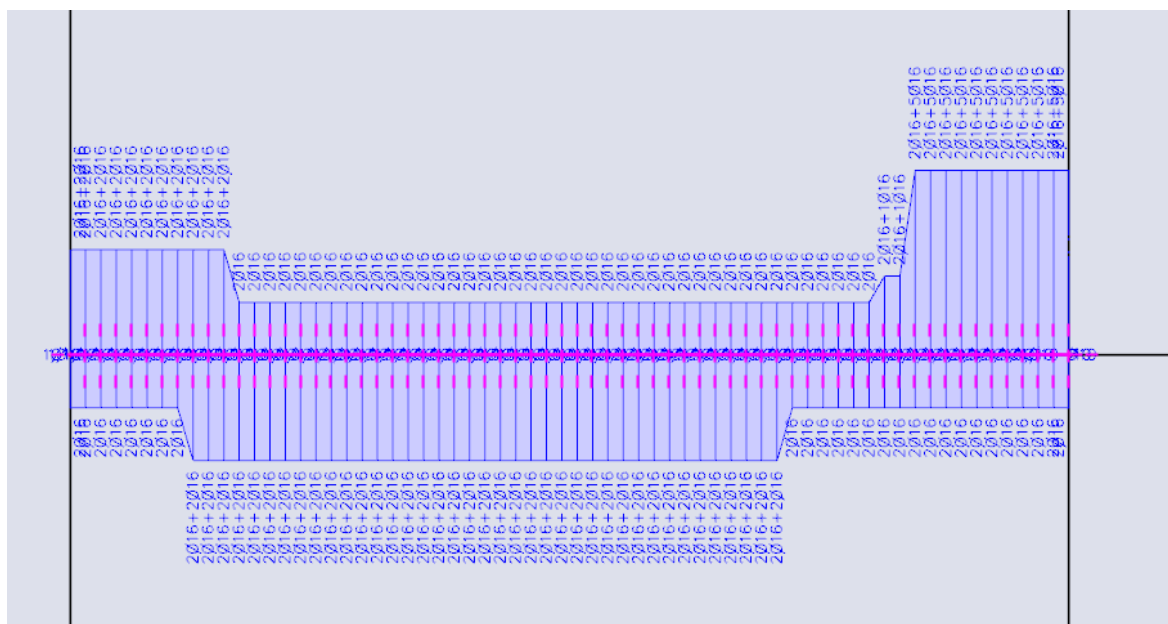
Vložení řezů na prut si ukážeme pro levou spodní příčel. Přes *Zadávací panel* → *Konstrukce* → *Okrajové podmínky* → *Řez na 1D* → otevře se příslušné okno, ve kterém zadáme řezy po 0,5 m.



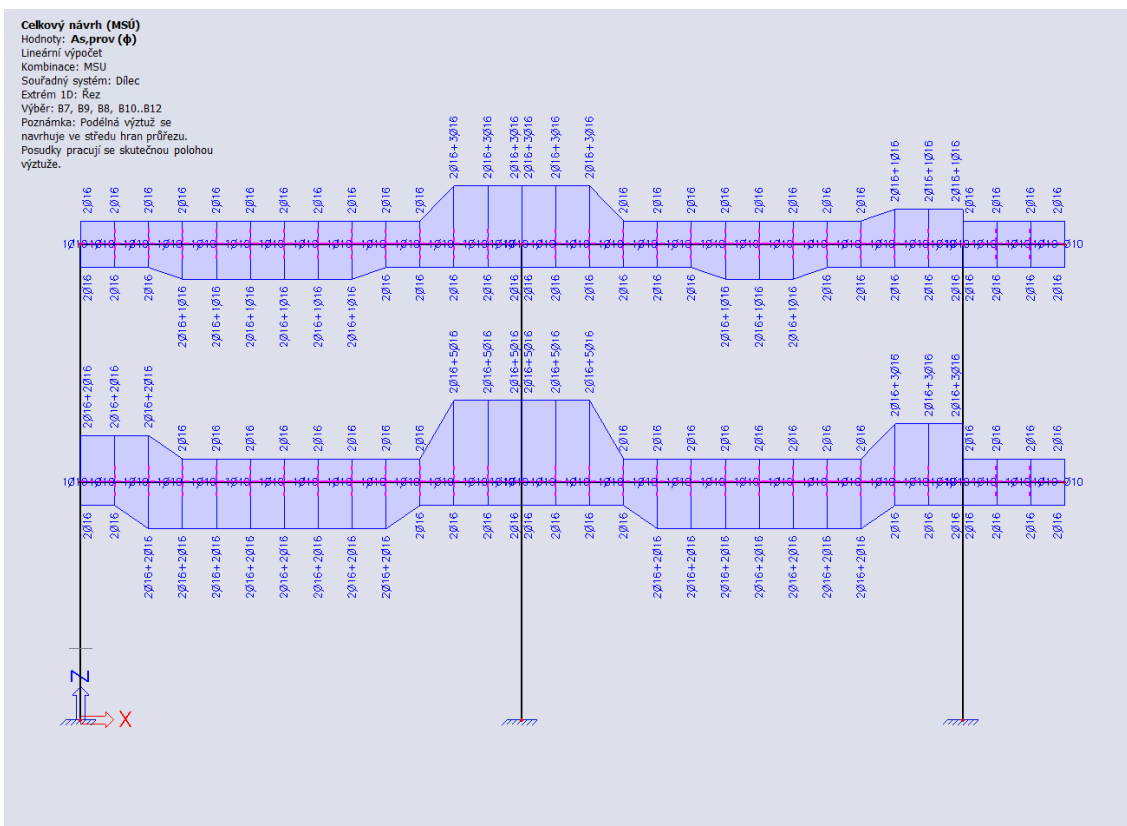
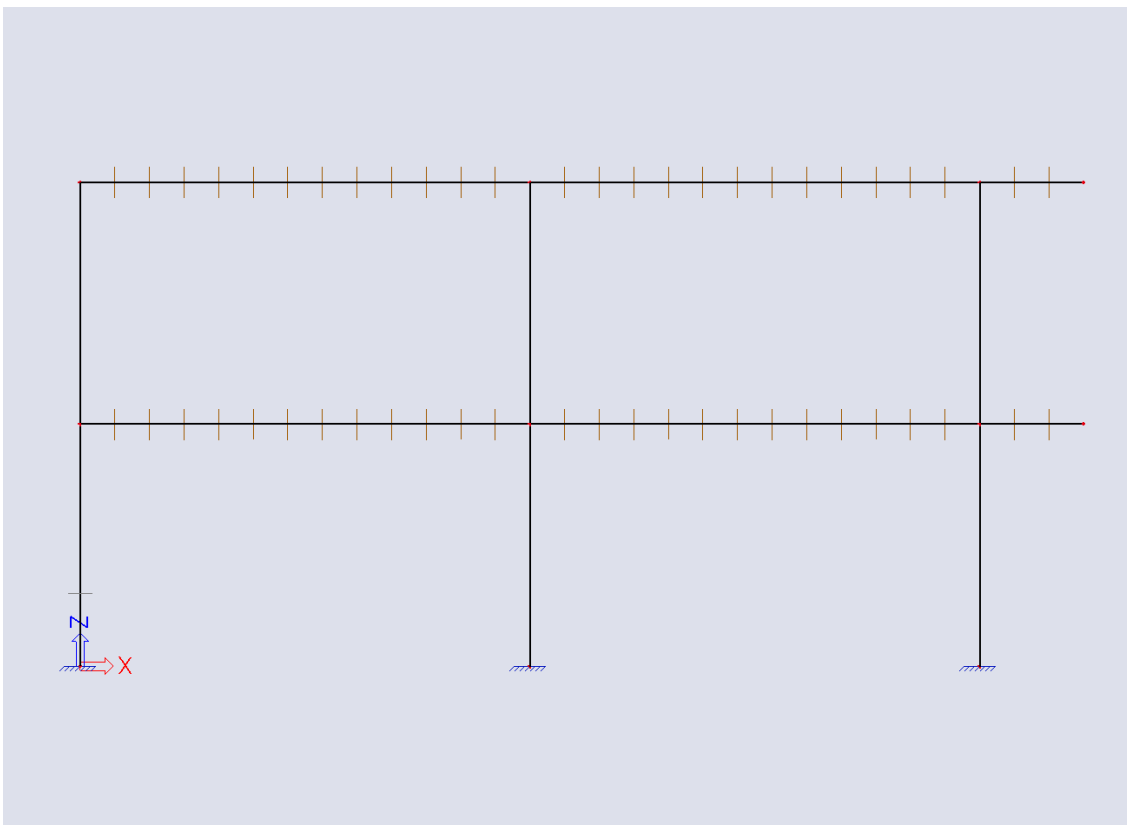




Takto vykreslená požadovaná výztuž je ideální pro pozdější uživatelské zadání výztuže na prut. Samozřejmě není problém vykreslit rozložení výztuže podrobněji (např. po 10cm vzdálenostech, viz níže), ale pro naše účely je to zbytečné.



Zadáme řezy po 50cm vzdálenostech na všechny části přičlí a vykreslíme požadovanou výztuž.

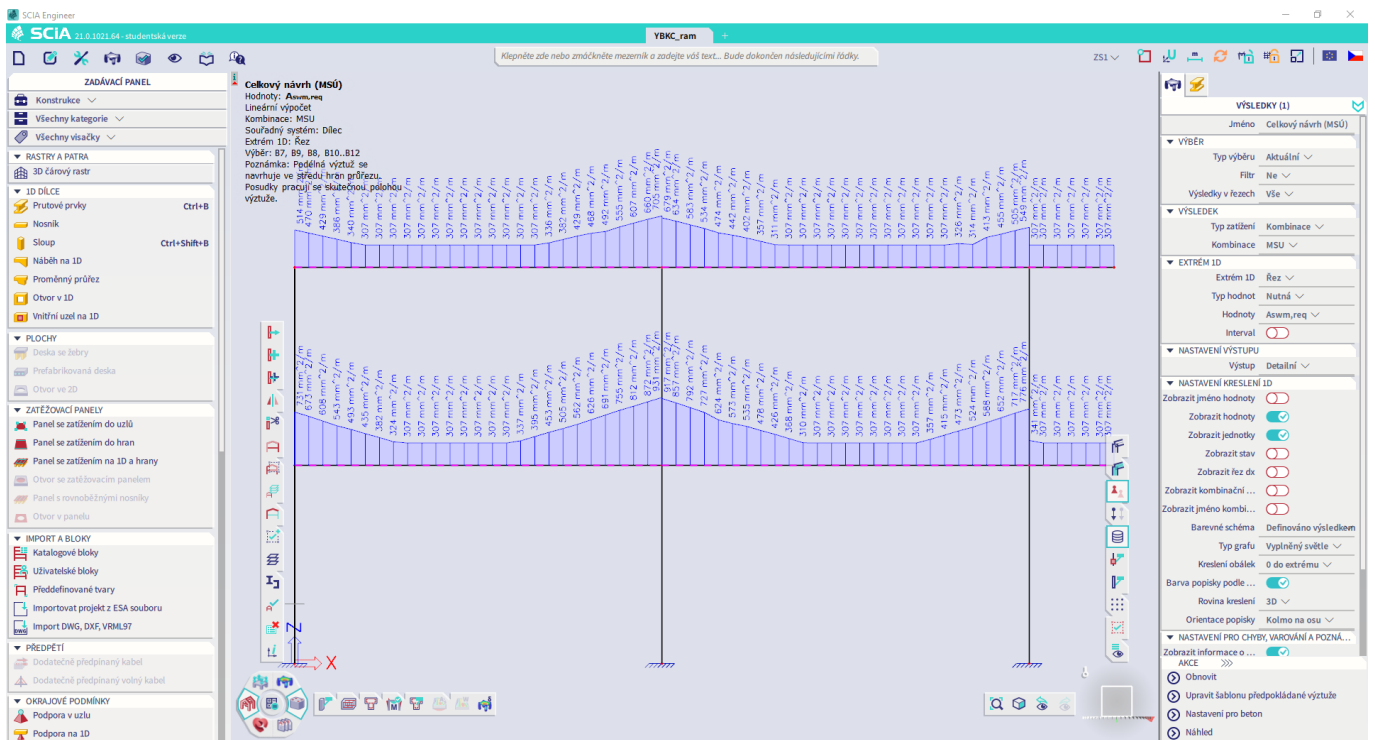


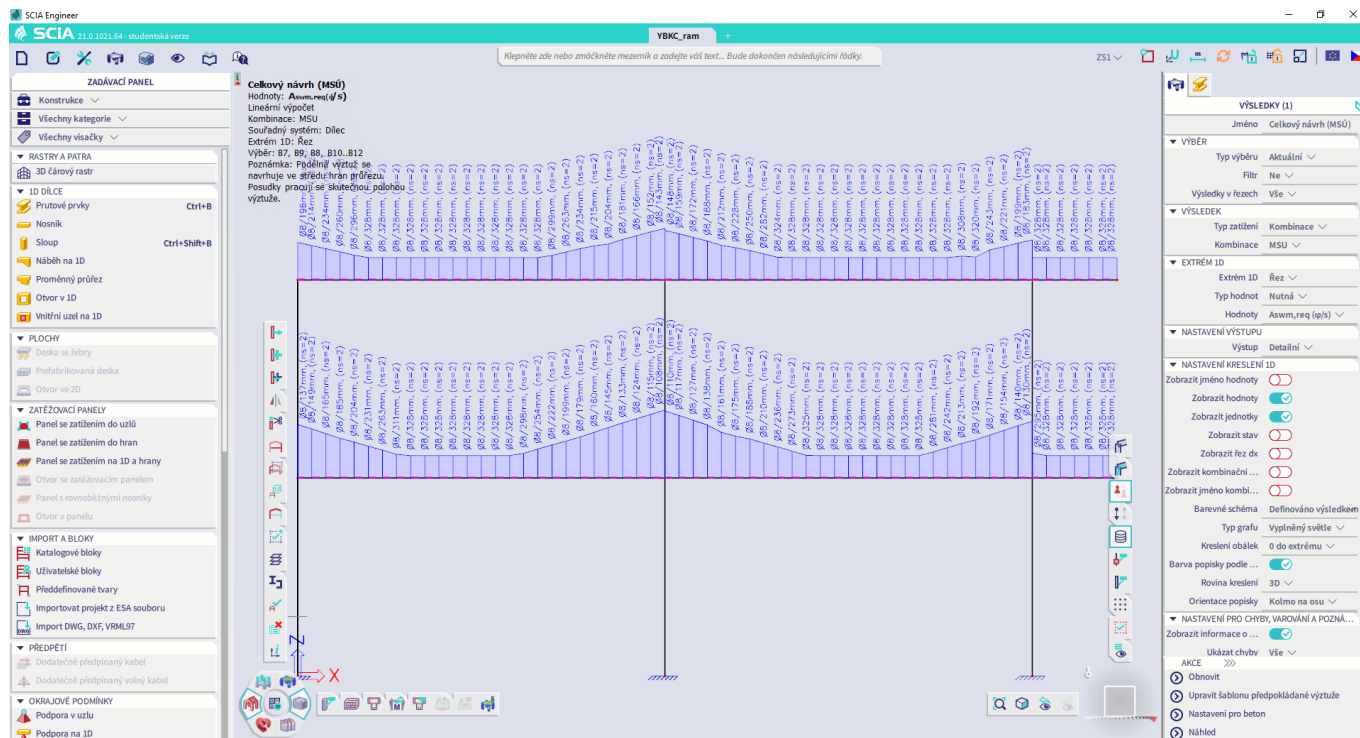
7.6.2 Třmínky

Obdobně jako u podélné výztuže zobrazíme požadovanou plochu třmínků $As_{wm,req}(\phi)$ a tu následně přepočítáme na požadované vzdálenosti třmínků ($Hodnoty \rightarrow As_{wm,req}(\phi, s)$).

Smyková výztuž vychází poměrně hustá – u střední podpory po cca 110 mm. Zřejmě by bylo vhodné změnit profil na 10 mm, ale necháme to takto.

Při výuce probereme protokol o výpočtu smykové výztuže. Ukážeme si, že konstantní hodnota ve střední části příčlí vychází z konstrukčních zásad (minimální plocha smykové výztuže).





7.7 Beton – Návrh výztuže sloupů

7.7.1 Podélná výztuž

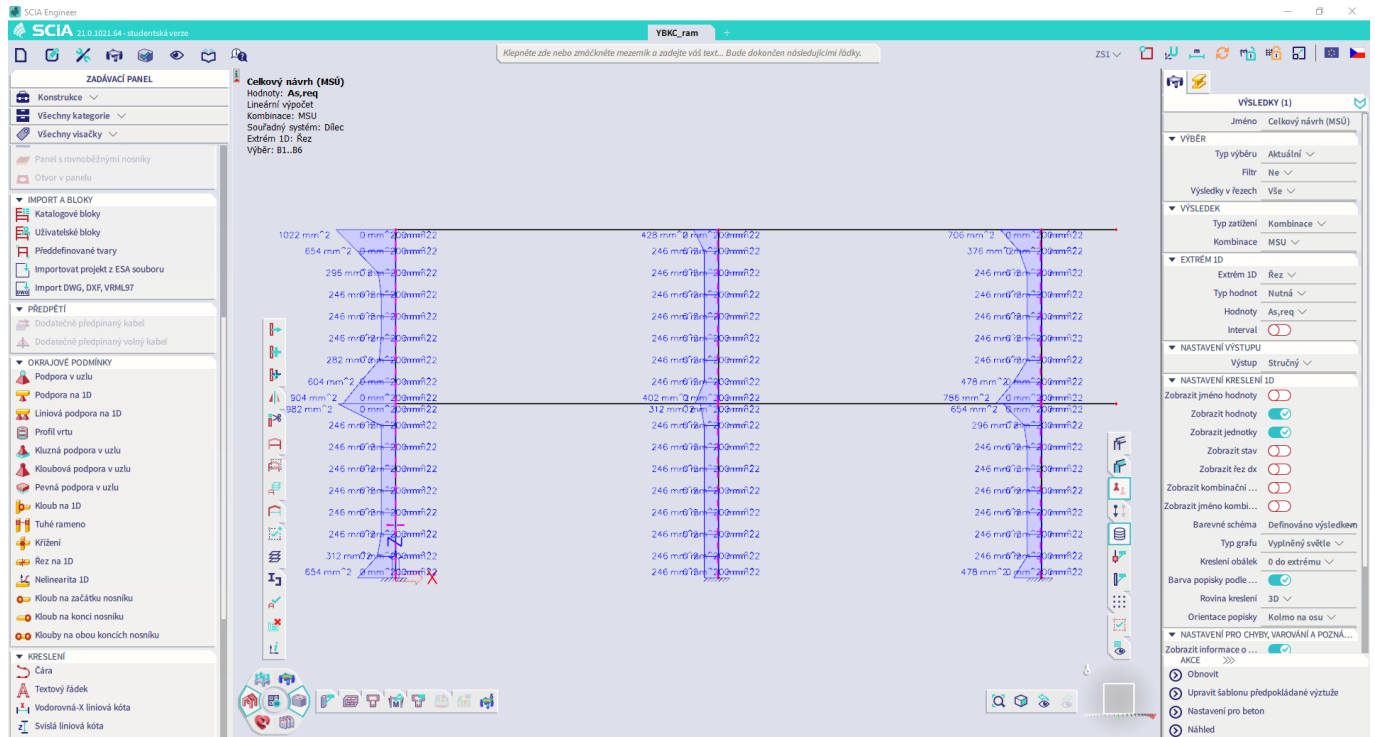
Stejně jako u přičle, na horní liště vybereme *Návrh* → *Beton 1D* → *Návrh výztuže 1D*. V pravém panelu (*VÝSLEDKY* → *AKCE*) vybereme záložku *Nastavení pro beton*. Otevře se nám dialogové okno, ve kterém v části *Sloup*, buď zrušíme zaškrtnutí políčka *Použít šablonu předpokládané výztuže* nebo tuto variantu ponecháme zapnutou. Opět máme dvě možnosti, jak postupovat, obdobně jako u přičle – více viz kapitola 7.6.

Popis	Symbol	Hodnota	Výchozí	Jed...	Kapitola	Norma	Konstr...	Typ pos...
<vše>	<vše>	<vše>	<vše>	<...>	<vše>	<vše>	<vše>	Výchoz X
Průměr	d _d	10,0	10,0	mm		EN 1992-1-1	Deskový ...	Výchozí ...
Sloup								
Návrh předpokládané výztuže		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				Nezávislé	Sloup
Obdélníkový průřez	Column_...		Column_...				Nezávislé	Sloup
Kruhový	Column_...		Column_...				Nezávislé	Sloup
Ovál	Column_...		Column_...				Nezávislé	Sloup
Jiný a obecný	Column_...		Column_...				Nezávislé	Sloup
Podélná								
Hlavní (m)								
Typ krytí		Auto	Auto		4.4.1	EN 1992-1-1	Sloup	Výchozí ...
Průměr	d _{s,m}	16,0	16,0	mm		EN 1992-1-1	Sloup	Výchozí ...
Konstrukční úprava (det)								
Průměr	d _d	10,0	10,0	mm		EN 1992-1-1	Sloup	Výchozí ...
Třmínky (sw)								
Průměr	d _{ss}	8,0	8,0	mm		EN 1992-1-1	Sloup	Výchozí ...
Počet stříhů	n _s	2,0	2,0				Nezávislé	Sloup
Minimální krytí								
Návrhová životnost		50,00	50,00	rok	4.4.1.2(5), t...	EN 1992-1-1	Vše (Nos...	Výchozí ...

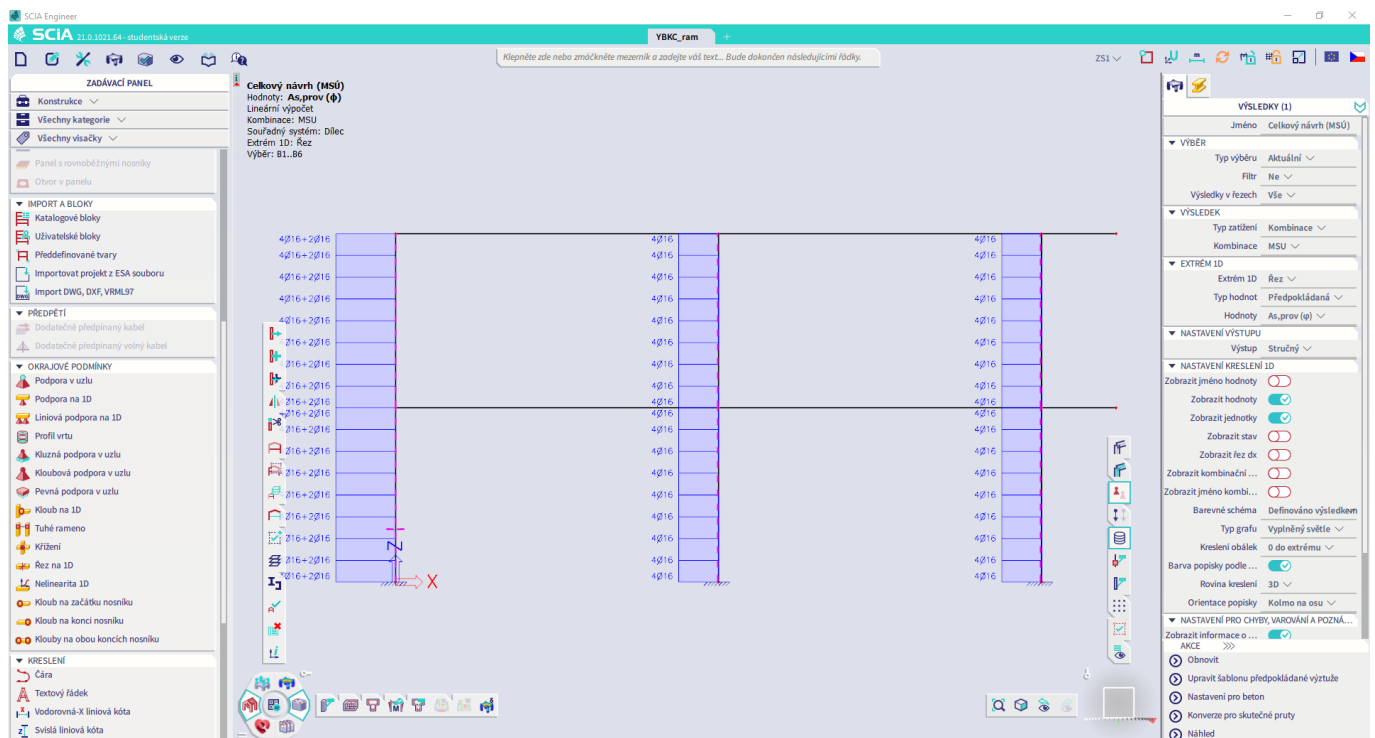
Popis	Symbol	Hodnota	Výchozí	Jed...	Kapitola	Norma	Konstr...	Typ pos...
<vše>	<vše>	<vše>	<vše>	<...>	<vše>	<vše>	<vše>	Výchoz X
Průměr	d _d	10,0	10,0	mm		EN 1992-1-1	Deskový ...	Výchozí ...
Sloup								
Návrh předpokládané výztuže		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				Nezávislé	Sloup
Podélná								
Hlavní (m)								
Typ krytí		Auto	Auto		4.4.1	EN 1992-1-1	Sloup	Výchozí ...
Průměr	d _{s,m}	16,0	16,0	mm		EN 1992-1-1	Sloup	Výchozí ...
Konstrukční úprava (det)								
Průměr	d _d	10,0	10,0	mm		EN 1992-1-1	Sloup	Výchozí ...
Třmínky (sw)								
Průměr	d _{ss}	8,0	8,0	mm		EN 1992-1-1	Sloup	Výchozí ...
Počet stříhů	n _s	2,0	2,0				Nezávislé	Sloup
Minimální krytí								
Návrhová životnost		50,00	50,00	rok	4.4.1.2(5), t...	EN 1992-1-1	Vše (Nos...	Výchozí ...
Riziko koroze nebo napadení								
Koroze způsobená karbonatácí	XC2		XC3		4.4.1.2(5)	EN 1992-1-1	Vše (Nos...	Výchozí ...
Koroze způsobená chloridy	Zádná		Zádná		4.4.1.2(5)	EN 1992-1-1	Vše (Nos...	Výchozí ...
Koroze způsobená působením mořské vody	Zádná		Zádná		4.4.1.2(5)	EN 1992-1-1	Vše (Nos...	Výchozí ...

Pro sloup se defaultně uvažuje profil 16 mm pro hlavní výztuž, profil 8 mm pro třmínky (dvoustřížné) a krytí se stanoví automaticky. Prozatím to tak ponecháme.

Stejně jako pro příčle provedeme návrh výztuže (výpočet *Nutné výztuže*).



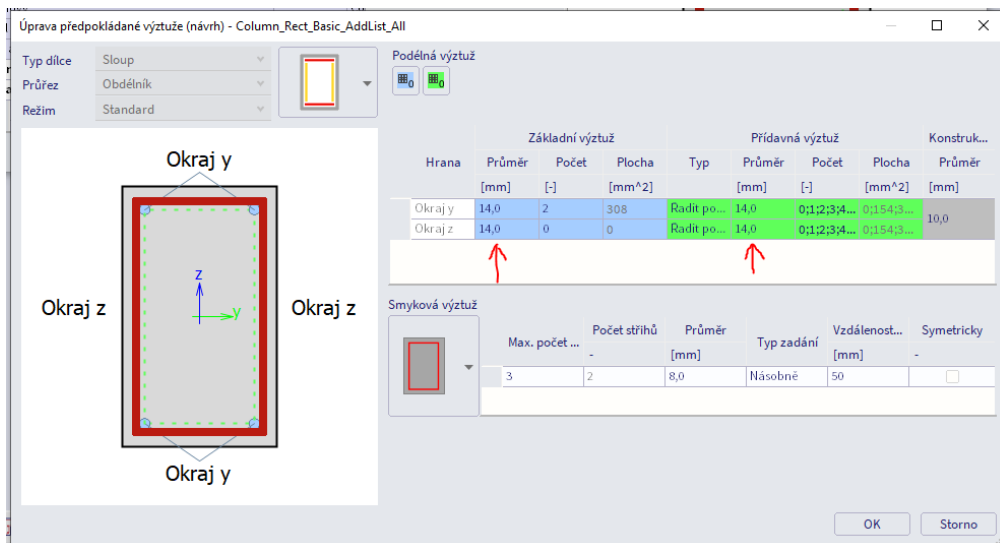
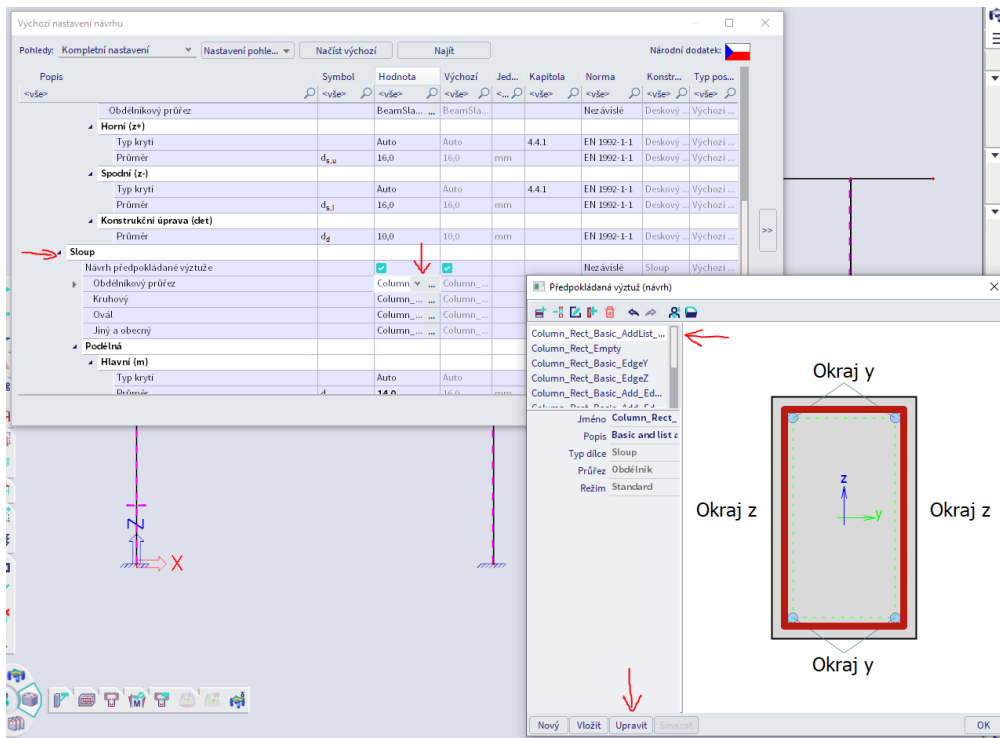
Vykreslíme si též počet profilů *Předpokládané výztuže*.



Z obrázků je zřejmé, že u dvou sloupů postačí 4 pruty (rohové), dokonce by na mnoha místech postačovalo i méně výztuže, 4 pruty jsou nutné jen kvůli dodržení konstrukčních zásad.

Při výkladu si podrobněji projdeme *Výstup* a prozkoumáme, proč to vychází tak, jak to vychází (např. proč vychází v levém sloupu více výztuže než ve zbývajících sloupech).

Ve *Výchozím nastavení návrhu* (pravá nabídka → Nastavení pro beton → Sloup → Obdélníkový průřez → „typ průřezu“ → Upravit) upravíme profil hlavní výztuže sloupu na 14 mm. Vložíme na sloupy řezy po 25cm vzdálenostech, aby se nám dobře navrhovala výztuž.



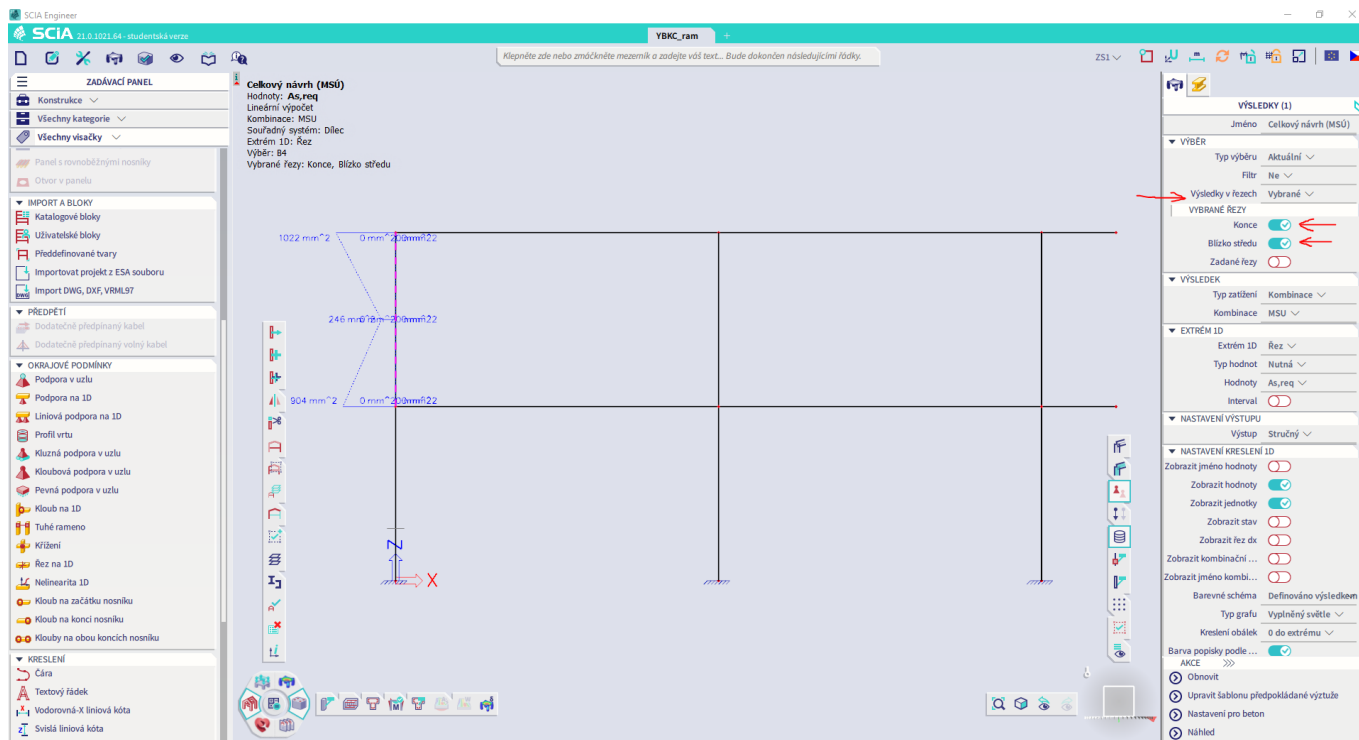


Poznámka:

Zobrazení / skrytí čar, které značí jednotlivé řezy provedeme pomocí kliknutí na pravé tlačítko do plochy modelu → Parametry zobrazení pro všechny entity → Řezy → Prutové dílce.

Dále si ukážeme možnost zobrazení *Výsledků v řezech* → možnost *Vše* nebo *Vybrané*.





Celkový návrh (MSÚ)

Lineární výpočet

Kombinace: MSU

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Řez

Výběr: B4

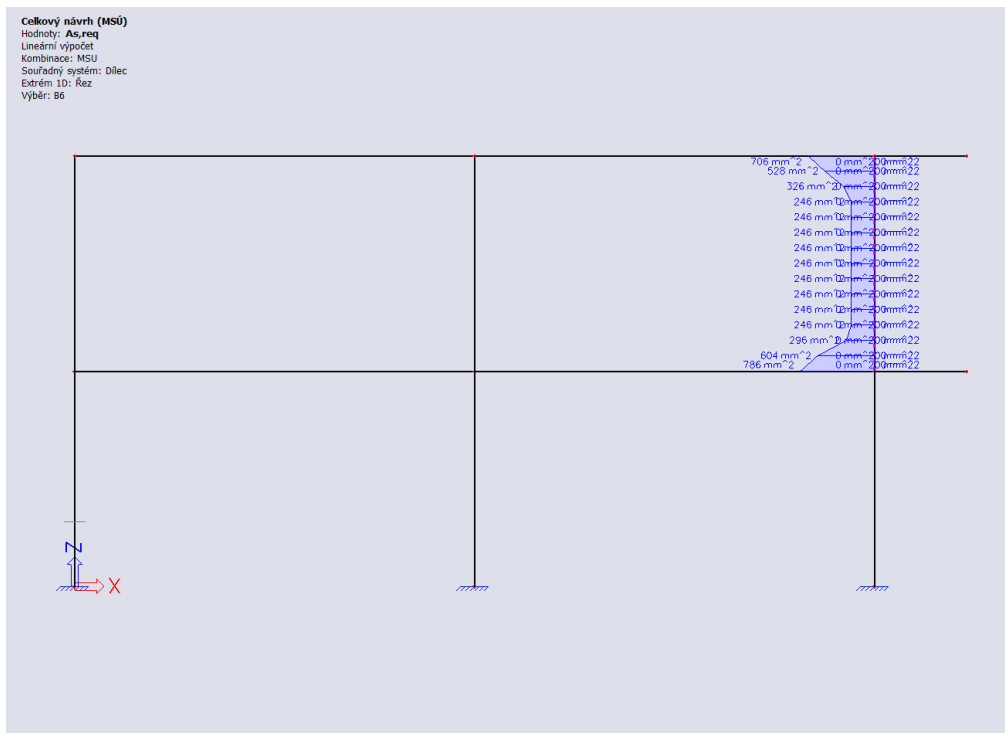
Vybrané řezy: Konce, Blízko středu

Podélná nutná výztuž

Jméno	dx [m]	Stav	Member	$A_{sz, req+}$ [mm ²]	$A_{sz, req-}$ [mm ²]	$A_{sy, req+}$ [mm ²]	$A_{sy, req-}$ [mm ²]	$A_{sz, req}$ [mm ²]	$A_{sy, req}$ [mm ²]	$A_{s, req}$ [mm ²]
B4	0,000	MSU	Sloup	904	0	0	0	904	0	904
B4	1,750-	MSU	Sloup	246	0	0	0	246	0	246
B4	1,750+	MSU	Sloup	246	0	0	0	246	0	246
B4	3,500	MSU	Sloup	1022	0	0	0	1022	0	1022

Pozor na to, že výztuž $A_{sz, req+}$ odpovídá momentu M_{Edy} a naopak. To, jestli se uvádí požadovaná výztuž po jedné nebo po obou stranách sloupu, souvisí s typem návrhu – zda se výztuž navrhuje dle staticky nutné plochy (viz následující obrázky) nebo jen dle konstrukčních zásad (plocha je vykreslena pro každou stranu zvlášť – bude ukázáno při výuce). V obou případech se však jedná o celkovou plochu výztuže.





Celkový návrh (MSÚ)

Lineární výpočet
 Kombinace: MSU
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Řez
 Výběr: B6

Podélná nutná výztuž

Jméno	dx [m]	Stav	Member	$A_{s,req+}$ [mm ²]	$A_{s,req-}$ [mm ²]	$A_{sy,req+}$ [mm ²]	$A_{sy,req-}$ [mm ²]	$A_{sz,req}$ [mm ²]	$A_{sy,req}$ [mm ²]	$A_{s,req}$ [mm ²]
B6	0,000	MSU	Sloup	786	0	0	0	786	0	786
B6	0,250-	MSU	Sloup	604	0	0	0	604	0	604
B6	0,250+	MSU	Sloup	604	0	0	0	604	0	604
B6	0,500-	MSU	Sloup	296	0	0	0	296	0	296
B6	0,500+	MSU	Sloup	296	0	0	0	296	0	296
B6	0,750-	MSU	Sloup	246	0	0	0	246	0	246
B6	0,750+	MSU	Sloup	246	0	0	0	246	0	246
B6	1,000-	MSU	Sloup	246	0	0	0	246	0	246
B6	1,000+	MSU	Sloup	246	0	0	0	246	0	246
B6	1,250-	MSU	Sloup	246	0	0	0	246	0	246
B6	1,250+	MSU	Sloup	246	0	0	0	246	0	246
B6	1,500-	MSU	Sloup	246	0	0	0	246	0	246
B6	1,500+	MSU	Sloup	246	0	0	0	246	0	246
B6	1,750-	MSU	Sloup	246	0	0	0	246	0	246
B6	1,750+	MSU	Sloup	246	0	0	0	246	0	246
B6	2,000-	MSU	Sloup	246	0	0	0	246	0	246
B6	2,000+	MSU	Sloup	246	0	0	0	246	0	246
B6	2,250-	MSU	Sloup	246	0	0	0	246	0	246
B6	2,250+	MSU	Sloup	246	0	0	0	246	0	246
B6	2,500-	MSU	Sloup	246	0	0	0	246	0	246
B6	2,500+	MSU	Sloup	246	0	0	0	246	0	246
B6	2,750-	MSU	Sloup	246	0	0	0	246	0	246
B6	2,750+	MSU	Sloup	246	0	0	0	246	0	246
B6	3,000-	MSU	Sloup	326	0	0	0	326	0	326
B6	3,000+	MSU	Sloup	326	0	0	0	326	0	326
B6	3,250-	MSU	Sloup	528	0	0	0	528	0	528
B6	3,250+	MSU	Sloup	528	0	0	0	528	0	528
B6	3,500	MSU	Sloup	706	0	0	0	706	0	706



Vybrané části z *Detailního výstupu*:

Podélná výztuž

	Základní	Přídavná	Konstrukční záady	$A_{s,Ed}$ [mm ²]	$A_{s,min}$ [mm ²]	$A_{s,req}$ [mm ²]	$A_{s,prov}$ [mm ²]	$A_{s,max}$ [mm ²]	s_{min} [mm]	s_{max} [mm]	Stav
[1]	2φ14	1φ14	---	393	123	393	462	2450	116	130	OK
									≥21	≤350	
[2]	---	---	---	0	0	0	0	0	246	260	OK
									≥21	≤350	
[3]	2φ14	1φ14	---	393	123	393	462	2450	116	130	OK
									≥21	≤350	
[4]	---	---	---	0	0	0	0	0	246	260	OK
									≥21	≤350	
ΣY	4φ14	2φ14	---			786	924				
ΣZ	---	---	---			0	0				
Σ	4φ14	2φ14	---			786	924				

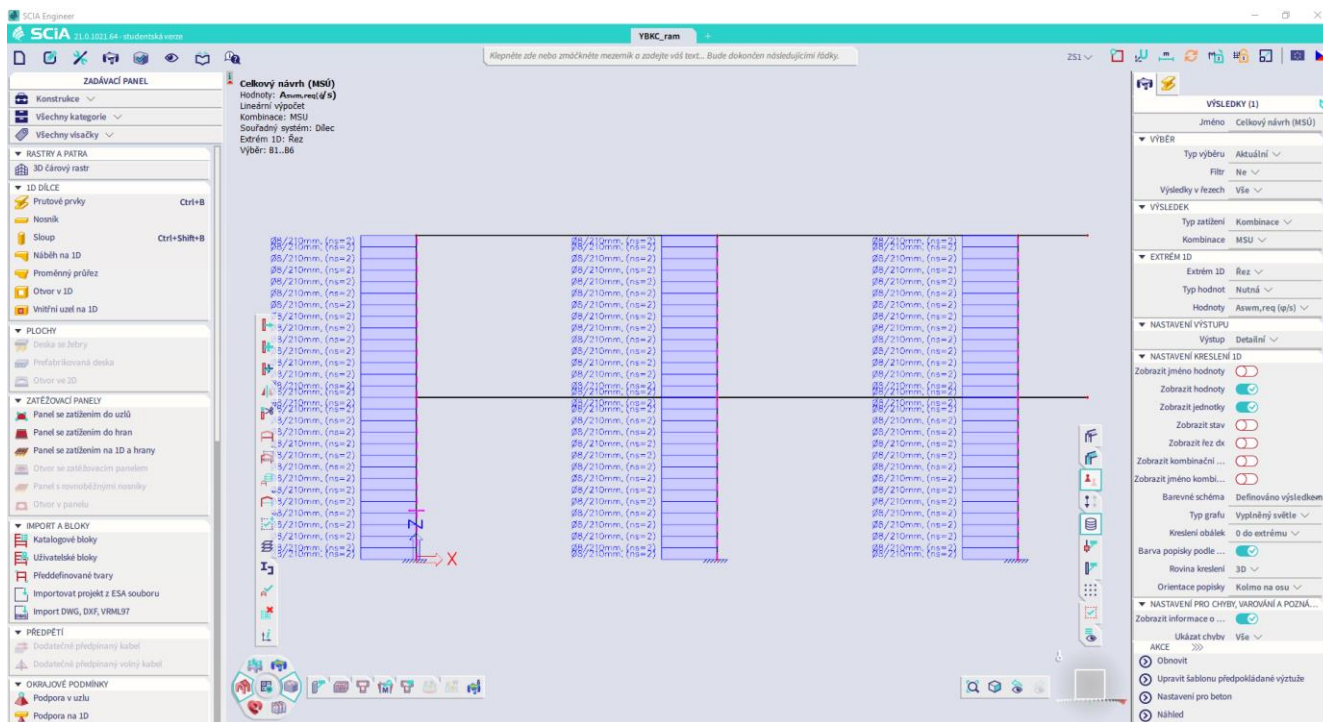
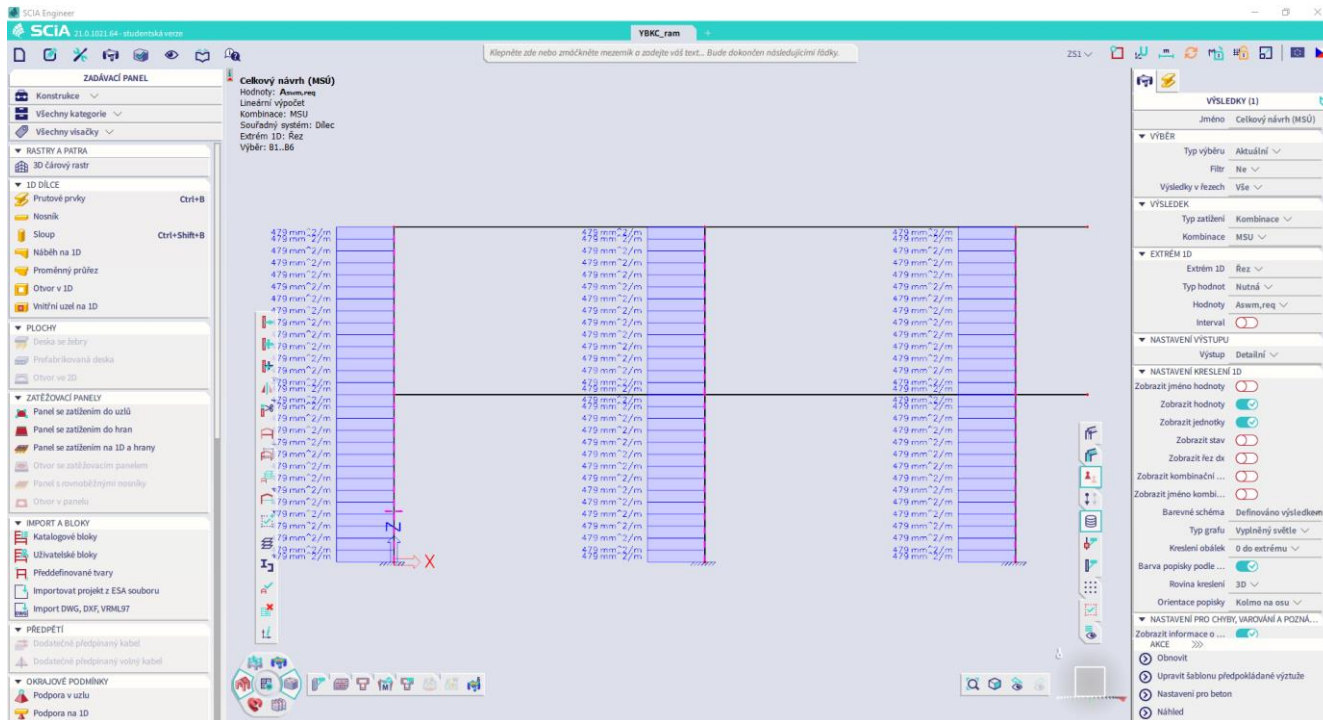
Vstupní síly pro návrh MSÚ

Index	Kombinační klíč	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]
1	1.35*ZS1+1.35*ZS2+1.50*ZS5+1.50*ZS6+1.50*ZS10	-188	-12.5	0
2	1.35*ZS1+1.35*ZS2+1.50*ZS3+1.50*ZS4+1.50*ZS7+ 1.50*ZS8+1.50*ZS9	-247	-82.6	0
3	1.35*ZS1+1.35*ZS2	-197	-34.9	0
4	1.35*ZS1+1.35*ZS2+1.50*ZS4+1.50*ZS7+1.50*ZS9	-231	-70.7	0
5	1.35*ZS1+1.35*ZS2+1.50*ZS3+1.50*ZS5+1.50*ZS6+ 1.50*ZS8+1.50*ZS10	-204	-10.4	0
6	1.35*ZS1+1.35*ZS2+1.50*ZS3+1.50*ZS5+1.50*ZS8+ 1.50*ZS10	-206	-9.95	0
7	1.35*ZS1+1.35*ZS2+1.50*ZS4+1.50*ZS6+1.50*ZS7+ 1.50*ZS9	-228	-71.2	0
8	1.35*ZS1+1.35*ZS2+1.50*ZS3+1.50*ZS5+1.50*ZS10	-191	-10.6	0
9	1.35*ZS1+1.35*ZS2+1.50*ZS4+1.50*ZS6+1.50*ZS7+ 1.50*ZS8+1.50*ZS9	-243	-70.6	0

Posouzení výztuže sloupů si ještě podrobněji probereme během výuky.

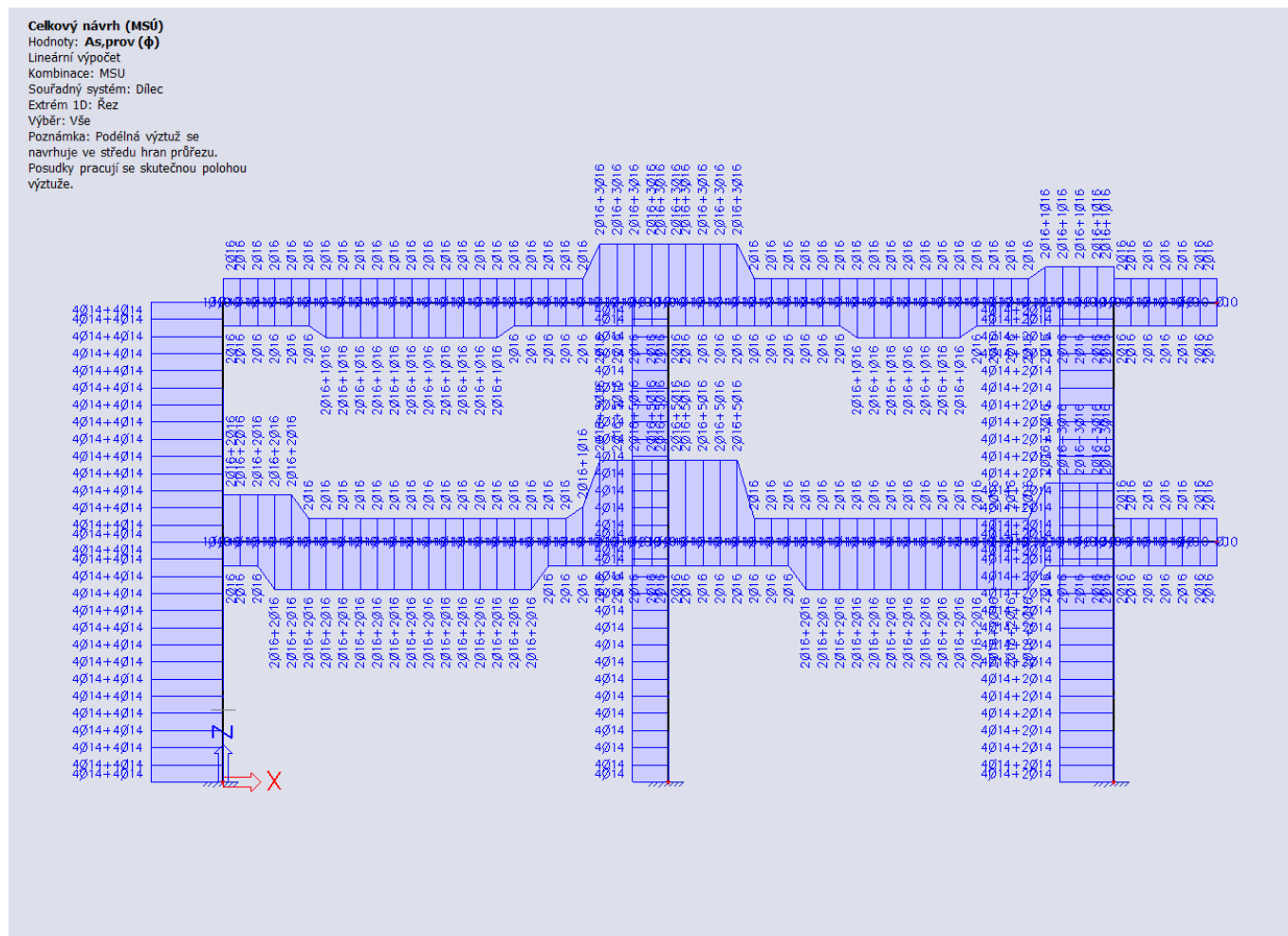
7.7.2 Třmínky

Obdobně jako u podélné výztuže zobrazíme požadovanou plochu třmínků $As_{wm,req}(\phi)$ a tu následně přepočítáme na požadované vzdálenosti třmínků ($Hodnoty \rightarrow As_{wm,req}(\phi, s)$).

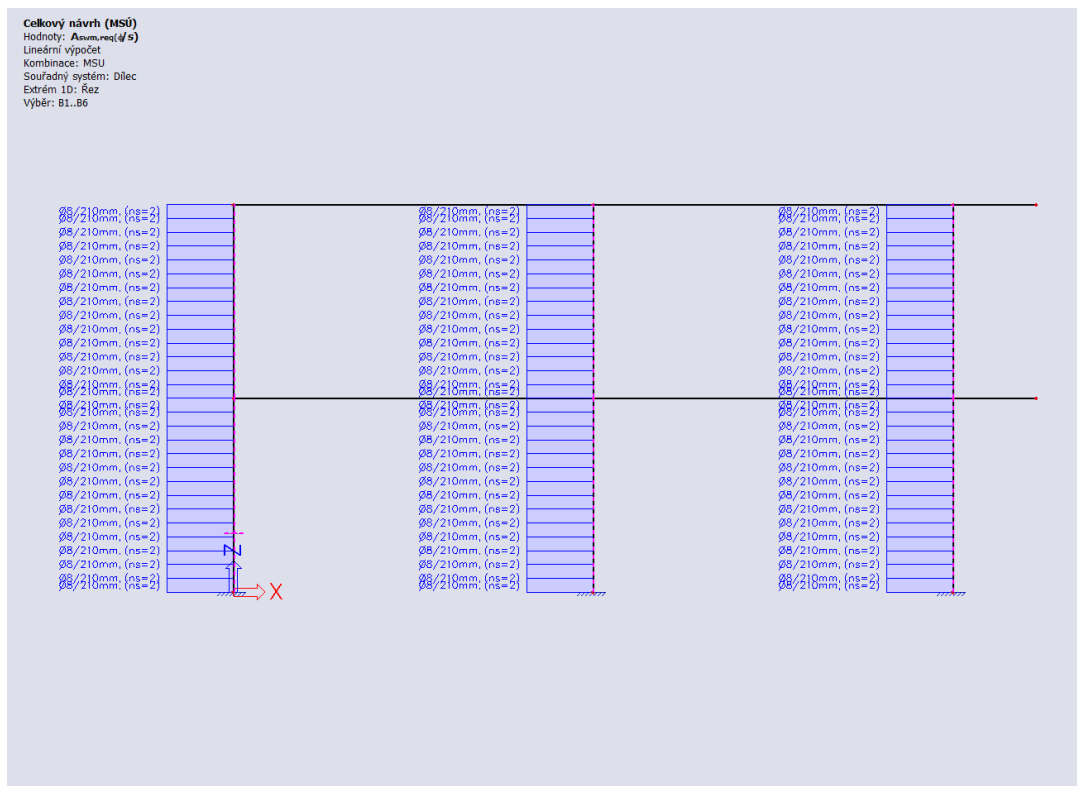
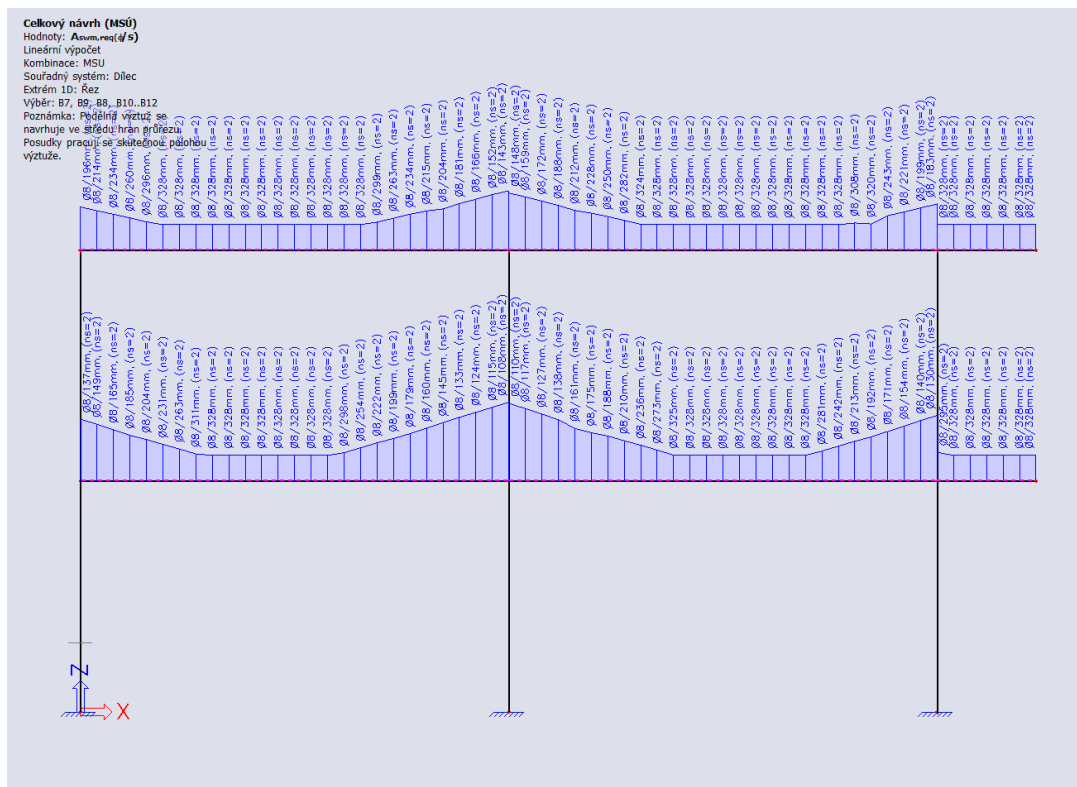


Vidíme, že pro sloupy postačují všude třmínky profilu 8 mm po vzdálenosti 210 mm.

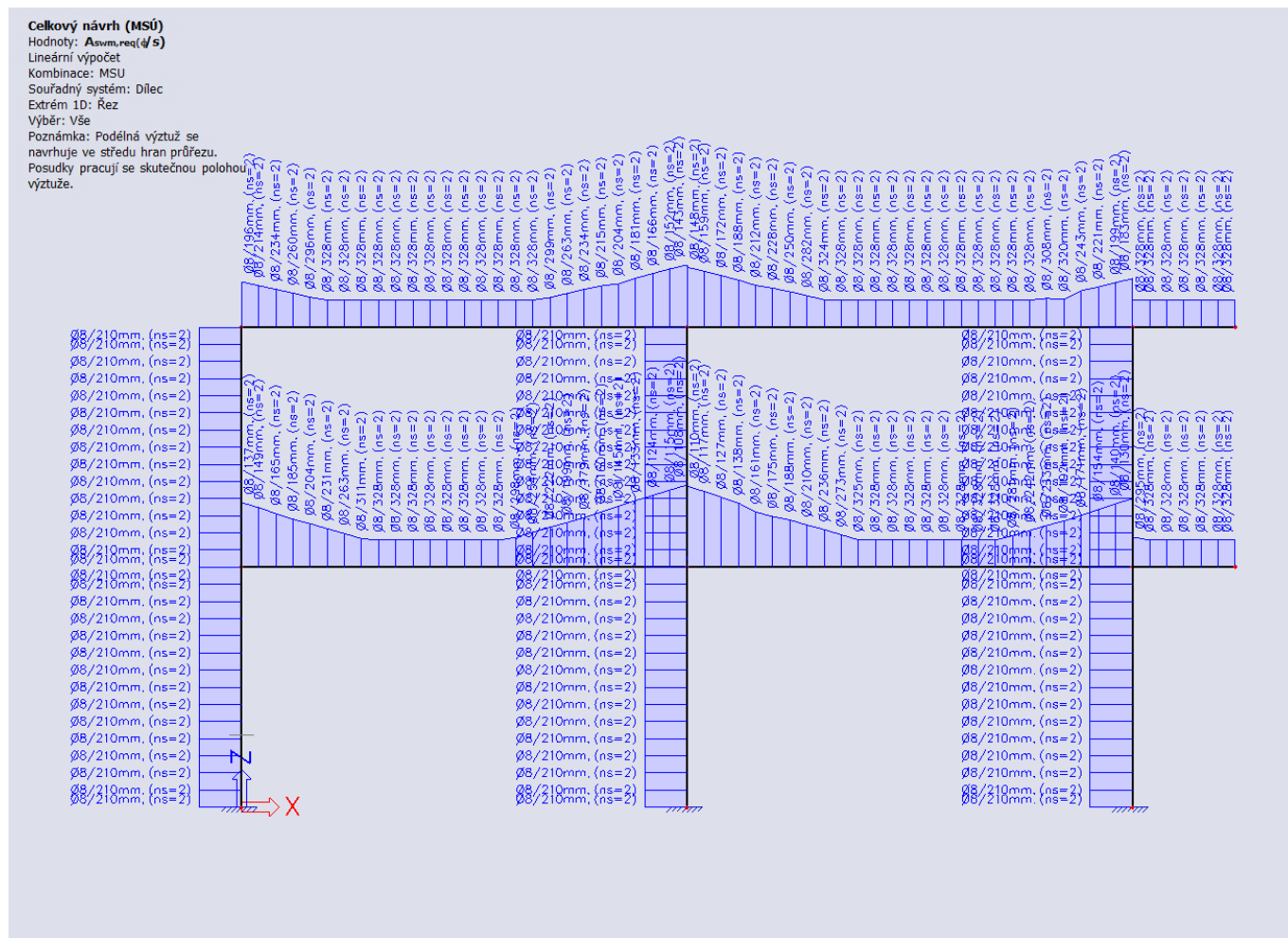
Pro prvky modelované vcelku to vychází stejně. Ukážeme si při výuce.



7.8.2 Třmínky



Pro prvky modelované vcelku to opět vychází stejně. Ukážeme si při výuce.



8 Posouzení MSÚ ve vybraných řezech

Po předchozím návrhu výztuže bychom mohli přejít k položce *VÝZTUŽ V BETONU* → „zadat požadovanou výztuž“ (ruční zadání výztuže) pro celý rám. Už v této fázi si ale můžeme ukázat posouzení vybraných průřezů, viz [1]. Jelikož si chceme ukázat posouzení včetně nastavení výztuže, vypneme v nastavení pro beton *Návrh předpokládané výztuže*.

V kruhové nabídce vybereme *CONCRETE (Beton)* → *POSUDEK ODEVZDY PODLE MSÚ* → *POSUDEK ODEVZDY PODLE MSÚ (případně přímo VÝSLEDKY POSUDKU V ŘEZU – ukážeme si později)*. Zde si ukážeme *Únosnost průřezu – metoda mezních přetvoření (MSÚ)* pro posouzení průřezů nosníku a *Únosnost průřezu – interakční diagram (MSÚ)* pro posouzení průřezů sloupu.

8.1 Posouzení průřezů příčle: *Únosnost průřezu – metoda mezních přetvoření (MSÚ)*

Nejprve vybereme *Únosnost průřezu – metoda mezních přetvoření (MSÚ)*. V tabulce vlastností zadáme kombinaci *MSU*. V pravé nabídce Akce vybereme *Posudek řezu* a vybereme levou spodní příčel. Vybereme průřez ve středu nosníku (řez 25). Objeví se okno s posudkem, ve kterém vidíme, že průřez nevyhoví. Musíme tam nejprve nastavit výztuž, kterou chceme, aby to posoudilo.

Posudek

Jméno	Hodnota	Status
Vnitřní síly (posudek)		
Posouzení kapacity - odevza (MSU)	3,00	✖
Posouzení kapacity - diagram		
Smyk + kroucení (MSU)		
Omezení napětí (MSP)		
Šířka trhlin (MSP)		
Průhyb (MSP)		
Konstrukční zásady		
Extrém		
Jméno	Hodnota	Status
MSU/2 (ULS)	3,00	✖
MSU/3 (ULS)	3,00	✔
MSU/7 (ULS)	3,00	✔
MSU/10 (ULS)	3,00	✔
MSU/1 (ULS)	1,00	✔
MSU/5 (ULS)	0,95	✔
MSU/16 (ULS)	0,86	✔

Shrnutí posudku

Typ komponenty	Vláčno / prut	ϵ_{acc}	σ_{acc} [MPa]	Posouzení přetvoření [-]	Posouzení napětí [-]	Jed. pos. [-]	Limit [-]	Stav
Beton	0	0	0	3,00	3,00	3,00	1	Nevyh.
Výztuž	0	0	0	3,00	3,00			

Zadáme ohybovou a smykovou výztuž dle předchozího návrhu (ohybová výztuž u spodního povrchu **4 ϕ 16 mm**, třmínky **ϕ 8 mm po 325 mm**), dále krytí ($c = 30$ mm) a u horní výztuže (zadáme **2 ϕ 16 mm**) můžeme vyzkoušet rozdíl mezi tím, když se uvažuje, nebo neuvažuje jako konstrukční.



Rez SC1
 ČSN EN 1992-1-1/NA: 2011-07
 Délka prvku: L = 6.5 m
 Vzpěr y-y: L_y = 4.02 m (neposuvný)
 Vzpěr z-z: L_z = 6.5 m (neposuvný)

Obdélník (650; 350)
 Nosník B7 [dx = 3.25 m]
 Beton: C30/37
 Třída prostředí: XC2

Podélná výztuž: B 500B
 Biliineární s nakloněnou horní větví
 6φ16 mm (A_s = 1206 mm²)
 ρ_s = 0.530 % (9.47 kg/m)

Smyková výztuž: B 500B
 Biliineární s nakloněnou horní větví
 φ8/325 mm (n_s = 2) (A_{sw} = 101 mm²)
 ρ_{sw} = 0.136 % (2.43 kg/m) (A_{sw,lim} = 309 mm²/m)

Krytí (tříněk)
 Horní: 30 mm
 Spodní: 30 mm
 Levý: 30 mm
 Pravý: 30 mm

Konstrukční zásady	Norma	Jedn.	Vyp. hodn.	Pož. hodnota	Jed. pos. [-]	Posouzení
Minimální vzdálenost prutů výztuže	8.2(2)	[mm]	65	21	0.32	OK
Maximální vzdálenost prutů výztuže	Normové nezavísle	[mm]	558	350	1.59	Nevyh.
Minimální plocha tahové výztuže	9.2.1.1(1)	[mm ²]	804	319	0.4	OK
Maximální plocha výztuže	9.2.1.1(3)	[mm ²]	1206	9100	0.13	OK
Maximální vzdálenost prutů podle požadavků na kroucení	9.2.3(4)	[mm]	558	0	0	Vyp.

Vidíme, že nám nevychází posudek pro *Konstrukční zásady*. Program nám sděluje, že vzdálenost mezi pruty výztuže musí být maximálně 350 mm, ale nám vychází 558 mm. Podmínka však v tomto případě platí pro maximální vodorovnou vzdálenost mezi pruty tzn. nevadí nám, že je spodní výztuž vzdálena 558 mm od té horní. Přejdeme tedy do nastavení pro betonové konstrukce a vypneme kontrolu maximální vzdálenosti prutů.

Nastavení pro betonové konstrukce

Pohledy: Kompletní nastavení | Nastavení podle... | Načíst výchozí | Najít

Národní dodatek: [ČR]

Popis	Symbol	Hodnota	Výchozí	Jed.	Kapitola	Norma	Konstr...	Typ pos...
▶ Smyk								
▶ Kroucení								
▶ Omezení napětí								
▶ Síly pro vznik trhlin								
▶ Šířka trhlin								
▶ Průhyby								
▶ Konstrukční zásady								
▶ Nosník / Zebro								
▶ Podélná								
Kontrola minimální vzdálenosti prutů	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		8.2(2)	EN 1992-1-1	Nosník.Z...	Nastave...
Minimální vzdálenost vložek	<input type="checkbox"/>	% min	20	20	mm	8.2(2)	EN 1992-1-1	Nosník.Z...
Kontrola maximální vzdálenosti prutů	<input type="checkbox"/>					Nezávislé	Nosník.Z...	Nastave...
Kontrola maximální vzdálenosti prutů (kroucení)	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		9.2.3(4)	EN 1992-1-1	Nosník.Z...	Nastave...
Maximální vzdálenost prutů výztuže (kroucení)	<input checked="" type="checkbox"/>	% max	350	350	mm	9.2.3(4)	EN 1992-1-1	Nosník.Z...
Posoudit minimální plochu výztuže	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		9.2.1.1(1)	EN 1992-1-1	Nosník.Z...	Nastave...
Kontrolovat minimální plochu výztuže pro sekun...	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		9.2.1.1(1)	EN 1992-1-1	Nosník.Z...	Nastave...
Posoudit maximální plochu výztuže	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		9.2.1.1(3)	EN 1992-1-1	Nosník.Z...	Nastave...
▶ Třínky								
Kontrola minimálního rozměru okruž...	<input type="checkbox"/>				9.3(5)	EN 1000-1-1	Nosník.Z...	Nastave...

Vrátíme se k posudku (posudek si můžeme na horní liště uložit, abychom nemuseli hodnoty zadávat znovu).

Rez SC1
 Obdélník (650; 350)
 Nosník B7 (dx = 3.25 m)
 Beton: C30/37
 Bilinéární pracovní diagram
 Třída prostředí: XC2
 Podélná výztuž: B 500B
 Bilinéární s nakloněnou horní větví
 6̸16 mm ($A_s = 1206 \text{ mm}^2$)
 $\rho_s = 0.530 \%$ (9.47 kg/m)
 Smyková výztuž: B 500B
 Bilinéární s nakloněnou horní větví
 ̸8/325 mm ($n_s = 2$) ($A_{sw} = 101 \text{ mm}^2$)
 $\rho_{sw} = 0.136 \%$ (2.43 kg/m) ($A_{smin} = 309 \text{ mm}^2/\text{m}$)
 Krytí (třmíněk)
 Horní: 30 mm
 Spodní: 30 mm
 Levý: 30 mm
 Pravý: 30 mm

Konstrukční zásady	Norma	Jedn. hodn.	Vyp. hodn.	Pož. hodn.	Jed. pos. [-]	Posouzení
Minimální vzdálenost prutů výztuže	8.2(2)	[mm]	65	21	0.32	OK
Maximální vzdálenost prutů výztuže	Normové nezavíslé	[mm]	558	0	0	Vyp.
Minimální plocha tahové výztuže	9.2.1.1(1)	[mm ²]	804	319	0.4	OK
Maximální plocha výztuže	9.2.1.1(3)	[mm ²]	1206	9100	0.13	OK
Maximální vzdálenost prutů podle požadavků na kroucení	9.2.3(4)	[mm]	558	0	0	Vyp.

Vidíme, že teď už vše vychází. Můžeme přepnout do detailního zobrazení a posudek podrobně probrat.

Poznámka: Mezi jednotlivými částmi posudku přecházíme tak, že rozklikneme daný posudek v pravé nabídce a následně v prostřední části zvolíme Detailní.

Rez SC1
 Obdélník (650; 350)
 Nosník B7 (dx = 3.25 m)
 Beton: C30/37
 Bilinéární pracovní diagram
 Třída prostředí: XC2
 Podélná výztuž: B 500B
 Bilinéární s nakloněnou horní větví
 6̸16 mm ($A_s = 1206 \text{ mm}^2$)
 $\rho_s = 0.530 \%$ (9.47 kg/m)
 Smyková výztuž: B 500B
 Bilinéární s nakloněnou horní větví
 ̸8/325 mm ($n_s = 2$) ($A_{sw} = 101 \text{ mm}^2$)
 $\rho_{sw} = 0.136 \%$ (2.43 kg/m) ($A_{smin} = 309 \text{ mm}^2/\text{m}$)
 Krytí (třmíněk)
 Horní: 30 mm
 Spodní: 30 mm
 Levý: 30 mm
 Pravý: 30 mm

Vnitřní síly (MKP)
 Extrém: MSU/10 (LULS)
 Typ: Kombinace (lineární)
 Návrhová situace: Obálka - únosnost

Typ zatížení	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	V _x [kN]	V _y [kN]	M _z [kNm]
Vnitřní síly (MKP)	-17.2	181.4	0.0	0.0	-41.5	0.0

Obsah: 1.35°Z51 + 1.35°Z52 + 1.50°Z53 + 1.50°Z54 + 1.50°Z57 + 1.50°Z59

Redukce a úpravy
 Úprava vnitřních sil: Auto (jednoosový Y) (N = Ano, M_x = Ano, M_y = Ne, M_z = Ano, V_x = Ne, V_y = Ano)
 $\rho_{sw} < \rho_{sw,lim} = 0.1$ a $[M_x] = 181 \text{ kNm} > [M_x] = 0 \text{ kNm}$ a

Posouzení kapacity – odezva (MSÚ)

Detailní Posudek: Posouzení kapacity - odezva (MSÚ) Hodnota posudku: **0,92**

Řez SC1		Obdélník (650; 350)
ČSN EN 1992-1-1/NA: 2011-07		Nosník B7 [dx = 3.25 m]
Délka prvku:	L = 6.5 m	Beton: C30/37
Vzpěr y-y	L _y = 4.02 m (neposuvný)	Bilineární pracovní diagram
Vzpěr z-z	L _z = 6.5 m (neposuvný)	Třída prostředí: XC2
	2φ16 (402 mm ²)	Podélná výztuž: B 500B
	4φ16 (804 mm ²)	Bilineární s nakloněnou horní větví
	φ8/325 mm, n _s =2	6φ16 mm (A _s = 1206 mm ²)
		ρ _i = 0,530 % (9.47 kg/m)
		Smyková výztuž: B 500B
		Bilineární s nakloněnou horní větví
		φ8/325 mm (n _s = 2) (A _{sw} = 101 mm ²)
		ρ _w = 0,136 % (2.43 kg/m) (A _{swm} = 309 mm ² /m)
		Krytí (třmínek)
		Horní: 30 mm
		Spodní: 30 mm
		Levý: 30 mm
		Pravý: 30 mm

Materiálové charakteristiky

Návrhová hodnota tlakové pevnosti betonu

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1.5} = 20 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota napětí na mezi kluzu podélné výztuže

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1.15} = 435 \text{ MPa} \quad (3.15)$$

Síly

Content of combination: 1.35*ZS1+1.35*ZS2+1.50*ZS3+1.50*ZS5+1.50*ZS7+1.50*ZS9

Z MKP výpočtu:

$$N = -17.2 \text{ kN} \quad M_y = 181 \text{ kNm} \quad M_z = 0 \text{ kNm}$$

Tlačený dílec

Limitní osová síla, při které se dílec uvažuje jako tlačený:

$$N_{com} = - \text{Coeff}_{com} \cdot (f_{cd} \cdot A_c) = -0.1 \cdot (20 \cdot 10^6 \cdot 0.228) = -455 \text{ kN}$$

Podmínka posudku:

$$N_{Ed} \geq N_{com} = -17 \text{ kN} \geq -455 \text{ kN} \dots \text{ netlačený dílec}$$

Poznámka: Dílec není považován za tlačený dílec (normálová síla je relativně malá nebo nulová).

Přepočítání ohybových momentů.

Redukce momentu nad podporami: Ne

Redukce smykových sil nad podporou: Ne

Použití pravidlo o posunu ohybových momentů: Ano

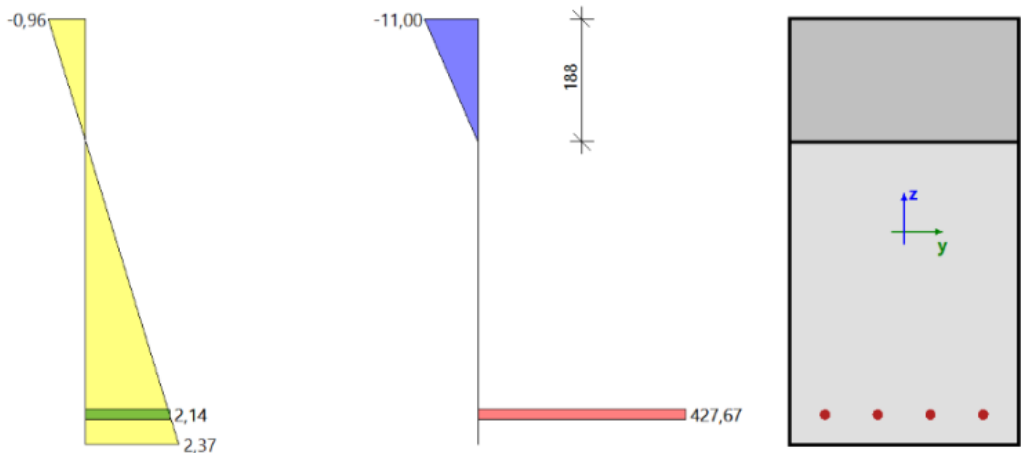
$$N_{Ed} = -17.2 \text{ kN} \quad M_{Edy} = 191 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = 0 \text{ kNm}$$

Shrnutí posudku

Typ komponenty	Vlákn / prut	ε _{extr} [%]	σ _{extr} [MPa]	Posouzení přetvoření [-]	Posouzení napětí [-]	Jed. pos. [-]	Limit: [-]	Stav
Beton	3	-0.963	-11	0,28	0,55	0,92	1	OK
Výztuž	1	2.14	428	0,05	0,92			



Rozdělení napětí a přetvoření

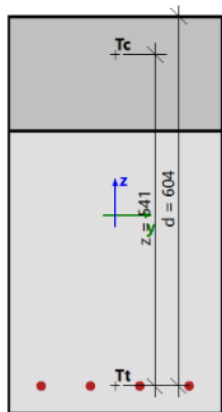


Extrémní hodnoty napětí / přetvoření v komponentě

Typ komponenty	Vlákno / prut	ϵ [‰]	ϵ_{lim} [‰]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Jed. pos. [-]	Stav
Beton v tlaku	3	-0,963	-3,5	-11	-20	0,55	OK
Beton v tahu	1	2,37	0	0	0	0,00	OK
Výztuž v tlaku	1	0	0	0	0	0,00	OK
Výztuž v tahu	1	2,14	45	428	466	0,92	OK

Rovina přetvoření

Přetvoření v těžišti	$\epsilon_x = 0,706 \text{ ‰}$
Křivost průřezu kolem osy (y)	$\epsilon_y = -5,14 \text{ ‰}$
Křivost průřezu kolem osy (z)	$\epsilon_z = 0 \text{ ‰}$
Výška tlačené zóny	$x = 188 \text{ mm}$
Vyvážená výška tlačené oblasti průřezu	$x_{bal} = 363 \text{ mm}$
Limitní výška tlačené oblasti průřezu	$x_{lim} = 44 \text{ mm}$
Náklon neutrální osy	$\alpha_{NA} = 0^\circ$
Výška průřezu kolmá k neutrální ose	$h = 650 \text{ mm}$
Efektivní výška průřezu kolmá k neutrální ose	$d = 604 \text{ mm}$
Vnitřní rameno průřezu kolmé k neutrální ose	$z = 541 \text{ mm}$



Průřezové charakteristiky

Typ komponenty	t_y [m]	t_z [m]	A [m ²]	I_y [m ⁴]	I_z [m ⁴]
Beton v tlaku	0	0.231	0.0656	$3.7 \cdot 10^{-3}$	$670 \cdot 10^{-6}$
Beton v tahu	0	-0.094	0.162	$4.31 \cdot 10^{-3}$	$1.65 \cdot 10^{-3}$
Výztuž v tlaku	0	0	0	0	0
Výztuž v tahu	0	-0.279	$804 \cdot 10^{-6}$	$62.6 \cdot 10^{-6}$	$6.54 \cdot 10^{-6}$
Celý beton	0	0	0.228	$8.01 \cdot 10^{-3}$	$2.32 \cdot 10^{-3}$
Všechny pruty výztuže	0	-0.279	$804 \cdot 10^{-6}$	$62.6 \cdot 10^{-6}$	$6.54 \cdot 10^{-6}$

Síly ve všech komponentách průřezu

Typ komponenty	N_{res} [kN]	$M_{res,y}$ [kNm]	$M_{res,z}$ [kNm]	e_y [m]	e_z [m]
Beton v tlaku	-361	94.8	0	0	0.262
Beton v tahu	0	0	0	0	0
Výztuž v tlaku	0	0	0	0	0
Výztuž v tahu	344	96	0	0	-0.279
Vše v tlaku	-361	94.8	0	0	0.262
Vše v tahu	344	96	0	0	-0.279
Shrnutí	-17.2	191	0		

Podrobné výsledky napětí a přetvoření v betonových vláknech

Vláčno	Materiál	y_i [m]	z_i [m]	ϵ [‰]	ϵ_{lim} [‰]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	$\epsilon / \epsilon_{lim}$ [-]	σ / σ_{lim} [-]	Posouzení
1	C30/37	0.175	-0.325	2.37	0	0	0	0	0	OK
2	C30/37	0.175	0	0.71	0	0	0	0	0	OK
3	C30/37	0.175	0.325	-0.96	-3.5	-11	-20	0.28	0.55	OK
4	C30/37	0	0.325	-0.96	-3.5	-11	-20	0.28	0.55	OK
5	C30/37	-0.175	0.325	-0.96	-3.5	-11	-20	0.28	0.55	OK
6	C30/37	-0.175	0	0.71	0	0	0	0	0	OK
7	C30/37	-0.175	-0.325	2.37	0	0	0	0	0	OK
8	C30/37	0	-0.325	2.37	0	0	0	0	0	OK

Podrobné výsledky napětí a přetvoření v prutech výztuže

Prut	Materiál	d_s [mm]	y_i [m]	z_i [m]	ϵ [‰]	ϵ_{lim} [‰]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	$\epsilon / \epsilon_{lim}$ [-]	σ / σ_{lim} [-]	Posouzení
1	B 500B	16	-0.121	-0.279	2.14	45	428	466	0.05	0.92	OK
2	B 500B	16	-0.04	-0.279	2.14	45	428	466	0.05	0.92	OK
3	B 500B	16	0.04	-0.279	2.14	45	428	466	0.05	0.92	OK
4	B 500B	16	0.121	-0.279	2.14	45	428	466	0.05	0.92	OK

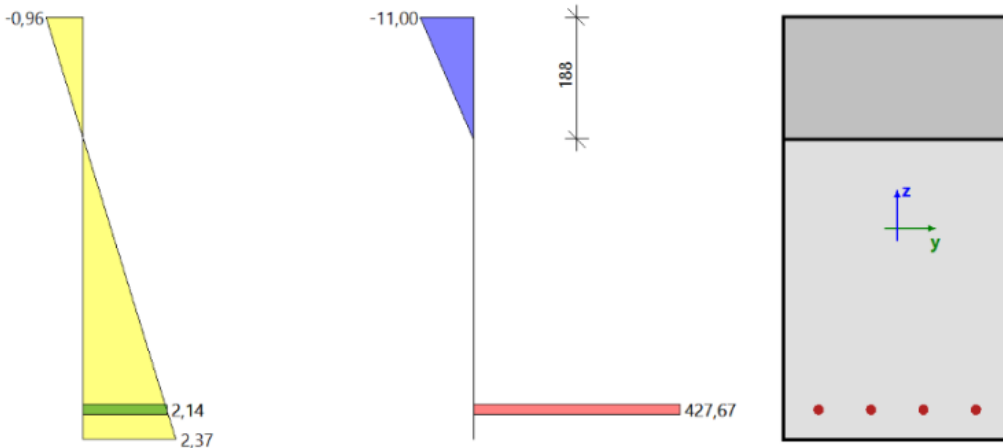
Vysvětlivky k varováním, k chybám a poznámkám

Index	Typ	Popis	Řešení
N2/1	Poznámka	Dílec není považován za tlačенý dílec (normálová síla je relativně malá nebo nulová).	



Je třeba zdůraznit, že obrazce napětí a přetvoření, které jsou v posudku uvedeny, nezobrazují rozložení těchto veličin při dosažení mezního stavu únosnosti ($M_{Ed} = M_{Rd}$), ale při působení návrhového ohybového momentu odpovídajícího zadané kombinaci zatížení ($M_{Ed} < M_{Rd}$). Proto je např. průběh napětí v betonu jiný, než jsme zvyklí.

Rozdělení napětí a přetvoření



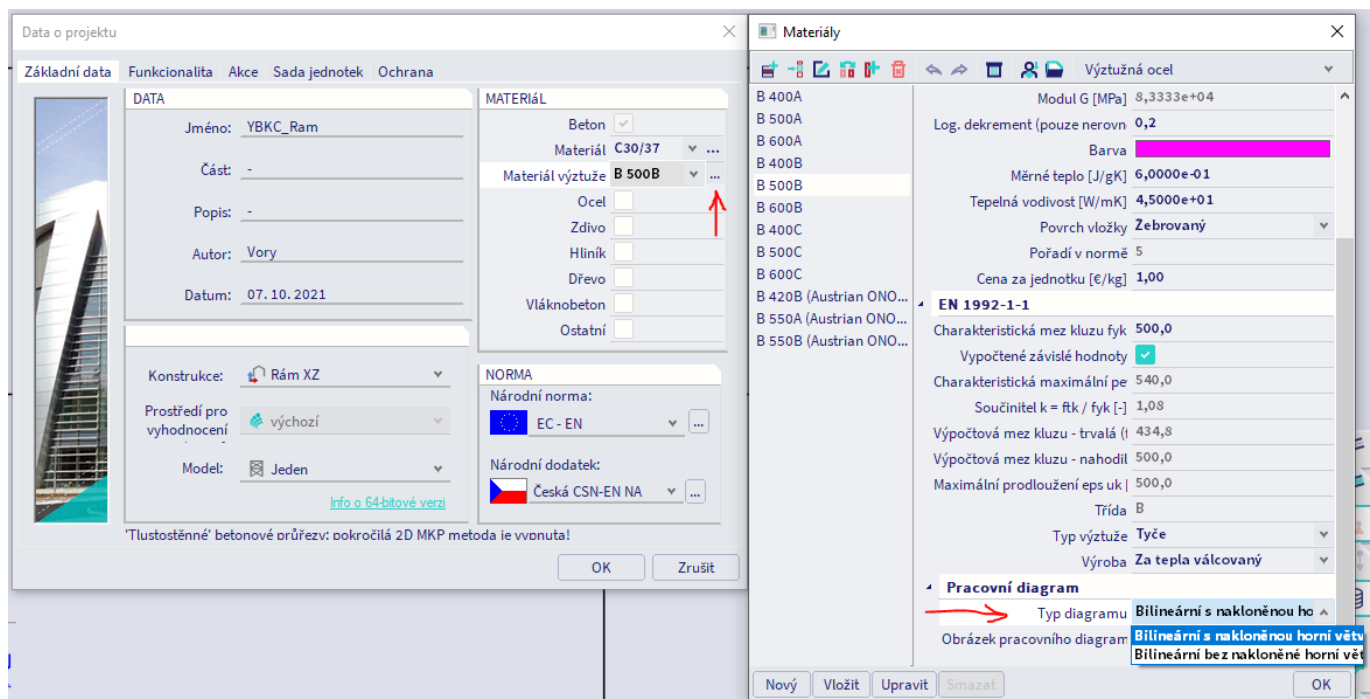
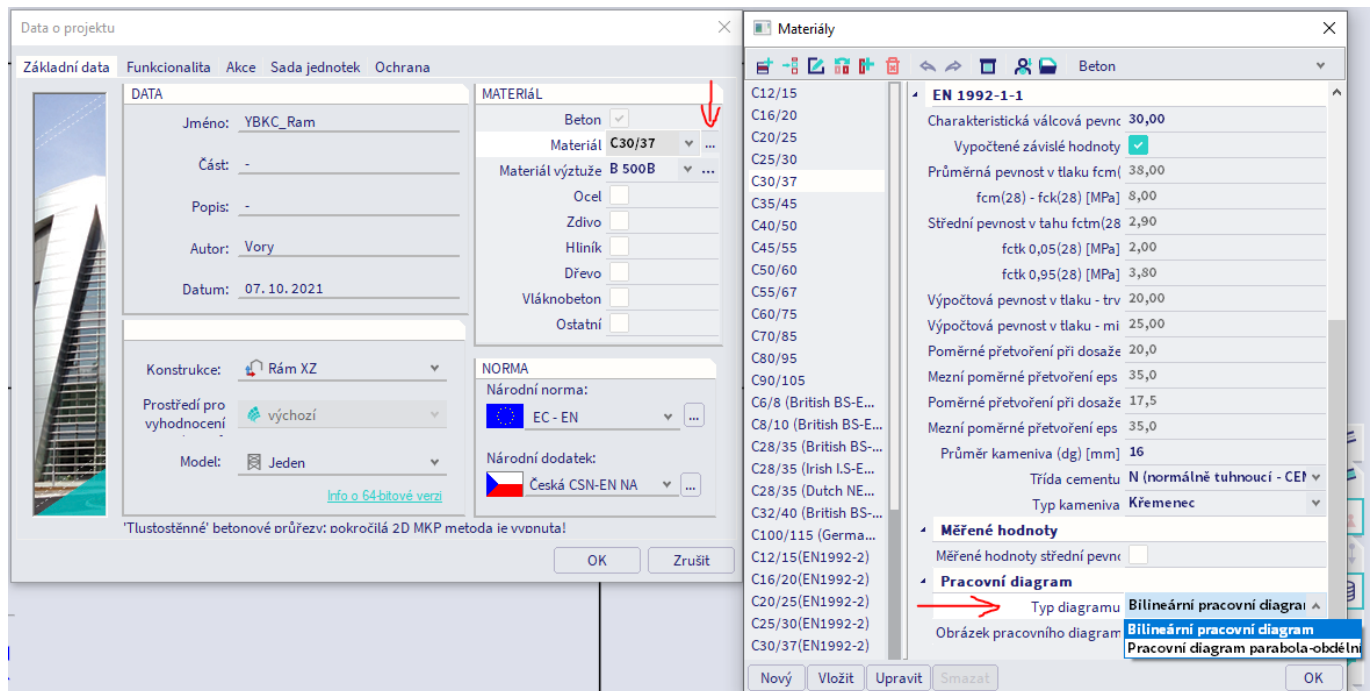
Extrémní hodnoty napětí / přetvoření v komponentě

Typ komponenty	Vlákno / prut	ϵ [‰]	ϵ_{lim} [‰]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Jed. pos. [-]	Stav
Beton v tlaku	3	-0,963	-3,5	-11	-20	0,55	OK
Beton v tahu	1	2,37	0	0	0	0,00	OK
Výztuž v tlaku	1	0	0	0	0	0,00	OK
Výztuž v tahu	1	2,14	45	428	466	0,92	OK

Kdybychom upravili vyztužení tak, abychom se co nejvíce přiblížili stavu $M_{Ed} = M_{Rd}$ (např. zmenšením profilů na 15 mm za stávajících podmínek), obdržíme obrazce, které již téměř odpovídají průběhům běžně uvažovaným při posuzování MSÚ. Ukážeme si při výuce.

Poznámka:

Pozor na to, že zde máme zadán bilineární pracovní diagram betonu a pracovní diagram výztuže se stoupající větví. Tyto parametry lze přenastavit v nastavení projektu (viz obrázky na následující straně), avšak v tuto chvíli nastavení měnit nebudeme.



Stejným způsobem bychom mohli posoudit další průřezy příčlí. Pro ilustraci zkusíme posoudit ještě průřez spodní příčle nad středním sloupem: ohybová výztuž u horního povrchu **7 ϕ 16 mm**, třmínky **ϕ 8 mm po 100 mm**, krytí **$c = 30$ mm**, spodní výztuž **2 ϕ 16 mm** (konstrukční) – opět vše vyhoví.



Posudek v řezu

Posudek přířezu (nástřih)

Domů

Podélná výtuz

Tržníky

Obnovit výchozí

Uložit & zavřít

Zrušit & zavřít

Aplicace

Rež Info

Velikost mřížky: 100 mm / 4

Podélná výtuz

Tržníky

Podrobnosti

Posudek: Posouzení kapacity - odezva (MSÚ)
 Extrém: MSU/18 (ULS)

Hodnota posoudu: 0,96 ✓

Řez SC2

ČSN EN 1992-1-1/NA: 2011-07

Délka prvku: L = 6.5 m
 Vzpěr y-y: L_y = 4.02 m (neposuvný)
 Vzpěr z-z: L_z = 6.5 m (neposuvný)

Obdélník (650; 350)

Nosník B7 (dx = 6.5 m)

Beton: C30/37
 Bilineární pracovní diagram
 Třída prostředí: XC2

Podélná výtuz: B 500B
 Bilineární s nakloněnou horní větví
 9φ16 mm (A_s = 1810 mm²)
 ρ_s = 0.795 % (14.2 kg/m)

Smyková výtuz: B 500B
 Bilineární s nakloněnou horní větví
 φ8/100 mm (n_s = 2) (A_{sw} = 101 mm²)
 ρ_{sw} = 0.442 % (7.89 kg/m) (A_{swmin} = 1005 mm²/m)

Krytí (tržnínek)
 Horní: 30 mm
 Spodní: 30 mm
 Levý: 25 mm
 Pravý: 25 mm

Materiálové charakteristiky

Návrhová hodnota tlakové pevnosti betonu

$$f_{cd} = \frac{\alpha_c \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1.5} = 20 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota napětí na mezi kluzu podélné výtuzže

$$f_{sd} = \frac{f_{tk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1.15} = 435 \text{ MPa} \quad (3.15)$$

Sily

Content of combination: 1.35*ZS1+1.35*ZS2+1.50*ZS3+1.50*ZS4+1.50*ZS6+1.50*ZS8+1.50*ZS9

Z MKP výpočtu:
 N = -13.5 kN M₁ = -336 kNm M₂ = 0 kNm

Posudek

Imeno	Hodnota	Status
Vnitřní síly (posudek)		
Posouzení kapacity - odezva (MSÚ)	0.96	✓
Posouzení kapacity - diagram (MSÚ)	0.96	✓
Smyk + kroucení (MSÚ)	0.94	✓
Omezení napětí (MSP)		
Síťka tržnin (MSP)		
Přínýb (MSP)		
Konstrukční zásady	0.81	✓

Extrém

Imeno	Hodnota	Status
MSU/18 (ULS)	0.96	✓
MSU/7 (ULS)	0.94	✓
MSU/2 (ULS)	0.97	✓
MSU/1 (ULS)	0.70	✓
MSU/3 (ULS)	0.61	✓
MSU/5 (ULS)	0.46	✓
MSU/12 (ULS)	0.46	✓

Celkový stav posoudu: **Vyhovuje** 0,96 ✓

Připraven



8.2 Posouzení průřezů sloupů: Únosnost průřezu – interakční diagram (MSÚ)

Opět vybereme *POSUDEK ODEVZDY PODLE MSÚ* (v kruhové nabídce) → *POSOUZENÍ KAPACITY – DIAGRAM – PODLE MSÚ*. V tabulce vlastností zadáme kombinaci MSU. V nabídce Akce zvolíme *Posudek řezu* a vybereme levý spodní sloup a průřez u paty sloupu (0). Objeví se okno s posudkem, zadáme výztuž dle předchozího návrhu: podélná výztuž **6 ϕ 14 mm**, třmínky **ϕ 8 mm po 200 mm**, krytí **$c = 30$ mm**. Takto zadaný průřez pro MSÚ vyhoví.

Posudek v řezu

Podélná výztuž: $6 \phi 14$

Třmínky: $\phi 8$ po 200 mm

Podrobnosti

Řez SC2
 ČSN EN 1992-1-1/NA: 2011-07
 Sloup B1 [dx = 0 m]

Obdélník (350; 350)

Beton: C30/37
 Biliineární pracovní diagram
 Třída prostředi: XC2

Podélná výztuž: B 500B
 Biliineární s nakloněnou horní větví
 $6 \phi 14$ mm ($A_s = 924$ mm²)
 $\rho_s = 0.754$ % (7.25 kg/m)

Smyková výztuž: B 500B
 Biliineární s nakloněnou horní větví
 $\phi 8/200$ mm ($n_s = 2$) ($A_{sv} = 101$ mm²)
 $\rho_{sv} = 0.410$ % (3.95 kg/m) ($A_{sv,lim} = 503$ mm²/m)

Krytí (třmínky)
 Horní: 30 mm
 Spodní: 30 mm
 Levý: 30 mm
 Pravý: 30 mm

Materiálové charakteristiky

Návrhová hodnota tlakové pevnosti betonu
 $f_{cd} = \frac{\alpha_c \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1.5} = 20$ MPa

Návrhová hodnota napětí na mezi kluzu podélné výztuže
 $f_{sd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1.15} = 435$ MPa (3.15)

Návrhová mez kluzu smykové výztuže
 $f_{sv,ed} = \frac{f_{svk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1.15} = 435$ MPa

Průměr kameniva
 $d_s = 16$ mm

sily
 Obsah kombinace:

Posudek

Jméno	Hodnota	Status
Vnitřní síly (posudek)		
Posouzení kapacity - odezva (MSÚ)	0.88	✓
Posouzení kapacity - diagram (MSÚ)	0.75	✓
Smyk + kroucení (MSÚ)	0.46	✓
Omezení napětí (MSP)		
Síťka tříštin (MSP)		
Průhybe (MSP)		
Konstruktivní zásady	0.95	✓

Extrém

Jméno	Hodnota	Status
MSU/1 (ULS)	0.95	✓
MSU/2 (ULS)	0.95	✓
MSU/3 (ULS)	0.95	✓
MSU/4 (ULS)	0.95	✓
MSU/5 (ULS)	0.95	✓
MSU/6 (ULS)	0.95	✓
MSU/8 (ULS)	0.95	✓
MSU/12 (ULS)	0.95	✓
MSU/14 (ULS)	0.95	✓

Číselný stav posudku: 0,95 ✓
 Vyhovuje

Můžeme vykreslit řezy interakčním diagramem, které si podrobněji rozebereme při výuce:



Shrnutí posudku

Síly: $N_{Ed} = -350$ kN $M_{Edy} = 88.2$ kNm $M_{Edz} = 0$ kNm

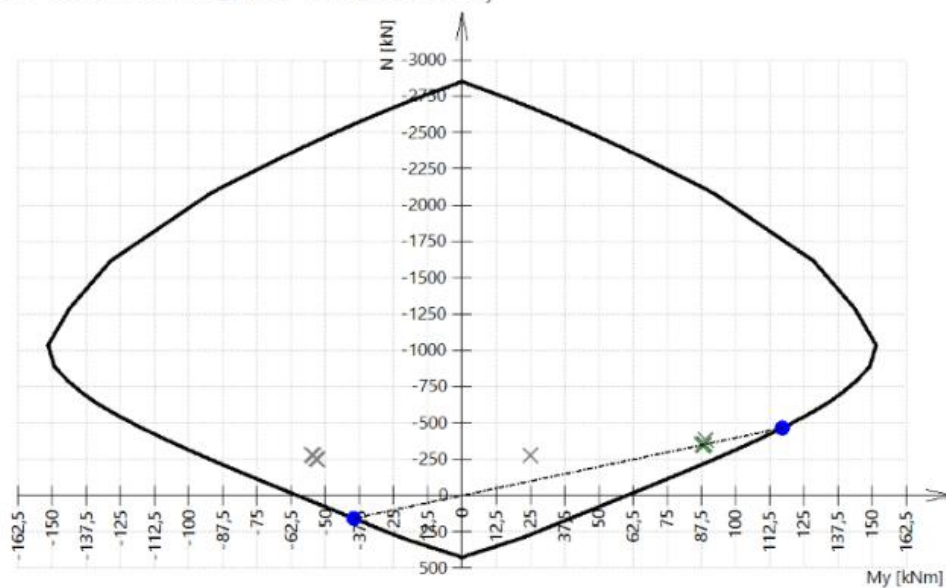
Odolnost: $N_{Rd} = -465$ kN $M_{Rdy} = 117$ kNm $M_{Rdz} = 0$ kNm

Výpočet jednotkového posudku.

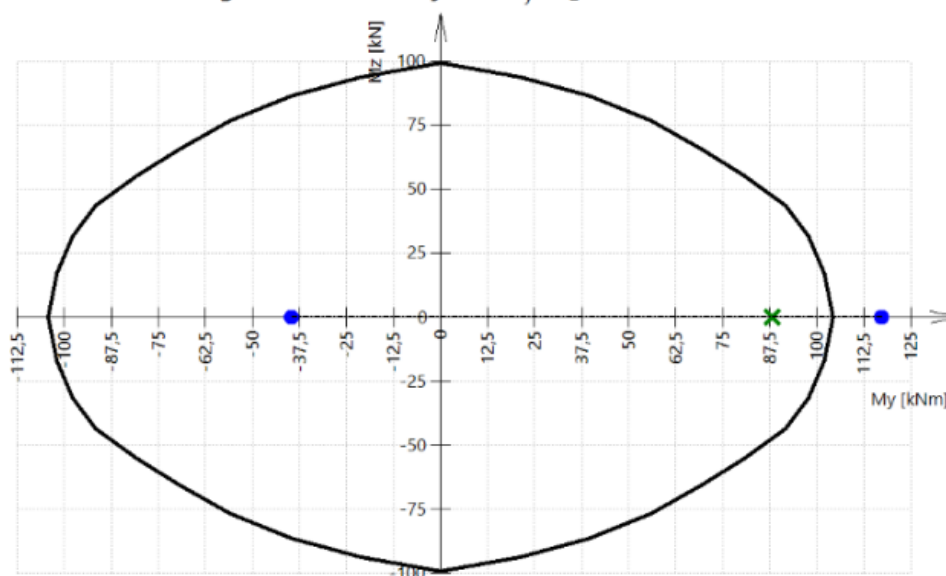
$$UC = \frac{\sqrt{N_{Ed}^2 + M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2}}{\sqrt{N_{Rd}^2 + M_{Rdy}^2 + M_{Rdz}^2}} = \frac{\sqrt{-350^2 + 88.2^2 + 0^2}}{\sqrt{-465^2 + 117^2 + 0^2}} = 0.753 \leq 1 \quad \text{OK}$$

Seznam varování, chyb a poznámek: N2/1.

3D interakční diagram - svislý řez N-M_y



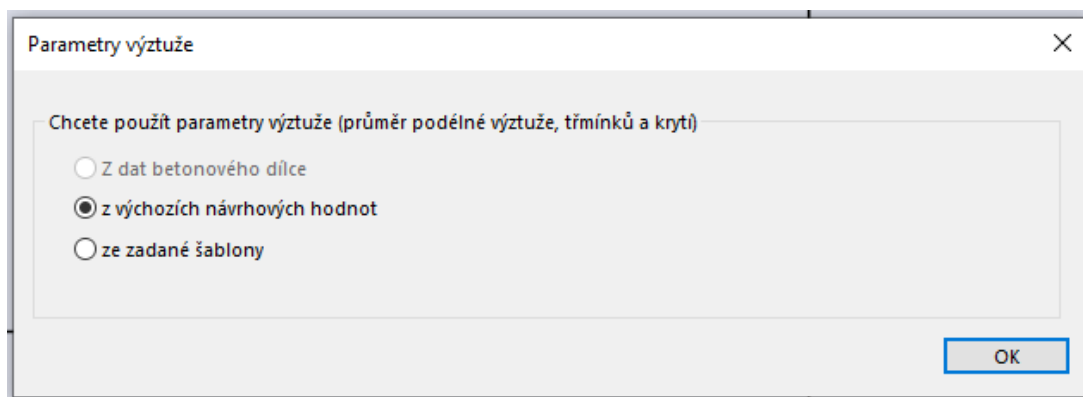
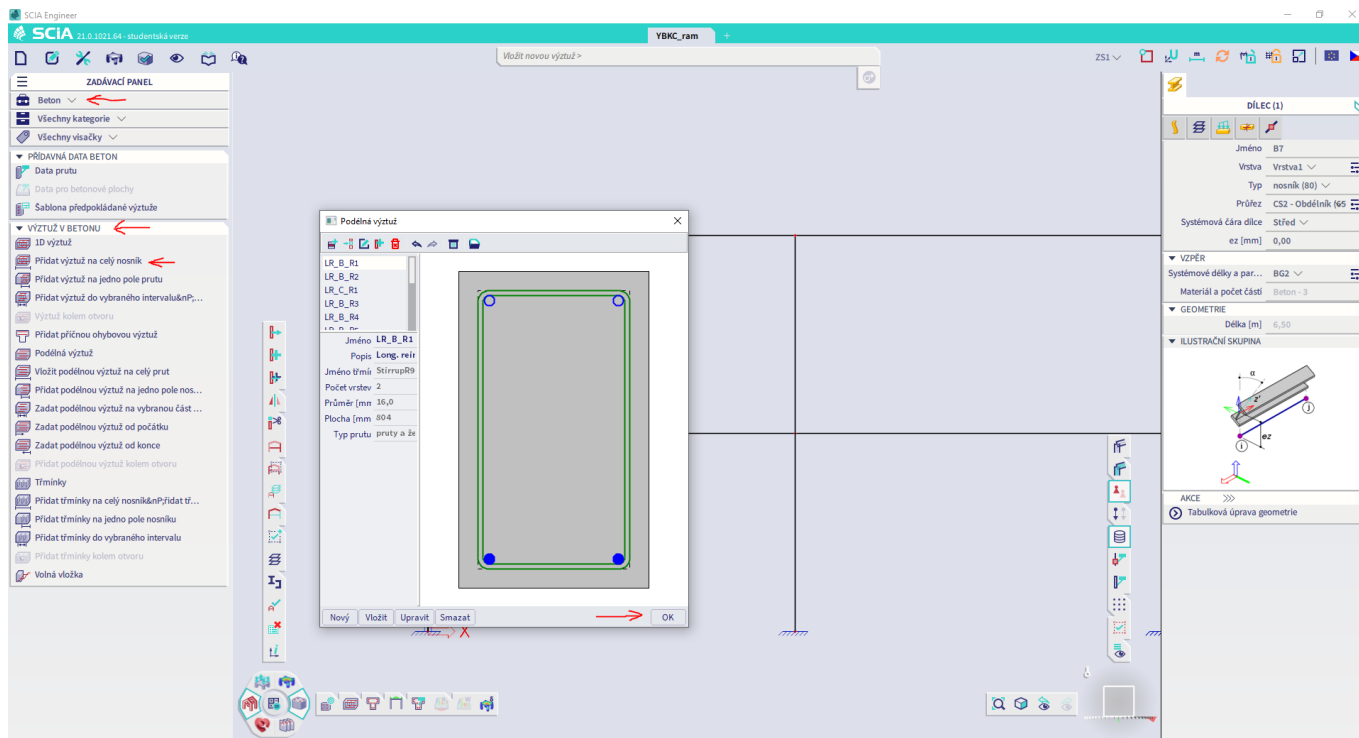
3D interakční diagram - vodorovný řez M_y-M_z

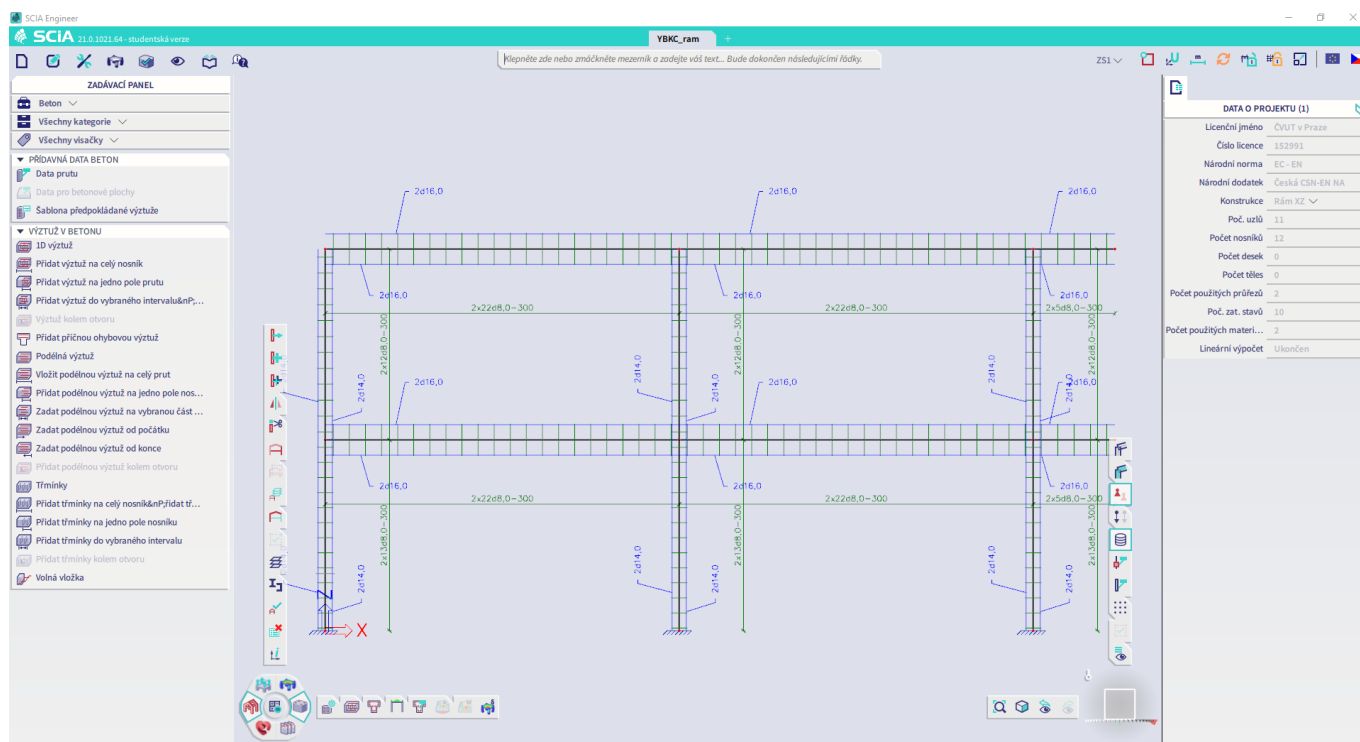
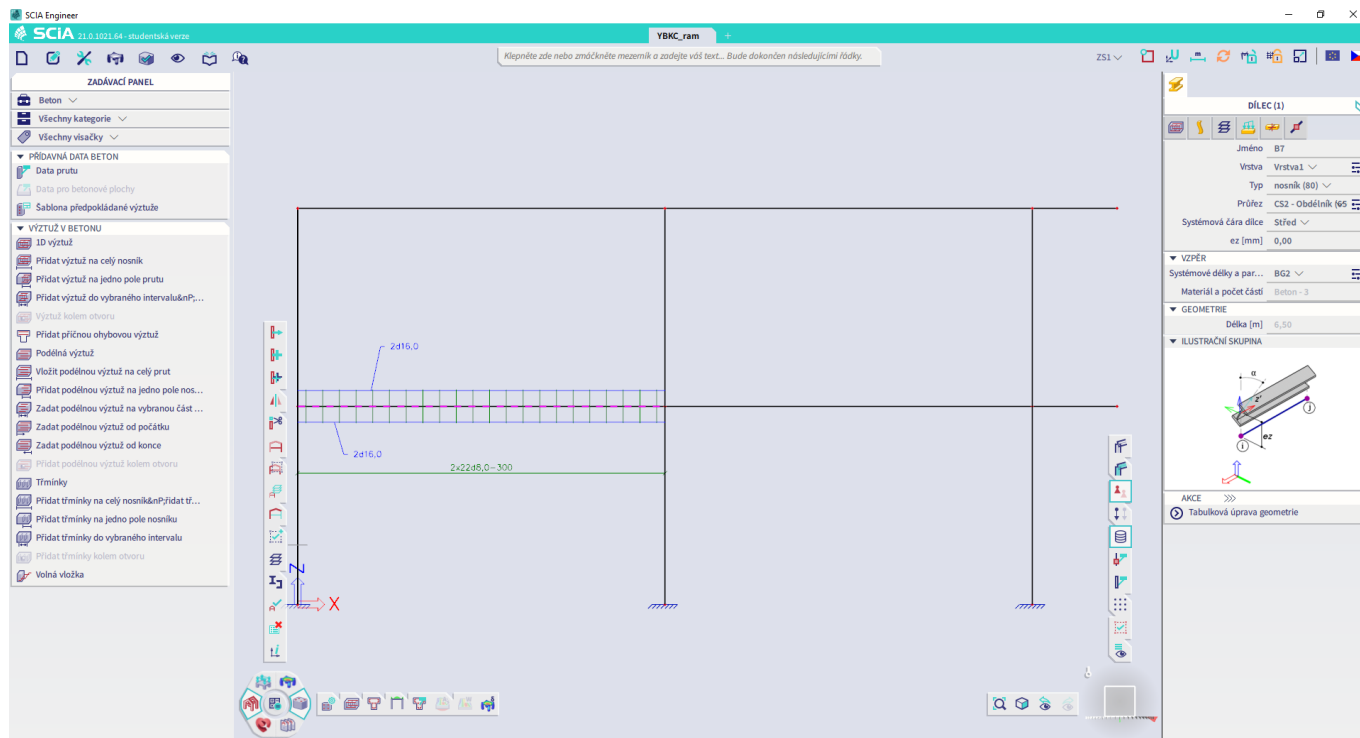


9 Zadání výztuže na celý rám, posouzení MSÚ

9.1 Základní výztuž

V zadávacím panelu vybereme přidání výztuže (*ZADÁVACÍ PANEL* → *Beton* → *VÝZTUŽ V BETONU* → *Přidat výztuž na celý nosník*). Vybereme prvek – levou spodní příčel, označíme levý a pravý koncový uzel. Objeví se okno pro zadání výztuže. Necháme defaultní nastavení (vzor *LR_B_R1*) a potvrdíme. Stejnou výztuž zadáme i na ostatní části. Můžeme využít příslušné tlačítko ve spodní liště.





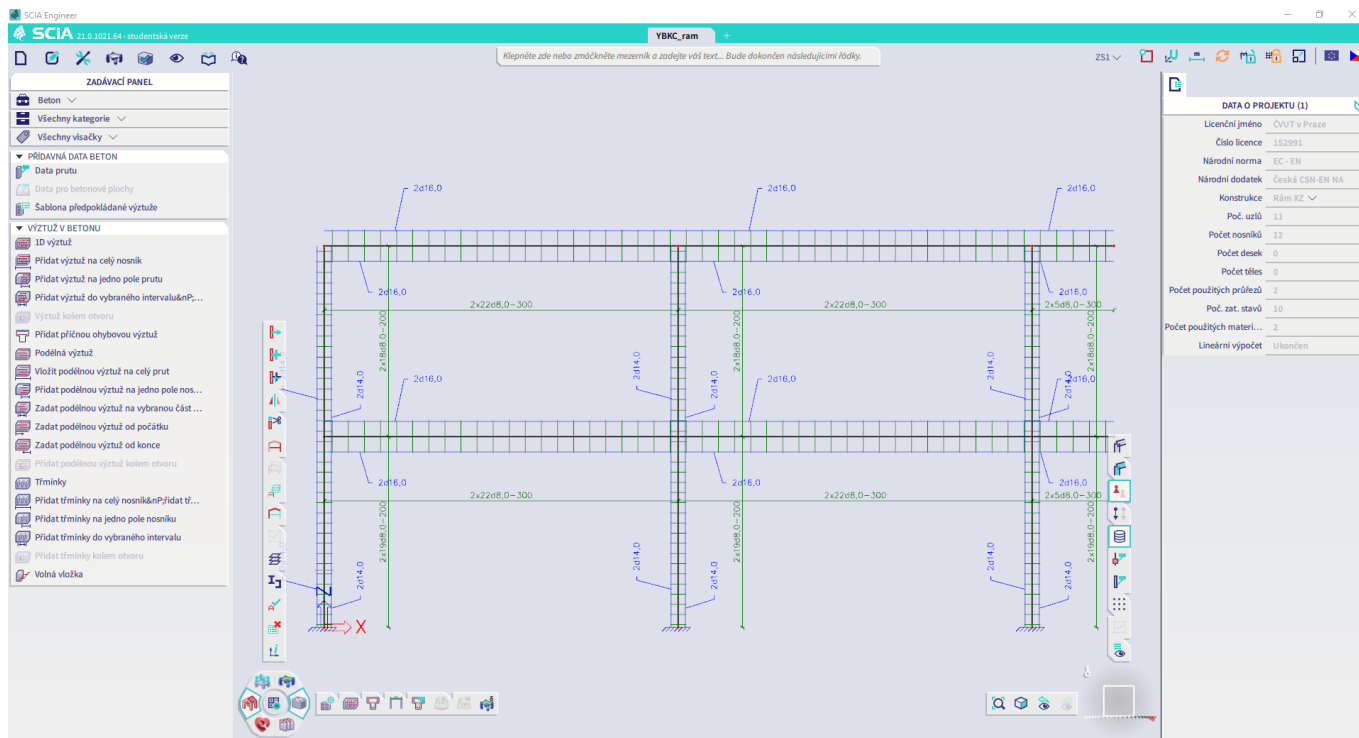
Nyní máme v příčlích všude **2 ϕ 16 mm** u obou povrchů a tříminky **ϕ 8 mm po 300 mm**, krytí **$c = 30$ mm**, u sloupů všude **4 ϕ 14 mm** (rohové pruty) a tříminky **ϕ 8 mm po 300 mm**, krytí **$c = 30$ mm**.

Tuto výztuž začneme upravovat dle předchozího výpočtu nutné výztuže.



9.2 Úprava výztuže sloupů

U sloupů změním vzdálenost třmínků všude na **200 mm**.



Toto vyztužení třmínky je podle programu dostatečné, neboť je splněn požadavek na maximální vzdálenost příčné výztuže sloupů dle ČSN EN 1992-1-1 [9], čl. 9.5.3(3):

$$s_{cl,max} = \min(15 \cdot \phi, b_s, 300 \text{ mm}) = \min(15 \cdot 14, 350 \text{ mm}, 300 \text{ mm}) = 210 \text{ mm}.$$

Tato vzdálenost by měla být v oblasti 350 mm (rozměr průřezu sloupu) nad a pod příčlím zmenšena na 0,6násobek (**120 mm**; zahuštění v oblasti stykování výztuže nutné není, neboť nejsou použity podélné pruty o průměru větším než 14 mm), viz [6], čl. 9.5.3(4), což program SCIA nekontroluje. Pro zjednodušení zde toto zahuštění třmínků zadávat nebudeme, ale museli bychom na něj pamatovat při tvorbě výkresu výztuže rámu.



Nastavení pro betonové konstrukce

Pohled: Kompletní nastavení | Nastavení pohled... | Načítání výchozí | Najít

Popis	Symbol	Hodnota	Výchozí	Jednotka	Kapitola	Norma	Konstrukce	Typ posoudu
Nosník / Zebro								
Podélná								
Kontrola minimální vzdálenosti prutů			<input checked="" type="checkbox"/>		8.2(2)	EN 1992-1-1	Nosník/Zebro	Nastavení řešiče > Ko...
Minimální vzdálenost vložek	$s_{0,min}$	20	<input checked="" type="checkbox"/>	mm	8.2(2)	EN 1992-1-1	Nosník/Zebro	Nastavení řešiče > Ko...
Kontrola maximální vzdálenosti prutů			<input checked="" type="checkbox"/>		Nezávislé			
Kontrola maximální vzdálenosti prutů (kroucení)			<input checked="" type="checkbox"/>		9.2.3(4)	EN 1992-1-1	Nosník/Zebro	Nastavení řešiče > Ko...
Maximální vzdálenost prutů výtuzže (kroucení)	$s_{0t,max}$	350	<input checked="" type="checkbox"/>	mm	9.2.3(4)	EN 1992-1-1	Nosník/Zebro	Nastavení řešiče > Ko...
Posoudit minimální plochu výtuzže			<input checked="" type="checkbox"/>		9.2.1.1(1)	EN 1992-1-1	Nosník/Zebro	Nastavení řešiče > Ko...
Kontrola olovat minimální plochu výtuzže pro sekundární dílec			<input checked="" type="checkbox"/>		9.2.1.1(1)	EN 1992-1-1	Nosník/Zebro	Nastavení řešiče > Ko...
Posoudit maximální plochu výtuzže			<input checked="" type="checkbox"/>		9.2.1.1(3)	EN 1992-1-1	Nosník/Zebro	Nastavení řešiče > Ko...
Tržninky								
Kontrola minimálního průměru ohybů			<input checked="" type="checkbox"/>		8.3(2)	EN 1992-1-1	Nosník/Zebro	Nastavení řešiče > Ko...
Kontrola maximální podélné vzdálenosti (smýk)			<input checked="" type="checkbox"/>		9.2.2(6)	EN 1992-1-1	Nosník/Zebro	Nastavení řešiče > Ko...
Kontrola maximální podélné vzdálenosti (kroucení)			<input checked="" type="checkbox"/>		9.2.3(3)	EN 1992-1-1	Nosník/Zebro	Nastavení řešiče > Ko...
Kontrola olovat maximální příčné rozestupy			<input checked="" type="checkbox"/>		9.2.2(8)	EN 1992-1-1	Nosník/Zebro	Nastavení řešiče > Ko...
Kontrola minimálního procenta tržninky			<input checked="" type="checkbox"/>		9.2.2(5)	EN 1992-1-1	Nosník/Zebro	Nastavení řešiče > Ko...
Kontrola maximálního procenta tržninky			<input checked="" type="checkbox"/>		6.2.3(3)	EN 1992-1-1	Nosník/Zebro	Nastavení řešiče > Ko...
Deskový nosník								
Podélná								
Kontrola minimální vzdálenosti prutů			<input checked="" type="checkbox"/>		8.2(2)	EN 1992-1-1	Deskový nosník	Nastavení řešiče > Ko...
Minimální vzdálenost vložek	$s_{0,min}$	20	<input checked="" type="checkbox"/>	mm	8.2(2)	EN 1992-1-1	Deskový nosník	Nastavení řešiče > Ko...
Kontrola maximální vzdálenosti prutů			<input checked="" type="checkbox"/>		9.3.1.1(3)	EN 1992-1-1	Deskový nosník	Nastavení řešiče > Ko...
Posoudit minimální plochu výtuzže			<input checked="" type="checkbox"/>		9.3.1.1(1)	EN 1992-1-1	Deskový nosník	Nastavení řešiče > Ko...
Posoudit maximální plochu výtuzže			<input checked="" type="checkbox"/>		9.3.1.1(1)	EN 1992-1-1	Deskový nosník	Nastavení řešiče > Ko...
Sloep								
Podélná								
Kontrola minimální vzdálenosti prutů			<input checked="" type="checkbox"/>		8.2(2)	EN 1992-1-1	Sloep	Nastavení řešiče > Ko...
Minimální vzdálenost vložek	$s_{0,min}$	20	<input checked="" type="checkbox"/>	mm	8.2(2)	EN 1992-1-1	Sloep	Nastavení řešiče > Ko...
Kontrola maximální vzdálenosti prutů			<input checked="" type="checkbox"/>		Nezávislé			
Maximální vzdálenost prutů výtuzže	$s_{0t,max}$	350	<input checked="" type="checkbox"/>	mm	Nezávislé			
Kontrola maximální vzdálenosti prutů (kroucení)			<input checked="" type="checkbox"/>		9.2.3(4)	EN 1992-1-1	Sloep	Nastavení řešiče > Ko...
Maximální vzdálenost prutů výtuzže (kroucení)	$s_{0t,max}$	350	<input checked="" type="checkbox"/>	mm	9.2.3(4)	EN 1992-1-1	Sloep	Nastavení řešiče > Ko...
Posoudit minimální plochu výtuzže			<input checked="" type="checkbox"/>		9.5.2(2)	EN 1992-1-1	Sloep	Nastavení řešiče > Ko...
Posoudit maximální plochu výtuzže			<input checked="" type="checkbox"/>		9.5.2(3)	EN 1992-1-1	Sloep	Nastavení řešiče > Ko...
Kontrola minimálního průměru prutů			<input checked="" type="checkbox"/>		9.5.2(1)	EN 1992-1-1	Sloep	Nastavení řešiče > Ko...
Kontrola olovat min. počet prutů			<input checked="" type="checkbox"/>		9.5.2(4)	EN 1992-1-1	Sloep	Nastavení řešiče > Ko...
Min. počet prutů v kruhových slopech	$n_{0,min}$	4,0	<input checked="" type="checkbox"/>		9.5.2(4)	EN 1992-1-1	Sloep	Nastavení řešiče > Ko...
Příčná								
Kontrola maximálního procenta tržninky			<input checked="" type="checkbox"/>		6.2.3(3)	EN 1992-1-1	Sloep	Nastavení řešiče > Ko...
Kontrola minimálního průměru ohybů			<input checked="" type="checkbox"/>		8.3(2)	EN 1992-1-1	Sloep	Nastavení řešiče > Ko...
Kontrola maximální podélné vzdálenosti			<input checked="" type="checkbox"/>		9.5.3(3)	EN 1992-1-1	Sloep	Nastavení řešiče > Ko...
Kontrola minimálního průměru prutů			<input checked="" type="checkbox"/>		9.5.3(1)	EN 1992-1-1	Sloep	Nastavení řešiče > Ko...
Min. průměr vložky	$d_{0,min}$	6	<input checked="" type="checkbox"/>	mm	9.5.3(1)	EN 1992-1-1	Sloep	Nastavení řešiče > Ko...
Min. průměr vložky	$d_{0,p}$	25	<input checked="" type="checkbox"/>	%	9.5.3(1)	EN 1992-1-1	Sloep	Nastavení řešiče > Ko...

Data o projektu

Základní data | Funkcionalita | Akce | Sada jednotek | Ochrana

DATA

Jméno: YBKC_Ram

Část: -

Popis: -

Autor: Vory

Datum: 07. 10. 2021

MATERIÁL

Beton

Materiál C30/37

Materiál výtuzže B 500B

Ocel

Zdivo

Hliník

Dřevo

Vláknobeton

Ostatní

NORMA

Národní norma: EC - EN

Národní dodatek: Česká CSN-EN NA

'Tlustostěnné' betonové průřezv: pokročilá 2D MKP metoda je vnovna!

OK | Zrušit

Správce národních dodatků

Norma EN

Belgická NBN-EN NA

Britská BS-EN NA

Dánská NP DS-EN

Finská SFS-EN NA

Česká CSN-EN NA

Jméno Česká CSN-EN NA

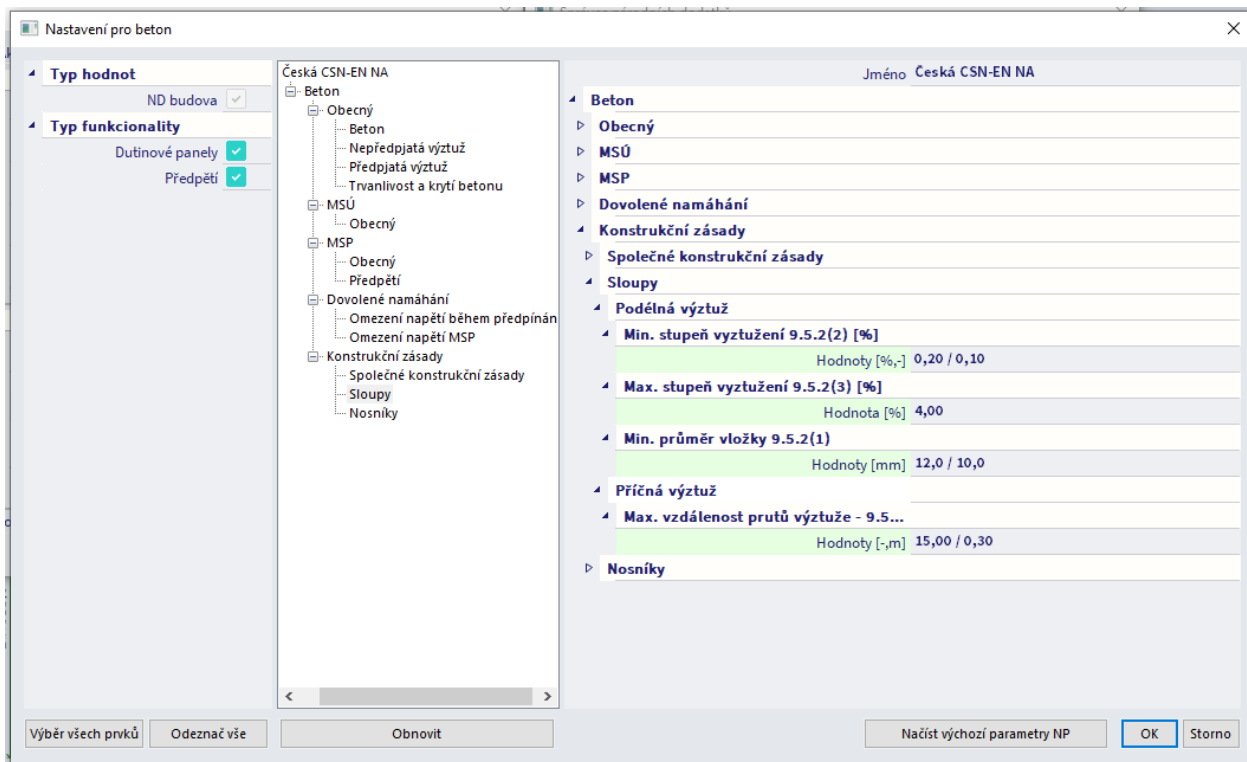
Národní dodatek Česká CSN-EN NA

Zobrazit jak výchozí EN, tak metodu národní

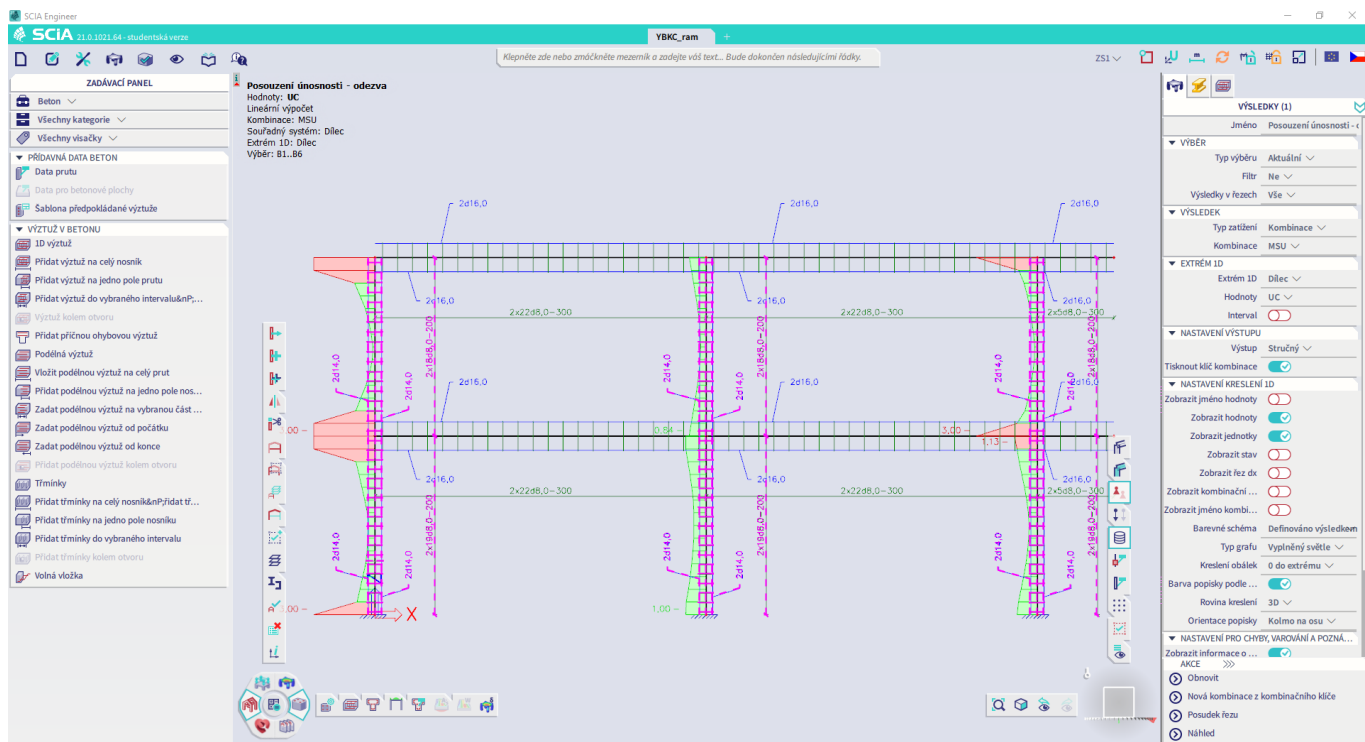
Reference

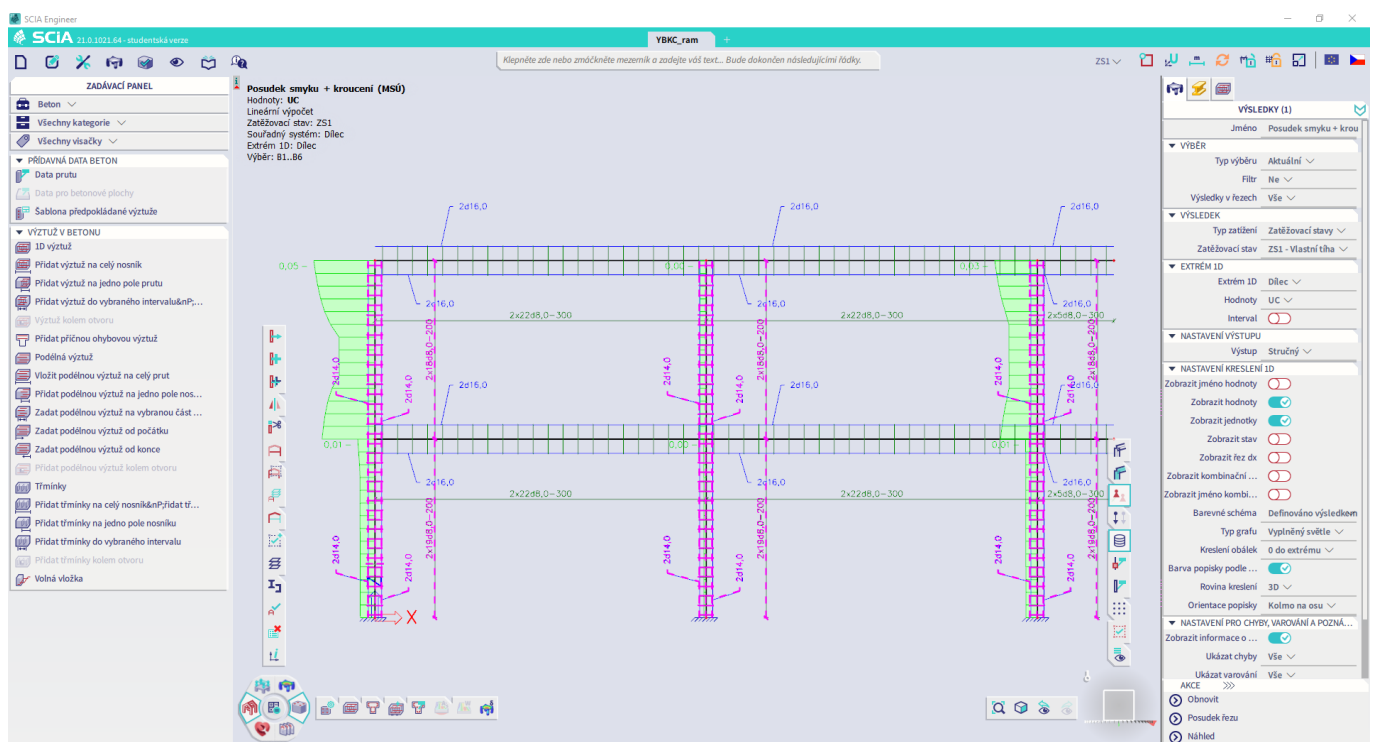
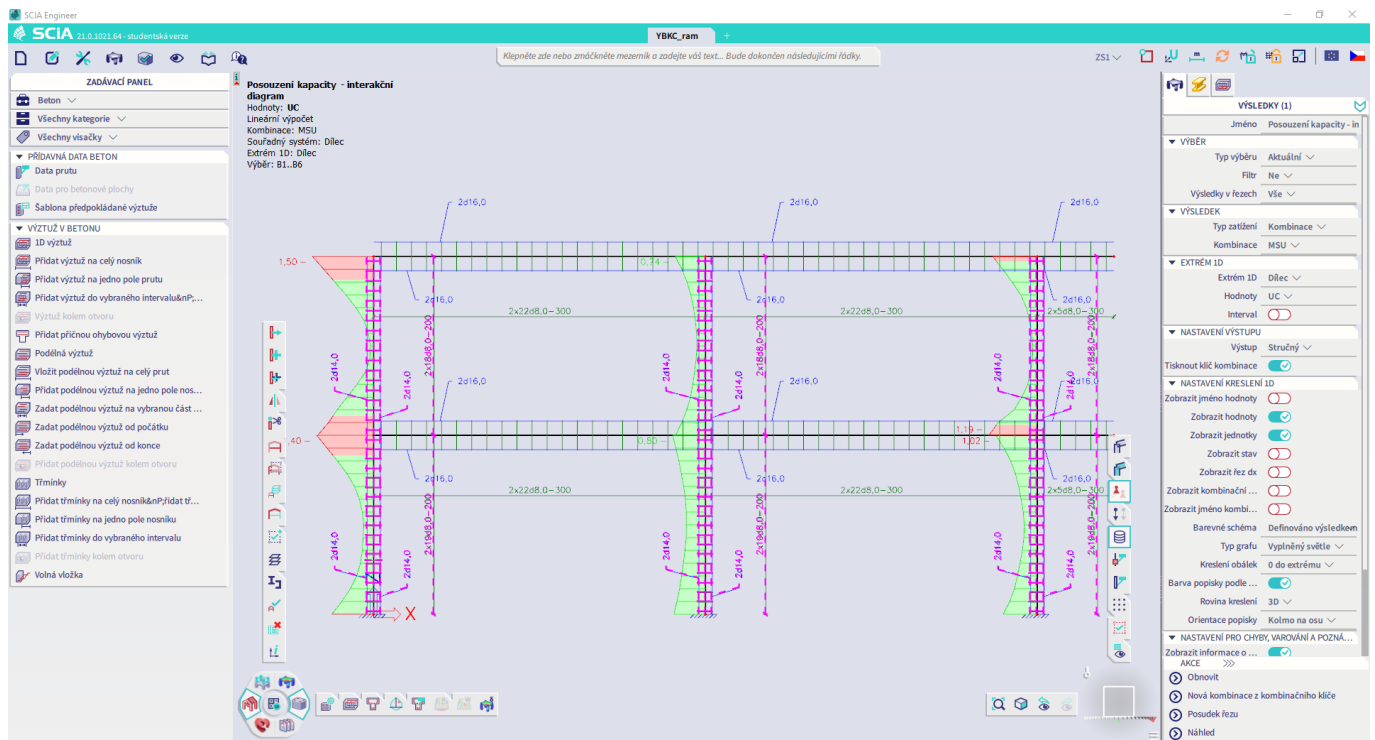
- EN 1990: Zásady navrhování konst... EN 1990 (Zásady navrhování konstrukcí)
- EN 1991: Zatížení konstrukcí
- EN 1991-1-3 (Obecná zatížení - zatížení sněh)
- EN 1991-1-4 (Obecná zatížení - zatížení větr)
- EN 1992: Navrhování betonových ...
- EN 1992-1-1 (Obecná pravidla a pravidla pr...)
- EN 1992-1-2 (Obecná pravidla - Navrhován...)
- EN 1992-2 (Betonové mosty - Navrhování a...)
- EN 1168 (Betonové prefabrikáty - Dutinové...)
- EN 1993: Navrhování ocelových ko...
- EN 1993-1-1 (Obecná pravidla a pravidla pr...)
- EN 1993-1-2 (Obecná pravidla - Navrhován...)
- FN 1993-1-3 (Obecná pravidla - Doplnující r...)

Nový | Vložit | Upravit | Smazat | Zavřít

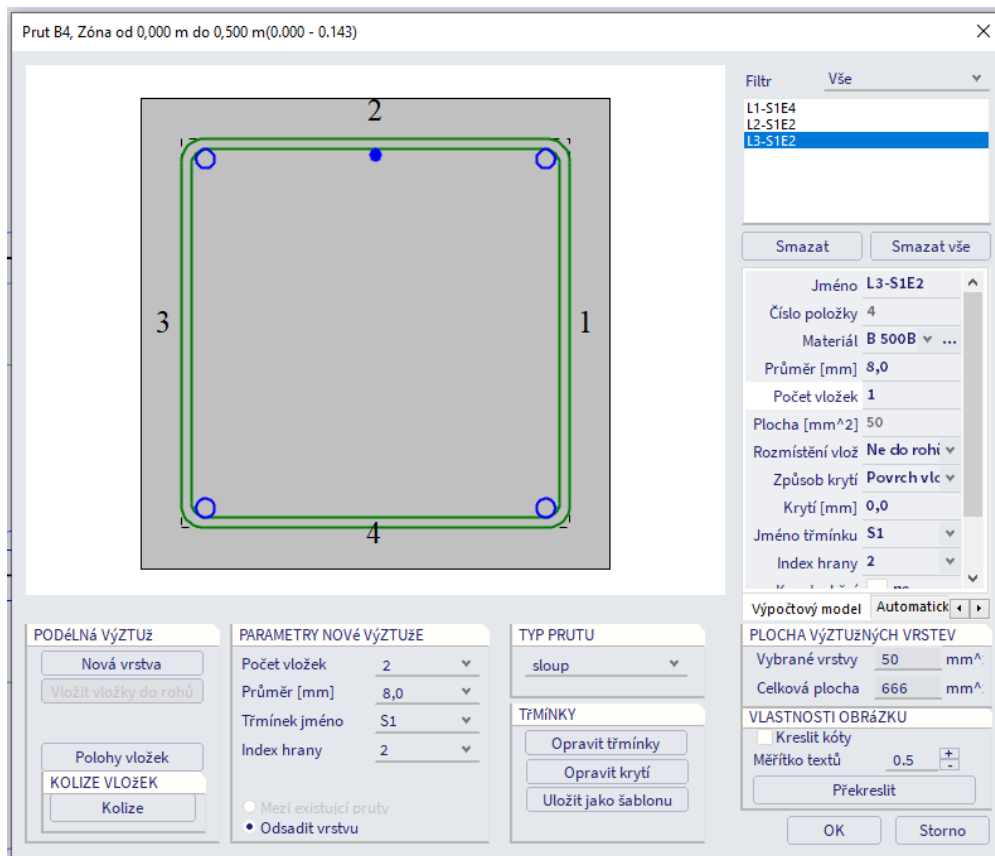


Tím by měla být vyřešena výztuž středního sloupu. U pravého sloupu by měla (dle předchozího výpočtu nutné výztuže) chybět podélná výztuž v horním a patrovém styčnicku, u levého sloupu v obou styčnicích i v patě sloupu. Provedeme posouzení pro všechny sloupy – můžeme provést buď dílčí posudky nebo můžeme využít celkového posudku výztuže. Nejprve si ukážeme dílčí posudky:

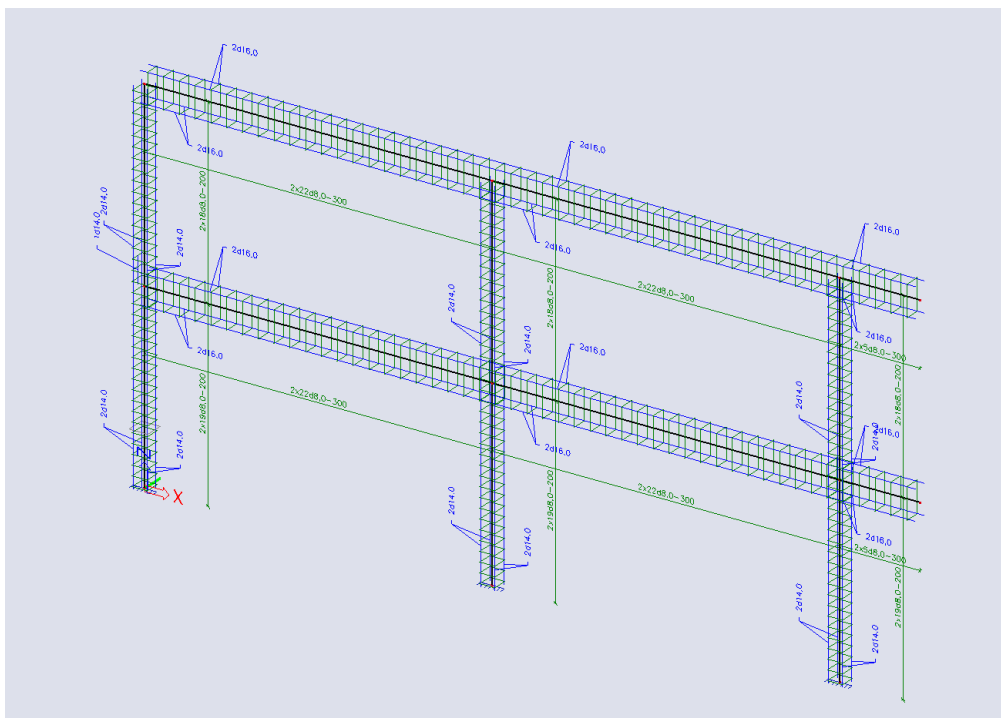




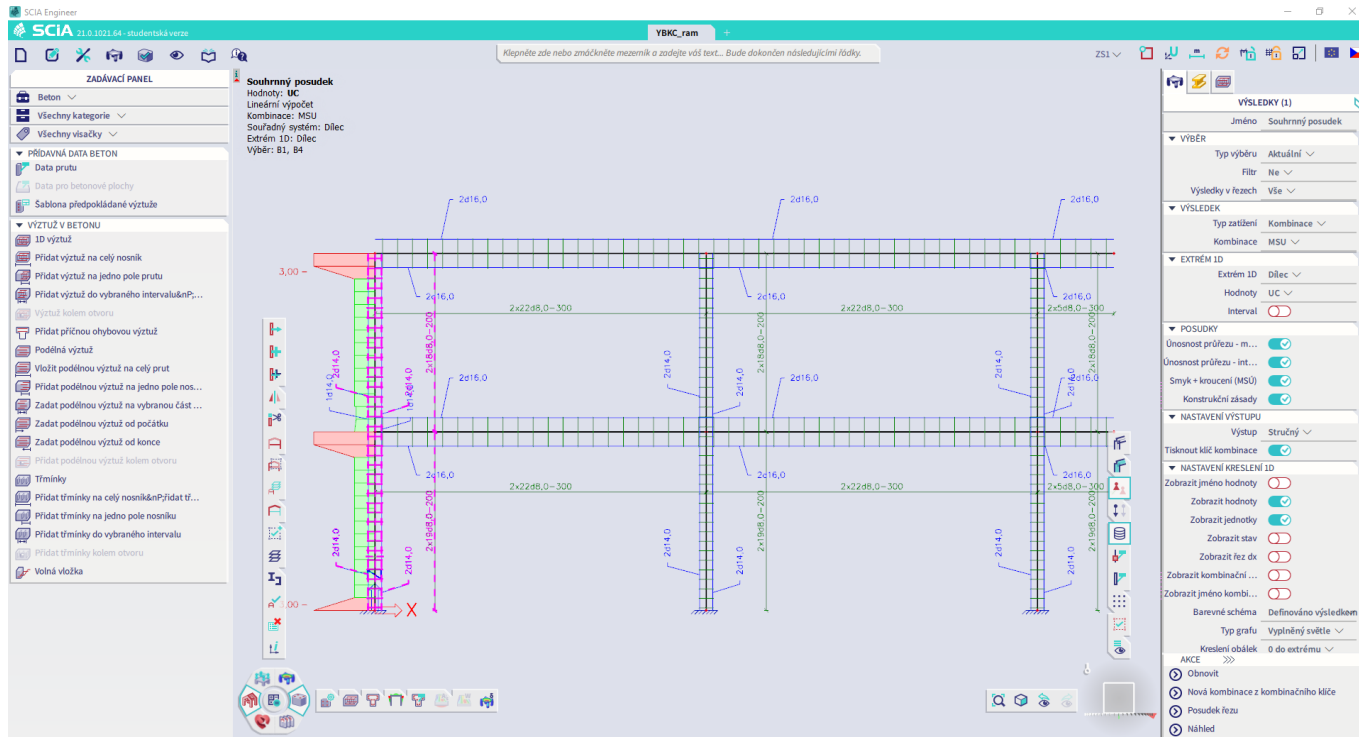
Přidáme příložky tam, kde je to potřeba. Přes **ZADÁVACÍ PANEĽ** → **Beton** → **VÝZTUŽ V BETONU** → **Podélná výztuž** → označíme levý horní sloup → zadáme první bod ve spodním styčnicku horního sloupu a druhý bod v 0,5 metrech (délka příložky 0,5 m), otevře se okno, ve kterém zadáme nové pruty. Vložíme novou vrstvu a požadované množství výztuže.



Pro lepší představu, kam (k jakému povrchu) umísťujeme další výztuž ve vhodné, zobrazit si konstrukci v axonometrii.

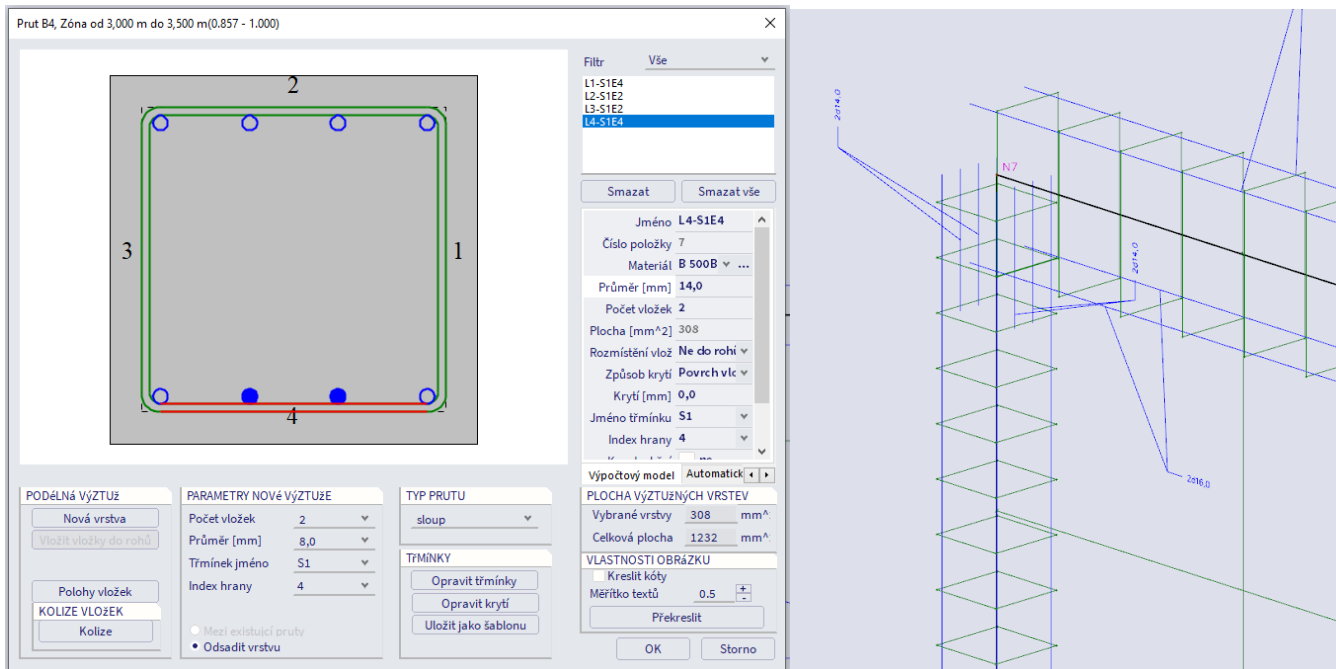


Pro rychlejší kontrolu budeme nadále používat *CELKOVÝ POSUDEK VÝZTUŽE*. Tento posudek obsahuje dílčí posudky ukázané dříve (dílčí posudky se hodí zejména v případě, že chceme znát přesnou příčinu nevyhovujícího posudku).

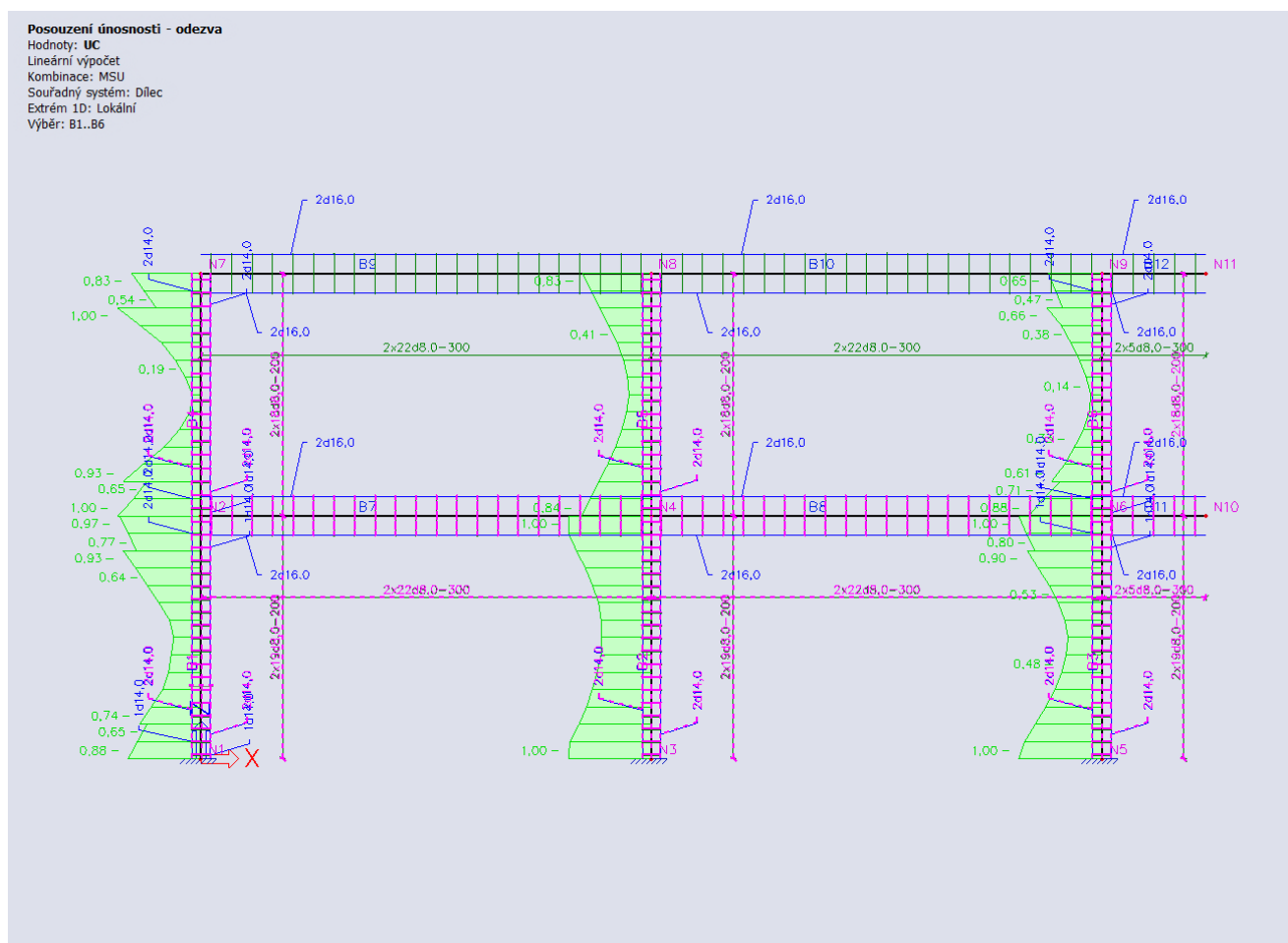


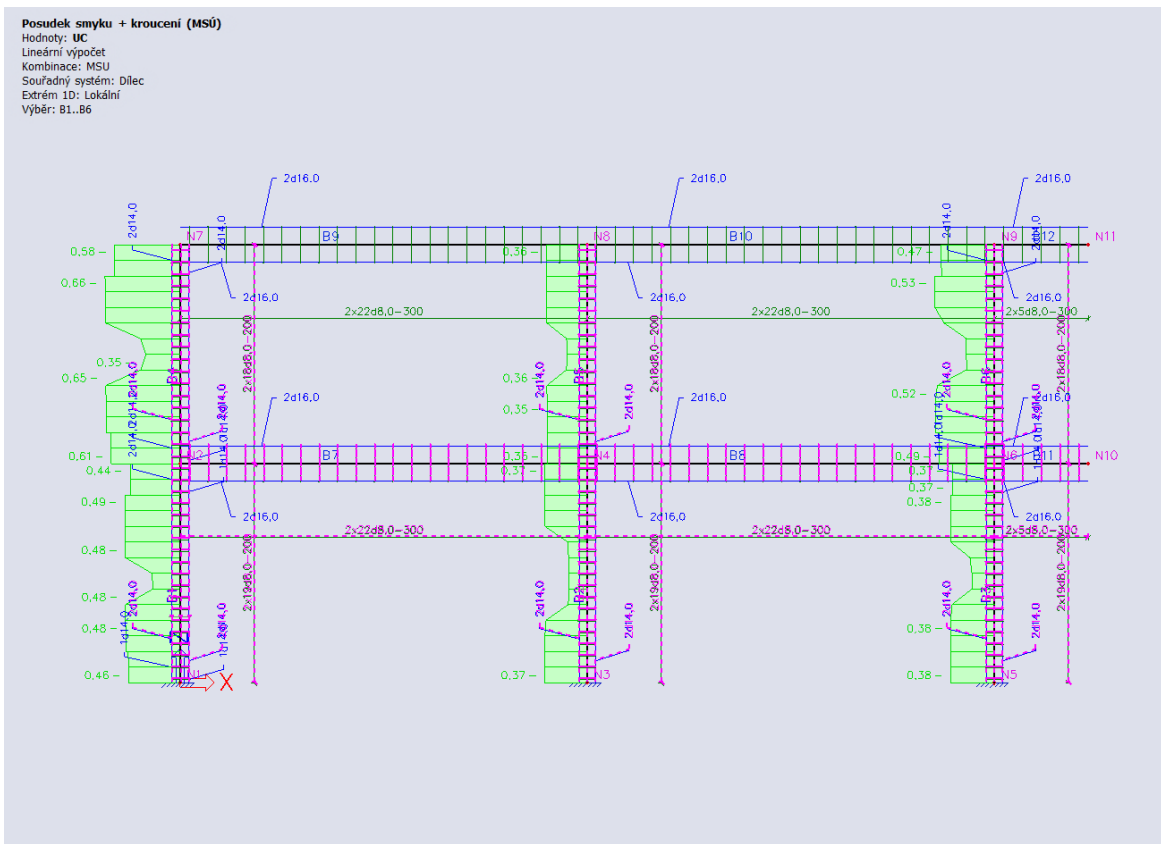
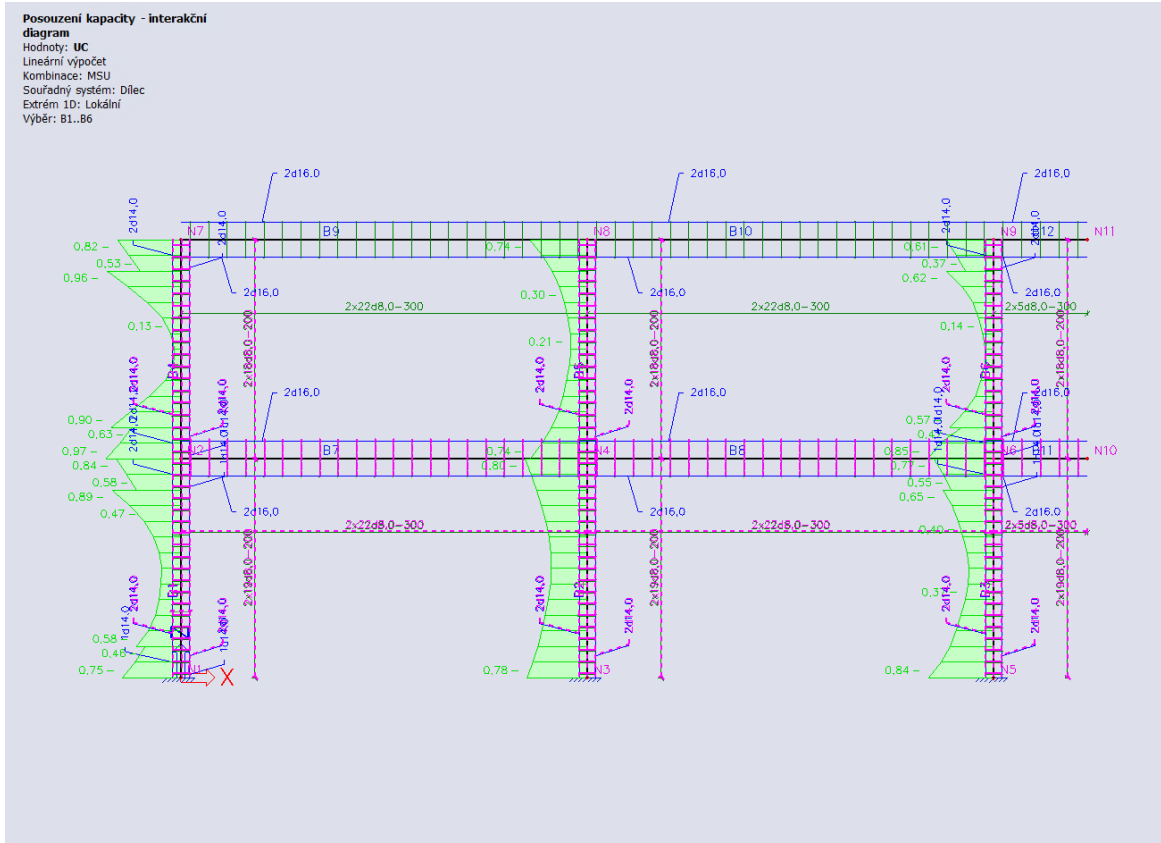
S těmito příložkami již výztuž v daném místě vyhoví. Obdobně navrhujeme příložky v ostatních problematických místech rámu. Pro náš případ umísťujeme vždy jednu nebo dvě příložky o průměru 14 mm na protilehlé strany průřezu. Pokud umísťujeme příložky do horní části sloupu, označíme sloup → jako první bod vybereme horní styčník a poté do konzoly zadáme [3], tím si vybereme oblast sloupu od 3,0 metru do 3,5 metru.





Takto vyztužené sloupy již na MSÚ vyhoví.



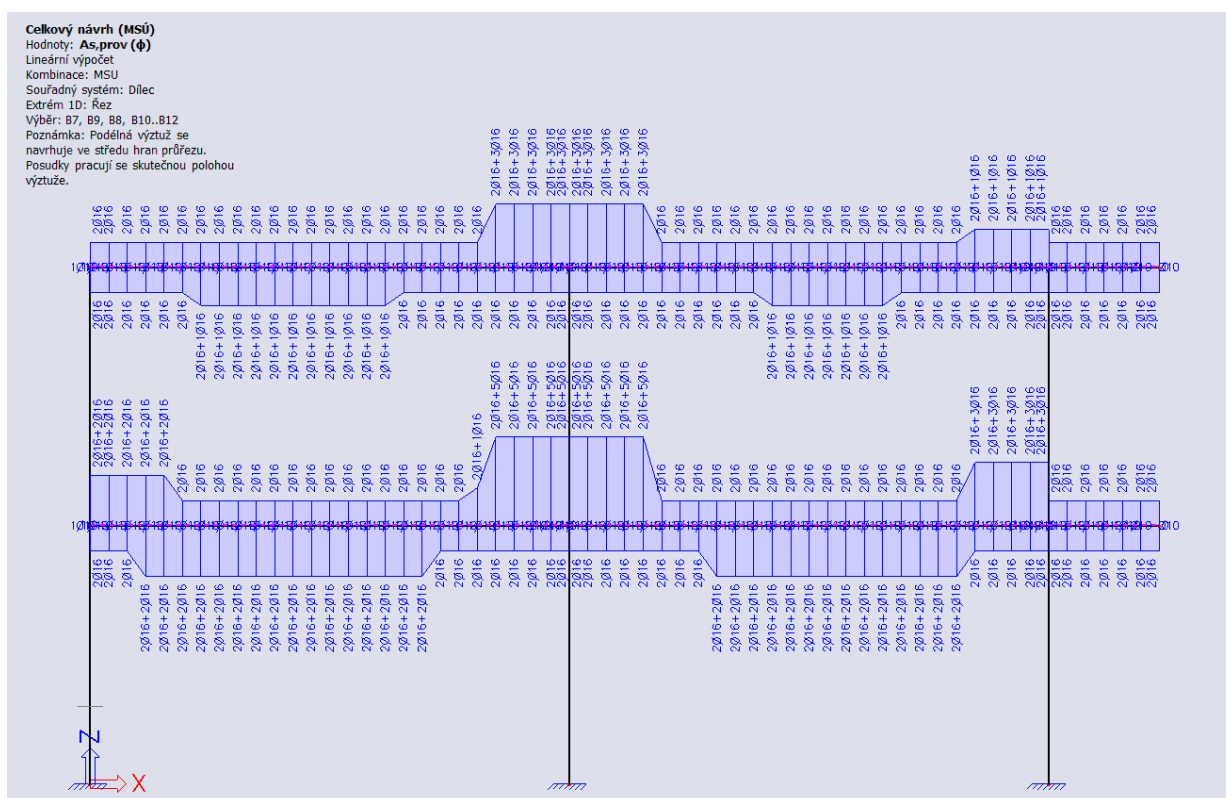


9.3 Úprava výztuže příčlí

9.3.1 Podélná výztuž

Stejným způsobem jako u sloupů přidáme příložky do příčlí. Na základě výpočtu nutné výztuže použijeme pro dolní výztuž **2 ϕ 16 mm** všude, ve více namáhaných oblastech **4 ϕ 16 mm** (2 příložky); pro horní výztuž **2 ϕ 16 mm** všude, ve více namáhaných oblastech **3 ϕ 16 mm** (1 příložka), **4 ϕ 16 mm** (2 příložky), **5 ϕ 16 mm** (3 příložky), případně **7 ϕ 16 mm** (5 příložek).

Pro připomenutí, takové rozložení výztuže nám doporučila Scia Engineer.



Spodní příčel, dolní výztuž (pořadnice se rovná globální souřadnici X):

- 2 příložky v oblasti 0,75 m až 4,75 m (délka 4,0 m),
- 2 příložky v oblasti 8,25 m až 12,0 m (délka 3,75 m).

Spodní příčel, horní výztuž (pořadnice se rovná globální souřadnici X):

- 2 příložky v oblasti 0 m až 0,75 m (délka 0,75 m),
- 5 příložek v oblasti 5,0 m až 8,0 m (délka 3,0 m)
- 3 příložky v oblasti 11,0 m až 13,0 m (délka 2,0 m).



Vložení příložek nad střední podporu lze provést několika způsoby. Nejjednodušší způsob, avšak nejméně ekonomický, je vložení pěti příložek po celé délce nadpodporového momentu (viz tento návod). Nastalou situaci lze však řešit i elegantněji, lze použít pět příložek a dvě z nich zkrátit (pět příložek totiž potřebujeme pouze v místě nejvyššího momentu).

Můžeme tedy vložit tři delší příložky a dvě kratší nebo vložíme nejprve všech pět příložek o požadované délce, poté tuto vrstvu poté rozbijeme (*výběr přídavné výztuže* → *pravé tlačítko* → *Opravit vlastnosti* → *Rozbít vrstvu výztuže*) a dvě příložky zkrátíme (*Vlastnosti* → *Pozice x1/x2*).

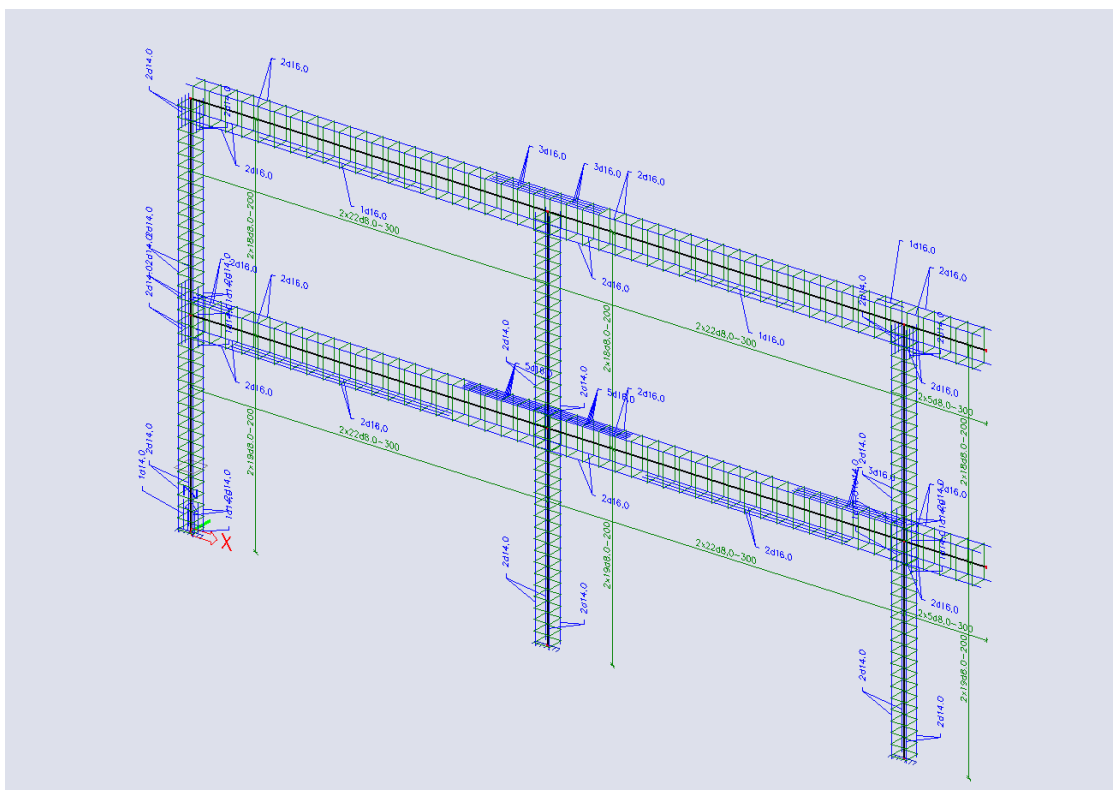
Horní příčel, dolní výztuž (pořadnice se rovná globální souřadnici X):

- 1 příložka v oblasti 1,25 m až 4,25 m (délka 3,0 m),
- 1 příložka v oblasti 9,0 m až 11,0 m (délka 2,0 m).

Horní příčel, horní výztuž (pořadnice se rovná globální souřadnici X):

- 3 příložky v oblasti 5,5 m až 7,5 m (délka 2,0 m),
- 1 příložka v oblasti 12,5 m až 13,0 m (délka 0,5 m).

Při určování délek prutů a jejich poloh využijeme toho, že máme na prutech zadány řezy po 25 cm vzdálenostech. Alternativně bychom je mohli odměřit pomocí příkazu *Výpis souřadnice vybraného bodu* nebo zadat pruty na prut přibližně zadáním konců prutů pomocí myši a jejich přesnou polohu, a tedy i délku, následně upravit v okně *Vlastnosti*.

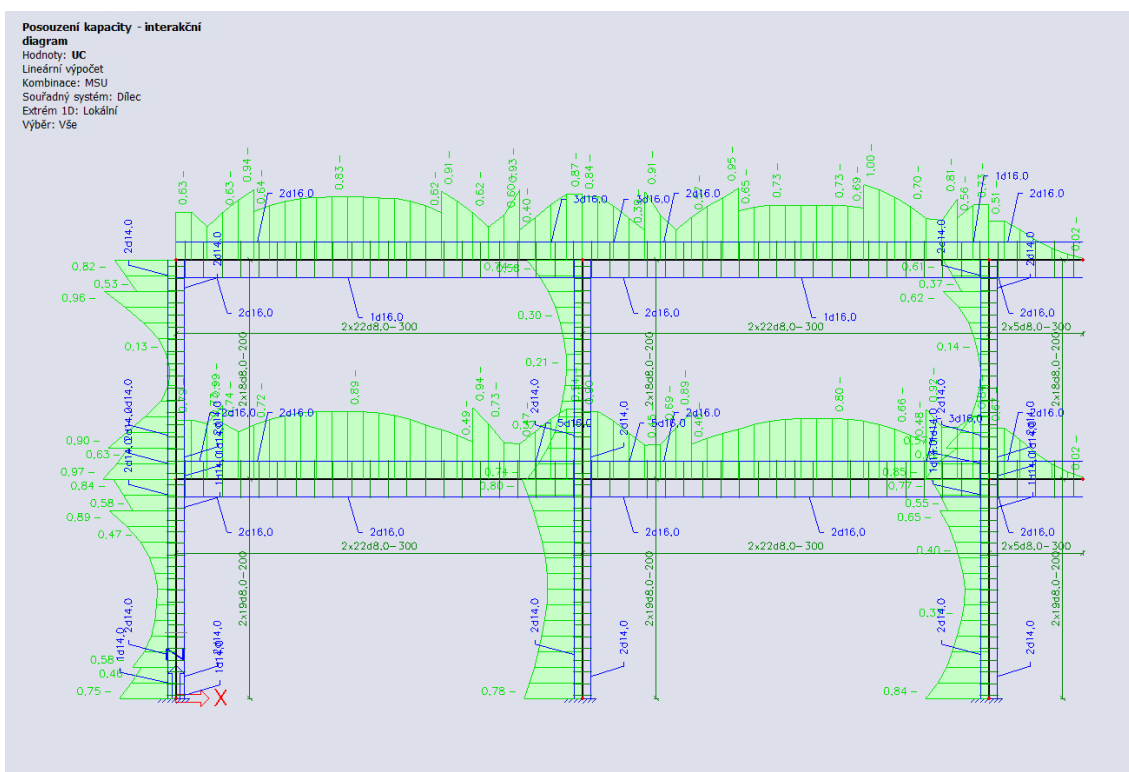
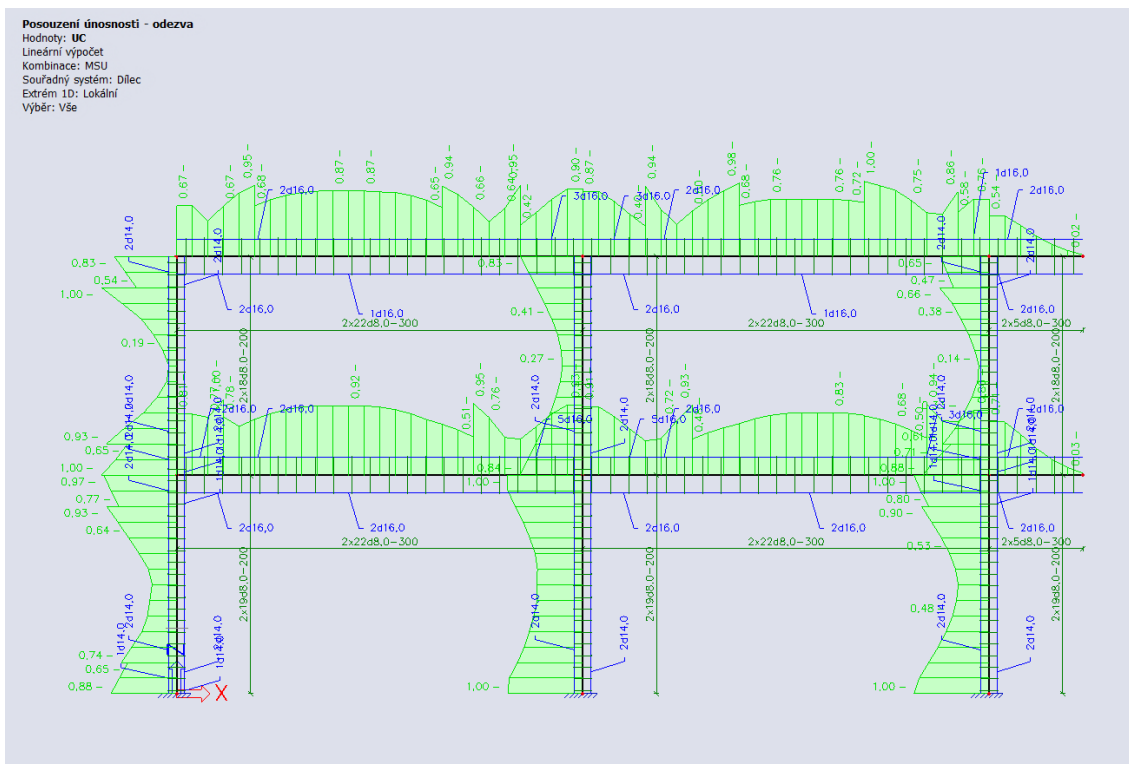


Takto upravená podélná výztuž na MSÚ vyhoví.



Pozor na to, že pro finální výkres výztuže je nutné k takto zadaným a posouzeným prutům přidat ještě příslušné kotevní délky.

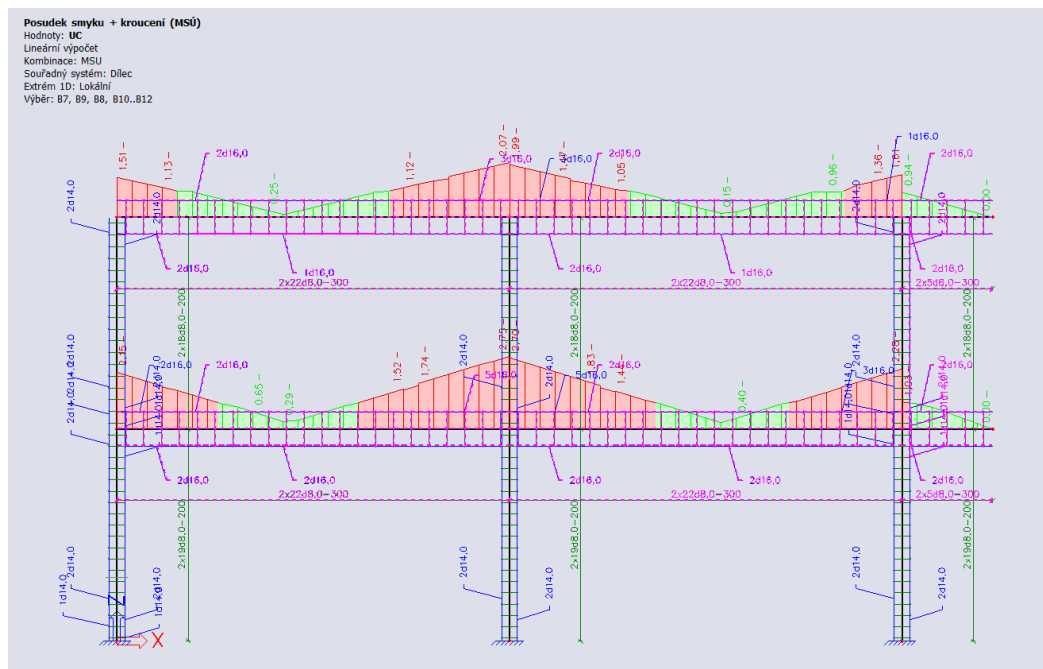
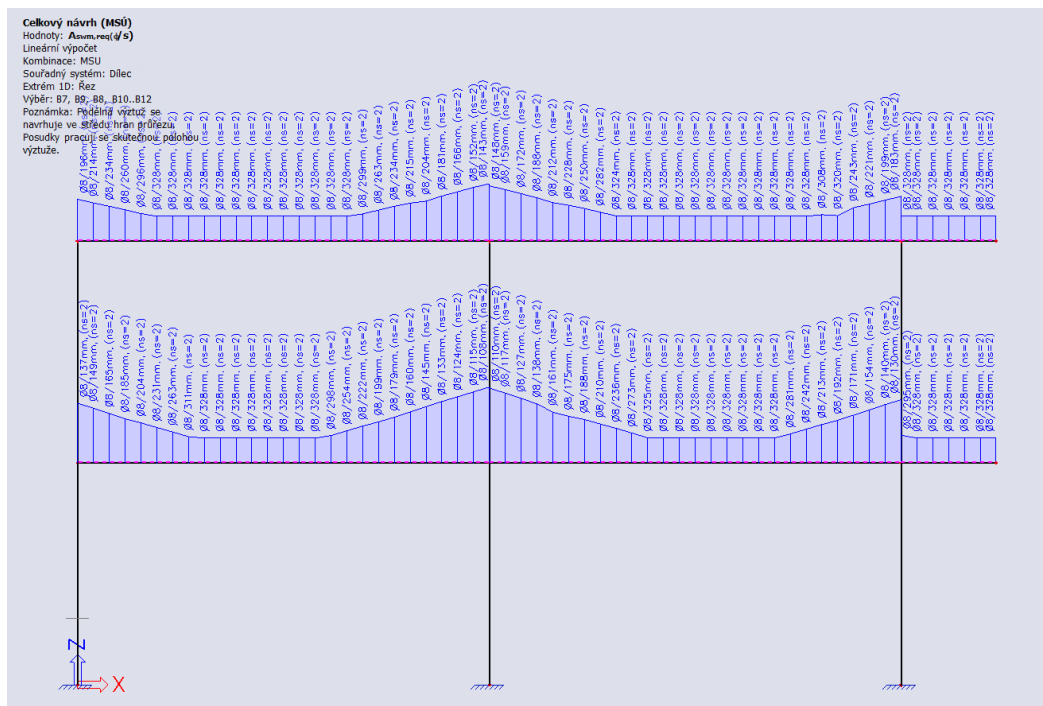
Při výuce si ukážeme rozdíl v zadávání výztuže na prut pro prvky modelované vcelku a zvlášť.



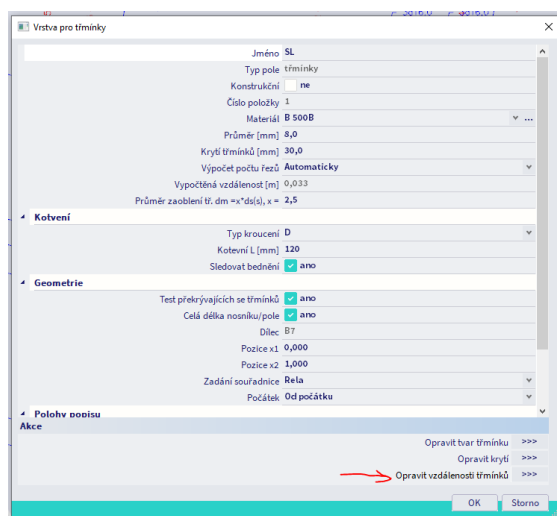
9.3.2 Třmínky

Vzdálenosti třmínků stanovené v rámci výpočtu nutné výztuže budeme brát jako orientační. Není nutné volit příliš mnoho oblastí s různými vzdálenostmi třmínků.

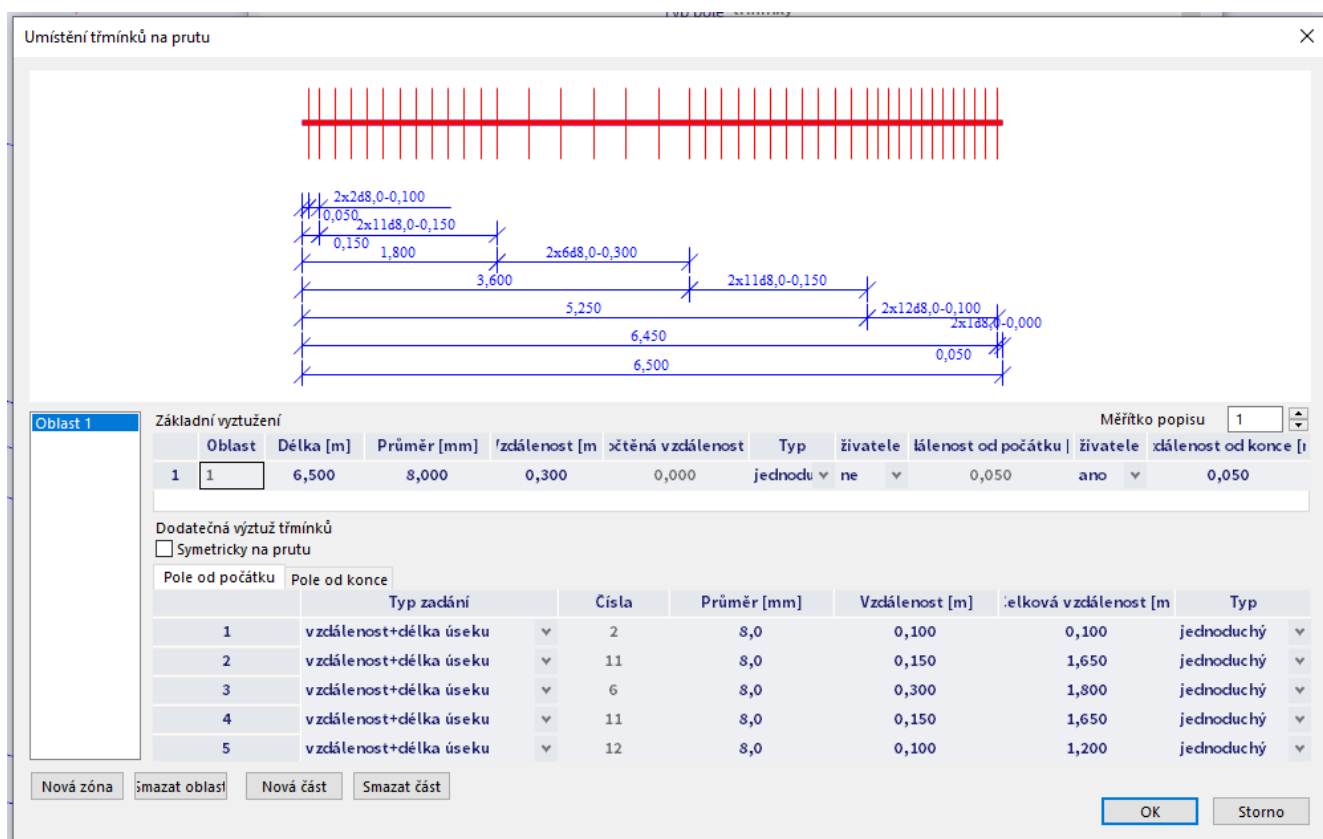
Pro připomenutí je níže zobrazena doporučená smyková výztuž a posudek smyku pro současné rozložení třmínků (konstantní vzdálenost třmínků po 300 mm po celé příčli):



Vybereme třmínky na levé spodní příčli → klikneme pravým tlačítkem myši na některý ze třmínků → *Oprava vlastností* → otevře se nám dialogové okno → vybereme *Opravit vzdálenosti třmínků*.



Zrušíme zaškrtnutí políčka *Symetricky na prutu*. Postupně (pomocí příkazu *Nová část*) nastavíme nové rozložení třmínků dle našeho návrhu. V oblasti základní vyztužení zadáme pro *Vzdálenost od počátku/konce [m]*: *Uživatelem* → *Ano*. Pro *Typ zadání* zvolíme *vzdálenost + délka úseku* (ostatní varianty probereme při výuce).



Levou spodní příčel jsme si ukázali. Obdobně upravíme vzdálenosti třmínků pro všechny části příčlí:

Prostřední část spodní příčle:

Umístění třmínků na prutu

Oblast	Délka [m]	Průměr [mm]	Vzdálenost [m]	účetná vzdálenost	Typ	živatelo	lálenost od počátku	živatelo	vzdálenost od konce [m]
1	6,500	8,000	0,300	0,000	jednodu	ne	0,050	ano	0,050

Pole od počátku	Pole od konce	Typ zadání	Číslo	Průměr [mm]	Vzdálenost [m]	účetná vzdálenost [m]	Typ
		vzdálenost+délka úseku	11	8,0	0,100	1,000	jednoduchý
		vzdálenost+délka úseku	10	8,0	0,150	1,500	jednoduchý
		vzdálenost+délka úseku	6	8,0	0,300	1,800	jednoduchý
		vzdálenost+délka úseku	12	8,0	0,150	1,800	jednoduchý
		počet+vzdálenost	3	8,0	0,100	0,300	jednoduchý

Pravá část spodní příčle:

Umístění třmínků na prutu

Oblast	Délka [m]	Průměr [mm]	Vzdálenost [m]	účetná vzdálenost	Typ	živatelo	lálenost od počátku	živatelo	vzdálenost od konce [m]
1	1,500	8,000	0,300	0,000	jednodu	ano	0,05	ano	0,050

Pole od počátku	Pole od konce	Typ zadání	Číslo	Průměr [mm]	Vzdálenost [m]	účetná vzdálenost [m]	Typ
		vzdálenost+délka úseku	3	8,0	0,100	0,200	jednoduchý
		vzdálenost+délka úseku	4	8,0	0,300	1,200	jednoduchý



Levá část horní příčle:

Umístění třmínků na prutu

Základní vyztužení

Oblast	Délka [m]	Průměr [mm]	Vzdálenost [m]	čtěná vzdálenost	Typ	živatele	lálenost od počátku	živatele	vzdálenost od konce [m]
1	6,500	8,000	0,300	0,100	jednodu	ano	0,050	ano	0,050

Dodatečná výztuž třmínků

Symetricky na prutu

Pole od počátku Pole od konce

Typ začání	Číslo	Průměr [mm]	Vzdálenost [m]	celková vzdálenost [m]	Typ
vzdálenost+délka úseku	9	8,0	0,150	1,200	jednoduchý
vzdálenost+délka úseku	10	8,0	0,300	3,000	jednoduchý
vzdálenost+délka úseku	14	8,0	0,150	2,100	jednoduchý

Nová zóna smazat oblast Nová část Smazat část OK Storno

Prostřední část horní příčle:

Umístění třmínků na prutu

Základní vyztužení

Oblast	Délka [m]	Průměr [mm]	Vzdálenost [m]	čtěná vzdálenost	Typ	živatele	lálenost od počátku	živatele	vzdálenost od konce [m]
1	6,500	8,000	0,300	0,100	jednodu	ano	0,050	ano	0,050

Dodatečná výztuž třmínků

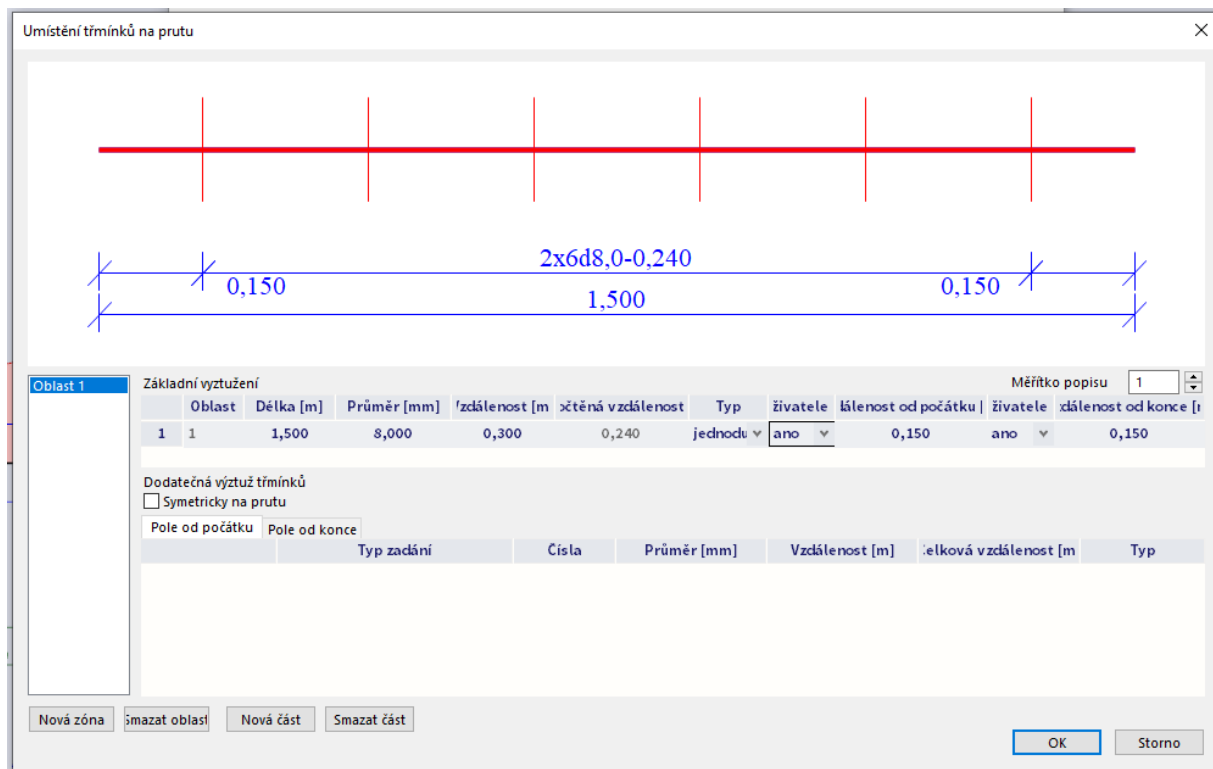
Symetricky na prutu

Pole od počátku Pole od konce

Typ začání	Číslo	Průměr [mm]	Vzdálenost [m]	celková vzdálenost [m]	Typ
vzdálenost+délka úseku	15	8,0	0,150	2,100	jednoduchý
vzdálenost+délka úseku	11	8,0	0,300	3,300	jednoduchý
vzdálenost+délka úseku	6	8,0	0,150	0,900	jednoduchý

Nová zóna smazat oblast Nová část Smazat část OK Storno

Pravá část horní příčle:

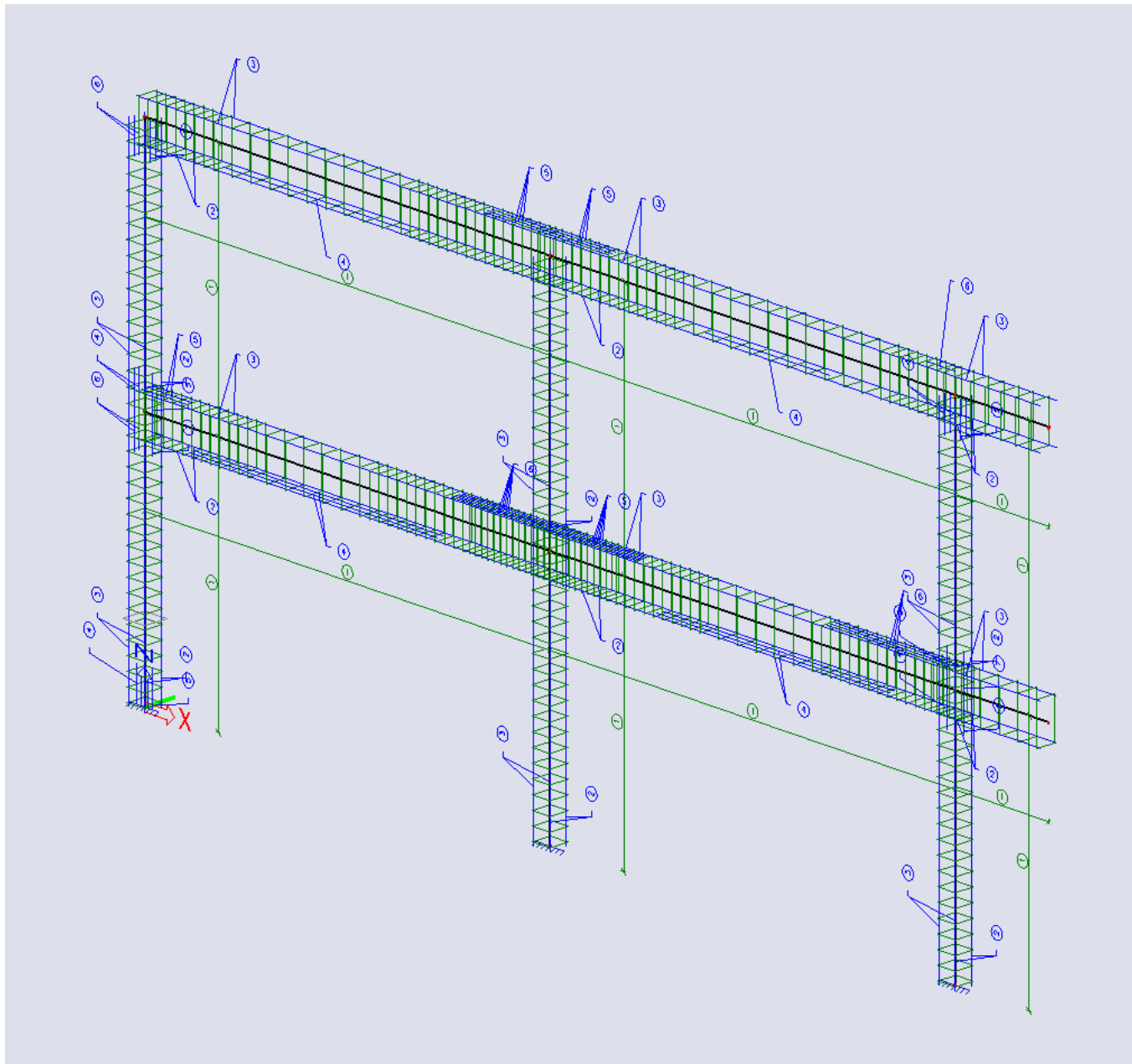


Při výuce si opět ukážeme rozdíl v úpravě vzdálenosti třmínků pro prvky modelované vcelku a zvlášť.

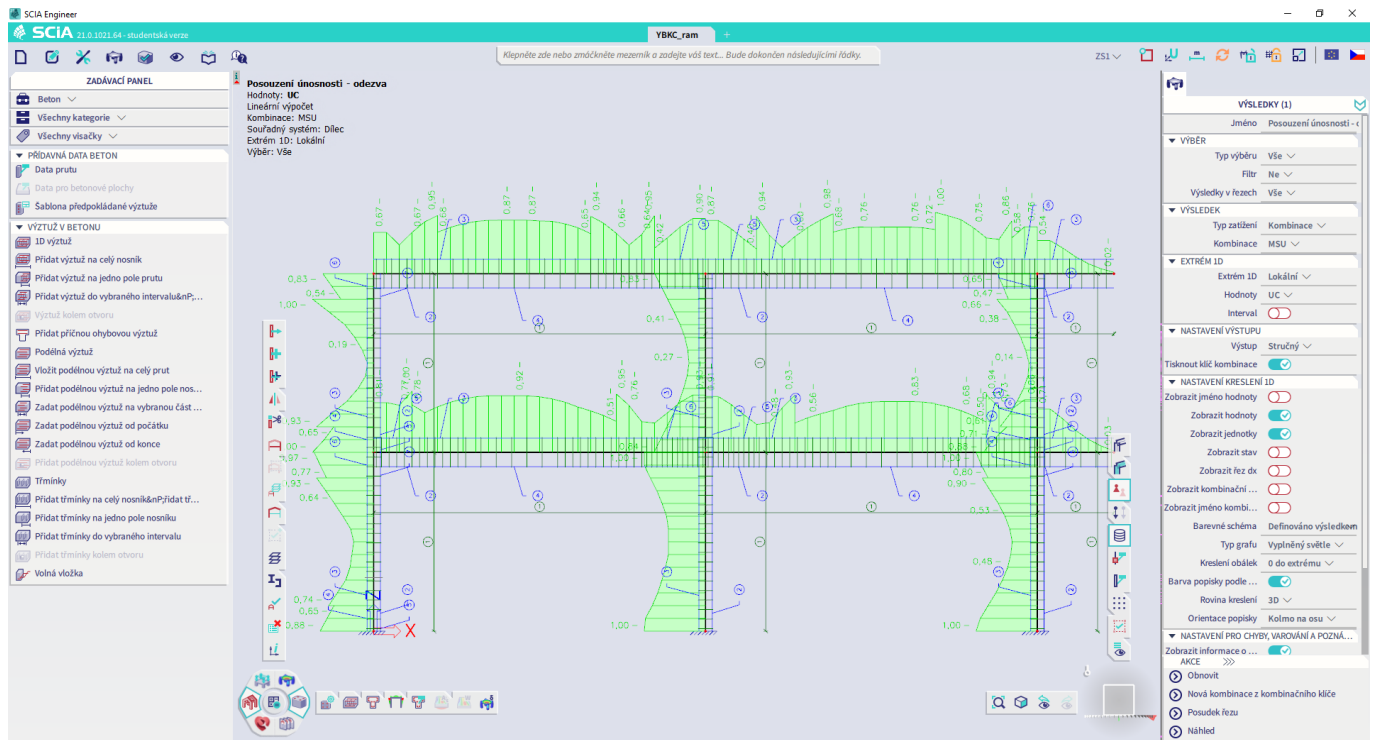
V tuto chvíli máme hotový kompletní návrh výztuže rámu a můžeme přejít k posouzení MSÚ.

9.4 Posouzení MSÚ na rámu

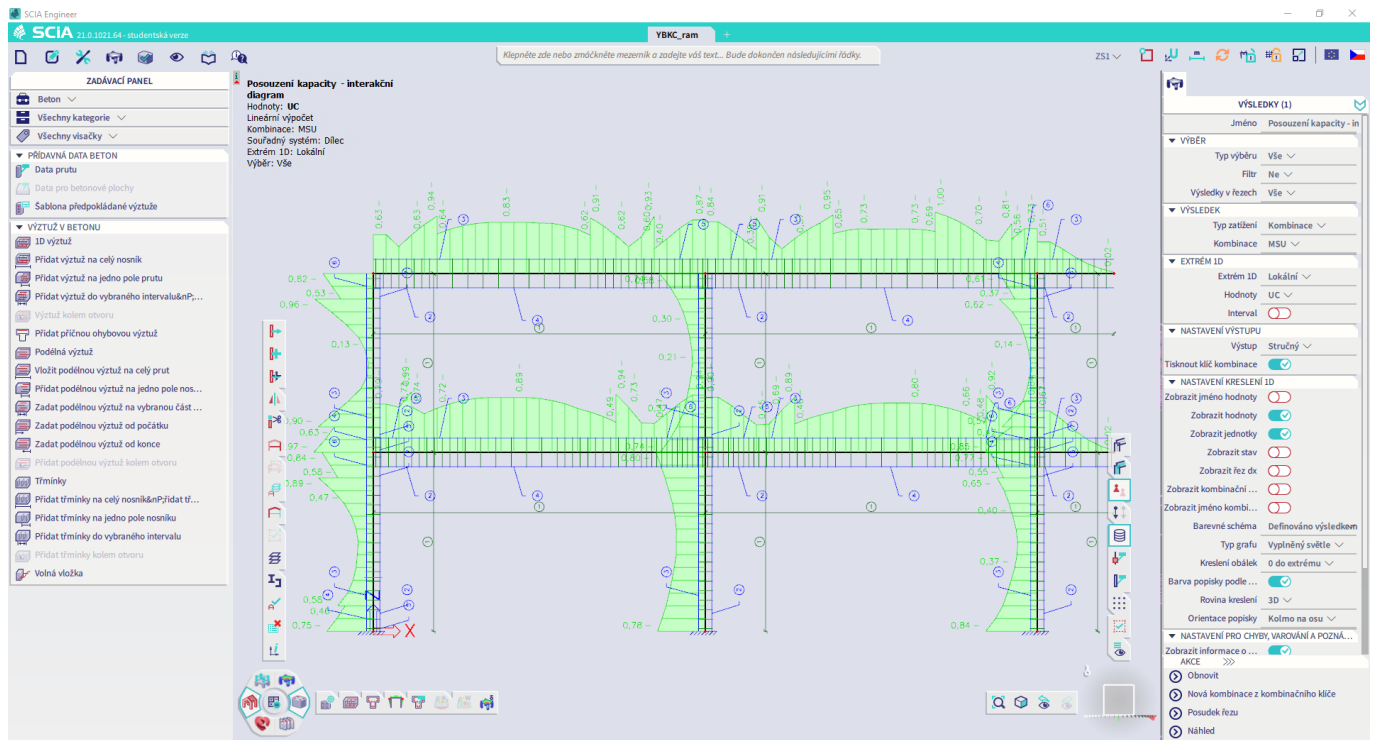
Máme zadanou a upravenou výztuž na celém rámu. Můžeme provést komplexní posouzení MSÚ (včetně konstrukčních zásad). Pro lepší přehlednost si můžeme vypnout popisy jednotlivých částí výztuže a nechat zapnuté například jen základní číslování prutů (získáme tak přehled, kde se jaké pruty nachází, ale nebudeme zahlceni informacemi, které momentálně nepotřebujeme). *Popisy vypneme kliknutím na pravé tlačítko do plochy modelu → Parametry zobrazení pro všechny entity → Konstrukce → Popis výztuže → vybereme: Zobrazit popisy a Typ čísla položky (ostatní vypneme).*



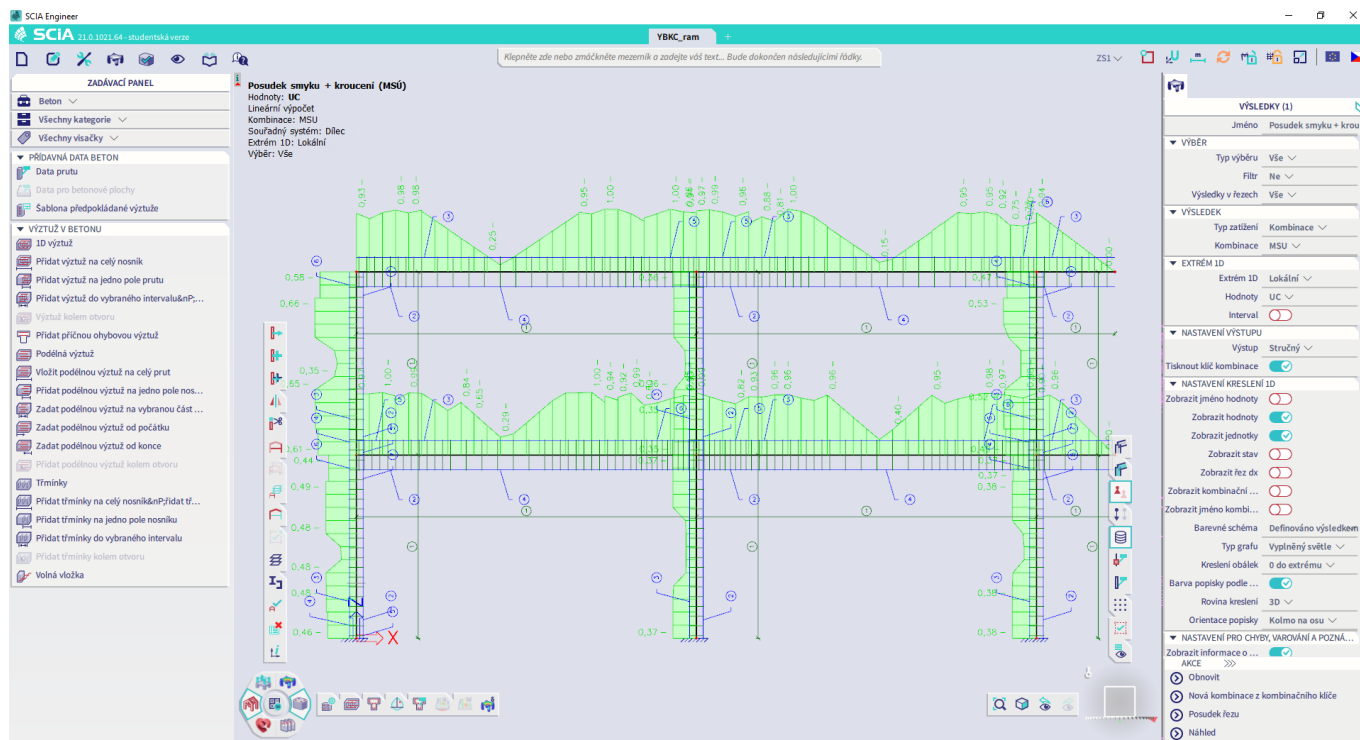
Posudek: Únosnost průřezu – metoda mezních přetvoření (MSÚ)



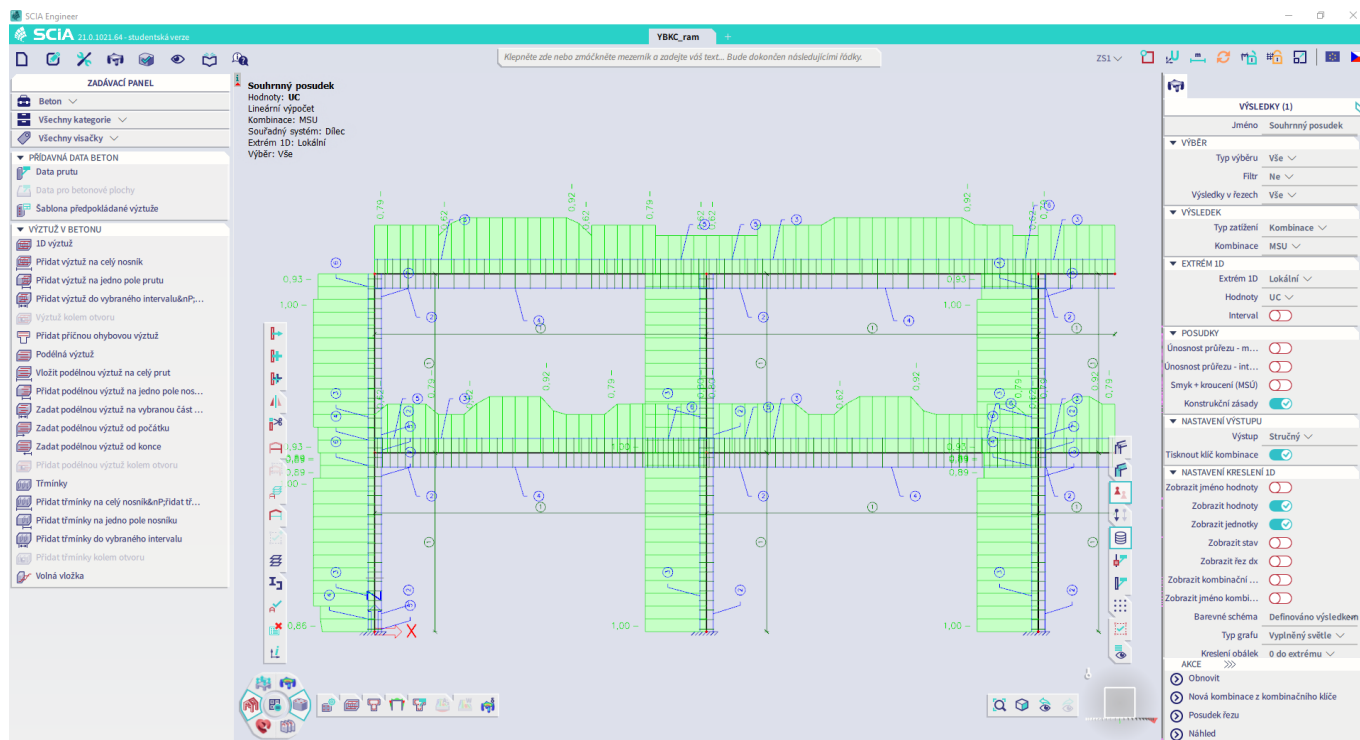
Posudek: Únosnost průřezu – interakční diagram (MSÚ)



Posudek: Smyk + kroucení (MSÚ)



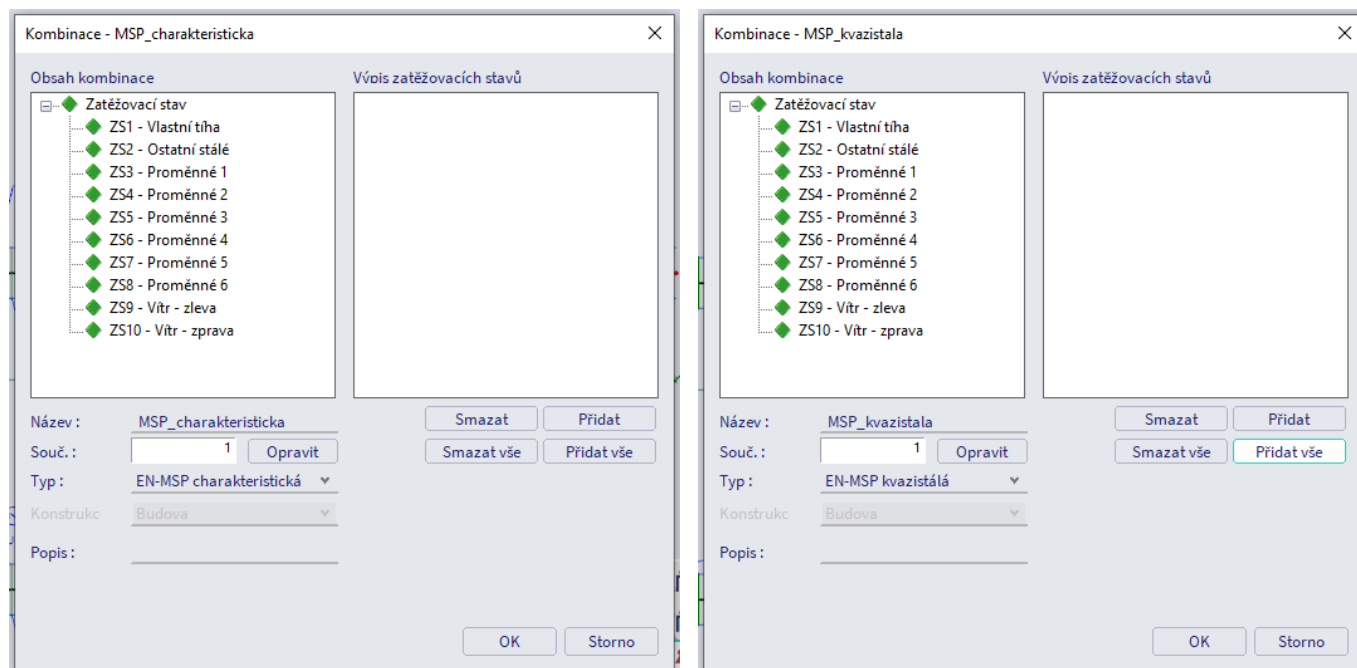
Posudek: Konstrukční zásady



10 Posouzení MSP

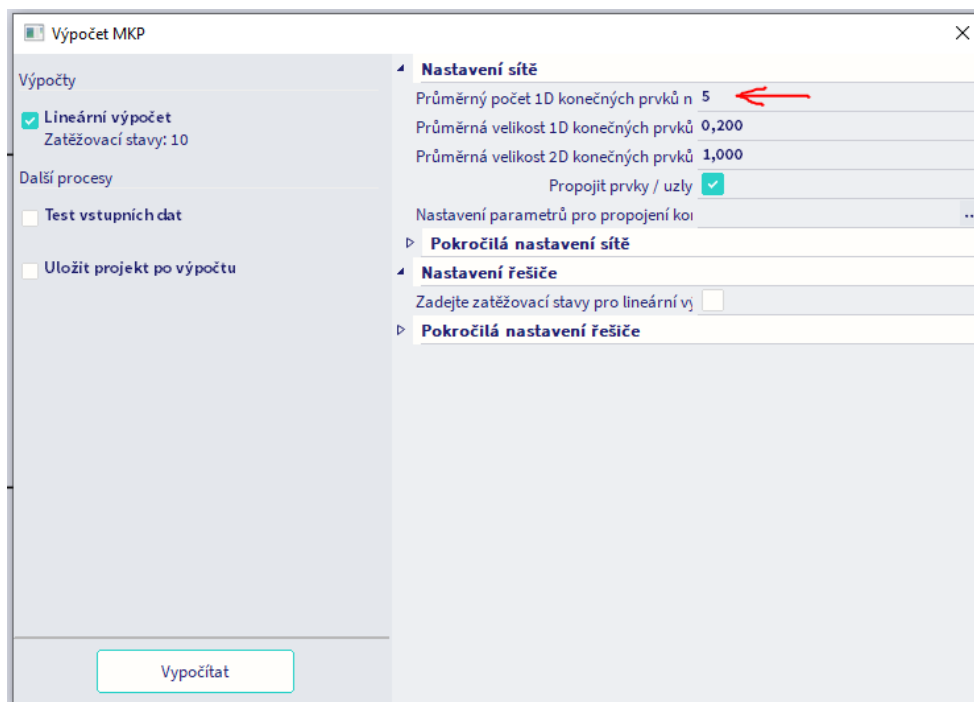
10.1 Kombinace zatížení pro MSP, nastavení výpočtu (betonu)

Pro posouzení MSP musíme zadat příslušné kombinace zatížení. Využijeme normových kombinací, abychom nemuseli ručně zadávat hodnoty součinitelů. Konkrétně nás bude zajímat kvazistálá (pro posouzení omezení napětí v betonu, trhlin a průhybů) a charakteristická (pro posouzení omezení napětí ve výztuži) kombinace.



Dále v kruhové nabídce zvolíme *Výpočet* → *Průměrný počet 1D konečných prvků na přímých 1D dílcích* → *5*, což je nutné právě kvůli výpočtu normově závislého průhybu. Spustíme výpočet.





V kruhové nabídce vybereme *BETON* → *NASTAVENÍ PRO BETONOVÉ KONSTRUKCE* → *NASTAVENÍ PRO BETONOVÉ KONSTRUKCE* → *Nastavení řešiče* → *Obecné* → *MSP* → *Použití efektivní moduly průřezu*. Tím zohledníme dlouhodobé účinky (dotvarování) na vlastnosti betonu (modul pružnosti), což se projeví při posouzení MSP (omezení napětí, trhliny, průhyb).

Nastavení pro betonové konstrukce

Pohledy: Kompletní nastavení | Nastavení pohle... | Načíst výchozí | Najít

Popis	Symbol	Hodnota	Výchozí	Jednotka	Kapitola	Norma	Konstrukce	Typ posudku
Výchozí nastavení návrhu								
Reinforcement								
Minimální krytí								
Nastavení řešiče								
Obecné								
Lim. hodnota jednotkového posudku	Lim. posudek	1,0	1,0			Nezavítá	Vše (Hosnik.Deskovy...)	Nastavení řešiče > Ob...
Hodnota jednotkového posudku pro respočet jednotkový posudek	Nečal.posudek	3,0	3,0			Nezavítá	Vše (Hosnik.Deskovy...)	Nastavení řešiče > Ob...
Součinitel pro výpočet efektivní výšky průřezu	Souč _{ef}	0,9	0,9			Nezavítá	Vše (Hosnik.Deskovy...)	Nastavení řešiče > Ob...
Součinitel pro výpočet ramene vnitřních sl	Souč _{ef2}	0,9	0,9			Nezavítá	Vše (Hosnik.Deskovy...)	Nastavení řešiče > Ob...
Součinitel pro výpočet slb, při kter je průřez tlačný	Souč _{com}	0,1	0,1			Nezavítá	Vše (Hosnik.Deskovy...)	Nastavení řešiče > Ob...
Dotvarování a smršťování								
Stáří betonu v okamžiku uzavření momentu	t	18250,00	18250,00	den	3.1.4.B.1.2	EN 1992-1-1	Vše (Hosnik.Deskovy...)	Nastavení řešiče > Ob...
Relativní vlhkost	RH	50	50	%	3.1.4.B.1.2	EN 1992-1-1	Vše (Hosnik.Deskovy...)	Nastavení řešiče > Ob...
Způsob zadání soustředěného dotvarování	Typ φ(t,τ)	Auto	Auto		3.1.4.2)	EN 1992-1-1	Vše (Hosnik.Deskovy...)	Nastavení řešiče > Ob...
Stáří betonu při zatížení	t ₀	28,00	28,00	den	3.1.4.2).B1	EN 1992-1-1	Vše (Hosnik.Deskovy...)	Nastavení řešiče > Ob...
Ukazovatel vyzrání a autogenní smršťování	Typ t _{ef} (t,t ₀)	Auto	Auto		3.1.4.6)	EN 1992-1-1	Vše (Hosnik.Deskovy...)	Nastavení řešiče > Ob...
Stáří betonu na počátku smršťování od vyzrání	t ₀	7,00	7,00	den	3.1.4.6).B2	EN 1992-1-1	Vše (Hosnik.Deskovy...)	Nastavení řešiče > Ob...
MSP								
Použití efektivní moduly průřezu		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		7.1.2)	EN 1992-1-1	Vše (Hosnik.Deskovy...)	Nastavení řešiče > Ob...
Výchozí nastavení vzpěru								
Posuvný po ose y	Posuvný yy	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Nezavítá	Vše (Hosnik.Deskovy...)	Nastavení řešiče > Ob...
Posuvný po ose z	Posuvný zz	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Nezavítá	Vše (Hosnik.Deskovy...)	Nastavení řešiče > Ob...
Vnitřní síly								
Návrh Ie								
Konverze na pruhy								
Interakční diagram								
Smyk								
Kroucení								
Omezení napětí								
Síly pro vznik trhlin								
Síla trhlin								
Průhyby								
Konstrukční zásady								

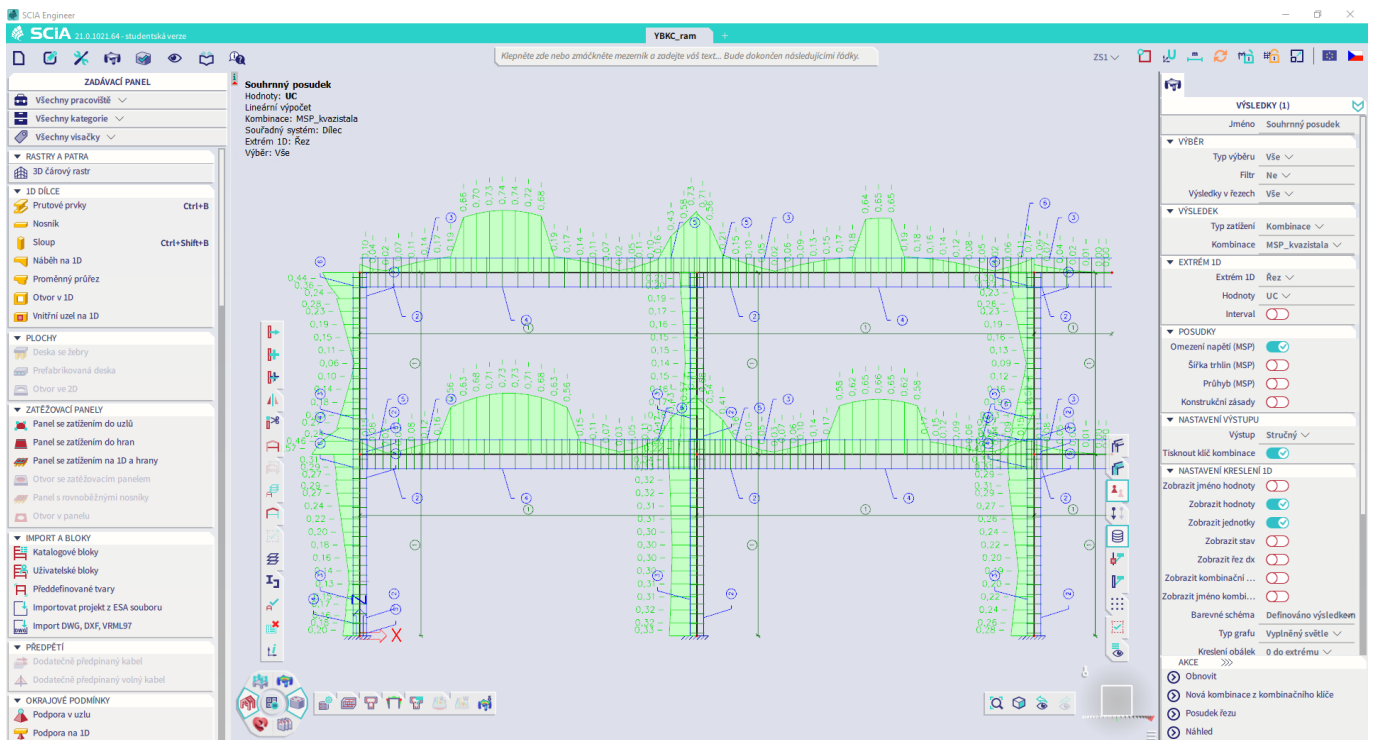
OK Storno

10.2 Omezení napětí

V kruhové nabídce vybereme *BETON* → *CELKOVÝ POSUDEK VÝZTUŽE* → *CELKOVÝ POSUDEK VÝZTUŽE* → v pravé nabídce vybereme vytvořenou kombinaci *MSP* → zobrazí se nám *POSUDKY* → vybereme *Omezení napětí (MSP)*. Zde se posuzuje, zda je:

- pro **kvazistálou** kombinaci absolutní hodnota tlakového napětí v **betonu** $\leq 0,45 f_{ck}$ (pokud není splněno, musí se uvažovat nelineární dotvarování),
- pro **charakteristickou** kombinaci absolutní hodnota tlakového napětí v **betonu** $\leq 0,6 f_{ck}$ (týká se jen konstrukcí v prostředí třídy XD, XF nebo XS – v našem případě posuzovat nebudeme, neboť máme prostředí XC2),
- pro **charakteristickou** kombinaci napětí v tažené **výztuži** $\leq 0,8 f_{yk}$.

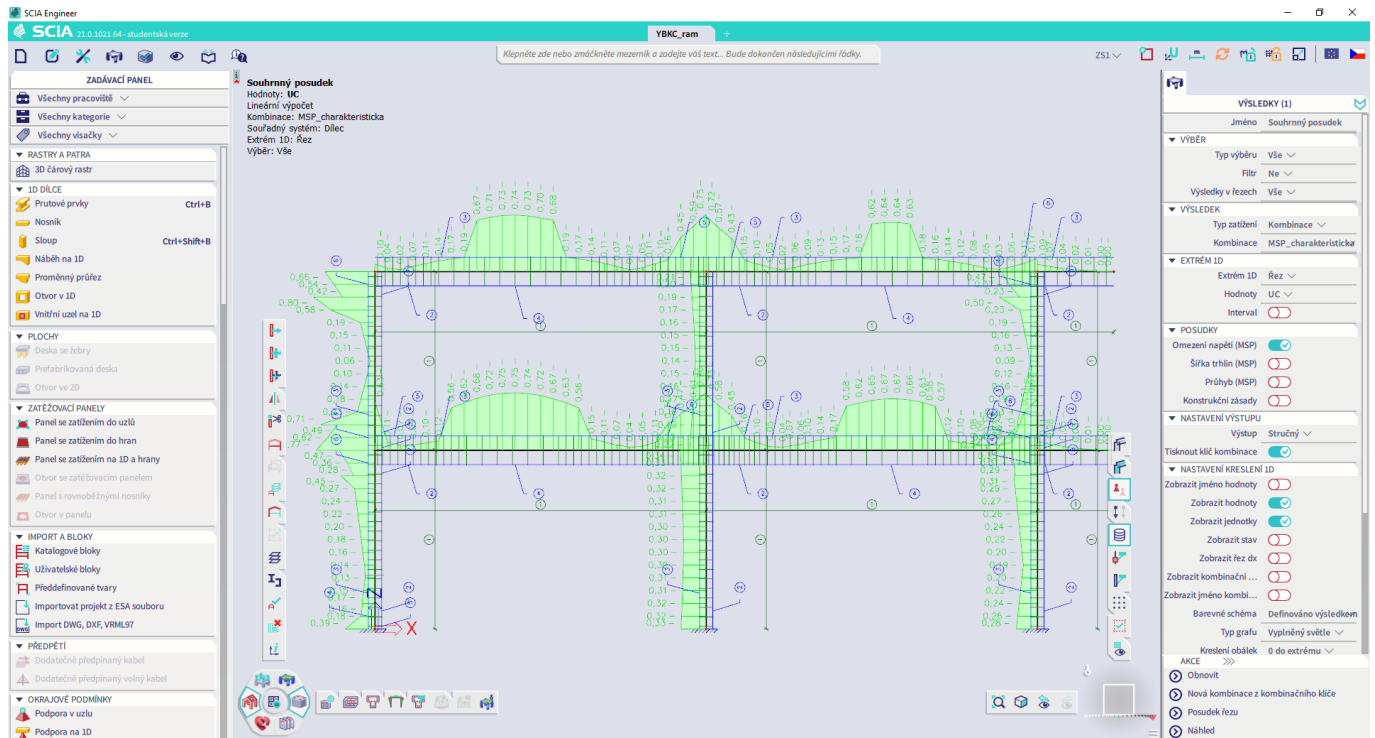
V pravé nabídce *VÝSLEDKY* zadáme *Typ zatížení* → *Kombinace*, *Kombinace* → *MSP_kvazistala*, *Extrém 1D* → *Řez*, *Hodnoty* → *UC*. Posoudíme.



Je zřejmé, že hodnoty napětí v betonu všude splňují předepsaný limit.

Obdobně posoudíme napětí ve výztuži pro charakteristickou kombinaci. V pravé nabídce *VÝSLEDKY* zadáme *Typ zatížení* → *Kombinace*, *Kombinace* → *MSP_charakteristicka*, *Extrém 1D* → *Řez*, *Hodnoty* → *UC*. Posoudíme. Opět vidíme, že konstrukce ve všech průřezích vyhovuje.





Poznámka:

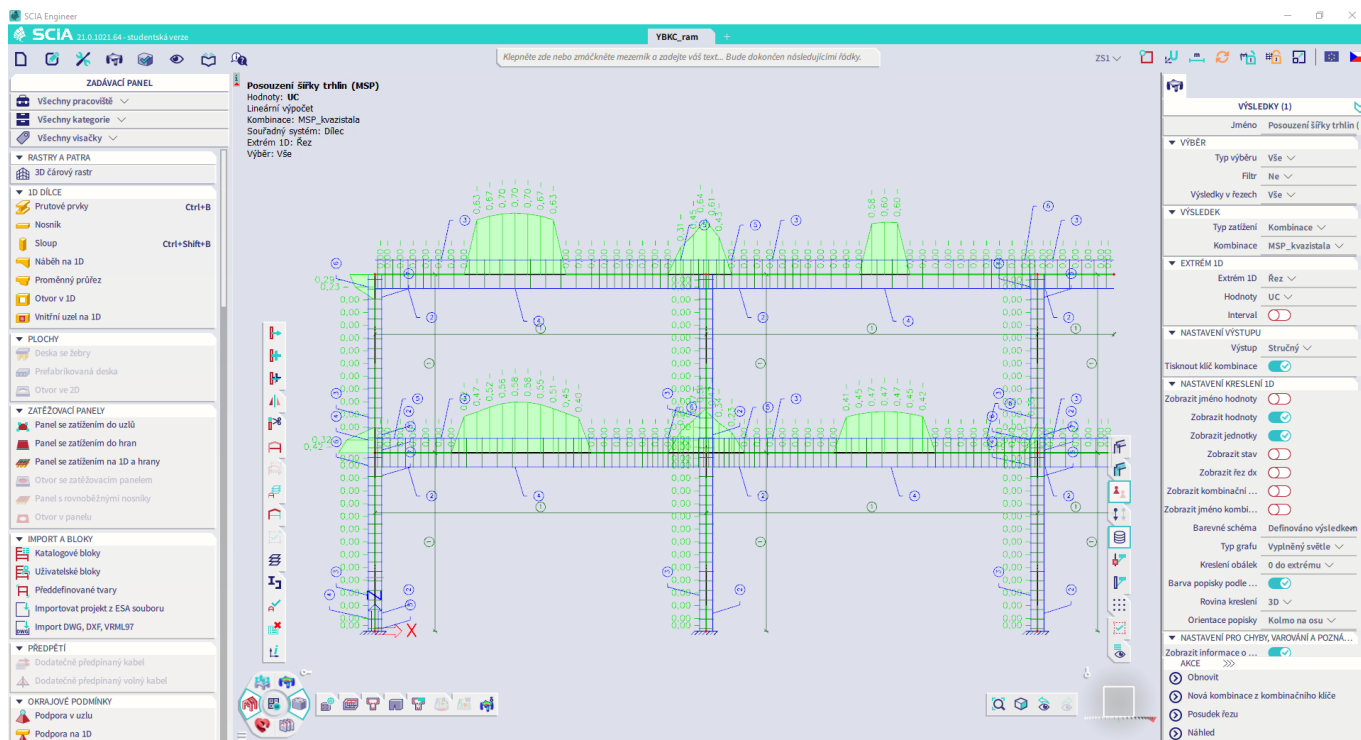
Ve starších verzích programu Scia Engineer bylo možné kromě jednotkového posudku UC, vykreslit přímo i hodnoty působícího a limitního napětí. To bylo výhodné, jelikož jsme na první pohled viděli napětí působící v daném průřezu, a ne pouze na kolik % je průřez využit.



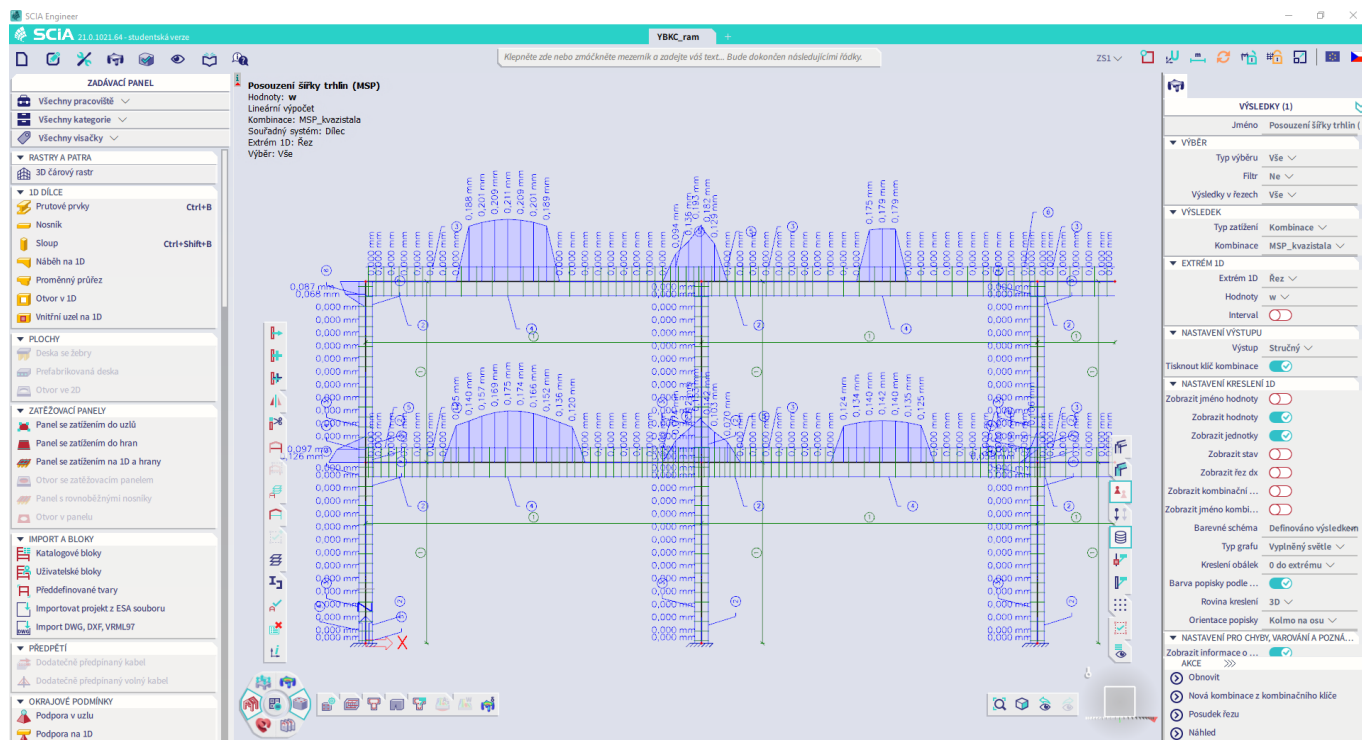
10.3 Šířka trhlin

Posoudíme, zda je splněn požadavek na maximální šířku trhlin, která je v našem případě pro **kvazistálou** kombinaci $w_{max} = 0,3$ mm (pro třídu prostředí XC2). V kruhové nabídce vybereme **BETON** → **CELKOVÝ POSUDEK VÝZTUŽE** → **POSUDEK ŠÍŘKY TRHLIN 1D MODLE MSP** → v pravé nabídce **VÝSLEDKY** zadáme **Typ zatížení** → **Kombinace, Kombinace** → **MSP_kvazistala, Extrém 1D** → **Řez, Hodnoty** → **UC** (jednotkový posudek), resp. w nebo $w-w_{max}$. Posoudíme. Konstrukce z hlediska šířky trhlin vyhoví.

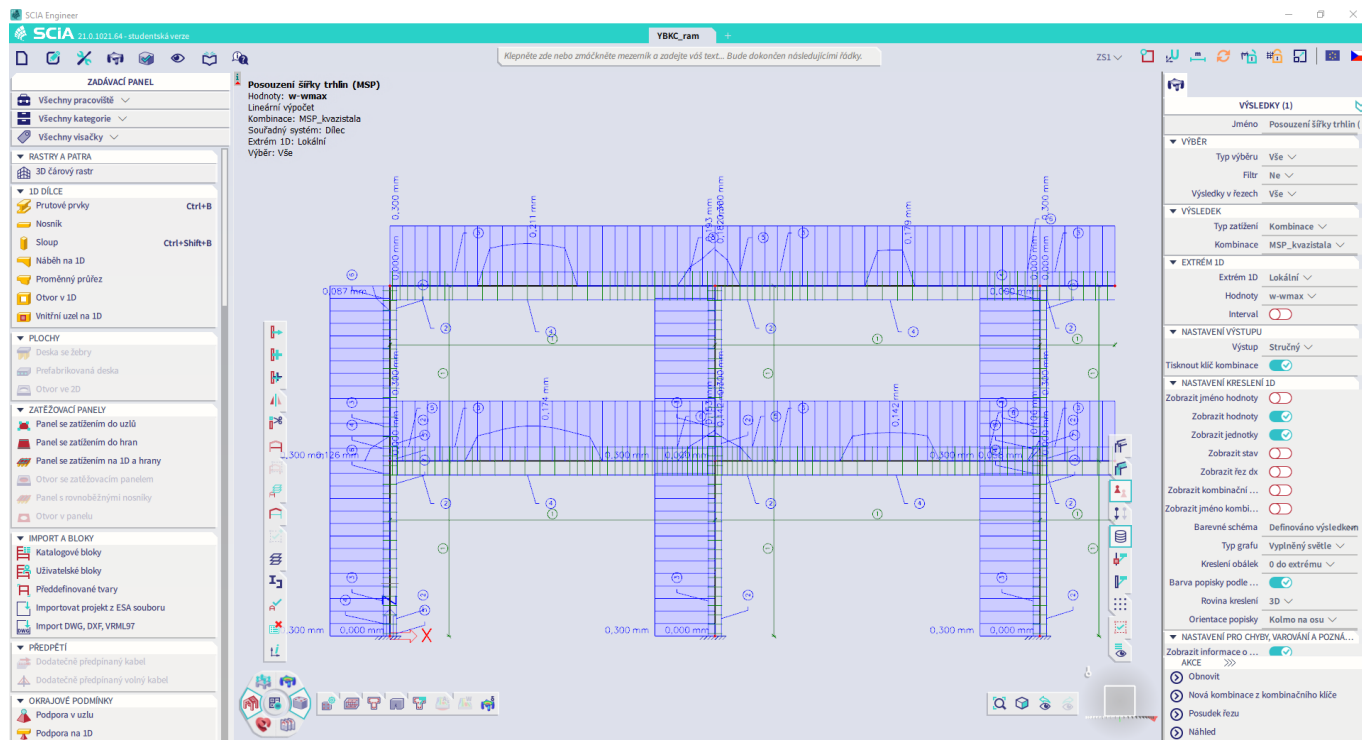
Posudek – *Hodnoty: UC*



Posudek – Hodnoty: w



Posudek – Hodnoty: w-wmax

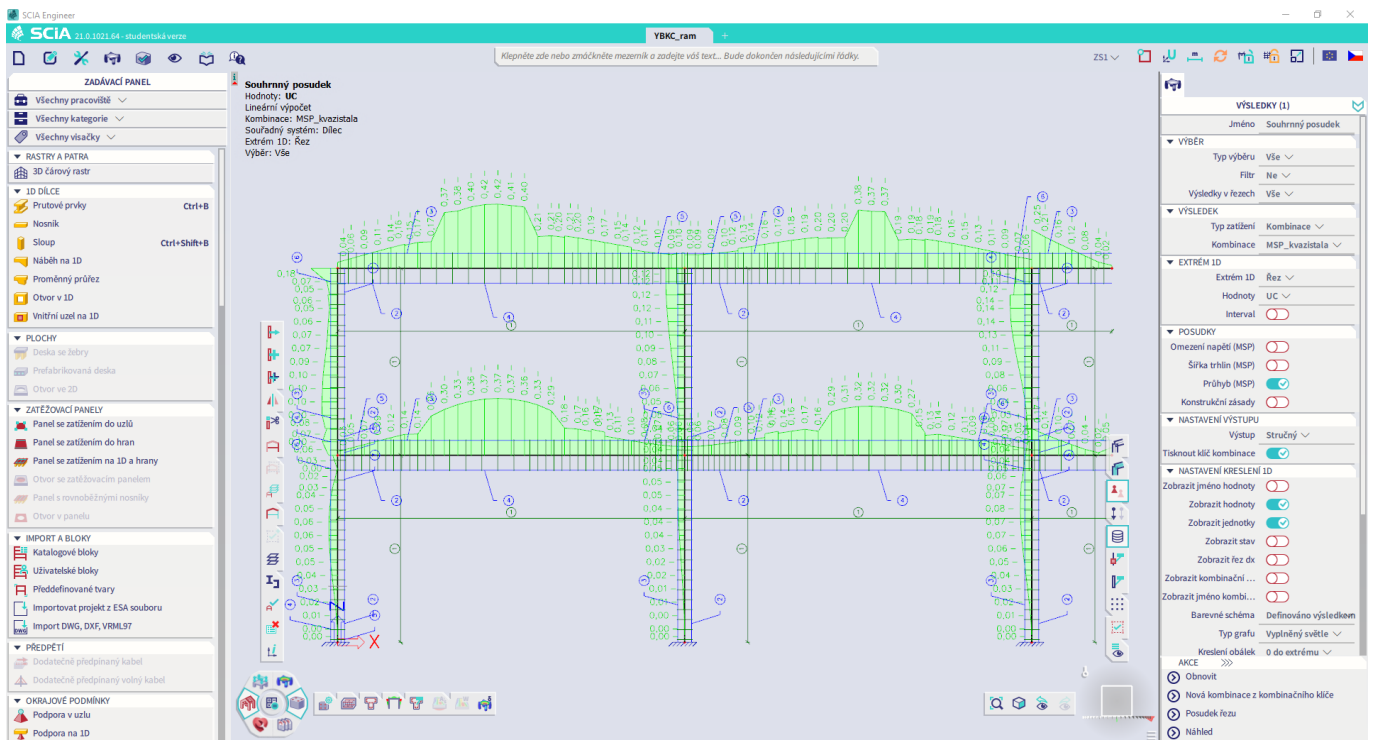


10.4 Průhyb

Posouzení průhybů provedeme pro **kvazistálou** kombinaci. Budeme kontrolovat, zda průhyb konstrukce nepřesahuje předepsaný limit (v tomto případě 1/250 rozpětí, resp. vzpěrné délky).

Posouzení průhybů železobetonové konstrukce lze v programu *SCIA Engineer* provést více způsoby (ani při jednom však není stanoven průhyb od smršťování). První možností je vybrat v kruhové nabídce *BETON* → *CELKOVÝ POSUDEK VÝZTUŽE* → *CELKOVÝ POSUDEK VÝZTUŽE* → v pravé nabídce vybereme vytvořenou kombinaci *MSP* → zobrazí se nám *POSUDKY* → vybereme *Průhyb (MSP)*.

V pravé nabídce *VÝSLEDKY* zadáme *Typ zatížení* → *Kombinace*, *Kombinace* → *MSP_kvazistala*, *Extrém 1D* → *Řez*, *Hodnoty* → *UC* (jednotkový posudek). Posoudíme. Konstrukce z hlediska průhybu vypočítá.



Poznámka:

Stejně jako u omezení napětí (viz kapitola 10.2) bylo ve starších verzích programu Scia Engineer možné kromě jednotkového posudku UC, vykreslit přímo i hodnoty působícího a limitního průhybu. To bylo výhodné, jelikož jsme na první pohled viděli průhyb v daném průřezu, a ne pouze na kolik % je průřez využit (tedy poměr působícího a limitního průhybu).

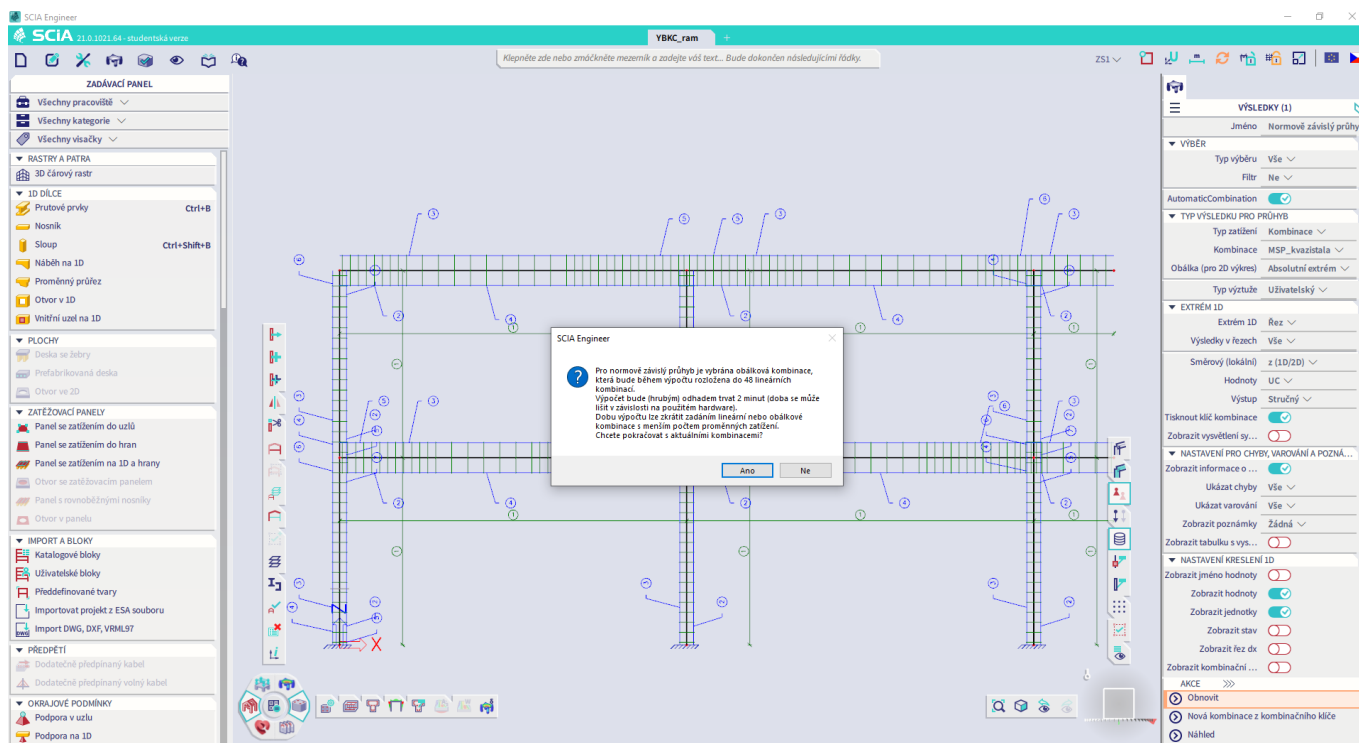


Přesnější posouzení průhybů lze provést pomocí normově závislého průhybu. K tomuto posudku se dostaneme přes kruhovou nabídku → *Beton* → *Normově závislý průhyb*.

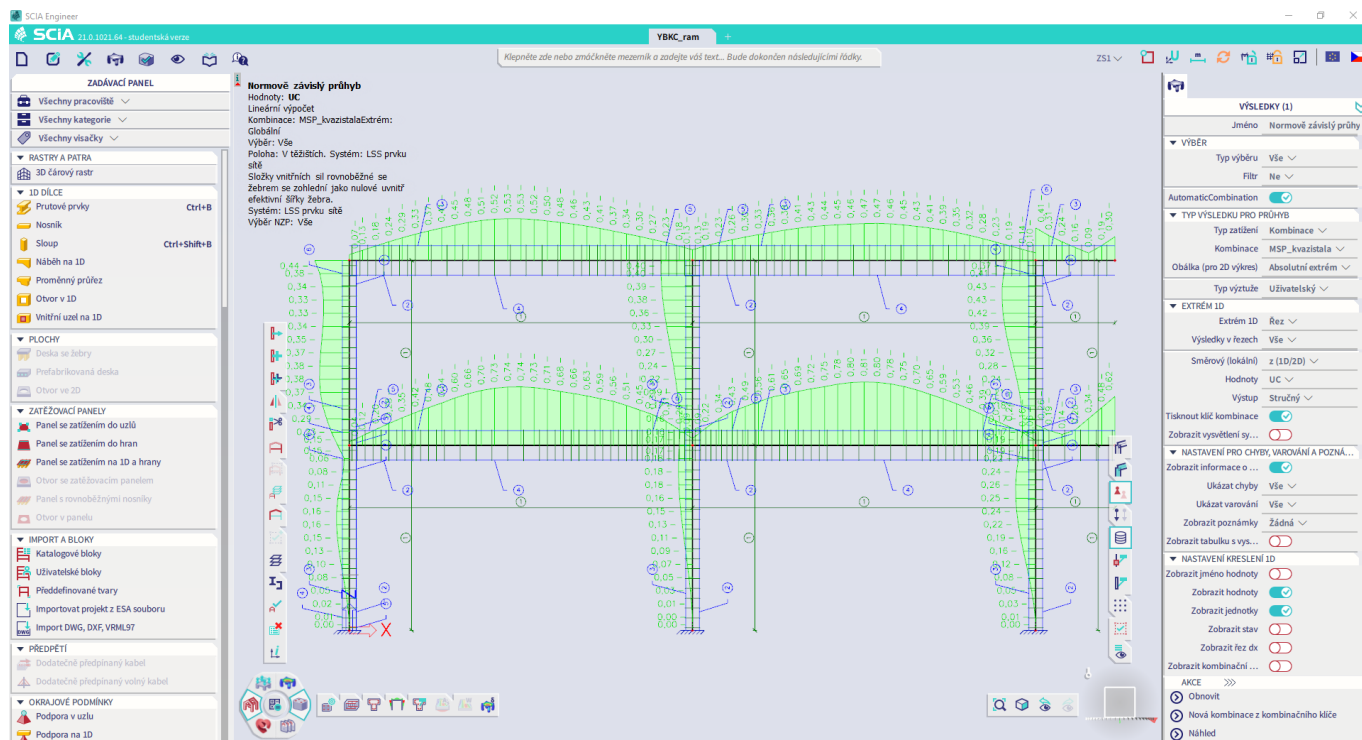
V pravé nabídce *VÝSLEDKY* zadáme *Typ zatížení* → *Kombinace*, *Kombinace* → *MSP_kvazistala*, *Typ výztuže* → *Uživatelský*, *Extrém 1D* → *Řez*, *Hodnoty* → *UC* (jednotkový posudek), δ_{tot} (případně i jiné varianty nebo složky průhybu). Posoudíme.

Před výpočtem budeme upozorněni, že zadaná kombinace zatížení bude rozložena na lineární (normově závislý průhyb lze v programu počítat pouze pro lineární kombinace). Výpočet bude probíhat déle než v předchozích případech (jedná se o složitější postup).

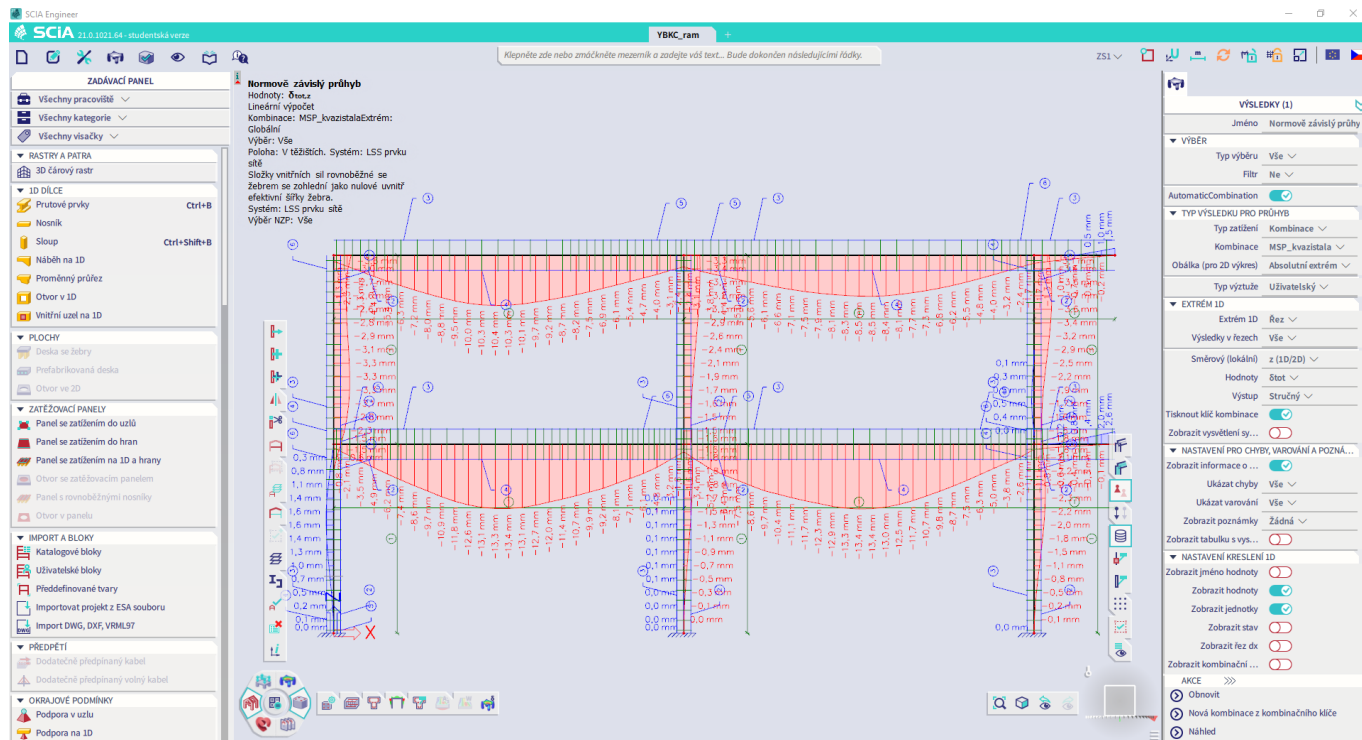
Je zřejmé, že i při tomto přesnějším výpočtu konstrukce z hlediska průhybu vyhoví. Třetí možností, jak stanovit průhyb konstrukce, je využití nelineárního výpočtu, Tento postup si zde však ukazovat nebudeme.



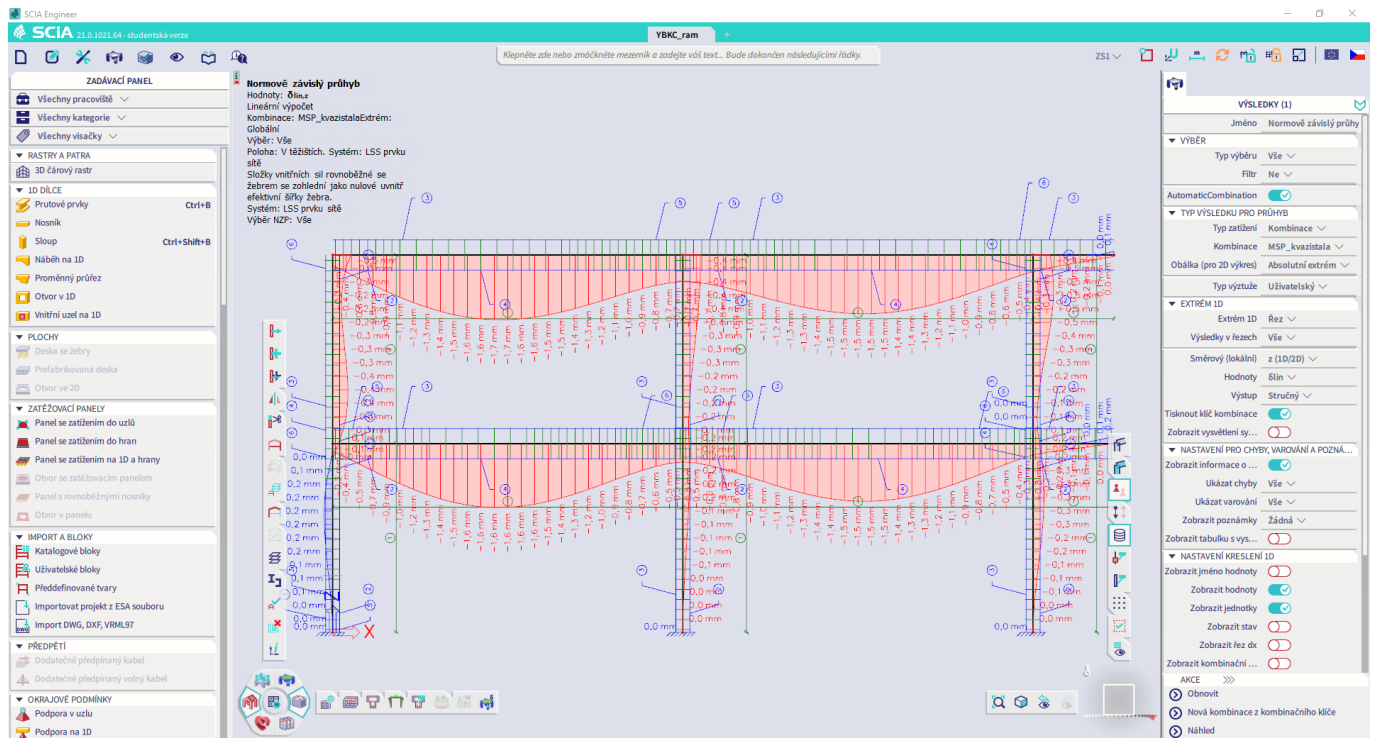
Posudek – Hodnoty: UC



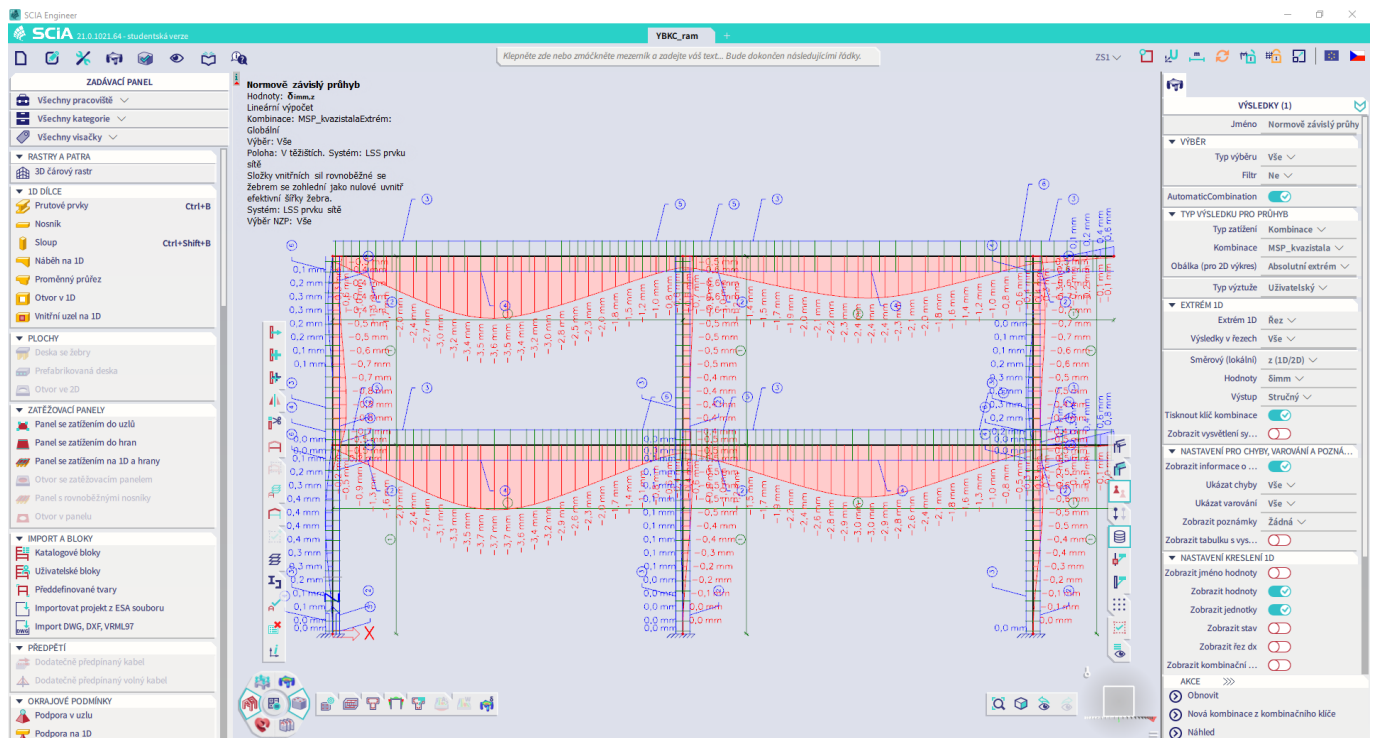
Posudek – Hodnoty: δ_{tot}



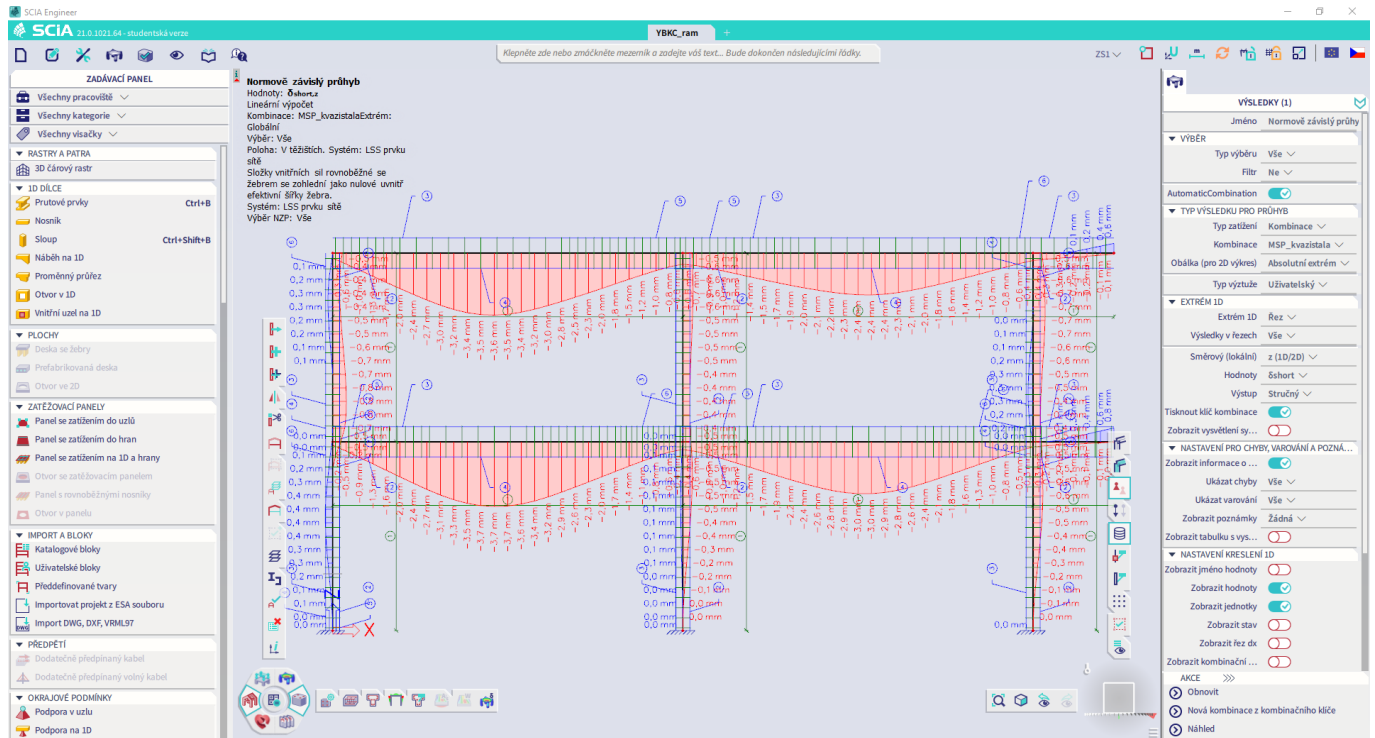
Posudek – Hodnoty: δ_{lin}



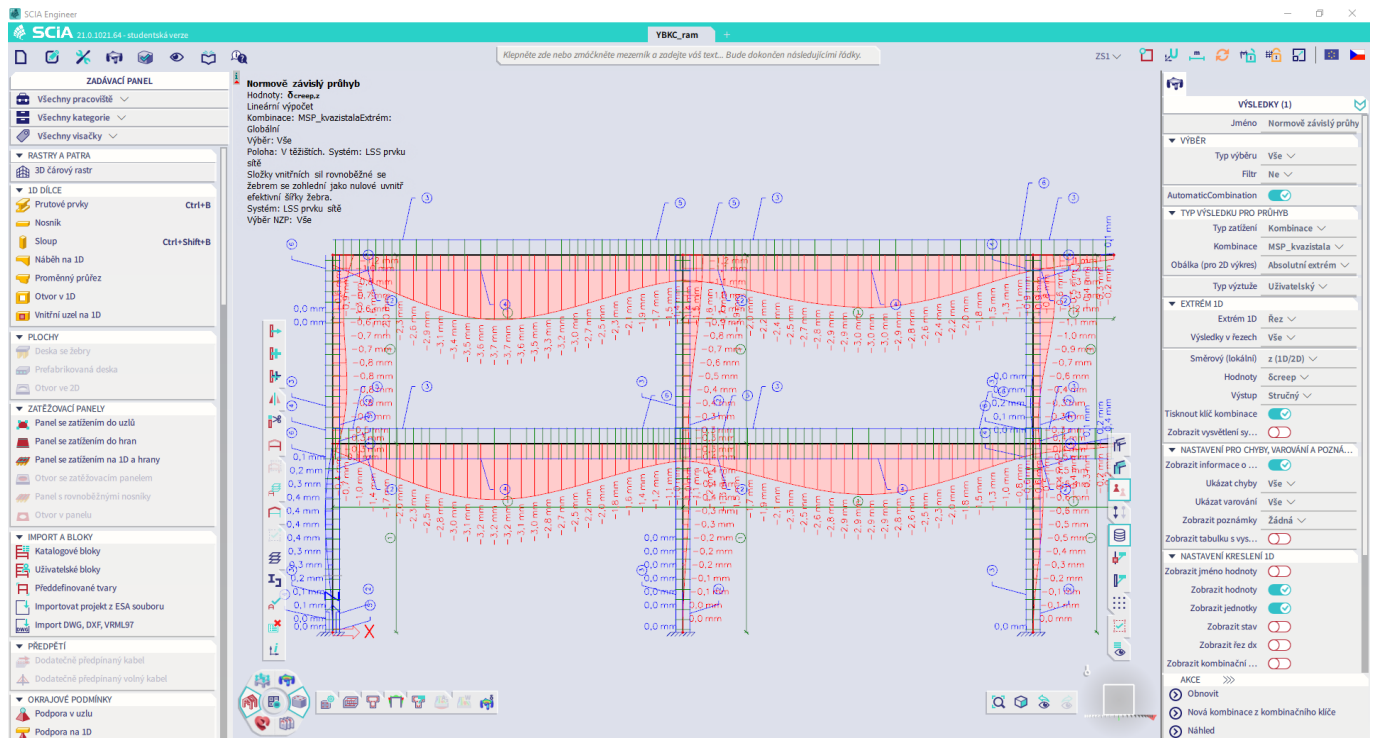
Posudek – Hodnoty: δ_{lim}



Posudek – Hodnoty: δ_{short}



Posudek – Hodnoty: δ_{creep}



11 Reference

- [1] SCIA Engineer. *Tutorial: Concrete frame* (v16). URL: [http://downloads.scia-online.com/support/sciaengineer/manuals/16/concrete/\[eng\]tutorial%20frame%20concrete%2016.0.pdf](http://downloads.scia-online.com/support/sciaengineer/manuals/16/concrete/[eng]tutorial%20frame%20concrete%2016.0.pdf)
- [2] SCIA Engineer. *Kombinace zatěžovacích stavů EC-EN 1990* (v11). URL: [http://downloads.scia.net/support/sciaengineer/manuals/15/loads/\[cze\]%20tutorial%20load%20cases%20combinations%202011.0.pdf](http://downloads.scia.net/support/sciaengineer/manuals/15/loads/[cze]%20tutorial%20load%20cases%20combinations%202011.0.pdf)
- [3] SCIA Engineer. *Nápověda pro SCIA Engineer*. URL: <https://help.scia.net/webhelplatest/en/>
- [4] SCIA Engineer. *Knowledge Centre SCIA Engineer*. URL: <https://kc.scia.net/>
- [5] SCIA Engineer. *Resource Centre SCIA Engineer*. URL: <https://www.scia.net/cs/resource>
- [6] Štefan, R. a kolektiv, YBKC – Návrh rámu pomocí programu Scia Engineer. Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2017. URL: http://people.fsv.cvut.cz/www/stefarad/vyuka/133YBKC/YBKC_Ram.pdf
- [7] Holan, J. YBKC – Výuková videa: Návrh rámu v programu SCIA 21 <https://www.youtube.com/playlist?list=PL9Ifrw0UghX5y1IjzngBpwQ3mwGnx4Sd>
- [8] Štefan, R., Bílý, P. *YBKC – Úvodní informace*. Fakulta stavební ČVUT v Praze. URL: http://people.fsv.cvut.cz/www/stefarad/vyuka/133YBKC/YBKC_1.pdf
- [9] *ČSN EN 1992-1-1. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. ČNI, 2006.

