

MANUÁL PRO POKROČILÉ BETON

Všechny informace uvedené v tomto dokumentu mohou být změněny bez předchozího upozornění. Žádnou část tohoto dokumentu není dovoleno reprodukovat, uložit do databáze nebo systému pro načítání ani publikovat, a to v žádné podobě a žádným způsobem, elektronicky, mechanicky, tiskem, fotografickou cestou, na mikrofilmu ani jinými prostředky bez předchozího písemného souhlasu vydavatele. Firma Scia nezodpovídá za žádné přímé ani nepřímé škody vzniklé v důsledku nepřesností v dokumentaci nebo softwaru.

© Copyright 2021 SCIA nv. Všechna práva vyhrazena.

Obsah

Obsah	3
Kapitola 1: Materiály	5
1.1. Posuzování metodou dílčích součinitelů	5
1.2. Beton	7
1.2.1. Pevnost (článek 3.1.2)	7
1.2.2. Návrhové tlakové a tahové pevnosti (článek 3.1.6).....	10
1.2.3. Pružné deformace (článek 3.1.3).....	12
1.2.4. Dotvarování a smršťování (kapitola 3.1.4)	12
1.2.5. Pracovní diagram pro navrhování průřezů (kapitola 3.1.7)	15
1.3. Betonářská ocel	16
1.3.1. Vlastnosti (kapitola 3.2.2)	16
1.3.2. Návrhové předpoklady (kapitola 3.2.7).....	18
1.4. Trvanlivost a krycí vrstva výztuže	19
1.4.1. Podmínky prostředí (kapitola 4.2).....	19
1.4.2. Metody posuzování (kapitola 4.4).....	22
Kapitola 2: Dimenzování a posudky	29
1.5. Analytické modely	29
1.5.1. Eurokód.....	29
1.5.2. Scia Engineer.....	29
1.5.3. Příklad.....	32
1.6. Návrh výztuže nosníků	33
1.6.1. Popis příkladu	33
1.6.2. Vnitřní síly pro návrh	33
1.6.3. Teoretická výztuž	42
1.6.4. Uživatelská výztuž	60
1.6.5. Konverze teoretické výztuže na skutečnou výztuž	67
1.6.6. Posudky	72
1.7. Návrh sloupu	184
1.7.1. Metody návrhu výztuže	184
1.7.2. Výpočet vnitřních sil	203
1.8. Návrh desek	218
1.8.1. Příklad.....	218
1.8.2. Výsledky lineární analýzy	226
1.8.3. Nastavení pro betonové konstrukce	235
1.8.4. NÁVRH NA MSÚ	239
1.8.5. Návrh 2D prvků na MSP – Šířka trhliny a omezení napětí	264

1.8.6.	Šířka trhlin podle MSP	269
1.9.	Protlačení	275
1.9.1.	Teorie	275
1.9.2.	Posudek protlačení	281
1.10.	Normově závislý průhyb (NZP).....	292
1.10.1.	Úvod.....	292
1.10.2.	Typy kombinací pro výpočet NZP	293
1.10.3.	Typ výztuže.....	295
1.10.4.	Výpočet tuhosti 1D prvků.....	295
1.10.5.	Výpočet tuhosti 2D prvků.....	298
1.10.6.	Parametry pro výpočet poměrného přetvoření od smršťování	302
1.10.7.	Výpočet deformace	303
Kapitola 3:	Modifikace výsledků	305
1.11.	Poloha	305
1.11.1.	V uzlech bez průměrování	305
1.11.2.	V těžištích	305
1.11.3.	V uzlech s průměrováním	306
1.11.4.	V uzlech s průměrováním na makro	306
1.11.5.	Přesnost výsledků.....	307
1.12.	Průměrovací pás.....	307
1.13.	Žebro.....	311
1.13.1.	Výsledky pro žebro	311
1.13.2.	Tuhost žebra při výpočtu normově závislého průhybu (NZP)	320
1.14.	Ortotropie	321

Kapitola 1: Materiály

1.1. Posuzování metodou dílčích součinitelů

EN 1992-1-1 kapitola 2.4.2.4.

V mezních stavech únosnosti se mají pro materiály uvažovat dílčí součinitele spolehlivosti γ_c a γ_s .

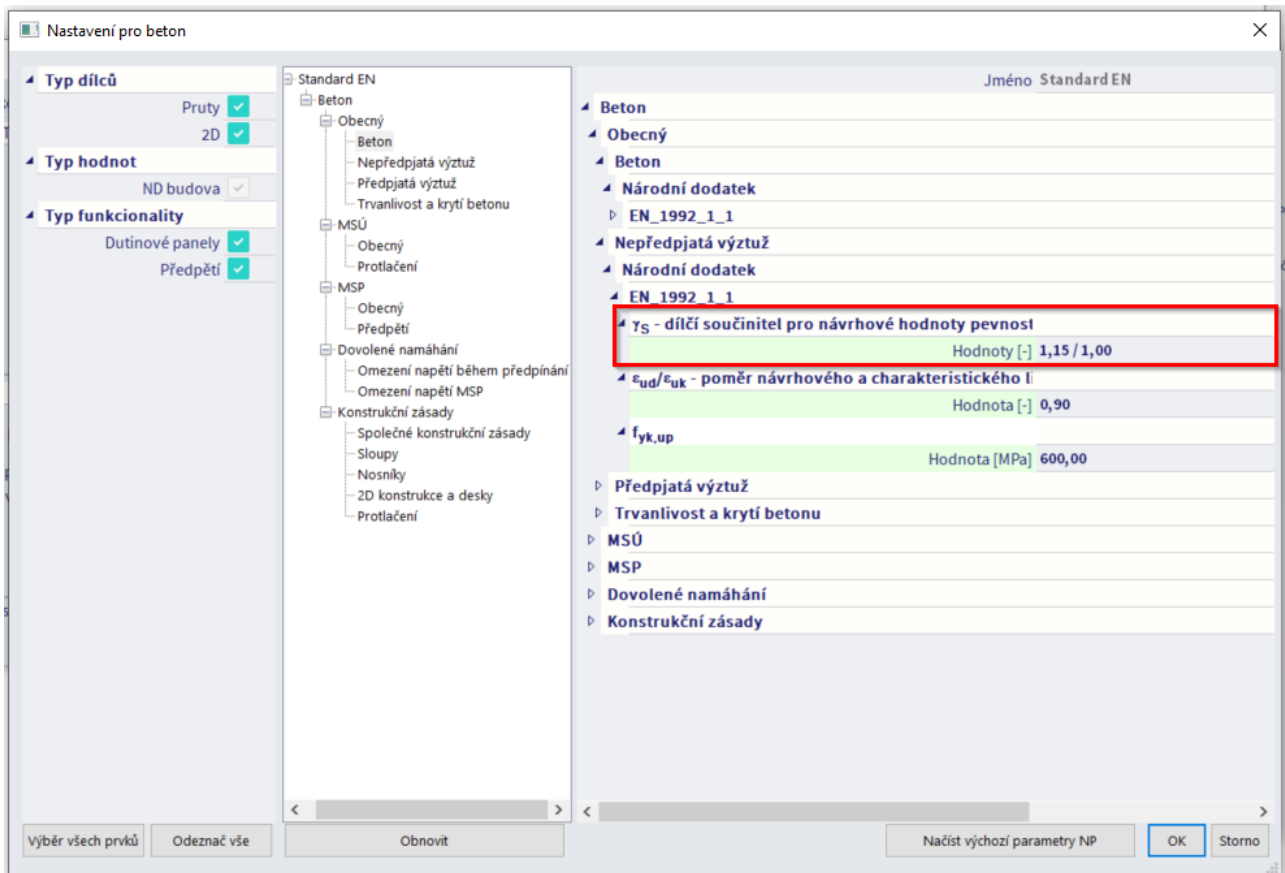
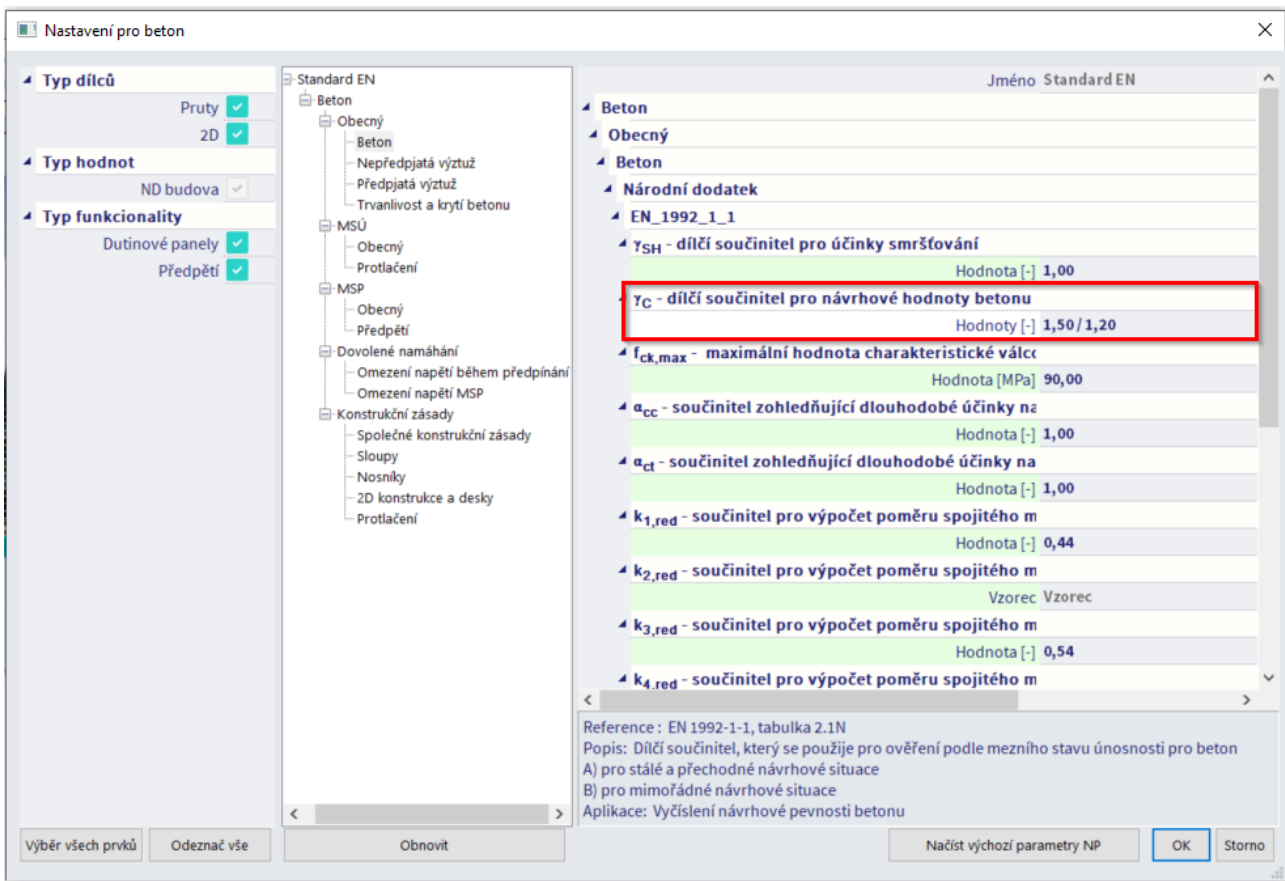
Doporučené hodnoty dílčích součinitelů γ_c a γ_s pro trvalé, dočasné a mimořádné návrhové situace jsou uvedeny v tabulce níže. Tyto hodnoty neplatí při návrhu na účinky požáru, jsou uvedeny v EN 1992-1-2.

Při ověřování na únavu, jsou dílčí součinitele pro trvalé návrhové situace uvedené v tabulce níže, jsou doporučené hodnoty $\gamma_{c,fat}$ a $\gamma_{s,fat}$.

Návrhové situace	γ_c pro beton	γ_s pro betonářskou ocel	γ_s pro předpínací ocel
trvalé a dočasné	1,5	1,15	1,15
mimořádné	1,2	1,0	1,0

Hodnoty těchto součinitelů je také možné najít v Nastavení pro beton v Národním dodatku.

The image shows two overlapping windows from a software application. The left window, titled 'Data o projektu', has tabs for 'Základní data', 'Funkcionalita', 'Akce', 'Sada jednotek', and 'Ochrana'. The 'Základní data' tab is active, showing fields for 'DATA' (Name, Part, Description, Author, Date) and 'MATERIÁL' (Concrete, Reinforcement, Steel, Brick, etc.). The 'NORMA' section shows 'Národní norma: EC - EN' and 'Národní dodatek: Standard EN'. The right window, titled 'Správce národních dodatků', displays a list of standards. Under the 'EN 1992: Navrhování betonových konstrukcí' section, the entry 'EN 1992-1-1 (Obecná pravidla a pravidla pro pozemí)' is highlighted with a red box and a red arrow pointing to it.



Všechny součinitele, které jsou převzaty s normy jsou v dialogu podbarveny zeleně. Výchozí hodnoty součinitelů jsou uvažovány dle zvolené normy.

Hodnoty dílčích součinitelů spolehlivosti pro materiály pro ověření mezního stavu únosnosti jsou uvažovány jako hodnoty, které jsou uvedené v jednotlivých kapitolách tohoto Eurokódu.

Doporučené hodnoty součinitelů γ_c a γ_s pro pro situace, které nejsou uvedeny v jednotlivých člancích tohoto Eurokódu je 1,0.

Nižší hodnoty γ_c a γ_s lze použít, pokud jsou odůvodněny měřeními, které zmenšují nejistotu vypočtené únosnosti.

1.2. Beton

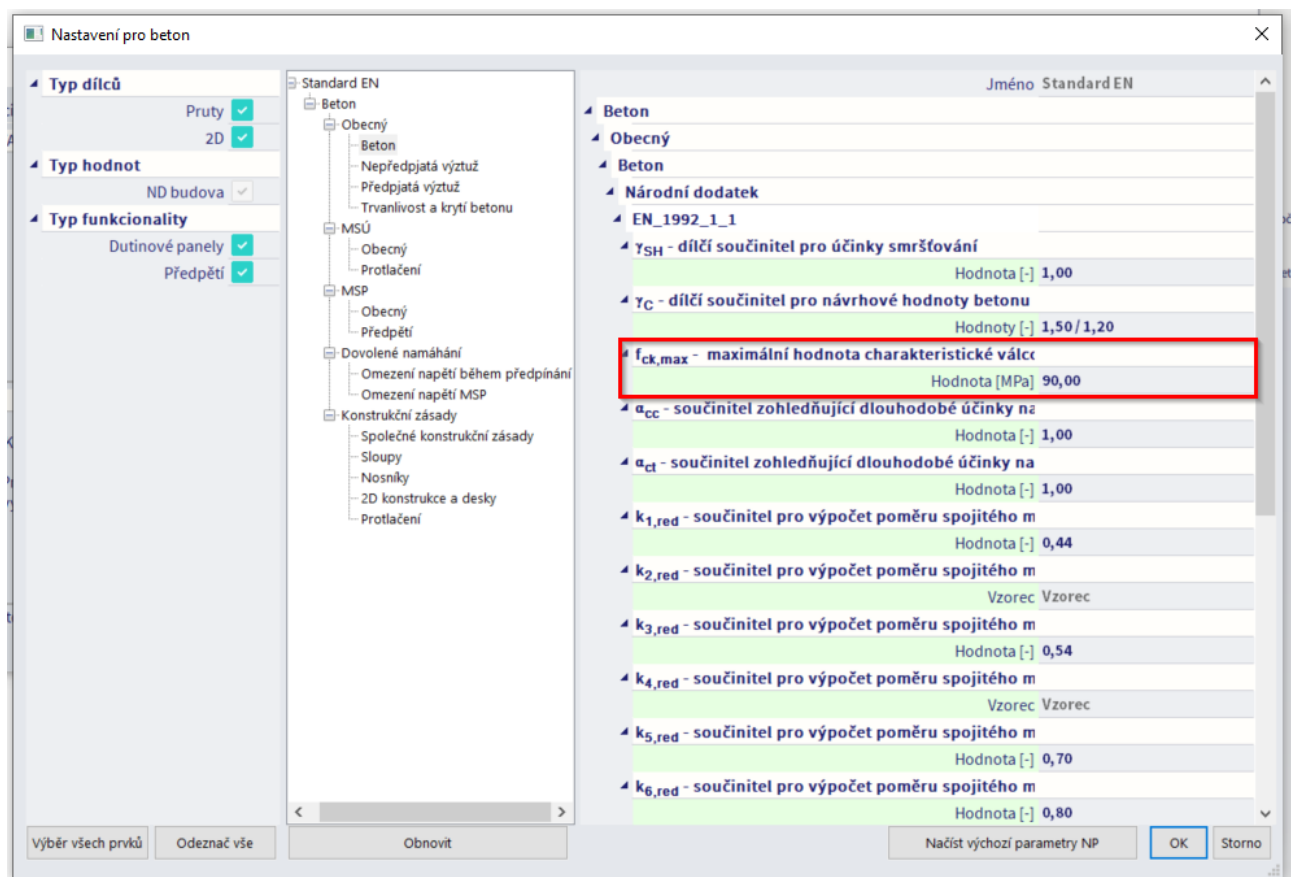
Následující články uvádějí zásady a pravidla pro obyčejný a vysokopevnostní beton.

1.2.1. Pevnost (článek 3.1.2)

Pevnost betonu v tlaku je označována pomocí pevnostních tříd betonu v tlaku, které odpovídají charakteristické (5%) válcové pevnosti f_{ck} nebo krychelné pevnosti $f_{ck,cube}$.

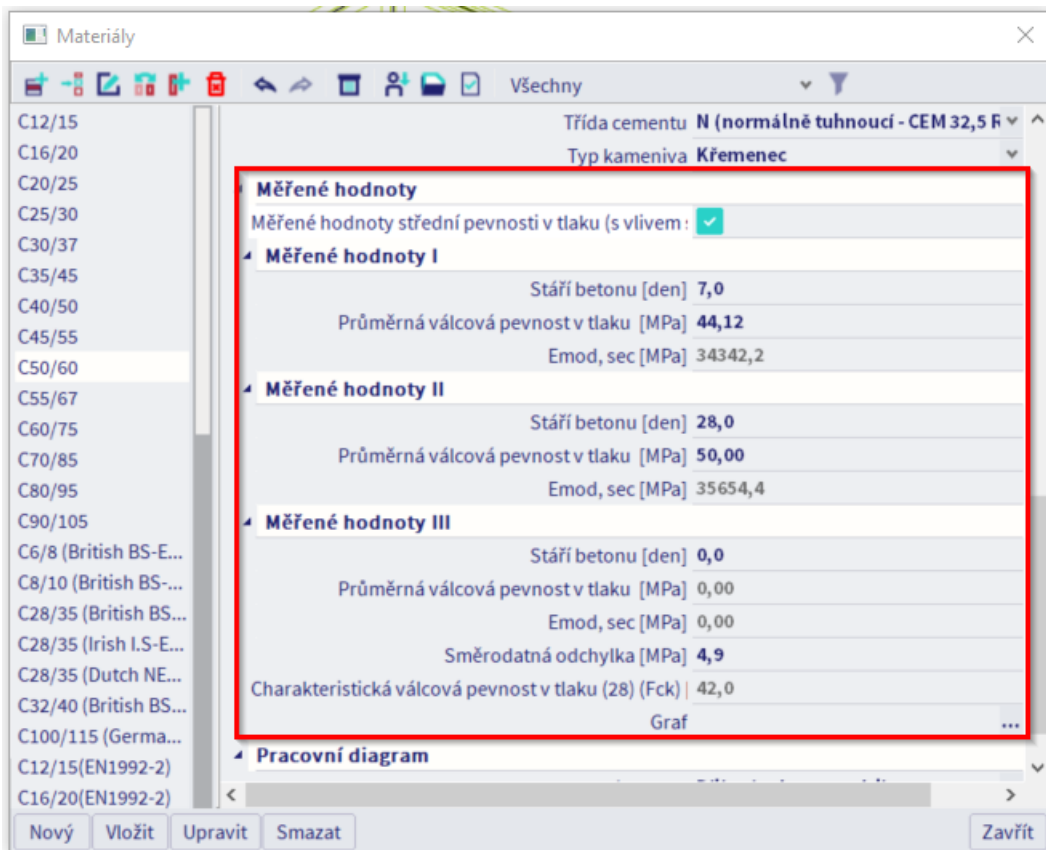
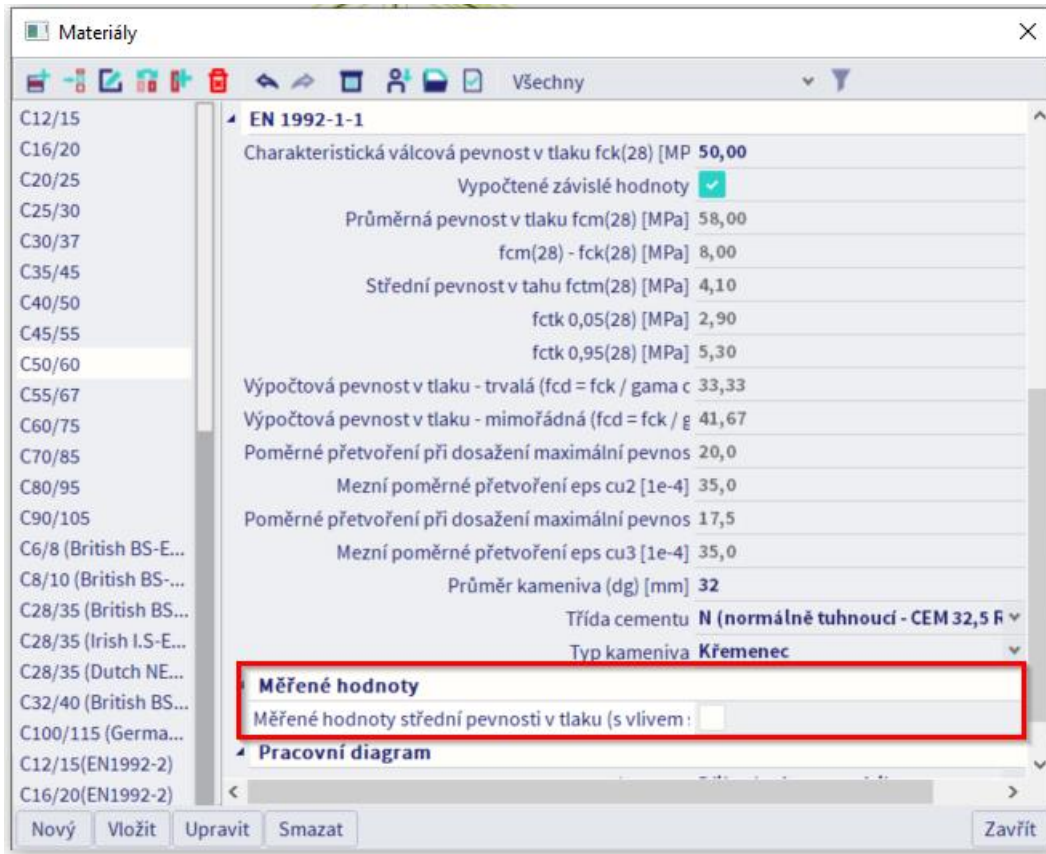
Pevnostní třídy v této normě vycházejí z charakteristické válcové pevnosti betonu f_{ck} stanovené ve stáří 28 dní, s maximální hodnotou C_{max} .

Doporučená hodnota C_{max} je C90/105.



V určitých situacích (např. předpinání) může být vhodné posoudit pevnost v tlaku betonu mladšího nebo staršího než je 28 dní, na základě zkušebních těles uložených za jiných podmínek než je předepsáno v EN 12390.

Všechny hodnoty je možné najít v knihovně materiálů SCIA Engineer:



Může se požadovat stanovení pevnosti betonu v tlaku $f_{ck}(t)$, v okamžiku t pro několik stavů (např. odbednění, vnesení předpětí), potom:

$$f_{ck}(t) = f_{cm}(t) - 8 \text{ (MPa)} \quad \text{for } 3 < t < 28 \text{ dní}$$

$$f_{ck}(t) = f_{ck} \quad \text{for } t \geq 28 \text{ dní}$$

Pevnost betonu v tlaku ve stáří závisí na druhu cementu, teplotě a podmínkách ošetřování. Pro průměrnou teplotu 20°C a ošetřování podle EN 12390 lze pevnost betonu v tlaku v různých časech $f_{cm}(t)$ stanovit ze vztahů:

$$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) f_{cm} \quad (3.1)$$

$$\beta_{cc}(t) = e^{\left\{ s \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^2 \right] \right\}} \quad (3.2)$$

kde:

$f_{cm}(t)$ je střední hodnota pevnosti betonu v tlaku ve stáří t dní

f_{cm} střední hodnota pevnosti betonu v tlaku ve stáří 28 dní podle tabulky 3.1

$\beta_{cc}(t)$ součinitel závisící na stáří betonu t

t stáří betonu ve dnech

s koeficient závisící na druhu cementu:

= 0,20 pro cement pevnostní třídy CEM 42,5 R, CEM 52,5 N a CEM 52,5 R (třída R)

= 0,25 pro cement pevnostní třídy CEM 32,5 R, CEM 42,5 N (třída N)

= 0,38 pro cement pevnostní třídy CEM 32,5 N (třída S).

Typ cementu může být zvolen v knihovně materiálů:

Za pevnost betonu v tahu se považuje největší napětí dosažené při dostředném tahovém zatížení.

Charakteristické pevnosti f_{ck} a odpovídající mechanické vlastnosti nutné pro navrhování jsou uvedeny v tabulce 3.1:

Table 3.1 Strength and deformation characteristics for concrete

Analytical relation / Explanation	Strength classes for concrete															
	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90		
f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90		
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105		
f_{cm} (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98		$f_{cm} = f_{ck} + 8(\text{MPa})$
f_{cm} (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0		$f_{cm} = 0,30 \times f_{ck}^{(20)} \leq C50/60$ $f_{cm} = 2,12 \ln(1 + (f_{ck} / 10)) > C50/60$
$f_{ck,0.05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5		$f_{ck,0.05} = 0,7 \times f_{cm}$ 5% fractile
$f_{ck,0.95}$ (MPa)	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6		$f_{ck,0.95} = 1,3 \times f_{cm}$ 95% fractile
E_{cm} (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44		$E_{cm} = 22(f_{cm} / 10)^{1,3}$ (f_{cm} in MPa)
ε_{ct} (‰)	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,25	2,3	2,4	2,45	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8		see Figure 3.2 $\varepsilon_{ct}(\text{‰}) = 0,7 f_{cm}^{0,31} < 2,8$
ε_{cut} (‰)					3,5					3,2	3,0	2,8	2,8	2,8		see Figure 3.2 for $f_{ck} \geq 50$ Mpa $\varepsilon_{cut}(\text{‰}) = 2,8 + 27(98 - f_{cm}) / 1000^{\dagger}$
ε_{c2} (‰)					2,0					2,2	2,3	2,4	2,5	2,6		see Figure 3.3 for $f_{ck} \geq 50$ Mpa $\varepsilon_{c2}(\text{‰}) = 2,0 + 0,085(f_{ck} - 50)^{0,33}$
ε_{cu2} (‰)					3,5					3,1	2,9	2,7	2,6	2,6		see Figure 3.3 for $f_{ck} \geq 50$ Mpa $\varepsilon_{cu2}(\text{‰}) = 2,6 + 35(90 - f_{ck}) / 100^{\dagger}$
n					2,0					1,75	1,6	1,45	1,4	1,4		for $f_{ck} \geq 50$ Mpa $n = 1,4 + 23,4f(90 - f_{ck}) / 100^{\dagger}$
ε_{c3} (‰)					1,75					1,8	1,9	2,0	2,2	2,3		see Figure 3.4 for $f_{ck} \geq 50$ Mpa $\varepsilon_{c3}(\text{‰}) = 1,75 + 0,55f(f_{ck} - 50) / 40$
ε_{cu3} (‰)					3,5					3,1	2,9	2,7	2,6	2,6		see Figure 3.4 for $f_{ck} \geq 50$ Mpa $\varepsilon_{cu3}(\text{‰}) = 2,6 + 35(90 - f_{ck}) / 100^{\dagger}$

1.2.2. Návrhové tlakové a tahové pevnosti (článek 3.1.6)

Návrhová pevnost v tlaku je dána vztahem:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c \tag{3.15}$$

kde:

- γ_c je dílčí součinitel bezpečnosti pro beton.
- α_{cc} součinitel, kterým se zohledňují dlouhodobé účinky na pevnost v tlaku a nepříznivé účinky vyplývající ze způsobu zatěžování.

Hodnota α_{cc} má být v rozmezí mezi 0,8 a 1,0. Doporučená hodnota je 1,0.
 Poznámka: Belgická Národní příloha doporučuje použít hodnotu 0,85.

Návrhová pevnost v tahu je dána vztahem f_{ctd} , je dána vztahem:

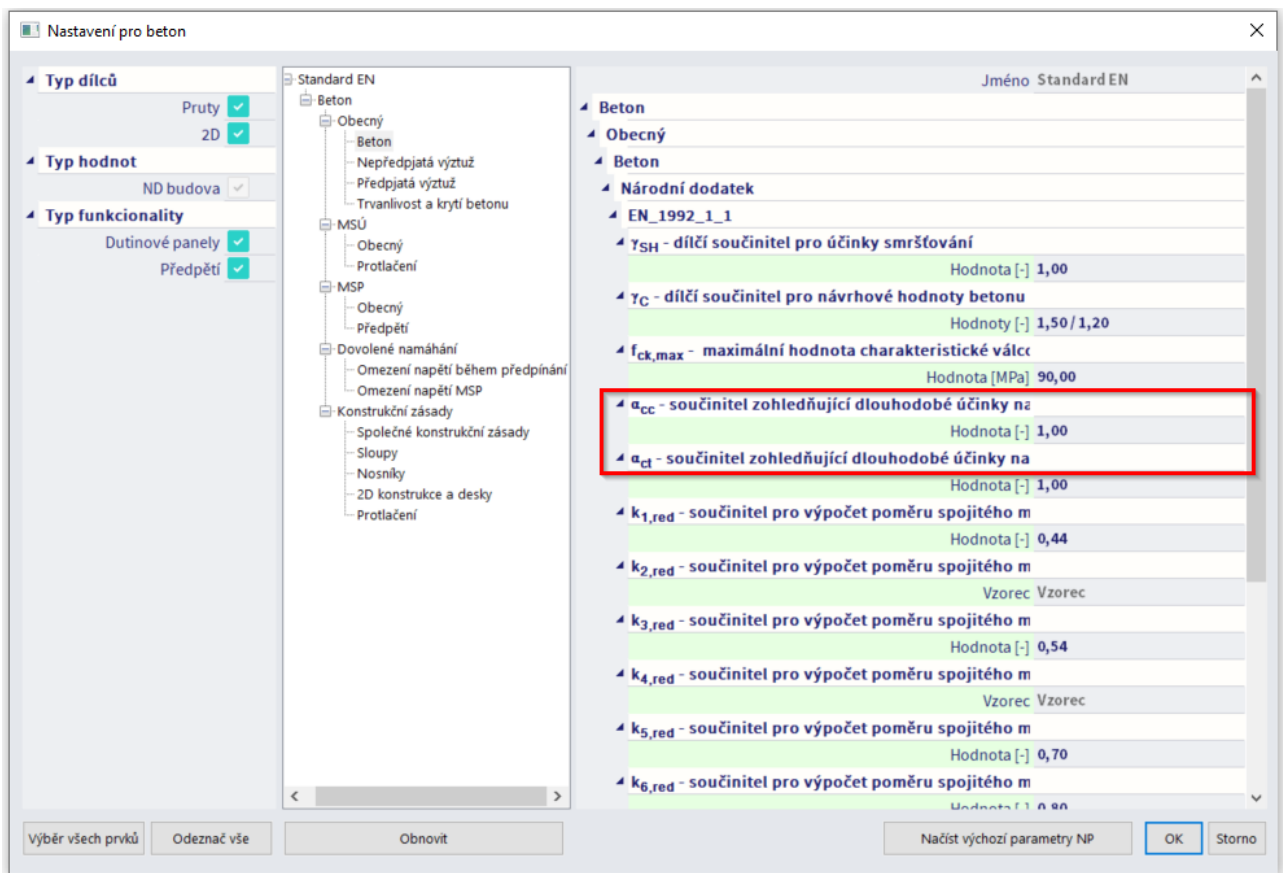
$$f_{ctd} = \alpha_{ct} f_{ctk,0,05} / \gamma_c \quad (3.16)$$

kde:

- γ_c je dílčí součinitel bezpečnosti pro beton.
- α_{ct} součinitel, kterým se zohledňují dlouhodobé účinky na pevnost v tahu a nepříznivé účinky vyplývající ze způsobu zatěžování.

Doporučená hodnota α_{ct} je 1,0.

Hodnoty součinitelů zohledňují dlouhodobé účinky lze najít v Nastavení betonu Národní přílohy:



Pokud je pevnost betonu stanovena ve stáří $t > 28$ dní, mají se hodnoty α_{cc} a α_{ct} redukovat součinitelem k_t .

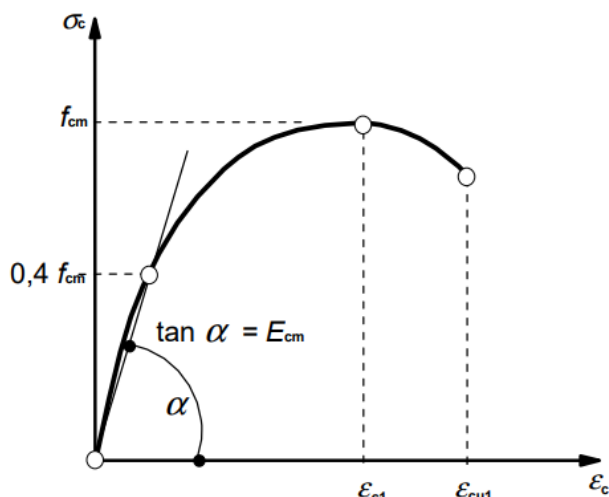
Doporučená hodnota k_t je 0,85.

1.2.3. Pružné deformace (článek 3.1.3)

Pružné deformace betonu velkou měrou závisí na jeho složení (zejména na kamenivu). Hodnoty uvedené v normě EN 1992-1-1 se mají považovat za směrné pro obecné použití. Avšak mají se zvlášť posoudit, pokud je konstrukce citlivá na odchylky od těchto obecných hodnot.

Modul pružnosti betonu závisí na modulu pružnosti jeho složek. Přibližné hodnoty modulu pružnosti E_{cm} , (sečnová hodnota mezi $\sigma_c = 0$ a $0,4f_{cm}$), pro betony se silikátovým kamenivem jsou uvedeny v tabulce 3.1.

Pro vápencové a pískovcové kamenivo se mají hodnoty snížit o 10% resp. 30%. Pro čedičové kamenivo se mají hodnoty zvýšit o 20%.



Obrázek 3.2 – Schéma pracovního diagramu betonu pro analýzu konstrukce (použití $0,4 f_{cm}$ pro definici E_{cm} je přibližné)

Změny modulu pružnosti v čase mohou být určeny ze vztahu:

$$E_{cm}(t) = (f_{cm}(t) / f_{cm})^{0,3} E_{cm} \quad (3.5)$$

kde $E_{cm}(t)$ a $f_{cm}(t)$ sou hodnoty ve stáří t dní a E_{cm} a f_{cm} sou hodnoty stanovené ve stáří 28 dní. Vztah mezi $f_{cm}(t)$ a f_{cm} vyplývá z výrazu (3.1).

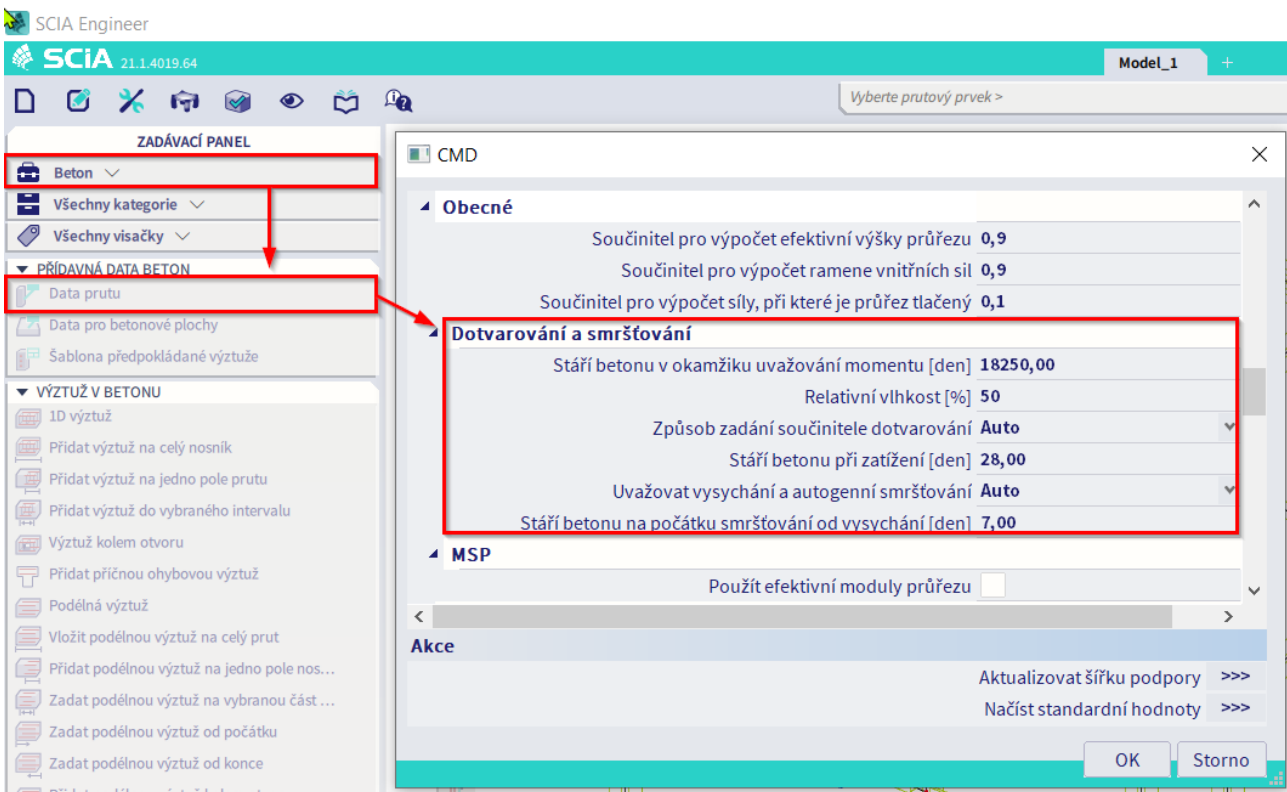
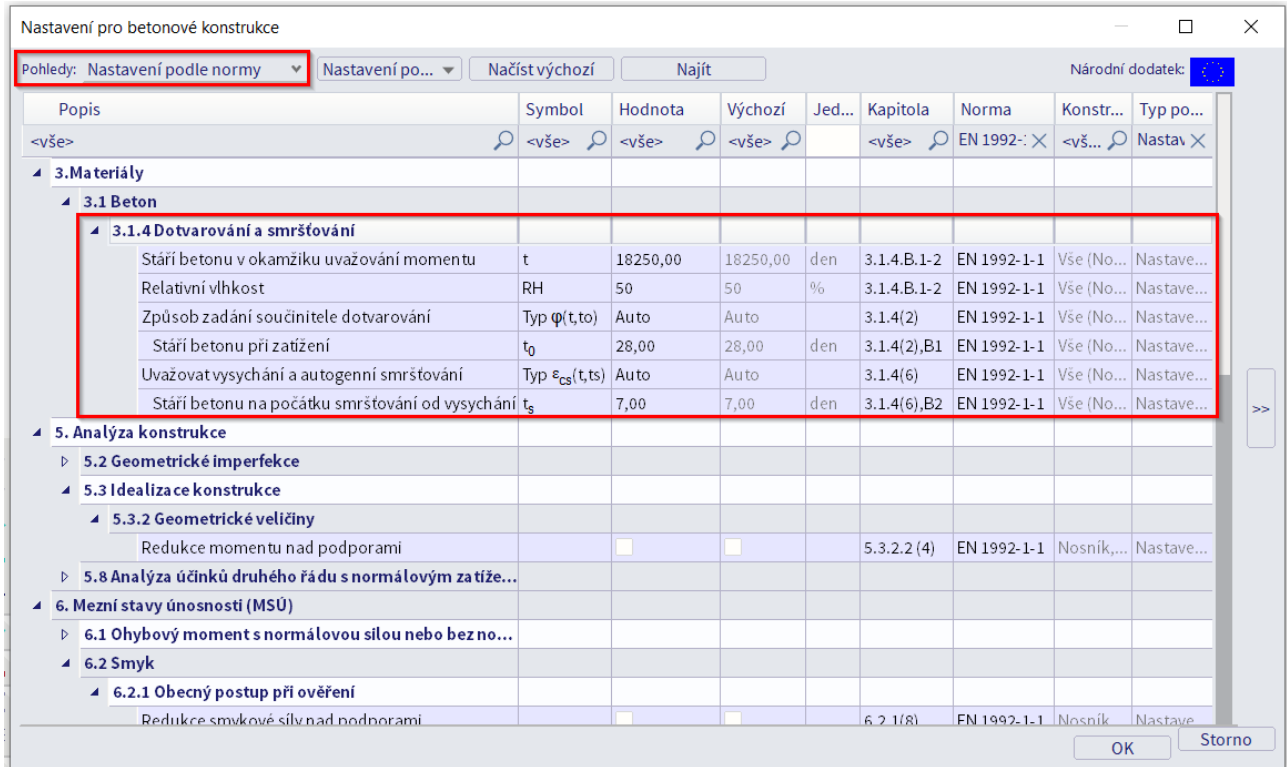
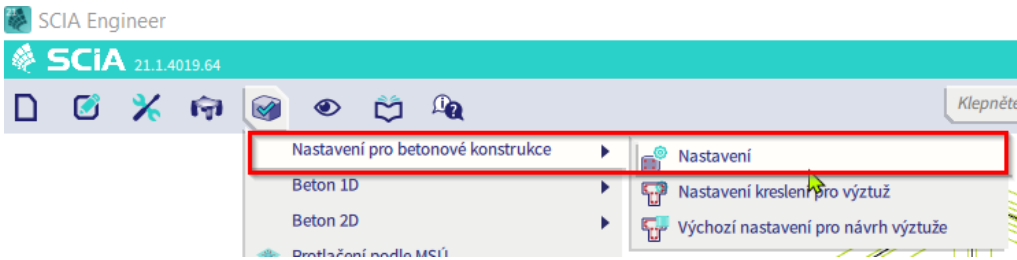
Poissonův součinitel lze uvažovat hodnotou 0,2 pro beton neporušený trhlinami a hodnotou 0 pro beton s trhlinami.

1.2.4. Dotvarování a smršťování (kapitola 3.1.4)

Dotvarování a smršťování betonu závisí na okolní vlhkosti, na rozměrech prvku a na složení betonu. Na dotvarování má také vliv zralost betonu v době, kdy je poprvé zatížen a závisí na době trvání a velikosti zatížení.

Hodnotu součinitele dotvarování lze nastavit globálně pro celou konstrukci v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled "Nastavení dle normy" nebo je možné hodnotu součinitele dotvarování nastavit lokálně pro konkrétní 1D prvek přes Data prutu. Pokud je způsob zadání součinitele dotvarování nastaven na "Auto", pak je tento součinitel spočítán automaticky ze zadané hodnoty Stáří betonu při zatížení a Relativní vlhkosti (viz příloha B.1 normy EN 1992-1-1).

Pokud je způsob zadání součinitele dotvarování nastaven na "Uživatелеm zadaná hodnota", pak možné tento součinitel zadat libovolnou uživatelskou hodnotou.



B.1 Základní vztahy pro stanovení součinitele dotvarování

(1) Součinitel dotvarování $\varphi(t, t_0)$ lze vypočítat ze vztahu:

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \beta_c(t, t_0) \quad (\text{B.1})$$

kde φ_0 je základní součinitel dotvarování, který lze stanovit ze vztahu:

$$\varphi_0 = \varphi_{RH} \beta(f_{cm}) \beta(t_0), \quad (\text{B.2})$$

φ_{RH} je součinitel vystihující vliv relativní vlhkosti na základní součinitel dotvarování

$$\varphi_{RH} = 1 + \frac{1 - RH / 100}{0,1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \quad \text{pro } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \quad (\text{B.3a})$$

$$\varphi_{RH} = \left[1 + \frac{1 - RH / 100}{0,1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right] \cdot \alpha_2 \quad \text{pro } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \quad (\text{B.3b})$$

RH je relativní vlhkost okolního prostředí v %;

$\beta(f_{cm})$ součinitel vystihující vliv pevnosti betonu na základní součinitel dotvarování:

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16,8}{\sqrt{f_{cm}}}; \quad (\text{B.4})$$

f_{cm} průměrná hodnota pevnosti betonu v tlaku v MPa ve stáří 28 dní;

$\beta(t_0)$ součinitel vystihující vliv stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení na základní součinitel dotvarování:

$$\beta(t_0) = \frac{1}{(0,1 + t_0^{0,20})}; \quad (\text{B.5})$$

h_0 náhradní rozměr prvku v mm, kde:

$$h_0 = \frac{2A_c}{u}; \quad (\text{B.6})$$

A_c plocha průřezu;

u obvod prvku vystavený okolnímu prostředí;

$\beta_c(t, t_0)$ součinitel časového průběhu dotvarování po zatížení, lze ho stanovit z následujícího vztahu:

$$\beta_c(t, t_0) = \left[\frac{(t - t_0)}{(\beta_H + t - t_0)} \right]^{0,3}; \quad (\text{B.7})$$

t stáří betonu ve dnech v uvažovaném okamžiku;

t_0 stáří betonu ve dnech v okamžiku vnesení zatížení;

$t - t_0$ neupravená doba trvání zatížení ve dnech;

β_H součinitel závislý na relativní vlhkosti (RH v %) a na náhradním rozměru prvku (h_0 v mm), lze ho stanovit ze vztahu:

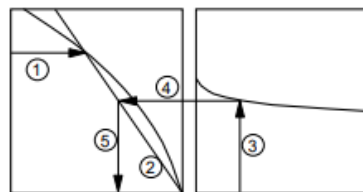
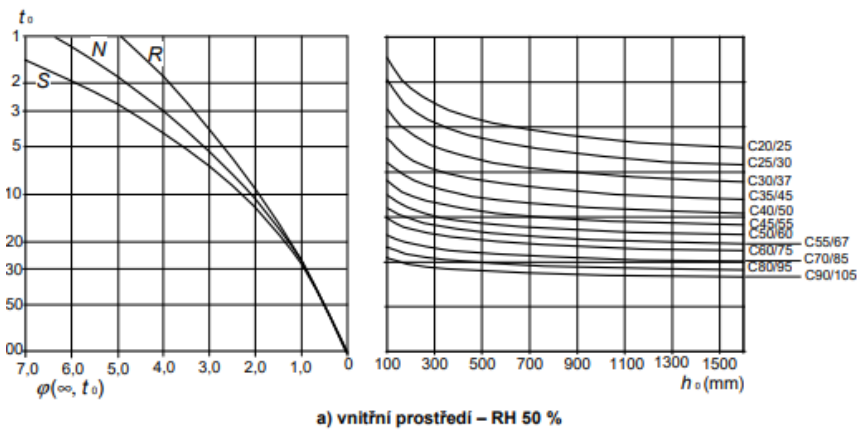
$$\beta_H = 1,5 [1 + (0,012 RH)^{18}] h_0 + 250 \leq 1500 \quad \text{pro } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \quad (\text{B.8a})$$

$$\beta_H = 1,5 [1 + (0,012 RH)^{18}] h_0 + 250 \alpha_3 \leq 1500 \alpha_3 \quad \text{pro } f_{cm} \geq 35 \text{ MPa} \quad (\text{B.8b})$$

$\alpha_{1/2/3}$ součinitele vlivu pevnosti betonu:

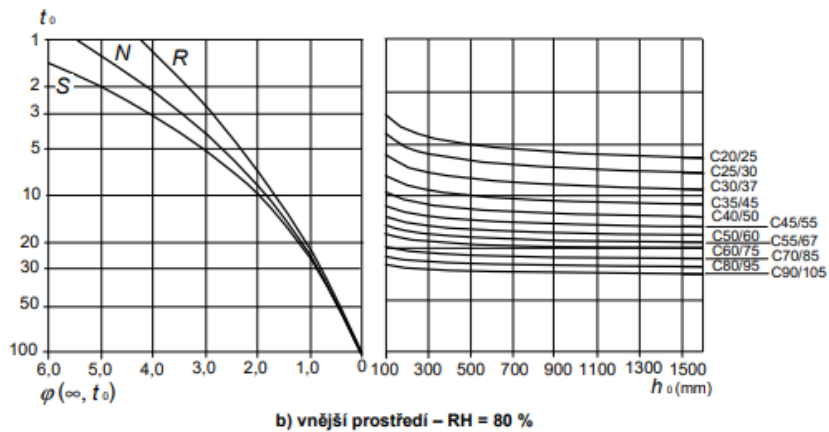
$$\alpha_1 = \left[\frac{35}{f_{cm}} \right]^{0,7} \quad \alpha_2 = \left[\frac{35}{f_{cm}} \right]^{0,2} \quad \alpha_3 = \left[\frac{35}{f_{cm}} \right]^{0,5} \quad (\text{B.8c})$$

Pokud není vyžadována velká přesnost, může se hodnota stanovená z obrázku 3.1 považovat za součinitel dotvarování za předpokladu, že beton není namáhán tlakovým napětím větším než $0,45 f_{ck}(t_0)$ ve stáří t_0 , tj. ve stáří betonu v okamžiku zatížení.



POZNÁMKA

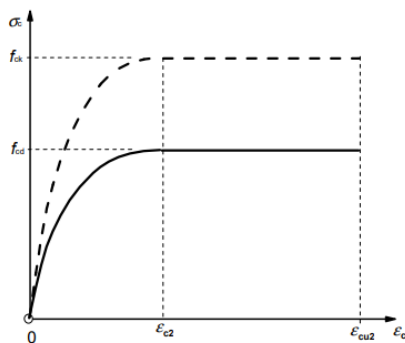
- průsečík čar 4 a 5 může být též nad bodem 1
- pro $t_0 > 100$ je dostatečně přesně předpokládat $t_0 = 100$ (a použít tangentu)



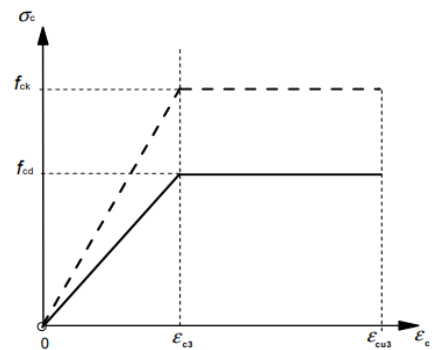
Obrázek 3.1 – Postup stanovení součinitele dotvarování $\varphi(\infty, t_0)$ pro beton uložený v běžném prostředí

1.2.5. Pracovní diagram pro navrhování průřezů (kapitola 3.1.7)

Pro navrhování průřezů lze používat následující pracovní diagram (závislost napětí-přetvoření):



Obrázek 3.3 – Parabolicko-rectangulární pracovní diagram pro beton namáhaný tlakem

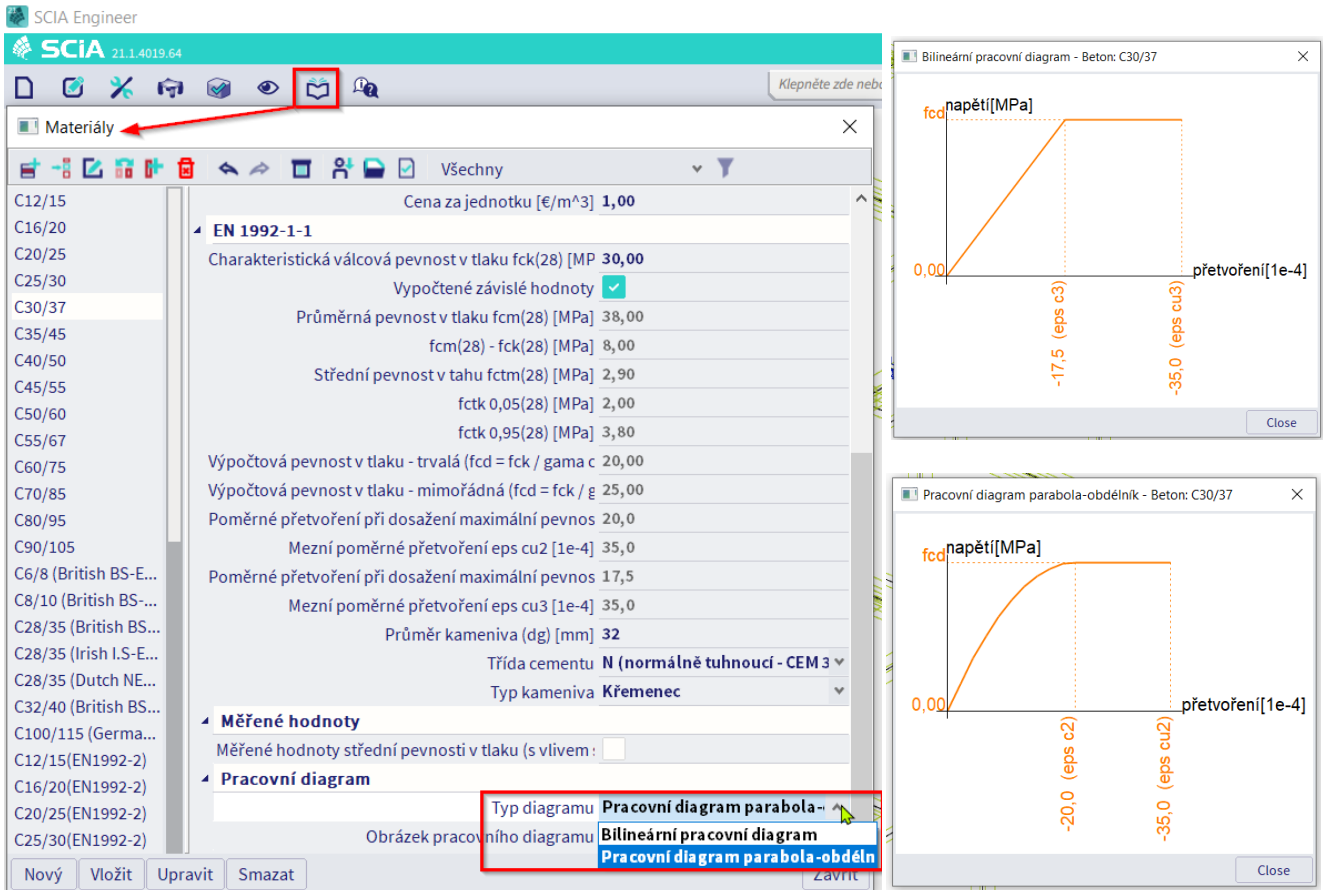


Obrázek 3.4 – Bilineární pracovní diagram

ϵ_{c2} poměrné přetvoření při dosažení maximální pevnosti v parabolicko-rectangulárním diagramu
 ϵ_{cu2} mezní poměrné přetvoření v parabolicko-rectangulárním diagramu

- ϵ_{c3} poměrné přetvoření při dosažení maximální pevnosti v bilineárním diagramu
- ϵ_{cu3} mezní poměrné přetvoření v bilineárním diagramu

Typ pracovního diagramu, který bude použit pro výpočet, je možné zvolit ve SCIA Engineer v knihovně materiálů ve vlastnostech daného materiálu:



1.3. Betonářská ocel

Následující články uvádějí zásady a pravidla pro betonářskou výztuž, která je dodávána ve tvaru tyčí, vyrovaných drátů ze svitků, svařovaných sítí a příhradovin. Články neplatí pro speciálně povlakované tyče.

1.3.1. Vlastnosti (kapitola 3.2.2)

Chování betonářské výztuže je stanoveno následujícími vlastnostmi:

- mezí kluzu (f_{yk} nebo $f_{0,2k}$)
- maximální skutečnou mezí kluzu ($f_{y,max}$)
- pevností v tahu (f_t)
- duktilitou (ϵ_{uk} and f_t/f_{yk})
- ohýbatelností
- charakteristikami soudržnosti (f_R)
- rozměry průřezu a tolerancemi
- únavovou pevností
- svařitelností
- smykovou a svarovou pevností u svařovaných sítí a příhradovin

Vlastnosti betonářské oceli je možné najít v knihovně materiálů:

Materiály		Jméno	B 500B
Nezávislé na normě			
	Typ materiálu	Výztužná ocel	
	Tepelná roztažnost [m/mK]	0,01e-003	
	Jednotková hmotnost [kg/m ³]	7850,00	
	Modul E [MPa]	2,0000e+05	
	Poissonův součinitel	0,2	
	Nezávislý modul G	<input type="text"/>	
	Modul G [MPa]	8,3333e+04	
	Log. dekrement (pouze nerovnoměrné tlumení)	0,2	
	Barva	<input type="text" value=""/>	
	Měrné teplo [J/gK]	6,0000e-01	
	Tepelná vodivost [W/mK]	4,5000e+01	
	Povrch vložky	Žebrovaný	
	Pořadí v normě	5	
	Cena za jednotku [€/kg]	1,00	
EN 1992-1-1			
	Charakteristická mez kluzu f_{yk} [MPa]	500,0	
	Vypočtené závislé hodnoty	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Charakteristická maximální pevnost v tahu f_{tk} [MPa]	540,0	
	Součinitel $k = f_{tk} / f_{yk}$ [-]	1,08	
	Výpočtová mez kluzu - trvalá ($f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{s_p}$) [434,8	
	Výpočtová mez kluzu - nahodilá ($f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{s_i}$)	500,0	
	Maximální prodloužení ϵ_{s_uk} [1e-4]	500,0	
	Třída	B	
	Typ výztuže	Tyče	
	Výroba	Za tepla válcovaný	
Pracovní diagram			
	Typ diagramu	Bilineární s nakloněnou ho	
	Obrázek pracovního diagramu	<input type="text" value=""/>	

Nový Vložit Upravit Smazat Zavřít

Průměrná hodnota objemové hmotnosti se předpokládá 7850 kg/m³.

Návrhová hodnota modulu pružnosti E_s se předpokládá 200GPa.

Eurokód EN 1992-1-1 platí pro žebírkovou a svařitelnou výztuž, včetně výrobků z nich.

Aplikační pravidla pro navrhování a konstrukční zpracování, uvedená v Eurokódu EN 1992-1-1, platí pro stanovený rozsah meze kluzu, $f_{yk} = 400$ až 600 MPa.

Vlastnosti betonářské výztuže, požadované v Eurokódu 1992-1-1, jsou uvedeny v příloze C.

Tabulka C.1 – Vlastnosti betonářské výztuže

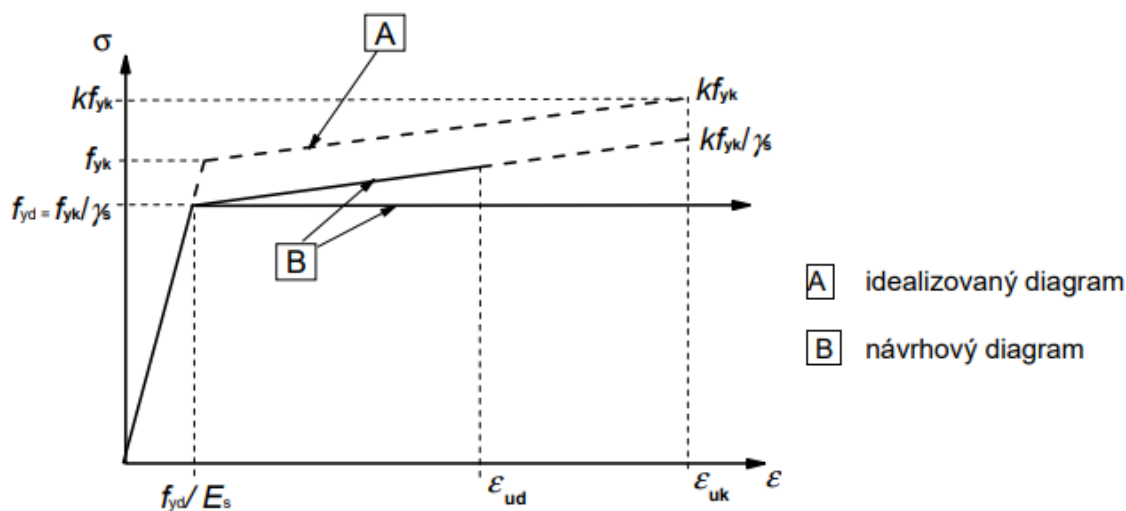
Výrobek	Pruty a vyrované svitky			Svařované sítě			Požadavek nebo hodnota kvantilu (%)
	A	B	C	A	B	C	
Třída tažnosti	A	B	C	A	B	C	-
Charakteristická mez kluzu f_{yk} nebo $f_{0,2k}$ (MPa)	400 až 600						5,0
Minimální hodnota $k = (f_t/f_y)_k$	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	$\geq 1,15$ $< 1,35$	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	$\geq 1,15$ $< 1,35$	10,0
Charakteristická hodnota poměrného přetvoření při maximální síle ϵ_{uk} (%)	$\geq 2,5$	$\geq 5,0$	$\geq 7,5$	$\geq 2,5$	$\geq 5,0$	$\geq 7,5$	10,0
Ohýbatelnost	zkouška ohybem/zpětným ohybem			-			
Pevnost ve smyku	-			0,3 A f_{yk} (A je průřezová plocha drátu)			Minimum
Maximální odchylka od jmenovité hmotnosti (jednotlivý prut nebo drát) (%)	Jmenovitý rozměr prutu (mm)						5,0
	≤ 8			$\pm 6,0$			
	> 8			$\pm 4,5$			

1.3.2. Návrhové předpoklady (kapitola 3.2.7)

Při běžném návrhu lze použít jeden z následujících předpokladů:

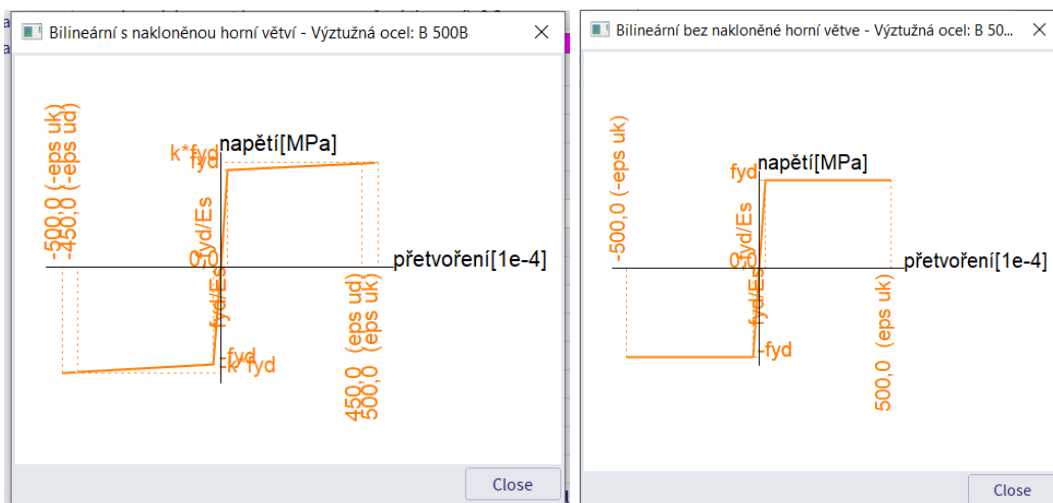
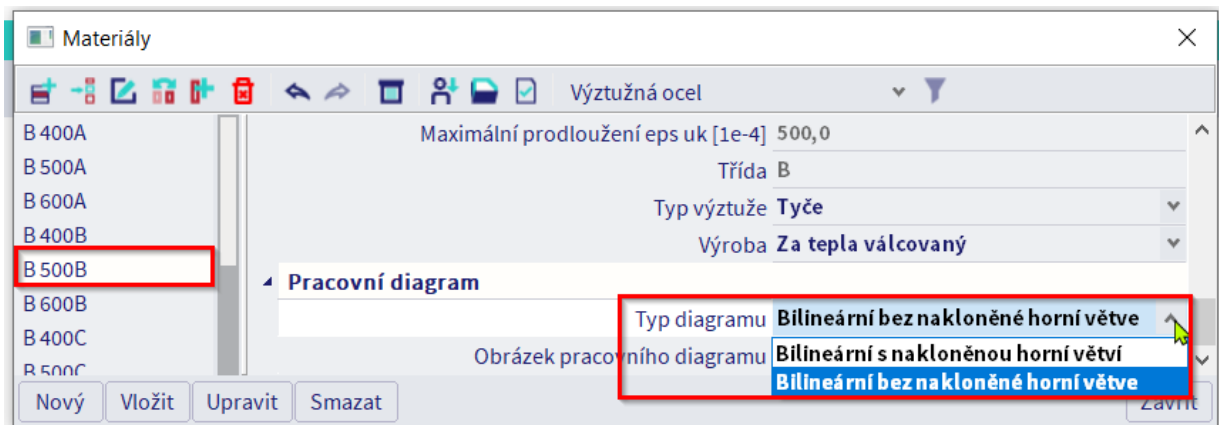
- B1) horní větev je stoupající a poměrné přetvoření je omezeno hodnotou ϵ_{ud} ; maximální napětí kf_{yk}/γ_s je dosaženo při poměrném přetvoření ϵ_{uk} , kde $k = (f_t/f_y)_k$.
 B2) horní větev je vodorovná bez nutnosti omezení poměrného přetvoření.

Doporučená hodnota ϵ_{ud} je 0,9 ϵ_{uk} . Hodnota $(f_t/f_y)_k$ je uvedena v tabulce C.1.



Obrázek 3.8 – Schéma pracovních diagramů betonářské oceli (pro tah i tlak)

Typ pracovního diagramu, který bude použit pro výpočet, je možné zvolit ve SCIA Engineer v knihovně materiálů ve vlastnostech daného materiálu:



1.4. Trvanlivost a krycí vrstva výztuže

1.4.1. Podmínky prostředí (kapitola 4.2)

Podmínky prostředí jsou chemické a fyzikální podmínky, kterým je konstrukce vystavena kromě mechanických zatížení.

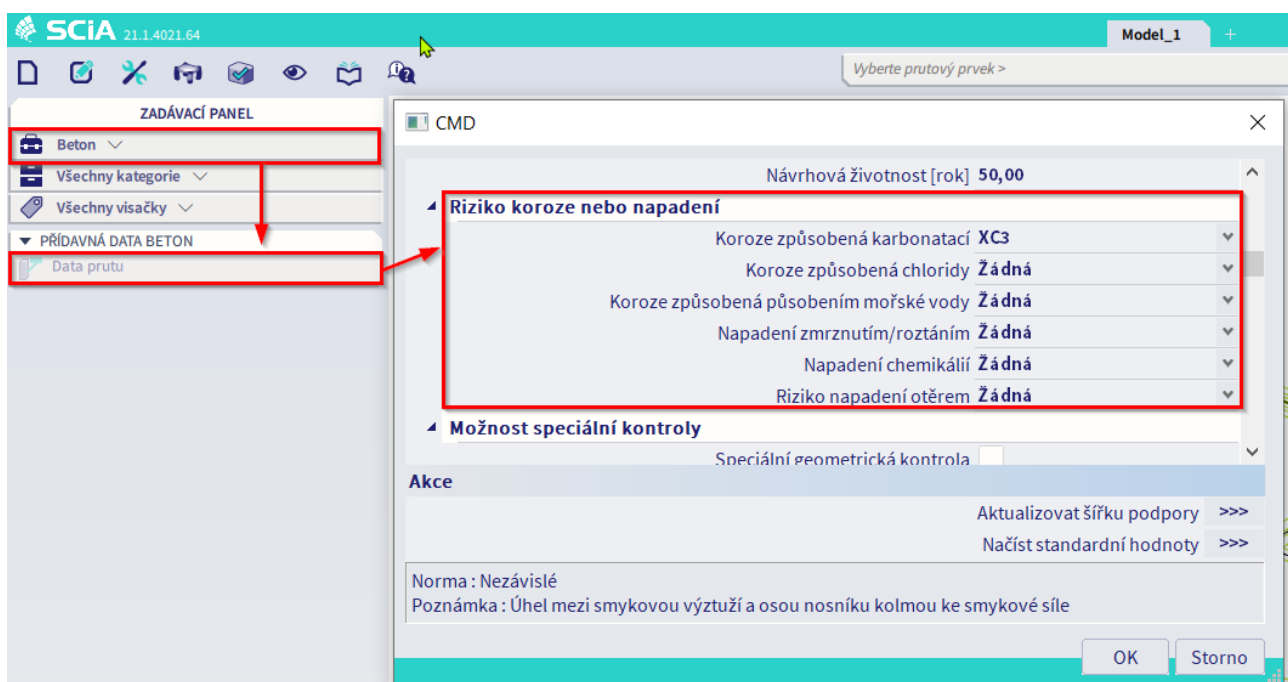
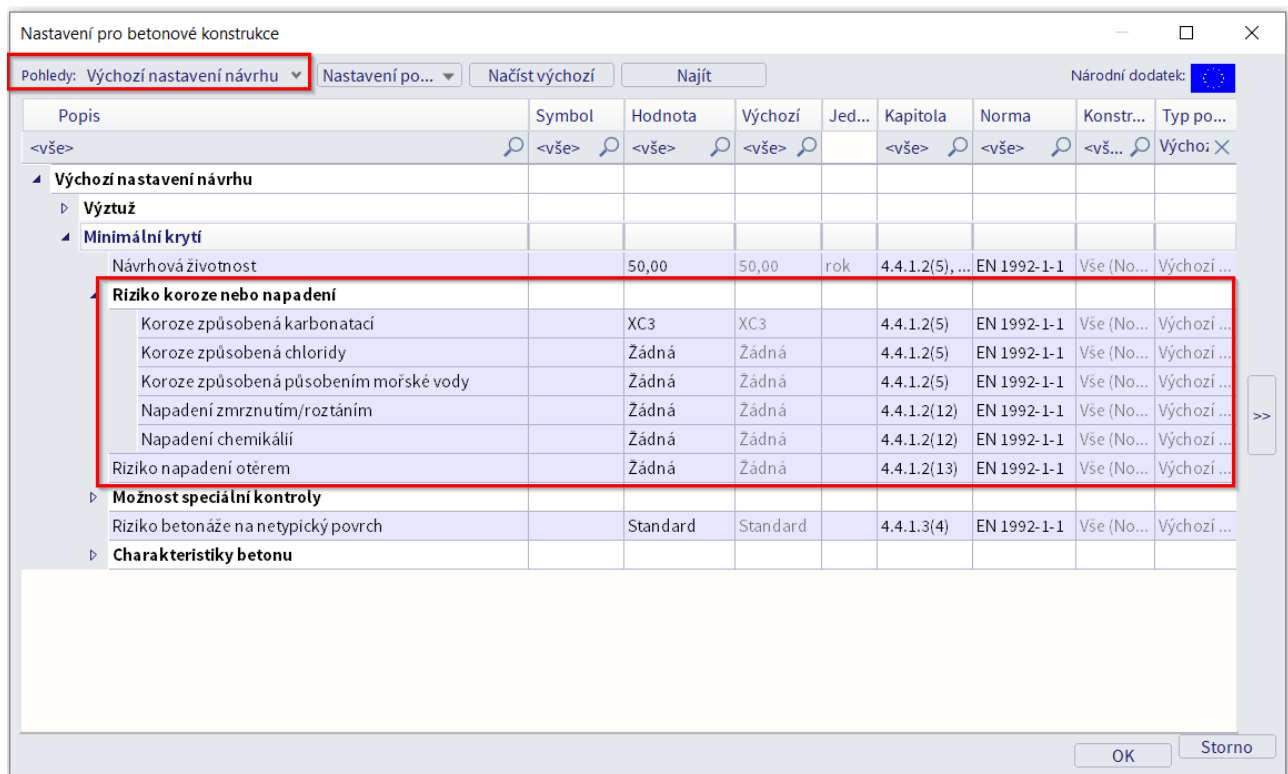
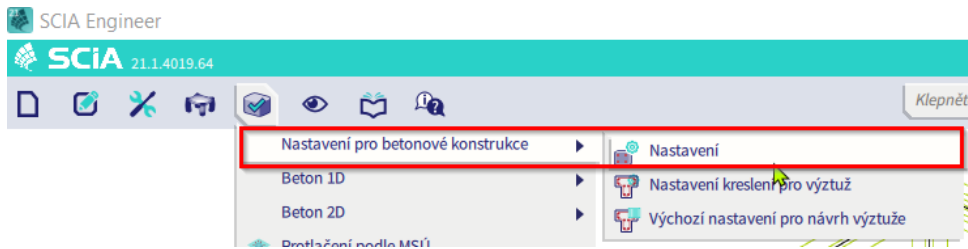
Podmínky prostředí jsou klasifikovány podle tabulky 4.1:

Tabulka 4.1 – Stupně vlivu prostředí podle EN 206-1

Označení stupně	Popis prostředí	Informativní příklady výskytu stupně prostředí
1 Bez nebezpečí koroze nebo napadení		
X0	pro beton bez výztuže nebo zabudovaných kovových vložek: <ul style="list-style-type: none"> všechny vlivy s výjimkou střídavého působení mrazu a rozmrazování, obrusu nebo chemicky agresivního prostředí pro beton s výztuží nebo zabudovanými kovovými vložkami: <ul style="list-style-type: none"> velmi suché 	beton uvnitř budov s velmi nízkou vlhkostí vzduchu

2 Korozí vyvolaná karbonatáci		
Označení stupně	Popis prostředí	Informativní příklady výskytu stupně prostředí
XC1	suché nebo stále mokré	beton uvnitř budov s nízkou vlhkostí vzduchu; beton trvale ponořený ve vodě
XC2	mokré, občas suché	povrchy betonů vystavených dlouhodobému působení vody; většina základů
XC3	středně vlhké	beton uvnitř budov se střední nebo velkou vlhkostí vzduchu; venkovní beton chráněný proti dešti
XC4	střídavě mokré a suché	povrchy betonů ve styku s vodou, které nejsou zahrnuty ve stupni vlivu prostředí XC2
3 Korozí vyvolaná chloridy		
XD1	středně vlhké	povrchy betonů vystavených chloridům rozptýleným ve vzduchu
XD2	mokré, občas suché	plavecké bazény; betonové prvky vystavené působení průmyslových vod obsahujících chloridy
XD3	střídavě mokré a suché	části mostů vystavených postřikům obsahujícím chloridy; vozovky; betonové povrchy parkovišť
4 Korozí vyvolaná chloridy z mořské vody		
XS1	vystavení slanému vzduchu, ale ne v přímém styku s mořskou vodou	konstrukce blízko mořského pobřeží nebo na pobřeží
XS2	trvalé ponoření do vody	části námořních konstrukcí
XS3	smáčení a ostřikování přílivem	části námořních konstrukcí
5 Střídavé působení mrazu a rozmrazování (mrazové cykly)		
XF1	středně nasycené vodou bez rozmrazovacích prostředků	svíslé betonové povrchy vystavené dešti a mrazu
XF2	středně nasycené vodou s rozmrazovacími prostředky	svíslé betonové povrchy konstrukcí pozemních komunikací vystavené mrazu a rozmrazovacím prostředkům rozptýleným ve vzduchu
XF3	značně nasycené vodou bez rozmrazovacích prostředků	vodorovné betonové povrchy vystavené dešti a mrazu
XF4	značně nasycené vodou s rozmrazovacími prostředky nebo mořskou vodou	vozovky a mostovky vystavené rozmrazovacím prostředkům; betonové povrchy vystavené přímému ostřiku rozmrazovacími prostředky nebo mrazu; smáčené části námořních konstrukcí vystavených mrazu
6 Chemické působení		
XA1	slabě agresivní chemické prostředí podle EN 206-1, tabulka 2	přírodní zemina a podzemní voda
XA2	středně agresivní chemické prostředí podle EN 206-1, tabulka 2	přírodní zemina a podzemní voda
XA3	vysoce agresivní chemické prostředí podle EN 206-1, tabulka 2	přírodní zemina a podzemní voda

V Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → v pohledu “Výchozí nastavení návrhu” lze zvolit třídu prostředí, která bude použita pro návrh. Toto nastavení platí globálně pro celou konstrukci. Všechny položky, které jsou v dialogu Nastavení pro betonové konstrukce podbarveny modře, je možné přepsat lokálně pro dané prvky pomocí Dat na prutu.



1.4.2. Metody posuzování (kapitola 4.4)

Krycí vrstva betonu : kapitola 4.4.1

✚ Všeobecně (kapitola 4.4.1.1)

Betonová krycí vrstva je dána vzdáleností mezi povrchem výztuže nejbližším k povrchu betonu (včetně spon, třmínků a případné povrchové výztuže) a nejbližším povrchem betonu.

Nominální krycí vrstva musí být předepsána na výkresech. Je definována jako součet minimální krycí vrstvy c_{min} a přídatku na návrhovou odchylku ΔC_{dev} :

$$C_{nom} = c_{min} + \Delta C_{dev}$$

✚ Minimální krycí, c_{min} (kapitola 4.4.1.2)

Minimální betonová krycí vrstva c_{min} musí zajistit:

- spolehlivé přenesení sil v soudržnosti
- ochranu výztuže proti korozi (trvanlivost)
- odpovídající požární odolnost

Hodnota c_{min} splňující požadavky jak soudržnosti, tak podmínek prostředí musí být stanovena jako větší z hodnot:

$$C_{min} = \max \{C_{min,b}; C_{min,dur} + \Delta C_{dur,\gamma} - \Delta C_{dur,st} - \Delta C_{dur,add}; 10 \text{ mm}\} \quad (4.2)$$

kde:

$C_{min,b}$	je minimální krycí vrstva z hlediska soudržnosti
$C_{min,dur}$	minimální krycí vrstva z hlediska podmínek prostředí
$\Delta C_{dur,\gamma}$	přídavná bezpečnostní složka
$\Delta C_{dur,st}$	redukce minimální krycí vrstvy při použití nerezové oceli
$\Delta C_{dur,add}$	redukce minimální krycí vrstvy při použití přídavné ochrany

Doporučená hodnota, bez další specifikace, pro $\Delta C_{dur,\gamma}$, $\Delta C_{dur,st}$ and $\Delta C_{dur,add}$ je 0 mm.

- Aby byly bezpečně přeneseny síly v soudržnosti a bylo zajištěno odpovídající zhutnění betonu, nesmí být tloušťka krycí vrstvy $c_{min,b}$ menší než je uvedena v tabulce 4.2.

Tabulka 4.2 – Minimální krycí vrstva $c_{min,b}$ z hlediska soudržnosti

Požadavky na soudržnost	
Uspořádání prutů	Minimální krycí vrstva $c_{min,b}$ ^{*)}
oddělené	průměr prutu
svazky	náhradní průměr (ϕ_h)(viz 8.9.1)
^{*)} Pokud je jmenovitý maximální rozměr kameniva větší než 32 mm, $c_{min,b}$ má se zvýšit o 5 mm.	

- Hodnoty minimální krycí vrstvy betonářské a předpínací výztuže v obyčejném betonu z hlediska stupně vlivů prostředí a třídy konstrukce jsou udány hodnotou $c_{min,dur}$.

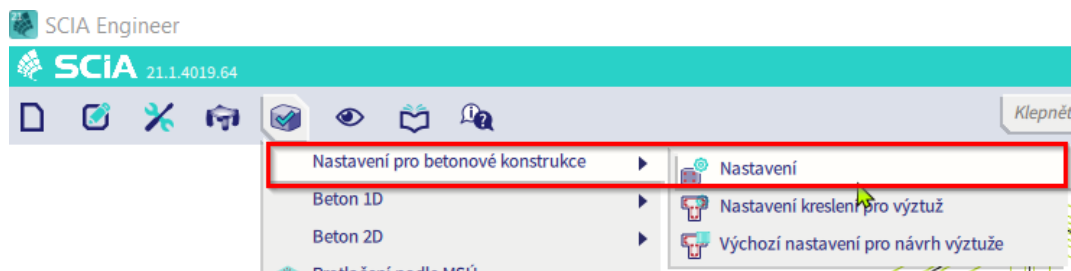
Doporučená třída konstrukce (návrhová životnost 50 let) je S4 pro indikativní pevnosti betonu (viz příloha E normy EN 1992-1-1). Doporučená minimální třída konstrukce je S1.

Doporučené úpravy tříd konstrukce jsou uvedeny v tabulce 4.3N.

Tabulka 4.3N – Doporučená klasifikace konstrukcí

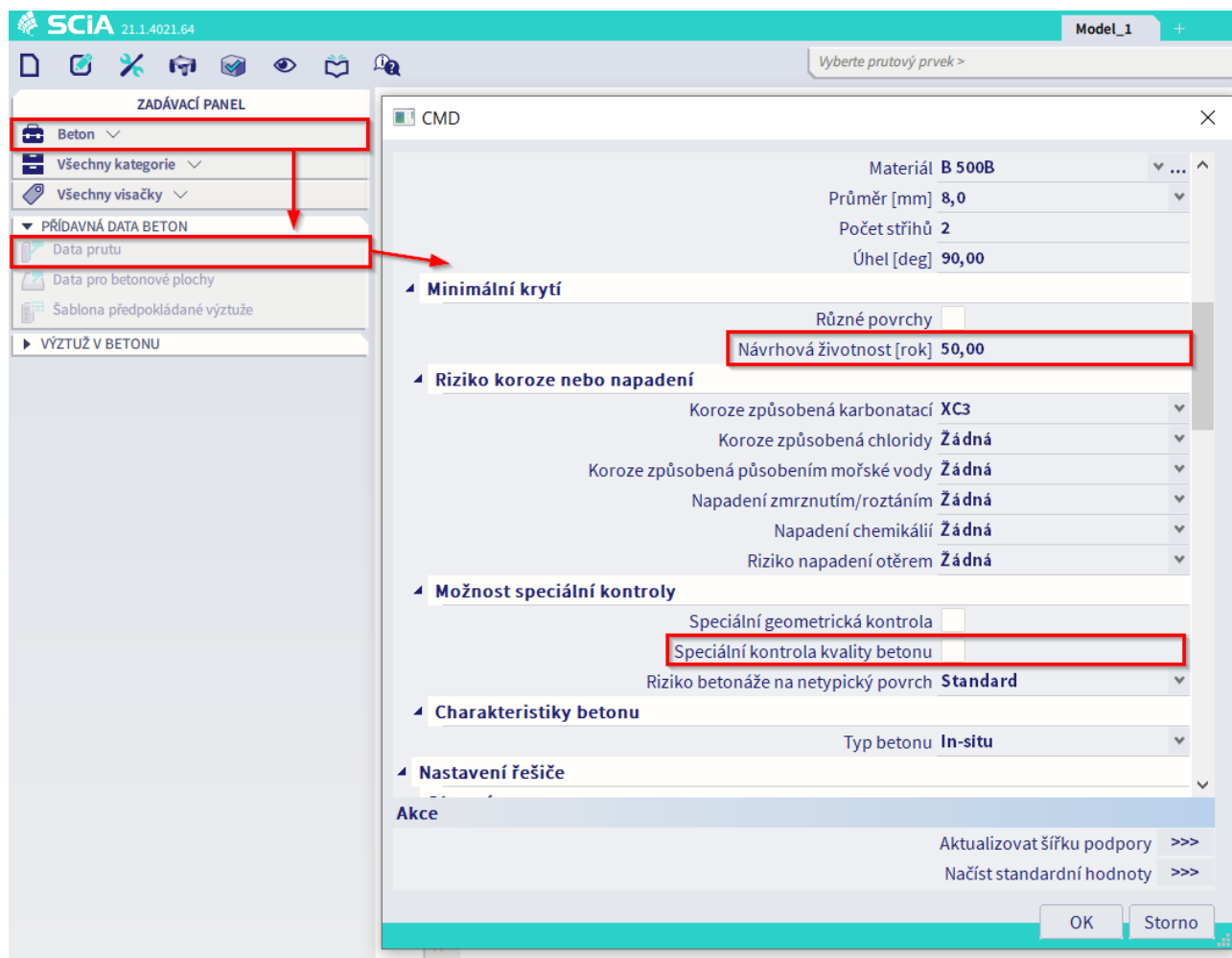
Kritérium	Třída konstrukce						
	Stupeň vlivu prostředí podle tabulky 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1	XD2 / XS1	XD3 / XS2 / XS3
návrhová životnost 100 let	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2
pevnostní třída ¹⁾²⁾	≥ C30/37 zmenšit třídu o 1	≥ C30/37 zmenšit třídu o 1	≥ C35/45 zmenšit třídu o 1	≥ C40/50 zmenšit třídu o 1	≥ C40/50 zmenšit třídu o 1	≥ C40/50 zmenšit třídu o 1	≥ C45/55 zmenšit třídu o 1
deskové konstrukce (poloha výztuže není ovlivněna výrobním postupem)	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1
zajištěna zvláštní kontrola kvality výroby betonu	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1

Ve SCIA Engineer je možné definovat **Návrhovou životnost** a **Speciální kontrolu kvality betonu** pro celou konstrukci v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → v pohledu “Výchozí nastavení návrhu”, případně nastavit jiné hodnoty pro konkrétní prvek konstrukce pomocí Dat prutu.



Popis	Symbol	Hodnota	Výchozí	Jed...	Kapitola	Norma	Konstr...	Typ po...
<vše>	<vše>	<vše>	<vše>		<vše>	<vše>	<vše>	Výcho: X
▲ Výchozí nastavení návrhu								
▲ Výztuž								
▶ Nosník / Žebro								
▶ Deskový nosník								
▶ Sloup								
▶ Deska								
▶ Stěna / vysoký nosník								
▲ Minimální krytí								
Návrhová životnost		50,00	50,00	rok	4.4.1.2(5),...	EN 1992-1-1	Vše (No...	Výchozí ...
▲ Riziko koroze nebo napadení								
Koroze způsobená karbonatací		XC3	XC3		4.4.1.2(5)	EN 1992-1-1	Vše (No...	Výchozí ...
Koroze způsobená chloridy		Žádná	Žádná		4.4.1.2(5)	EN 1992-1-1	Vše (No...	Výchozí ...
Koroze způsobená působením mořské vody		Žádná	Žádná		4.4.1.2(5)	EN 1992-1-1	Vše (No...	Výchozí ...
Napadení zmraznutím/roztáním		Žádná	Žádná		4.4.1.2(12)	EN 1992-1-1	Vše (No...	Výchozí ...
Napadení chemikálií		Žádná	Žádná		4.4.1.2(12)	EN 1992-1-1	Vše (No...	Výchozí ...
Riziko napadení otěrem		Žádná	Žádná		4.4.1.2(13)	EN 1992-1-1	Vše (No...	Výchozí ...
▲ Možnost speciální kontroly								
Speciální geometrická kontrola					4.4.1.3(3)	EN 1992-1-1	Vše (No...	Výchozí ...
Speciální kontrola kvality betonu					4.4.1.2(5)	EN 1992-1-1	Vše (No...	Výchozí ...
Riziko betonáže na netypický povrch		Standard	Standard		4.4.1.3(4)	EN 1992-1-1	Vše (No...	Výchozí ...

Data prutu:



Doporučené hodnoty $c_{min,dur}$ jsou uvedeny v tabulce 4.4N (betonářská výztuž):

Tabulka 4.4N – Minimální hodnoty krycí vrstvy $c_{min,dur}$ požadované z hlediska trvanlivosti pro betonářskou výztuž podle EN 10080

Třída konstrukce	Požadavek prostředí pro $c_{min,dur}$ (mm)						
	Stupeň vlivu prostředí podle tabulky 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

- Betonová krycí vrstva má být zvětšena o přídavnou bezpečnostní složku $\Delta c_{dur,\gamma}$.

Pokud se použije korozivzdorná ocel nebo jiná zvláštní opatření, může být minimální krycí vrstva zmenšena o $\Delta c_{dur,st}$. V těchto případech má být zváženo ovlivnění všech souvisejících materiálových vlastností, včetně soudržnosti.

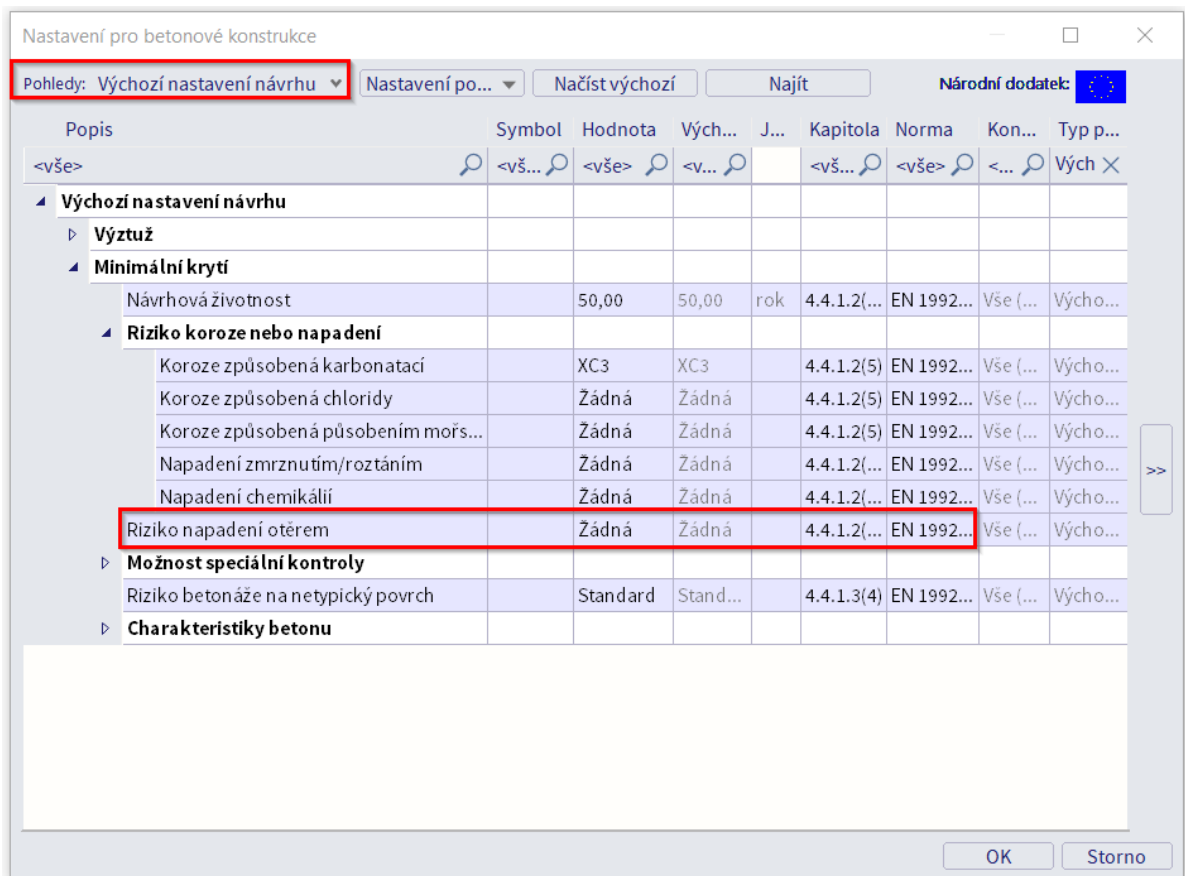
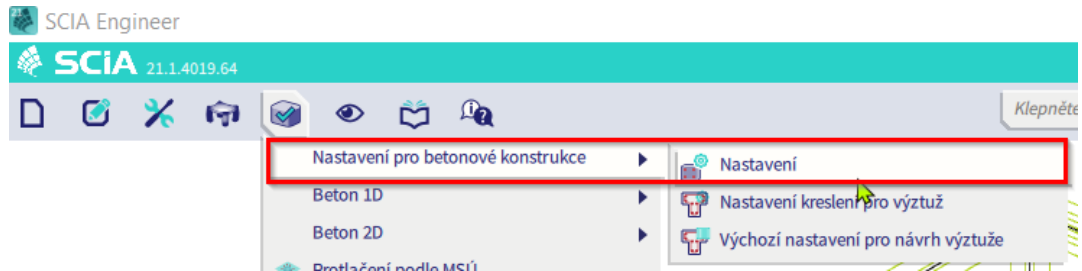
U betonu s přídavnou ochranou (např. nátěrem) může být minimální krycí vrstva zmenšena o $c_{dur,add}$.

Pokud je beton namáhán obrusem, má být věnována zvláštní pozornost kamenivu podle EN 206-1. Obrus betonu lze připustit při zvětšení betonové krycí vrstvy (obětovaná vrstva). V takovém případě má být minimální krycí vrstva c_{min} zvětšena o k_1 pro třídu obrusu XM1, o k_2 pro XM2 a o k_3 for XM3.

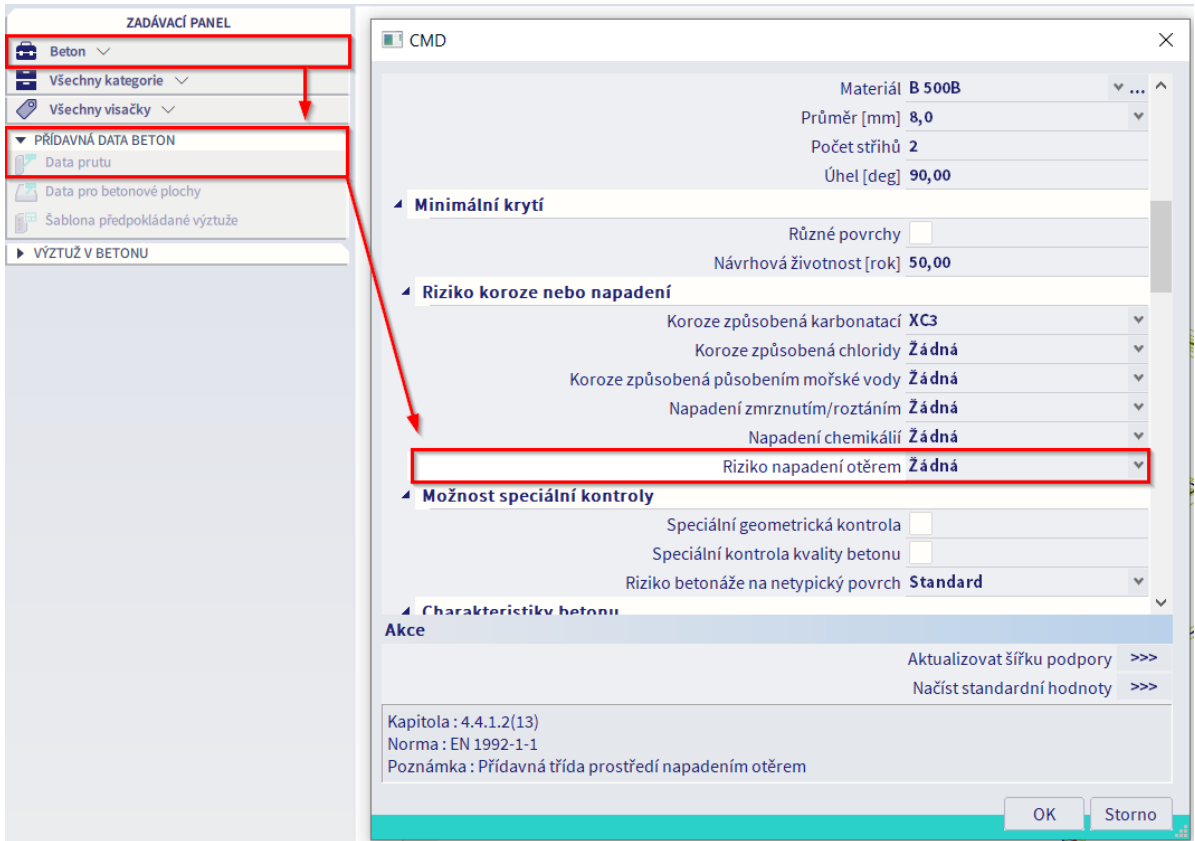
Třída obrusu XM1 představuje střední obrus jako je u průmyslových ploch pojížděných vozidly se vzduchovými pneumatikami. Třída obrusu XM2 představuje značný obrus jako je u průmyslových ploch pojížděných vysokozdvíhými vozíky se vzduchovými nebo pevnými gumovými pneumatikami. Třída obrusu XM3 představuje extrémní obrus jako je u průmyslových ploch pojížděných vysokozdvíhými vozíky s elastomerovými nebo ocelovými koly nebo nákladními vozidly

Doporučené hodnoty k_1 , k_2 a k_3 jsou 5 mm, 10 mm and 15 mm.

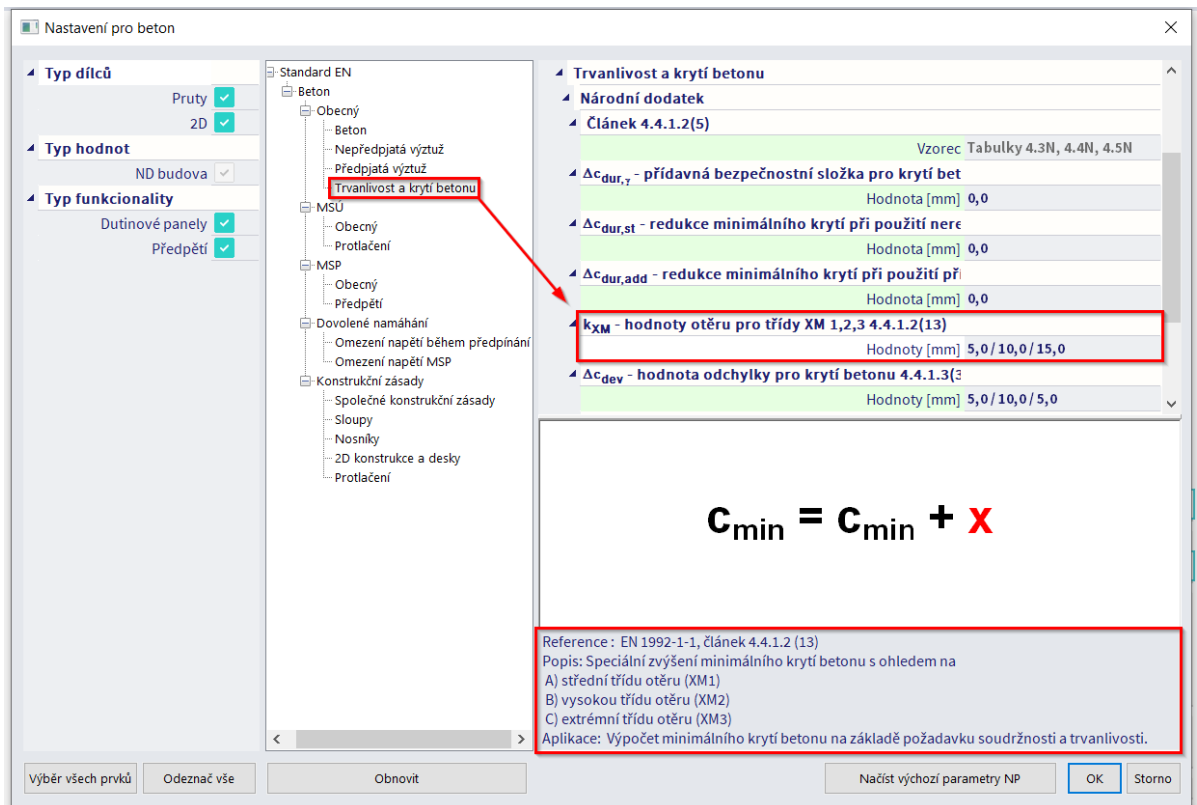
Třidu obrusu je možné zadat v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → v pohledu “Výchozí nastavení návrhu” → Riziko napadení otěrem”, případně zadání pomocí Dat prutu.



Data prutu:



Hodnoty k_1 , k_2 a k_3 je možné editovat v nastavení Národního dodatku:



✚ Přídavek pro návrhovou odchylku (art 4.4.1.3)

Při výpočtu nominální krycí vrstvy, c_{nom} , musí být v návrhu uvažován přídavek k minimální krycí vrstvě (Δc_{dev}), který by pokryl přípustnou odchylku. Požadovaná minimální krycí vrstva musí být tedy zvětšena o absolutní hodnotu přípustné záporné odchylky..

Doporučená hodnota Δc_{dev} je 10 mm.

V určitých případech může být zmenšena přípustná odchylka a tudíž i přídavek Δc_{dev} .

Doporučené hodnoty jsou:

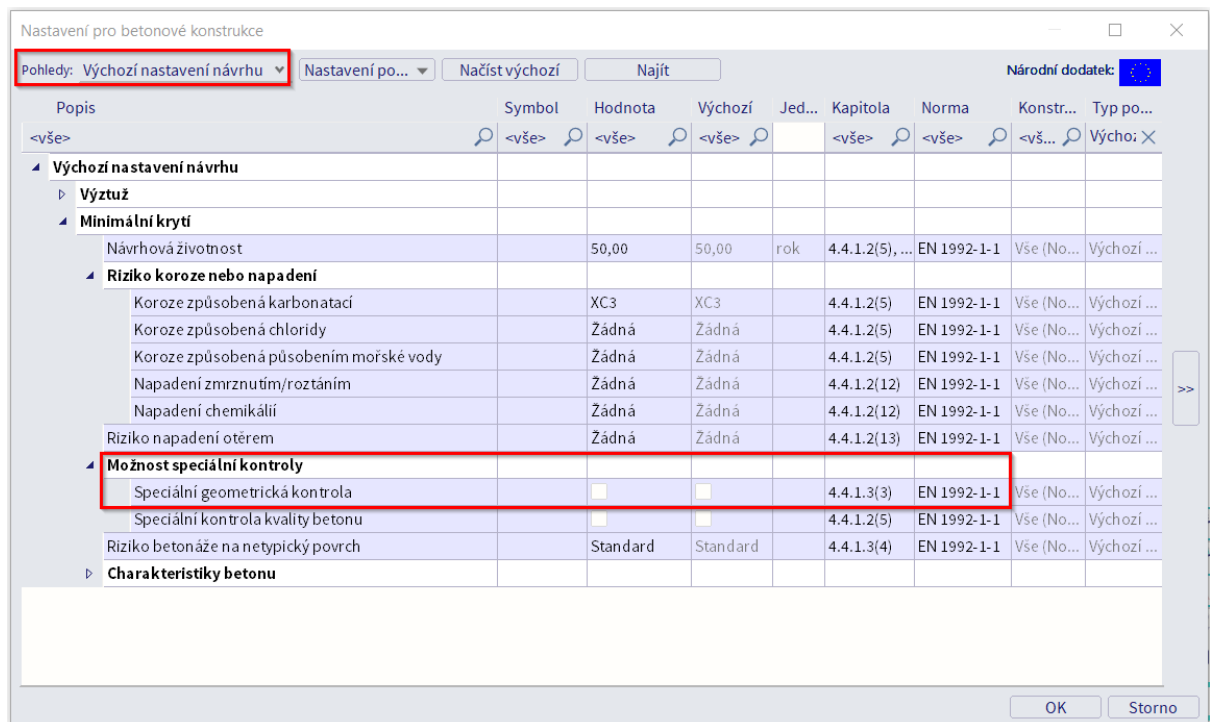
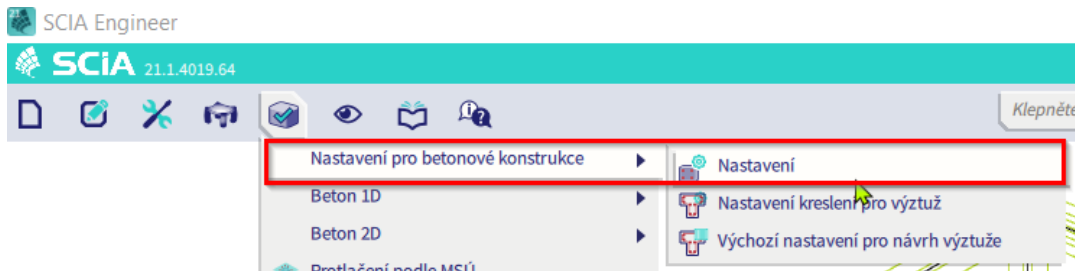
- o pokud je při výrobě uplatněn systém zajištění kvality, ve kterém monitorování zahrnuje měření betonové krycí vrstvy, pak návrhový přídavek pro odchylku Δc_{dev} může být zmenšen na:

$$10 \text{ mm} \geq \Delta c_{dev} \geq 5 \text{ mm}$$

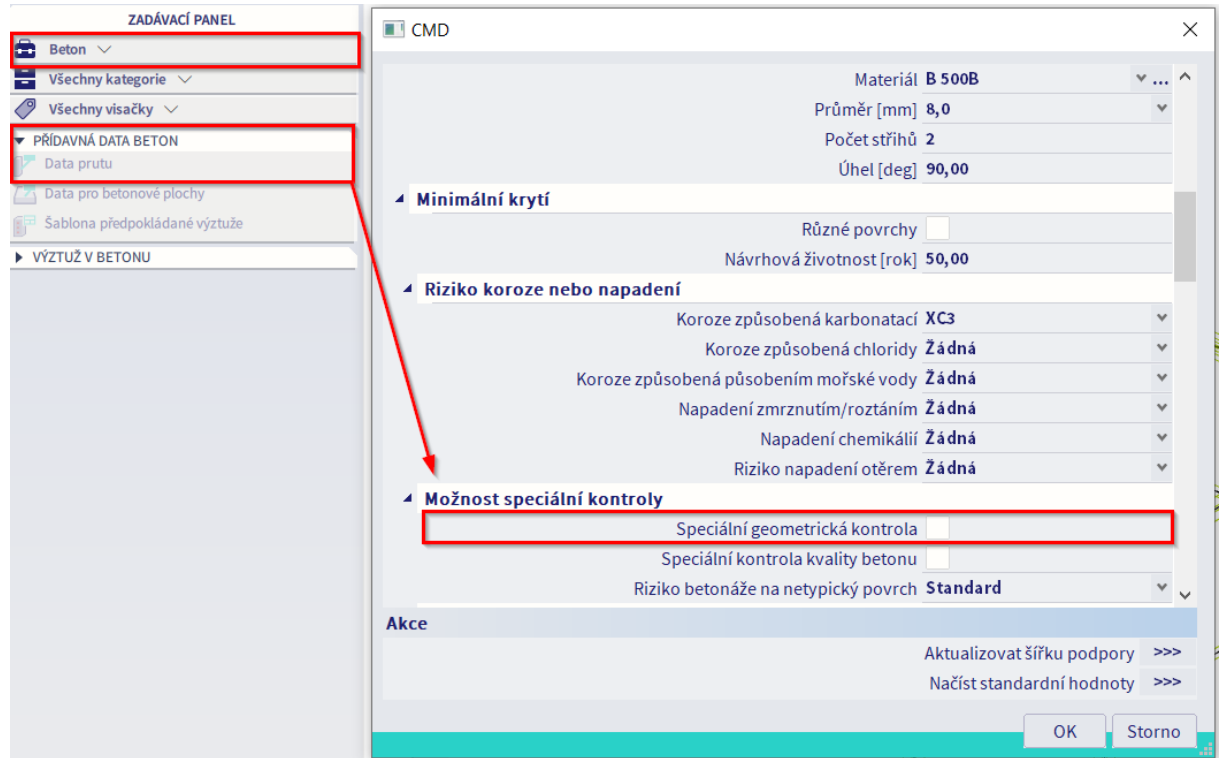
- o pokud může být zajištěno, že se používají velmi přesné měřicí přístroje pro monitorování a odmítají se nevyhovující prvky (např. prefabrikáty), pak přídavek pro návrhovou odchylku Δc_{dev} může být zmenšen na:

$$10 \text{ mm} \geq \Delta c_{dev} \geq 0 \text{ mm}$$

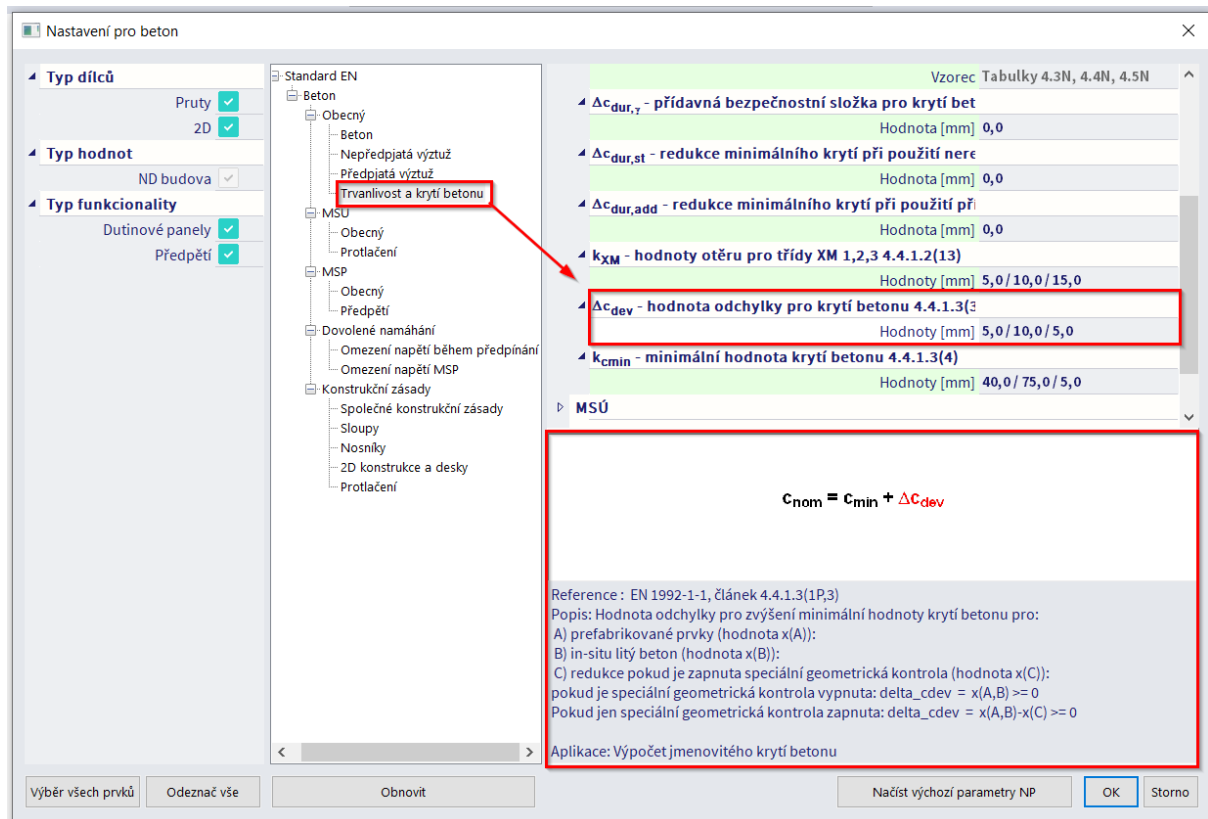
Speciální geometrickou kontrolu je možné nastavit v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → v pohledu “Výchozí nastavení návrhu” → Minimální krytí → Možnost speciální kontroly, případně je možné zadání i pomocí Dat prutu.



Data prutu:



Hodnoty Δc_{dev} je možné editovat v nastavení Národního dodatku:



Kapitola 2: Dimenzování a posudky

1.5. Analytické modely

1.5.1. Eurokód

Modely konstrukce pro celkovou analýzu (kapitola 5.3.1)

Prvky konstrukce se třídí podle jejich charakteru a funkce na nosníky, sloupy, desky nosné v jednom směru, stěny, desky nosné ve dvou směrech, oblouky, skořepiny atd. Uvedená pravidla platí pro analýzu běžnějších prvků a konstrukcí sestávajících se z kombinací těchto prvků.

U pozemní staveb platí následující ustanovení:

- 1) Nosník je prvek, který má rozpětí rovné nejméně trojnásobku celkové výšky průřezu. Jinak má být prvek považován za stěnový nosník.
- 2) Deska je prvek, který má nejmenší rozměr plochy rovný nejméně 5násobku celkové tloušťky desky.
- 3) Desku zatíženou převážně rovnoměrným zatížením lze považovat za jednosměrně působící, pokud:
 - má dva prakticky rovnoběžné, volné (nepodporované) okraje, nebo
 - je střední částí prakticky obdélníkové desky podporované na čtyřech okrajích s poměrem delšího rozpětí ke kratšímu větším než 2.
- 4) Žebrové a kazetové desky nemusí být při analýze považovány za diskrétní prvky, za předpokladu, že desková přilehlé desky nebo konstrukční nadbetonování a příčná žebra mají dostatečnou tuhost v kroucení. Toto lze předpokládat pokud:
 - vzdálenost žeber není větší než 1500 mm
 - výška žebra pod deskovou přírubou není větší než 4násobek jeho šířky
 - tloušťka deskové příruby je nejméně 1/10 světlé vzdálenosti mezi žebry nebo 50 mm rozhoduje větší hodnota
 - příčná žebra jsou umístěna ve světlych vzdálenostech nepřesahujících desetinásobek celkové tloušťky desky.

Nejmenší tloušťku deskové příruby 50 mm je možné zmenšit na 40 mm, pokud jsou mezi žebry zabetonovány tvárnice.

Sloup je prvek, u kterého výška průřezu nepřesahuje 4násobek jeho šířky a délka je nejméně trojnásobek výšky průřezu. Jinak má být prvek považován za stěnu.

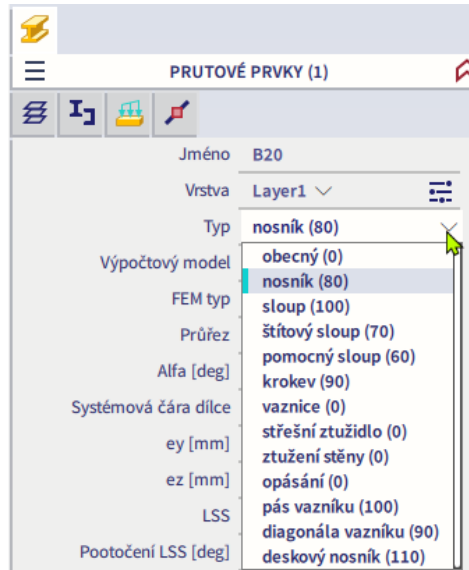
1.5.2. Scia Engineer

VYTVOŘENÍ ANALYTICKÉHO MODELU

Ve SCIA Engineer je k dispozici několik typů analytických modelů. Je na uživateli, aby se rozhodl, který model pro který prvek použije.

U 1D prvků je na výběr mezi výpočtem nosníku, deskového nosníku a sloupu.

Každý prvek má přiřazenou vlastnost „Typ“, která určuje, jaký typ výpočtu bude použit:

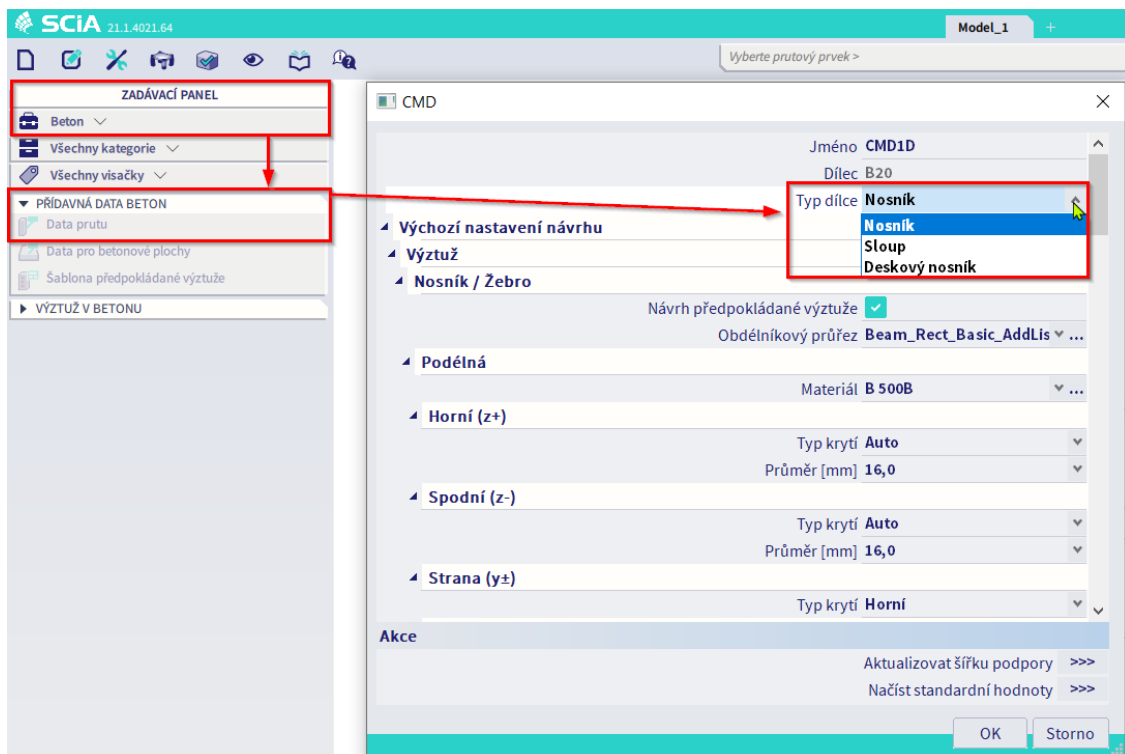


Výpočet **nosníku** je použit pro Typy „obecný“, „nosník“, „krokev“, „vaznice“, „střešní ztužidlo“, „ztužení stěny“, „opásání“, „pás vazníku“ a „diagonála vazníku“.

Výpočet **deskového nosníku** je použit pouze pro Typ ‚deskový nosník‘. U tohoto typu prvku není ve výchozím stavu užívaná smyková výztuž (pokud to není nutné v případě tloušťky desky 200 mm nebo větší, jak je definováno v Nastavení betonu pro desky). Výchozí hodnota průměru pro podélné výztuže je uvažována jako výchozí průměr výztuže pro 2D konstrukce – ne pro pruty! – toto je převzato z Nastavení betonu.

Výpočet **sloupu** se používá pro typy „sloup“, „Sloup štítu“ a „pomocný sloup“.

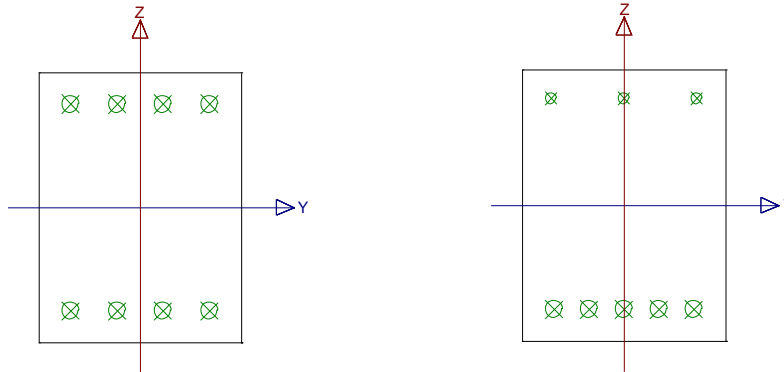
Buďte opatrní při přidávání Dat prutu (1D) na prvek. Tato data je možné nalézt v Zadávacím panelu → pracoviště Beton → Přídavná data betonu. V Datech prutu má uživatel na výběr ze 3 různých analytických modelů přes volbu „Typ dílce“:



Tato Data prutu přepisují vlastnosti prvku, které jsou nastaveny ve výchozím Nastavení pro betonové konstrukce.

ROZDÍL MEZI ANALYTICKÝM MODELEM NOSNÍKU A SLOUPU

Nejdůležitější rozdíl mezi výpočtem Nosníku a Sloupu je rozdíl v ploše výztuže podle směru. Nosník má u horního povrchu obvykle jinak rozloženou výztuž než u spodního povrchu. Sloup má vždy stejné rozložení výztuže pro rovnoběžné strany v každém směru.



Tyto rozložení výztuže je způsobené rozdílem v rozhodujících vnitřních silách, které v nosníku nebo sloupu převažují. Pro výpočet nosníku je dominantní ohybový moment, zatímco pro sloup je rozhodující osová tlaková síla + ohybové momenty (pokud existují).

V případě, že je osový tlak na nosník příliš vysoký, měl by uživatel zvolit výpočet prvku jako sloup. V Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → v pohledu “Kompletní nastavení” → Nastavení řešiče → Obecné, je možné nastavit **Součinitel pro výpočet vnitřní síly, při které je průřez tlačенý**:

Popis	Sym...	Hodn...	Výc...	J...	Kap...	Nor...	Ko...	Typ...
Obecné								
Limitní hodnota jednotkového posudku	Lim. p...	1,0	1,0			Nezáv...	Vše ...	Nast...
Hodnota jednotkového posudku pro nespočtený je...	Ncal.p...	3,0	3,0			Nezáv...	Vše ...	Nast...
Součinitel pro výpočet efektivní výšky průřezu	Souč _d	0,9	0,9			Nezáv...	Vše ...	Nast...
Součinitel pro výpočet ramene vnitřních sil	Souč _z	0,9	0,9			Nezáv...	Vše ...	Nast...
Součinitel pro výpočet síly, při které je průřez tlačенý	Souč_{com}	0,1	0,1			Nezáv...	Vše ...	Nast...
Dotvarování a smršťování								
Stáří betonu v okamžiku uvažování momentu	t	18250,...	1825...	den	3.1.4...	EN 19...	Vše ...	Nast...
Relativní vlhkost	RH	50	50	%	3.1.4...	EN 19...	Vše ...	Nast...
Způsob zadání součinitele dotvarování	Typ φ...	Auto	Auto		3.1.4(...)	EN 19...	Vše ...	Nast...
Stáří betonu při zatížení	t ₀	28,00	28,00	den	3.1.4(...)	EN 19...	Vše ...	Nast...
Uvažovat vysychání a autogenní smršťování	Typ e _{cs} (t)	Auto	Auto		3.1.4(...)	EN 19...	Vše ...	Nast...
Stáří betonu na počátku smršťování od vysych...	t _s	7,00	7,00	den	3.1.4(...)	EN 19...	Vše ...	Nast...
MSP								
Použít efektivní moduly průřezu		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		7.1(2)	EN 19...	Vše ...	Nast...
Výchozí nastavení vzpěru								
Posuvný po ose y	Posuv...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Nezáv...	Vše ...	Nast...
Posuvný po ose z	Posuv...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Nezáv...	Vše ...	Nast...

$N_{Ed} \leq -\text{Coeff}_{com} \cdot A_c \cdot f_{cd}$

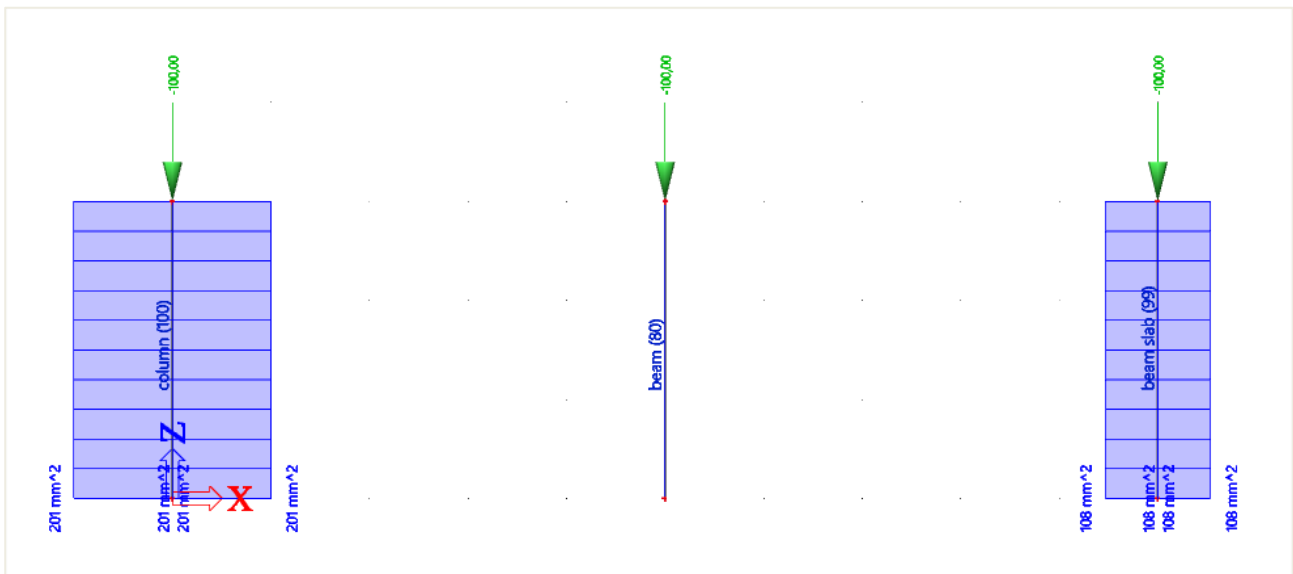
Součinitel pro výpočet síly, při které je dílec považován za tlačенý. Pokud $N_{Ed} \leq N_{com}$ => dílec je tlačенý

Výchozí hodnota součinitele je nastavena na 0,9 (tato hodnota je převzata z již neplatných norem ČSN a STN). Tento součinitel vstupuje do posudku Tlačенého dílce, kde se posuzuje, zda je prvek tlačенý nebo ne. Pokud je prvek tlačенý, tak jsou do výpočtu uvažovány účinky II.řádu.

Tato volba „ Součinitel pro výpočet vnitřní síly, při které je průřez tlačенý” zkontroluje, jak důležitý příspěvek osové tlakové síly je:

- Pokud pro návrhovou osovou sílu od zatížení platí podmínka: $N_{Ed} < 0,1 \cdot A_c \cdot f_{cd}$, pak prvek **není považován** za tlačенý, což znamená, že volba Typu prvku = nosník je správná.
- Pokud pro návrhovou osovou sílu od zatížení platí podmínka: $N_{Ed} > 0,1 \cdot A_c \cdot f_{cd}$, pak prvek **je považován** za tlačенý, což znamená, že prvek by měl být modelován jako Typu prvku = sloup a účinky II. řádu budou brány v úvahu.

1.5.3. Příklad



Overall Design (ULS)

Linear calculation
 Load case: LC2
 Coordinate system: Member
 Extreme 1D: Member
 Selection: All

Longitudinal required reinforcement

Name	dx [m]	Case	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]	ReinfReq
				A_{sz} req bar+ [mm ²]	A_{sz} req bar- [mm ²]	A_{sy} req bar+ [mm ²]	A_{sy} req bar- [mm ²]	A_{sz} req bar [mm ²]	A_{sy} req bar [mm ²]	A_s req bar [mm ²]	
B1	0,000	LC2	Column	201	201	201	201	402	402	804	[z]4φ16*, [y]4φ16*
B2	0,000	LC2	Beam	0	0	0	0	0	0	0	
B3	0,000	LC2	Beam slab	108	108	108	108	215	215	430	[z+]2φ16*, [z-]2φ16*, [y+]2φ16*, [y-]2φ16*

Shear reinforcement

Name	dx [m]	Case	Member	A_{swm} req [mm ² /m]	A_{swm} prov [mm ² /m]	ShearReinf
B1	0,000	LC2	Column	0	0	
B2	0,000	LC2	Beam	0	0	
B3	0,000	LC2	Beam slab	0	0	Not required

V detailním Náhledu reportu vnitřních sil se v případě tlačенého prvku zobrazí upozornění, že je nutné počítat prvek jako sloup, aby byly zohledněny tlakové síly. V případě potřeby je třeba změnit typ dílce ručně na "sloup" ve vlastnostech prvku nebo pomocí Dat prvku (1D).

Tlačený dílec

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

$$N_{com} = - \text{Coeff}_{com} \cdot (f_{cd} \cdot A_c) = - 0.1 \cdot (8 \cdot 10^6 \cdot 0.12) = -96 \text{ kN}$$

Podmínka posudku:

$$N_{Ed} < N_{com} = -100 \text{ kN} < -96 \text{ kN} \dots \text{ tlačенý dílec}$$

Varování: Excentricity prvního a druhého řádu by měly být zohledněny, dílec by měl být posouzen jako sloup (výrazná tlaková normálová síla). Změnit typ dílce na sloup.

1.6. Návrh výztuže nosníků

1.6.1. Popis příkladu

Příklad, který bude použit k vysvětlení výpočtu návrhu výztuže v nosníku, se nazývá „beam.esa“.

Výpočet výztuže je vysvětlen pomocí spojitého nosníku o dvou polích:



Celková délka spojitého nosníku je 10m. Průřez nosníku je obdélníkový 500x300mm.

Zadaná zatížení:

BG1 : Vlastní tíha

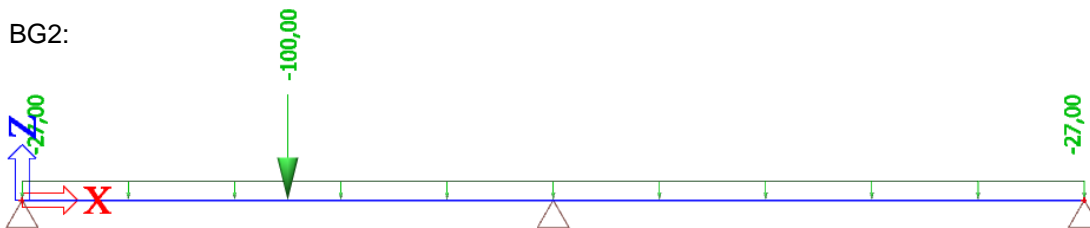
BG2 : Stálé zatížení

- Liniové: -27kN/m
- Bodové: -100kN, pozice relativně $x = 0,25$

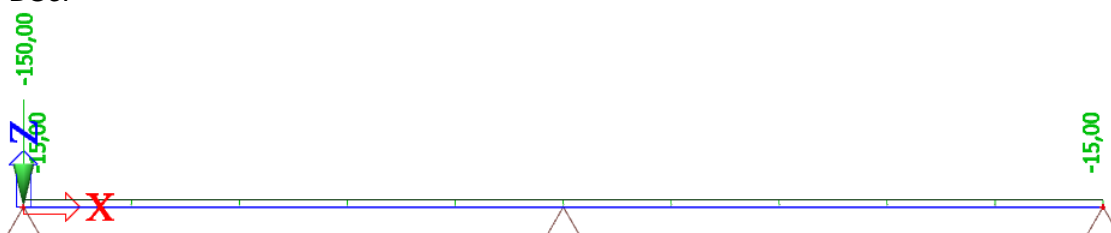
BG3 : Proměnné zatížení

- Liniové: -15kN/m
- Bodové: -150kN, pozice relativně $x = 0$

BG2:



BG3:



1.6.2. Vnitřní síly pro návrh

Výpočet výztuže ve SCIA Engineer vychází z přepočtu vnitřních sil. Tzv. „čisté“ vnitřní síly z FEM analýzy jsou přepočteny podle normy na tzv. „Vnitřní síly pro návrh“. Tyto upravené vnitřní síly jsou poté použity při návrhu výztuže.

Ve SCIA Engineer je možné vnitřní síly pro návrh ovlivnit nastavením v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → Vnitřní síly. Přepočtené „Vnitřní síly pro návrh“ mohou rozhledňovat např. posun křivky momentového obrazce, redukce momentu/ posouvající síly nad podporou atd. viz níže.

✚ Posun momentové křivky (kapitola 9.2.1.3)

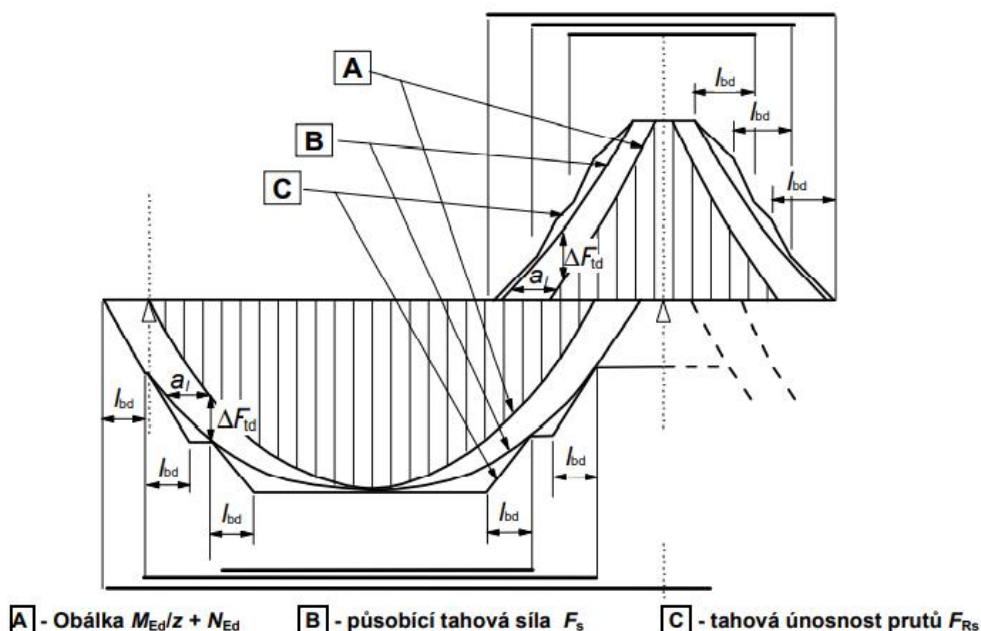
Ve všech průřezích se má navrhnout dostatečná výztuž, aby odolávala obálce působící tahové síly včetně účinku šikmých trhlin ve stěnách a spolupůsobících deskách nosníku.

Přídavné tahové síly způsobené smykem a kroucením je možné ve SCIA Engineer zohlednit zjednodušeným výpočtem, který je založen na posunu momentové čáry podle článku 9.2.1.3(2) normy EN 1992-1-1. Posun momentové čáry je počítán pouze pro nosníky.

Pro prvky se smykovou výztuží je třeba vypočítat přírůstek tahové síly ΔF_{td} . Pro prvky bez smykové výztuže lze ΔF_{td} odhadnout posunutím momentové čáry do vzdálenosti $a_i = d$. Toto "pravidlo o posunutí" lze také použít jako alternativu pro prvky se smykovou výztuží, kde:

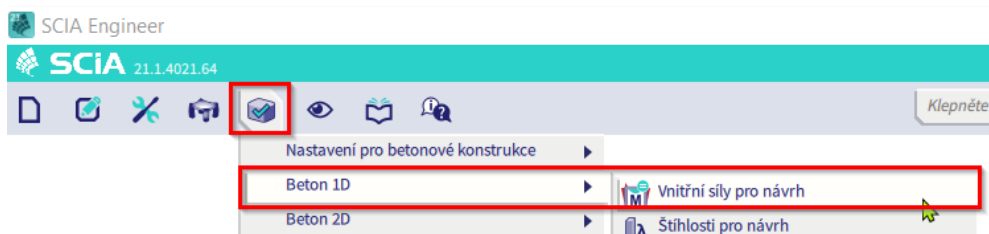
$$a_i = z (\cot \theta - \cot \alpha) / 2 \quad (\text{pro nosníky}) \quad (9.2)$$

Přídavná tahová síla ilustrovaná na obrázku 9.2:



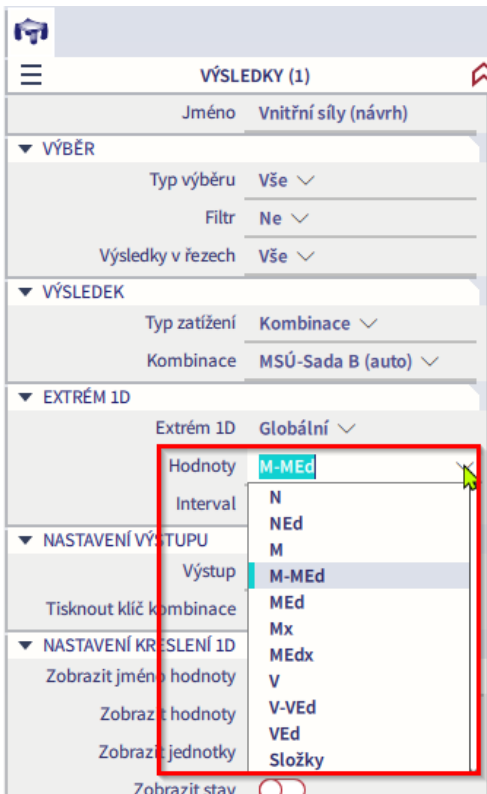
Obrázek 9.2 – Ilustrace rozdělení podélné výztuže s uvažováním účinku šikmých trhlin a únosnosti výztuže podél kotevních délek

Ve SCIA Engineer je možné zobrazit přepočtené vnitřní síly, které jsou použity pro návrh výztuže, a to v Návrhu → Beton 1D → Vnitřní síly pro návrh:



Přepočítané vnitřní síly jsou zde označeny jako M_{Ed} , N_{Ed} , V_{Ed} , atd. Síly bez označení "Ed" jsou původní (čisté) výsledky z FEM analýzy, které je možné zobrazit i ve standardních Výsledcích → 1D dílce → Vnitřní síly.

Pro srovnání je možné zobrazit "čisté" i přepočtené vnitřní síly "Ed" zároveň v pohledu s ozn. M-M_{Ed}:



Stejně vnitřní síly jako ve standardních výsledcích 1D:

- N... normálová síla
- M... ohybový moment
- Mx... kroučící moment
- V... posouvající síla

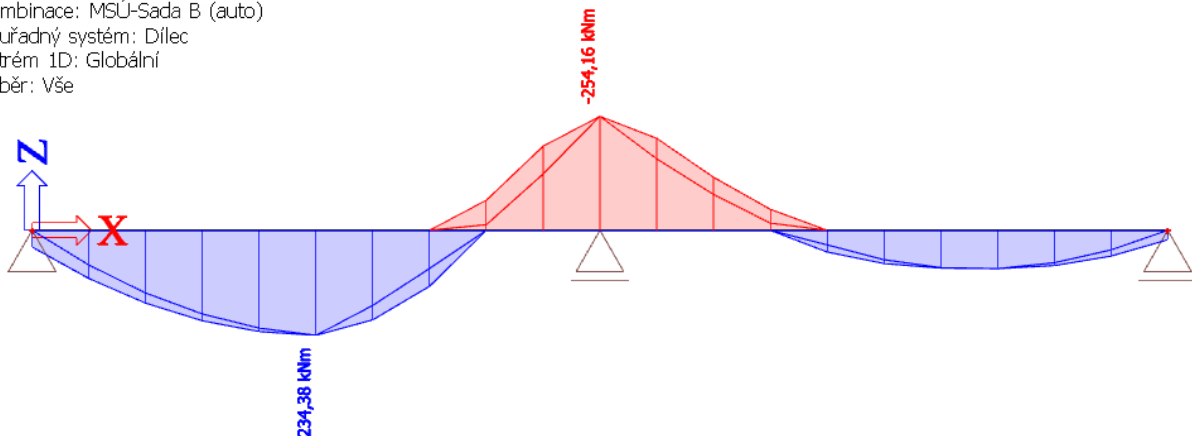
Návrhové (přepočtené) vnitřní síly:

- N_{Ed}... návrhová normálová síla
- M_{Ed}... návrhový ohybový moment
- M_{Edx}... návrhový kroučící moment
- V_{Ed}... návrhová posouvající síla

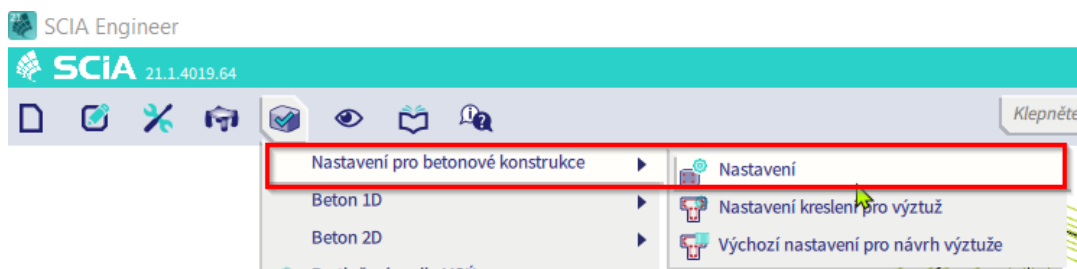
Zobrazení standardní – návrhové vnitřní síly v jednom diagramu:

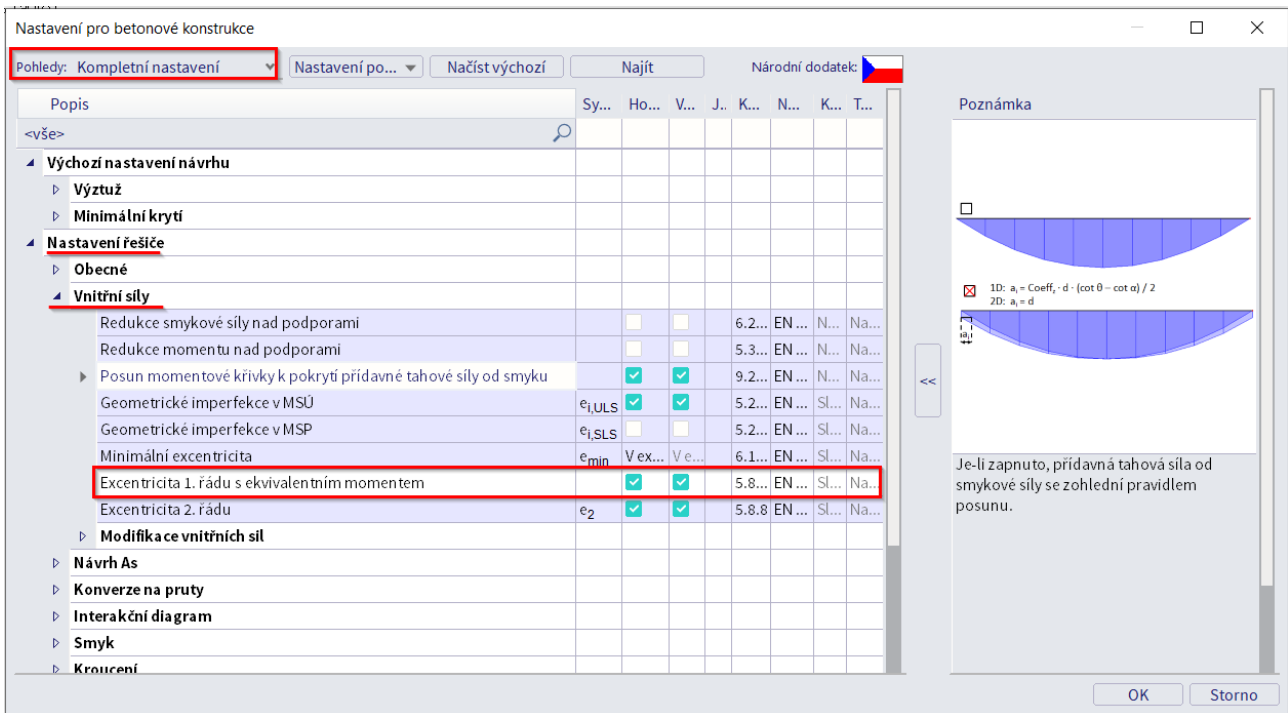
- M-M_{Ed}
- V-V_{Ed}

Vnitřní síly (návrh)
 Hodnoty: M-M_{Ed}
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: Vše

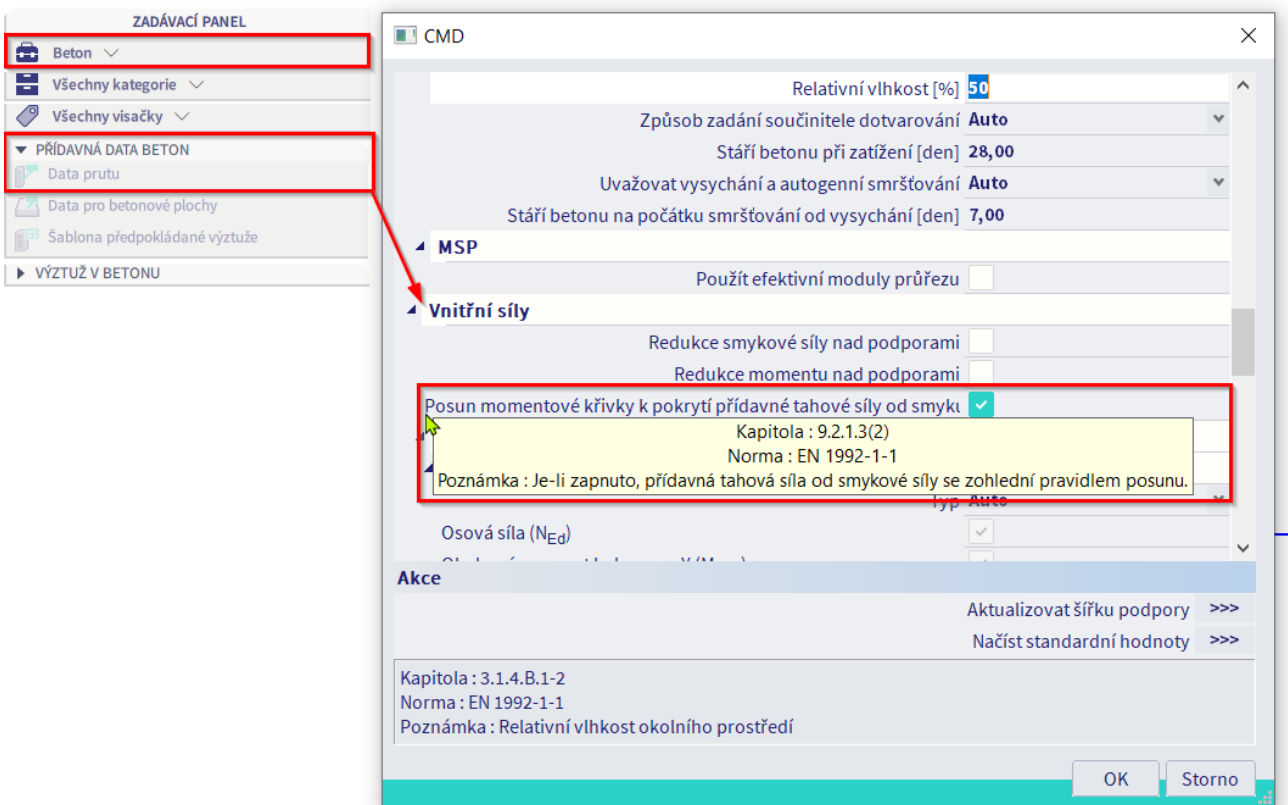


Posunutá momentová čára se bere v úvahu pro přepočtené vnitřní síly a tím také pro výpočet podélné výztuže, pokud je aktivována Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení (platí globálně pro celou konstrukci) nebo v Datech prutu (platí pro vybraný prvek):





Data prutu:



REDUKCE OHYBOVÉHO MOMENTU (kapitola 5.3.5.5 (3) & 5.3.2.2 (4))

Dalším typickým případem přepočtených vnitřních sil je redukce ohybových momentů nad podporami.

Pokud jsou nosník nebo deska monoliticky spojeny s podporami, lze za kritický návrhový moment v podpoře považovat moment v lici podpory. Návrhový moment a reakce převáděné do podporujícího prvku (např. sloupu, stěny atd.) mají být obecně uvažovány jako větší z pružných nebo redistribuovaných hodnot.

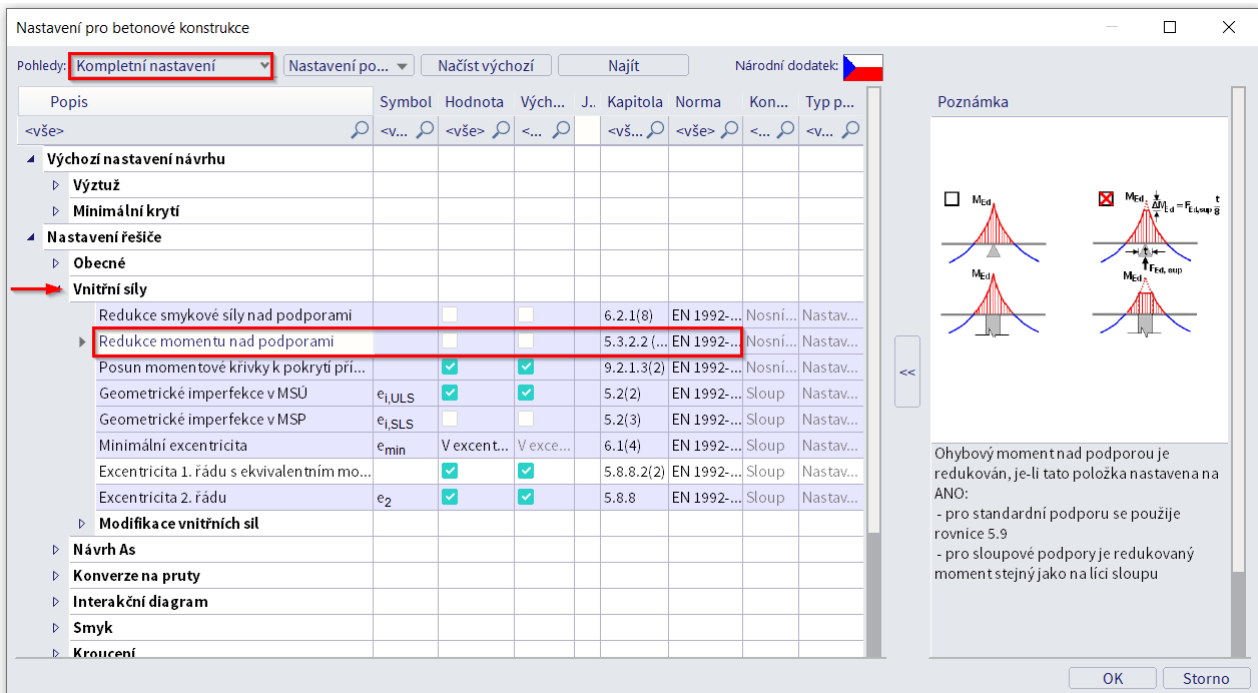
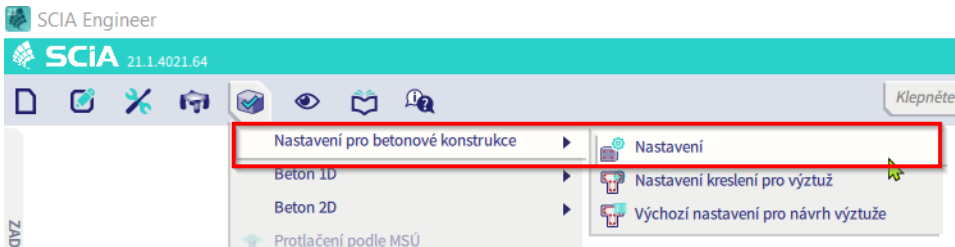
Pokud nosník nebo deska probíhají spojitě nad podporou, u níž lze předpokládat, že nebrání volnému pootočení (např. nad stěnou), lze bez ohledu na použitou metodu výpočtu návrhový podporový moment, stanovený pro rozpětí rovné osové vzdálenosti podpor, redukovat o hodnotu ΔM_{Ed} stanovenou ze vztahu:

$$\Delta M_{Ed} = F_{Ed,sup} t / 8 \quad (5.9)$$

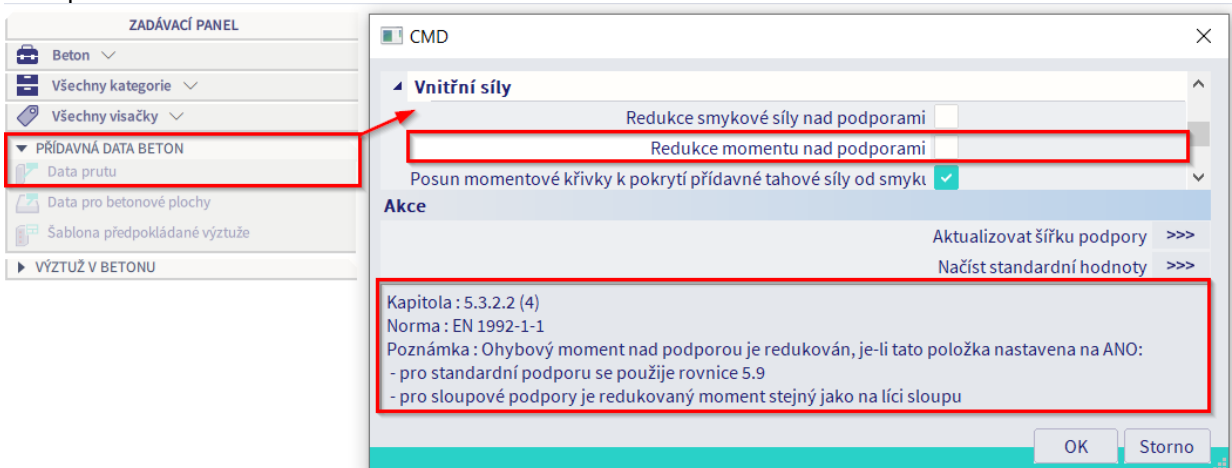
kde:

$F_{Ed,sup}$ je návrhová podporová reakce
 t šířka podpory

Ve SCIA Engineer je tato redukce ohybového momentu zohledněna pouze tehdy, je-li aktivována v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení (platí globálně pro celou konstrukci) nebo v Datech prutu (platí pro vybraný prvek):



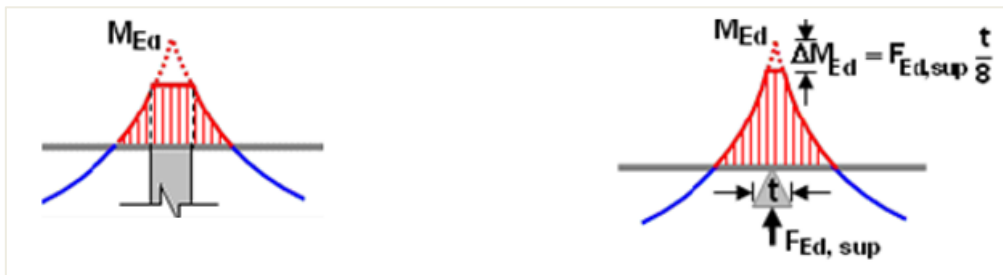
Data prutu:



Způsob, jakým se provádí redukce ohybového momentu, závisí na typu podpory. Pokud je definována standardní podpora, bude redukce provedena podle vzorce 5.9. Pokud je definován sloup, tak je redukovaný moment stejný jako v líci sloupu.

Redukce momentu v líci sloupu (5.3.2.2 (3))

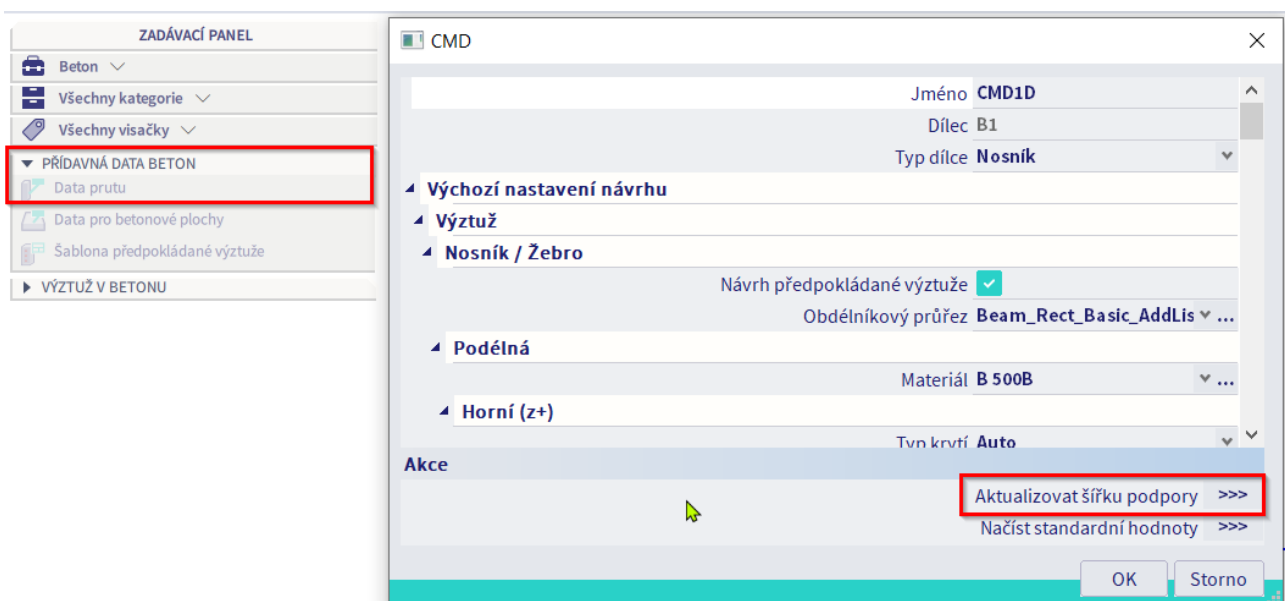
Standardní podpora - vzorec 5.9 (5.3.2.2 (4))



Ve SCIA Engineer lze šířku podpory „t“, použitou pro redukcí ohybových momentu u podpor, nastavit ve vlastnostech této podpory:



Ve spodní části dialogu Dat prutu (CMD) je akční tlačítko „Aktualizovat šířku podpory“. Toto tlačítko shromáždí všechny připojené prvky nebo podpory vybraného prvku a načte jejich šířky podpory.



	Jméno	Pozice [m]	Šířka [m]	Redukce smyku	Redukce momentů
1	Sn1	0,000	0,200	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Sb1	5,000	0,200	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Sn3	10,000	0,200	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

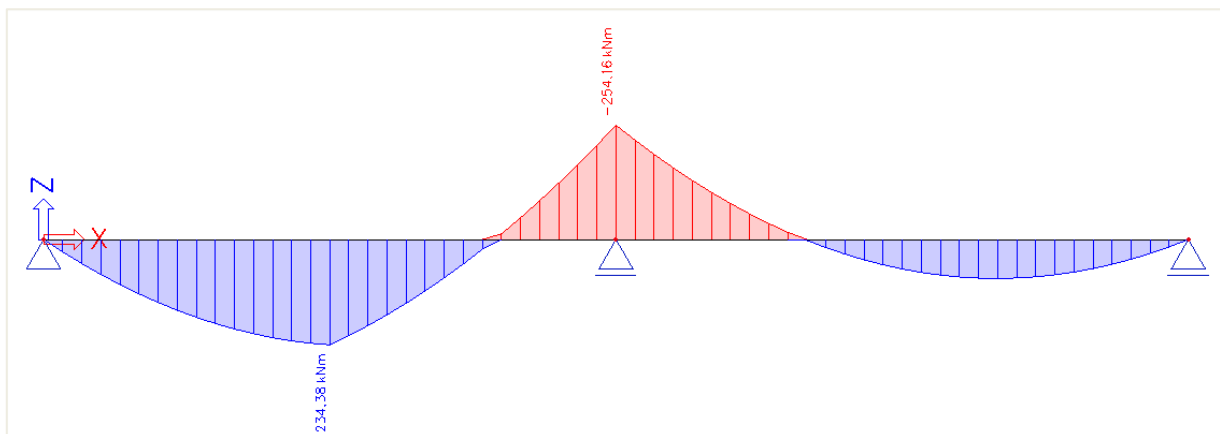
Pozn.: šířka podpory je nactena z konstrukce bez vlivu uniu A1a

Načíst výchozí OK Storno

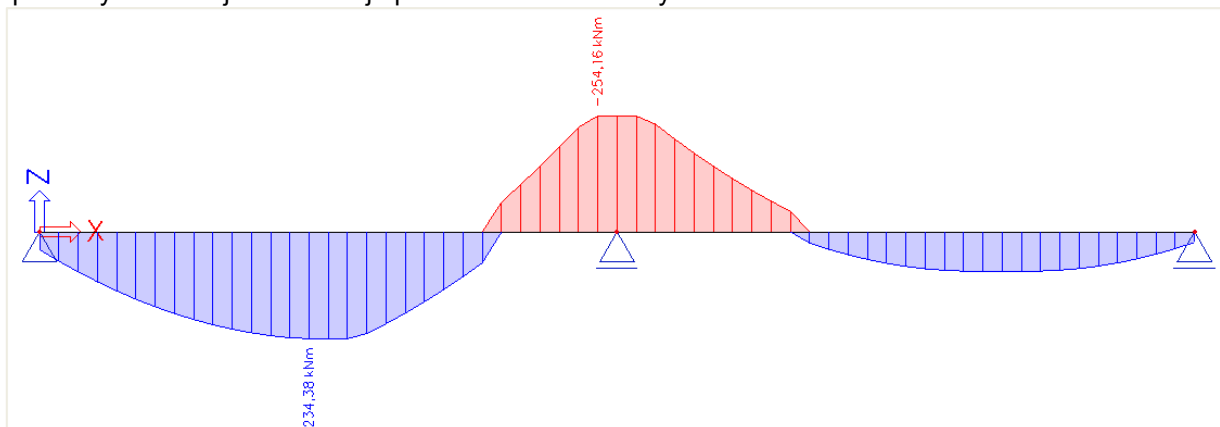
Redukce ohybového momentu nad bodovou podporou je znázorněna na příkladu níže:

- $t = 0,2\text{m}$
- $F_{Ed,sup} = 477,5\text{kN}$
- $\Delta M_{Ed} = 477,5 \cdot 0,2 / 8 = 11,94\text{kNm}$

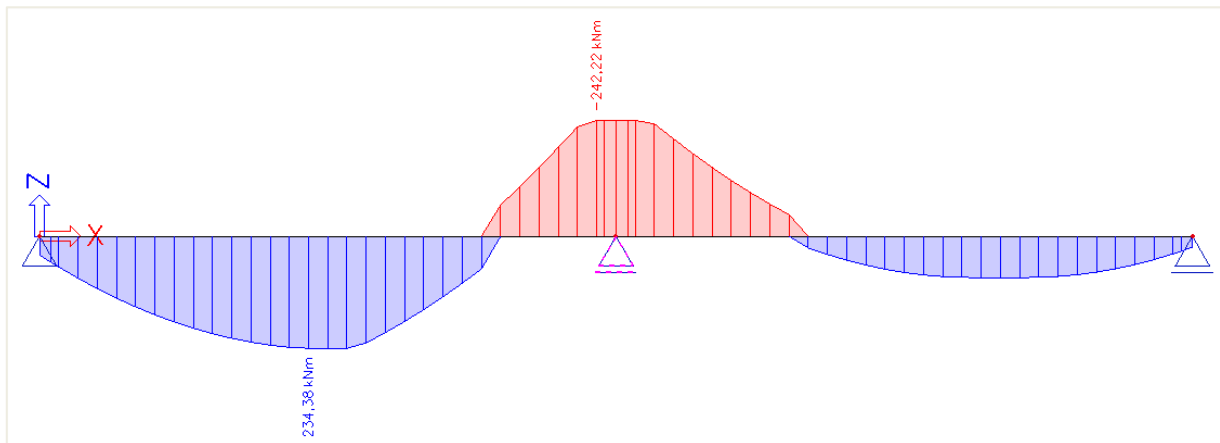
Původní ohybový moment M_y nad podporou je $254,16\text{kNm}$:



Přepočítaný moment jasně ukazuje posun momentové čáry:



Výsledný návrhový ohybový moment se zohledněním posunu čáry momentového obrazce a redukce ohybového momentu nad podporou je 242,22 kNm.



REDUKCE POSOUVAJÍCÍCH SIL (kapitola 6.2.1 (8))

U prvků namáhaných převážně rovnoměrným zatížením není třeba posuzovat návrhovou posouvající sílu do vzdálenosti 'd' od líce uložení. Požadovaná smyková výztuž má pokračovat až do podpory. Navíc se má ověřit, že posouvající síla v podpoře nepřestoupí hodnotu $V_{Rd,max}$.

Ve SCIA Engineer je tato redukce posouvajících sil zohledněna pouze tehdy, je-li aktivována v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení (platí globálně pro celou konstrukci) nebo v Datech prutu (platí pro vybraný prvek):

SCIA Engineer 21.1.4021.64

Nastavení pro betonové konstrukce

- Nastavení
- Nastavení kreslení pro výztuž
- Výchozí nastavení pro návrh výztuže

Nastavení pro betonové konstrukce

Pohledy: Komplettní nastavení

Popis	Symbol	Hodnota	Vých...	J...	Kapit...	Norma	Kon...	Typ p...
Výchozí nastavení návrhu								
Výztuž								
Minimální krytí								
Nastavení řešiče								
Obecné								
Vnitřní síly								
Redukce smykové síly nad podporami		<input checked="" type="checkbox"/>			6.2.1(8)	EN 1992...	Nosn...	Nastav...
Redukovat smykové síly		V líci (p...	V líci (...)		6.2.1(8)	EN 1992...	Nosn...	Nastav...
Redukce momentu nad podporami		V líci (podpory/sloupu)					osn...	Nastav...
Posun momentové křivky k pokrytí pří...		V líci (podpory/sloupu) + účinná výška nosníku					osn...	Nastav...
Geometrické imperfekce v MSU	$\epsilon_{i,ULS}$	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		5.2(2)	EN 1992...	Sloup	Nastav...
Geometrické imperfekce v MSP	$\epsilon_{i,SLS}$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		5.2(3)	EN 1992...	Sloup	Nastav...
Minimální excentricita	e_{min}	V excent...	V exce...		6.1(4)	EN 1992...	Sloup	Nastav...
Excentricita 1. řádu s ekvivalentním mo...		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		5.8.8.2(...)	EN 1992...	Sloup	Nastav...
Excentricita 2. řádu	e_2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		5.8.8	EN 1992...	Sloup	Nastav...
Modifikace vnitřních sil								
Návrh As								
Konverze na pruty								
Interakční diagram								
Smyk								

Poznámka

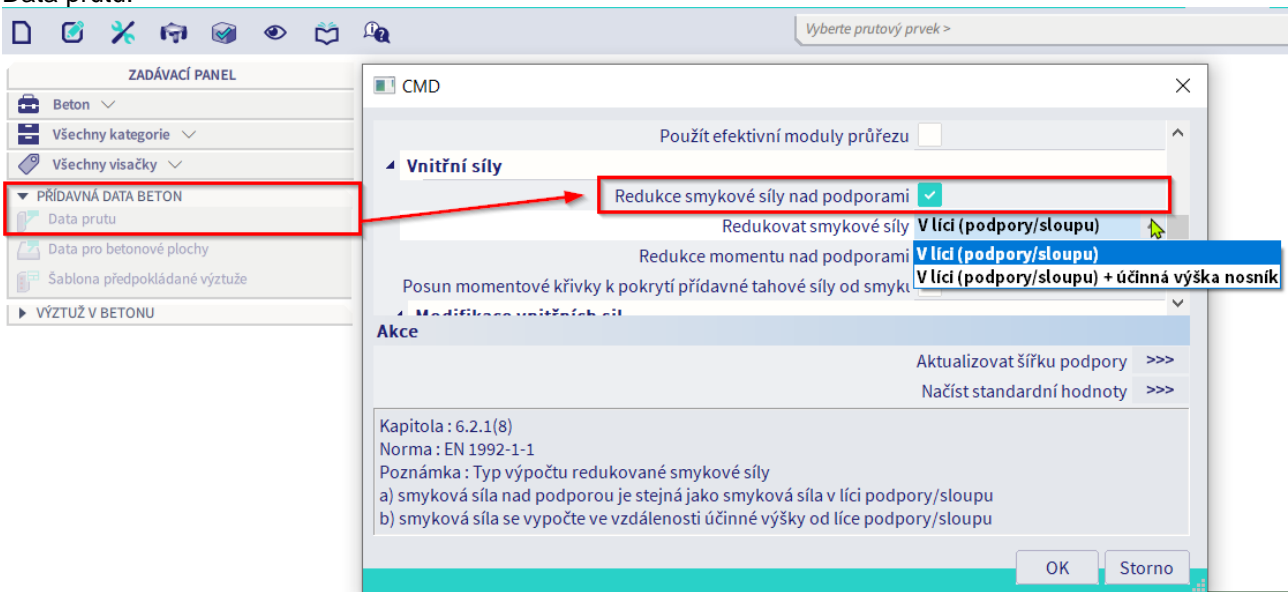
Výpočet redukované smykové síly

a) smyková síla nad podporou je stejná jako smyková síla v líci podpory/sloupu

b) smyková síla se vypočte ve vzdálenosti účinné výšky od líce podpory/sloupu

OK Storno

Data prutu:

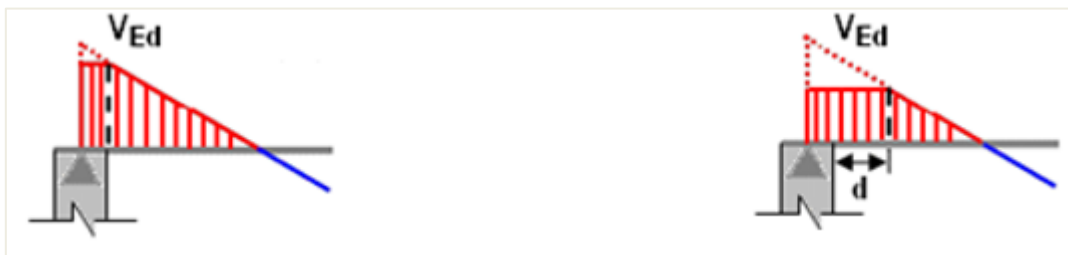


Je možné zvolit typ redukce smykových sil:

- V líci (podpory/sloupu)
- V líci (podpory/sloupu) + účinná výška nosníku

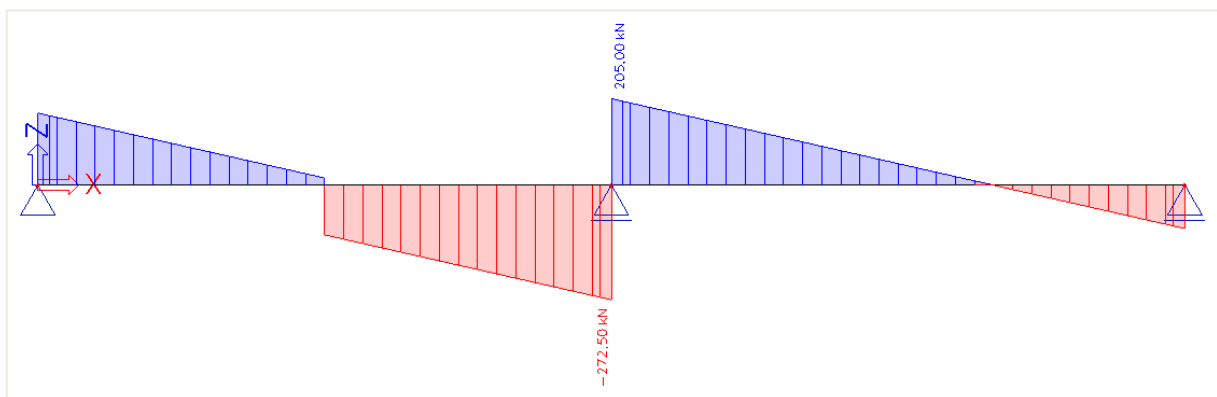
V líci (podpory/sloupu)

V líci (podpory/sloupu) + účinná výška nosníku (viz 6.2.1 (8))

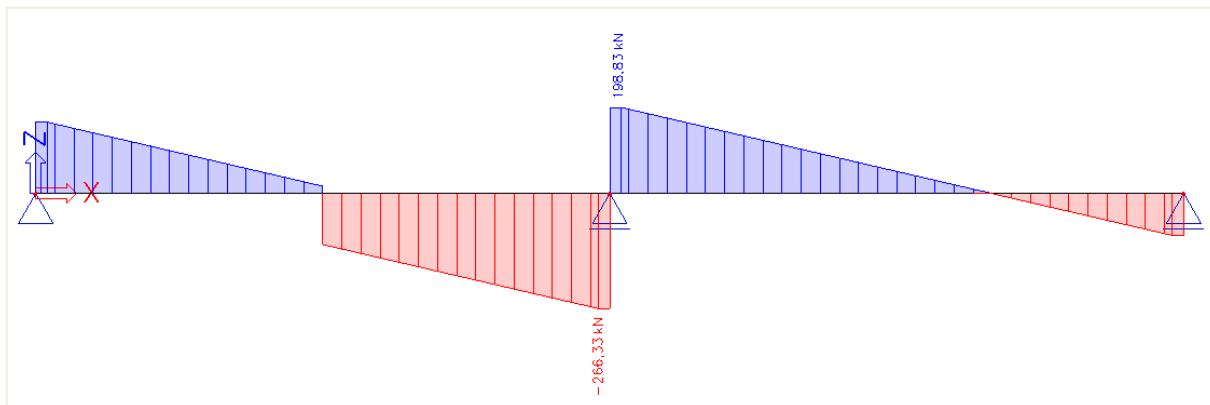


Také pro redukci posouvajících sil se bere v úvahu šířka podpory „t“, která je převzata z vlastností podpory nebo Data prutu. Redukce posouvajících sil nad podporami je znázorněno na příkladu níže. Tloušťka podpory v příkladu je 0,2 m.

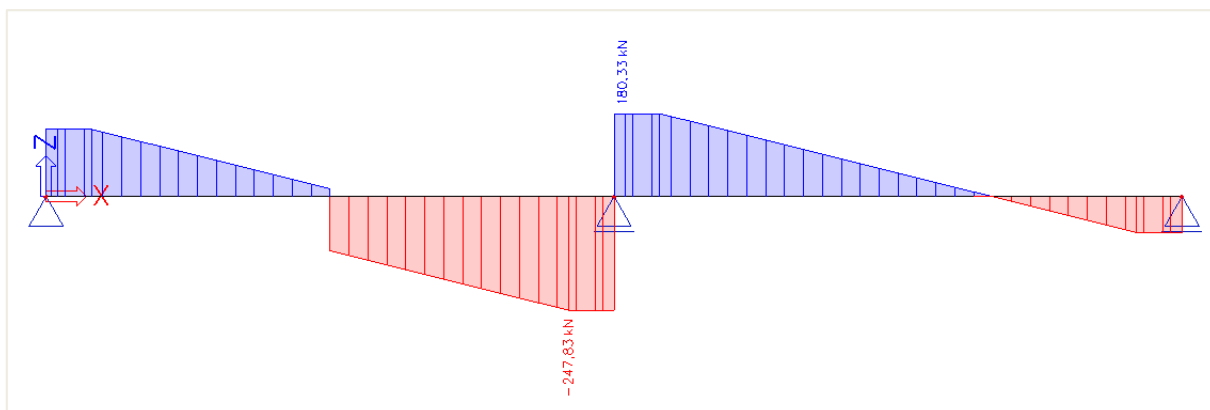
Obrázek znázurňující původní posouvající síly V_z :



Druhý obrázek znázorňující redukcí posouvající síly v líci podpory:



Třetí obrázek znázorňující redukcí posouvající síly v líci (podpory/sloupu) + účinná výška nosníku:



1.6.3. Teoretická výztuž

NASTAVENÍ

Teoretická výztuž je vypočtena z přepočtených vnitřních sil. Udává množství výztuže, které je nutné do konstrukce dodat, aby vyhověla na vnitřní síly MSÚ. Protože existuje několik pracovních postupů pro návrh betonových nosíkových prvků, není nutné provádět teoretický návrh výztuže. Zkušení uživatelé mohou přímo přejít na zadání uživatelské výztuže, aby provedli kontroly, ale tento teoretický návrh poskytuje dobrou představu o tom, jak by tato uživatelská výztuž měla vypadat. Existují dva typy teoretické výztuže:

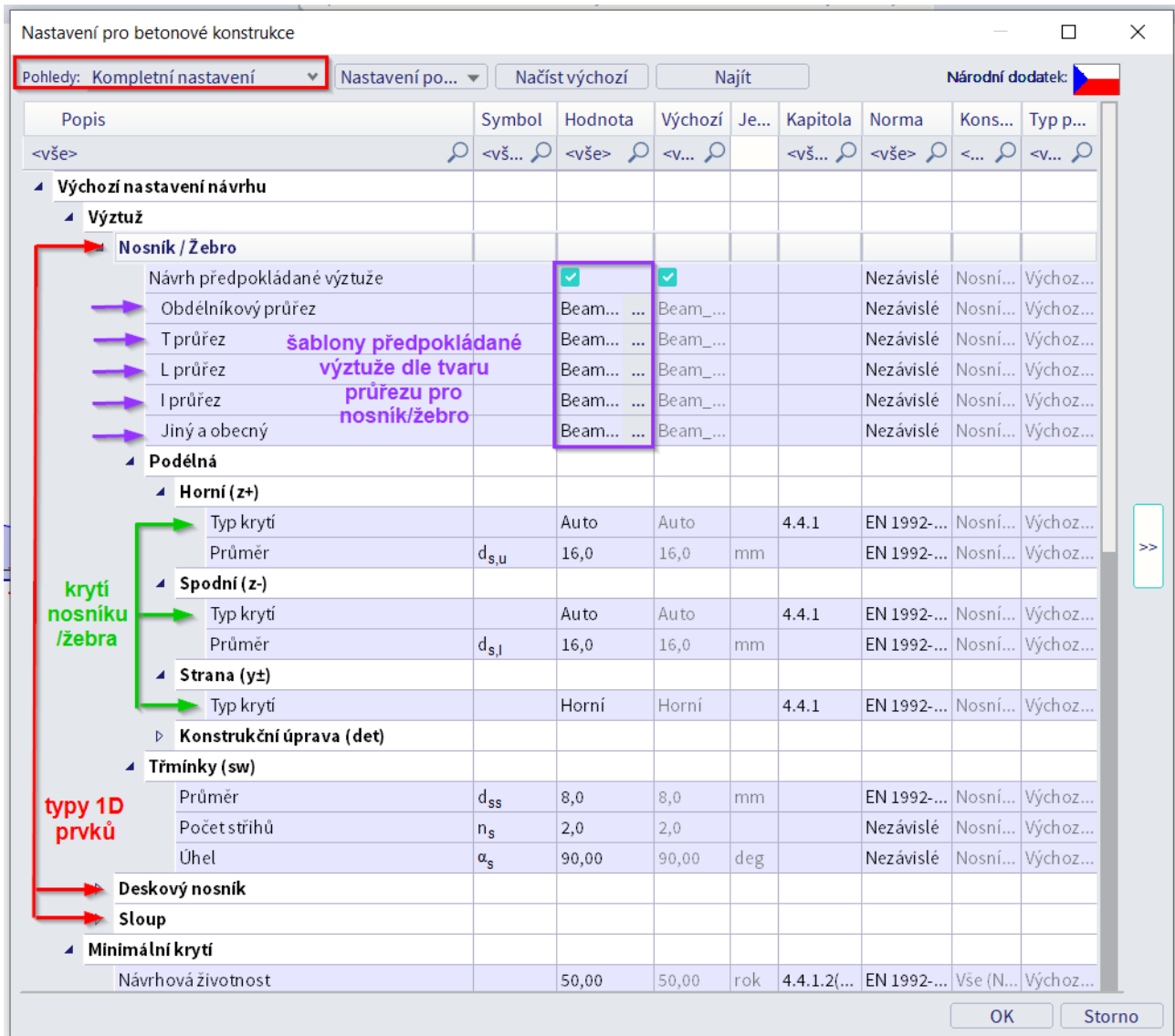
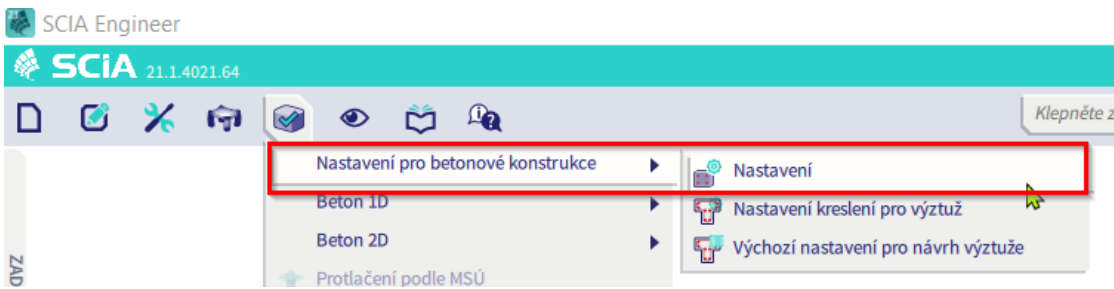
Nutná výztuž: Nutná výztuž je číselná hodnota plochy výztuže (mm^2), kterou je nutné do konstrukce dodat, aby pokryla vnitřní síly od působícího zatížení.

Předpokládaná výztuž: Předpokládaná výztuž je výztuž, která je uvažována ze šablony předpokládané výztuže. Každá šablona 1D prvku obsahuje základní a přídavnou výztuž.

Nastavení pro teoretickou výztuž je možné najít v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → v pohledu “Vychozí nastavení návrhu” K dispozici jsou šablony podélné výztuže a třmínků pro typy 1D prvků:

- nosník/žebro
- sloup
- deskový nosník

Šablony jsou rozděleny nejen dle Typu prvku, ale také dle tvaru průřezu daného prvku viz obrázek níže. Krycí vrstvu je možné nastavit v “Typu krytí” pro horní, spodní a boční stranu průřezu.



Pro různé typy průřezů je k dispozici několik různých šablon předpokládané výztuže pro podélnou výztuž a třmínky.

Účelem je porovnat plochu výztuže ze šablony s požadovanou (nutnou) plochou výztuže. V případě, že je plocha výztuže ze šablony (předpokládaná výztuž) větší než nutná plocha výztuže, tak je návrh vyhovující. Poté je možné zadat do daného prvku uživatelskou výztuž nebo výztuž nastavenou v šabloně automaticky zkonvergovat na uživatelskou výztuž.

✚ PRÁCE SE ŠABLONOU PŘEDPOKLÁDANÉ VÝZTUŽE

V případě automatického návrhu výztuže je vhodné použít šablony předpokládané výztuže.



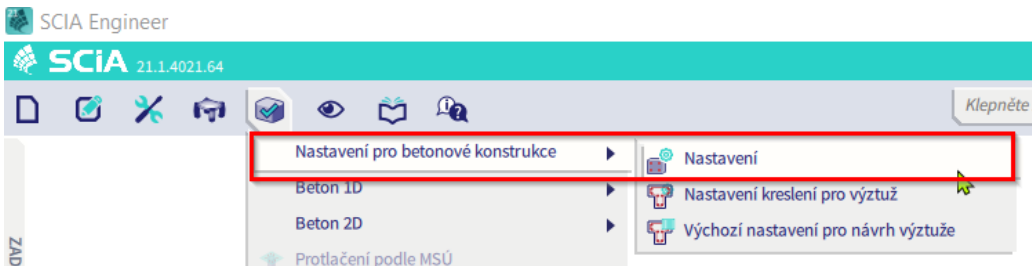
Výhody šablony:

- ✓ možný návrh výztuže na celé konstrukci najednou
- ✓ rychlost návrhu
- ✓ návrh podélné i smykové výztuže
- ✓ po návrhu je výztuž možné zkonvergovat na reálné pruty
- ✓ výztuž je možné použít do posudků (měly by vyhovovat)
- ✓ ekonomický návrh výztuže

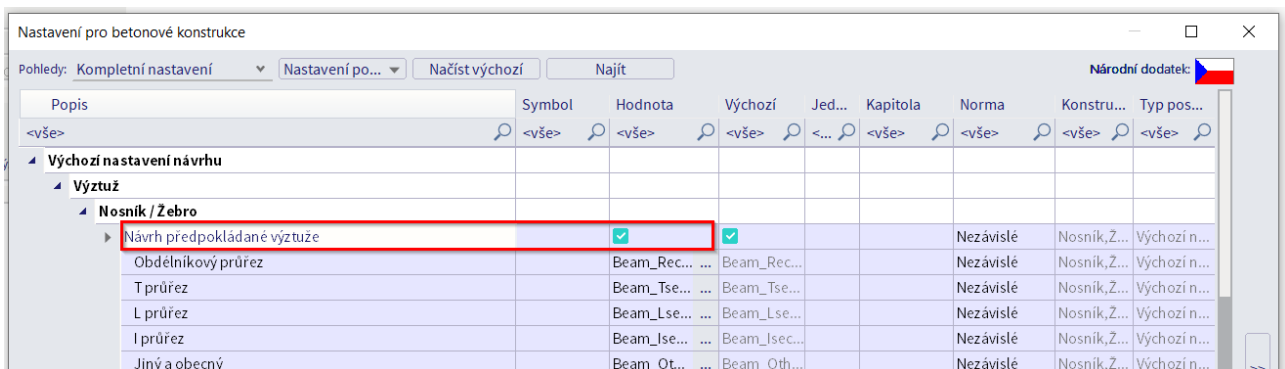
Nevýhody šablony:

- × nutnost naučit se pracovat se šablonou
- × pro 1D prvky není zatím možné provést automatický návrh výztuže zároveň na MSÚ + MSP (toto platí do verze SCIA Engineer 21.1 a nižší).

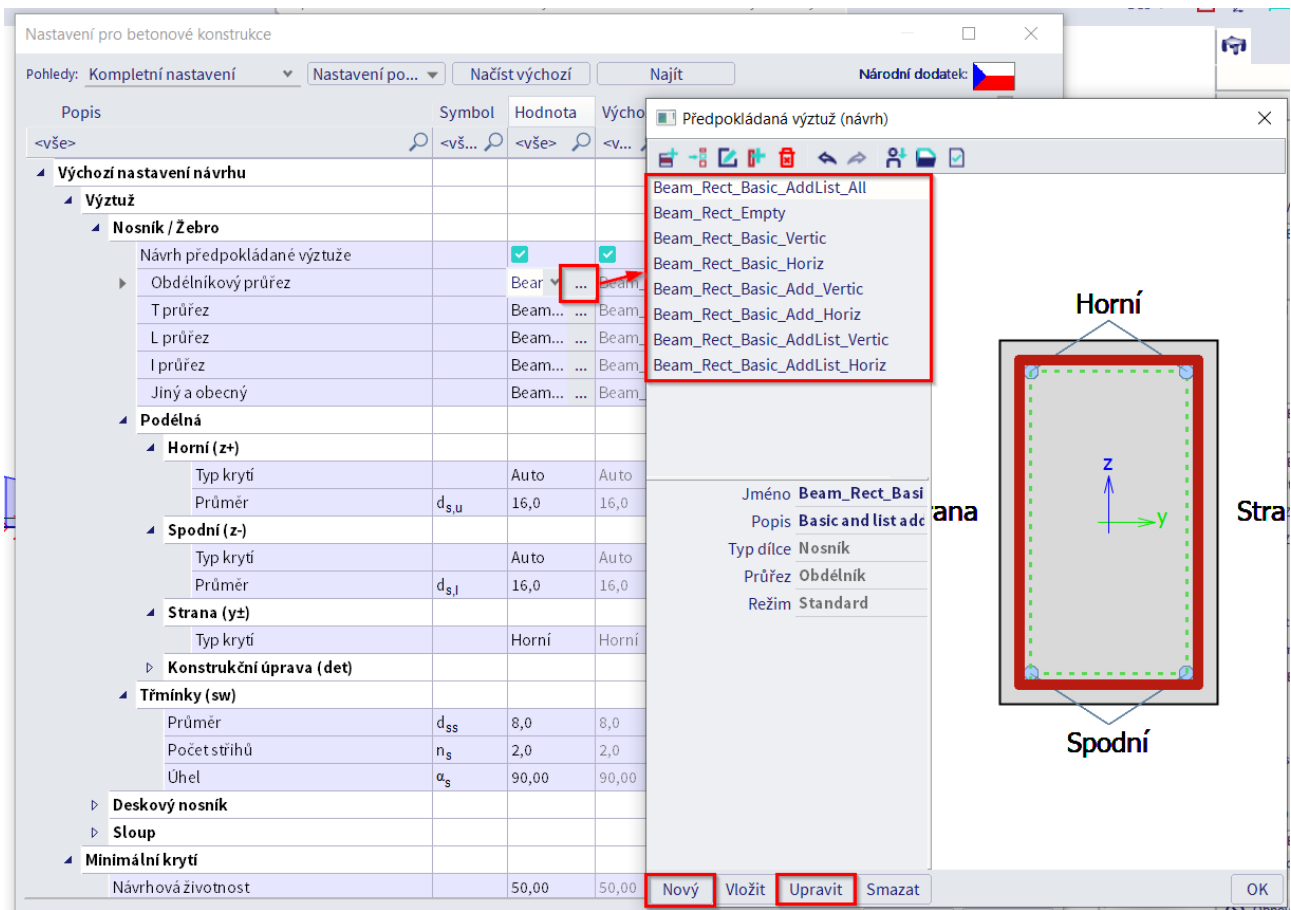
Šablonu předpokládané výztuže je možné zapnout v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení:



U Typu prvku (pro příklad je použit Nosník/Žebro) je nutné zatrhnout možnost “Návrh předpokládané výztuže” – tímto se aktivují šablony předpokládané výztuže.

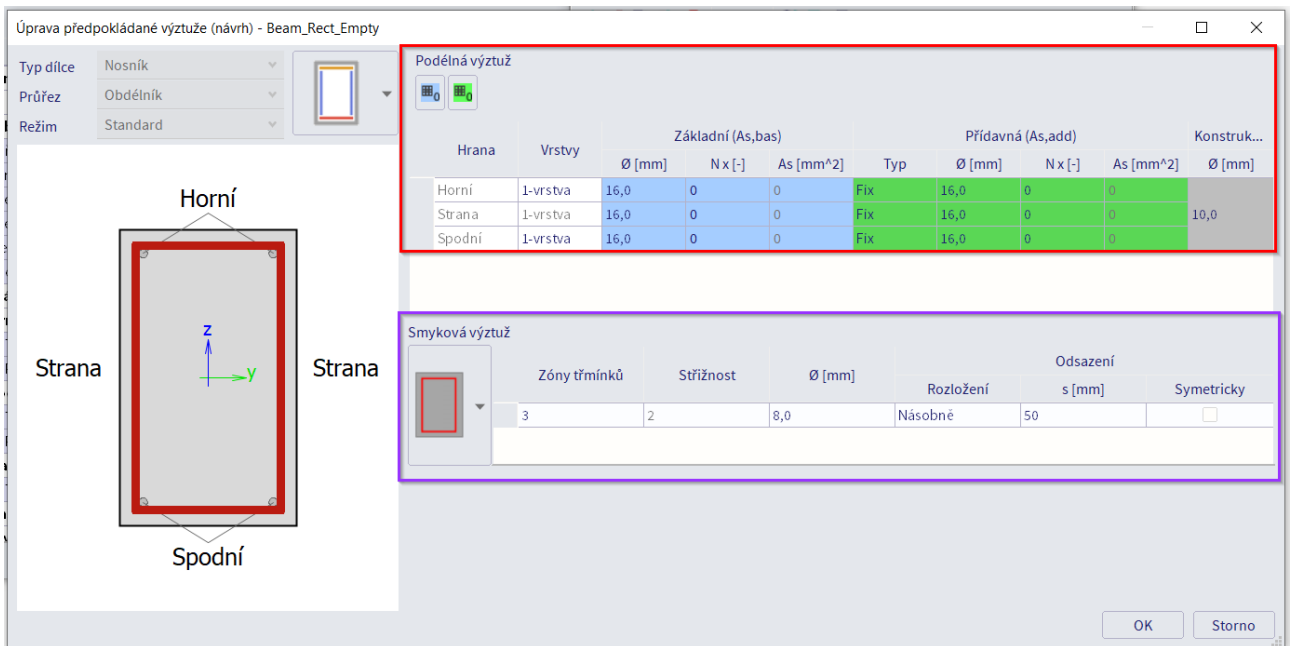


Po aktivaci se pod checkboxem objeví nové řádky nastavení = šablony výztuže dle typu průřezu prvku. Přes tři tečky je možné otevřít seznam předdefinovaných šablon (pro ukázkou je uvedena šablona pro obdélníkový průřez):



Tyto přednastavené šablony je možné upravit nebo vytvořit zcela nové. Pro otevření šablony stačí vybrat jakoukoliv předdefinovanou např. *Beam_Rect_Empty* a zmáčknout tlačítko "Upravit" ve spodní části dialogu.

Otevře se okno s nastavením šablony předpokládané výztuže. V horní části dialogu je nastavení pro podélnou výztuž a ve spodní části dialogu je nastavení pro smykovou výztuž.

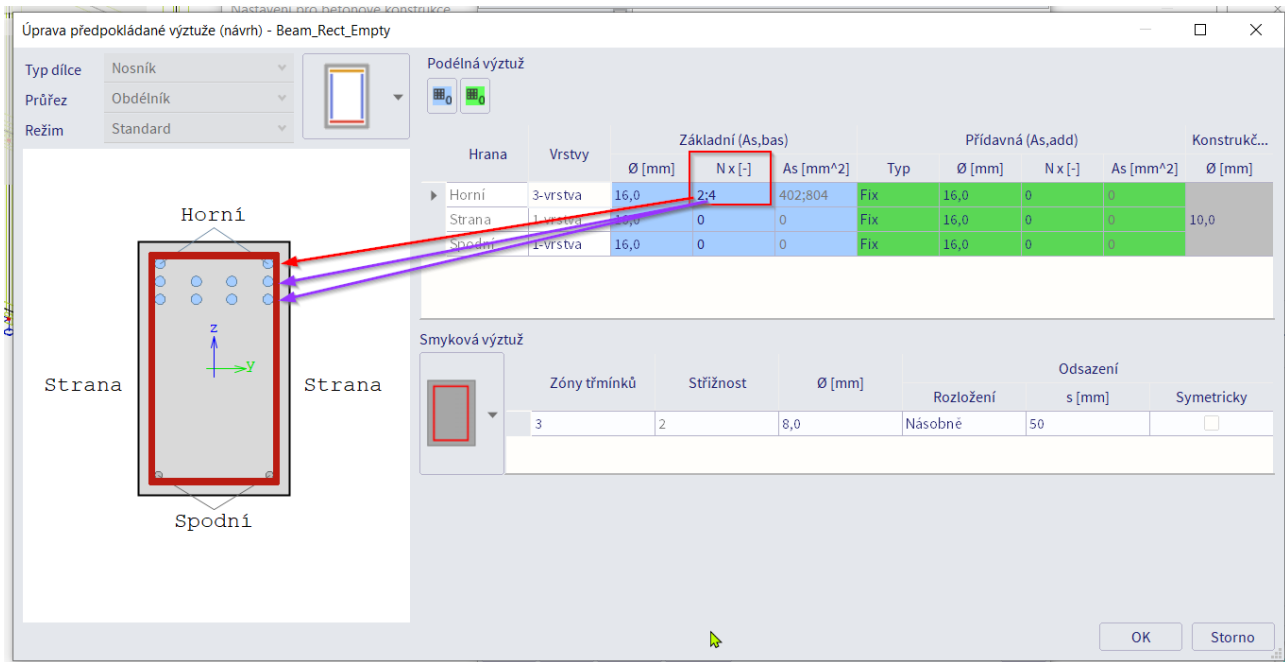


⇒ **Nastavení šablony - podélná výztuž**

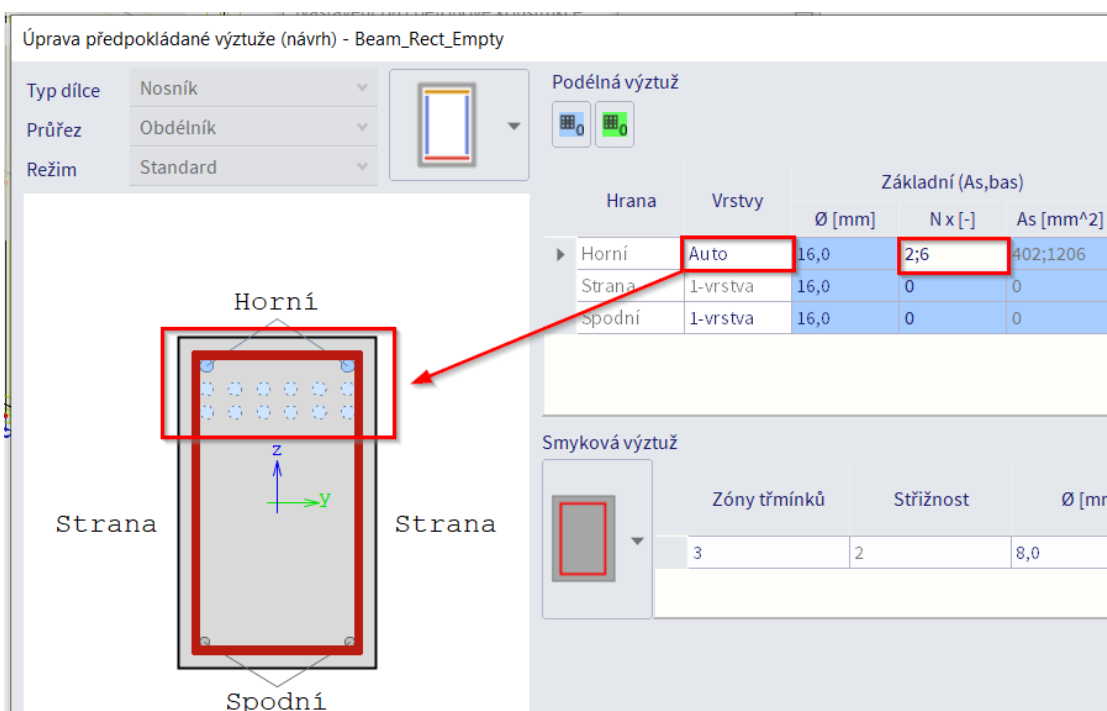
První sloupec "**Hrana**" rozlišuje tři typy hran, na které je možné zadat výztuž – horní, spodní a strana. Tyto hrany je možné vidět na obrázku v levé části dialogu.

Druhý sloupec "**Vrstvy**" umožňuje zadat výztuž ve vrstvách pro vybranou hranu (tato možnost je dostupná od verze SCIA 21). Toto nastavení umožňuje zadat výztuž do 1-5 vrstev. Pro příklad je zvolena možnost "3- vrstva", s nastavením dvou či více vrstev se objeví u základní výztuže (As,bas) ve sloupci Nx [-] dvě hodnoty oddělené středníkem 0;0.

První hodnota značí počet vložek výztuže v první vrstvě zvolené hrany (na obrázku je zvolena horní hrana). Druhá hodnota značí počet vložek ve všech zbývajících vrstvách tj. ve vrstvě 2 a 3. Toto nastavení se automaticky překresluje do obrázku v levé části dialogu:



Možnost "Auto" znamená, že program sám určí, kolik vrstev výztuže je do průřezu nutné dodat, aby přenesl zadané zatížení. Při této volbě je nutné nastavit počet průměrů základní výztuže (As,bas) ve čtvrtém sloupci Nx [-].

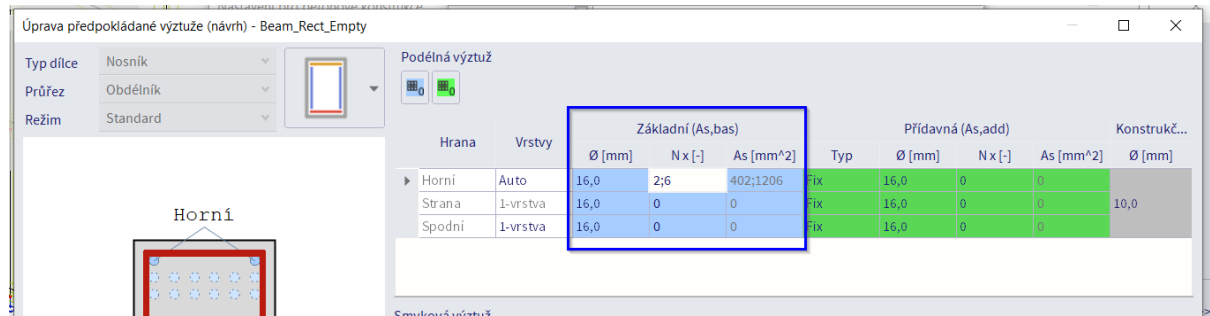


U podélné výztuže je možné nastavit tři různé typy výztuže:

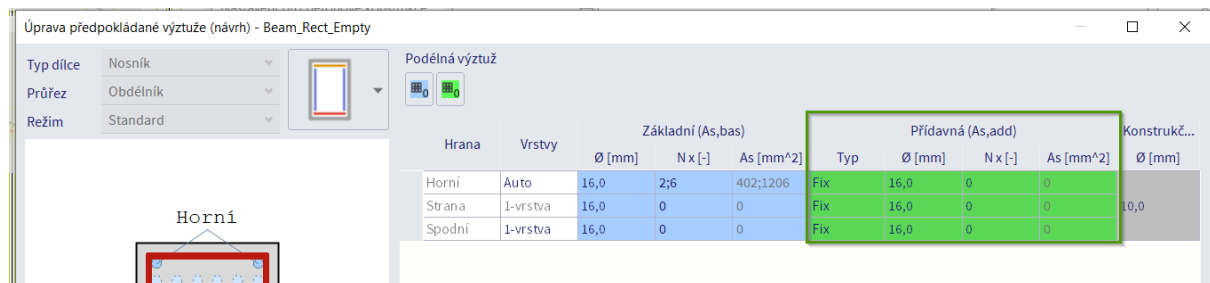
1. Základní výztuž As,bas (podbarvena modře) - je přítomna po celé délce nosníku.

Nastavení:

- \varnothing [mm] ... průměr vložky dané hrany
- Nx [-] ... počet vložek dané hrany
- As [mm²] ... plocha výztuže spočítaná na základě výše zadaných parametrů

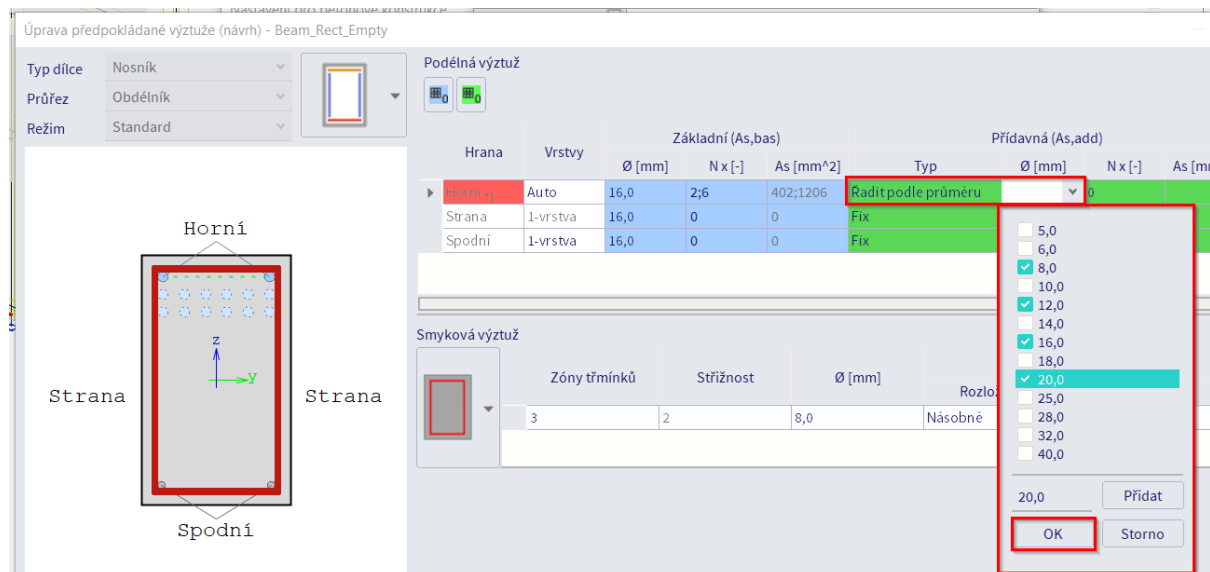


2. Přídavná výztuž As,add (podbarvena zeleně) - je doplněna pouze do oblastí, kde základní výztuž nestačí odolat (přečítaným) vnitřním silám.

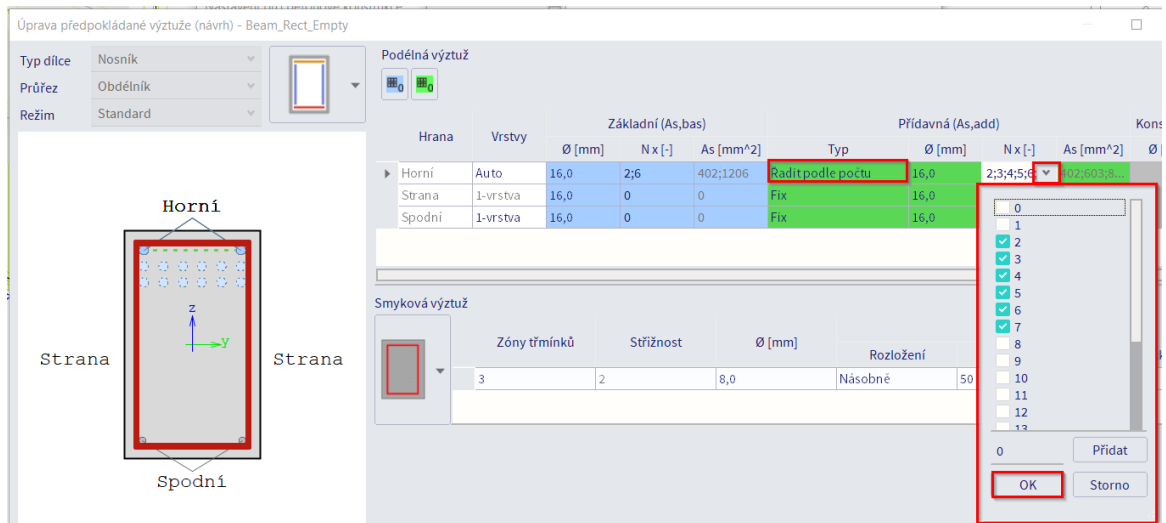


Nastavení:

- Typ – 3 možnosti:
 - **Fix** – nastavení průměru ' \varnothing ' a počtu vložek výztuže 'Nx' je pevné
 - **Řadit podle průměru** – nastavení počtu vložek 'Nx' je pevné a je možné zvolit seznam průměrů, ze kterého bude vybrán ten nejvhodnější, aby byl návrh vyhovující. SCIA Engineer používá nejmenší množství nezbytných přídavných prutů nebo umísťuje maximum, pokud tato šablona stále nestačí odolat (přečítaným) vnitřním silám.



- **Řadit podle počtu** – nastavení průměru vložky 'Ø' je pevné a je možné vybrat seznam různých počtů těchto vložek 'Nx', ze kterého bude vybrán ten nejvhodnější počet průměrů, aby byl návrh vyhovující.



- Ø [mm] ... průměr vložky dané hrany
- Nx [-] ... počet vložek dané hrany
- As [mm²] ... plocha výztuže spočítaná na základě výše zadaných parametrů

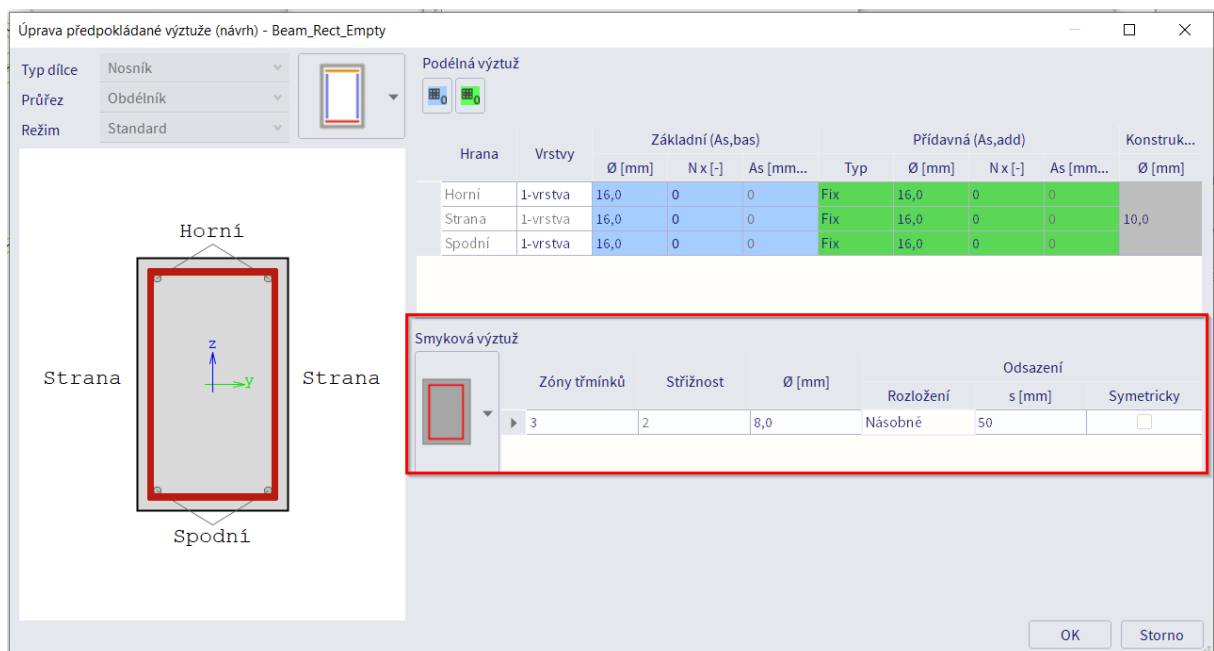
3. Konstrukční výztuž As, det (podbarvena šedě) - je výztuž, která staticky není vyžadována, ale která musí být přidána do průřezu, aby byly splněny konstrukční zásady.

Nastavení:

- Ø [mm] ... průměr konstrukční výztuže

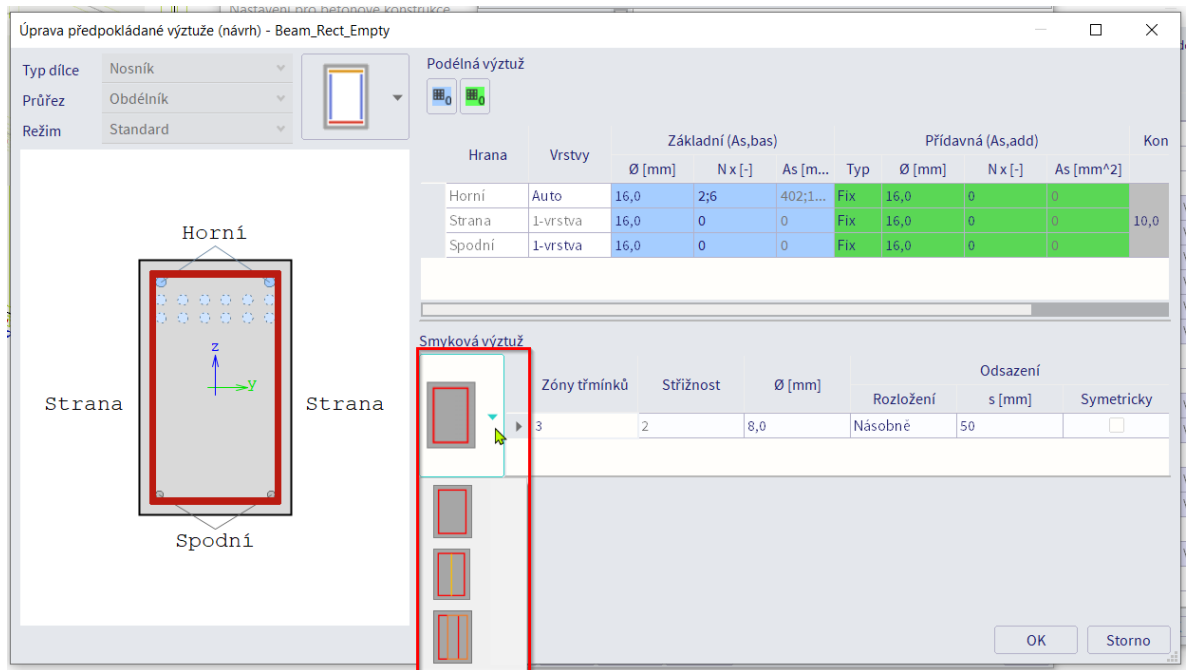
⇒ **Nastavení šablony – smyková výztuž**

Nastavení smykové výztuže se nachází ve spodní části dialogu šablony předpokládané výztuže:

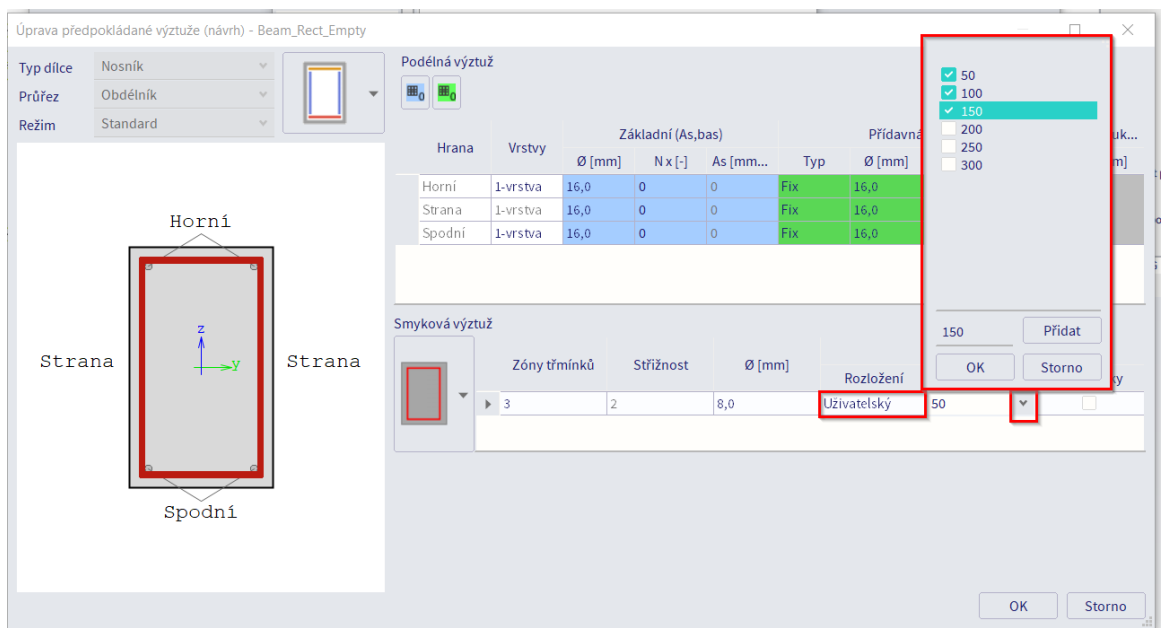


U smykové výztuže lze nastavit:

- o Tvar třmínku (počet stříhů):



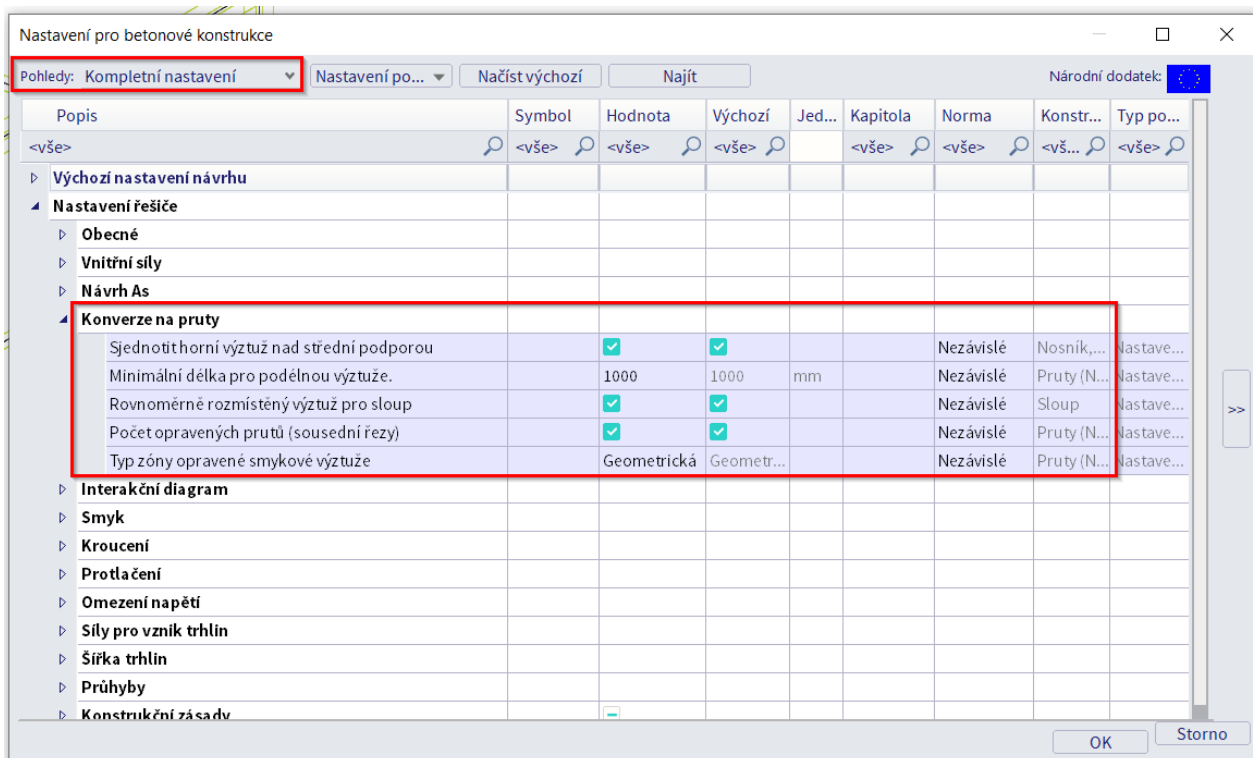
- o Zóny třmínků -
- o Ø [mm] ... průměr třmínku
- o Rozložení:
 - **Násobně** – vzdálenost mezi třmínky bude násobkem nastavené hodnoty ve sloupci Odsazení.
 - **Uživatelský** – je možné definovat konkrétní vzdálenosti třmínků, které lze použít. SCIA Engineer automaticky vybere vzdálenost v závislosti na této šabloně a obecném Nastavení pro betonové konstrukce → ve Výchozích nastaveních návrhu.



- o Odsazení - možnost Symetrické umožňuje uživateli definovat, zda zóny v každém poli budou symetrické nebo ne.

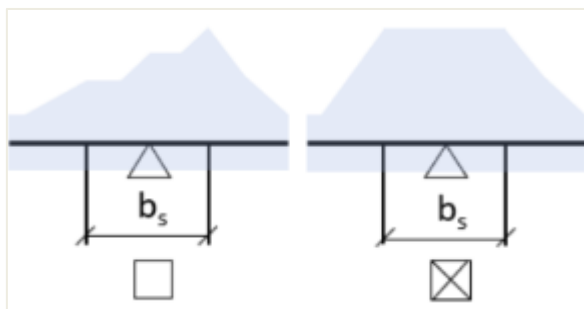
NASTAVENÍ PRO KONVERZI NA PRUTY

Nastavení pro konverzi na skutečné pruty je možné najít v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → v pohledu “Kompletní nastavení” → Nastavení řešiče → Konverze na pruty. K dispozici jsou tyto možnosti:



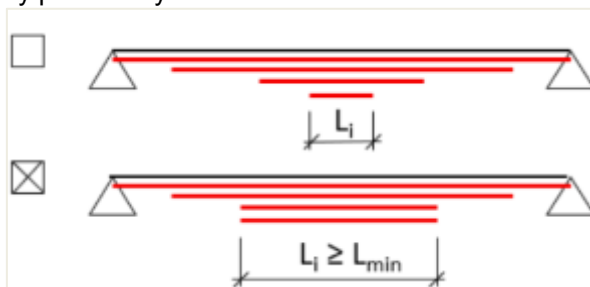
⇒ Sjednotit horní výztuž nad střední podporou

Zohlední se maximální počet prutů výztuže z levé a pravé strany podpory. Počet prutů výztuže se mění pouze v řezu uvnitř podpory (b_s).



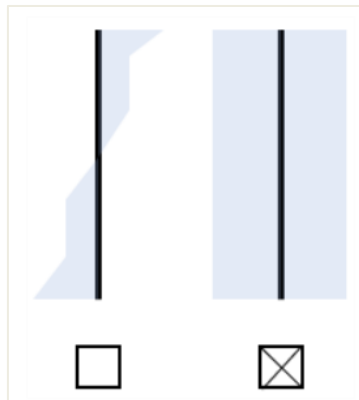
⇒ Minimální délka pro podélnou výztuž

Nastavení minimální délky podélné výztuže.



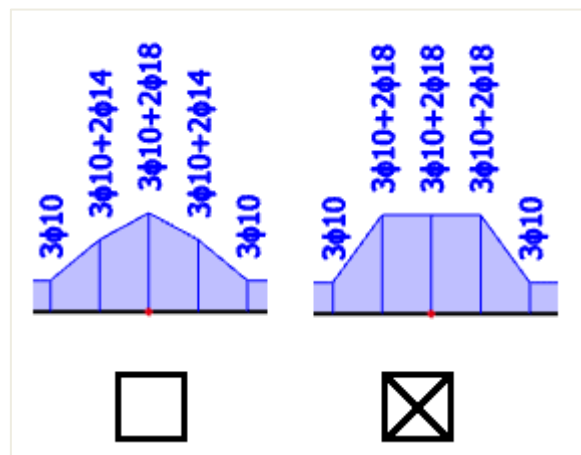
⇒ **Rovnoměrné rozmístění výztuže pro sloup**

Rovnoměrné rozmístění výztuže po celé délce sloupu, s maximální plochou od okrajů 'y' a 'z' ve všech zohledněných řezech.



⇒ **Počet opravených prutů (sousední řezy)**

Přídavná výztuž se v každém řezu otestuje na počet prutů a průměr v sousedních řezech a zda ji lze rozložit do třmínků mezi základní pruty výztuže. Počet prutů a průměr přídavné výztuže je pak vložen tak, aby byly splněny podmínky. Důvodem pro korekci počtu prutů přídavné předpokládané výztuže je mít logické a symetrické rozložení výztuže podél celého nosníku.

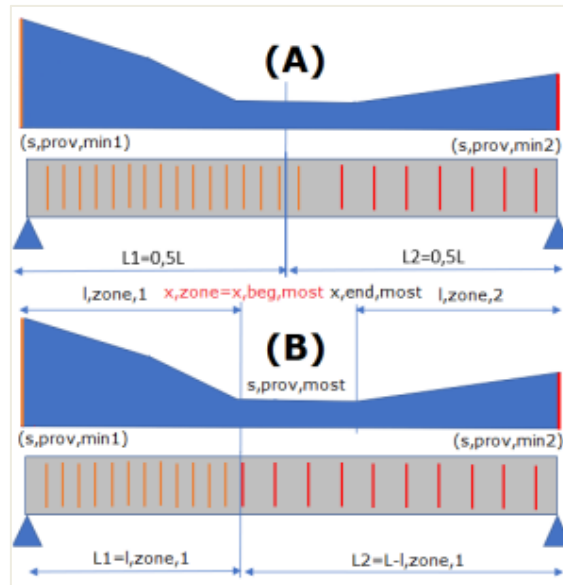


⇒ **Typ zóny opravené smykové výztuže**

Žádná – Zóny smykové výztuže nejsou vytvořeny. Konverze předpokládané výztuže na skutečné pruty není možná.

- (A) **Geometrická** – dílec je v každém poli geometricky rozdělen na zóny stejné délky. Počet zón lze definovat v šabloně předpokládané výztuže.
- (B) **Odsazení** – dílec je v každém poli rozdělen na zóny podle nejčastější rozteče (vzdálenosti) mezi pruty.

Konverze na pruty								
Sjednotit horní výztuž nad střední podporou		✓	✓			Nezávislé	Nosník,...	Nastave...
Minimální délka pro podélnou výztuž.		1000	1000	mm		Nezávislé	Pruty (N...	Nastave...
Rovnoměrně rozmístěný výztuž pro sloup		✓	✓			Nezávislé	Sloup	Nastave...
Počet opravených prutů (sousední řezy)		✓	✓			Nezávislé	Pruty (N...	Nastave...
▶ Typ zóny opravené smykové výztuže						Nezávislé	Pruty (N...	Nastave...
▶ Interakční diagram								
▶ Smyk								
▶ Kroucení								



✚ VÝPOČET PODÉLNÉ VÝZTUŽE A_s

Výpočet podélné výztuže je založen na přepočítaném ohybovém momentu $M_{y,recalc}$ zmíněném v předchozí kapitole.

Jediné, co zbývá nastavit v nastavení betonu, je třída materiálu a výchozí průměr výztuže:

- materiál betonářské výztuže je nastaven pro příklad jako B 500A. Tento materiál je možné změnit v Datech o projektu nebo pomocí Dat prutu (1D).

Data o projektu:

Data o projektu
✕

Základní data
Funkcionalita
Akce
Sada jednotek
Ochrana

DATA

Jméno: -

Část: -

Popis: -

Autor: Kateřina Štichová

Datum: 25. 07. 2022

Konstrukce: Rám XZ

Prostředí pro vyhodnocení: výchozí

Model: Jeden

[Info o 64-bitové verzi](#)

MATERIÁL

Beton

Materiál C25/30 ▼ ...

Materiál výztuže B 500A ▼ ...

Ocel

Zdivo

Hliník

Dřevo

Vláknobeton

Ostatní

NORMA

Národní norma:

EC - EN ▼ ...

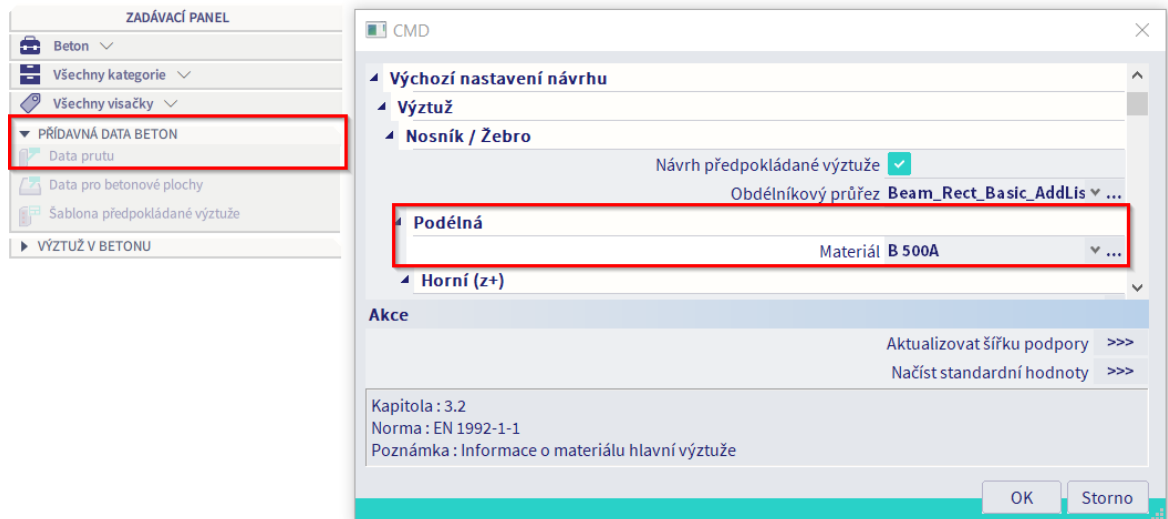
Národní dodatek:

Česká CSN-EN NA ▼ ...

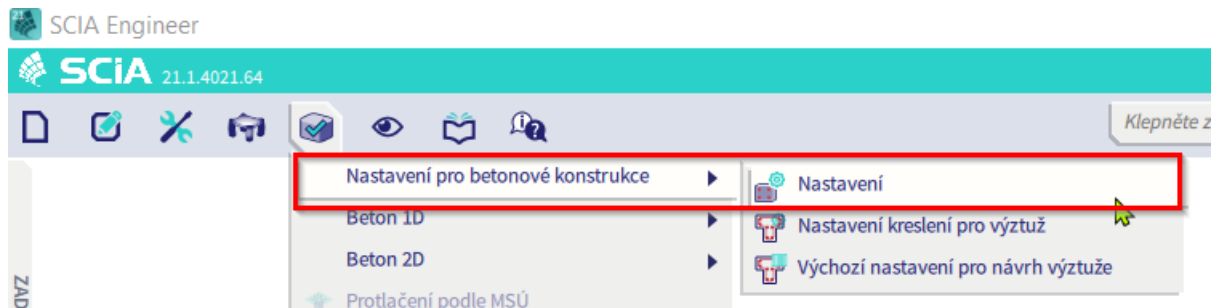
'Tlustostěnné' betonové průřezv: pokročilá 2D MKP metoda ie vvbnutá!

OK
Cancel

Data prutu:



- výchozí průměr výztuže je 16mm. Tento průměr je převzat z Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → Výchozí nastavení návrhu → Výztuž → typ prvku v příkladu je Nosník:

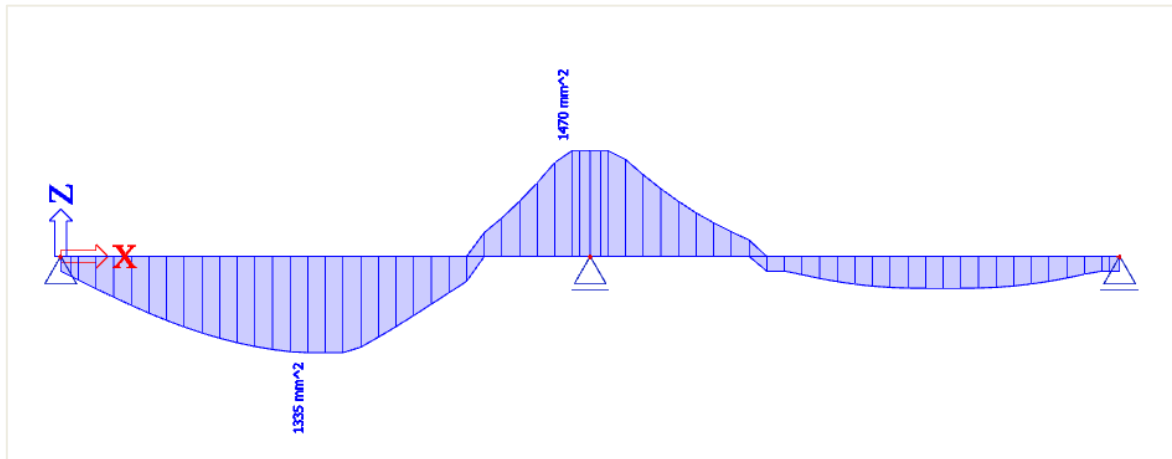


Výchozí průměr výztuže je uvažován s nastavení viz obrázek níže, a to i v případě, že je aktivována šablona předpokládané výztuže. Ve verzi SCI Engineer 20 a nižších byl výchozí průměr uvažován jako největší průměr z šablony předpokládané výztuže, pokud byla aktivována. Od verze 21 už tento předpoklad neplatí a výchozí průměr je vždy uvažován z nastavení níže:

Popis	Symbol	Hodnota	Výchozí	Jed...	Kapitola	Norma	Konstr...	Typ po...
Výchozí nastavení návrhu								
Výztuž								
Nosník / Žebro								
Návrh předpokládané výztuže			<input checked="" type="checkbox"/>				Nezávislé	Nosník...
Obdélníkový průřez		Beam_R...	Beam_R...				Nezávislé	Nosník...
T průřez		Beam_T...	Beam_Ts...				Nezávislé	Nosník...
L průřez		Beam_L...	Beam_Ls...				Nezávislé	Nosník...
I průřez		Beam_I...	Beam_Is...				Nezávislé	Nosník...
Jiný a obecný		Beam_...	Beam_O...				Nezávislé	Nosník...
Podélná								
Horní (z+)								
Typ krytí		Auto	Auto		4.4.1	EN 1992-1-1	Nosník...	Výchozí ...
Průměr	$d_{s,u}$	16,0	16,0	mm		EN 1992-1-1	Nosník...	Výchozí ...
Spodní (z-)								
Typ krytí		Auto	Auto		4.4.1	EN 1992-1-1	Nosník...	Výchozí ...
Průměr	$d_{s,l}$	16,0	16,0	mm		EN 1992-1-1	Nosník...	Výchozí ...
Strana (yz)								
Typ krytí		Horní	Horní		4.4.1	EN 1992-1-1	Nosník...	Výchozí ...
Konstrukční úprava (det)								
Trminky (sw)								
Průměr	d_{ss}	8,0	8,0	mm		EN 1992-1-1	Nosník...	Výchozí ...

Předpoklad uvažování výchozího průměru výztuže je zmíněn ve webinaru "[CZ] Návrh betonových konstrukcí ve SCIA Engineer 21 – část 1" – [zde](#).

S nastaveními viz výše získáme následující výsledky – plochu podélné výztuže.



Na následujícím obrázku můžete vidět stručný výstup v náhledu reportu:

Longitudinal required reinforcement												
Name	dx [m]	Case	Member	A _{sz_req+}	A _{sz_req-}	A _{sy_req+}	A _{sy_req-}	A _{sz_req}	A _{sy_req}	A _{s_req}	ReinfReq	
				[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]		[mm ²]
S1	2,333-	ULS	Beam	0	1335	0	0	1335	0	1335	[z-]7φ16	
				0	1407	0	0	1407	0	1407		
S1	4,833-	ULS	Beam	1470	0	0	0	1470	0	1470	[z+]8φ16	
				1608	0	0	0	1608	0	1608		

Můžete také zobrazit standardní nebo detailní výstup, kde najdete další informace o určitých parametrech použitých při výpočtu, například:

d...účinná výška průřezu

$$d = h - \text{krytí} - \Phi_{\text{třmínku}} - \Phi_{\text{podélné výztuže}} / 2 = 500 - 35 - 8 - 16/2 = 449 \text{ mm}$$

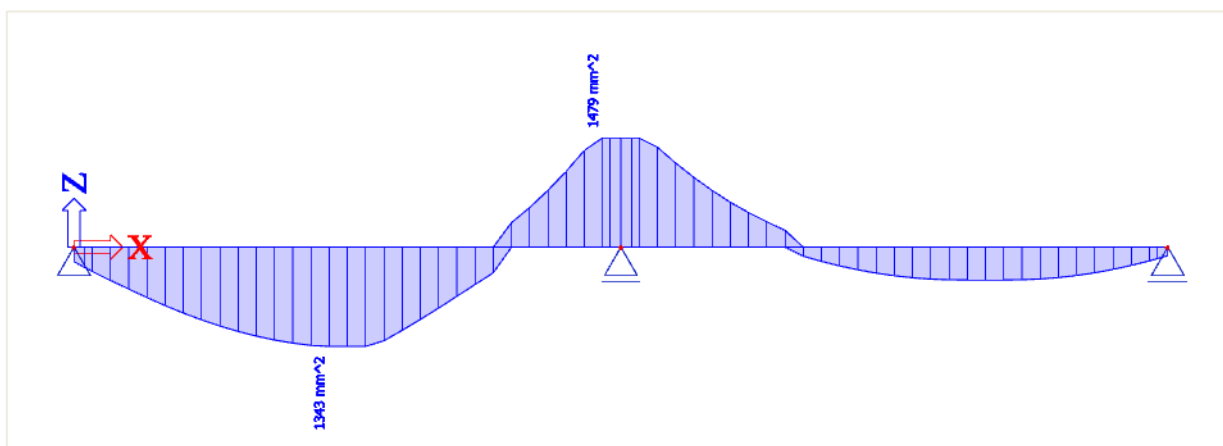
(krytí je definováno třídou prostředí XC3, vychází 35 mm)

Nosník je namáhán pouze ohybovým momentem M_{yd} . síly N_d a T_d jsou nulové.

$A_{sy_req} = 0$ protože nosník není namáhán kroucením.

Konstrukční zásady jsou deaktivovány, jinak by nemohla být navržena výztuž $\phi = 16\text{mm}$, protože by nebyly splněny konstrukční zásady (příliš malá vzdálenost prutů výztuže).

Pokud je výchozí průměr výztuže nastaven na 20mm, získáme následující výsledky:



Longitudinal required reinforcement												
Name	dx [m]	Case	Member	A _{sz_req+} [mm ²] A _{sz_req_bar+} [mm ²]	A _{sz_req-} [mm ²] A _{sz_req_bar-} [mm ²]	A _{sy_req+} [mm ²] A _{sy_req_bar+} [mm ²]	A _{sy_req-} [mm ²] A _{sy_req_bar-} [mm ²]	A _{sz_req} [mm ²] A _{sz_req_bar} [mm ²]	A _{sy_req} [mm ²] A _{sy_req_bar} [mm ²]	A _{s_req} [mm ²] A _{s_req_bar} [mm ²]	ReinfReq	
S1	2,333-	ULS	Beam	0 0	1343 1571	0 0	0 0	1343 1571	0 0	1343 1571	[z-]5φ20	
S1	4,833-	ULS	Beam	1479 1571	0 0	0 0	0 0	1479 1571	0 0	1479 1571	[z+]5φ20	

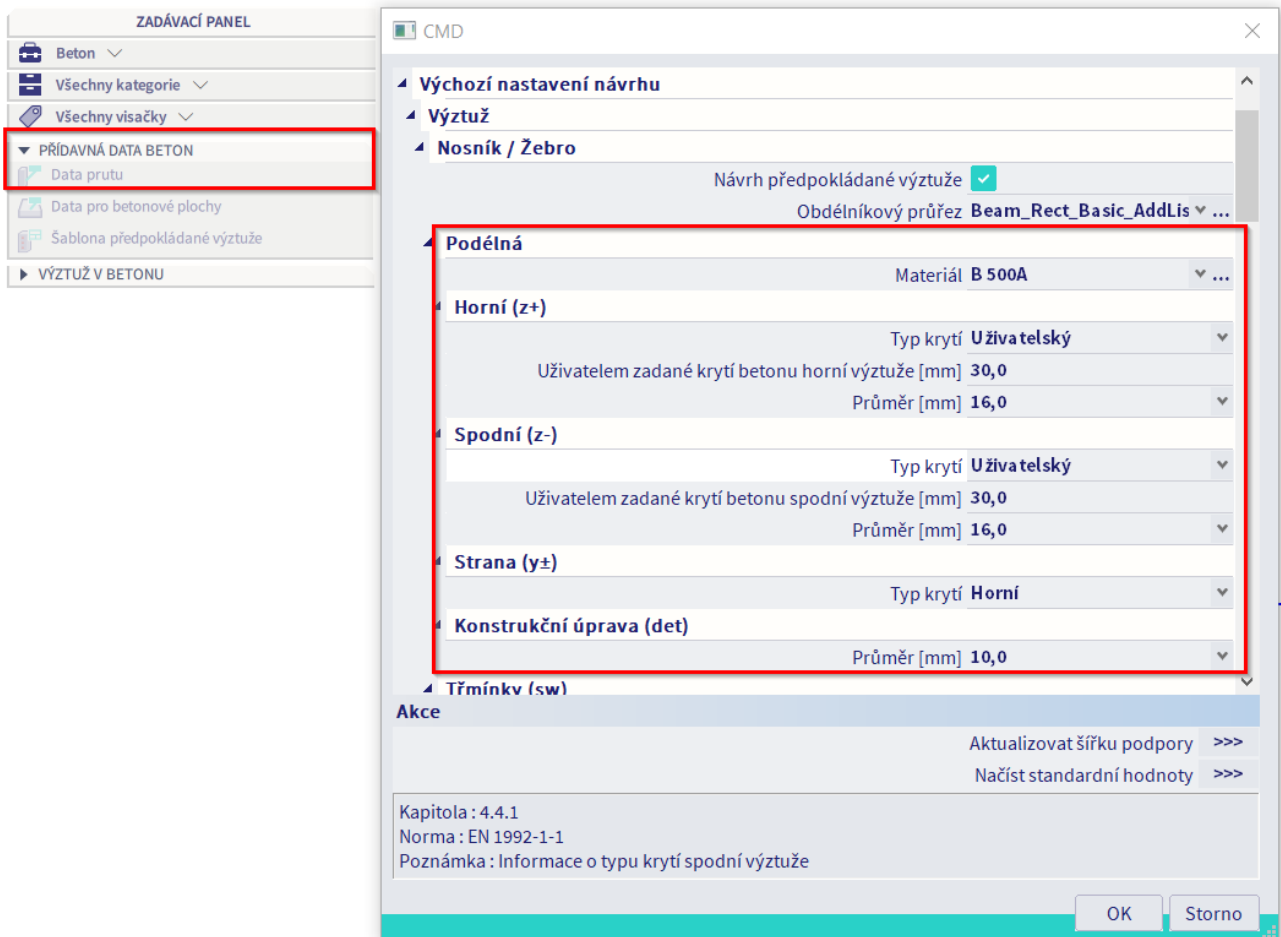
Pokud se na tyto výsledky podíváte blíže, můžete vidět, že se hodnota plochy nutné výztuže A_{s,req} změnila.

Je to způsobeno tím, že se účinná výška průřezu 'd' zmenšila:

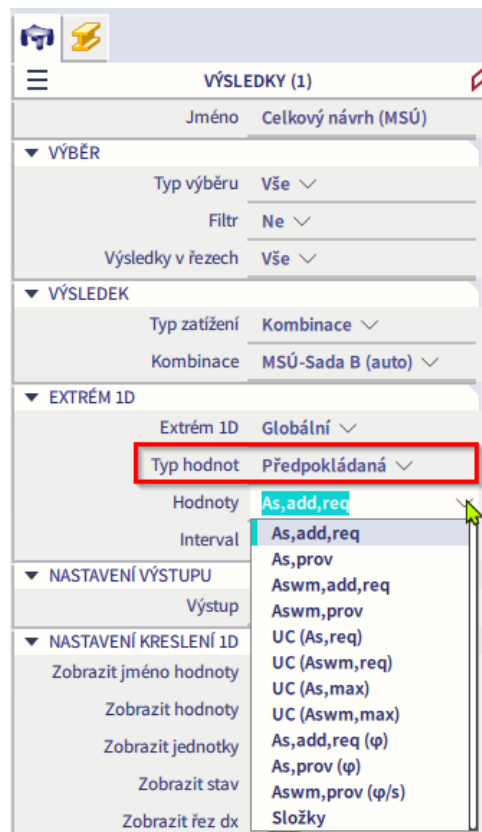
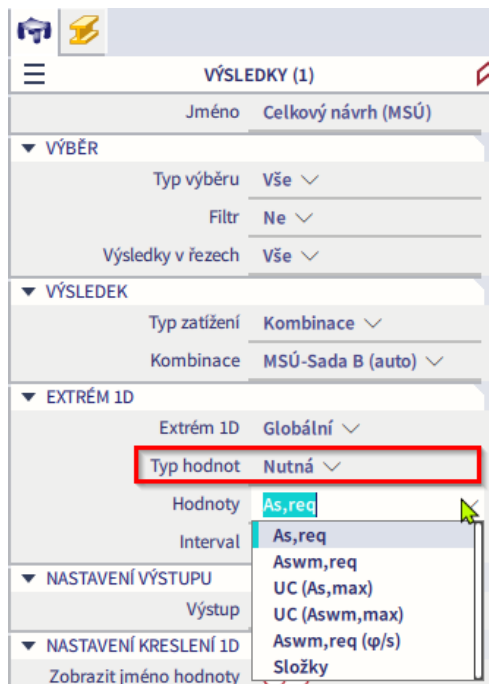
$$d = h - \text{krytí} - \Phi_{\text{třmínek}} - \Phi_{\text{podélná výztuž}} / 2 = 500 - 35 - 8 - 20/2 = 447 \text{ mm}$$

Je zřejmé, že výchozí průměr výztuže má také mírný vliv na množství požadované výztuže, protože se změnila velikost ramene vnitřních sil.

Poznámka: Pro změnu výchozího průměru výztuže je možné použít také Data prutu, která mají vyšší prioritu než dialog Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení. Data prutu tedy přepisují nastavení, která jsou v dialogu Nastavení pro betonové konstrukce.



Kromě nutné plochy výztuže lze zobrazit také jednotný posudek UC (Unity Check) pro kontrolu maximálního stupně vyztužení a nutnou výztuže, zobrazenou jako počet průměrů A_{s,req} (φ).



Předpokládaná plocha výztuže $A_{s,prov}$ je plocha výztuže [mm²] uvažovaná ze šablony předpokládané výztuže. $A_{s,add, req} = A_{s,req} - A_{s,prov}$, je přídavná (additional) plocha výztuže, kterou bychom měli do šablony dodat, aby byly pokryty přepočítané vnitřní síly. Pokud platí podmínka, že $A_{s,prov} > A_{s,req}$, potom $A_{s,add,req} = 0$.

Jednotkové posudky (UC) jsou dostupné také pro předpokládanou výztuž.

✚ VÝPOČET SMYKOVÉ VÝZTUŽE A_{swm}

Shear reinforcement						
Name	dx [m]	Case	Member	A_{swm_req} [mm ² /m]	A_{swm_prov} [mm ² /m]	ShearReinf
S1	7,333-	ULS	Beam	298	309	ϕ8/325mm, (ns=2)
S1	4,900	ULS	Beam	1315	1340	ϕ8/75mm, (ns=2)

- V_{Ed} = návrhová smyková síla od zatížení
- $V_{Rd,c}$ = návrhová smyková únosnost dílce bez smykové výztuže
- $V_{Rd,s}$ = návrhová hodnota smykové síly přenesené smykovou výztuží (
- $V_{Rd,max}$ = návrhová hodnota maximální smykové síly, kterou přenesou dílce bez drcení náhradní diagonály

Obecně se rozlišují tři případy:

- $V_{Ed} > V_{Rd,max}$ drcení betonové diagonály
- $V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$ smyková síla je přenášena betonem. Není nutná smyková výztuž (stačí navrhnout min. smykovou výztuž podle konstrukčních zásad)
- $V_{Ed} > V_{Rd,c}$ and $V_{Ed} < V_{Rd,max}$ nutný návrh smykové výztuže $V_{Ed} \leq V_{Rd}$

⇒ **Prvky nevyžadující návrh smykové výztuže: $V_{Ed} < V_{Rd,c}$ (kapitola 6.2.2)**

Návrhová hodnota únosnosti ve smyku $V_{Rd,c}$ je dána vztahem:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d \quad (6.2.a)$$

při minimu :

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d \quad (6.2.b)$$

kde:

- f_{ck} = charakteristická pevnost betonu v tlaku [MPa]
- k = faktor: $k = 1 + \sqrt{(200/d)} \leq 2,0$ (kde 'd' je v mm)
- ρ_l = stupeň vyztužení podélnou výztuží: $\rho_l = A_{sl}/b_w d \leq 0,02$
- b_w = nejmenší šířka průřezu v tažené oblasti [mm]
- σ_{cp} = tlakové napětí v betonu vyvozené osovým zatížením: $\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0,2 f_{cd}$ [MPa]
- d = účinná výška průřezu

Doporučená hodnota pro $C_{Rd,c}$ je $0,18/\gamma_c$, a pro k_1 is $0,15$, hodnota pro v_{min} je dána vztahem:

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \quad (6.3N)$$

Posouvající síla V_{Ed} , vypočtená bez redukce součinitelem β , má však vždy splňovat podmínku:

$$V_{Ed} \leq 0,5 b_w d v f_{cd} \quad (6.5)$$

kde 'v' je redukční součinitel pevnosti betonu při porušení smykem.

Doporučená hodnota 'v' se určí ze vztahu:

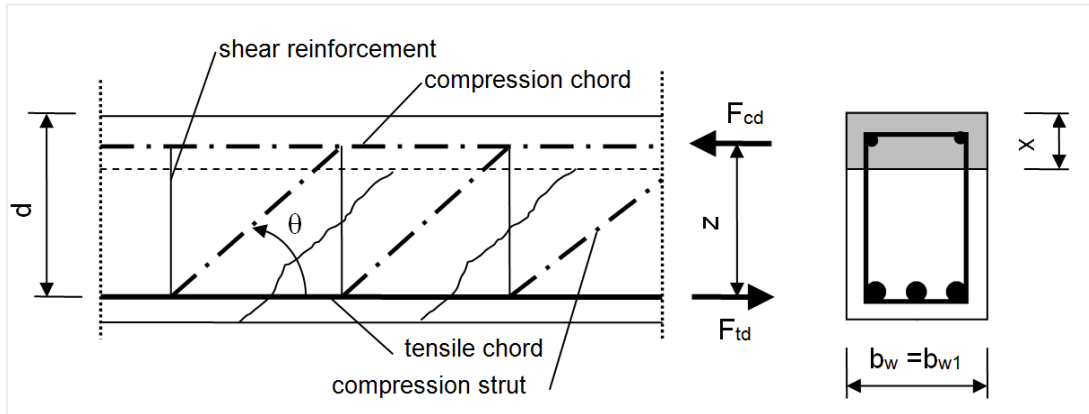
$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] \quad (6.6N)$$

Ve SCIA Engineer je možné zadat následující parametry:

Poznámka: Zeleně podbarvené řádky jsou převzaty z normy EN 1992-1-1.

⇒ **Prvky vyžadující návrh smykové výztuže $V_{Ed} > V_{Rd,c}$ (kapitola 6.2.3)**

Návrh prvků se smykovou výztuží vychází z modelu náhradní příhradoviny. V této teorii si v betonovém nosníku představujeme virtuální příhradový model. Tento model má několik svislých (nebo lehce nakloněných), vodorovných a diagonálních dílců. Svislé pruty se považují za tržníky, vodorovné za podélné pruty výztuže a diagonály představují betonovou vzpěru (náhradní diagonálu). Posudek dvousóseho smyku se počítá podle článku 6.2 v EN 1992-1-1.



Úhel θ má být omezen.

Doporučená omezení $\cot \theta$ jsou dána vztahem:

$$1 \leq \cot \theta \leq 2,5$$

(6.7N)

Úhel θ je možné zadat ve SCIA Engineer v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → Kompletní nastavení → Smyk:

Nastavení pro betonové konstrukce

Pohledy: Kompletní nastavení

Popis	Symbol	Hodnota	Výchozí	Jed...	Kapitola	Norma	Konstr...	Typ po...
Výchozí nastavení návrhu								
Výztuž								
Minimální krytí								
Nastavení řešiče								
Obecné								
Vnitřní síly								
Návrh As								
Konverze na pruty								
Interakční diagram								
Smyk								
Typ výpočtu / zadání úhlu náhradní diagonály	Typ θ	Uživatel(úhel)	Uživatel(...)		6.2.3	EN 1992-1-1	Vše (No...	Nastave...
Úhel náhradní diagonály	θ	40,00	40,00	deg	6.2.3	EN 1992-1-1	Vše (No...	Nastave...
Kotangens úhlu náhradní diagonály	$\cot(\theta)$	1,2	1,2		6.2.3	EN 1992-1-1	Vše (No...	Nastave...
Uvažovat vliv osové síly v posudku smyku pro nepřed...	Typ α_{cw}	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		6.2.2(1)	EN 1992-1-1	Pruty (N...	Nastave...
Smyk mezi stojinou a pásníci								
Typ zadání úhlu náhradní diagonály	Typ θ_f	Uživatel(úhel)	Uživatel(...)		6.2.4(4)	EN 1992-1-1	Nosník,...	Nastave...
Úhel náhradní diagonály	θ_f	40,00	40,00	deg	6.2.4(4)	EN 1992-1-1	Nosník,...	Nastave...
Kotangens úhlu náhradní diagonály	$\cot(\theta_f)$	1,2	1,2		6.2.4(4)	EN 1992-1-1	Nosník,...	Nastave...
Kroucení								
Omezení napětí								
Síly pro vznik trhlin								

OK Storno

Pro prvky se svislou smykovou výztuží je únosnost ve smyku V_{Rd} menší hodnota z:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta \quad (6.8)$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) \quad (6.9)$$

kde:

- A_{sw} = je průřezová plocha smykové výztuže
- s = osová vzdálenost třmínků
- f_{ywd} = návrhová mez kluzu smykové výztuže
- v_1 = redukční součinitel pevnosti betonu při porušení smykem
- α_{cw} = součinitel, kterým se zohledňuje stav napětí v tlačném pásu

Doporučená hodnota pro v_1 je stejná jako pro 'v' (viz vztah 6.6N).

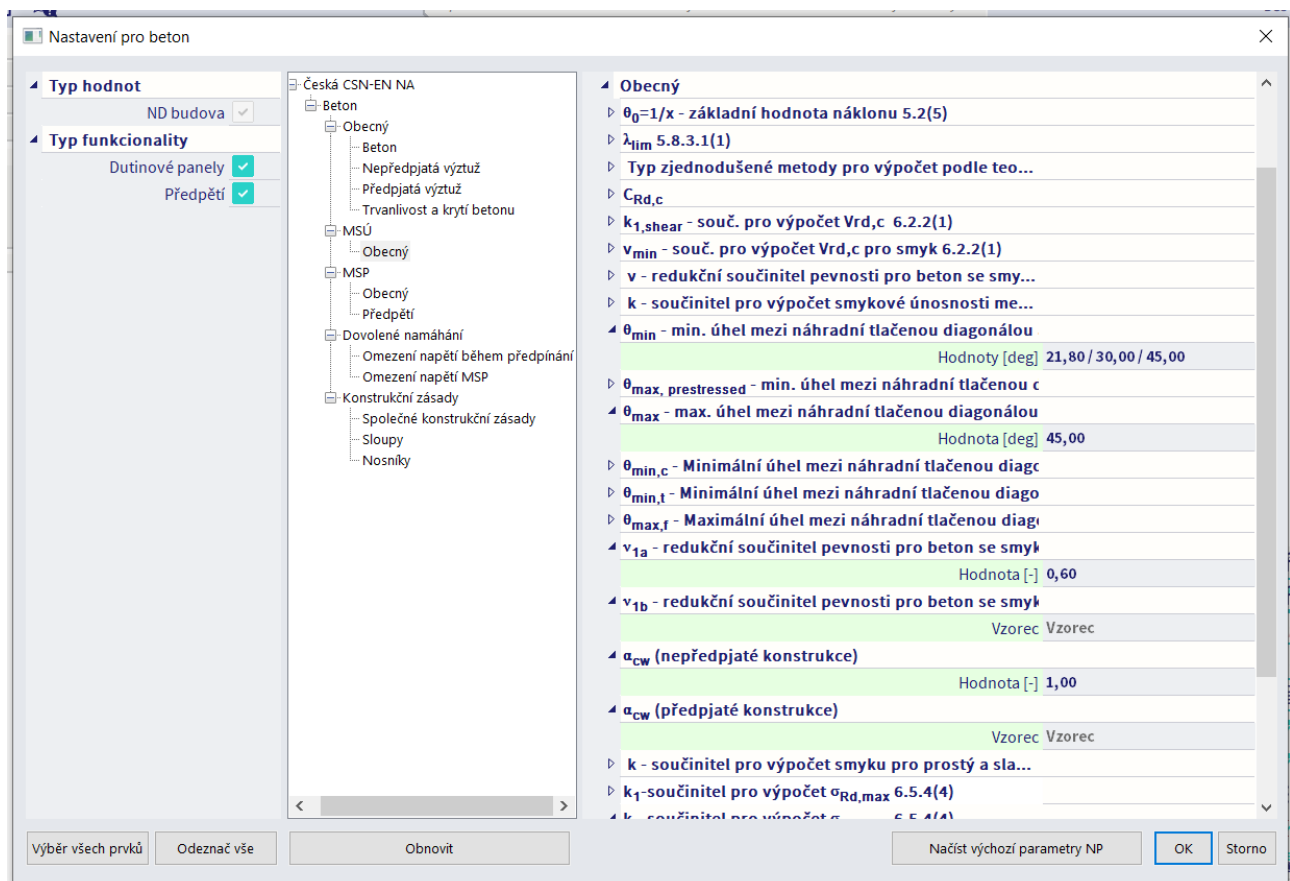
Pokud návrhové napětí smykové výztuže je menší než 80% charakteristické meze kluzu f_y , lze v_1 uvažovat takto:

$$v_1 = 0,6 \quad \text{for } f_{ck} \leq 60 \text{ MPa} \quad (6.10.aN)$$

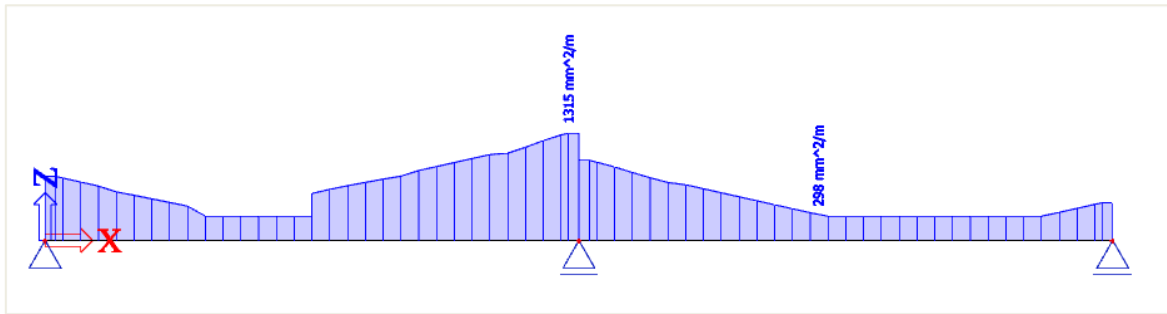
$$v_1 = 0,9 - f_{ck}/200 > 0,5 \quad \text{for } f_{ck} \geq 60 \text{ MPa} \quad (6.10.bN)$$

Doporučená hodnota α_{cw} je 1 pro nepředpjaté konstrukce.

Tyto normově závislé parametry je možné ve SCIA Engineer nastavit v Národním dodatku:



Pokud se vrátíme k našemu příkladu ve SCIA Engineer, můžeme zobrazit nutnou smykovou plochu $A_{swm,req}$ pro celý nosník:



Shear reinforcement

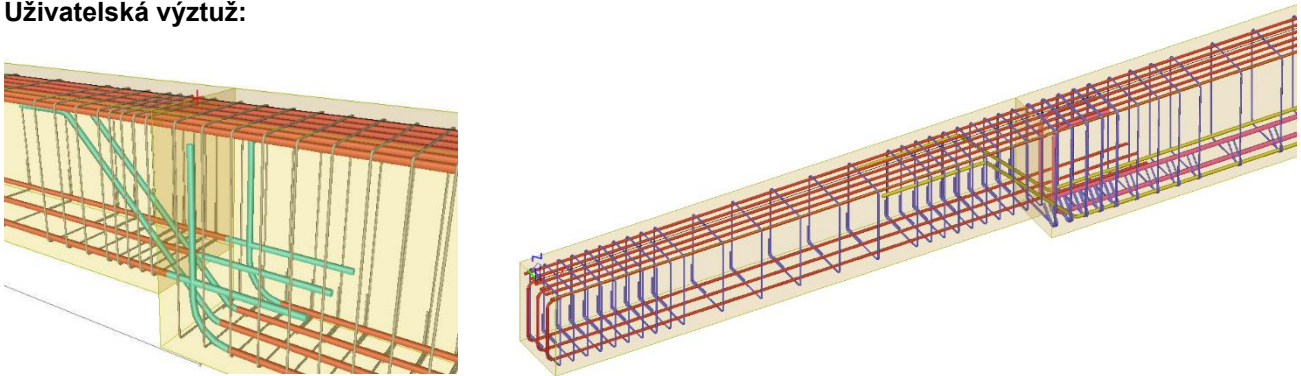
Name	dx [m]	Case	Member	$A_{swm,req}$ [mm ² /m]	$A_{swm,prov}$ [mm ² /m]	ShearReinf
S1	7,333-	ULS	Beam	298	309	φ8/325mm, (ns=2)
S1	4,900	ULS	Beam	1315	1340	φ8/75mm, (ns=2)

Maximální hodnota plochy smykové výztuže 1315 mm² odpovídá dvousřížnému třmínku o průměru $\phi = 8$ mm s roztečí 75 mm.

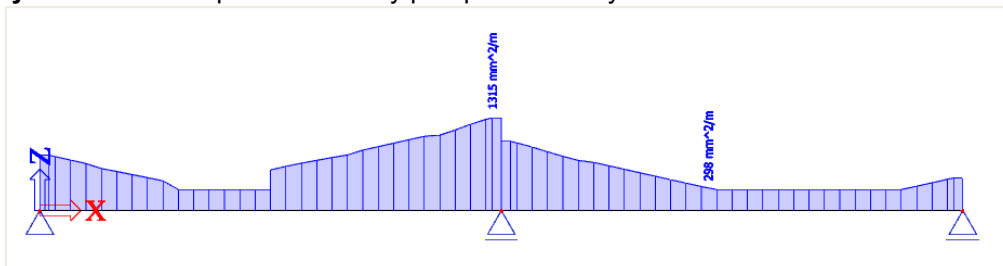
1.6.4. Uživatelská výztuž

V této kapitole bude vysvětleno, jak na konstrukci zadat uživatelskou výztuž. Uživatelská výztuž představuje reálné pruty výztuže. Doposud jsme pracovali pouze s diagramy plochy výztuže.

Uživatelská výztuž:



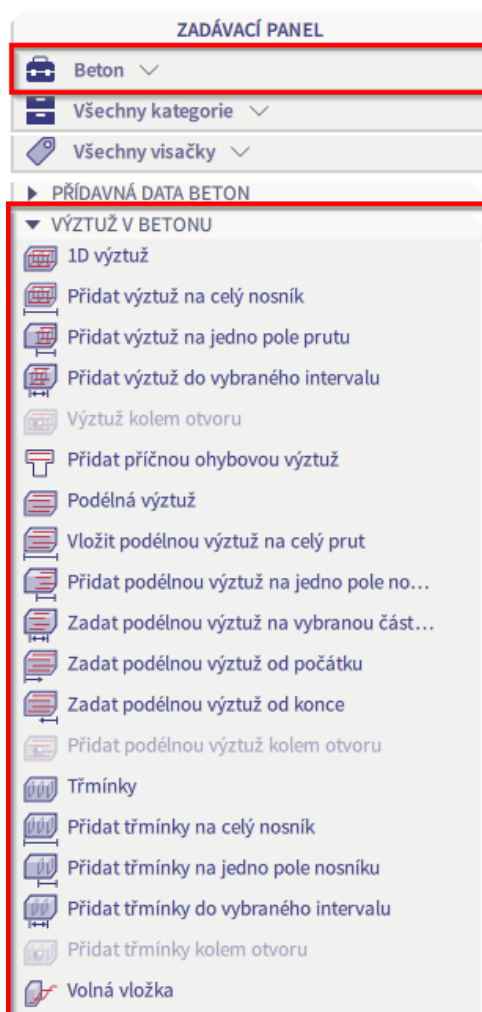
Diagramy výztuže - získané pomocí šablony předpokládané výztuže:



V automatickém návrhu výztuže pomocí šablony předpokládané výztuže jsme zjistili, kde je potřeba výztuž do nosníku dodat. Abychom měli možnost provádět posudky betonových konstrukcí, je nutné výztuž na nosník zadat. Existují dva způsoby, jak uživatelskou výztuž zadat:

1. Zadávací panel → Výztuž v betonu.
2. Konverze výztuže ze šablony na skutečné pruty.

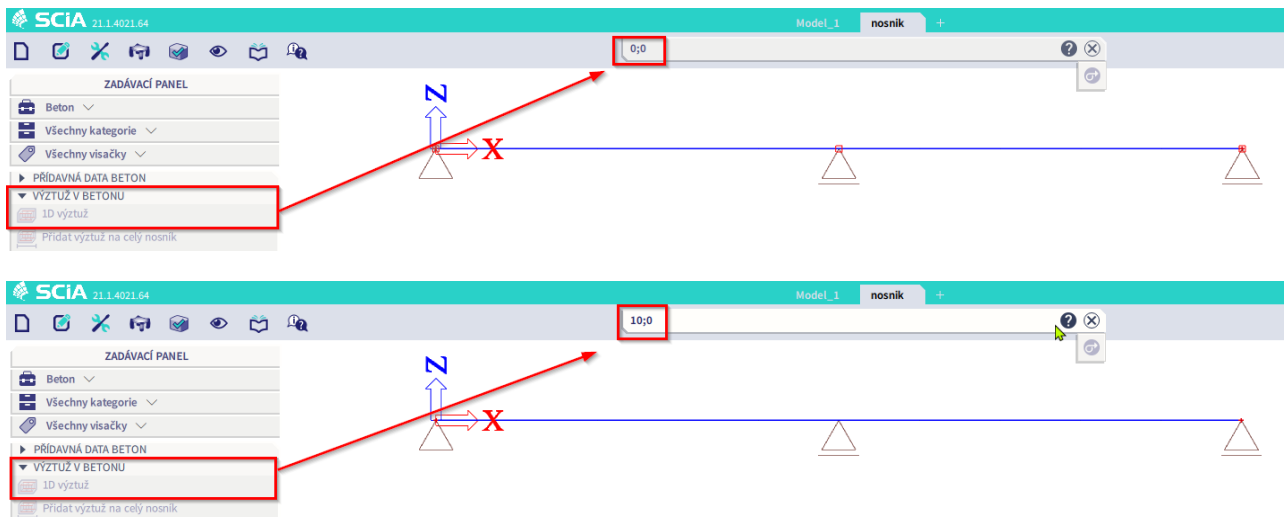
Začneme s první možností – v Zadávacím panelu pod pracovištěm Beton najdeme všechny příkazy pro zadání výztuže v betonu:



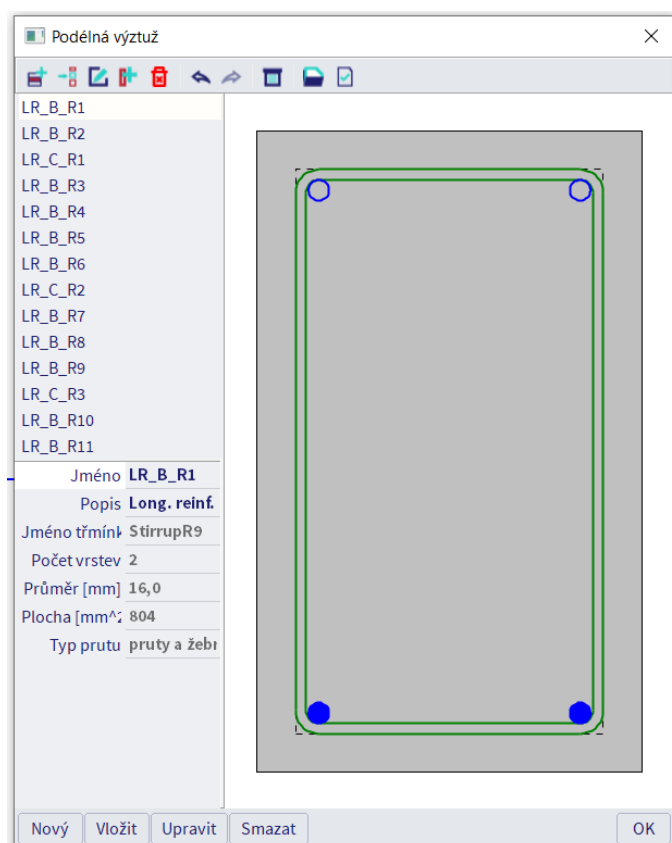
- 1D výztuž** – zadání třmínek i podélné výztuže na vybraný úsek nosníku.
- Přidat výztuž na celý nosník** – zadání třmínek i podélné výztuže na celou délku nosníku.
- Přidat výztuž na jedno pole prutu** – zadání třmínek i podélné výztuže na celém poli vybraného prutu.
- Přidat výztuž do vybraného intervalu** – zadání smykové i podélné výztuže na určeném intervalu nosníku.
- Výztuž kolem otvoru** – zadání podélné i smykové výztuže kolem otvoru (příkaz je dostupný, pokud je na 1D prvku zadán otvor).
- Podélná výztuž** - zadání podélné výztuže na určeném intervalu.
- Vložit podélnou výztuž na celý prut** - vloží podélnou výztuž na celém vybraném prutu.
- Přidat podélnou výztuž na jedno pole nosníku** - vloží podélnou výztuž na celém poli vybraného prutu.
- Zadat podélnou výztuž na vybranou část prutu** - vloží podélnou výztuž na určeném intervalu.
- Zadat podélnou výztuž od počátku** - která vloží podélnou výztuž na intervalu vymezeném počátkem vybraného prutu a uživatelsky zadaným bodem na prutu.
- Zadat podélnou výztuž od konce** - vloží podélnou výztuž na intervalu vymezeném koncem vybraného prutu a uživatelsky zadaným bodem na prutu.
- Třminky** - vloží smykovou výztuž na vybraný úsek nosníku.
- Volná vložka** – výztuž (podélná i smyková) libovolného tvaru, která je přiřazena vybraným prvkům. Více viz help [zde](#).

Pomocí těchto příkazů lze ručně zadávat podélné pruty, třminky, a volné pruty. Navíc lze volit a případně upravovat požadovaný typ ukotvení. Ve SCIA Engineer jsou předdefinovány šablony podélné i smykové výztuže. Tyto šablony vyztužení je možné modifikovat a databázi rozšiřovat o nové šablony.

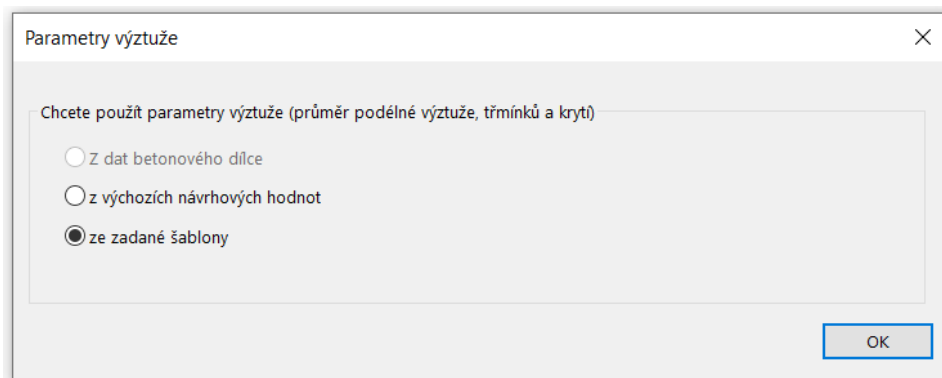
Pro příklad použijeme příkaz “1D výztuž” → po spuštění zadáme nejprve první bod [0;0] na nosníku odkud chceme výztuž zadat a poté druhý bod, kde bude výztuž končit [10;0]. Body lze zadat pomocí souřadnic, které se píšou do příkazové řádky nebo lze body naklikat přímo do modelovacího prostoru.



Po zadání těchto bodů se objeví dialogové okno Podélné výztuže s předdefinovanými šablonami. Tyto šablony je možné upravit, případně vytvořit zcela nové šablony:

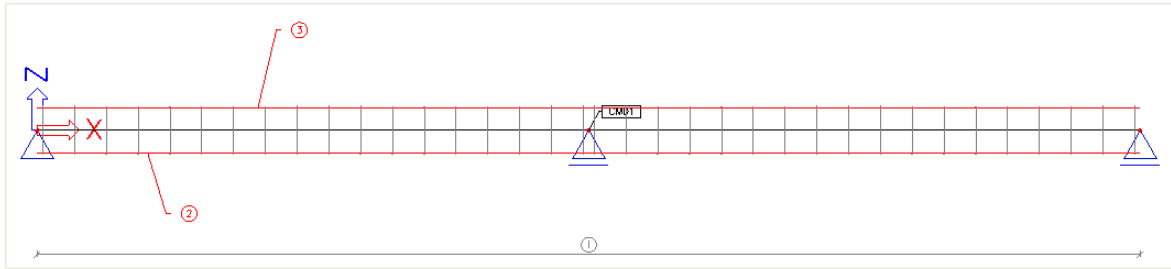


Po vybrání šablony např. LR_B_R1 a potvrzení dialogu se objeví následující okno, kde vybereme odkud se mají uvažovat parametry výztuže (průměr podélné výztuže, třmínků a krytí):

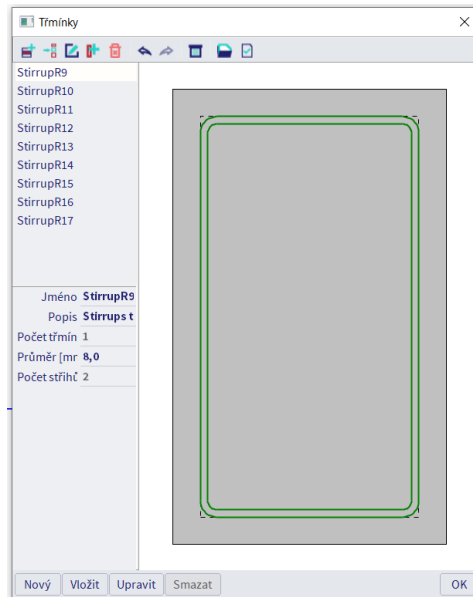


- **Z dat betonového dílce** – parametry výztuže budou važovány z Dat prutu (Zadávací panel → Beton → Přídavná data betonu), pokud jsou zadána.
- **Z výchozích návrhových hodnot** – parametry výztuže budou važovány z Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení.
- **Ze zadané šablony** – parametry výztuže budou važovány ze šablony výztuže (pro náš příklad šablona LR_B_R1 viz vše).

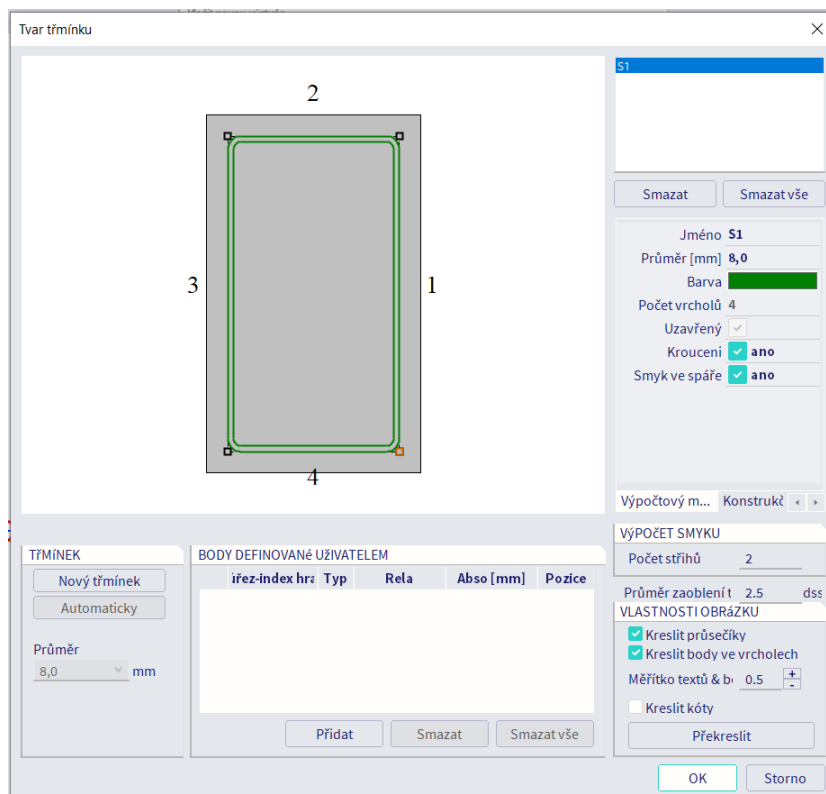
Po potvrzení dialogu se uživatelská výztuž objeví v modelovém prostoru na nosníku:



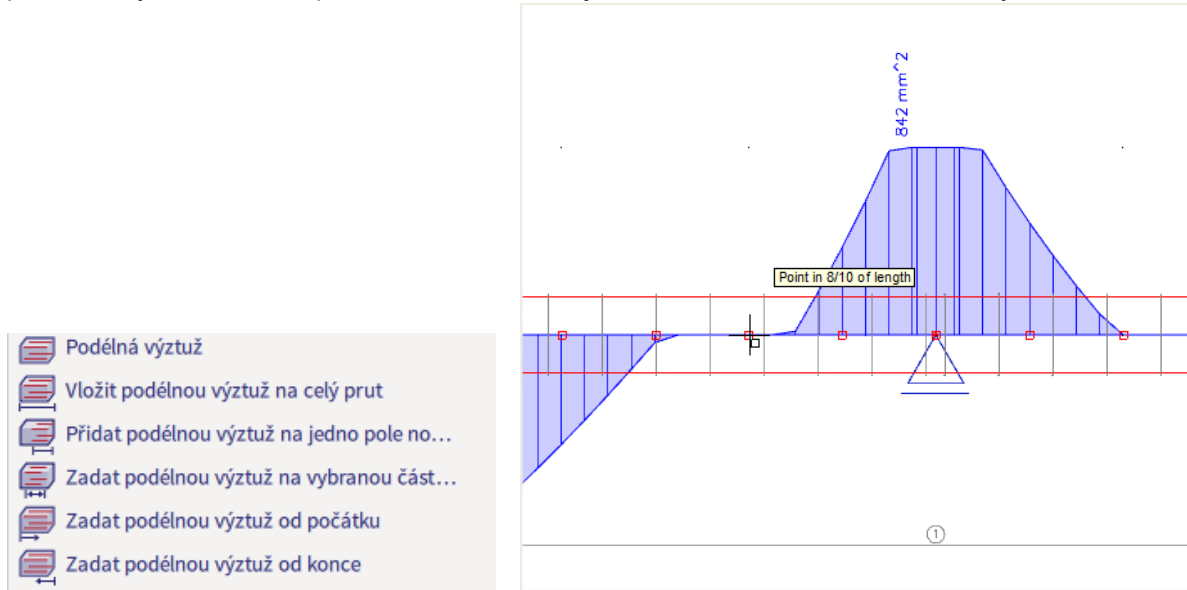
V případě potřeby je možné na nosník přidat nové třmínky nebo podélnou výztuž. Pro ukázkou přidáme nový třmínek pomocí příkazu “Třmínky”:



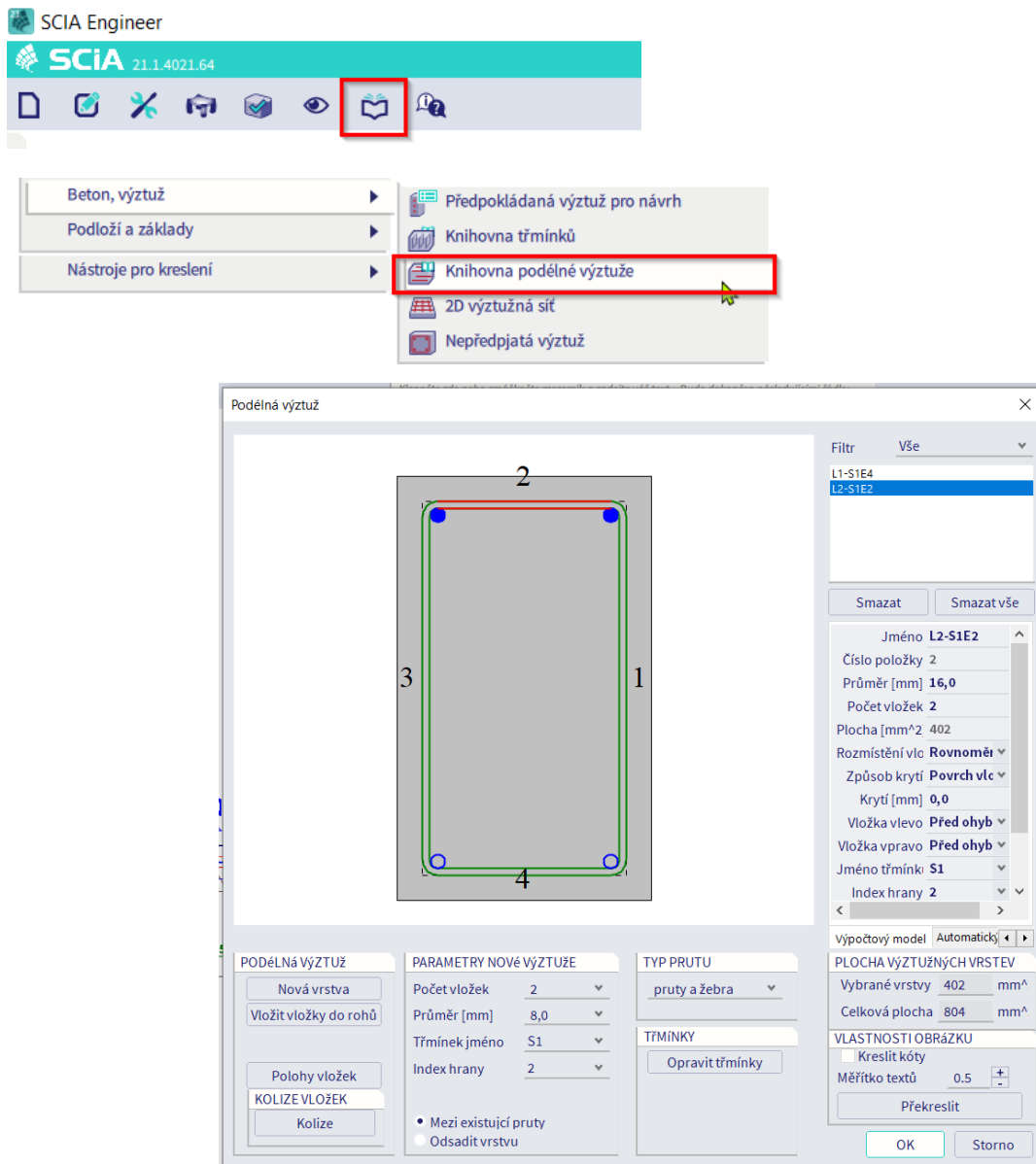
Přes tlačítko ‘Upravit’ je možné tvar třmínku editovat:



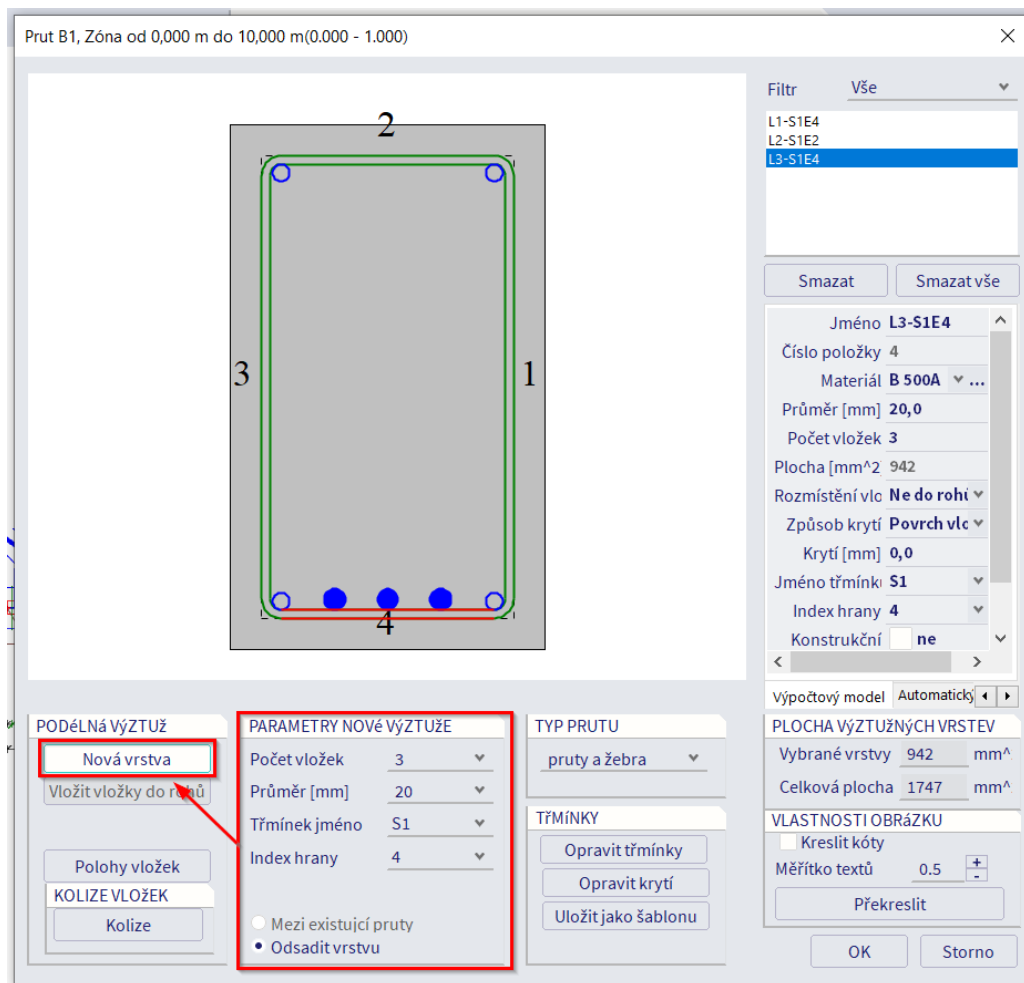
Pro podélnou výztuž můžeme přesně definovat, kam je třeba umístit další uživatelskou výztuž:



Vybranou zónu dílce lze upravit pomocí panelu vlastností nebo pomocí nabídky Knihovna → Beton, výztuž → Knihovna podélné výztuže:



Zde je možné přidat dodatečnou podélnou výztuž. Hranu, kde se mají podélné výztuže přidat, je možné nastavit viz obrázek níže nebo stačí vybrat myší příslušnou hranu třmínku v obrázku:

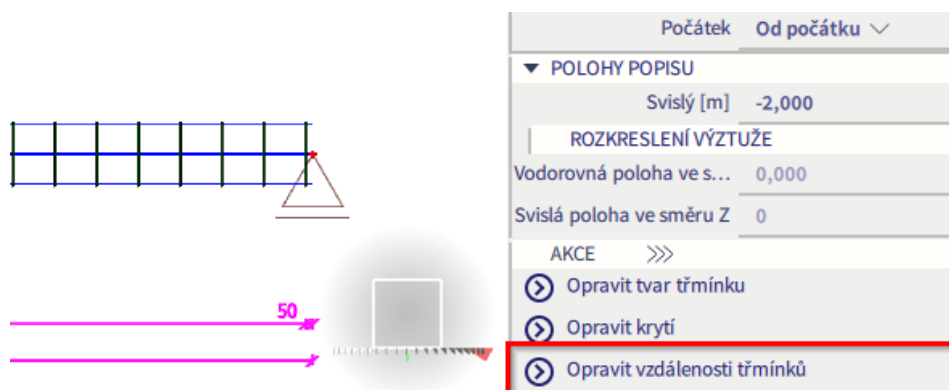


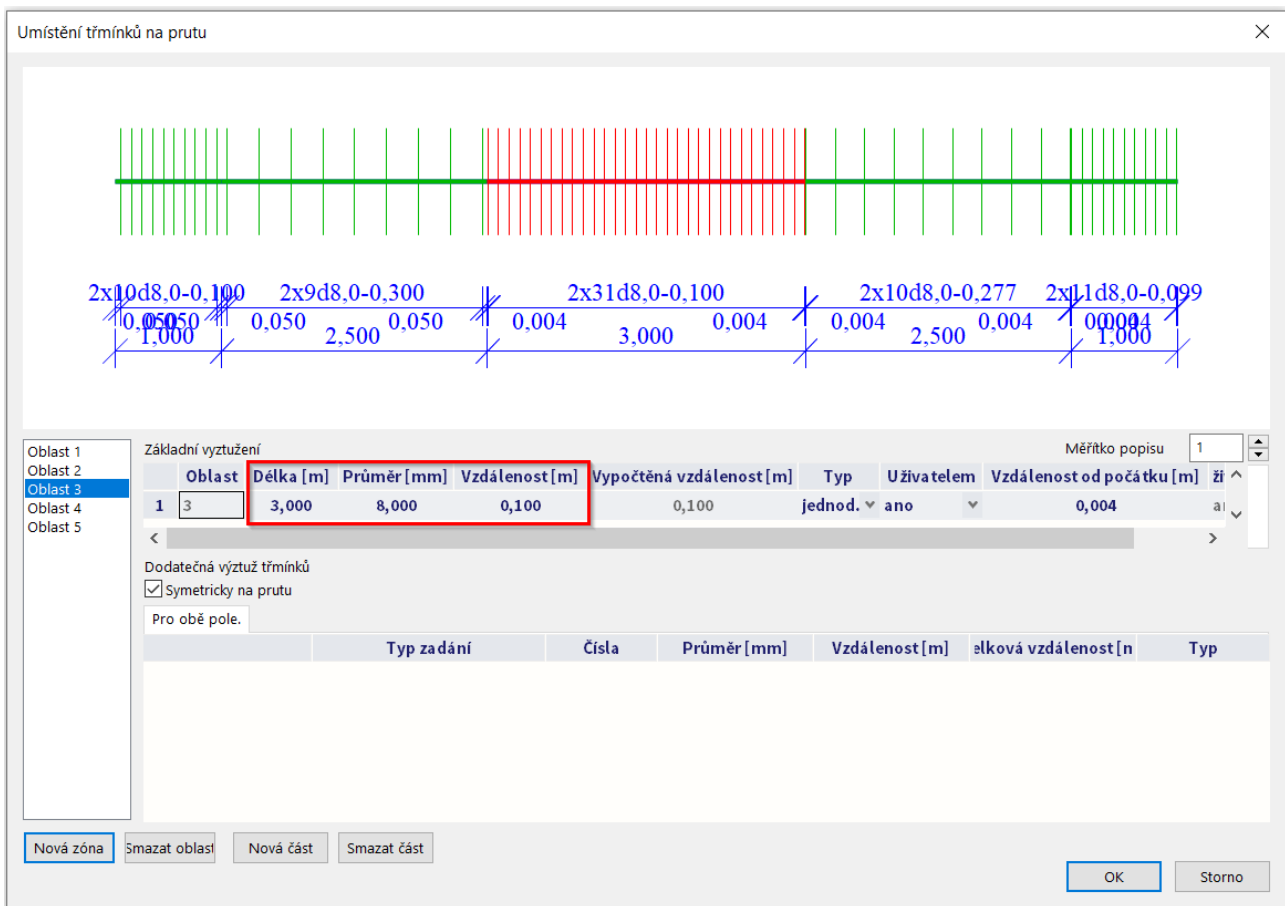
Z důvodu jednoduchosti přidáme 3 pruty podélné výztuže průměru 20mm na spodní povrch. Tyto pruty jsou umístěny po celé délce nosníku. Výztuž je možné zadat také podrobněji.

Stejný postup bude opakován pro horní výztuž nad podporou.

Také smyková výztuž musí být zvýšena v zónách nad podporou. Toho lze dosáhnout zvětšením průměru třmínků nebo zmenšením vzdálenosti mezi třmínky.

Lze vytvořit různé zóny třmínků vybráním třmínku v modelovém prostoru → ve spodní části panelu vlastností je poté dostupné akční tlačítko "Opravit vzdálenosti třmínků":

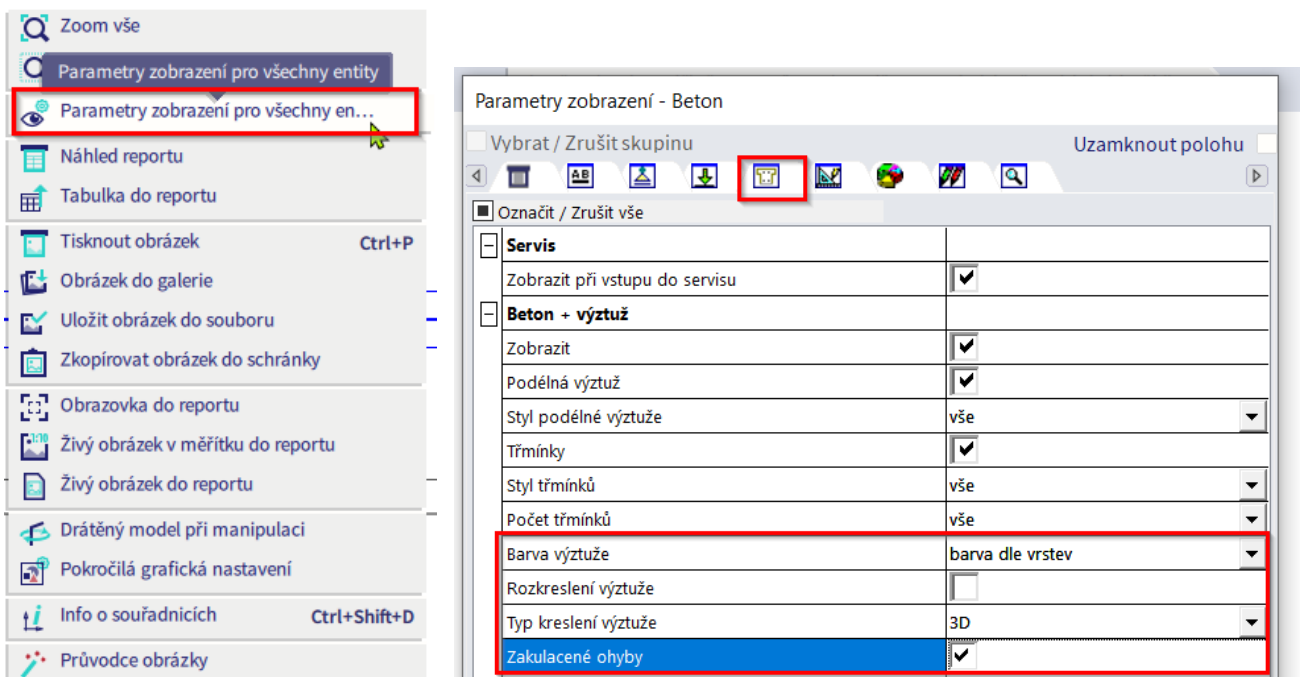




Chcete-li zkontrolovat, zda je zadaná smyková výztuž dostatečná, je třeba provést Posouzení kapacity. To bude vysvětleno v další kapitole.

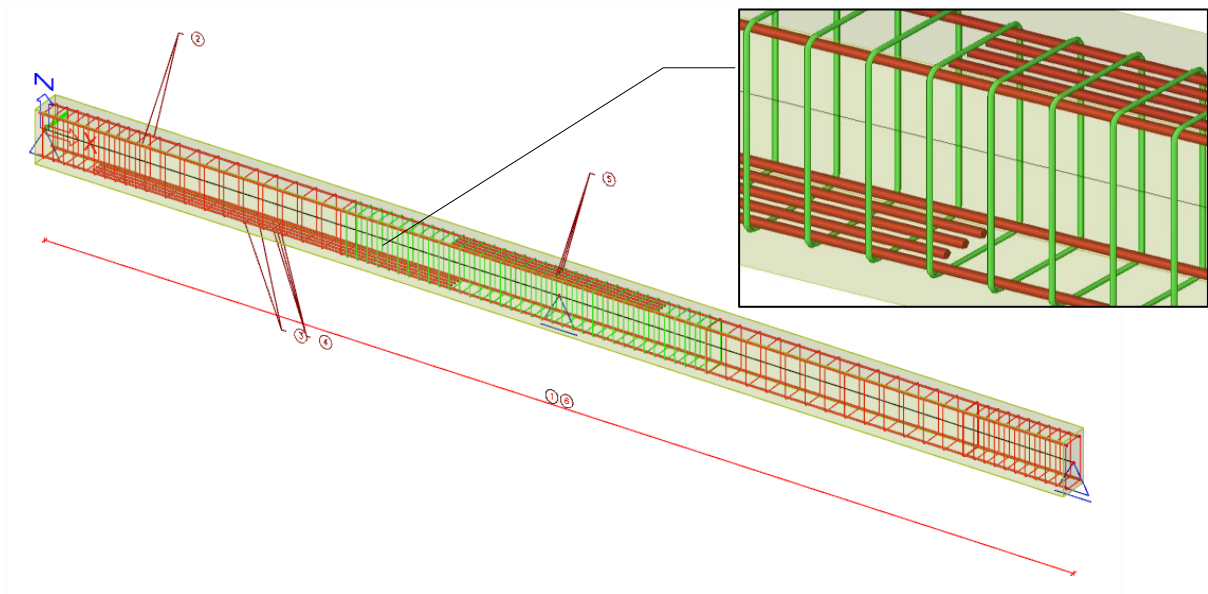
Zadanou výztuž je možné dodatečně upravit. Stačí vybrat danou výztuž a její parametry změnit v panelu vlastností.

Pro výztuž existuje několik typů zobrazení, jedním z nich je např. 3D reprezentace. Toto zobrazení lze nastavit přes pravý klik do modelovacího prostoru → z kontextové nabídky spustit "Parametry zobrazení pro všechny entity" → v okně na záložce 'Beton' najdeme Typy kreslení výztuže:



Celková uživatelská výztuž nosníku vypadá takto:

3D kreslení výztuže



1.6.5. Konverze teoretické výztuže na skutečnou výztuž

Druhou možností, jak na prvek zadat skutečnou výztuž je konverze teoretické výztuže. Od SCIA Engineer 19 je možné převést teoretické vyztužení ze šablony předpokládané výztuže na uživatelskou výztuž (skutečné pruty).

Jak bylo zmíněno v předchozí kapitole, existují dva typy teoretické výztuže: **Nutná výztuž** $A_{s,req}$ (= mm² nutná plocha výztuže v každém řezu) a **Předpokládaná výztuž** $A_{s,prov}$ (= šablona výztuže s různým možným množstvím přidavné výztuže). Konverzi na skutečnou (uživatelskou) výztuž je možné provést pouze pro **Předpokládanou výztuž** $A_{s,prov}$.

Příklad: model *beam.esa*

Nastavte šablonu předpokládané výztuže podle obrázku níže:

Úprava předpokládané výztuže (návrh) - Beam_Rect_Basic_AddList_All

Typ dílce: Nosník
 Průřez: Obdélník
 Režim: Standard

Podélná výztuž

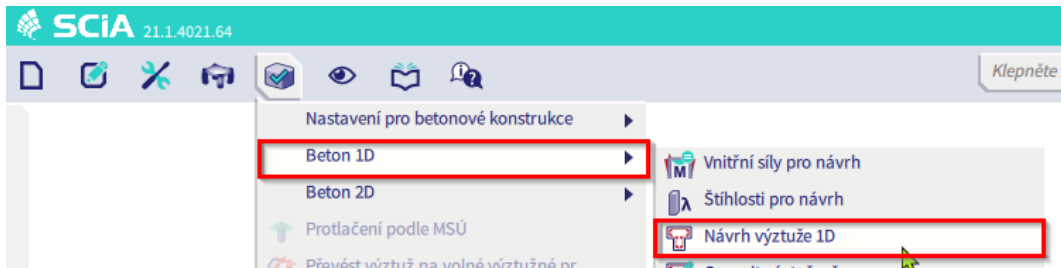
Hrana	Vrstvy	Základní ($A_{s,bas}$)			Typ	Přidavná ($A_{s,add}$)			Konstr...
		Ø [mm]	N x [-]	A_s [m...]		Ø [mm]	N x [-]	A_s [m...]	
Horní	1-vrstva	20,0	2	628	Radit podle počtu	20,0	0;1;2;3;4	0;314;...	
Strana	1-vrstva	16,0	0	0	Fix	16,0	0	0	10,0
Spodní	1-vrstva	20,0	2	628	Radit podle počtu	20,0	0;1;2;3;4	0;314;...	

Smyková výztuž

Zóny tíminků	Střížnost	Ø [mm]	Odsazení		
			Rozložení	s [mm]	Symetricky
1	2	8,0	Násobně	50	<input type="checkbox"/>

OK Storno

Přejděte do Návrhu → Beton 1D → Návrh výztuže 1D:



V panelu vlastností nastavte:

- Typ zatížení = **Kombinace**
- Kombinace = **ULS**
- Typ hodnot = **Předpokládaná**
- Hodnoty = **As,prov(φ)**

Celkový návrh (MSÚ)

Hodnoty: **As,prov (φ)**

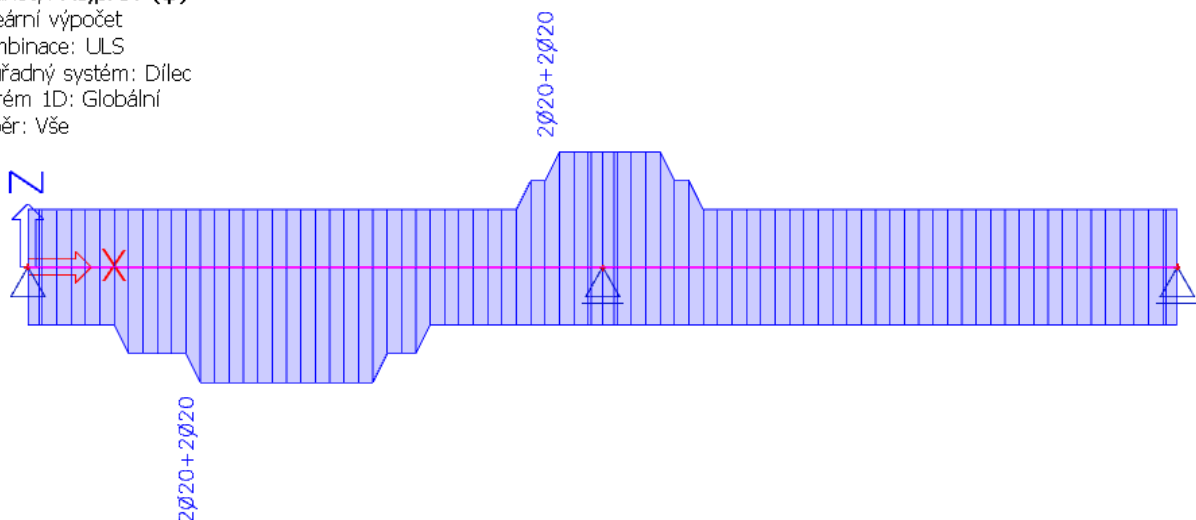
Lineární výpočet

Kombinace: ULS

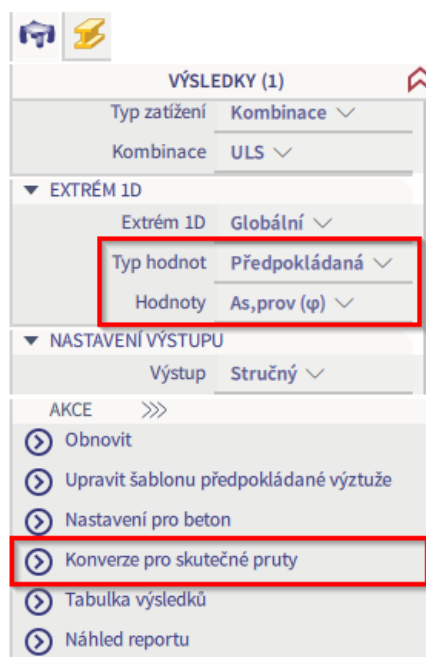
Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Globální

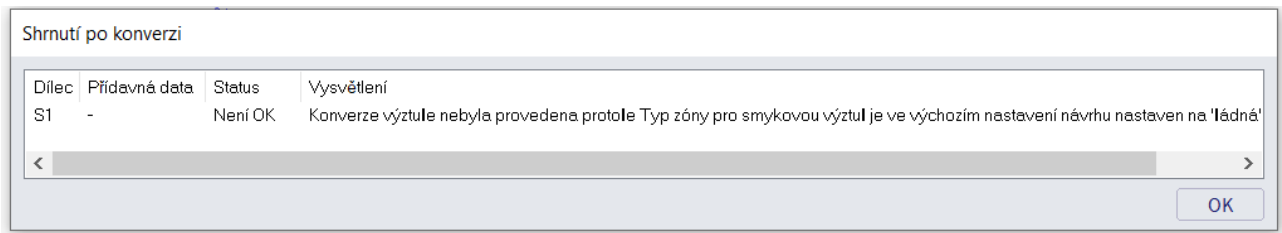
Výběr: Vše



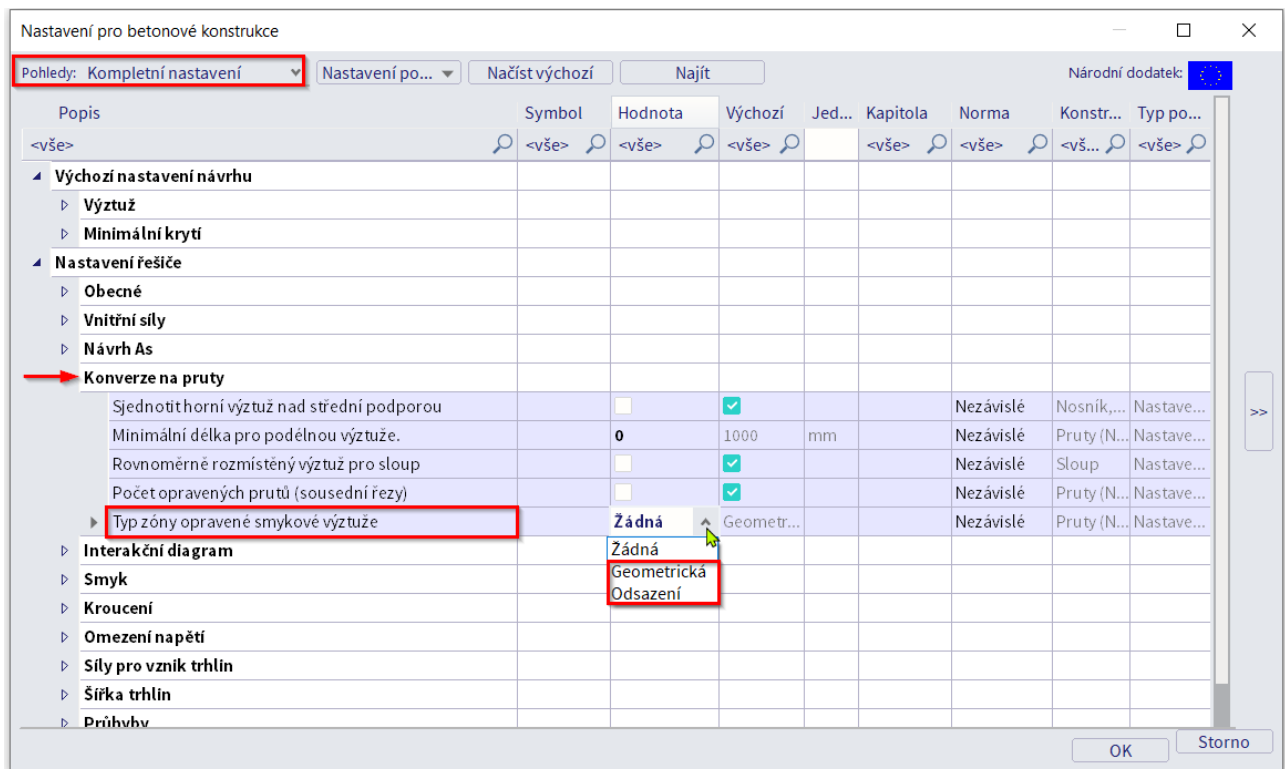
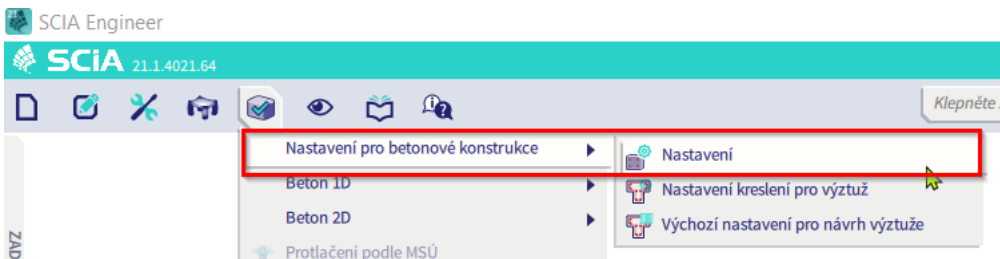
V případě, že je Typ hodnot nastaven na 'Předpokládaná' a je zvolena hodnota $A_{s,prov}(\phi)$, objeví se v dolní části panelu vlastností akční tlačítko "**Konverze pro skutečné pruty**":



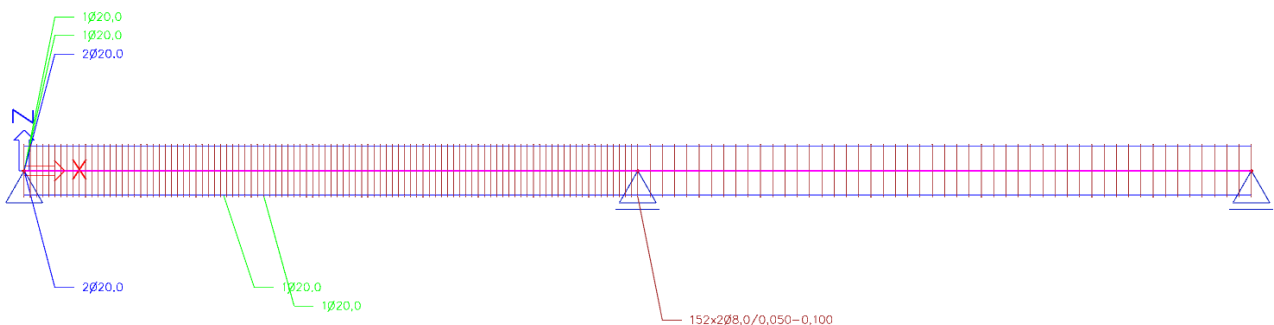
Po zmáčknutí tohoto tlačítka se může objevit okno ze zprávou: “Konverze výztuže nebyla provedena protože Typ zóny smykové výztuže je ve výchozím nastavení návrhu nastaven na ‘žádná’.”



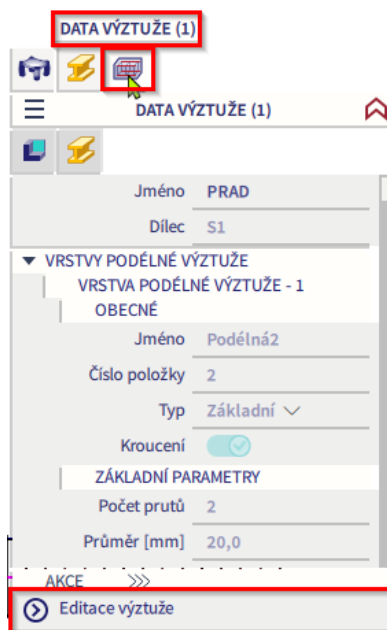
V tomto případě je nutné jít do Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled “Kompletní nastavení” → Nastavení řešiče → Konverze na pruty → **Typ zóny opravené smykové výztuže** nastavit na “Geometrická” nebo “Odsazení”. Pro tento příklad je zvolena možnost “Geometrická”.



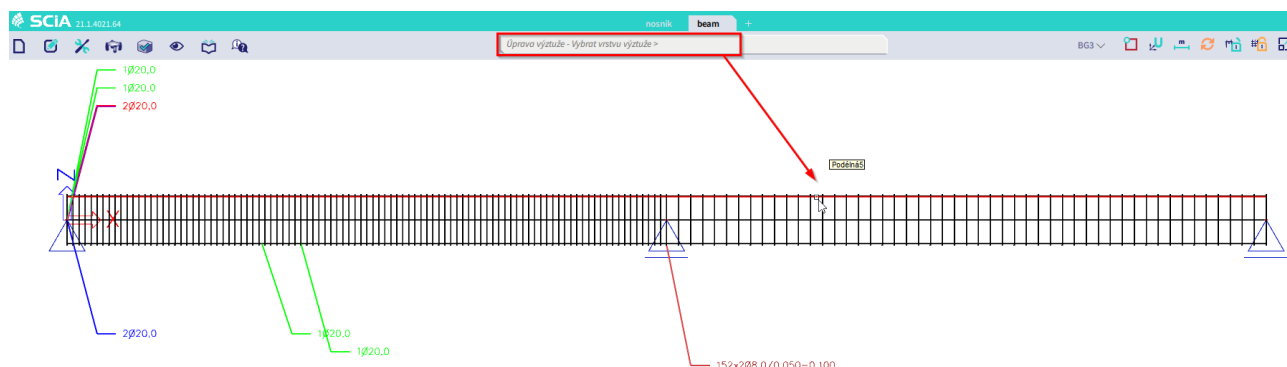
Po opětovném zmáčknutí tlačítka “Konverze pro skutečné pruty” je výztuž ze šablony vygenerována:



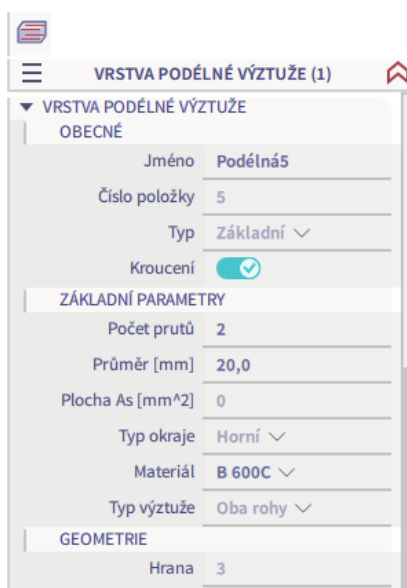
Skutečná (konvergovaná) výztuž, též označována jako PRAD, je na nosník přidána jako Data výztuže. Vlastnosti výztuže jsou šedé (needitovatelné). Editace konvergované výztuže je možná přes akční tlačítko **“Editace výztuže”**, které se nachází ve spodní části panelu vlastností:



Po zmáčnutí tlačítka **“Editace výztuže”** se objeví v příkazové řádce nápověda, že je nutné vybrat v modelovacím prostoru vrstvu výztuže, kterou chcete editovat → pro příklad je vybrána výztuž s označením **“Podélná5”**:



Po výběru výztuže je možné v panelu vlastností měnit počet prutů, průměr, materiál atd.



Pro výztuž, která je typu “přídavná” je možné měnit její délku – pro ukázkou je vybrána výztuž s označením “Podélná6” → délka výztuže je změněna v panelu vlastností v části Geometrie:

VRSTVA PODÉLNÉ VÝZTUŽE (1)

▼ VRSTVA PODÉLNÉ VÝZTUŽE

OBECNÉ

Jméno Podélná6

Číslo položky 6

Typ Přídavný ▾

Kroucení

ZÁKLADNÍ PARAMETRY

Počet prutů 1

Průměr [mm] 20,0

Plocha As [mm²] 0

Typ okraje Horní ▾

Materiál B 600C ▾

GEOMETRIE

Hrana 3

Třmínek Smyková1

Zadání souřadnic Absolutně ▾

Začátek [m] 4,000

Konec [m] 6,000

Délka [m] 2,000

Vzdálenost okraje [mm] 43

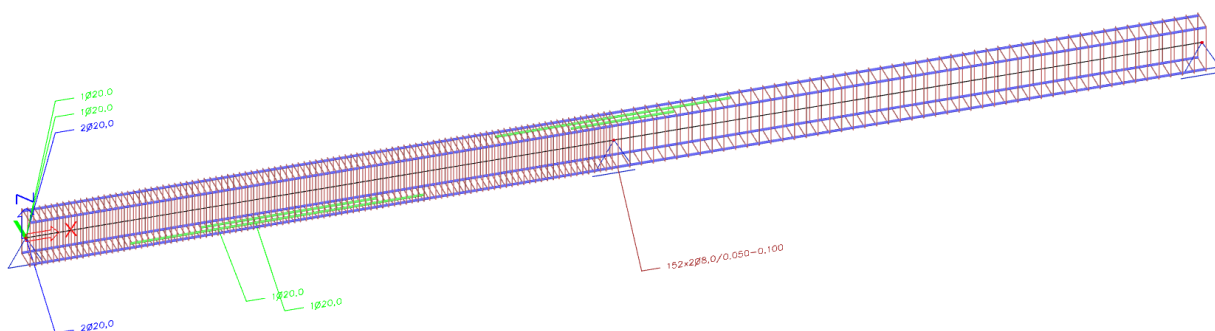
Kotevní délka na začátk... 0,000

Kotevní délka na konci [m] 0,000

PODROBNÉ INFORMACE

PRUT - 1

Info $\varnothing 20,0(B 600C);y=0,032;z$

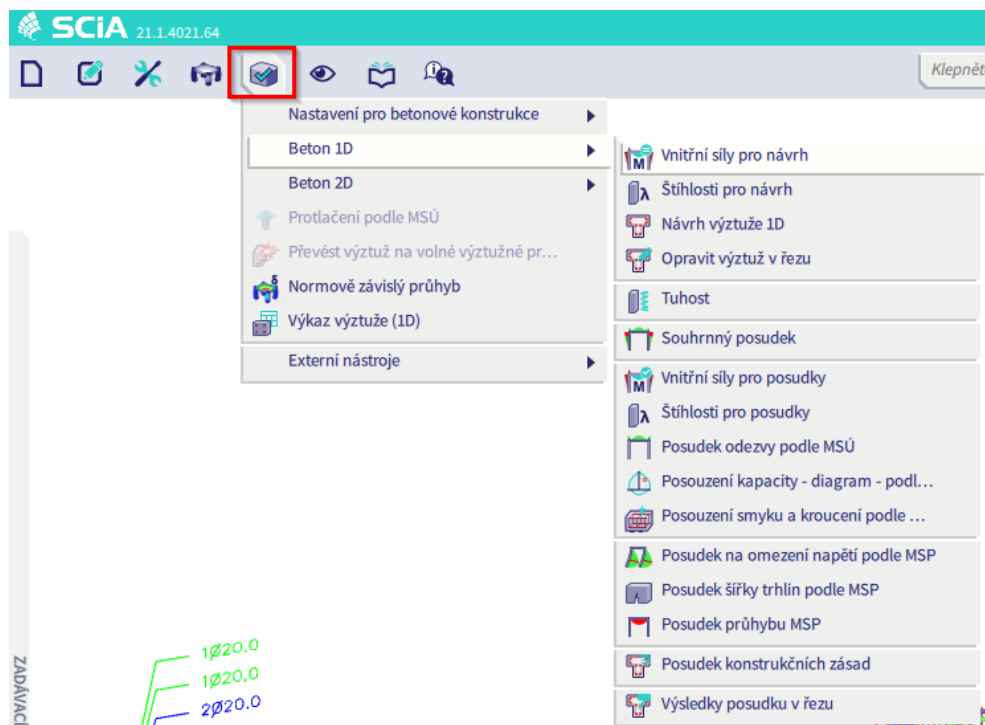


1.6.6. Posudky

Ve SCIA Engineer lze posudky provádět třemi různými způsoby:

1. Všechny prvky se zadanou skutečnou (uživatelskou) výztuží je možné posoudit ve všech řezech.
2. Pro každý prvek se zadanou skutečnou (uživatelskou) výztuží je možné provést souhrnný posudek MSÚ a MSP ve vybraném řezu pomocí nástroje “Výsledky posudku v řezu”.
3. Prvky, na kterých není zadaná skutečná (uživatelská) výztuž je možné posoudit na MSÚ a MSP pouze ve vybraném řezu pomocí nástroje “Výsledky posudku v řezu”. Výztuž bude poté přidána lokálně do vybraného řezu (z předdefinované šablony nástroje), aby bylo možné provádět posudky.

Posudky se ve SCIA Engineer nachází pod ikonou “Návrh”:



Jako první jsou dostupná vstupní data pro posudky:

- **Vnitřní síly:** zobrazení charakteristických a návrhových hodnot.
- **Štíhlosti:** provádí se posudek štíhlosti pro určení, zda je nutné vzít v úvahu účinky II.řádu (pro prvky typu “sloup”).
- **Tuhost:** zobrazení hodnot E_A , E_I a E_{Iz}

Dostupné posudky pro mezní stav únosnosti:

- **Posudek odezvy podle MSÚ:** metoda mezních přetvoření, posouzení mezních napětí a přetvoření pro interakci N-My-Mz.
- **Posouzení kapacity – diagram – podle MSÚ:** pro interakci N-My-Mz – založeno na výpočtu odolnosti z interakčního diagramu.
- **Posouzení smyku a kroucení podle MSÚ**
- **Posouzení interakce smyku, kroucení, ohybu a normálové síly**

Dostupné posudky pro mezní stav použitelnosti:

- **Posudek na omezení napětí pro MSP** (pro beton i betonářskou výztuž).
- **Posudek šířky trhlin podle MSP**
- **Posudek průhybu MSP:** zjednodušený výpočet, který vychází z výpočtu poměru tuhosti, bez nutnosti počítat Normově závislý průhyb (NZP).

Posudek odezvy, kapacity, a posudek smyku + kroucení by měly být vyhovující. V případě, nevhovujících posudků je nutné dodat přidavnou výztuž.

Tyto posudky poskytují zajímavé informace o účinnosti vyztužení. Pokud je například v řezu využito pouze 50 % výztuže, pak můžeme dojít k závěru, že by zde stačilo méně výztuže.

Posudek konstrukčních zásad a posudek šířky trhlín jsou speciální posudky, které nejsou zohledněny v návrhu výztuže. Pokud tyto posudky nejsou v vyhovující, je nutné upravit zadanou výztuž.

V následujících kapitolách budou vysvětleny jednotlivé posudky na příkladech, je zadána skutečná (uživatelská) výztuž, což odpovídá 1. způsobu provedení posudků (viz výše).

Příklad 1: 'beam_practical_reinforcement.esa'

Poslední kapitola bude zaměřena na nástroj "Výsledky posudku v řezu" odpovídající 2. a 3. způsobu provádění posudků (viz výše).

Příklad 2: 'beam_without practical_reinforcement.esa'

POSUDEK ODEZVY PODLE MSÚ

Posouzení odezvy podle MSÚ je založeno na výpočtu přetvoření a napětí v konkrétní komponentě (betonu, vláknu, prutu výztuže).

Posudek spočívá v porovnání těchto přetvoření a napětí s limitními hodnotami danými EN 1992-1-1.

SCIA Engineer spočte odezvu dílce nebo jednoho průřezu z vnitřních sil, betonového průřezu a uživatelem zadané výztuže. Tato metoda využívá iterační výpočet k nalezení rovnováhy na základě vnitřních sil, průřezu, materiálových vlastností a polohy výztuže. Tato metoda však nespočte extrémy (únosnosti průřezu) jako je tomu u interakčního diagramu, ale počítá stav rovnováhy pro průřez (odezvu). Pro výpočet kapacity průřezu použijte Posouzení kapacity – diagram – podle MSÚ.

Výpočet také obsahuje výšku tlačené zóny (d), křivosti v každé ose (ϵ_x , ϵ_y a ϵ_z), napětí, přetvoření a síly v příslušné komponentě. Obecně lze říci, že iterační metoda funguje pro interakci normálové síly (N) s jednoosým nebo dvouosým ohybem ($M_y + M_z$).

Předpoklady a omezení

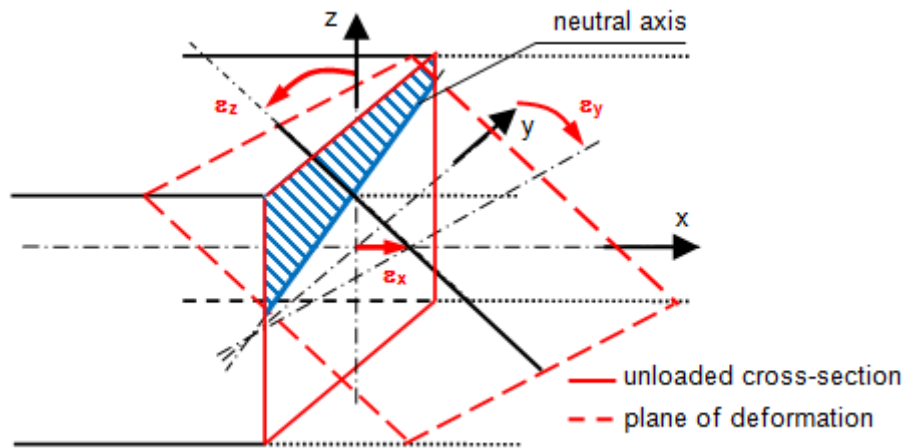
Platí následující předpoklady:

- Použije se pracovní diagram zadaný ve vlastnostech materiálu.
 - Beton - bilineární nebo parabolicko-obdélníkový pracovní diagram.
 - Výztuž - bilineární pracovní diagramy se skloněnou vodorovnou větví nebo bez ní.
- Tahové napětí v betonu se neuvažuje.
- Uvažuje se standardní výztuž REDES.

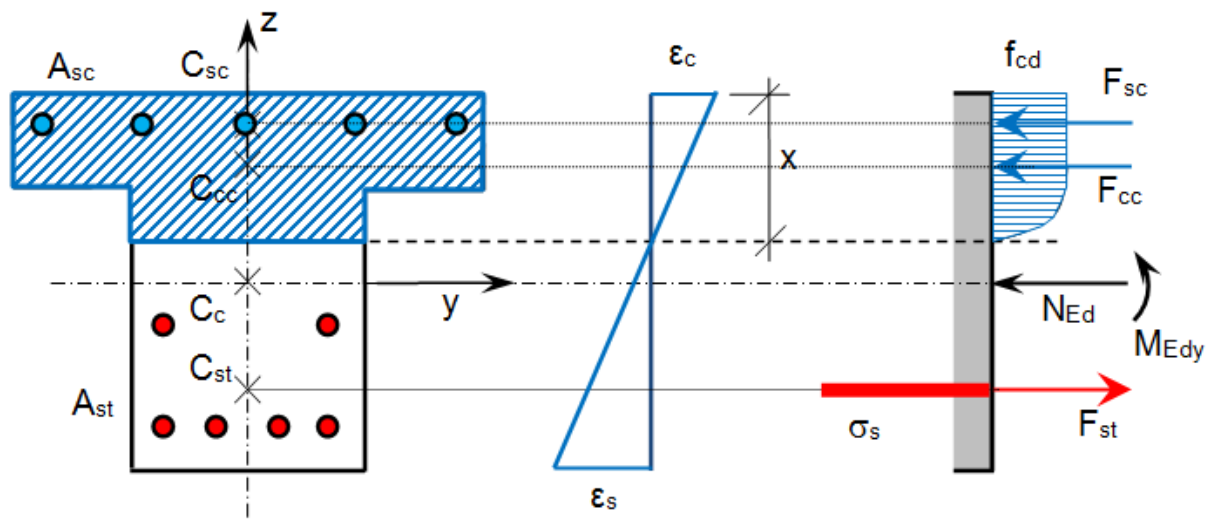
Platí následující omezení: Plocha podélné výztuže se v prvním kroku neodečítá od plochy betonu.

Teorie – postup výpočtu

Představme si graf přetvoření ve vyztuženém betonovém průřezu. Obecně vzato, průřez může být nesymetrický kolem osy y i z a může být zatížen kombinací N , M_y a M_z . Pak vektor přetvoření obsahuje tři nenulové hodnoty $\epsilon = \{\epsilon_x ; \epsilon_y , \epsilon_z \}$. Tento vektor definuje tzv. deformační rovinu (viz následující obrázek). Podrobnosti najdete v VONDRÁČEK, R.: Numerical Methods in Nonlinear Concrete Design (Numerické metody při nelineárním návrhu betonových prvků), diplomová práce, 2000.



Příslušná rovina přetvoření pro rovnovážnou rovinu při jednoosé mohybu (M_y) je na následujícím obrázku. Průběh napětí v tlačené části nicméně závisí na typu pracovního diagramu betonu. Při bilineárním diagramu je průběh konstantní nebo lineárně konstantní. V případě parabolicko-obdélníkového diagramu je průběh konstantní nebo lineárně parabolický.



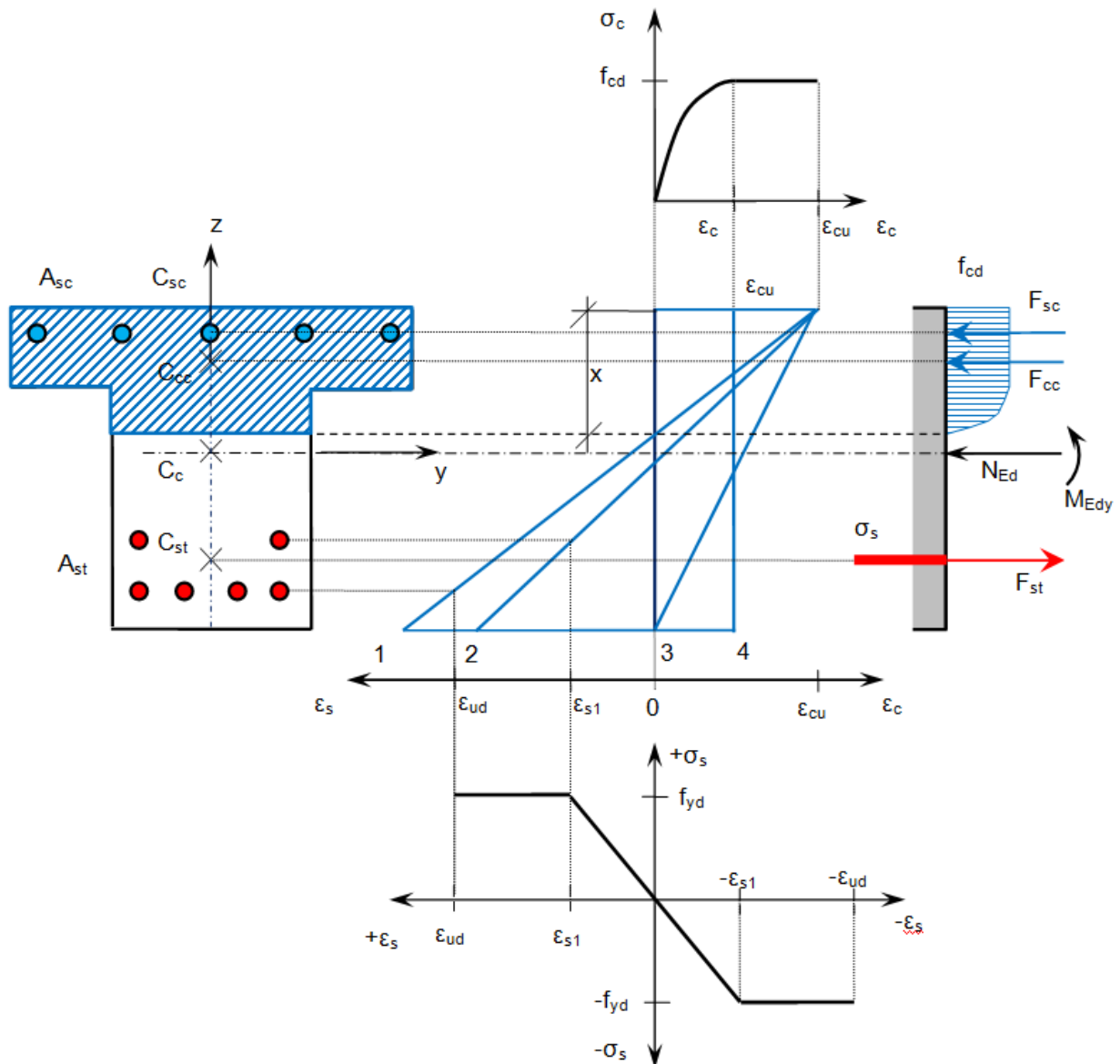
Předchozí obrázek ukazuje nikoli specifickou situaci, ale představme si mezní stav. Pod limitním stavem rozumíme situaci, kdy jsou buď beton nebo ocel protaženy na limitní hodnotu. V podobném diagramu můžeme zakreslit některé případy. Základní předpoklady této metody limitního přetvoření jsou na následujícím obrázku. Obecně mohou nastat čtyři limitní stavy. Na následujícím obrázku jsou jednotlivé typy stavů průřezu očíslovány (1-4). Stav (1) odpovídá optimálnímu selhání, kdy je dosaženo mezní tlakové přetvoření v betonu (ϵ_{cu}) a mezní tahové přetvoření ve výztuži (ϵ_{ud}). Ve druhém stavu (2) se předpokládá, že je dosaženo mezní přetvoření v betonu a přetvoření v předpětí se pohybuje na počátku plastické větve (ϵ_s). Ve stavu (3) se začíná drtit beton. A konečně stav (4) představuje dosažení mezního tlakového přetvoření u osově zatížených dílců sníženého kvůli vlivu křehkého lomu.

Jsou provedeny následující posudky:

- posudek tlačného betonu (cc)
 - ověření přetvoření: $\epsilon_{cc} / \epsilon_{cc,lim}$
 - ověření napětí: $\sigma_{cc} / \sigma_{cc,lim}$
- posudek tlačné výztuže (sc)
 - ověření přetvoření: $\epsilon_{sc} / \epsilon_{sc,lim}$
 - ověření napětí: $\sigma_{sc} / \sigma_{sc,lim}$
- posudek tažené výztuže (st)
 - ověření přetvoření: $\epsilon_{st} / \epsilon_{st,lim}$
 - ověření napětí: $\sigma_{st} / \sigma_{st,lim}$

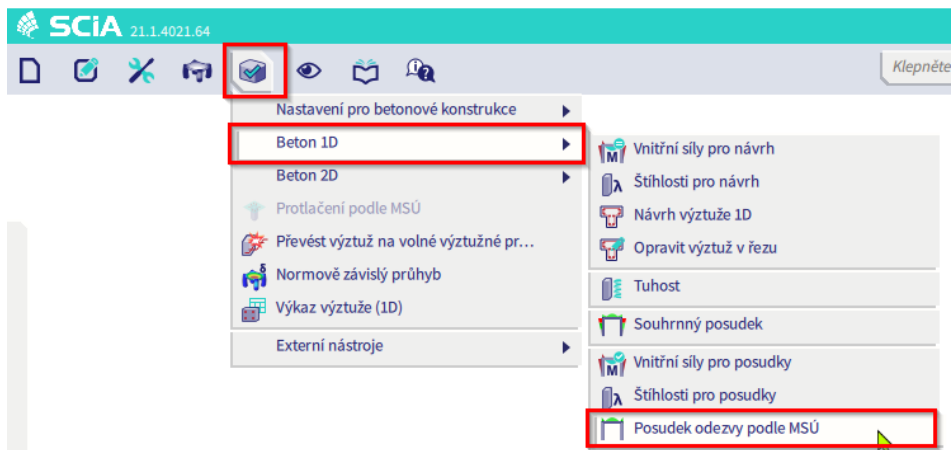
Jednotkový posudek (UC) zobrazuje maximum ze všech dílčích jednotkových posudků:

$$UC = \max(\epsilon_{cc} / \epsilon_{cc,lim}; \sigma_{cc} / \sigma_{cc,lim}; \epsilon_{sc} / \epsilon_{sc,lim}; \sigma_{sc} / \sigma_{sc,lim}; \epsilon_{st} / \epsilon_{st,lim}; \sigma_{st} / \sigma_{st,lim})$$



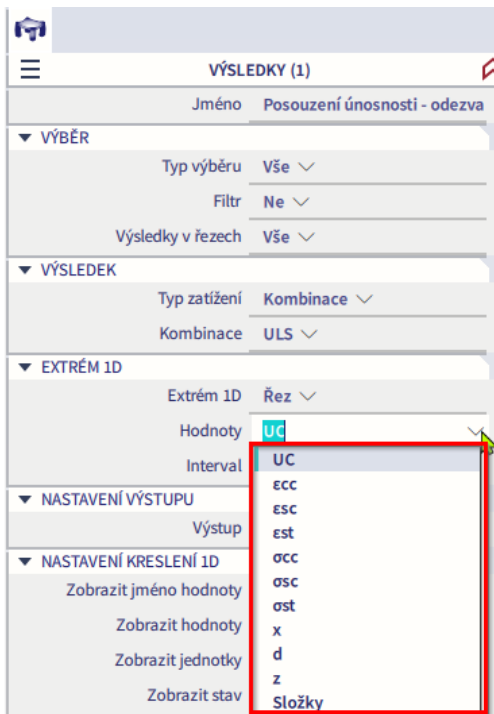
Příklad: 'beam_practical_reinforcement.esa'

Posudek se ve SCIA Engineer nachází v hlavním menu pod ikonou Návrh → Beton 1D → Posudek odezvy podle MSÚ:



Pro posudek je potřeba nastavit Typ zatížení, na který se má posudek napočítat. Pro příklad je proveden posudek pro kombinace ULS.

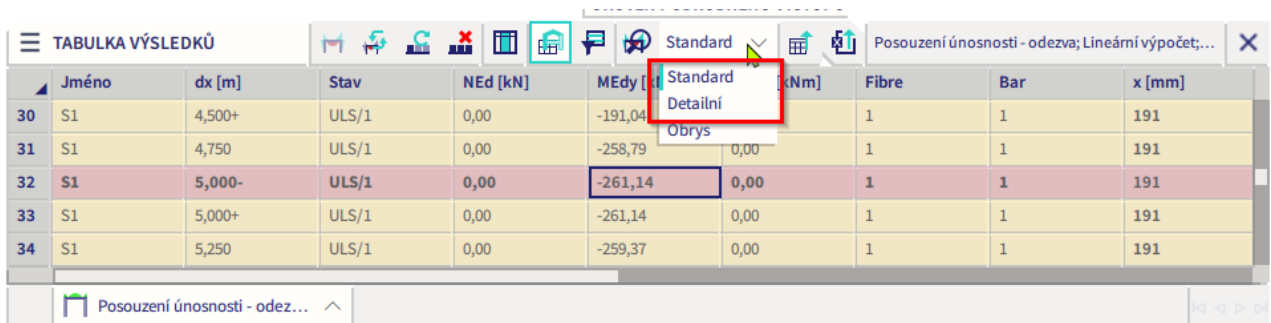
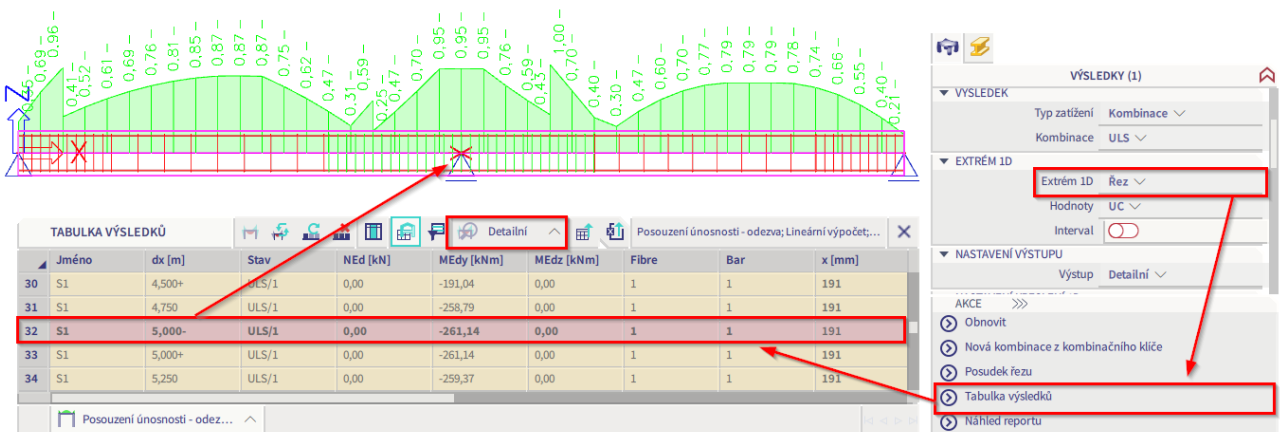
V posudku jsou pro zobrazení dostupné tyto hodnoty:



- UC... jednotkový posudek odezvy (viz výše)
- ϵ_{cc} ...maximální hodnota tlakového přetvoření v betonu
- ϵ_{sc} ...maximální hodnota tlakového přetvoření ve výztuži
- ϵ_{st} ...maximální hodnota tahové přetvoření ve výztuži
- σ_{cc} ...maximální hodnota tlakového napětí v betonu
- σ_{sc} ...maximální hodnota tlakového napětí ve výztuži
- σ_{st} ...maximální hodnota tahového napětí ve výztuži
- x...výška neutrální osy
- d...účinná výška průřezu
- z...rameno vnitřních sil

Pro ukázkou je zobrazen posudek nad střední podporou (řez x=5,0m).

K zobrazení posudku ve vybraném řezu je možné použít Tabulkové výsledky. Extrém 1D v panelu vlastností je nastaven na Řez → ve spodní části panelu je akční tlačítko "Tabulka výsledků" → po spuštění se zobrazí tabulka, stačí vybrat řez v místě 5,0m. Tento řez je označen v modelovacím prostoru červenou hvězdičkou → nastavit Standardní nebo Detailní náhled a dvakrát poklepat levým tlačítkem myši na jakoukoliv buňku v řádku → otevře se náhled posudku ve vybraném řezu:



Standardní náhled:

NÁHLED REPORTU

Posouzení únosnosti - odezva
Lineární výpočet
Kombinace: ULS

Nosník S1	RECT (500; 300)
EC EN 1992-1-1:2004/AC:2008	Řez 29 [dx = 5 m]

Délka prvku: L = 10 m
Vzpěr y-y: $L_y = 10$ m (posuvný)
Vzpěr z-z: $L_z = 10$ m (posuvný)

Beton: C30/37
Bilineární pracovní diagram
Třída prostředí: XC3
Podélná výztuž: B 500A
Bilineární s nakloněnou horní větví
 $7\phi 20$ (2199 mm²)
 $\rho_l = 1,466\%$ (17.3 kg/m)
Smyková výztuž: B 500A
Bilineární s nakloněnou horní větví
 $2L \phi 10/99.7$ (157 mm²)
 $\rho_w = 0,525\%$ (12.4 kg/m)
Krytí (třmínek)
Horní: 36 mm
Spodní: 36 mm
Levý: 36 mm
Pravý: 36 mm

Shrnutí posudku

Typ komponenty	Vláčno / prut	ϵ_{extr} [‰]	σ_{extr} [MPa]	Posouzení přetvoření [-]	Posouzení napětí [-]	Jed. pos. [-]	Limit: [-]	Stav
Beton	1	-1.63	-18.7	0,47	0,93	0,95	1	OK
Výztuž	1	2.17	434	0,10	0,95			

Ve Standardním náhledu je možné vidět jednotkový posudek UC a extrémní hodnotu napětí a přetvoření ve vyšetřovaném řezu.

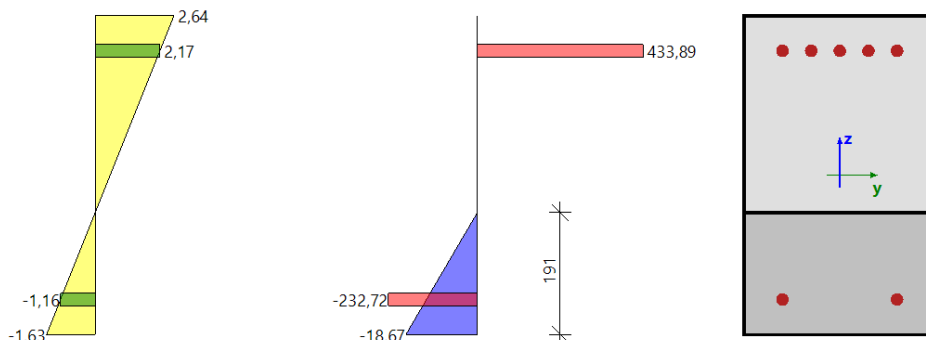
V detailním náhledu je možné vidět extrémní a limitní hodnoty napětí a přetvoření v jednotlivých komponentách průřezu:

Extrémní hodnoty napětí / přetvoření v komponentě

Typ komponenty	Vláčno / prut	ϵ [‰]	ϵ_{lim} [‰]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Jed. pos. [-]	Stav
Beton v tlaku	1	-1.63	-3.5	-18.7	-20	0,93	OK
Beton v tahu	3	2.64	0	0	0	0,00	OK
Výztuž v tlaku	3	-1.16	-22.5	-233	-454	0,51	OK
Výztuž v tahu	1	2.17	22.5	434	454	0,95	OK

Všimněte si, že tahové napětí v betonu se neuvažuje, proto je odpovídající jednotkový posudek (UC) = 0. Součástí detailního náhledu jsou také diagramy rozdělení napětí a přetvoření po průřezu:

Rozdělení napětí a přetvoření

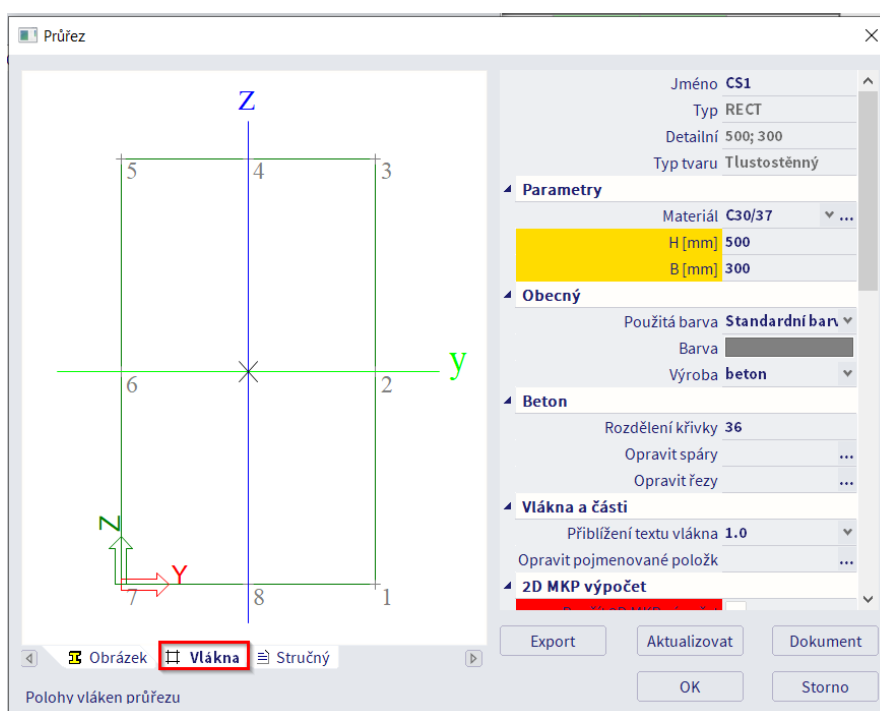


Na konci detailního náhledu je podrobná tabulka napětí a přetvoření pro všechna vlákna betonového průřezu:

Podrobné výsledky napětí a přetvoření v betonových vláknech

Vlákno	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	0.15	-0.25	-1.63	-3.5	-18.7	-20	0.47	0.93	OK
2	C30/37	0.15	0	0.5	0	0	0	0	0	OK
3	C30/37	0.15	0.25	2.64	0	0	0	0	0	OK
4	C30/37	0	0.25	2.64	0	0	0	0	0	OK
5	C30/37	-0.15	0.25	2.64	0	0	0	0	0	OK
6	C30/37	-0.15	0	0.5	0	0	0	0	0	OK
7	C30/37	-0.15	-0.25	-1.63	-3.5	-18.7	-20	0.47	0.93	OK
8	C30/37	0	-0.25	-1.63	-3.5	-18.7	-20	0.47	0.93	OK

Poznámka: Číslování vláken je možné najít v Knihovně → Průřezy → záložka Vlákna:



Další tabulkou detailního náhledu shrnuje tabulka napětí a přetvoření pro všechny pruty výztuže v posuzovaném řezu:

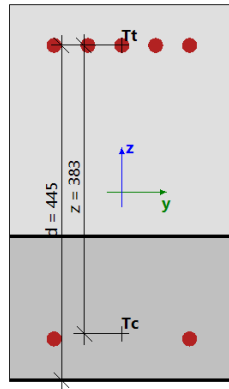
Podrobné výsledky napětí a přetvoření v prutech výztuže

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 500A	20	0.09	0.195	2.17	22.5	434	454	0.1	0.95	OK
2	B 500A	20	-0.09	0.195	2.17	22.5	434	454	0.1	0.95	OK
3	B 500A	20	-0.09	-0.195	-1.16	-22.5	-233	-454	0.05	0.51	OK
4	B 500A	20	0.09	-0.195	-1.16	-22.5	-233	-454	0.05	0.51	OK
5	B 500A	20	0.045	0.195	2.17	22.5	434	454	0.1	0.95	OK
6	B 500A	20	0	0.195	2.17	22.5	434	454	0.1	0.95	OK
7	B 500A	20	-0.045	0.195	2.17	22.5	434	454	0.1	0.95	OK

Nastavení ovlivňující posudek únosnosti – odezva:

1. Účinná výška průřezu - d

Účinná výška průřezu se obvykle definuje jako vzdálenost nejvíce tlačeneho vlákna betonu od těžiště tažené výztuže. Ve Scia Engineer se účinná výška průřezu definuje jako vzdálenost nejvíce tlačeneho vlákna betonu od polohy výslednice sil v tažené výztuži. V souvislosti se zatížením ohybem se ve SCIA Engineer počítá kolmý průmět této vzdálenosti do přímky kolmé k neutrální ose (skloněná přímka rovnovážné roviny) označovaný jako d.



Existují výjimečné případy, kdy se účinná výška z rovnovážné roviny nespočte:

- o Nelze určit nejvíce tlačené vlákno (celý průřez je tažený).
- o Nelze určit výslednici tahových sil (celý průřez je tlačný).
- o Rovnováha není nalezena
- o Vzdálenost nejvíce tlačeneho vlákna a výslednice sil v tažené výztuži je menší než 0,5·h.

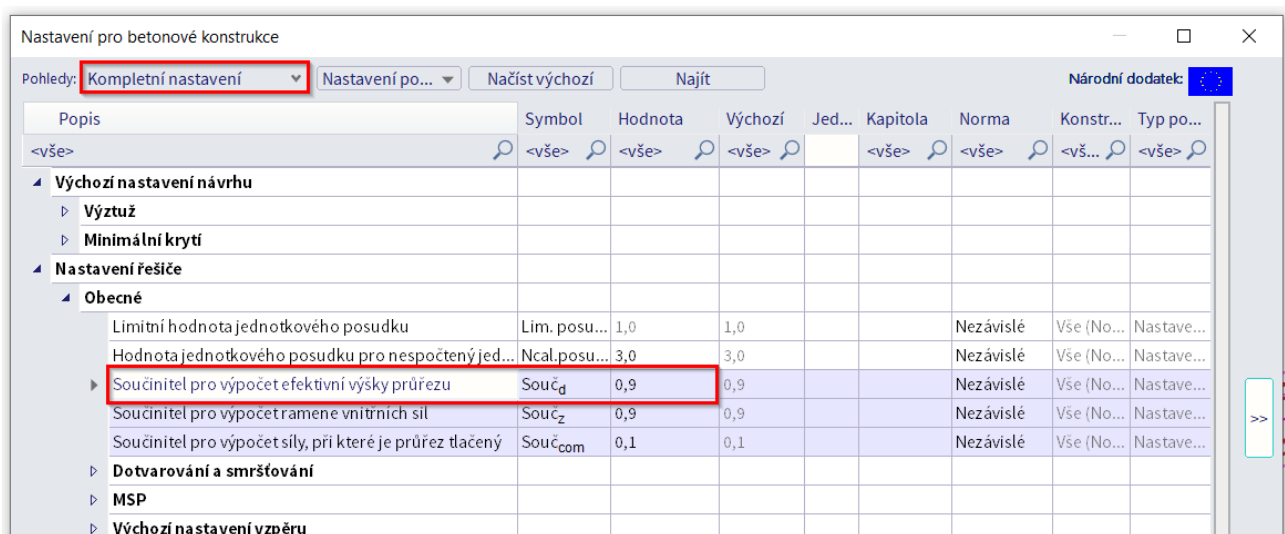
V takovém případě se účinná výška spočte podle rovnice:

$$d = \text{Coeff}_d * h_i$$

kde :

Coeff_d je součinitel pro výpočet účinné výšky průřezu načtený z nastavení betonu, pokud efektivní výšku průřezu nelze spočítat z rovnovážné roviny. Výchozí hodnota 0,9. Tuto hodnotu je možné upravit v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled “Kompletní nastavení” → **Součinitel pro výpočet efektivní výšky** průřezu viz obrázek níže

h_i je výška průřezu kolmá k neutrální ose



Pokud se vyskytne více nejvíce tlačných vláken se stejnou hodnotou napětí v tlaku, použije se ve výpočtu efektivní výšky vlákno, které je nejbližší k přímce vedené ve směru výslednice ohybových momentů a procházející těžištěm průřezu.

2. Rameno vnitřních sil

Rameno vnitřních sil je v EN 1992-1-1, čl. 6.2.3 (3) definováno jako vzdálenost sil v taženém tlačném pásu. Z toho plyne, že se jedná o vzdálenost výslednice tahových sil (tahová výztuž) a výslednice tlakových sil (tlačná výztuž a tlačný beton). Pro lepší náhled se počítá kolmý průmět ramene vnitřních sil do přímky kolmé k neutrální ose (skloněná přímka rovnovážné roviny) označovaný jako Z_{rec} .

Kromě vlastního ramene vnitřních sil se počítá pouze část ramene vnitřních sil:

- část ramene vnitřních sil (vzdálenost od středu tahové síly do těžiště průřezu) - hodnota z_+ nebo průmět této hodnoty do přímky kolmé k neutrální ose – hodnota Z_{rec+}
- část ramene vnitřních sil (vzdálenost od středu tlakové síly do těžiště průřezu) - hodnota z_- nebo průmět této hodnoty do přímky kolmé k neutrální ose – hodnota Z_{rec-}

Existují výjimečné případy, kdy se rameno vnitřních sil z rovnovážné roviny nespočte:

- Nelze určit nejvíce tlačné vlákno (celý průřez je tažený).
- Nelze určit výslednici tahových sil (celý průřez je tlačný).
- Rovnováha nebyla nebo není nalezena.
-

V tom případě se rameno vnitřních sil a jeho části spočtou ze vzorců:

$$z = Z_{rec} = \text{Coeff}_z * d$$

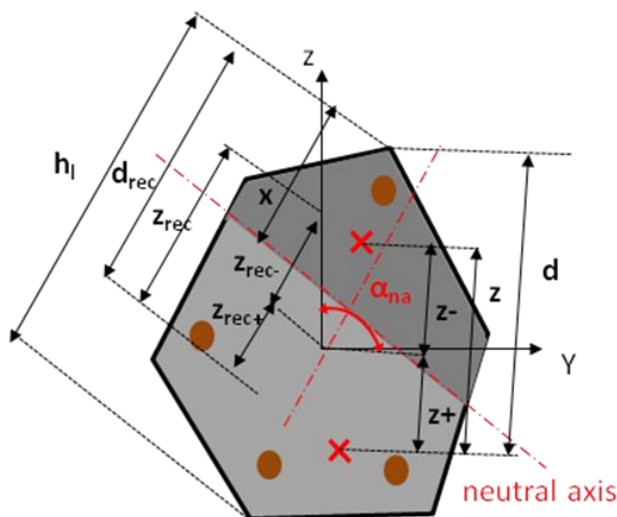
$$z_+ = Z_{rec+} = z_- = Z_{rec-} = 0.5 \cdot z$$

kde:

Coeff_z je součinitel pro výpočet ramene vnitřních sil průřezu načtený z Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → **Součinitel pro výpočet ramene vnitřních sil** (viz obrázek níže), pokud rameno vnitřních sil průřezu nelze spočítat z rovnovážné roviny. Výchozí hodnota 0,9.

d je účinná výška průřezu

Popis	Symbol	Hodnota	Výchozí	Jed...	Kapitola	Norma	Konstr...	Typ po...
<vše>	<vše>	<vše>	<vše>		<vše>	<vše>	<vš...>	<vše>
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Výchozí nastavení návrhu <ul style="list-style-type: none"> ▶ Výztuž ▶ Minimální krytí ▶ Nastavení řešiče <ul style="list-style-type: none"> ▶ Obecné <ul style="list-style-type: none"> Limitní hodnota jednotkového posudku Hodnota jednotkového posudku pro nespočtený jed... Součinitel pro výpočet efektivní výšky průřezu Součinitel pro výpočet ramene vnitřních sil Součinitel pro výpočet síly, při které je průřez tlačný ▶ Dotvarování a smršťování 								
Limitní hodnota jednotkového posudku	Lim. posu...	1,0	1,0			Nezávislé	Vše (No...	Nastave...
Hodnota jednotkového posudku pro nespočtený jed...	Ncal.posu...	3,0	3,0			Nezávislé	Vše (No...	Nastave...
Součinitel pro výpočet efektivní výšky průřezu	Souč _{e4}	0,9	0,9			Nezávislé	Vše (No...	Nastave...
Součinitel pro výpočet ramene vnitřních sil	Souč _z	0,9	0,9			Nezávislé	Vše (No...	Nastave...
Součinitel pro výpočet síly, při které je průřez tlačný	Souč _{com}	0,1	0,1			Nezávislé	Vše (No...	Nastave...



Chyby a varování

Následující chyby, varování a poznámky se mohou objevit při provádění posudku kapacity podle odezvy. Seznam chyb a varování je možné najít také v helpu – [zde](#).

Výpis chyb

Počet	Typ	Popis	Popis/řešení
E0/1	Chyba	Rovnovážná rovina nebyla nalezena.	Zvýšit množství výztuže nebo zvětšit rozměry průřezu nebo zlepšit kvalitu použitých materiálů.
E0/2	Chyba	Byla překročena maximální hodnota charakteristické válcové pevnosti.	Zmenšit hodnotu charakteristické válcové pevnosti betonu použitého materiálu nebo změnit limitní hodnotu v nastavené betonu.
E0/3	Chyba	Byla překročena minimální hodnota charakteristické válcové pevnosti.	Zvětšit hodnotu charakteristické válcové pevnosti betonu použitého materiálu.
E0/4	Chyba	Byla překročena hodnota charakteristické meze kluzu nepředepjaté výztuže.	Zmenšit hodnotu charakteristické meze kluzu nepředepjaté výztuže nebo změnit limitní hodnotu v nastavené betonu.
E0/5	Chyba	Bylo překročeno mezní přetvořené betonu.	Zvýšit množství výztuže nebo zvětšit rozměry průřezu nebo zlepšit kvalitu použitých materiálů.

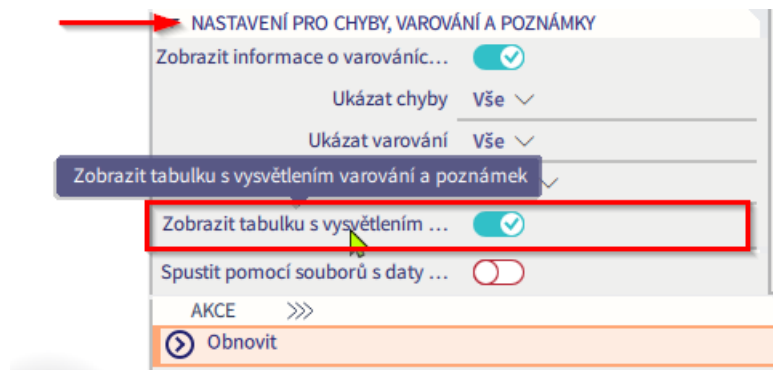
Výpis poznámek

Číslo	Typ	Popis
N0/1	Poznámka	Výpočet nebyl proveden (protože je použit číselný průřez, fázovaný průřez nebo dílec či průřez z jiného materiálu než beton).
N0/2	Poznámka	Předpínací výztuž není ve výpočtu uvažována.
N0/3	Poznámka	Výztuž z volných prutů není ve výpočtu uvažována.
N0/4	Poznámka	Je zadána nějaká podélná konstrukční výztuž, která není pro posudek MSÚ a MSP uvažována.
N0/5	Poznámka	Je zadány nějaké konstrukční třmínky, které nejsou pro posudek smyku a kroucení uvažovány.
N2/1	Poznámka	Normálové síly a ohybové momenty jsou nulové ($N = 0, M_y = 0, M_z = 0$).

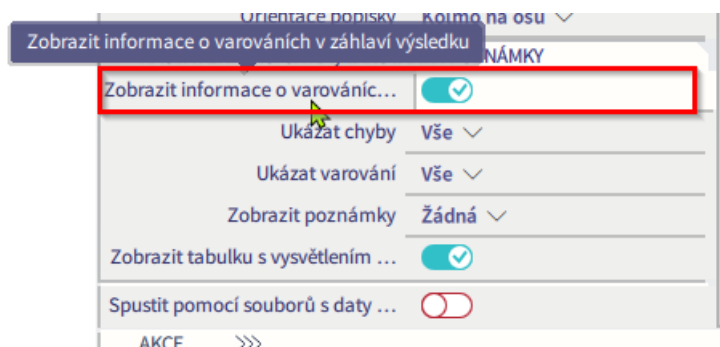
N2/2	Poznámka	Efektivní výška průřezu byla spočtena z uživatelem zadané hodnoty $d=souč_d \cdot h$, protože efektivní výšku průřezu nelze spočítat z rovnovážné roviny (tahová výztuž, tlačena vlákna betonu rovnovážné roviny nebyly nalezeny).
N2/3	Poznámka	Rameno vnitřních sil průřezu bylo spočteno z uživatelem zadané hodnoty $d=souč_z \cdot d$, protože rameno vnitřních sil nelze spočítat z rovnovážné roviny (tahová výztuž, tlačena vlákna betonu rovnovážné roviny nebyly nalezeny).
N2/4	Poznámka	Část ramene vnitřních sil průřezu bylo spočteno z uživatelem zadané hodnoty $z+(-)=0,5 \cdot z$, protože rameno vnitřních sil nelze spočítat z rovnovážné roviny (tahová výztuž, tlačena vlákna betonu rovnovážné roviny nebyly nalezeny).

Vysvětlení chyb a varování lze zobrazit:

- o Ve spodní části panelu vlastností (při spuštěném posudku) je možnost **“Zobrazit tabulku s vysvětlením varování a poznámek”** – tabulka s popisem se zobrazí v Náhledu reportu.



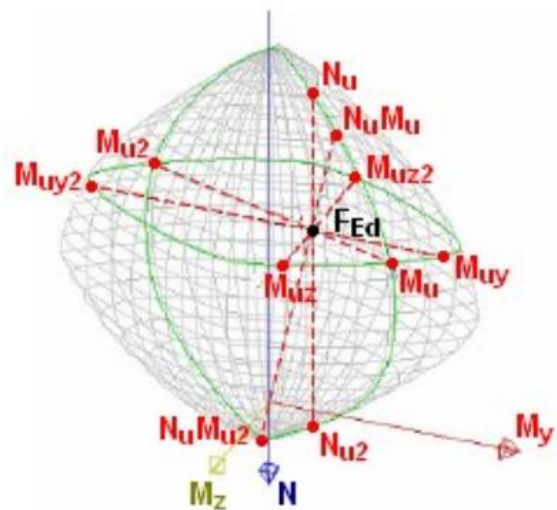
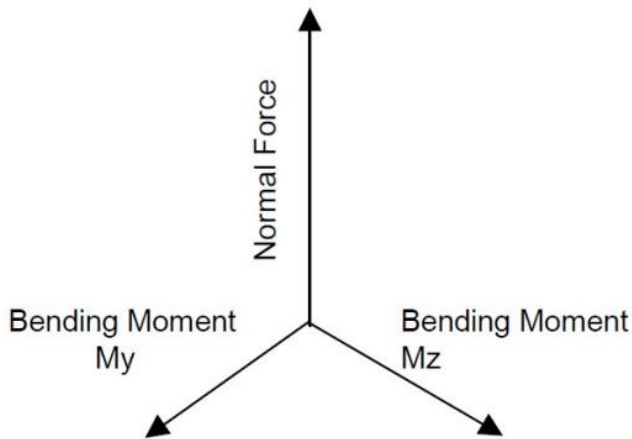
- o Ve spodní části panelu vlastností (při spuštěném posudku) je také možnost **“Zobrazit informace o varováních v záhlaví výsledku”** - tabulka s popisem se zobrazí v levém horním rohu modelovacího prostoru.



POSOUZENÍ KAPACITY – DIAGRAM – PODLE MSÚ

Posouzení kapacity – diagram – podle MSÚ vytváří interakční diagram, který představuje kapacitu betonového dílce při namáhání kombinací osové síly a ohybových momentů. V závislosti na zatížení se mění poloha neutrální osy a to vede k různým velikostem tlačěných a tažených oblastí v betonovém dílci. Proto tento postup vede k jiné únosnosti, než je spočteno z průběhu napětí.

Diagram počítá extrémní dovolenou interakci mezi normálovou silou a ohybovými momenty M_y a M_z . Tento diagram je teoreticky prostorový, ale SCIA Engineer dovoluje uživateli získat vodorovné a svislé řezy. Osa diagram má osy pro normálovou sílu N , ohybový moment M_y a ohybový moment M_z .



Předpoklady a omezení

Platí následující předpoklady:

- Použije se pracovní diagram zadaný ve vlastnostech materiálu.
 - Beton - bilineární nebo parabolicko-obdélníkový pracovní diagram.
 - Výztuž - bilineární pracovní diagramy se skloněnou vodorovnou větví nebo bez ní.
- Tahové napětí v betonu se neuvažuje.
- Uvažuje se standardní výztuž REDES.
- Únosnost prostého betonu se také spočte z interakčního diagramu s použitím příslušného součinitele $\alpha_{cc,pl}$ podle kapitoly 12.6.3(1) z EN 1992-1-1.

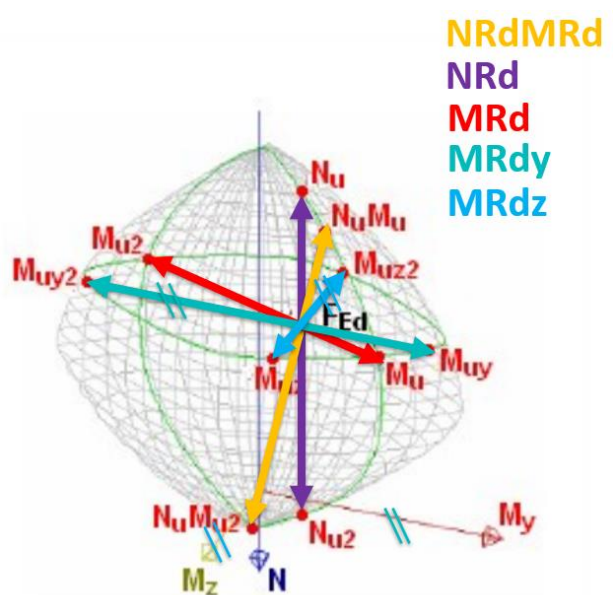
Platí následující omezení: Plocha podélné výztuže se v prvním kroku neodečítá od plochy betonu

Teorie

Průřez je nejprve zcela zatížen tlakem, pak se stane převyztuženým, až nakonec bude dosaženo bodu, kdy je vyvážený. Po dosažení bodu s vyváženým návrhem dosáhne průřez prostého ohybu, pak je podvyztužený a nakonec je zcela tažený.

Obecně se interakční diagram používá k nalezení únosností posuzovaného průřezu. Nalezení kapacity závisí na použité metodě pro určení průsečíku s interakčním diagramem. Metoda může být:

- **NRd** – ohybový moment M_y a M_z jsou konstantní a průsečík se hledá ve svislém směru.
- **MRd** - normálová síla N je konstantní a průsečík se hledá ve vodorovném směru.
- **NRdMRd** - použitá excentricita je konstantní a průsečík se hledá ve směru konstantní excentricity.
- **MRdy** – ohybový moment kolem osy z a normálová síla jsou konstantní a průsečík se hledá ve vodorovném směru v rovině N - M_y .
- **MRdz** – ohybový moment kolem osy y a normálová síla jsou konstantní a průsečík se hledá ve svislém směru v rovině N - M_z .

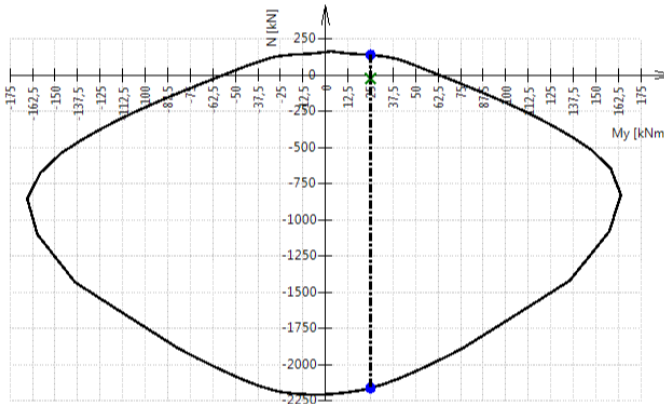


Viz příklad řezů interakčního diagramu po konkrétní metodu:

Metoda NRd: My a Mz jsou konstantní.

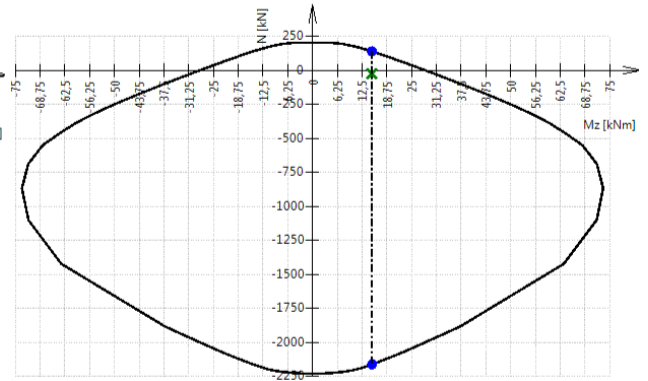
svislý řez N-My:

3D interaction diagram - Vertical section N-My



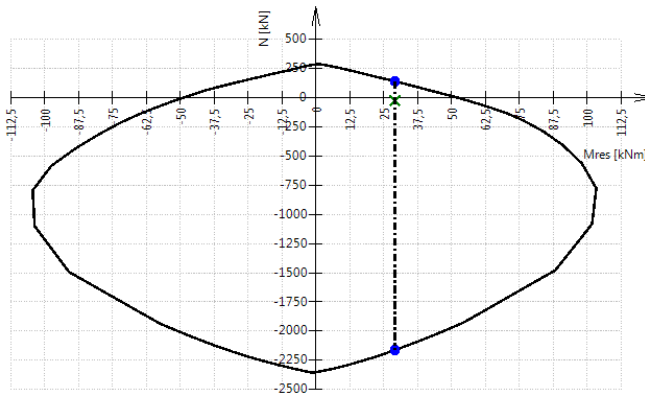
svislý řez N-Mz:

3D interaction diagram - Vertical section N-Mz



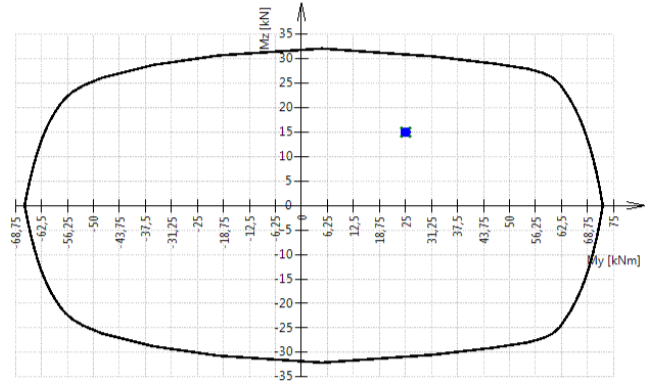
svislý řez N-Mres:

3D interaction diagram - Vertical section N-Mres



vdorovný řez My-Mz:

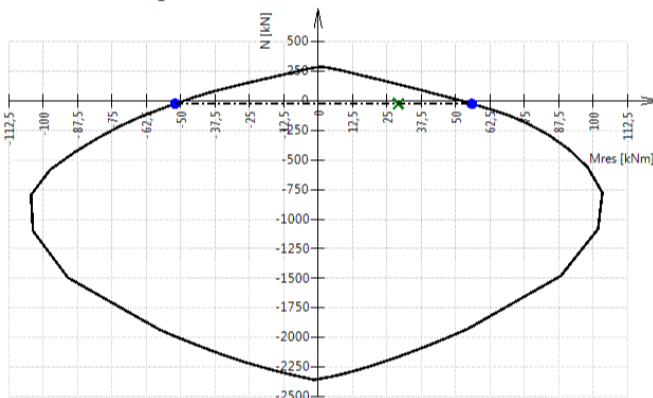
3D interaction diagram - Horizontal section My-Mz



Metoda MRd: N je konstantní.

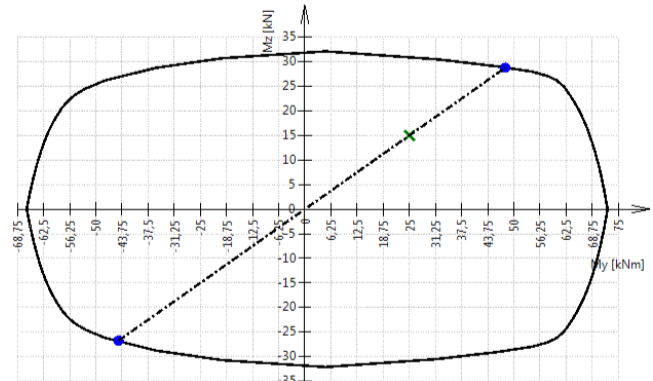
svislý řez N-Mres

3D interaction diagram - Vertical section N-Mres



vdorovný řez My-Mz

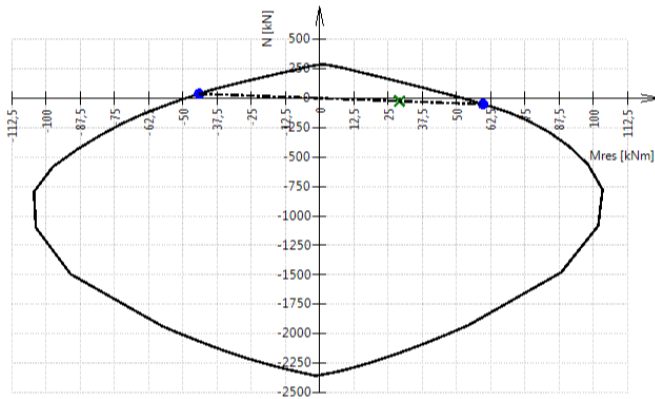
3D interaction diagram - Horizontal section My-Mz



Metoda NRdMRd: excentricita je konstantní.

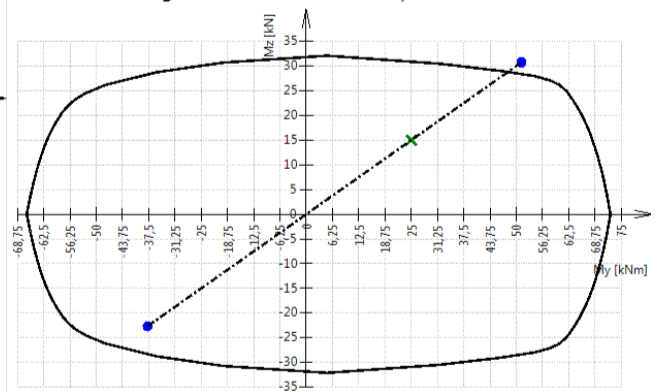
svislý řez N-M_{res}

3D interaction diagram - Vertical section N-M_{res}



vodorovný řez My-Mz

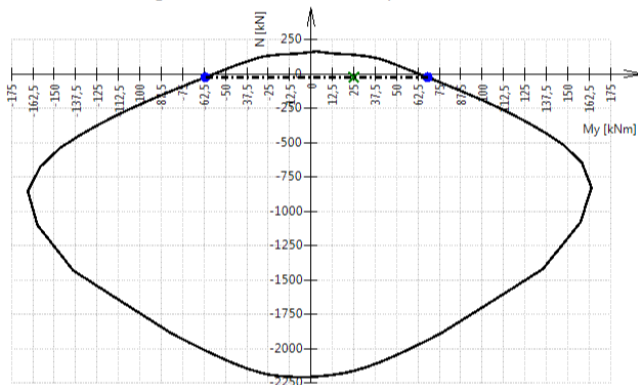
3D interaction diagram - Horizontal section My-Mz



Metoda MRdy: Mz a N jsou konstantní.

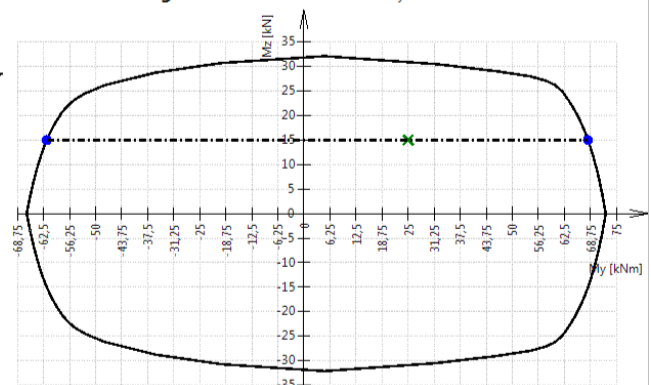
svislý řez N-My

3D interaction diagram - Vertical section N-My



vodorovný řez My-Mz

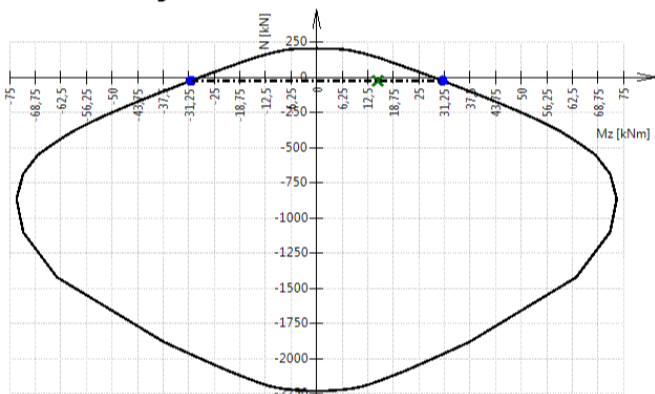
3D interaction diagram - Horizontal section My-Mz



Metoda MRdz: My a N jsou konstantní.

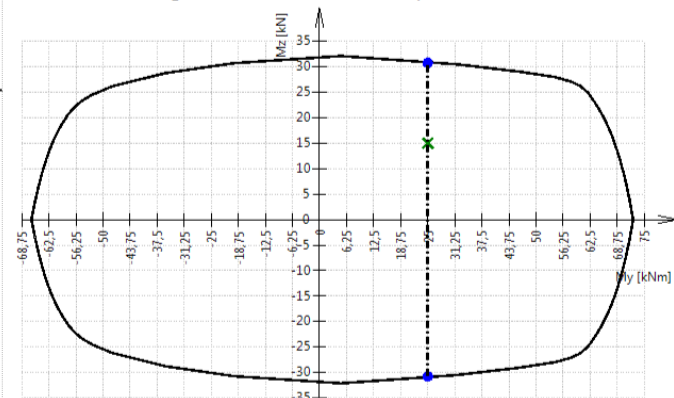
svislý řez N-Mz

3D interaction diagram - Vertical section N-Mz



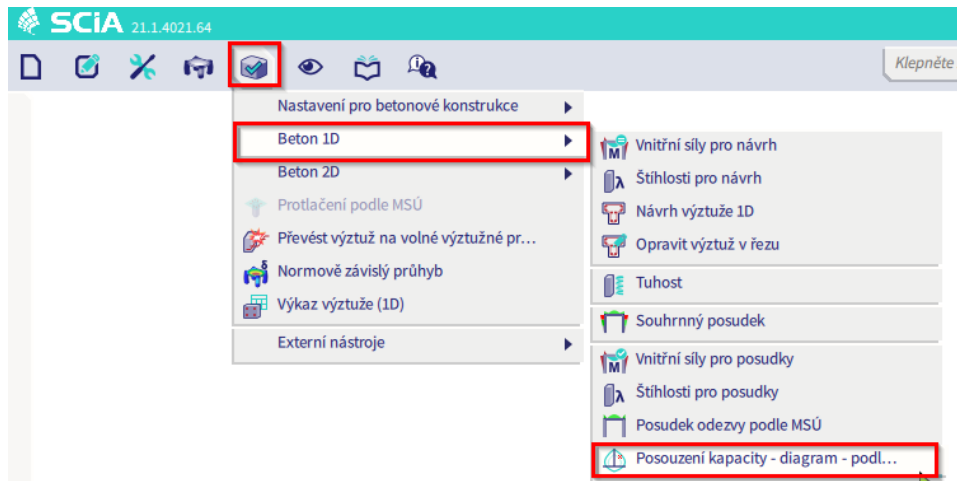
vodorovný řez My-Mz

3D interaction diagram - Horizontal section My-Mz



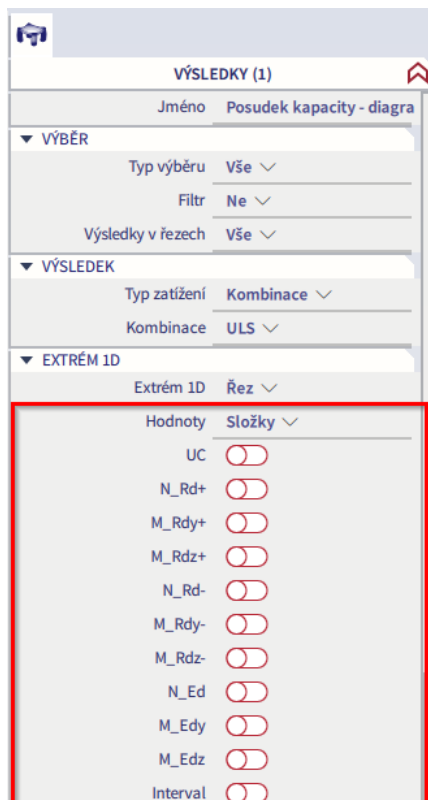
Příklad: 'beam_practical_reinforcement.esa'

Posudek kapacity se ve SCIA Engineer nachází v hlavním menu pod ikonou Návrh → Beton 1D → Posudek kapacity – diagram - podle MSÚ:



Ve vlastnostech posudku je potřeba nastavit Typ zatížení, na který se má posudek napočítat. Pro příklad je proveden posudek pro kombinaci ULS.

V posudku jsou pro zobrazení dostupné tyto hodnoty:



Složky:

UC - jednotkový posudek interakčního diagramu, počítá se jako poměr vzdáleností v interakčním diagramu. Výpočet je možné vidět v detailním náhledu posudku.

N_{Rd+} - únosnost na normálovou sílu (maximální kladné hodnoty)

M_{Rdy+} - ohybová únosnost (My) (maximální kladné hodnoty)

M_{Rdz+} - ohybová únosnost (Mz) (maximální kladné hodnoty)

N_{Rd-} - únosnost na normálovou sílu (minimální záporné hodnoty)

M_{Rdy-} - ohybová únosnost (My) (minimální záporné hodnoty)

M_{Rdz-} - ohybová únosnost (Mz) (minimální záporné hodnoty)

M_{Rdz+} - ohybová únosnost (Mz) (maximální kladné hodnoty)

N_{Ed} - návrhová hodnota normálové síly

M_{Edy} - návrhová hodnota ohybového momentu (My)

M_{Edz} - návrhová hodnota ohybového momentu (Mz)

Hodnoty:

UC - jednotkový posudek interakčního diagram

N_{Rd} – zobrazení N_{Rd+} i N_{Rd-}

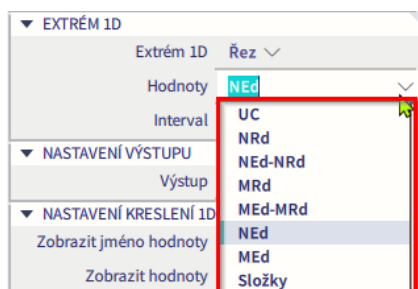
N_{Ed}-N_{Rd} – zobrazení N_{Ed}, N_{Rd+} i N_{Rd-}

M_{Rd} – zobrazení M_{Rdy+}, M_{Rdy-}, M_{Rdz+} i M_{Rdz-}

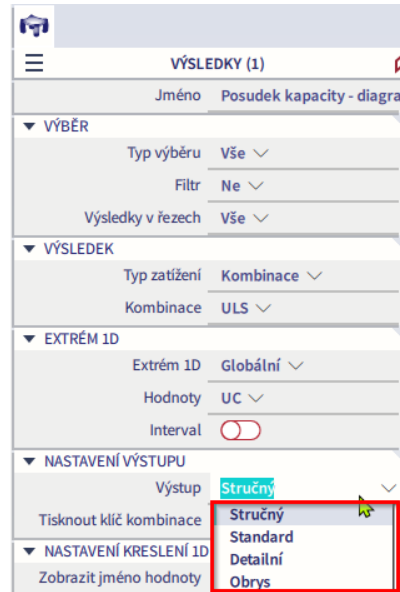
M_{Ed}-M_{Rd} -zobrazení M_{Rdy+}, M_{Rdy-}, i M_{Edy}

N_{Ed} - návrhová hodnota normálové síly

M_{Ed} – zobrazení M_{Edy} i M_{Edz}



K dispozici jsou čtyři typy výstupů – Stručný, Standard, Detailní a Obrys:



Pro ukázkou jsou uvedeny výstupy pro řez $x=5,0m$. Posudek konkrétního řezu je možné zobrazit pomocí tabulkové výsledky – vysvětleno v Posudku odezvy na MSÚ viz výše.

Standardní výstup poskytuje souhrnný výsledek posudku:

Shrnutí posudku

N	N_{Ed}	N_{Rd+}	M_y	M_{Edy}	M_{Rdy+}	M_{Rdy-}	UC	Stav
		N_{Rd-}	M_z	M_{Edz}	M_{Rdz+}	M_{Rdz-}		
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[-]	
0	0	0	-261	-261	119	-278	0,94	OK
		0	0	0	0	0		M_{Edz}/M_{Rdz}

Detailní náhled poskytuje podrobnější informace posudku např. vzorce s dosazením:

Shrnutí posudku

Síly: $N_{Ed} = 0 \text{ kN}$ $M_{Edy} = -261 \text{ kNm}$ $M_{Edz} = 0 \text{ kNm}$

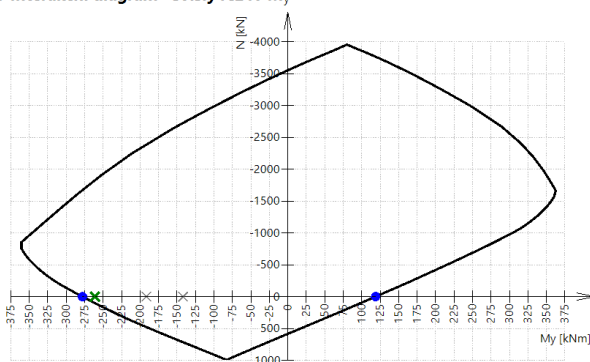
Odolnost: $N_{Rd} = 0 \text{ kN}$ $M_{Rdy} = -278 \text{ kNm}$ $M_{Rdz} = 0 \text{ kNm}$

Výpočet jednotkového posudku.

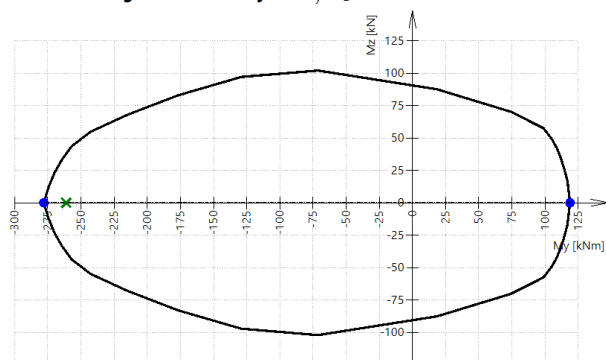
$$UC = \frac{\sqrt{N_{Ed}^2 + M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2}}{\sqrt{N_{Rd}^2 + M_{Rdy}^2 + M_{Rdz}^2}} = \frac{\sqrt{0^2 + (-261)^2 + 0^2}}{\sqrt{0^2 + (-278)^2 + 0^2}} = 0,939 \leq 1 \quad \text{OK}$$

Detailní náhled obsahuje i vykreslené interakční diagramy:

3D interakční diagram - svislý řez N-M_y



2D interakční diagram - vodorovný řez M_y-M_z



Výstup “Obrys” je k dispozici, pokud licence obsahuje modul sen.07 (Open design). Tento výstup zobrazuje krok po kroku, co se děje ve výpočtu. Výstup je možné použít nástroj pro vytváření vlastních výpočtů posudků (vlastní psané skripty pomocí SDF Builderu, Open Design – modul sen.07) nebo může sloužit jako pomůcka pro lepší pochopení, co se děje na pozadí výpočtu.

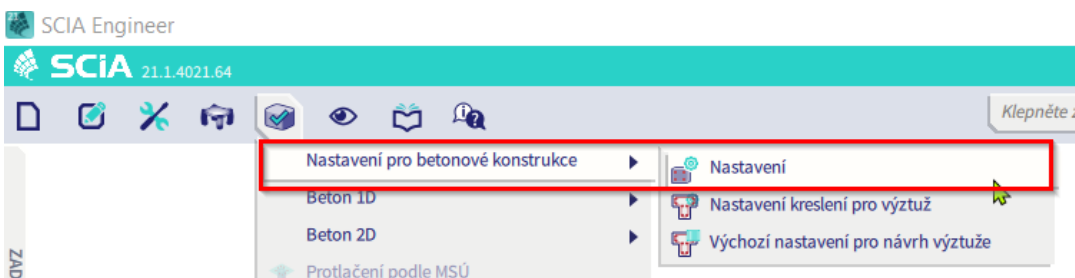
```

NÁHLED REPORTU | Default | 115%
Posouzení kapacity - interakční diagram
Lineární výpočet
Kombinace: ULS
<Run CLC="C:\Program Files\SCIA\Engineer21.1\OpenChecksConcrete\EC_Check_Capacity_InteractionDiagram3D_SEN_Check.clc"
Member="Beam.1" Place="30" Combi="1">
<P D="{EC_Check_Capacity_InteractionDiagram3D_SEN_Check.clc}" X="4">
<N D="24: IF(False)" />
<N D="39: Functions1D_DataFromSEN = TExternCLC(C:\Program Files\SCIA\Engineer21.1\
OpenChecksConcrete\FunctionsDataFromSEN.clc)" />
<N D="40: IF(False)">
<P D="IsULSCombi = True; {FunctionsDataFromSEN.clc}" N="Function parameters (0):" X="5">
<N D="33: IOhelper = TExternCLC(C:\Program Files\SCIA\Engineer21.1\OpenChecksConcrete\IOhelper.clc)" />
<N D="34: actLoad = { CombiKey=1.35*LC1+1.35*LC2+1.50*LC3,CombiType=4,ID=1, LimitState=1, LoadName=ULS, Type=1 }">
<P D="GetActLoad = { CombiKey=1.35*LC1+1.35*LC2+1.50*LC3,CombiType=4,ID=1, LimitState=1, LoadName=ULS, Type=1 };
{IOhelper.clc}" N="Function parameters (0):" X="5">
<N D="122: IF(False)" />
    
```

Nastavení ovlivňující posudek kapacity:

- metoda interakčního diagramu
- rozložené přetvoření
- počet bodů ve svislém řezu

1. Metoda interakčního diagramu – metodu je možné zvolit v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled “Kompletní nastavení” → Interakční diagram → Metoda interakčního diagramu:



Nastavení pro betonové konstrukce

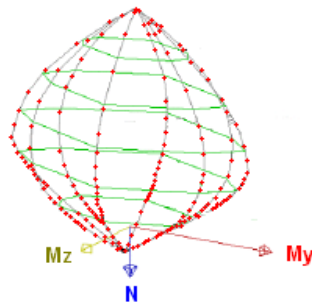
Pohledy: Kompletní nastavení | Nastavení po... | Načíst výchozí | Najít | Národní dodatek: [EU]

Popis	Symbol	Hodnota	Výchozí	Jed...	Kapitola	Norma	Konstr...	Typ po...
Výchozí nastavení návrhu								
Výztuž								
Minimální krytí								
Nastavení řešiče								
Obecné								
Vnitřní síly								
Návrh As								
Konverze na pruty								
Interakční diagram								
Metoda interakčního diagramu	NRdMRd	NRdMRd	6.1		EN 1992-1-1	Vše (No...	Nastave...	
Dělení poměrného přetvoření	NRd	250,0			Nezávislé	Pruty (N...	Nastave...	
Počet bodů ve svislém řezu	MRd	18,0			Nezávislé	Pruty (N...	Nastave...	
Smyk	NRdMRd							
Kroucení	MRdy							
	MRdz							

Jednotlivé metody jsou vysvětleny viz výše. Nejpoužívanější je metoda NRdMRd, která je nastavena v programu jako výchozí.

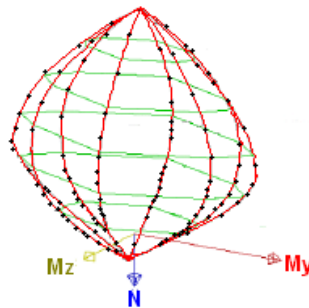
2. Rozložené přetvoření - tato volba vysvětluje přesnost výpočtu bodů diagramu při generování svislých řezů. Hodnota značí, kolikrát je rovina přetvoření přenastavena z pozice řezu pod plným tlakem do pozice řezu pod plným tahem. Hodnota ovlivňuje přesnost a rychlost výpočtu.

Výchozí hodnota = 250, limitní hodnoty jsou v rozsahu <0;10000>.



3. Počet bodů ve svislém řezu - počet směrů (počet větví), ve kterých se počítá interakční diagram během svého generování.

Výchozí hodnota = 36, limitní hodnoty jsou v rozsahu <0;10000>.



Chyby a varování

Následující chyby, varování a poznámky se mohou objevit při provádění posudku kapacity podle odezvy. Seznam chyb a varování je možné najít také v helpu – [zde](#).

Výpis chyb

Číslo	Typ	Popis	Popis/řešení
E6/1	Chyba	Kombinace vnitřních sil je mimo povrch interakčního diagramu.	Změnit (a) rozměry průřezu, (b) množství výztuže nebo (c) kvalitu použitých materiálů.

Výpis varování

Číslo	Typ	Popis	Popis/řešení
W6/1	Varování	Podle zvolené metody posudku neexistuje průnik mezi povrchem interakčního diagramu a rovinou řezu.	Změnit (a) rozměry průřezu, (b) množství výztuže nebo (c) kvalitu použitých materiálů.
W6/2	Varování	Nelze vygenerovat vodorovný řez My-Mz, protože NEd leží mimo maximální nebo minimální únosnost NRd.	Změnit (a) rozměry průřezu, (b) množství výztuže nebo (c) kvalitu použitých materiálů.
W6/3	Varování	Nelze vygenerovat svislý řez N-Mz protože MEdy leží mimo maximální nebo minimální únosnost MRdy.	Změnit (a) rozměry průřezu, (b) množství výztuže nebo (c) kvalitu použitých materiálů.

Výpis poznámek

Číslo	Typ	Popis	Popis/řešení
N0/1	Poznámka	Výpočet nebyl proveden (protože je použit číselný průřez, fázovaný průřez nebo dílec či průřez z jiného materiálu než beton).	
N0/2	Poznámka	Předpínací výztuž není ve výpočtu uvažována.	
N0/3	Poznámka	Výztuž z volných prutů není ve výpočtu uvažována.	
N0/4	Poznámka	Je zadána nějaká podélná konstrukční výztuž, která není pro posudek MSÚ a MSP uvažována.	
N0/5	Poznámka	Jsou zadány nějaké konstrukční třmínky, které nejsou pro posudek smyku a kroucení uvažovány.	
N2/1	Poznámka	Normálové síly a ohybové momenty jsou nulové [$N_{Ed} = 0$, $M_{Edy} = 0$, $M_{Edz} = 0$].	
N6/1	Poznámka	Jednotkový posudek je nulový, protože N_{Ed} je vždy nula a zvolená metoda pro posudek je NRd."	Změnit metodu posudku na MRd, NRdMRd, MRdy nebo MRdz.
N6/2	Poznámka	Jednotkový posudek je nulový, protože M_{Edy} je také nula a zvolená metoda pro posudek je MRdy.	Změni tmetodu posudku na MRd, NRdMRd nebo MRdz.
N6/3	Poznámka	Jednotkový posudek je nulový, protože M_{Edz} je také nula a zvolená metoda pro posudek je MRdz.	Změnit metodu posudku na MRd, NRdMRd nebo MRdy.

SMYK + KROUCENÍ

Posudek interakce smyku a kroucení sestává ze tří částí podle článků 6.1 - 6.3 in EN 1992-1-1:

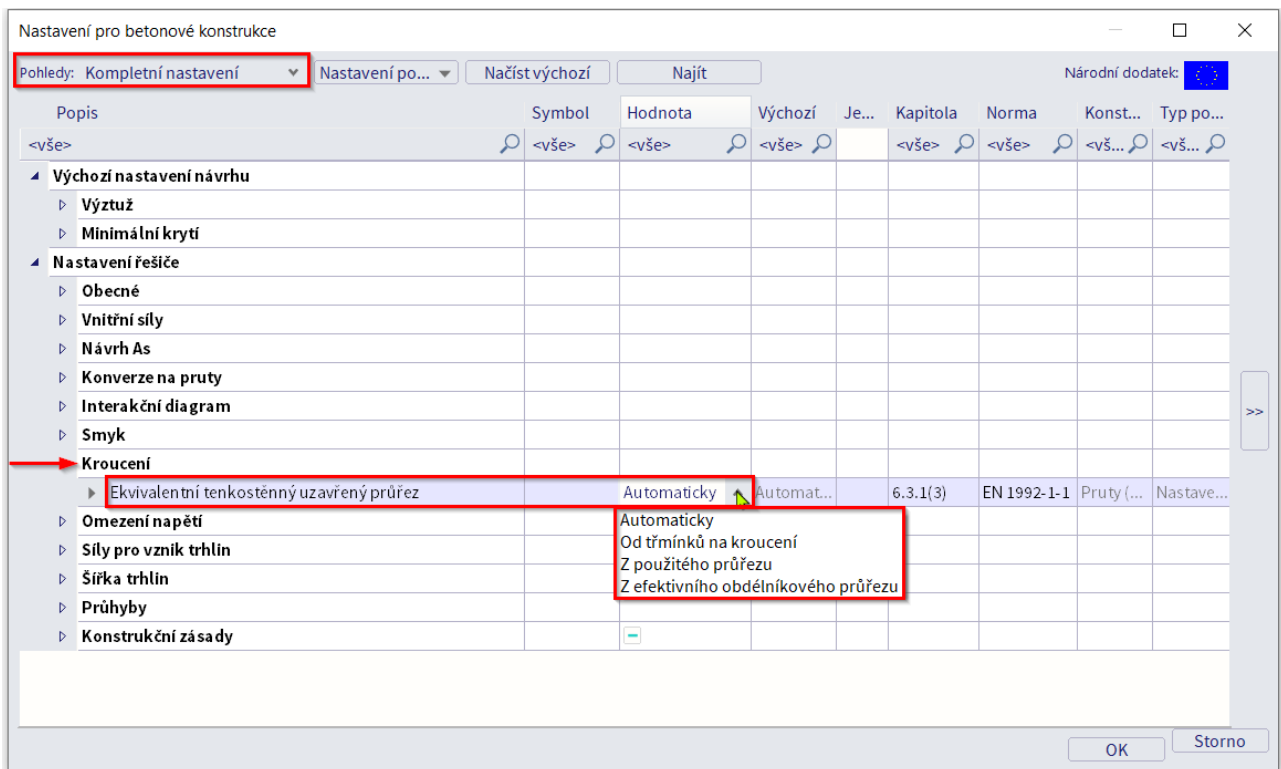
- posudek smyku
- posudek kroucení
- posudek interakce smyku a kroucení

Pro výpočet platí následující předpoklady:

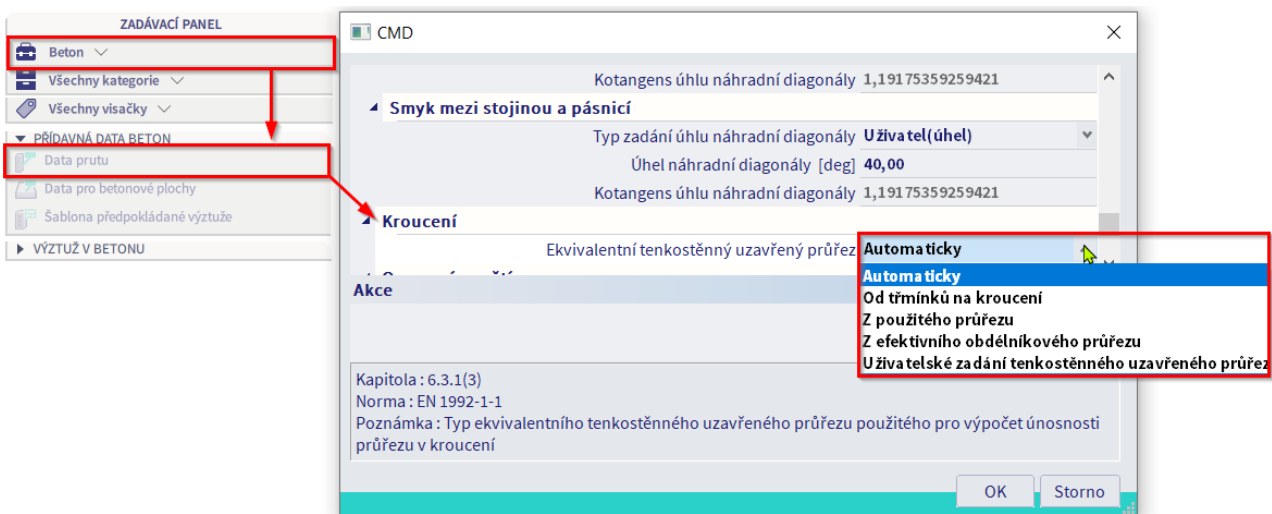
- všechny pruty výztuže a třmínky musí být z jednoho materiálu
- posudek se provádí pouze v případě, že úhel mezi gradientemroviny přetvoření a výslednicí smykových sil není větší než 15°
- uvažuje se průřez s jedním polygonema z jednoho materiálu
- posudky se počítají pro nosníky a sloupy a pro obecné zatížení ($N+M_y+M_z$)

Ekvivalentní tenkostěnný uzavřený průřez

Ekvivalentní tenkostěnný průřez lze ve SCIA Engineeru spočítat čtyřmi (pěti) způsoby v závislosti na parametru Ekvivalentní tenkostěnný průřez. Tento parametr se nastavuje v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled "Kompletní nastavní" → Kroucení (toto nastavení platí globálně pro celou konstrukci):

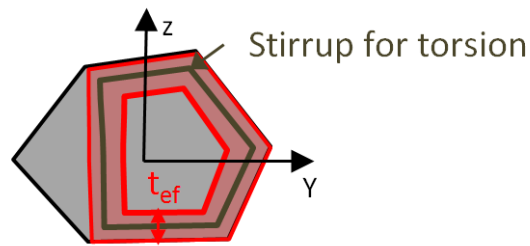


Případně ve možné tento parametr nastavit přes Data prutu (lokálně pro vybraný prut):

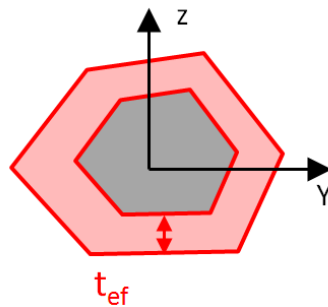


K dispozici jsou tyto volby:

- **Automaticky** – program spočte ekvivalentní tenkostěnný průřez jednou z níže uvedených metod. Program nejprve zkusí vytvořit ekvivalentní tenkostěnný průřez ze třmínků na kroucení a pokud tento pokus selže, program použije metodu odvozenou z tvaru průřezu. Tato volba je zvolena ve výchozím nastavení.
- **Ze třmínků na kroucení** – program se snaží vytvořit ekvivalentní tenkostěnný průřez kolem třmínků, u nichž je zaškrtnuta volba "Kroucení" (vysvětleno [zde](#)). Pokud se nepodaří ekvivalentní tenkostěnný průřez vytvořit nebo pokud nejsou zadány třmínky na kroucení, program končí s varováním/ chybou. Tato metoda není podporována pro návrh smykové výztuže, protože uživatelská výztuž se neuvažuje a tak, je-li tato metoda vybrána, použije se pro návrh metoda „Z použitého průřezu“.



- **Z použitého průřezu** – program se pokouší vytvořit ekvivalentní tenkostěnný průřez z aktuálního průřezu odsazením hodnotu t_{ef} . Pokud se nepodaří ekvivalentní tenkostěnný průřez vytvořit, program končí s varováním/ chybou.



- **Z efektivního obdélníkového průřezu** – program zkouší vytvořit ekvivalentní tenkostěnný průřez jako obdélníkový průřez, jehož obvod a plocha jsou stejné jako u původního průřezu. Bude tedy vytvořen ekvivalentní tenkostěnný průřez s následujícími rozměry:

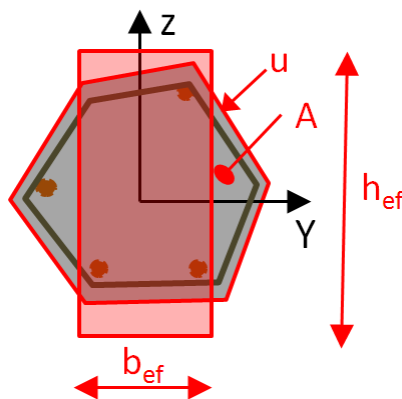
$$h_{ef} = [u + \sqrt{(u^2 - 16 \cdot A)}] / 4$$

$$b_{ef} = A / h_{ef}$$

kde:

- A je průřezová plocha původního průřezu
- u vnější obvod původního průřezu

Pokud se nepodaří ekvivalentní tenkostěnný průřez vytvořit, program končí s varováním/ chybou.



- **Uživatelské zadání** - ekvivalentní tenkostěnný průřez lze zadat přímo. V tom případě uživatel zadává následující parametry:
 - plocha tenkostěnného uzavřeného průřezu ($A_{k,user}$)
 - vnější obvod uzavřeného průřezu ($u_{k,user}$)
 - efektivní tloušťku stojiny ($t_{ef,user}$)

Tato metoda je k dispozici pouze při zadání přes Data prutu betonového dílce.

Pokud není dílec prizmatický (má proměnný průřez nebo náběh), přepočítá se ekvivalentní tenkostěnný průřez pro každý řez dílce podle následujících vzorců:

$$A_{ki} = A_i \cdot A_{k,user} / A_m$$

$$U_{ki} = U_i \cdot U_{k,user} / U_m$$

$$t_{ef,i} = A_i / U_i \cdot U_m / A_m \cdot t_{ef,user}$$

kde:

A_i průřezová plocha betonového průřezu v i-tém řezu

A_m průřezová plocha betonového průřezu uprostřed dílce

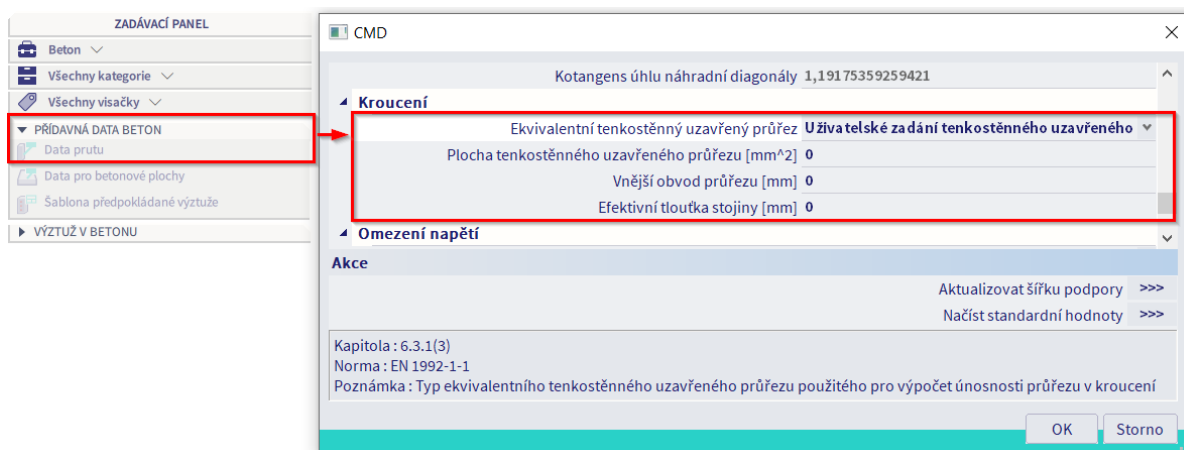
$A_{k,user}$ uživatelem zadaná plocha tenkostěnného průřezu

U_i vnější obvod betonu v i-tém řezu

U_m vnější obvod betonového průřezu uprostřed dílce

$U_{k,user}$ uživatelem zadaný vnější obvod tenkostěnného průřezu

$t_{ef,user}$ uživatelem zadaná efektivní tloušťka stojiny



Uživatelská výtzuž není pro návrh smykové výtzuže zohledněna. Proto, pokud je zvolena metoda Ze třmínků na kroucení, je tenkostěnný průřez vytvořen z aktuálního průřezu.

Parametry ovlivňující výpočet

Posudek je ovlivněn následujícími parametry:

- součinitel efektivní výšky průřezu, viz help – [zde](#)
- součinitel ramene vnitřních sil, viz help – [zde](#)
- úhel náhradní diagonály, viz help – [zde](#)
- úhel smykové výtzuže, viz help – [zde](#)
- typ odvození ekvivalentního tenkostěnného průřezu, viz téma výše

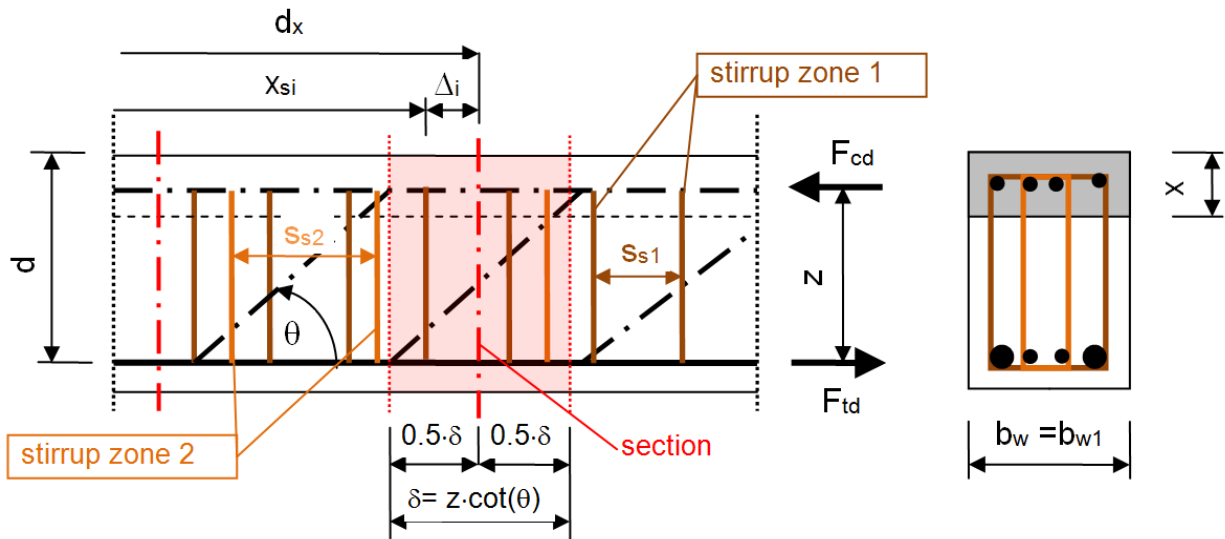
Návrh třmínků kolem průřezu

Třmínky kolem průřezu se uvažují v délce odpovídající vodorovnému průmětu délky náhradní diagonály (šířka náhradní diagonály), která se spočte podle vzorce:

$$\delta = z \cdot \cot \theta$$

kde:

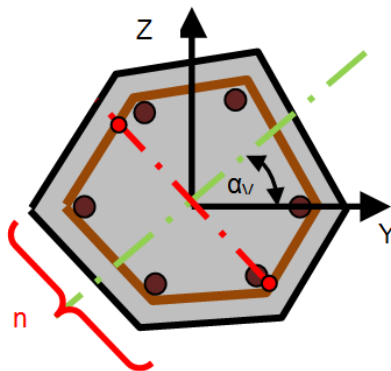
- z je rameno vnitřních sil průřezu, viz help – [zde](#)
- θ je úhel mezi náhradní diagonálou a osou nosníku kolmou ke smykové síle, viz help – [zde](#)



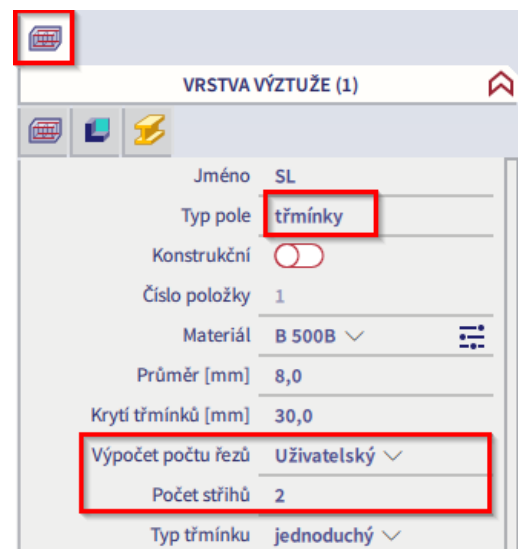
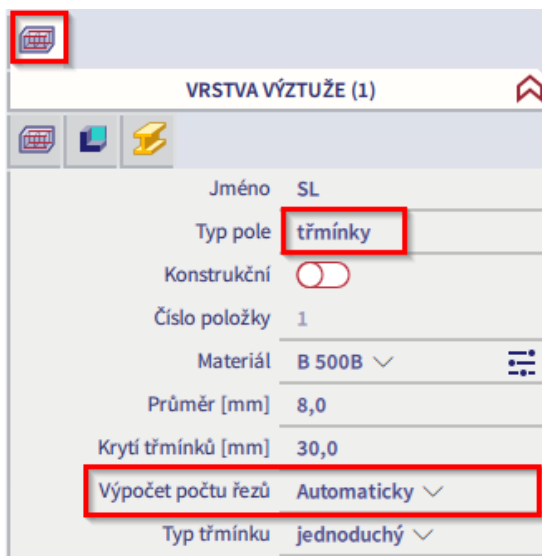
Výpočet počtu stříhů třmínků

Způsob výpočtu počtu stříhů se zadá ve vlastnostech vrstvy třmínků a SCIA Engineer nabízí dvě možnosti:

- **Automatický výpočet** - počet stříhů se spočte jako počet průsečíků třmínků s přímkou kolmou ke směru výslednice smykové síly, kde tato přímka protíná střed polygonu.

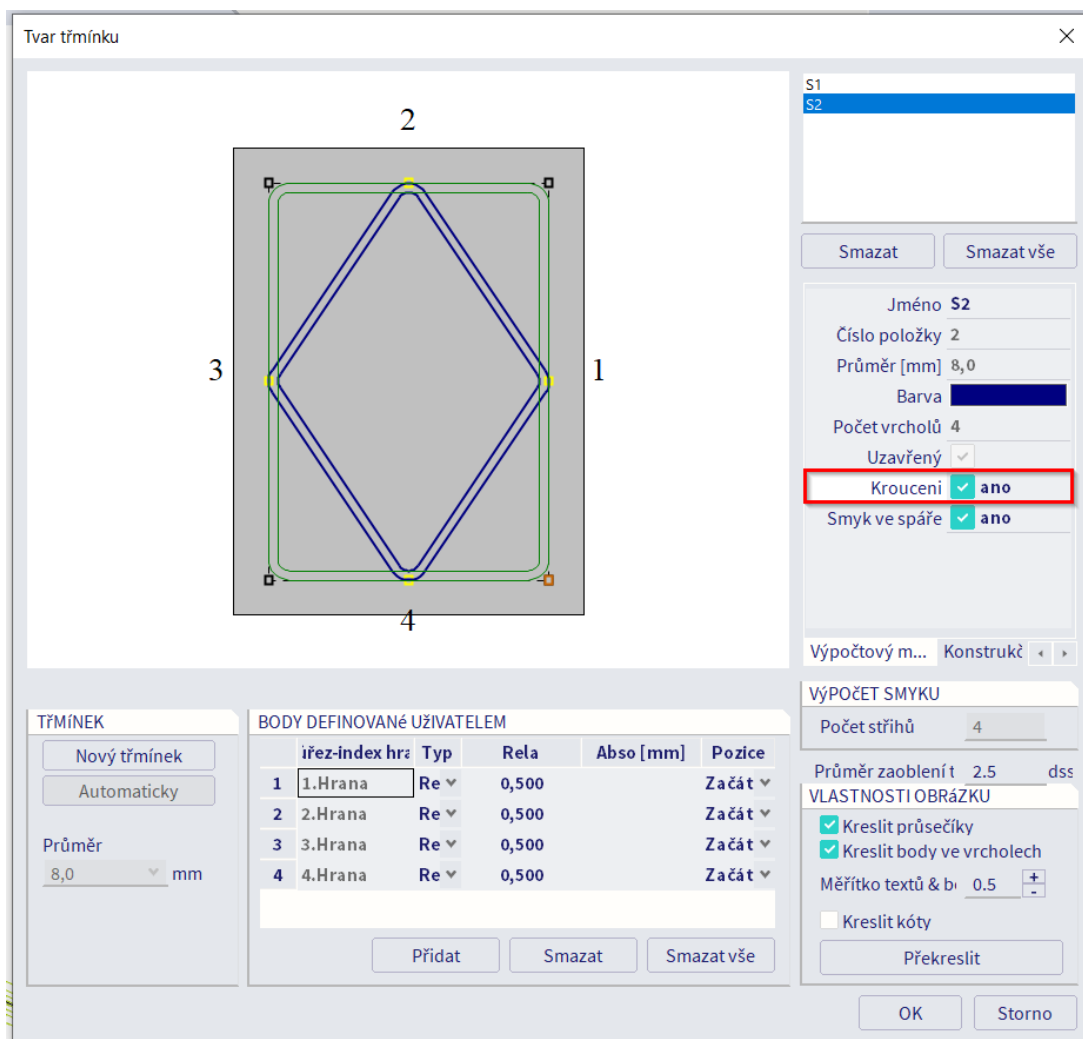
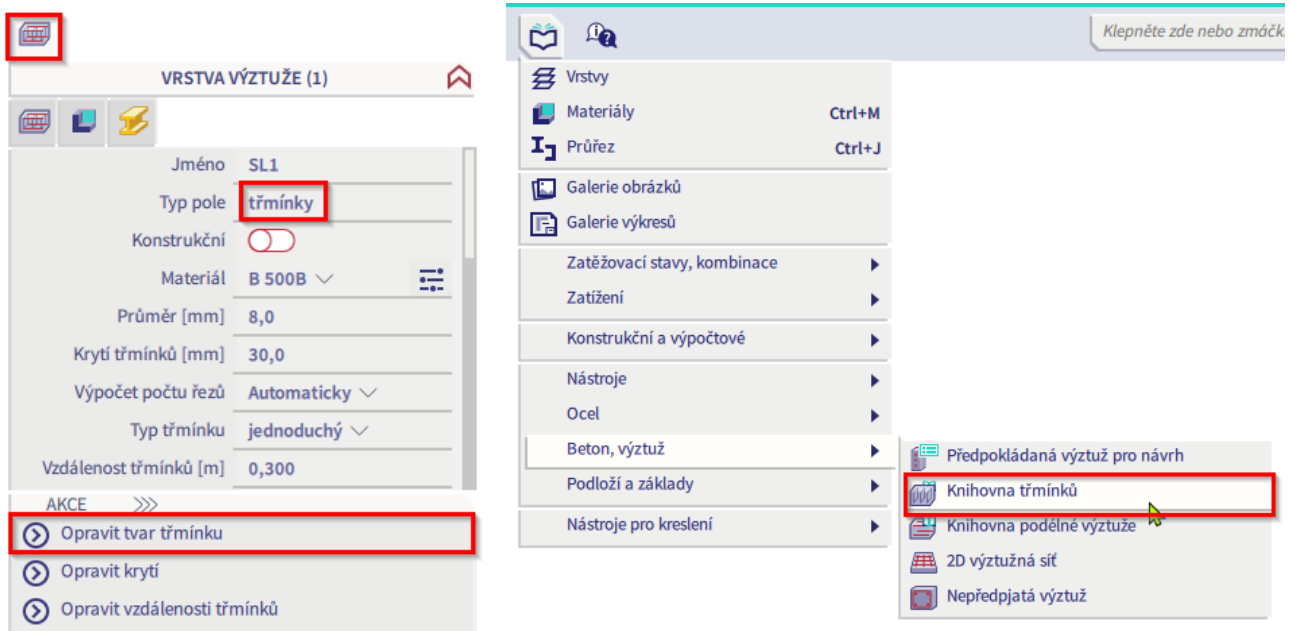


- **Uživatelské zadání** - uživatel přímo zadá počet stříhů v panelu vlastností vybraného třmínku:



Třmínky na kroucení

Pro posudek kroucení se zohledňují pouze ty třmínky, u nichž je zaškrtnuto políčko Kroucení. Toto nastavení se provede v dialogu Tvar třmínku (akční tlačítko **“Opravit tvar třmínku”** ve vlastnostech třmínku nebo v knihovně třmínků).



V aktuální verzi SCIA Engineer lze pro posouzení kroucení uvažovat pouze jeden třmínek.

Výpočet průměrných charakteristik smykové výztuže

Jak již bylo zmíněno, lze definovat více třmínkových zón kolem určitého průřezu s různými vlastnostmi. Proto je nezbytné spočítat průměrné charakteristiky. Průměrné charakteristiky se spočtou ze třmínků uvnitř počítaného intervalu, viz kapitola "Návrh třmínků kolem průřezu", odkaz na help [zde](#). V tomto výpočtu se zohlední vzdálenost třmínků od průřezu (hodnota Δ). To znamená, že třmínek nejbližší k průřezu má větší vliv než třmínek vzdálenější.

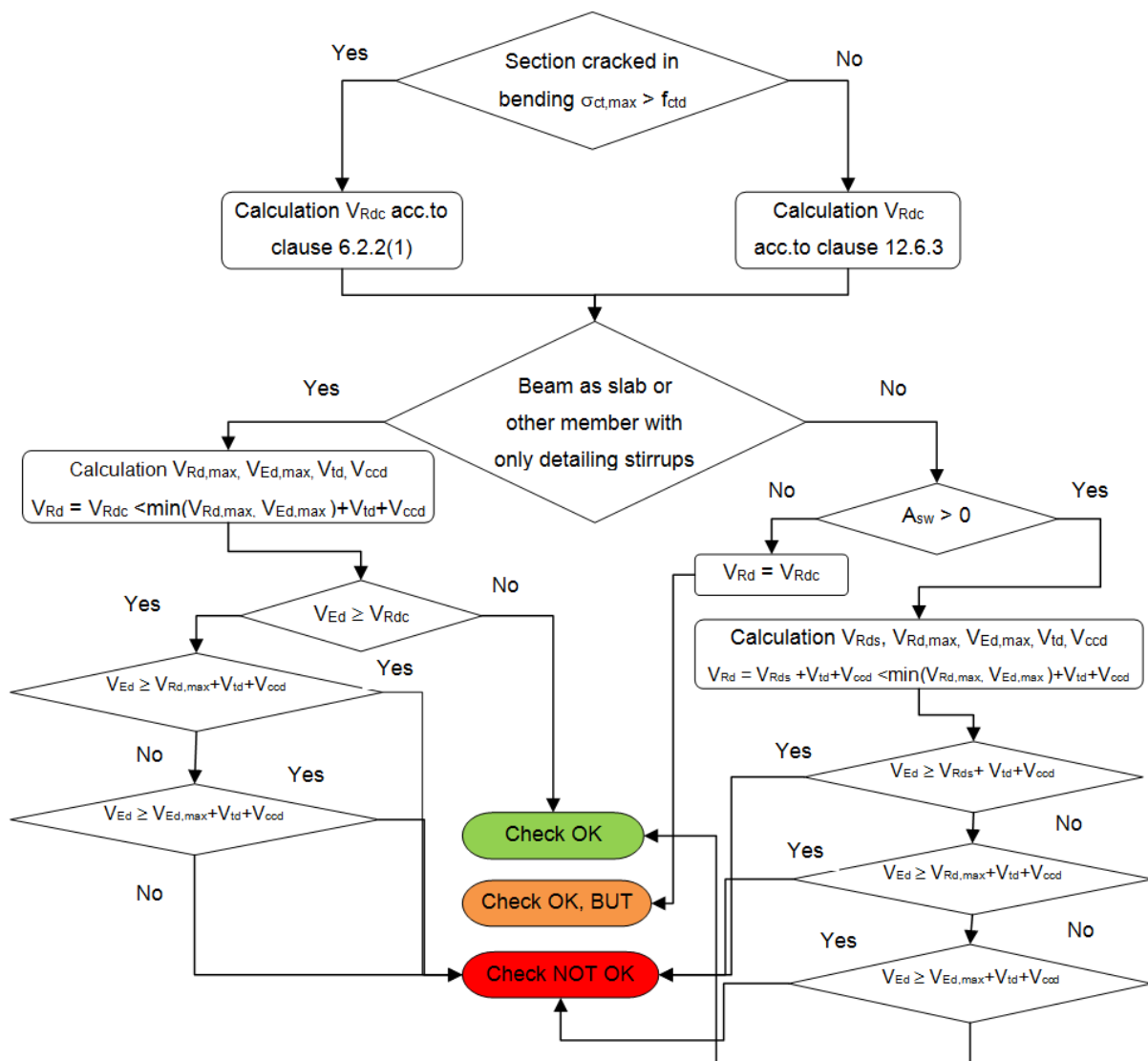
Výpočet charakteristik smykové výztuže

Smyková výztuž se zadává ve formě třmínkových zón a jako volné pruty. Do dílce lze zadat více třmínkových zón a více volných třmínků s různými parametry. Proto je velmi důležité nastavit oblast pro zohlednění třmínků kolem průřezu a spočítat průměrné charakteristiky smykové výztuže pro posouzení smyku

Postup výpočtu

Jak bylo uvedeno výše, pro předpovězení účinků smyku v betonu existuje obecný koncept příhradové analogie.

V tomto modelu je tlačný beton reprezentován horním tlačným dílcem a tahová výztuž spodním taženým dílcem. Vodorovné dílce jsou spojeny tlačnými náhradními diagonálami a táhly z výztuže. Osové síly v tažených táhlech musí být přeneseny smykovou výztuží. Proto je třeba porovnat maximální sílu v náhradní diagonále ($V_{Rd,max}$) a smykovou sílu odpovídající smykové únosnosti ($V_{Rd,s}$) se skutečným působícím smykovým zatížením (V_{Ed}). Postup výpočtu při posudku lze vyjádřit následujícím diagramem:



Pro výpočet každé složky se použijí následující rovnice. Obecně platí, že pro výpočet smykové únosnosti betonu existují dvě možnosti, které závisí na existenci trhlin od ohybu:

- Smyková únosnost betonu v oblasti porušené trhlinami v ohybu - rovnice 6.2.a,b v EN 1992-1-1:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

- Smyková únosnost betonu v oblasti neporušené trhlinami v ohybu - rovnice 12.6.3(3) v EN 1992-1-1:

$$V_{Rd,c} = f_{cvd} \cdot A_{cc} / k_{12.6.3}$$

Kromě toho se spočte maximální smyková síla ($V_{Ed,max}$) bez redukce o β pro dílec, kde je zatížení aplikováno na horní straně dílce (viz rovnice 6.5 v EN 1992-1-1).

$$V_{Ed,max} = 0,5 \cdot b_{w1} \cdot d \cdot v \cdot f_{cd}$$

Maximální únosnost náhradní diagonály ($V_{Rd,max}$) se určí podle rovnice 6.9 z EN 1992-1-1, protože - jak bylo uvedeno již dříve - úhel třmínků (θ) je vždy kolmý k ose dílce.

$$V_{Rd,max} = (\alpha_{cw} \cdot b_{w1} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}) / (\cot \theta + \tan \theta)$$

Návrhová hodnota smykové síly přenesené smykovou výztuží ($V_{Rd,s}$) se spočte podle rovnice 6.13 v EN 1992-1-1.

$$V_{Rd,s} = A_{sw} / s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

Konečná návrhová hodnota smykové síly (V_{Rd}) přenesené dílcem se spočte následujícími vzorci v závislosti na typu dílce a ploše smykové výztuže:

- pro nosníkové desky a pro další dílce bez konstrukčních třmínků ($A_{sw} = 0$):

$$V_{Rd} = V_{Rd,c} \leq \min(V_{Rd,max}, V_{Ed,max}) + V_{td} + V_{ccd}$$

- pro ostatní případy:

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} + V_{td} + V_{ccd} \leq \min(V_{Rd,max}, V_{Ed,max}) + V_{td} + V_{ccd}$$

kde:

V_{Ed} výslednice smykové síly

$$V_{Ed} = \sqrt{(V_{Ed,y}^2 + V_{Ed,z}^2)}$$

$V_{Ed,y(z)}$ smyková síla ve směru lokální osy y (z)

$V_{Rd,c}$ návrhová smyková únosnost dílce bez smykové výztuže

$\sigma_{ct,max}$ maximální pevnost v tahu průřezu neporušeného trhlinami

$V_{Rd,c,min}$ minimální hodnota návrhové smykové únosnosti dílce bez smykové výztuže

$C_{Rd,c}$ součinitel pro výpočet $V_{Rd,c}$ načtený ze správce národních příloh

k součinitel účinné výšky průřezu

$$k = 1 + \sqrt{(200 / d)} \leq 2$$

ρ_l procento tahové výztuže

$$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d) \leq 0,02$$

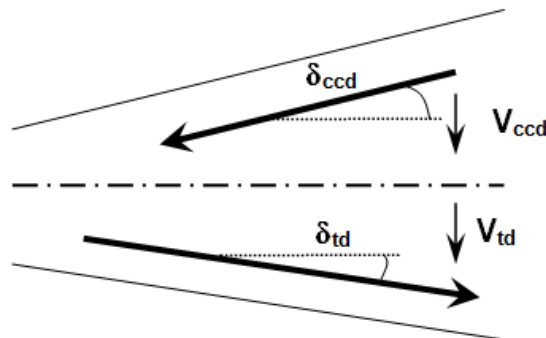
f_{ck}	charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku
k₁	součinitel pro výpočet V _{Rd,c} načtený ze správce národních příloh
σ_{cp}	napětí způsobené osovou silou (N _{Ed} >0 pro tlak) $\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \cdot f_{cd}$
b_w	nejmenší šířka průřezu v tažené oblasti kolmá ke směru výslednice smykových sil, odkaz na help zde
d	efektivní výška průřezu přepočtená do směru výslednice smykové síly, odkaz na help zde
A_{st}	tažená plocha výztuže
N_{Ed}	osová síla v průřezu od zatížení nebo předpětí
A_c	plocha betonového průřezu
f_{cd}	návrhová hodnota pevnosti betonu v tlaku
v_{min}	Součinitel minimální hodnoty smykové únosnosti dílce bez smykové výztuže načtený ze správce národních příloh, viz rovnice 6.3N v EN 1992- 1-1
f_{cvd}	návrhová pevnost betonu ve smyku a tlaku, viz rovnice 12.5 a 12.6 v EN 1992-1-1 pokud $\sigma_{ccp} \leq \sigma_{c,lim}$: $f_{cvd} = \sqrt{f_{ctd}^2 + \sigma_{ccp} \cdot f_{ctd}}$ pokud $\sigma_{ccp} > \sigma_{c,lim}$: $f_{cvd} = \sqrt{f_{ctd}^2 + \sigma_{ccp} \cdot f_{ctd} - ((\sigma_{ccp} - \sigma_{c,lim}) / 2)^2}$
f_{ctd}	návrhová pevnost betonu v tahu
σ_{ccp}	normálové napětí v průřezu neporušeném trhlinami $\sigma_{ccp} = N_{Ed} / A_{cc}$
σ_{c,lim}	limitní hodnota napětí od osově síly viz rovnice 12.7 v EN 1992-1-1 $\sigma_{c,lim} = f_{cd} - 2 \cdot \sqrt{f_{ctd} \cdot (f_{ctd} + f_{cd})}$
A_{cc}	tlačená plocha betonu průřezu neporušeného trhlinami
V_{Ed,max}	maximální hodnota výslednice smykové síly spočtená bez redukčního součinitele β, viz 6.2.2(6) v EN 1992-1-1
b_{w1}	nejmenší šířka průřezumezi taženými tlačenými pásem kolmá ke směru smykové síly, odkaz na help zde
v	Součinitel redukce pevnosti pro beton porušený smykovými trhlinami načtený ze správce národních příloh, viz rovnice 6.6N v EN 1992-1-1
V_{Rd,max}	návrhová hodnota maximální smykové síly, kterou přenese dílec bez drcení náhradní diagonály
α_{cw}	součinitel zohledňující stav napjatosti v tlačeném pásu, viz pozn. 3 ve článku 6.2.3(3) v EN 1992- 1-1. Pro nepředeplaté konstrukce se vždy uvažuje hodnota 1.
z	rameno vnitřních sil průřezu přepočtené do směru výslednice smykové síly, odkaz na help zde
v₁	součinitel redukce pevnosti pro beton porušený smykovými trhlinami načtený ze správce národních příloh, viz pozn. 1 a 2 ve čl. 6.2.3(3) v EN 1992-1-1 pokud $\sigma_{swd} > 0,8 \cdot f_{yk}$: $v_1 = v$

pokud $\sigma_{swd} \leq 0,8 \cdot f_{ywk}$ and $f_{ck} \leq 60$ MPa: $v_1 = 0,6$

pokud $\sigma_{swd} \leq 0,8 \cdot f_{ywk}$ and $f_{ck} > 60$ MPa: $v_1 = 0,9 - f_{ck} / 200 > 0,5$

θ	úhel mezi náhradní diagonálou a osou nosníku kolmou ke smykové síle, odkaz na help zde
σ_{swd}	je návrhová hodnota napětí ve smykové výztuži $\sigma_{swd} = V_{Ed} \cdot s / (z \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha)$
$V_{Rd,s}$	návrhová hodnota smykové síly, kterou může převzít smyková výztuž na mezi kluzu
A_{sw}	průřezová plocha třmíneků na smyk spočtená jako průměrná plocha ze všech třmíneků uvnitř počítaného interval, odkaz na help zde
s	vzájemná vzdálenost třmíneků spočtená jako průměrná plocha ze všech třmíneků uvnitř počítaného interval, odkaz na help zde
f_{ywd}	návrhová mez kluzu smykové výztuže $f_{ywd} = 0,8 \cdot f_{ywk} \text{ and } \sigma_{swd} \leq 0,8 \cdot f_{ywk}$
α	úhel smykové výztuže Úhel třmíneků je ve SCIAEngineeru vždy kolmý na osu dílce
f_{ywk}	charakteristická mez kluzu smykové výztuže
V_{td}	návrhová hodnota smykové složky síly v tažené výztuži pro případ nakloněného taženého pásu
V_{ccd}	návrhová hodnota smykové složky síly v tlačené výztuži pro případ nakloněného tlačného pásu

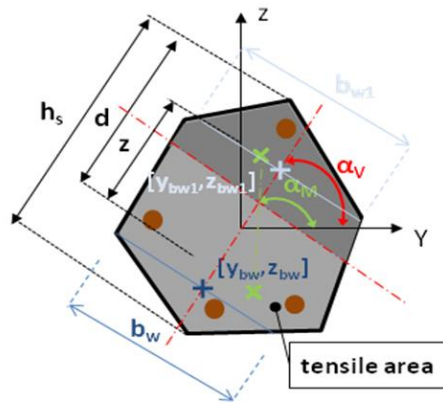
Pro dílce s nakloněným pásem je třeba zohlednit přídavné síly pro smyk podle čl. 6.2.1(1). Výpočet je připraven i pro zohlednění nakloněného pásu. Nicméně vlastní výpočet není zatím implementován. Dílčí složky jsou vysvětleny na následující obrázku.



Šířka průřezu pro posudek smyku

Pro posouzení smyku se počítají dvě šířky.

- o **hodnota b_w** - tato hodnota se spočte jako nejmenší šířka průřezu v tažené oblasti kolmá na směr výslednice smykových sil. Tato hodnota se použije pro výpočet smykové únosnosti (V_{Rdc}) podle čl. 6.2.2(1).
- o **hodnota b_{w1}** - tato hodnota se spočte jako nejmenší šířka průřezu mezi taženým a tlačným pásem kolmá na směr smykové síly. Tato hodnota se použije pro výpočet:
 - návrhové hodnoty maximální smykové síly $V_{Ed,max}$ (výpočet bez redukce β), článek 6.2.2(6)
 - návrhové hodnoty maximální smykové síly omezené drcením betonu v náhradní diagonále ($V_{Rd,max}$), článek 6.2.3 (3,4)
 - návrhové hodnoty smykové síly přenášené smykovou výztuží (V_{Rds}), čl. 6.23(3,4)



Efektivní šířka průřezu pro posudek smyku

Účinná výška průřezu se obvykle definuje jako vzdálenost nejvíce tlačeného vlákna betonu od těžiště tažené výztuže.

Ve Scia Engineer se účinná výška průřezu definuje jako vzdálenost nejvíce tlačeného vlákna betonu od polohy výslednice sil v tažené výztuži. Ve SCIA Engineer se počítá kolmý průmět této vzdálenosti do přímky kolmé k neutrální ose (skloněná přímka rovnovážné roviny) označovaný jako d_{rec} . Problémem je, jak spočítat tuto vzdálenost, pokud je rozdíl mezi směrem výslednice ohybového momentu a výslednicí smykové síly výrazný. V takovém případě se spočte efektivní výška pro smyk a pak se určí kolmý průmět této vzdálenosti z ohybového zatížení do směru výslednice smykové síly. Existují výjimečné případy, kdy se efektivní výška z rovnovážné roviny nespočte:

- nelze určit nejvíce tlačené vlákno (celý průřez je tažený)
- nelze určit výslednici tahových sil (celý průřez je tlačený)
- rovnováha nebyla není nalezena.

V takovém případě se efektivní výška spočte podle rovnice:

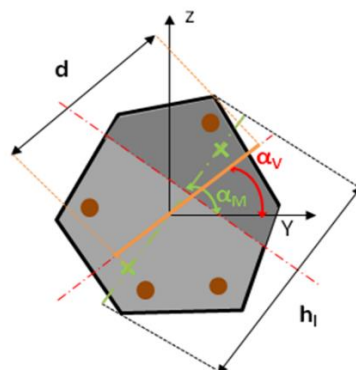
$$d = \text{Coeff}_d \cdot h_l \cdot \cos(|\alpha_v - \alpha_M|)^2$$

Efektivní výška d vypočtená z roviny rovnováhy nebo z výše uvedeného vzorce je porovnána s minimální povolenou efektivní výškou. Může nastat, že $\cos(|\alpha_v - \alpha_M|)^2$ je menší než 0,5 (vzdálenost mezi úhlem α_M a α_v je větší než 45°). V takovém případě se efektivní výška vypočítá podle vzorce:

$$d = \text{Coeff}_{\min} \cdot \text{Coeff}_d \cdot h_l$$

kde:

h_l	je výška průřezu kolmá k neutrální ose
Coeff_d	součinitel pro výpočet efektivní výšky průřezu, odkaz na help zde
Coeff_{\min}	součinitel pro minimální efektivní výšku průřezu je nastaven na 0,5
α_v	úhel mezi směrem smykové výslednice a osou y průřezu
α_M	úhel spádnice rovnovážné roviny



Rameno vnitřních sil pro posudek smyku

Rameno vnitřních sil je v EN 1992-1-1, čl. 6.2.3 (3) definováno jako vzdálenost sil v taženém a tlačném pásu. Z toho plyne, že je to vzdálenost polohy výslednice tahových sil (tahové výztuže) a polohy výslednice tlakových sil (tlačné výztuže a tlačného betonu).

Eurokód nedefinuje, jak spočítat rameno vnitřních sil, pokud je rozdíl mezi směrem výslednice ohybového momentu a výslednicí smykové síly výrazný.

Proto ve SCIA Engineer používáme stejné principy jako pro výpočet efektivní výšky. To znamená, že rameno vnitřních sil se spočte jako průmět do směru výslednice smykové síly. Existují výjimečné případy, kdy se rameno vnitřních sil z rovnovážné roviny nespočte:

- nelze určit nejvíce tlačné vlákno (celý průřez je tažený)
- nelze určit výslednici tahových sil (celý průřez je tlačný)
- rovnováha nebyla není nalezena

V takovém případě se rameno vnitřních sil spočte podle rovnice:

$$z = \text{Coeff}_z \cdot \text{Coeff}_d \cdot h_l \cdot \cos(|\alpha_V - \alpha_M|)^2$$

Rameno vnitřních sil “z”, vypočtené z roviny rovnováhy nebo ze vzorce výše, je porovnáváno s minimální povolenou hodnotou ramene vnitřních sil. Může nastat, že $\cos(|\alpha_V - \alpha_M|)^2$ menší než 0,45 (vzdálenost mezi úhlem α_M a α_V je větší než 48°). V tomto případě se rameno vnitřních sil vypočítá podle vzorce:

$$z = \text{Coeff}_{\min} \cdot \text{Coeff}_z \cdot \text{Coeff}_d \cdot h_l$$

kde:

h_l	je výška průřezu kolmá k neutrální ose
Coeff_d	součinitel pro výpočet efektivní výšky průřezu, odkaz na help zde
Coeff_z	součinitel pro výpočet ramene vnitřních sil, odkaz na help zde
Coeff_{\min}	součinitel minimální hodnoty ramene vnitřních sil, je nastaven na 0,45
α_V	úhel mezi směrem smykové výslednice a osou y průřezu
α_M	úhel spádnice rovnovážné roviny

Výpočet základních charakteristik pro smyk

Pro posudek smyku je velmi důležité spočítat průřezové charakteristiky ovlivňující smykovou únosnost.

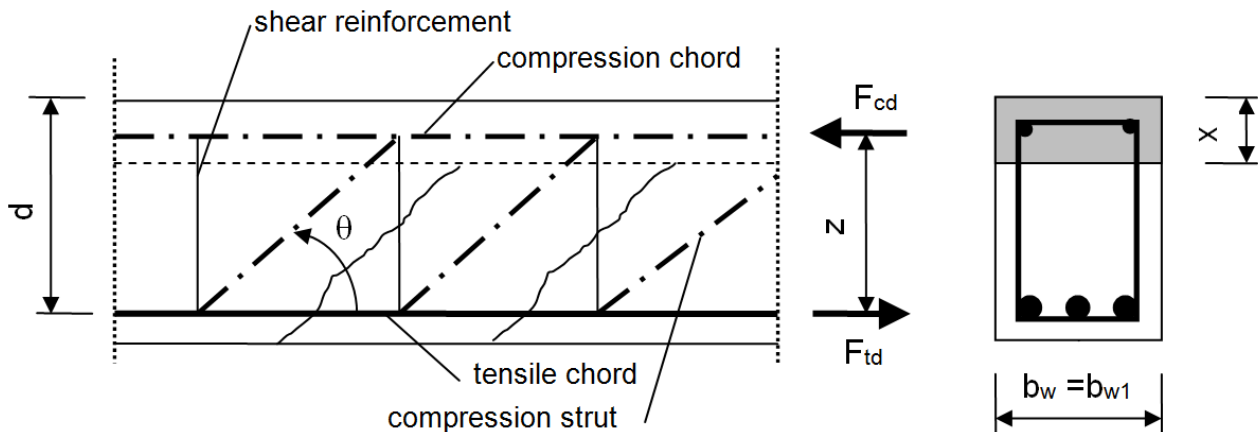
Jedná se o následující charakteristiky:

- šířka průřezu pro posudek smyku (hodnoty b_w a b_{wt}), odkaz na help [zde](#)
- efektivní výška průřezu (hodnota d), odkaz na help [zde](#)
- rameno vnitřních sil (hodnota z), odkaz na help [zde](#)

Eurokód udává vztah těchto hodnot k ohybovému zatížení, ale problémem je, jak tyto hodnoty spočítat, pokud je rozdíl mezi směrem výslednice ohybových momentů a výslednicí smykových sil významný. V takovém případě nenabízí Eurokód žádná doporučení. Proto, pokud je úhel mezi výslednicí ohybových momentů a výslednicí smykových sil větší než 15° , vypíše SCIA Engineer varování a je třeba použít komplexnější metodu (např. dvouosou smykovou metodu).

Posudek smyku

Posudek smyku je běžně založen na teorii betonového příhradového modelu. V této teorii si v betonovém nosníku představujeme virtuální příhradový model. Tento model má několik svislých (nebo lehce nakloněných), vodorovných a diagonálních dílců. Svislé pruty se považují za třmínky, vodorovné za podélné pruty výztuže a diagonály představují betonovou vzpěru (náhradní diagonálu). Posudek dvousosého smyku se počítá podle článku 6.2 v EN 1992-1-1.



Platí následující předpoklady:

- Zohledněny jsou smykové síly v obou směrech a posudek smyku se provádí na výslednici smykových sil.
- Parametry rovnovážné roviny (hodnoty d , z , h) se přepočtou do směru výslednice smykové síly.
- Návrhová smyková únosnost dílce bez smykové výztuže ($V_{Rd,c}$) se spočte podle článku 6.2.2(1) z EN 1992-1-1, pokud je průřez porušen trhlinami za ohybu, jinak podle článku 12.6.3 z EN 1992-1-1.
- Návrhová hodnota maximální smykové síly se spočte podle článku 6.2.2(6) ($V_{Ed,max}$) a 6.2.3 (3,4) ($V_{Rd,max}$) z EN 1992-1-1.
- Návrhová hodnota smykové únosnosti se spočte podle čl. 6.2.3 (3,4) ($V_{Rd,s}$) z EN 1992-1-1.
- Štířnost se spočte automaticky nebo ji zadá uživatel (ve vlastnostech třmínkové zóny).
- Úhel náhradní diagonály se spočte automaticky nebo jej zadá uživatel.
- Úhel třmínků pro posudek je vždy kolmý k ose dílce.

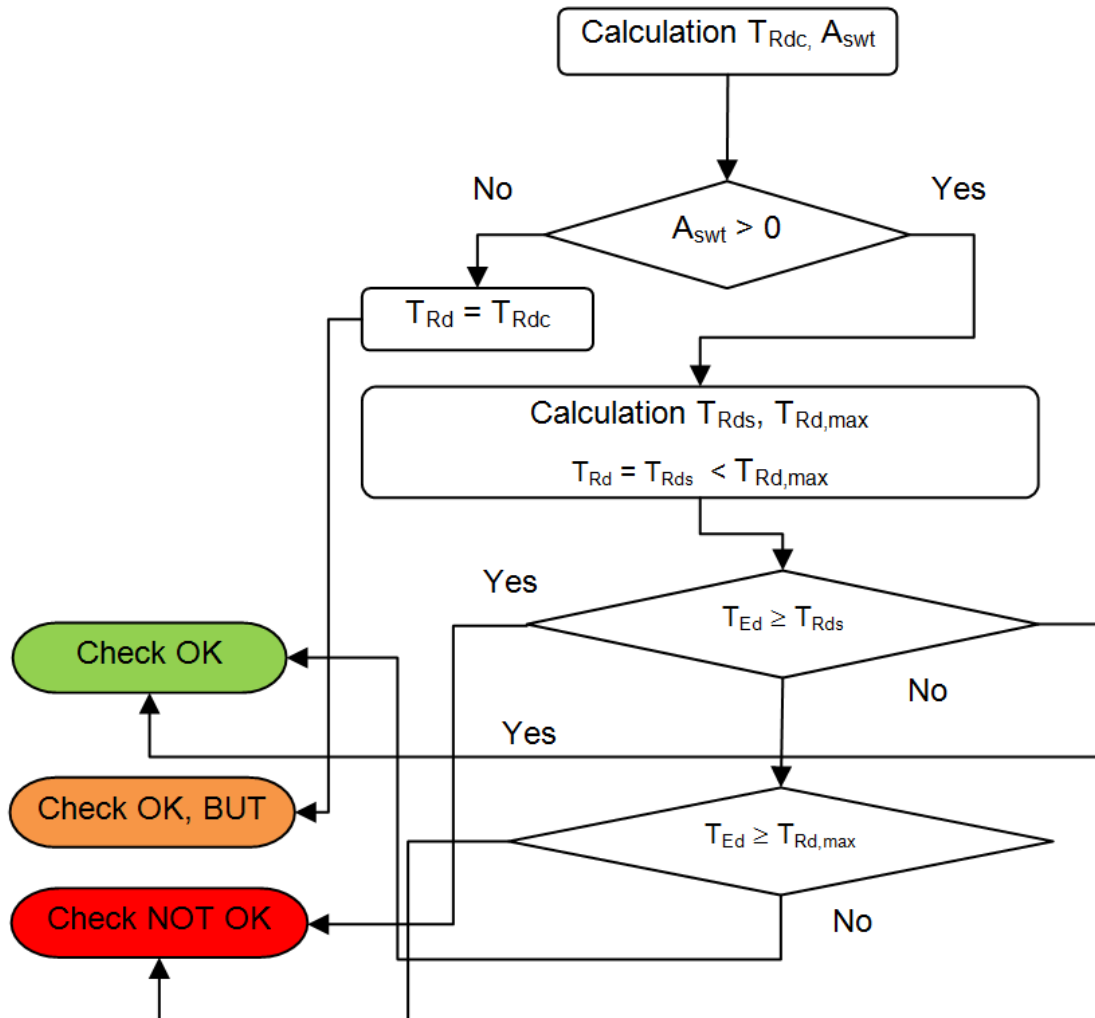
Platí následující omezení:

- Nakloněný tlačení pás ani nakloněný tažený pás nejsou uvažovány.
- Šířka průřezu pro posudek smyku (hodnoty b_w a b_{w1}) se počítá automaticky. Není žádná možnost definovat uživatelskou hodnotu.
- Výztuž z volných prutů není uvažována.
- Plocha podélné výztuže se neodečítá od plochy betonu.

Postup výpočtu:

Jak bylo uvedeno výše, pro předpovězení účinků kroucení v betonu existuje obecný koncept příhradové analogie. V tomto modelu je tlačенý beton reprezentován horním tlačенým dílcem a tahová výztuž spodním taženým dílcem. Vodorovné dílce jsou spojeny tlačенými náhradními diagonálami a táhly z výztuže. . V důsledku toho se musí maximální momentová únosnost v kroucení přenesená náhradní diagonálou ($T_{Rd,max}$) a krouticí moment zadrženy únosností v kroucení ($T_{Rd,s}$) porovnat s působícím krouticím momentem (T_{Ed}).

Postup výpočtu při posudku lze vyjádřit následujícím diagramem:



Pro výpočet každé složky se použijí následující rovnice.

Krouticí moment na mezi vzniku trhlin se spočte podle rovnice 6.26 z EN 1992-1-1, a to za předpokladu, že napětí vyvolané krouticím momentem je rovno návrhové osově pevnosti betonu v tahu (f_{ctd}). Z toho plyne:

$$T_{Rdc} = 2 \cdot f_{ctd} \cdot t_{ef} \cdot A_k$$

Maximální z momentových únosností v kroucení ($T_{Rd,max}$) se spočte podle rovnice 6.30 z EN 1992-1-1:

$$T_{Rd,max} = 2 \cdot v \cdot d_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef} \cdot \cos \theta \cdot \sin \theta$$

Návrhová momentová únosnost v kroucení pro výztuž na kroucení ($T_{Rd,st}$) se počítá podle následující rovnice:

$$T_{Rdst} = 2 \cdot A_k \cdot (A_{swt} / S_t) \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$$

Konečná návrhová hodnota krouticíhomomentu (T_{Rd}) přeneseného dílcem se spočte podle vzorce:

- o pro dílce bez třmínků na kroucení nebo pouze s konstrukčními třmínky na kroucení ($A_{swt}=0$):

$$T_{Rd} = T_{Rd,c} \leq T_{Rd,max}$$

- o pro ostatní případy:

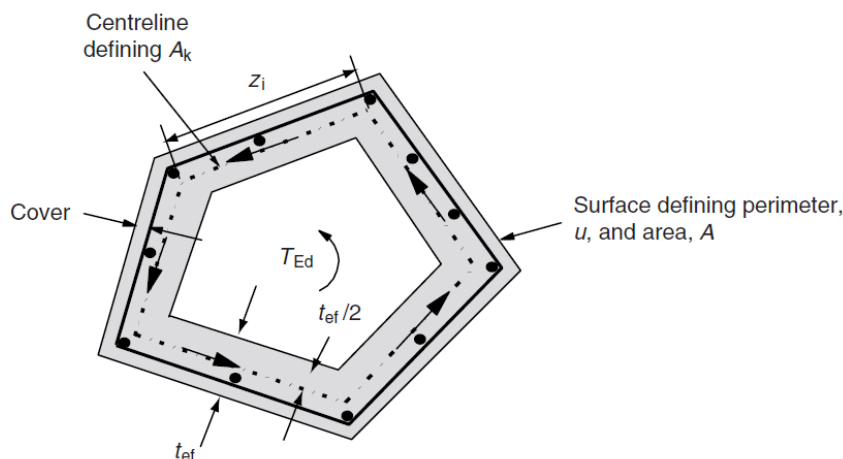
$$T_{Rd} = T_{Rd,s} \leq T_{Rd,max}$$

kde:

T_{Ed}	kroucí moment
$T_{Rd,c}$	návrhová hodnota kroucího momentu namezi vzniku trhlin
t_{ef}	efektivní tloušťka stojiny, odkaz na help zde
A_k	plocha uzavřená střednicemi tenkostěnného uzavřeného průřezu, včetně vnitřních otvorů, odkaz na help zde
f_{ctd}	návrhová pevnost betonu v tahu
$T_{Rd,max}$	maximální momentová únosnost v kroucení
α_{cw}	součinitel zohledňující stav napjatosti v tlačném pásu, viz pozn. 3 ve článku 6.2.3(3) v EN 1992-1-1. Pro nepředepjaté konstrukce se vždy uvažuje hodnota 1.
v	Součinitel redukce pevnosti pro beton porušený smykovými trhlinami načtený ze správce národních příloh, viz rovnice 6.6N v EN 1992-1-1
f_{cd}	návrhová hodnota pevnosti betonu v tlaku
θ	Úhel mezi náhradní diagonálou a osou nosníku kolmou ke smykové síle, odkaz na help zde
$T_{Rd,st}$	návrhový moment únosnosti v kroucení pro výztuž na kroucení
A_{swt}	průřezová plocha třmíneků na kroucení spočtená jako průměrná plocha ze všech třmíneků na kroucení uvnitř počítaného intervalu, odkaz na help zde
s_t	vzájemná vzdálenost třmíneků spočtená jako průměrná plocha ze všech třmíneků na kroucení uvnitř počítaného intervalu, odkaz na help zde
f_{ywd}	návrhová mez kluzu smykové výztuže

Výpočet průřezových charakteristik

Únosnost průřezu v kroucení se spočte z tenkostěnného uzavřeného průřezu a to i v případě, že průřez je ve skutečnosti masivní. Pro masivní průřez se průřez idealizuje jako tenkostěnný průřez se zvolenou efektivní výškou. Nabízí se několik možností, jak spočítat uzavřený tenkostěnný průřez, viz kapitola "Ekvivalentní tenkostěnný uzavřený průřez".



Efektivní tloušťka stojiny se spočte podle čl. 6.3.2(1) v EN 1992-1-1:

$$t_{ef} = A / u > 2 \cdot a_{sl}$$

kde:

A celková plocha průřezu uvnitř vnějšího obvodu včetně vnitřních otvorů

u vnější obvod průřezu

a_{sl} minimální vzdálenost mezi okrajema středem podélné výztuže

Důležitým parametrem pro posudek kroucení je plocha spočtená ze střednice efektivního tenkostěnného průřezu:

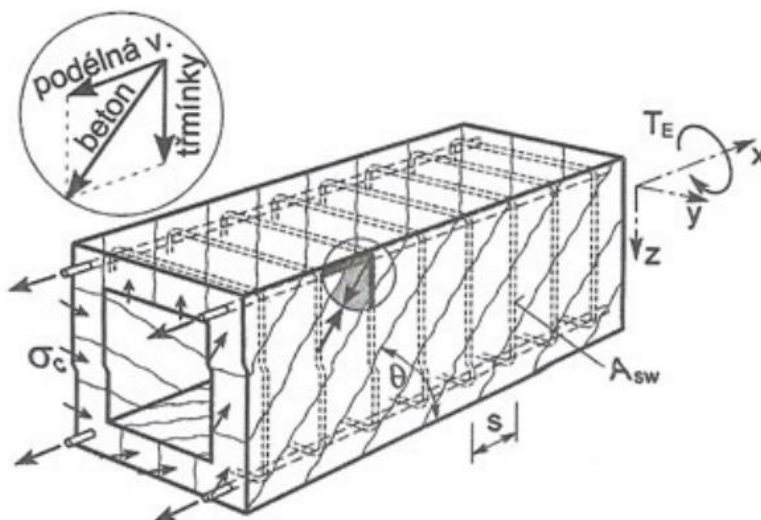
- plocha uzavřená střednicemi tenkostěnného průřezu, včetně vnitřních otvorů (hodnota A_k)
- obvod střednice tenkostěnného průřezu (u_k)

Posudek kroucení

U běžných konstrukcí vzniká kroucení většinou od sekundárních účinků a je tak nutný speciální výpočet. Trhliny od kroucení jsou obecně pokryty smykovou výztuží. I v případě, že dojde ke kroucení, toto jen zřídka ovlivňuje dimenzování dílce a posudek kroucení je často prováděn po posouzení ohybu.

V některých případech nemusí být zatížení způsobující maximální krouticí moment shodné se zatížením, od něž vzniká maximální ohybový účinek. Někdy se může výztuž zadaná pro pokrytí účinků ohybu a dalších sil ukázat jako odpovídající pro zachycení kroucení.

Posudek kroucení je běžně založen na teorii betonového příhradového modelu. V této teorii si v betonovém nosníku představujeme virtuální příhradový model. Tento model má několik svislých (nebo lehce nakloněných), vodorovných a diagonálních dílců. Svislé pruty se považují za třmínky, vodorovné za podélné pruty výztuže a diagonály představují betonovou vzpěru (náhradní diagonálu).



Platí následující předpoklady:

- Parametry rovnovážné roviny (hodnoty d , z , h) se přepočtou do směru výslednice smykové síly.
- Krouticí moment na mezi vzniku trhlin ($T_{Rd,c}$) se spočte podle článku 6.3.2(5) z EN 1992-1-1.
- Návrhová hodnota maximálního krouticího momentu (únosnosti) ($T_{Rd,max}$) se spočte podle článku 6.3.2(4) z EN 1992-1-1.
- Úhel náhradní diagonály se spočte automaticky nebo jej zadá uživatel.

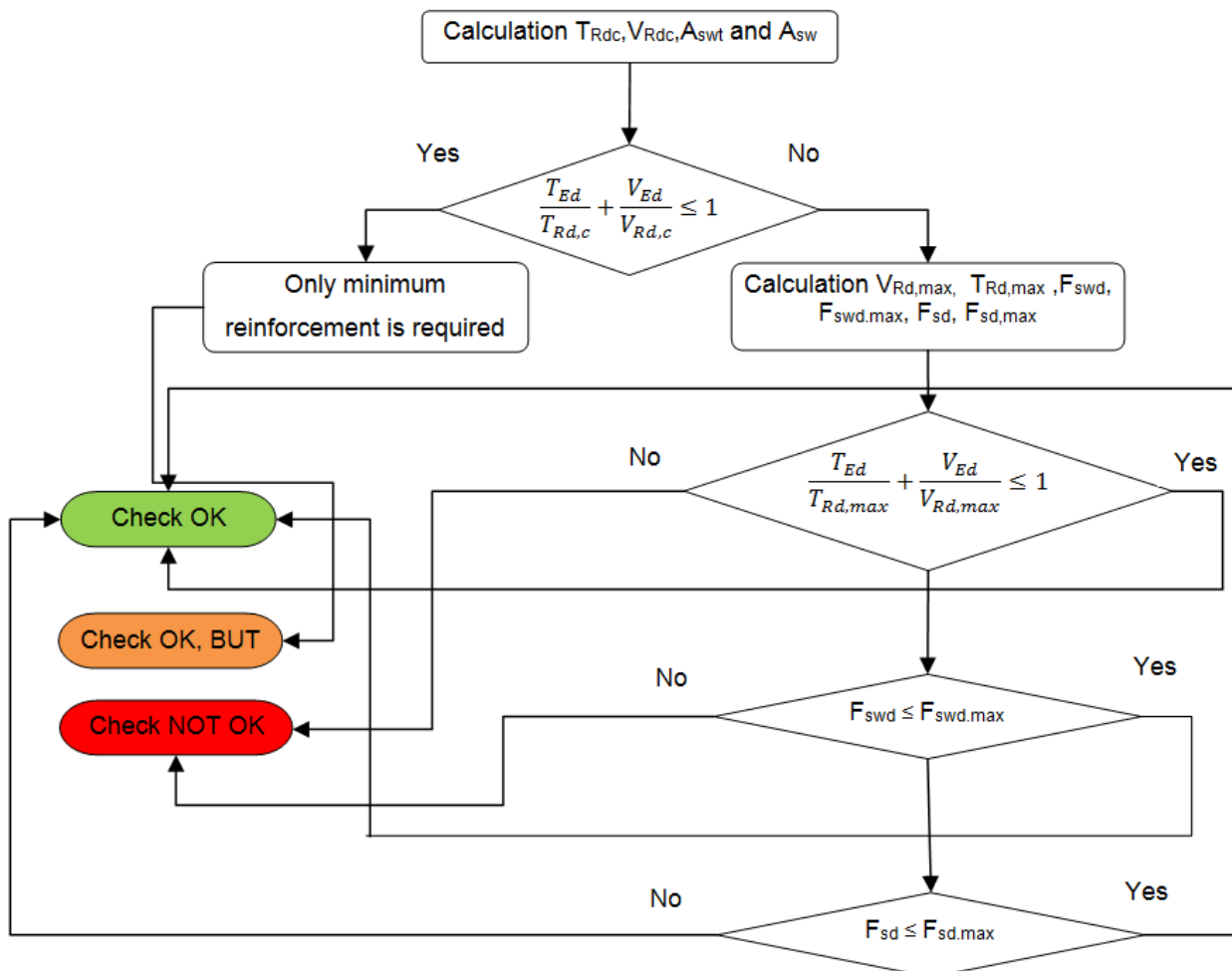
- Úhel třmínek pro posudek je vždy kolmý k ose dílce.
- Nabízí se 5 možností, jak spočítat uzavřený tenkostěnný průřez.

Platí následující omezení:

- pro posouzení kroucení lze uvažovat pouze jeden třmínek
- výztuž z volných prutů není uvažována
- plocha podélné výztuže se neodečítá od plochy betonu.

Postup výpočtu

Jak bylo uvedeno výše, pro předpovězení účinků smyku a kroucení v betonu existuje obecný koncept příhradové analogie. V tomto modelu je tlačný beton reprezentován horním tlačným dílcem a tahová výztuž spodním taženým dílcem. Vodorovné dílce jsou spojeny tlačnými náhradními diagonálami a táhly z výztuže. Postup výpočtu při posudku interakce smyku a kroucení lze vyjádřit následujícím diagramem:



Vyžadováno je pouze minimální množství výztuže (za předpokladu, že podmínka rovnice 6.31 z EN 1992- 1- 1 je splněna):

$$T_{Ed} / T_{Rd,c} + V_{Ed} / V_{Rd,c} \leq 1$$

Maximální únosnost dílce zatíženého kroucením a smykem je omezena únosností náhradní diagonály. Aby nebyla překročena únosnost, musí být splněna následující podmínka (rovnice 6.29 z EN 1992-1-1):

$$T_{Ed} / T_{Rd,max} + V_{Ed} / V_{Rd,max} \leq 1$$

Síla ve smykové výztuži vyvolaná smykem a kroucením se spočte následovně:

$$F_{swd} = [|T_{Ed}| / (2 \cdot A_k) + V_{Ed} / (n_s \cdot z)] \cdot (s_t / \cot \theta)$$

Maximální síla, kterou přenese smyková výztuž je dána takto:

$$F_{swd,max} = A_{swt} / f_{ywd}$$

Přídavná síla v podélné výztuži vyvolaná smykem a kroucením se spočte:

$$F_{sd} = [|T_{Ed}| / (2 \cdot A_k) \cdot u_k + V_{Ed}] \cdot \cot \theta$$

Maximální síla, kterou přenese podélná výztuž se spočte:

$$F_{sd,max} = A_{sl,tor} / f_{ywd}$$

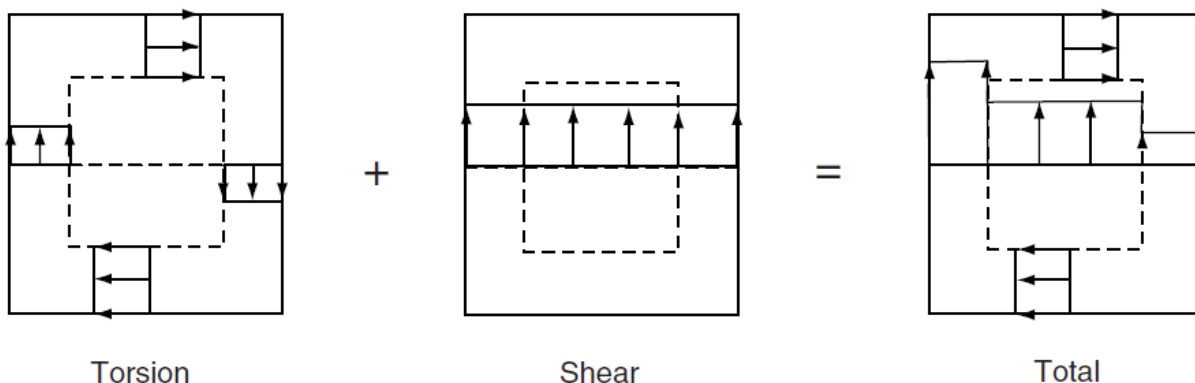
kde:

T_{Ed}	kroucí moment
$T_{Rd,c}$	návrhová hodnota kroucího momentu namezi vzniku trhlin
V_{Ed}	výslednice smykové síly $V_{Ed} = \sqrt{V_{Ed,y}^2 + V_{Ed,z}^2}$
$V_{Ed,y(z)}$	smyková síla ve směru lokální osy y (z).
$V_{Rd,c}$	návrhová smyková únosnost dílce bez smykové výztuže, odkaz na help zde
$T_{Rd,max}$	maximální moment únosnosti v kroucení, odkaz na help zde
$V_{Rd,max}$	návrhová hodnota maximální smykové síly, kterou přenese dílec bez drcení náhradní diagonály, odkaz na help zde
A_k	plocha uzavřená střednicemi tenkostěnného uzavřeného průřezu, včetně vnitřních otvorů, odkaz na help zde
n_s	počet stříhů smykové výztuže, odkaz na help zde
z	rameno vnitřních sil průřezu přepočtené do směru výslednice smykové síly, odkaz na help zde
s_t	vzájemná vzdálenost třmínek spočtená jako průměrná plocha ze všech třmínek na kroucení uvnitř počítaného intervalu, odkaz na help zde
θ	úhel mezi náhradní diagonálou a osou nosníku kolmou ke smykové síle, odkaz na help zde
A_{swt}	průřezová plocha třmínek na kroucení spočtená jako průměrná plocha ze všech třmínek na kroucení uvnitř počítaného intervalu, odkaz na help zde
	návrhová mez kluzu smykové výztuž
f_{ywd}	$f_{ywd} = 0,8 \cdot f_{ywk}$ $\sigma_{swd} \leq 0,8 \cdot f_{ywk}$
σ_{swd}	návrhové napětí ve smykové výztuži od smyku a kroucení $\sigma_{swd} = [T_{Ed} / (2 \cdot A_k) + V_{Ed} / (n_s \cdot z)] \cdot [s_t / (A_{swd} \cdot \cot \theta)]$
f_{ywk}	charakteristická mez kluzu smykové výztuže

u_k	obvod plochy uzavřené střednicemi tenkostěnného průřezu, odkaz na help zde
f_{yd}	návrhová mez kluzu podélné výztuže
$A_{sl,tor}$	plocha prutů podélné výztuže, které jsou uvnitř třmínků na kroucení

Posudek interakce smyku a kroucení

Interakci smyku a kroucení je nutno zohlednit, pokud je dílec zatížen účinky smyku a kroucení. Posudek smyku a kroucení je běžně založen na teorii betonového příhradového modelu, viz kapitola "Posudek smyku" a "Posudek kroucení".



Platí následující předpoklady:

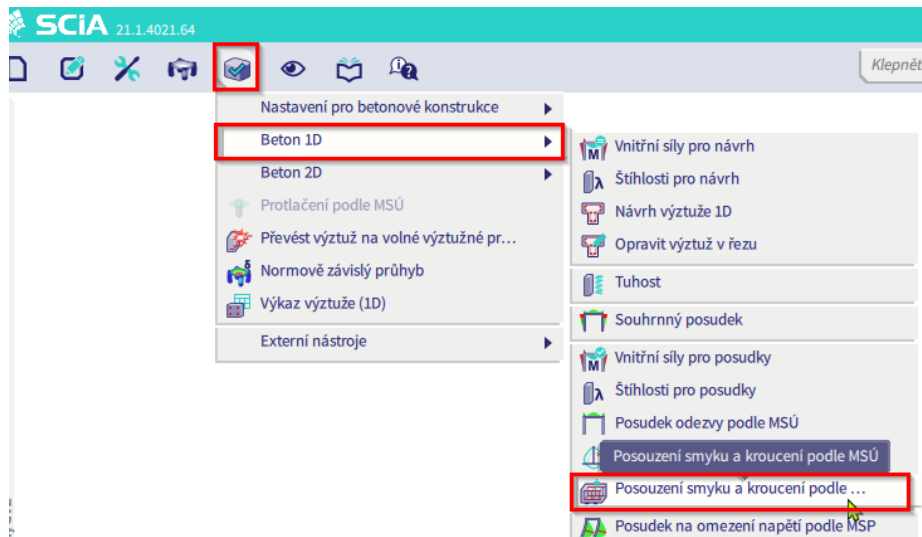
- Zvláštní předpoklady pro posudek smyku jsou popsány v kapitole "Posudek smyku".
- Předpoklady pro posudek kroucení jsou popsány v kapitole "Posudek kroucení".
- Vyžadováno je pouze minimální množství výztuže - za předpokladu, že podmínka rovnice 6.3.2(5) z EN 1992-1-1 je splněna:
- Maximální únosnost dílce zatíženého kroucením a smykem je omezena únosností náhradní diagonály. Aby nebyla překročena únosnost, musí být splněna podmínka z rovnice 6.3.2(4) z EN 1992-1-1.

Platí následující omezení:

- Nakloněný tlačení pás ani nakloněný tažený pás nejsou uvažovány.
- Šířka průřezu pro posudek smyku (hodnoty b_w a b_{w1}) se počítá automaticky. Není žádná možnost definovat uživatelskou hodnotu.
- Pro posouzení kroucení lze uvažovat pouze jeden třmínek, viz kapitola "Třmínky na kroucení".
- Výztuž z volných prutů není uvažována.
- Plocha podélné výztuže se neodečítá od plochy betonu.

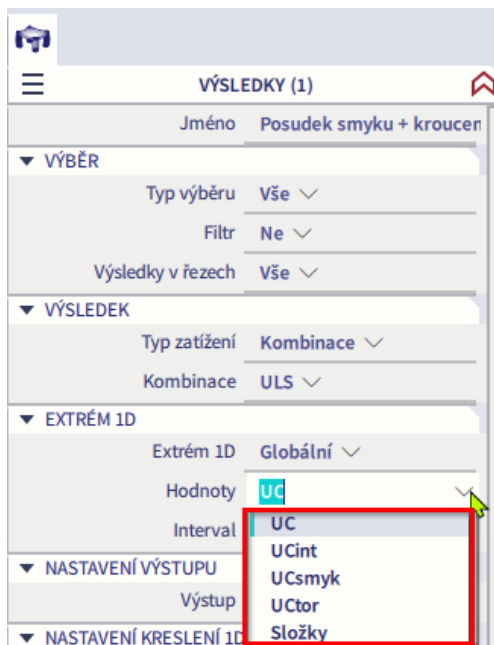
Příklad: 'beam_practical_reinforcement.esa'

Posudek smyku a kroucení je dostupný pod ikonou "Návrh" v hlavním menu → Beton 1D → Posudek smyku a kroucení na MSÚ:



Ve vlastnostech posudku je potřeba nastavit Typ zatížení, na který se má posudek napočítat. Pro příklad je proveden posudek pro kombinaci ULS.

V posudku jsou pro zobrazení dostupné tyto hodnoty:



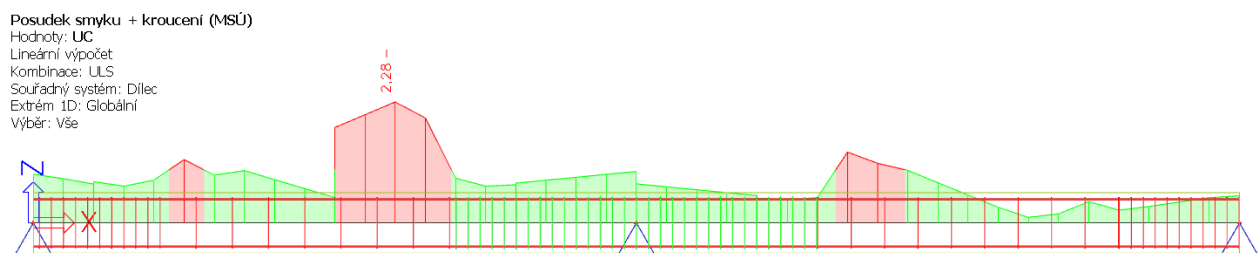
UC...nejhorší ze všech jednotkových posudků
= max (UC_{int}; UC_{smyk}, UC_{tor})

UC_{int}...jednotkový posudek interakce smyku + kroucení

UC_{smyk}...jednotkový posudek smyku

UC_{tor}...jednotkový posudek kroucení

Po kliknutí na akční tlačítko "Obnovit" se posudek graficky zobrazí v modelovacím prostoru. V některých místech je posudek červený (> 1,0) což znamená, že je nevyhovující:



V posudku smyku + kroucení jsou čtyři typy výstupu: Stručný, Standard, Detailní a Obrys.

Standardní náhled umožňuje zobrazit předhlednou tabulku, která obsahuje jednotlivé jednotkové posudky. Lze tak rychle zjistit, který z jednotkový posudků není vyhovující:

Podélná výztuž: B 500A
Bilineární s nakloněnou horní větví
7φ20 (2199 mm²)
ρ_l = 1,466 % (17,3 kg/m)

Smyková výztuž: B 500A
Bilineární s nakloněnou horní větví
2L φ8/300 (101 mm²)
ρ_w = 0,112 % (2,63 kg/m)

Krytí (třmínek)
Horní: 37 mm
Spodní: 37 mm
Levý: 37 mm
Pravý: 37 mm

Síly
Obsah kombinace: 1.35*LC1+1.35*LC2+1.50*LC3
N_{Ed} = 0 kN M_{Edy} = 205 kNm M_{Edz} = 0 kNm V_{Edy} = 0 kN V_{Edz} = -152 kN T_{Ed} = 0 kNm
Výslednice smykové síly
 $V_{Ed} = \sqrt{V_{Edy}^2 + V_{Edz}^2} = \sqrt{0^2 + (-152)^2} = 152 \text{ kN}$
Rozdíl mezi úhly α_M a α_V
α_{MV} = abs(α_M - α_V) = abs(90 - 90) = 0°

Shrnutí posudku
d = 445 mm z = 383 mm b_w = 300 mm b_{w1} = 300 mm V_{Rdc} = 87,8 kN V_{Rds} = 66,5 kN V_{Ed,max} = 705 kN V_{Rd,max} = 598 kN

Typ posudku	Síly	Únosnosti	Jed. pos. [-]	Stav
Posudek smyku Vy+Vz	151,7 kN	66,5 kN	2,28	Nevyh.
Posudek kroucení	0,0 kNm	0,0 kNm	0,00	OK
Posudek interakce Vy+Vz+T (beton)			0,00	OK,*
Posudek interakce Vy+Vz+T (smyk)	0,0 MPa	0,0 MPa	0,00	OK,*
Shrnutí posudku			2,28	Nevyh.

V detailním náhledu jsou uvedeny poznámky, varování a chyby týkající se posudku. Například zde může být uvedeno, že posudek není vyhovující kvůli smykové výztuži:

Posouzení na smyk

Posouzení $V_{Rd,max}$

$$V_{Ed} = 152 \text{ kN} \leq V_{Rd,max} + V_{ccd} + V_{td} = 598 \text{ kN}$$

Poznámka: Posudek na drcení tlakové diagonály vyhovuje ($V_{Ed} \leq V_{Rd,max} + V_{td} + V_{ccd}$).

Posouzení $V_{Ed,max}$

$$V_{Ed} = 152 \text{ kN} \leq V_{Ed,max} + V_{ccd} + V_{td} = 705 \text{ kN}$$

Poznámka: Posudek vyhoví na smykovou sílu poblíž podpory ($V_{Ed} \leq V_{Ed,max} + V_{td} + V_{ccd}$).

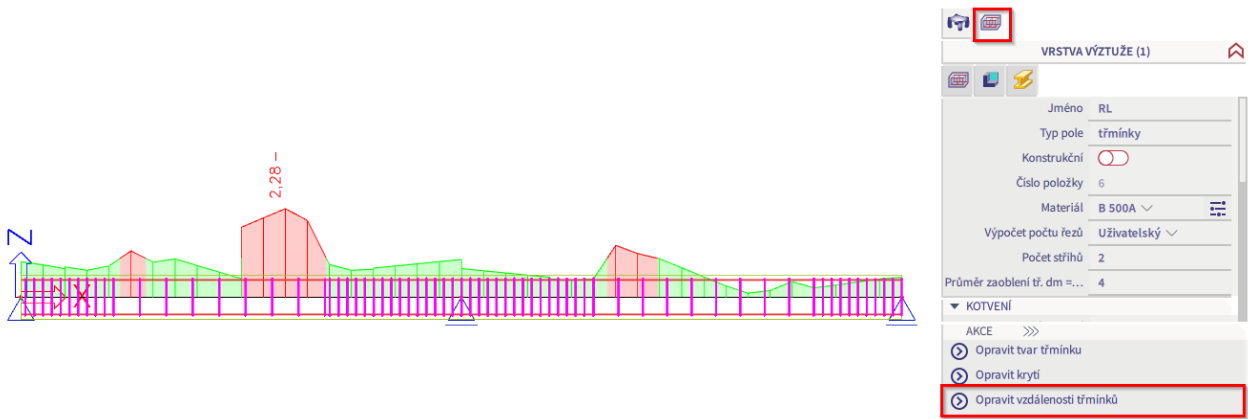
Posouzení V_{Rdc} a V_{Rds}

$$V_{Ed} = 152 \text{ kN} > V_{Rdc} = 87,8 \text{ kN} \text{ and } V_{Ed} = 152 \text{ kN} > V_{Rds} + V_{ccd} + V_{td} = 66,5 \text{ kN}$$

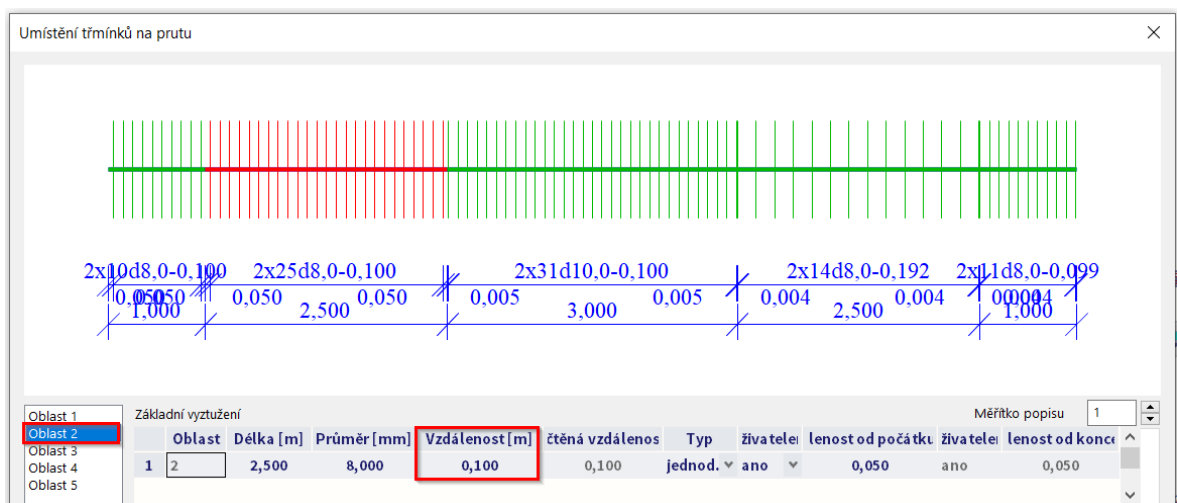
Varování: Posudek nevyhoví, kvůli smykové výztuži ($V_{Ed} > V_{Rds} + V_{ccd} + V_{td}$). Je nutné zvýšit plochu smykové výztuže nebo zvětšit rozměry průřezu nebo zvýšit kvalitu smykové výztuže

Je zde uvedeno také řešení, jak daný problém odstranit. Například je možné zvětšit plochu smykové výztuže, zvětšit rozměry průřezu nebo zvýšit kvalitu smykové výztuže.

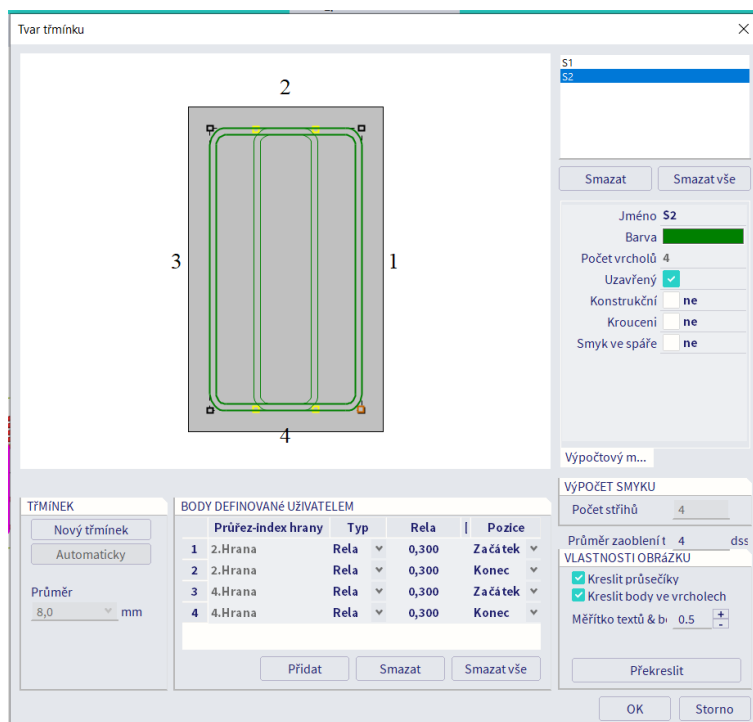
Pro ukázkou je v příkladu provedeno navýšení smykové výztuže snížením rozteče třmíneků. Editace rozteče třmíneků je možná výběrem třmíneků → v dolní části panelu vlastností je akční tlačítko **“Opravit vzdálenosti třmíneků”**:



Byla vybrána "Oblast 2" a změněna vzdálenost mezi třmínky z 0,3 m na 0,1 m. Rozteč třmínek byla editována také pro "Oblast 4", kde byla rozteč třmínek nastavena na hodnotu 0,2m:



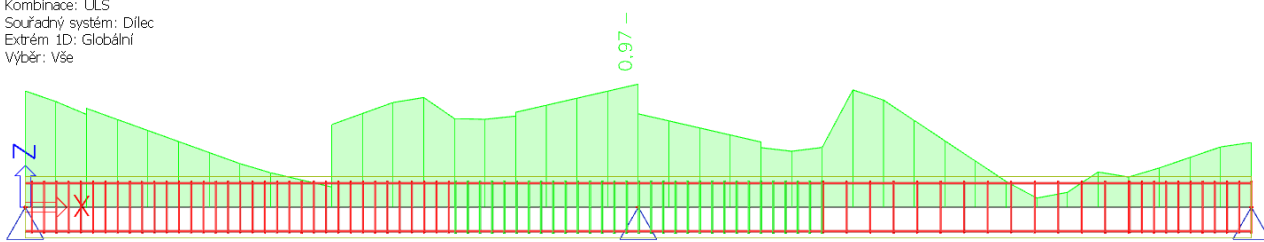
Do průřezu je také možné dodatečně přidat další třmínky (výběr třmínku → panel vlastností → akční tlačítko "Opravit tvar třmínku"):



Změna tvaru třmínku nám umožňuje zachovat větší vzdálenost 0,2 m mezi třmínky v „Oblasti 2“.

Po úpravě je posudek smyku + kroucení vyhovující:

Posudek smyku + kroucení (MSÚ)
 Hodnoty: UC
 Lineární výpočet
 Kombinace: ULS
 Souřadný systém: Diltec
 Extrém ID: Globální
 Výběr: Vše



Nastavení, která mohou ovlivnit posudek:

- Součinitel pro výpočet efektivní výšky průřezu:

Výchozí hodnota součinitele je 0,9. Tento součinitel je možné editovat v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled “Kompletní nastavení” → Nastavení řešiče → Obecné:

Popis	Symbol	Hodnota	Výchozí	Jed...	Kapitola	Norma	Konstr...	Typ po...
Výchozí nastavení návrhu								
Výztuž								
Minimální krytí								
Nastavení řešiče								
Obecné								
Limitní hodnota jednotkového posudku	Lim. posu...	1,0	1,0			Nezávislé	Vše (No...	Nastave...
Hodnota jednotkového posudku pro nespočtený jed...	Ncal.posu...	3,0	3,0			Nezávislé	Vše (No...	Nastave...
Součinitel pro výpočet efektivní výšky průřezu	Souč _d	0,9	0,9			Nezávislé	Vše (No...	Nastave...
Součinitel pro výpočet ramene vnitřních sil	Souč _z	0,9	0,9			Nezávislé	Vše (No...	Nastave...

- Součinitel pro výpočet ramene vnitřních sil:

Výchozí hodnota součinitele je 0,9. Tento součinitel je možné editovat v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled “Kompletní nastavení” → Nastavení řešiče → Obecné:

Popis	Symbol	Hodnota	Výchozí	Jed...	Kapitola	Norma	Konstr...	Typ po...
Výchozí nastavení návrhu								
Výztuž								
Minimální krytí								
Nastavení řešiče								
Obecné								
Limitní hodnota jednotkového posudku	Lim. posu...	1,0	1,0			Nezávislé	Vše (No...	Nastave...
Hodnota jednotkového posudku pro nespočtený jed...	Ncal.posu...	3,0	3,0			Nezávislé	Vše (No...	Nastave...
Součinitel pro výpočet efektivní výšky průřezu	Souč _d	0,9	0,9			Nezávislé	Vše (No...	Nastave...
Součinitel pro výpočet ramene vnitřních sil	Souč _z	0,9	0,9			Nezávislé	Vše (No...	Nastave...
Součinitel pro výpočet síly, při které je průřez tažený	Souč _{com}	0,1	0,1			Nezávislé	Vše (No...	Nastave...

- Úhel náhradní talkové diagonály:

3 způsoby zadání v v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled “Kompletní nastavení” → Nastavení řešiče → Smyk:

- Uživatel (úhel) uživatelem zadaná hodnota úhlu – výchozí hodnota
- Uživatel (kotangens) uživatelem zadaná hodnota kotangens
- Auto automatický výpočet úhlu splňujícího rovnici 6.29

Nastavení pro betonové konstrukce

Pohledy: Kompletní nastavení Nastavení po... Načíst výchozí Najít Národní dodatek:

Popis	Symbol	Hodnota	Výchozí	Je...	Kapitola	Norma	Konst...	Typ p...
<vše>	<vše>	<vše>	<vše>		<vše>	<vše>	<v...>	<v...>
Výchozí nastavení návrhu								
Výztuž								
Minimální krytí								
Nastavení řešiče								
Obecné								
Vnitřní síly								
Návrh As								
Konverze na pruty								
Interakční diagram								
Smyk								
Typ výpočtu / zadání úhlu náhradní diagonály	Typ θ	Uživatel(úhel)	Uživatel...		6.2.3	EN 1992-1-1	Vše (N...	Nastav...
Úhel náhradní diagonály	θ	Auto	40,00	deg	6.2.3	EN 1992-1-1	Vše (N...	Nastav...
Kotangens úhlu náhradní diagonály	$\cot(\theta)$	Uživatel(úhel)	1,2		6.2.3	EN 1992-1-1	Vše (N...	Nastav...
Kotangens úhlu náhradní diagonály	$\cot(\theta)$	Uživatel(kotangens)			6.2.3	EN 1992-1-1	Vše (N...	Nastav...
Uvažovat vliv osové síly v posudku smyku pro nepřed...	Typ α_{cw}				6.2.2(1)	EN 1992-1-1	Pruty (...)	Nastav...
Smyk mezi stojinou a pásnicí								
Typ zadání úhlu náhradní diagonály	Typ θ_f	Uživatel(úhel)	Uživatel...		6.2.4(4)	EN 1992-1-1	Nosník...	Nastav...
Úhel náhradní diagonály	θ_f	40,00	40,00	deg	6.2.4(4)	EN 1992-1-1	Nosník...	Nastav...
Kotangens úhlu náhradní diagonály	$\cot(\theta_f)$	1,2	1,2		6.2.4(4)	EN 1992-1-1	Nosník...	Nastav...

Úhel by měl být mezi hodnotami θ_{min} a θ_{max} , které jsou definované v Národní příloze normy EN1992-1-1.

Nastavení pro beton

Standard EN

- Beton
 - Obecný
 - Beton
 - Nepředpjatá výztuž
 - Předpjatá výztuž
 - Trvanlivost a krytí betonu
- MSÚ
 - Obecný
- MSP
 - Obecný
 - Předpětí
- Dovolené namáhání
 - Omezení napětí během předpinání
 - Omezení napětí MSP
- Konstrukční zásady
 - Společné konstrukční zásady
 - Sloupy
 - Nosníky

Vzorec Metoda založená na jmenoví

$C_{Rd,c}$	Hodnota [-]	0,18
$k_{1, shear}$ - souč. pro výpočet $V_{rd,c}$ 6.2.2(1)	Hodnota [-]	0,15
v_{min} - souč. pro výpočet $V_{rd,c}$ pro smyk 6.2.2(1)	Vzorec Vzorec	
v - redukční součinitel pevnosti pro beton se smy...	Vzorec Vzorec	
k - součinitel pro výpočet smykové únosnosti me...	Hodnota [-]	0,40
θ_{min} - min. úhel mezi náhradní tlačnou diagonálou	Hodnota [deg]	21,80
$\theta_{max, prestressed}$ - min. úhel mezi náhradní tlačnou c	Hodnota [deg]	21,80
θ_{max} - max. úhel mezi náhradní tlačnou diagonálou	Hodnota [deg]	45,00
$\theta_{min c}$ - Minimální úhel mezi náhradní tlačnou diag		

- Úhel smykové výztuže:

Skutečná výztuž může být vedena pouze pod úhlem 90°.

- Typ určení ekvivalentního tenkostěnného průřezu:

Další informace o tomto nastavení najdete v této kapitole, téma "Ekvivalentní tenkostěnný uzavřený průřez".

OMEZENÍ NAPĚTÍ

Posouzení omezení napětí (MSP) je založeno na výpočtu přetvoření a napětí v konkrétní komponentě (vlákně betonu, prutu výztuže) a na porovnání s limitními hodnotami danými v EN 1992-1-1. Z vnitřních sil, betonového průřezu a uživatelem zadané výztuže SCIA Engineer spočte rovnovážnou rovinu dílce nebo jednoho průřezu a najde v každé komponentě aktuální hodnotu napětí.

Omezení napětí je z pohledu mezního stavu použitelnosti založeno na ověření následujících stavů:

- **tlakové napětí v betonu** - vysoká hodnota tlakového napětí v betonu může vést ke vzniku podélných trhlin, šíření mikrotrhlin v betonu a vyšším hodnotám dotvarování (zejména nelineárního). Tento efekt může vést ke stavu, že je konstrukce nepoužitelná.
- **tahové napětí ve výztuži** - napětí ve výztuži se ověřuje kvůli omezení nepřijatelného přetvoření, v jehož důsledku dochází ke vzniku trhlin v betonu

Pro určení rovnovážné roviny se použije metoda popsaná heplu – odkaz [zde](#). Pro Kapacitu - odezvu (MSÚ) se použijí různé pracovní diagramy.

Pro nalezení rovnovážné roviny se použije pracovní diagram založený na mezním stavu použitelnosti. Tento posudek počítá napětí v konkrétních komponentách pro každý stav průřezu. Obecně lze říci, že tento posudek používá iterační metodu pro interakci normálové síly (N) s jednoosým nebo dvouosým ohybem ($M_y + M_z$). Navíc je možno spočítat napětí pro krátkodobou a dlouhodobou tuhost, která se aplikuje pomocí modifikovaného pracovního diagramu.

Předpoklady a omezení

Platí následující předpoklady:

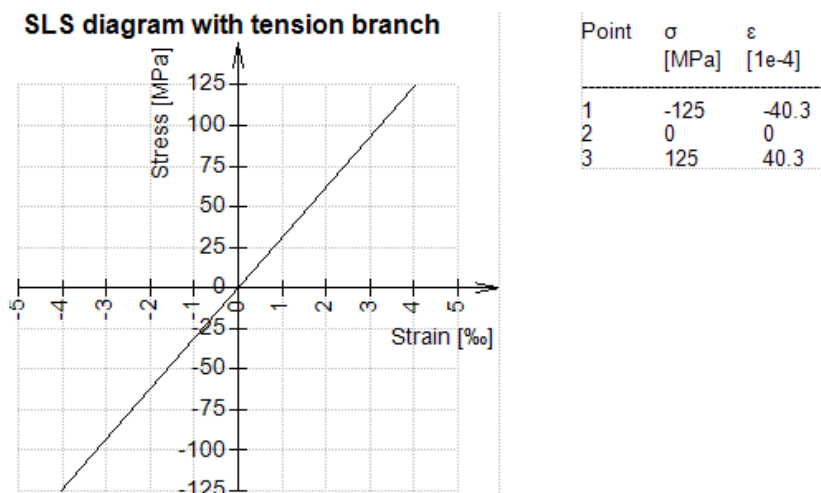
- Použije se pracovní diagram zadaný ve vlastnostech materiálu.
 - Beton - lineární pracovní diagram závisí na:
 - typu modulu pružnosti – krátkodobém (E_c) nebo dlouhodobém ($E_{c,ef}$) modulu pružnosti pro přípravu pracovního diagram
 - výskytu trhlin v průřezu
 - u trhlinami neporušeného průřezu se uvažuje pracovní diagram s tahovou větví pro beton
 - u trhlinami porušeného průřezu se uvažuje pracovní diagram bez tahové větve pro beton
 - Výztuž - lineární pracovní diagram s tahovou větví.
- Uvažuje se standardní výztuž REDES.

Platí následující omezení:

- Plocha podélné výztuže se v prvním kroku neodečítá od plochy betonu.

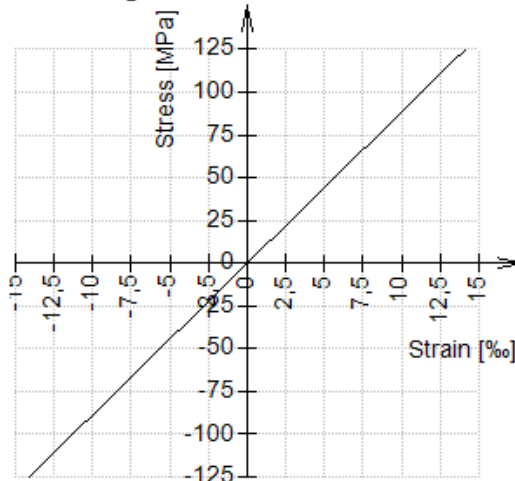
Na následujícím obrázku je jako příklad ukázána příprava pracovního diagramu pro beton C25/30 ($f_{ck}=25\text{MPa}$, $E_c=31\text{GPa}$).

Beton MSP krátkodobý trhlinami neporušený:



Beton MSP dlouhodobý trhlinami neporušený:

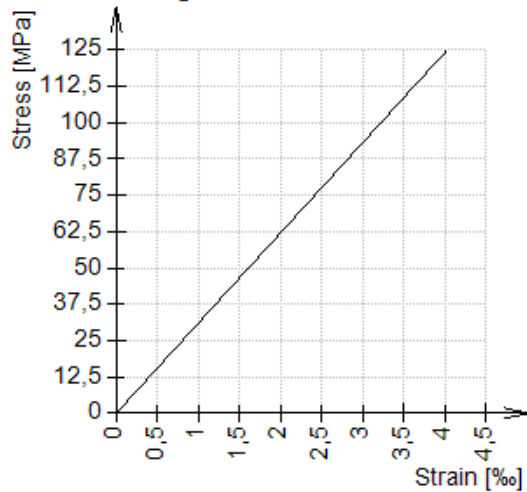
SLS diagram with tension branch



Point	σ [MPa]	ϵ [1e-4]
1	-125	-141
2	0	0
3	125	141

Beton MSP krátkodobý trhlinami porušený:

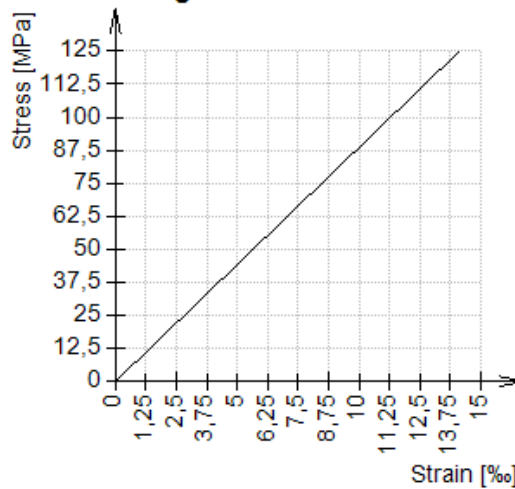
SLS diagram with tension branch



Point	σ [MPa]	ϵ [1e-4]
1	-125	-40.3
2	0	0

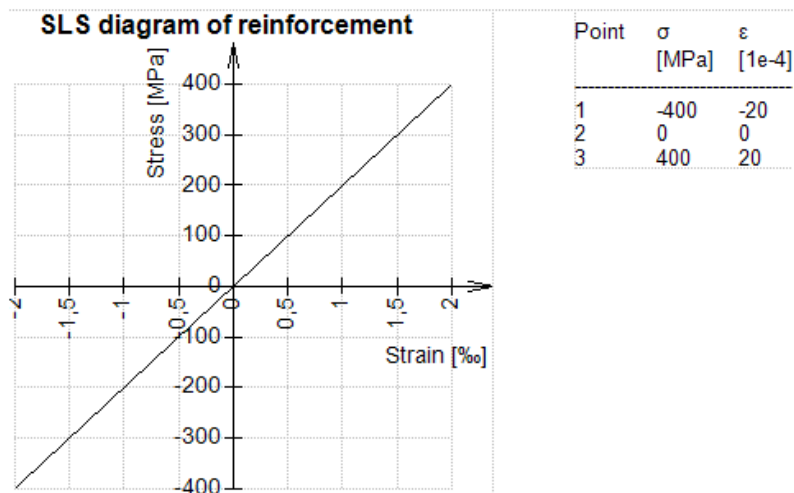
Beton MSP dlouhodobý trhlinami porušený:

SLS diagram with tension branch



Point	σ [MPa]	ϵ [1e-4]
1	-125	-141
2	0	0

Na následujícím obrázku je jako příklad ukázána příprava pracovního diagramu pro výztuž B400C ($f_{yk} = 400\text{MPa}$, $E_s = 200\text{GPa}$).



Poznámka: Maximální napětí v diagramu pro MSP se použije jako $5 \times f_{ck}$ (f_{yk}) pro beton, respektive výztuž.

Teorie

Postup výpočtu je popsán následujícími kroky:

→ Ověření vzniku trhlin

Nejprve se ověří vznik trhlin pro charakteristickou kombinaci zatížení podle čl. 7.1(2) - maximální tahové napětí ve vláknech betonu se porovná s efektivní tahovou pevností betonu $f_{ct,eff}$. Výpočet maximálního tahového napětí ve vláknech betonu se provede na průřezu s lineárním diagramem betonu pro MSP s tahovou větví; výztuž se uvažuje lineárním diagramem.

Mohou nastat dva případy:

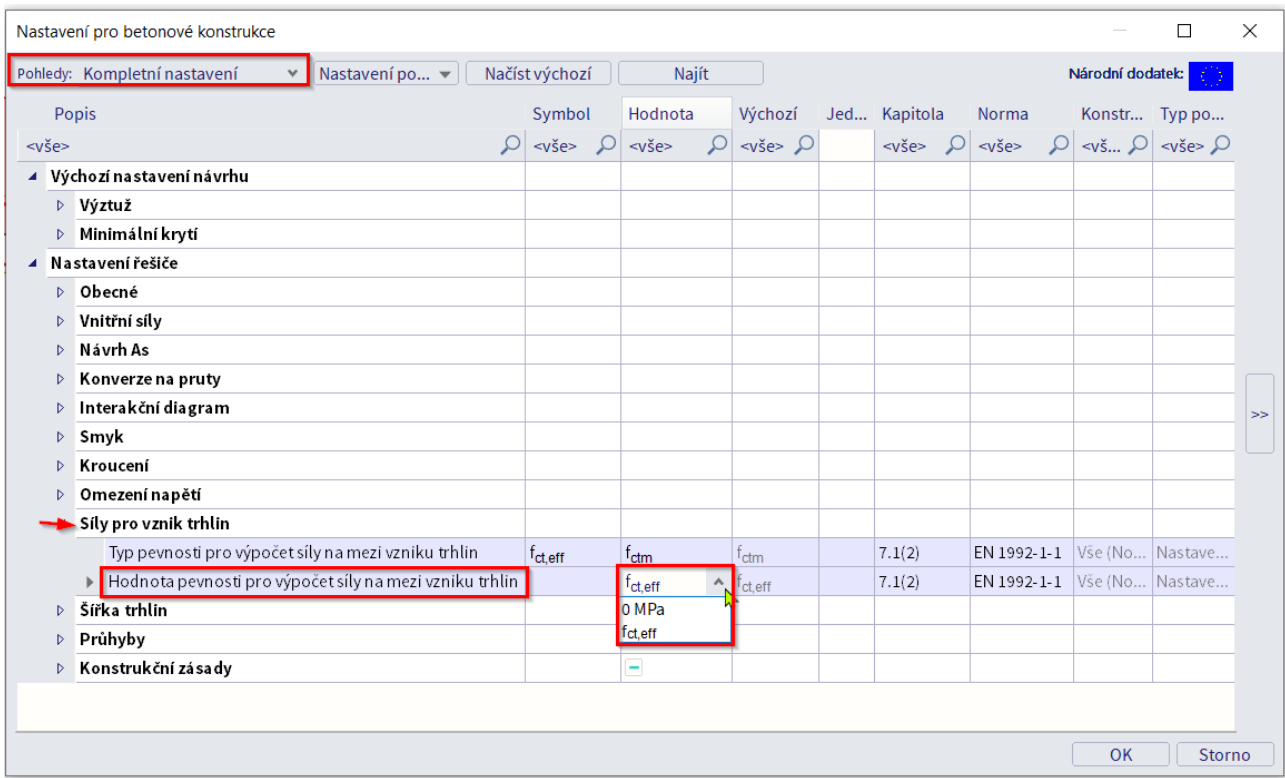
1. $\sigma_{ct} \leq \sigma_{cr}$... neobjeví se žádné trhliny; průřez se uvažuje jako neporušený trhlínami a pro další kroky výpočty se použije pracovní diagram pro MSP s tahem.
2. $\sigma_{ct} > \sigma_{cr}$... objeví se trhliny; průřez se uvažuje jako porušený trhlínami a průřez se přepočte pomocí pracovního diagram pro MSP bez tahu.

kde:

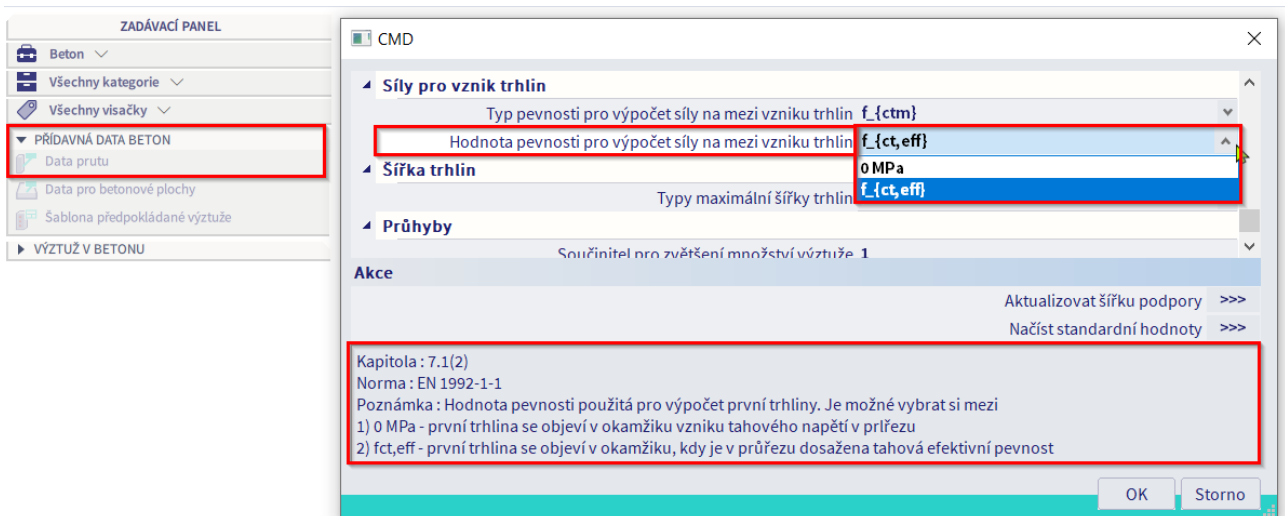
σ_{ct} normálové napětí betonu na trhlínami neporušeném průřezu v nejvíce tažených vláknech

σ_{cr} je hodnota pevnosti pro určení toho, zda se počítá šířka trhliny, viz help – odkaz [zde](#). Tuto hodnotu je možné nastavit v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled “Kompletní nastavení” → Nastavení řešiče → Síly pro vznik trhlin → **Hodnota pevnosti pro výpočet síly na mezi vzniku trhlin** → jsou zde dvě možnosti:

- $f_{ct,eff}$... šířka trhliny se spočte pouze, pokud je normálové napětí betonu na trhlínami neporušeném průřezu v nejvíce tažených vláknech větší než efektivní tahová pevnost (= střední hodnota tahové pevnosti betonu)
- 0 MPa... šířka trhliny se spočte, pokud se v průřezu vyskytuje tah



Případně je možné tuto hodnotu nastavit také lokálně pro vybraný prut přes Data prutu:



→ Ověření napětí v komponentě

Výpočet napětí v komponentě je založen na kombinaci. Porovnávají se tři různé případy:

1. Ověření napětí v betonu pro charakteristické zatížení podle čl. 7.2(2)

Toto ověření porovnává podélné trhliny v betonu a je pouze pro třídy prostředí XD, XF a XS. Obecně platí, že maximální tlakové napětí v betonu $\sigma_{c,char}$ musí být menší než maximální povolená pevnost betonu v tlaku pro charakteristickou kombinaci $\sigma_{c,char,lim} = k_1 \cdot f_{ck}$. To lze vyjádřit jako:

$$\sigma_{c,char,lim} \leq k_1 \cdot f_{ck}$$

kde k_1 je parametr daný národní přílohou a jeho standardní hodnota je $k_1 = 0,6$.

2. Ověření napětí v betonu pro kvazistálé zatížení podle čl. 7.2(3)

Tímto výpočtem se ověřuje možnost uvažování pouze lineárního dotvarování. Pokud není podmínka splněna, musí se uvažovat výpočet nelineárního dotvarování. Obecně platí, že maximální tlakové napětí v betonu $\sigma_{c,qp}$ musí být menší než maximální povolená pevnost betonu v tlaku pro kvazistálou kombinaci $\sigma_{c,qp,lim} = k_2 \cdot f_{ck}$. To lze vyjádřit jako:

$$\sigma_{c,qp,lim} \leq k_2 \cdot f_{ck}$$

kde k_2 je parametr daný národní přílohou a jeho standardní hodnota je $k_2 = 0,45$.

3. Ověření napětí ve výztuži pro charakteristické zatížení podle čl. 7.2(5)

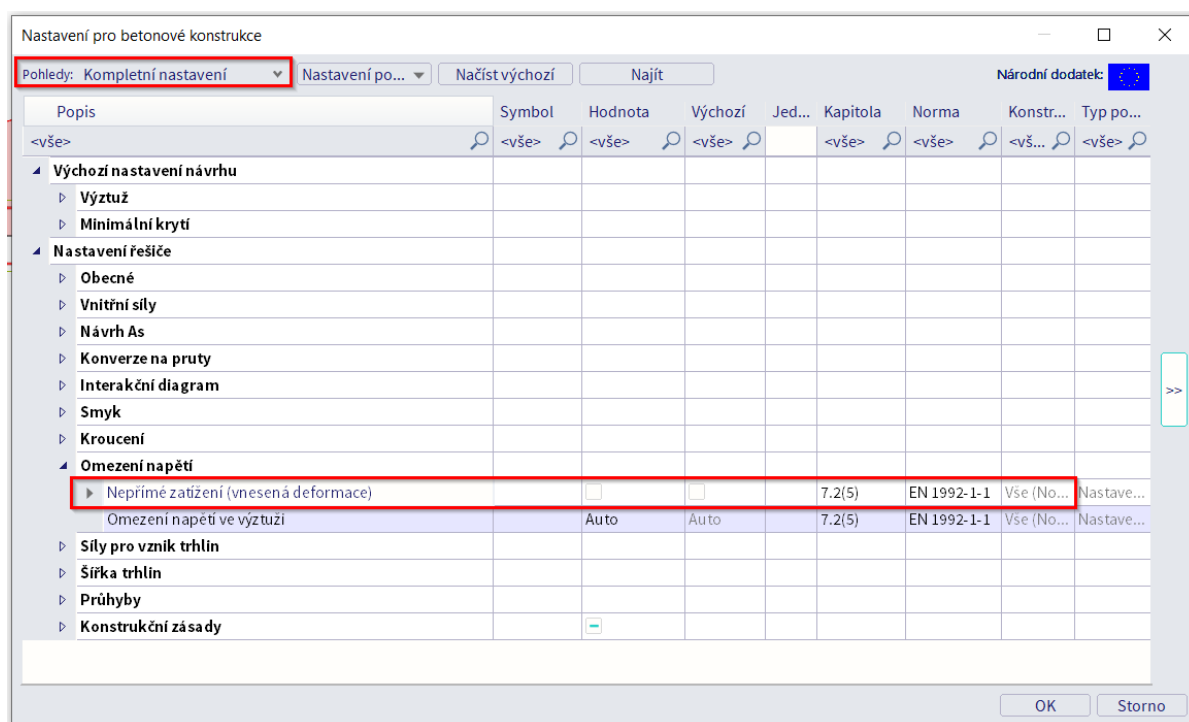
Tímto výpočtem se ověřuje uvažování nepřijatelných trhlin a deformací v betonu. Obecně platí, že maximální tahové napětí ve výztuži $\sigma_{s,char}$ musí být menší než maximální povolená pevnost výztuže v tahu pro charakteristickou kombinaci $\sigma_{s,char,lim} = k_3 \cdot f_{yk}$. To lze vyjádřit jako:

$$\sigma_{s,char,lim} \leq k_3 \cdot f_{yk}$$

kde k_3 je parametr daný národní přílohou a jeho standardní hodnota je $k_3 = 0,8$.

Pokud je napětí ve výztuži způsobeno vnesenou deformací, pak se maximální pevnost zvyšuje na $k_4 \cdot f_{yk}$, kde k_4 parametr daný národní přílohou se standardní hodnotou $k_4 = 1,0$.

Tuto možnost je možné aktivovat v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled "Kompletní nastavení" → Nastavení řešiče → Omezení napětí:



Možnost vnesených deformací je popsána v kapitole "Nastavení", viz help – odkaz [zde](#).

Jednotkový posudek je maximum ze všech dílčích jednotkových posudků. To znamená:

$$\text{Jednotkový posudek (UC)} = \max(\sigma_{c,char} / \sigma_{c,char,lim}; \sigma_{c,qp} / \sigma_{c,qp,lim}; \sigma_{s,char} / \sigma_{s,char,lim})$$

Výše uvedený postup se použije pro krátkodobý i dlouhodobý stav. To znamená, že lze použít pracovní diagram s efektivním modulem pružnosti nebo bez něj. Efektivní modul pružnosti je odvozen pomocí součinitele dotvarování a spočte se následovně:

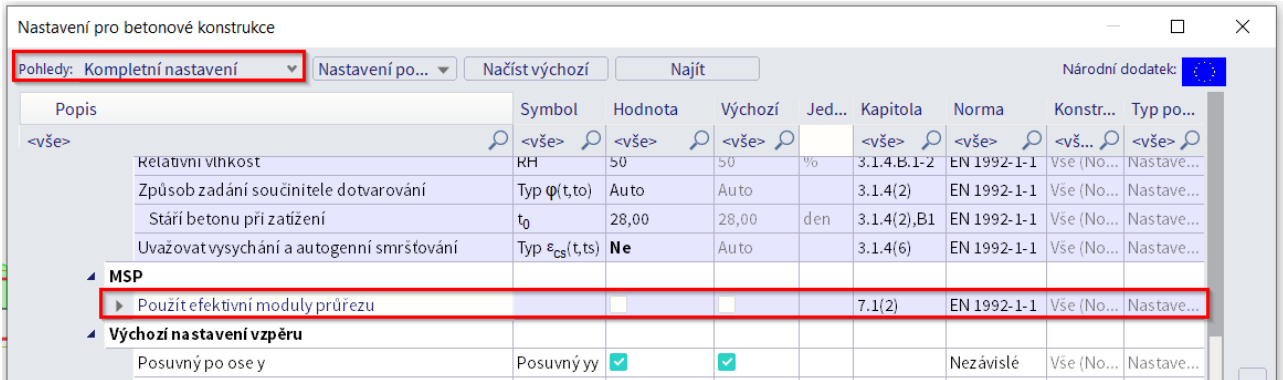
$$E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi)$$

SCIA Engineer automaticky používá charakteristické a kvazistálé kombinace dohromady v jednom kroku. Bez ohledu na to, jaká kombinace (Charakteristická, Kvazistálá nebo Častá) je zvolena.

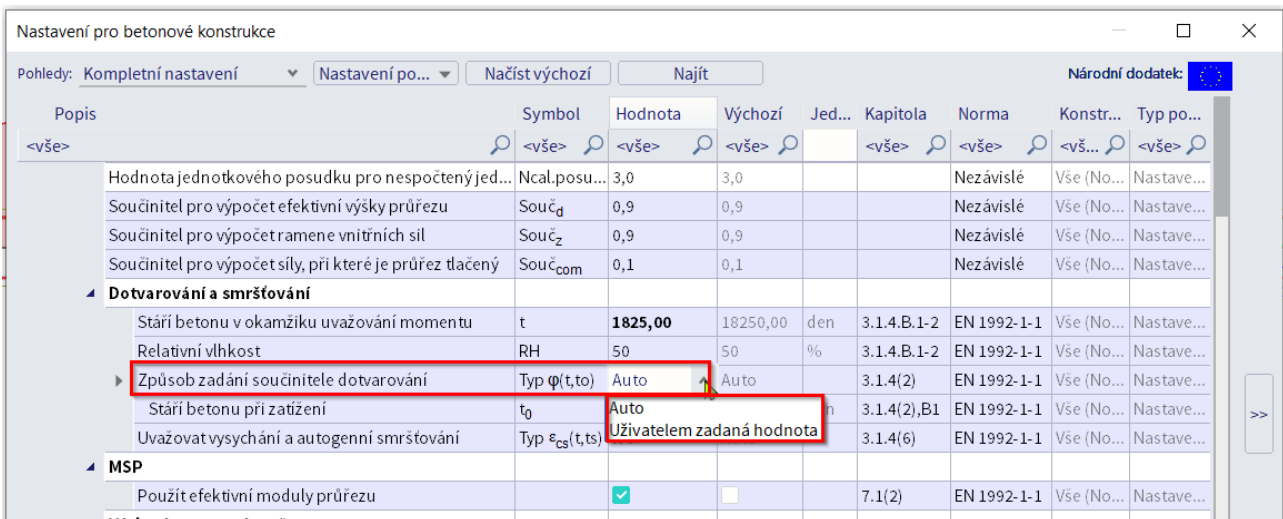
Vybraná kombinace obsahuje zatěžovací stavy, kterým jsou při posudku přiřazeny příslušné koeficienty (dle typu kombinace Charakteristická, Kvazistálá nebo Častá). Doporučuje se použít Třidu výsledků se všemi MSP kombinacemi projektu nebo kombinaci se všemi zatěžovacími stavy.

Zatěžovací stavy se uvažují jako standardní zatížení použité pro posudek omezení napětí.

Standardně se kontrola omezení napětí provádí pro krátkodobý stav. Zahrnutí dlouhodobého chování do výpočtu se nastaví v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled “Kompletní nastvení” → Nastavení řešiče → Obecné → MSP → možnost “Použít efektivní moduly průřezu”:

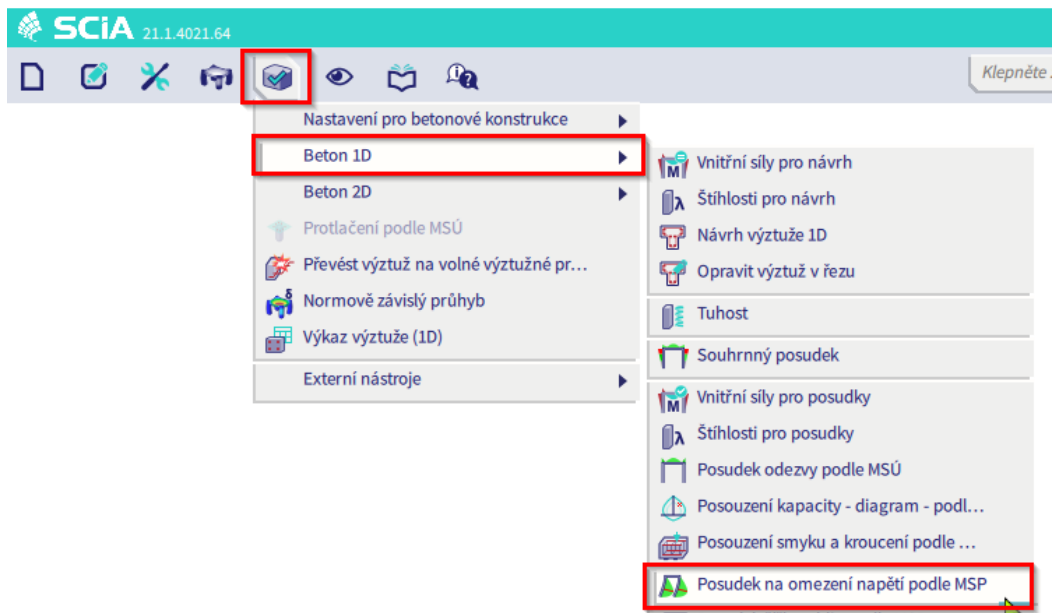


Součinitel dotvarování je možné nechat spočítat automaticky nebo definovat uživatelem zadanou hodnotu:



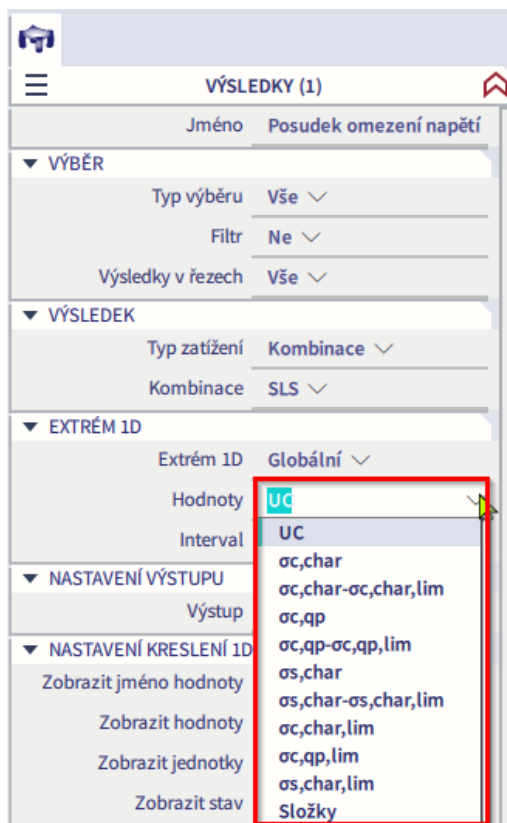
Příklad: ‘beam_practical_reinforcement.esa’

Posudek omezení napětí je dostupný pod ikonou “Návrh” v hlavním menu → Beton 1D → Posudek na omezení napětí podle MSP:



Ve vlastnostech posudku je potřeba nastavit Typ zatížení, na který se má posudek napočítat. Pro příklad je proveden posudek pro kombinaci SLS.

V posudku jsou pro zobrazení dostupné tyto hodnoty:



UC - jednotkový posudek (viz výše)

$\sigma_{c,char}$ - maximální spočtená hodnota napětí v betonu v tlaku pro charakteristickou kombinaci

$\sigma_{c,char} - \sigma_{c,char,lim}$ - zobrazení $\sigma_{c,char}$ i $\sigma_{c,char,lim}$ pro srovnání

$\sigma_{c,qp}$ - maximální spočtená hodnota napětí v betonu v tlaku pro kvazistálou kombinaci

$\sigma_{c,qp} - \sigma_{c,qp,lim}$ - zobrazení $\sigma_{c,qp}$ i $\sigma_{c,qp,lim}$ pro srovnání

$\sigma_{s,char}$ - maximální spočtená hodnota napětí ve výztuži v tlaku pro charakteristickou kombinaci

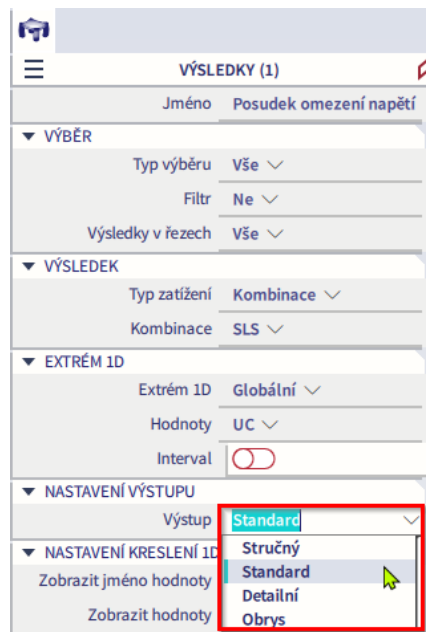
$\sigma_{s,char} - \sigma_{s,char,lim}$ - zobrazení $\sigma_{s,char}$ i $\sigma_{s,char,lim}$ pro srovnání

$\sigma_{c,char,lim}$ - limitní hodnota napětí v betonu v tlaku pro charakteristickou kombinaci

$\sigma_{c,qp,lim}$ - limitní hodnota napětí v betonu v tlaku pro kvazistálou kombinaci

$\sigma_{s,char,lim}$ - limitní hodnota napětí ve výztuži v tlaku pro charakteristickou kombinaci

K dispozici jsou čtyři typy výstupů – Stručný, Standard, Detailní a Obrys:



Náhled výstupu (reportu) je možné zobrazit přes akční tlačítko “Náhled reportu”, které se nachází ve spodní části vlastností posudku.

Ve Standardním náhledu je možné vidět tabulky posudku omezení napětí. V posudku se provádí následující kroky, které byly zmíněny již výše:

1. ověření vzniku trhlin
2. ověření napětí v komponentách průřezu (beton, výztuž)

Ověření vzniku trhlin v průřezu

Zatížení	Typ modulu	E_c [MPa]	Kombi.	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	σ_{ct} [MPa]	h [mm]	$f_{ct,eff}$ [MPa]	Trhliny vznikají
Krátkodobé	E_c	0	Char.	0	174	0	11.6	500	2.9	ANO

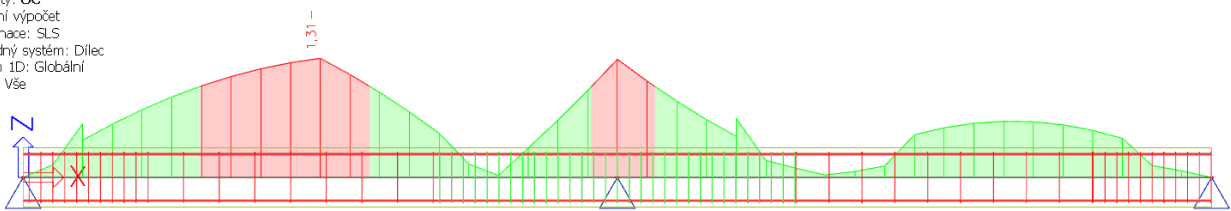
Omezení napětí v betonu

Typ posudku	Zatížení	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	y_i [mm]	z_i [mm]	σ_c [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_c/\sigma_{c,lim}$ [-]	Stav
§7.2(2) Char.	Krátkodobé	0	174	0						Vyp.
§7.2(3) K.-S.	Krátkodobé	0	157	0	0.15	0.25	-17.7	-13.5	1.31	Nevyh.

Omezení napětí v předpínací výztuži

Typ posudku	Zatížení	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	y_i [mm]	z_i [mm]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]	$\sigma_s/\sigma_{s,lim}$ [-]	Stav
§7.2(5) Char.	Krátkodobé	0	174	0	-0.09	-0.2	277	400	0.692	OK

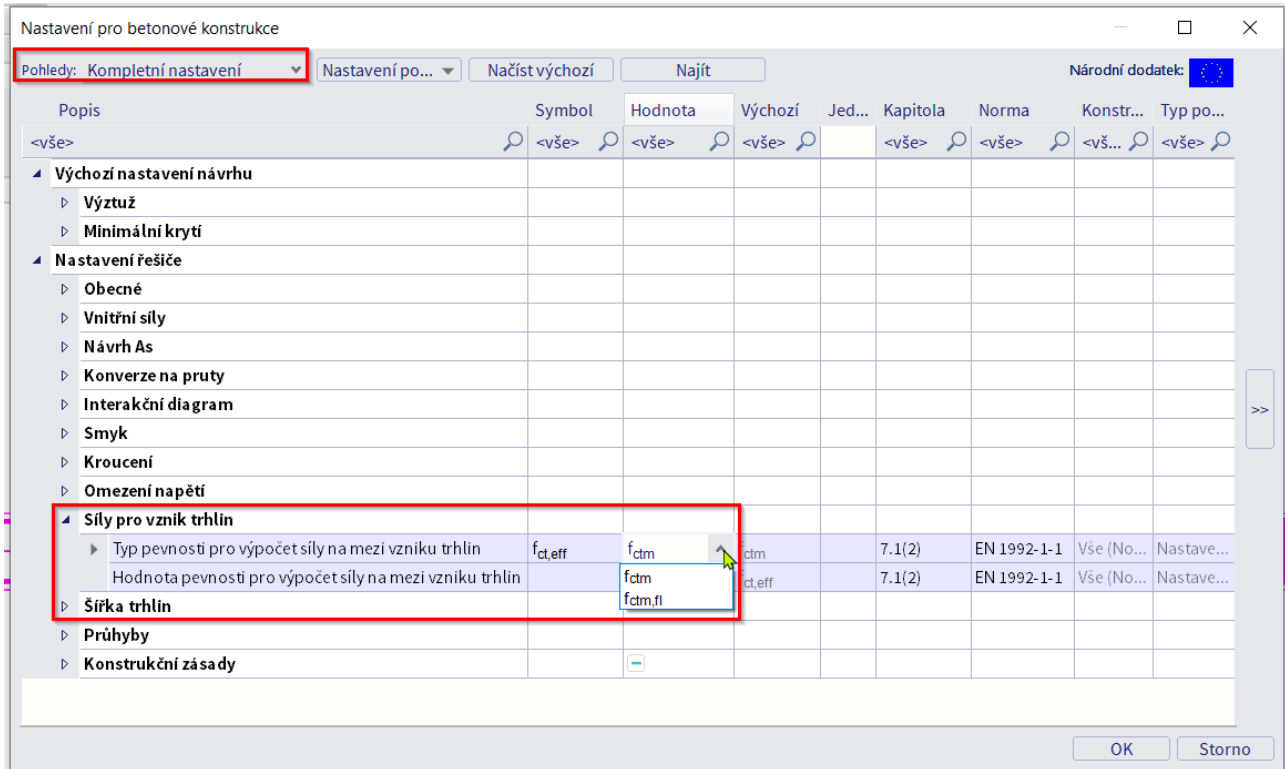
Posudek omezení napětí
 Hodnoty: UC
 Lineární výpočet
 Kombinace: SLS
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém ID: Globální
 Výběr: Vše



Další nastavení posudku omezení napětí

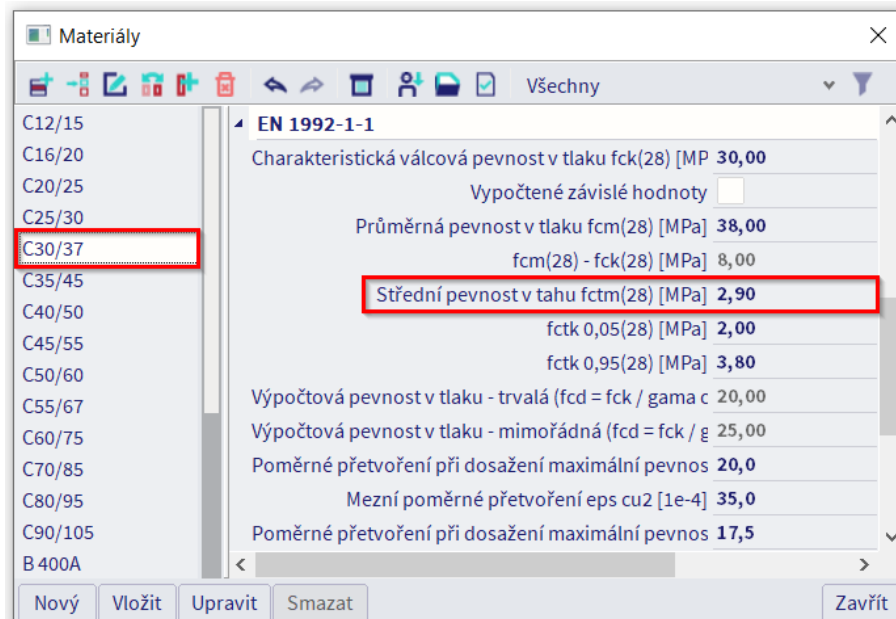
Typ pevnosti pro výpočet síly na mezi vzniku trhlin

Tato hodnota se nastavuje v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení (platí globálně pro celou konstrukci) → pohled “Kompletní nastavení” → Nastavení řešiče → Síly pro vznik trhlin → jsou zde dvě možnosti:



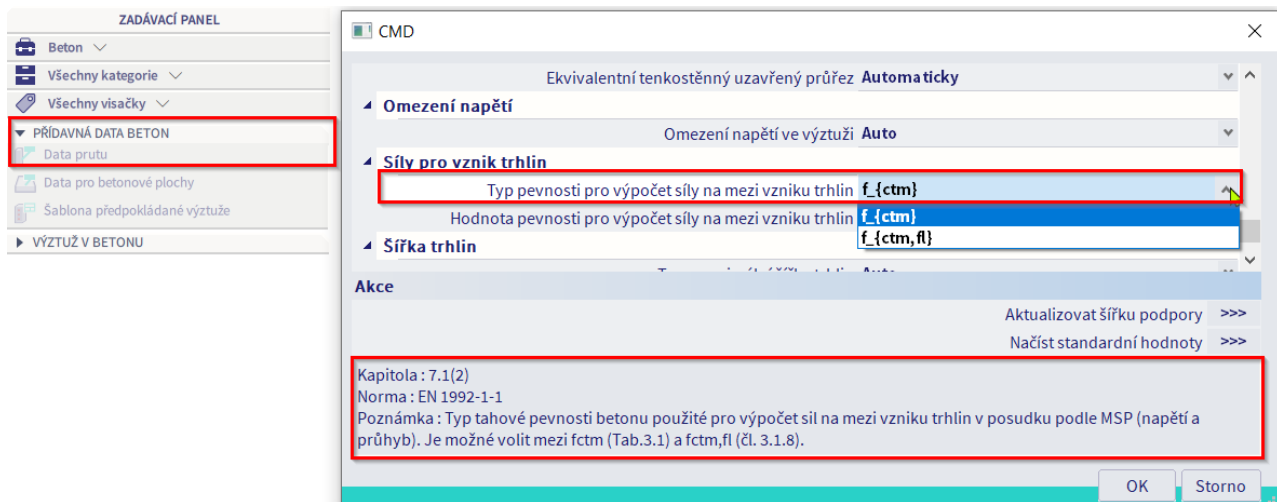
f_{ctm} znamená, že se zohlední průměrná pevnost betonu v tahu po 28 dnech, viz obrázek níže

$f_{ctm,fl}$ znamená, že se zohlední průměrná pevnost v tahu za ohybu (EN 1992-1-1, čl. 3.1.8(1)). Tato hodnota se použije, pokud se při výpočtu šířky trhlin zohledňují omezené deformace jako smršťování nebo výkyvy teploty.



Hodnota uvedená v materiálových vlastnostech betonu (viz obr. výše) je střední hodnotou tahové pevnosti betonu po 28 dnech. Pokud se vznik trhlin očekává dříve, než za 28 dní, je nutno zadat hodnotu $f_{ctm}(t)$ v tomto čase do materiálových vlastností (EN 1992-1-1, čl. 3.1.2(9)).

Toto je možné nastavit také lokálně pro vybraný prut přes Data prutu, která přebíjí globální nastavení:



Chyby a varování

Následující chyby, varování a poznámky se mohou objevit při provádění posudku kapacity podle odevzy. Seznam chyb a varování je možné najít také v helpu – [zde](#).

Výpis chyb

Číslo	Typ	Popis	Popis/řešení
E0/1	Chyba	Rovnovážná rovina nebyla nalezena.	Zvýšit množství výztuže nebo zvětšit rozměry průřezu nebo zlepšit kvalitu použitých materiálů.
E5/1	Chyba	Limitní napětí v betonu je překročeno v charakteristické kombinaci krátko- a dlouhodobých zatížení (EN §7.2(2)).	Zvýšit množství výztuže, rozměry průřezu nebo kvalitu použitých materiálů.
E5/5	Chyba	Limitní napětí ve výztuži je překročeno v charakteristické kombinaci krátko- a dlouhodobých zatížení (EN §7.2(2)).	Zvýšit množství výztuže, rozměry průřezu nebo kvalitu použitých materiálů.
E5/2	Chyba	Limitní napětí v betonu je překročeno v kvazi-stálé kombinaci krátkodobých a dlouhodobých zatížení (EN §7.2(3)).	Zvýšit množství výztuže, rozměry průřezu nebo kvalitu použitých materiálů.

Výpis varování

Žádná varování nejsou k dispozici.

Výpis poznámek

Číslo	Typ	Popis	Popis/řešení
N0/1	Poznámka	Výpočet nebyl proveden (protože je použit číselný průřez, fázovaný průřez nebo dílec či průřez z jiného materiálu než beton).	
N0/2	Poznámka	Předpínací výztuž není ve výpočtu uvažována.	
N0/3	Poznámka	Výztuž z volných prutů není ve výpočtu uvažována.	
N0/4	Poznámka	Je zadána nějaká podélná konstrukční výztuž, která není pro posudek MSÚ a MSP uvažována.	
N2/1	Poznámka	Normálové síly a ohybové momenty jsou nulové ($N = 0$, $M_y = 0$, $M_z = 0$).	
N5/1	Poznámka	Je překročena maximální efektivní pevnost betonu; objevují se trhliny při charakteristické kombinaci krátko-/dlouho-dobých zatížení. Navíc se použije pracovní diagram betonu bez tahové větve.	Změnit (a) rozměry průřezu, (b) množství výztuže nebo (c) kvalitu použitých materiálů.
N5/2	Poznámka	Posouzení omezení napětí není pro vybraný typ prostředí vyžadován.	Změnit třídu prostředí na XD, XS nebo XF.

POSOUZENÍ ŠÍŘKY TRHLIN

Šířka trhliny se spočte podle čl. 7.3.4 v EN 1992-1-1. Pro výpočet platí následující předpoklady:

- Šířka trhliny se počítá pro nosníky a sloupy a pro obecné zatížení ($N+M_y+M_z$).
- Uvažuje se průřez s jedním polygonem a z jednoho materiálu.
- Všechny pruty výztuže musí být z jednoho materiál.
- Normálové napětí na průřezu neporušeném trhlínami v nejvíce tažených vláknech pro určení, zda trhliny vznikají (posudek normálového napětí) se spočte pro charakteristickou kombinaci zatížení podle EN 1992-1-1, čl. 7.2(2). Ve SCIA Engineer je zavedeno zjednodušení, že toto normálové napětí se vypočte pro stejný typ kombinace jaká je použita pro výpočet šířky trhlín (zatěžovací stav / kombinace / skupina výsledků zadané ve funkci Posudek šířky trhlín).

Nastavení ovlivňující posudek šířky trhlín

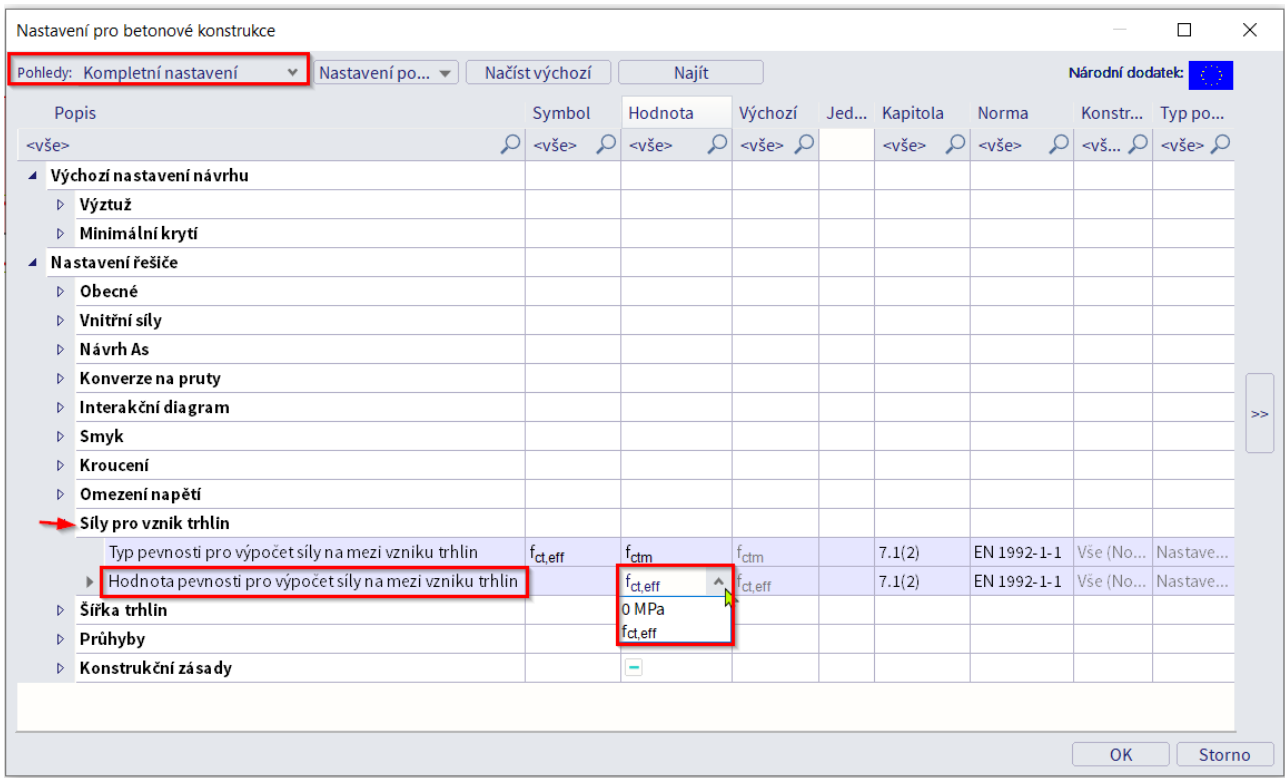
Většina těchto nastavení je stejná jako pro posudek Omezení napětí viz výše. Pro úplnost jsou tato nastavení uvedena znovu.

Hodnota pevnosti pro výpočet síly na mezi vzniku trhlín

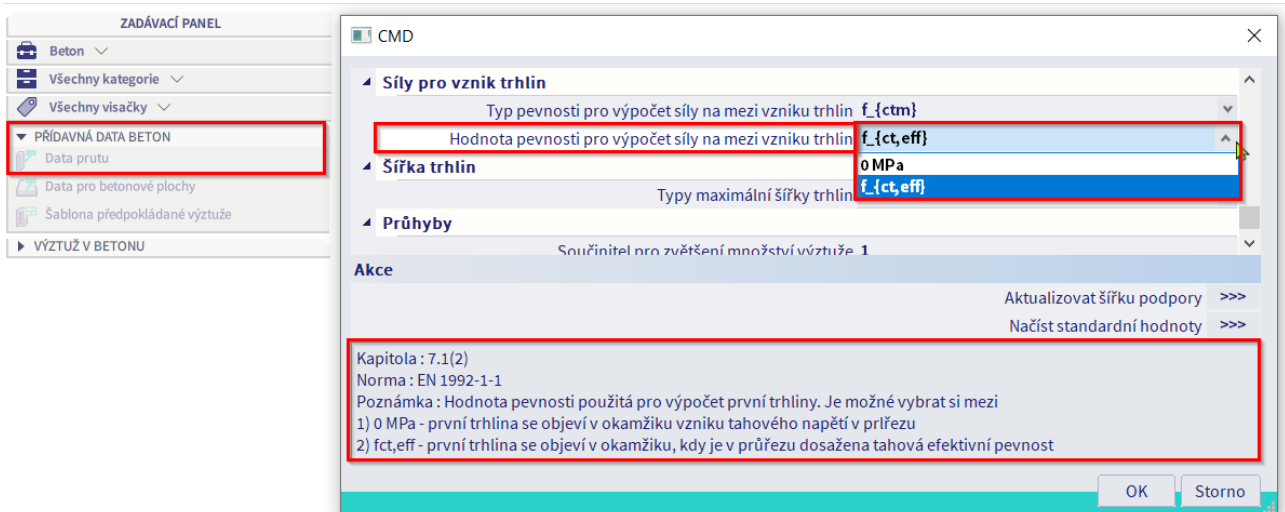
Tuto hodnotu je možné nastavit v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled “Kompletní nastavení” → Nastavení řešiče → Síly pro vznik trhlín → **Hodnota pevnosti pro výpočet síly na mezi vzniku trhlín** → jsou zde dvě možnosti:

- $f_{ct,eff}$... šířka trhliny se spočte pouze, pokud je normálové napětí betonu na trhlínami neporušeném průřezu v nejvíce tažených vláknech větší než efektivní tahová pevnost (= střední hodnota tahové pevnosti betonu)

- 0 MPa... šířka trhliny se spočte, pokud se v průřezu vyskytuje tah



Případně je možné tuto hodnotu nastavit také lokální pro vybraný prut přes Data prutu:



Posudek normálových napětí (vznik trhlin)

Před výpočtem šířky trhlin je nutno posoudit normálové napětí v betonu trhlinami neporušeného průřezu v nejvíce tažených vláknech. Pokud je splněna podmínka uvedená níže, trhliny se nevytvoří a šířka trhlin se nepočítá:

$$\sigma_{ct} \leq \sigma_{cr}$$

kde:

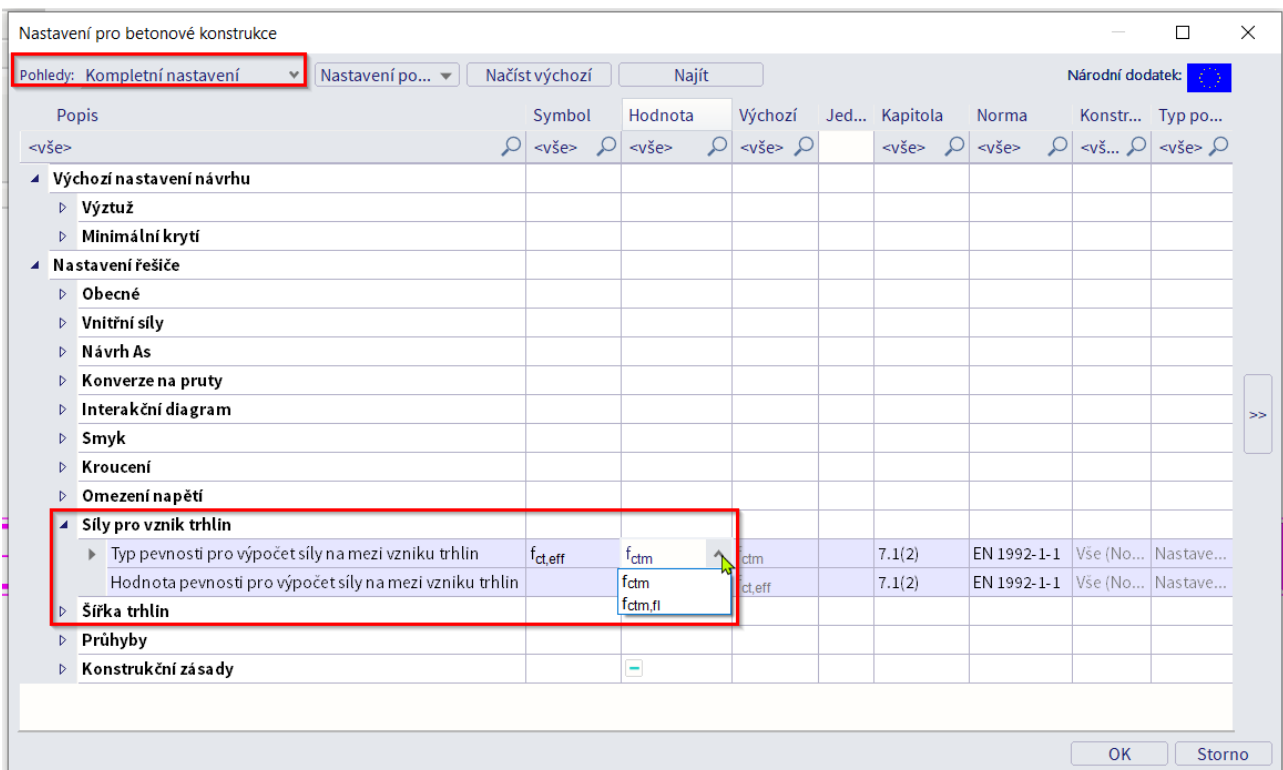
σ_{ct} normálové napětí betonu na trhlinami neporušeném průřezu v nejvíce tažených vláknech

σ_{cr} je hodnota pevnosti pro výpočet síly na mezi vzniku trhlin viz help – odkaz [zde](#). Tuto hodnotu je možné nastavit v Nastavení pro betonové konstrukce nebo přes Data prutu viz obrázky výše.

V numerickém výstupu je možno zobrazit síly na mezi vzniku trhlin (N_{cr} , M_{cry} , M_{crz}). Tyto síly na mezi trhlin jsou síly, které způsobily dosažení hodnoty $f_{ct,eff}$ (vznik trhlin v průřezu) v nejméně tažených vlákních betonového průřezu ve směru prvního nebo druhého hlavního napětí. Pro výpočet této síly na vzniku trhlin se použije podmínka, že excentricita zadané síly se rovná excentricitě síly vedoucí ke vzniku trhlin.

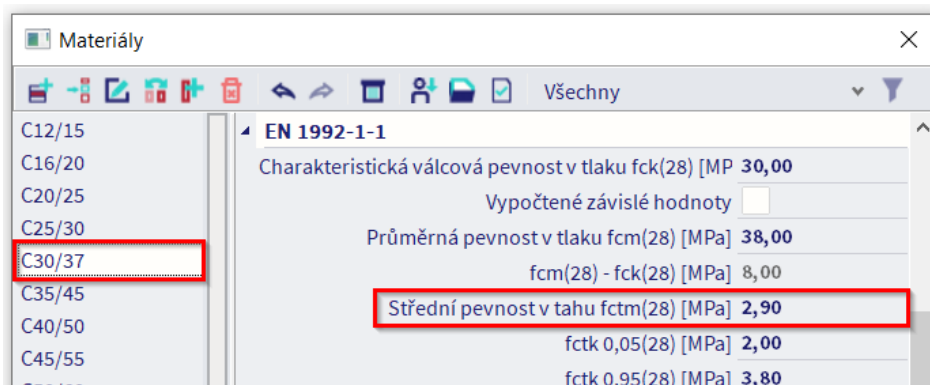
Typ pevnosti pro výpočet síly na mezi vzniku trhlin

Tato hodnota se nastavuje v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení (platí globálně pro celou konstrukci) → pohled “Kompletní nastavení” → Nastavení řešiče → **Síly pro vznik trhlin** → jsou zde dvě možnosti:



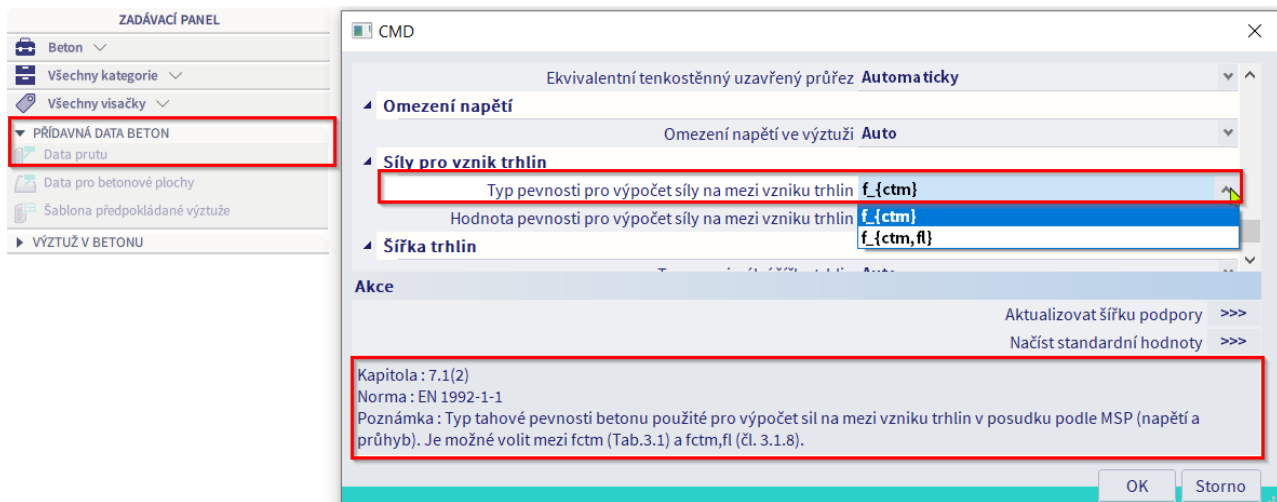
f_{ctm} znamená, že se zohlední průměrná pevnost betonu v tahu po 28 dnech, viz obrázek níže

$f_{ctm,fl}$ znamená, že se zohlední průměrná pevnost v tahu za ohybu (EN 1992-1-1, čl. 3.1.8(1)). Tato hodnota se použije, pokud se při výpočtu šířky trhlin zohledňují omezené deformace jako smršťování nebo výkyvy teploty.



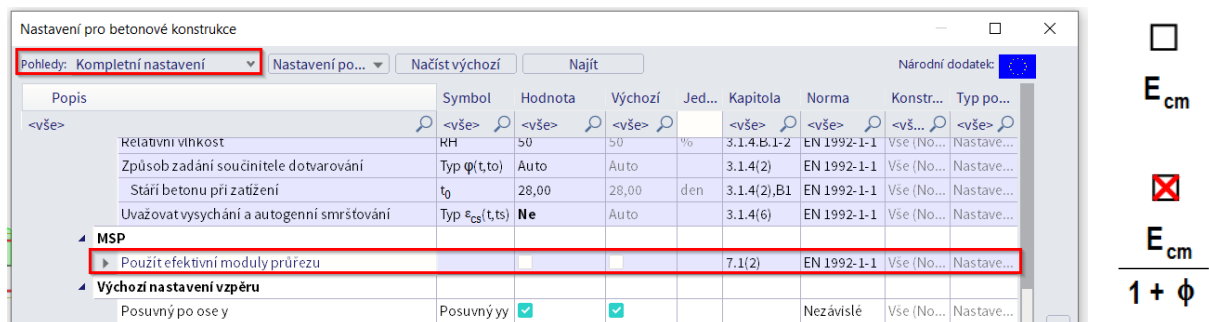
Hodnota uvedená v materiálových vlastnostech betonu (viz obr. výše) je střední hodnotou tahové pevnosti betonu po 28 dnech. Pokud se vznik trhlin očekává dříve, než za 28 dní, je nutno zadat hodnotu $f_{ctm}(t)$ v tomto čase do materiálových vlastností (EN 1992-1-1, čl. 3.1.2(9)).

Toto je možné nastavit také lokálně pro vybraný prut přes Data prutu, která přebíjí globální nastavení:

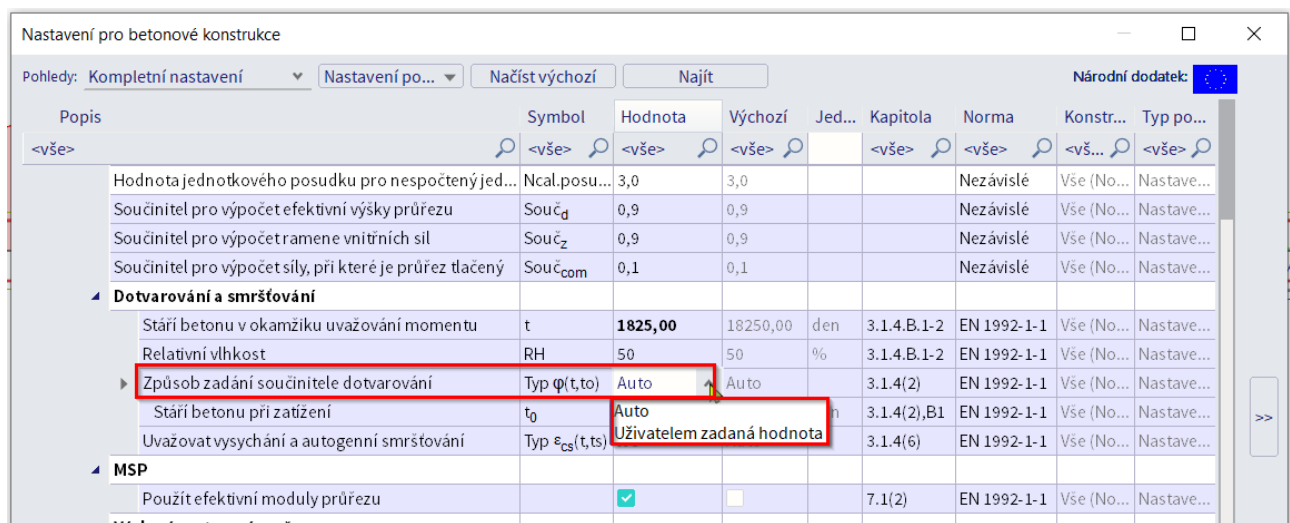


Použití efektivního modulu průřezu

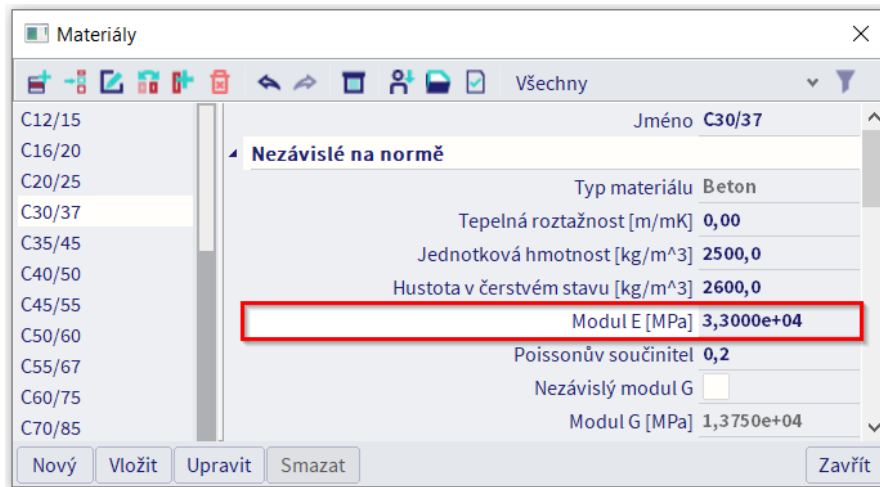
Tato hodnota se nastavuje v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled “Kompletní nastvení” → Nastavení řešiče → Obecné → MSP → možnost “Použití efektivní moduly průřezu”:



Součinitel dotvarování je možné nechat spočítat automaticky nebo definovat uživatelem zadanou hodnotu:

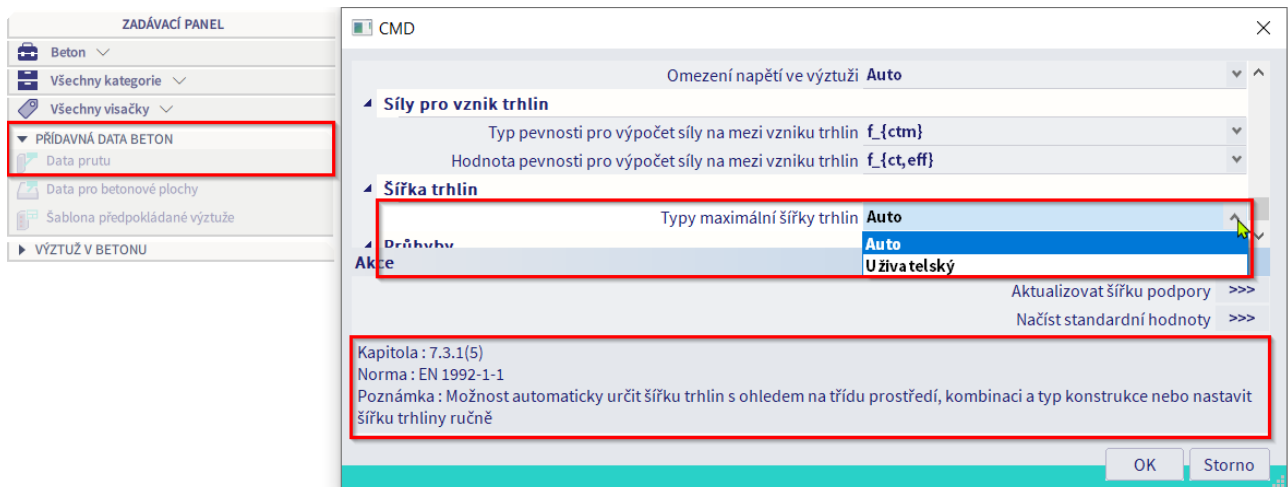


EN 1992-1-1 neposkytuje instrukce jak pro výpočet šířky trhlin zohlednit dotvarování pro proměnné zatížení. Dotvarování může být obecně zohledněno předpokladem efektivním modulu elasticity (EN 1992-1-1, čl. 5.8.7(2)) pro výpočet poměru modulů ($E_s / E_{c,eff} \approx 15$). Spodní hodnota poměru modulů (větší hodnota modulu pružnosti betonu než je hodnota efektivního modulu) se může použít, pokud méně než 50 % napětí pochází od kvazistálého zatížení. Jinou hodnotu modulu pružnosti lze zadat přímo ve vlastnostech materiálu, viz obr., ale tato změna ovlivní také výpočet metodou konečných prvků.



Typy maximální šířky trhlin

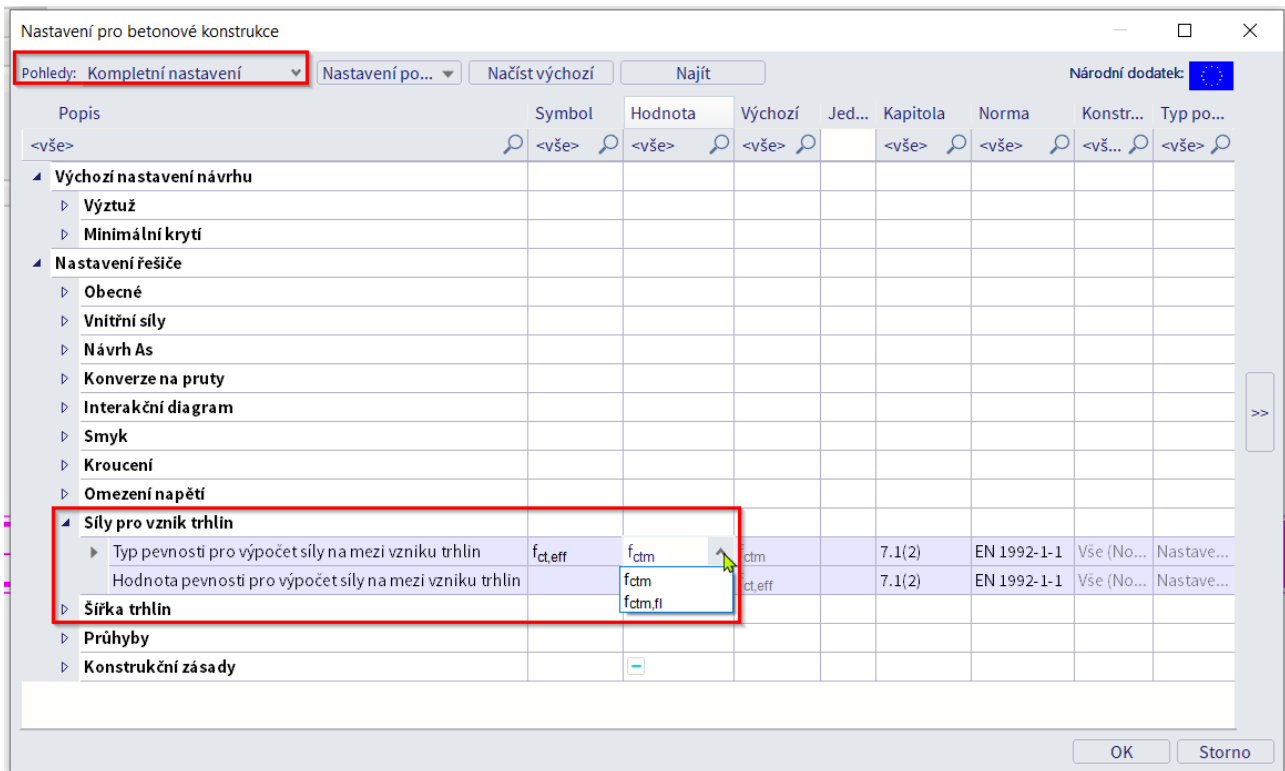
Tuto hodnotu lze nastavit pouze před Data prutu, kde jsou k dispozici dvě možnosti:



Auto znamená, že maximální (limitní) hodnota trhliny se spočte podle EN 1992-1-1 (Tabulka 7.1N)
Uživatelský znamená, že pro tento dílec se zohlední uživatelem zadaná hodnota

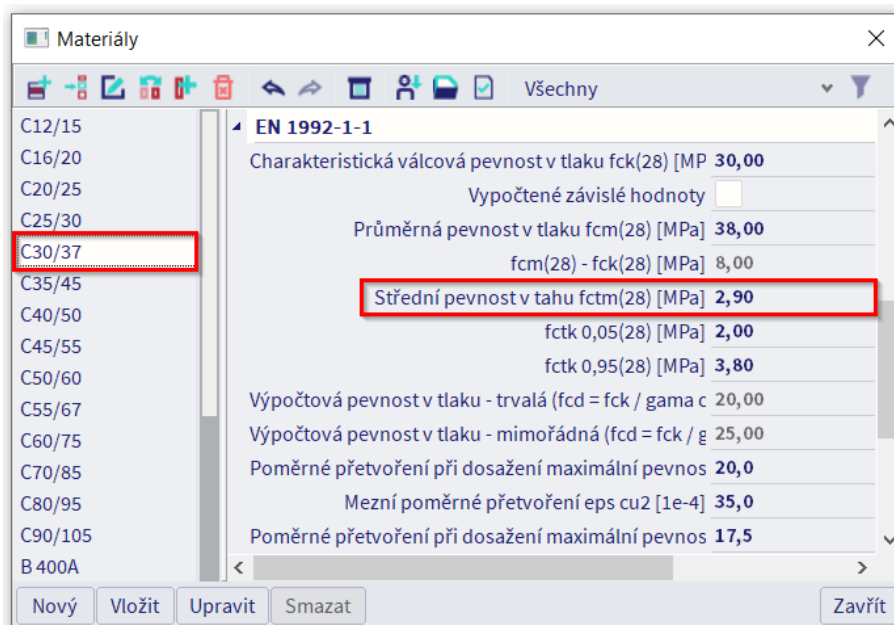
Typ pevnosti pro výpočet síly na mezi vzniku trhlin

Tato hodnota se nastavuje v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení (platní globálně pro celou konstrukci) → pohled "Kompletní nastavení" → Nastavení řešiče → Síly pro vznik trhlin → jsou zde dvě možnosti:



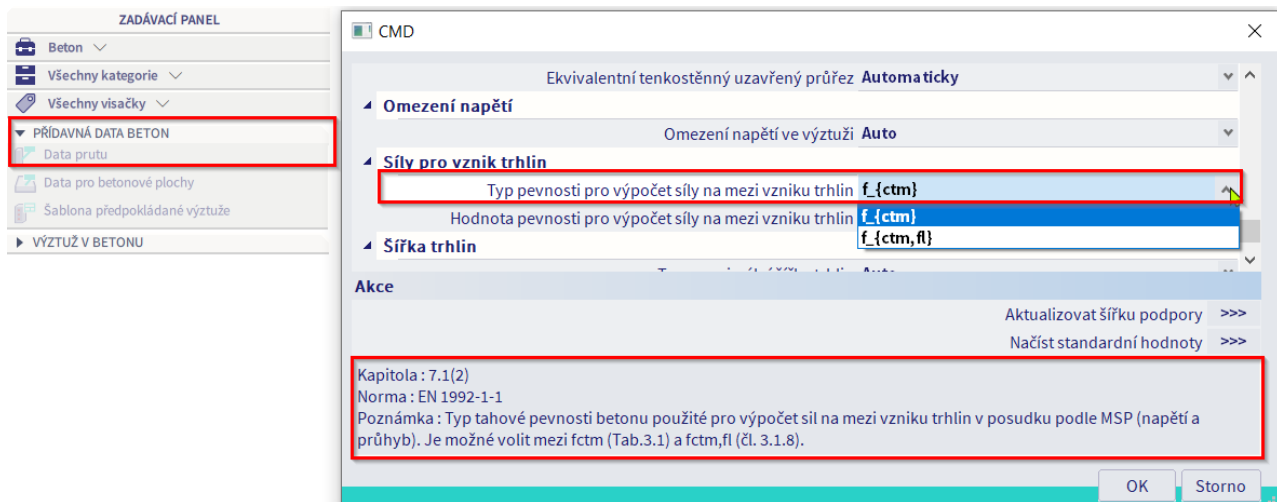
f_{ctm} znamená, že se zohlední průměrná pevnost betonu v tahu po 28 dnech, viz obrázek níže

$f_{ctm,fl}$ znamená, že se zohlední průměrná pevnost v tahu za ohybu (EN 1992-1-1, čl. 3.1.8(1)). Tato hodnota se použije, pokud se při výpočtu šířky trhlin zohledňují omezené deformace jako smršťování nebo výkyvy teploty.



Hodnota uvedená v materiálových vlastnostech betonu (viz obr. výše) je střední hodnotou tahové pevnosti betonu po 28 dnech. Pokud se vznik trhlin očekává dříve, než za 28 dní, je nutno zadat hodnotu $f_{ctm}(t)$ v tomto čase do materiálových vlastností (EN 1992-1-1, čl. 3.1.2(9)).

Toto je možné nastavit také lokálně pro vybraný prut přes Data prutu, která přebíjí globální nastavení:



Parametry pro výpočet

Výpočet průměrného přetvoření ve výztuži a v betonu

Rozdíl mezi průměrným přetvořením ve výztuži a průměrným přetvořením v betonu mezi trhlinami se spočte podle EN 1992-1-1 vzorec 7.9.

$$\left(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} \right) = \max \left[\frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s}; 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \right]$$

kde:

σ_s napětí v nejvíce tažené výztuži

E_s návrhová hodnota modulu pružnosti nejvíce tažené výztuže

k_t součinitel závislý na trvání zatížení. je-li zapnuta volba "Použit efektivní moduly průřezu" viz výše, použije se hodnota 0,4, jinak se použije hodnota 0,6.

$f_{ct,eff}$ je průměrná hodnota pevnosti v tahu betonu v okamžiku, kdy se očekává vznik prvních trhlin. Tuto hodnotu lze nastavit viz výše nebo help – odkaz [zde](#).

$\rho_{p,eff}$ poměr výztuže uvnitř efektivní oblasti taženého betonu.

α_e návrhové hodnoty modulu pružnosti nejvíce tažené výztuže a modulu pružnosti betonu

Z rovnice uvedené výše plyne, že rozdíl mezi průměrným přetvořením ve výztuži a v betonu závisí zejména na:

- přetvoření (napětí) v nejvíce tažené výztuži
- efektu zvýšení tuhosti vlivem tahu

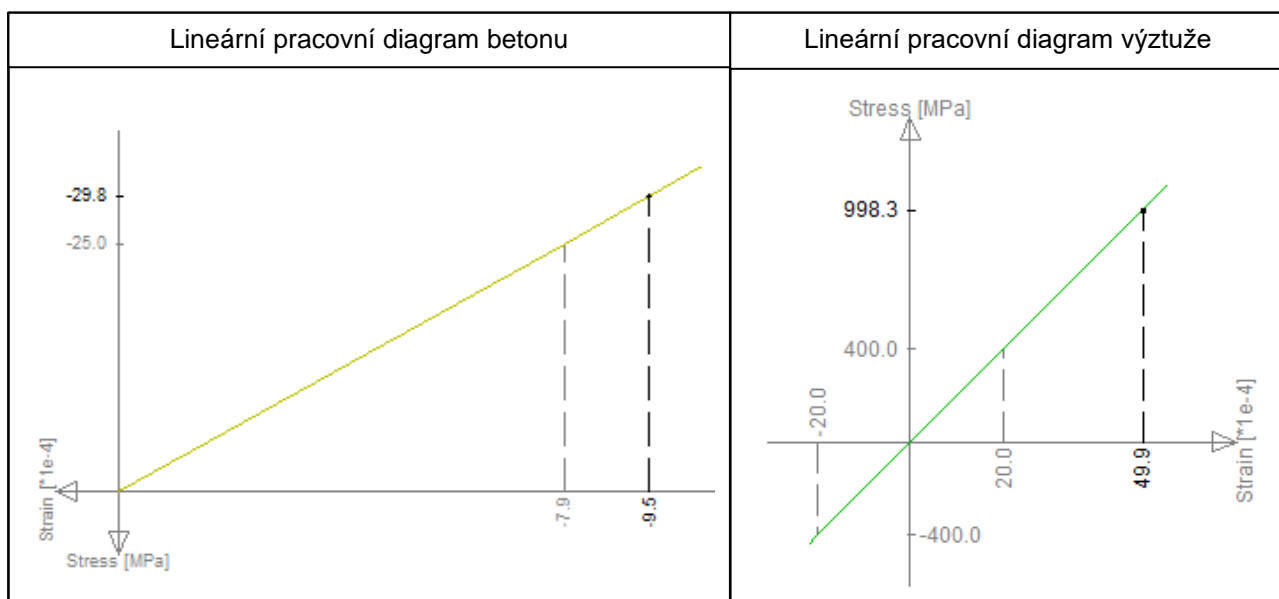
Přetvoření v nejvíce tažené výztuži

Přetvoření v nejvíce tažené výztuži se spočte podle vzorce:

$$\varepsilon_s = \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Ve Scia Engineer se použijí následující předpoklady:

- Průřez je zatížen zatížením/kombinací/skupinou výsledků zvolenou ve funkci Posudek trhlin, viz kapitola 3.2.1.
- Použije se transformovaný průřez.
- Rovinný řez zůstane rovinný i po zatížení (deformaci).
- Tahová pevnost betonu není zohledněna (průřez porušený trhlinami).
- Je zohledněna ideální vazba mezi betonem a výztuží, to znamená, že změna přetvoření výztuže ϵ_s a vláken betonu ϵ_c ve stejném místě je stejná.
- Je použit lineární pracovní diagram betonu a výztuže s nekonečnou větví, tzn., že rozložení napětí je lineární a závisí na změně přetvoření (Hookův zákon).



Efekt zvýšení tuhosti vlivem tahu

Efekt zvýšení tuhosti vlivem tahu představuje schopnost neporušeného betonu mezi sousedními trhlinami přenášet tahové síly v omezené velikosti. Důvodem tohoto efektu je pokluz mezi výztuží a sousedním betonem. Snížení napětí ve výztuži od zvýšení tuhosti vlivem tahu lze spočítat takto:

$$\Delta\sigma_s = k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})$$

kde:

součinitel závislý na trvání zatížení. Následující hodnoty se použijí podle normy EN 1992-1-1, kapitola 7.3.4 (2):

- k_t**
- $k_t = 0,6$ pro krátkodobá zatížení
 - $k_t = 0,4$ pro dlouhodobá zatížení

Hodnota k_t ve Scia Engineer závisí na typu modulu pružnosti betonu, je-li zapnuta volba "Použit efektivní moduly průřezu", použije se hodnota 0,4, jinak se použije hodnota 0,6.

$f_{ct,eff}$ střední hodnota tahové pevnosti betonu účinné v okamžiku kdy lze očekávat vznik prvních trhlin. Lze nastavit v položce "Typ pevnosti pro výpočet síly na mezi vzniku trhlin" viz help – odkaz [zde](#).

poměr výztuže uvnitř efektivní oblasti taženého betonu. Tento poměr se vypočte pouze pro nepředepjatý beton (předpjatá výztuž se pro výpočet šířky trhlín nevažuje) podle vzorce

$\rho_{p,eff}$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s,eff}}{A_{c,eff}}$$

$A_{s,eff}$ plocha nepředepjaté výztuže (viz kapitola 4.4) uvnitř efektivní plochy taženého betonu

$A_{c,eff}$ efektivní plocha taženého betonu kolem výztuže Tato plocha výztuže je ohraničena čarou ve vzdálenosti $h_{c,eff}$ od nejvíce taženého vlákna betonu ve směru výslednice ohybového momentu

výška efektivní plochy taženého betonu kolem výztuže

$$h_{c,eff} = \min \left[2.5 \cdot (h - d); \frac{h-x}{3}; 0.5 \cdot h \right] \leftarrow \text{if } x \leq h$$

$$h_{c,eff} = \min [2.5 \cdot (h - d); 0.5 \cdot h] \leftarrow \text{if } x > h$$

h výška průřezu ve směru výslednice ohybového momentu (tloušťka konečného prvku v těžišti)

d efektivní výška průřezu ve směru výslednice ohybových momentů

x výška tlačného betonu spočtená pro průřez neporušený trhlinami se zohledněním podmínek z kapitoly .4.6.1.1.

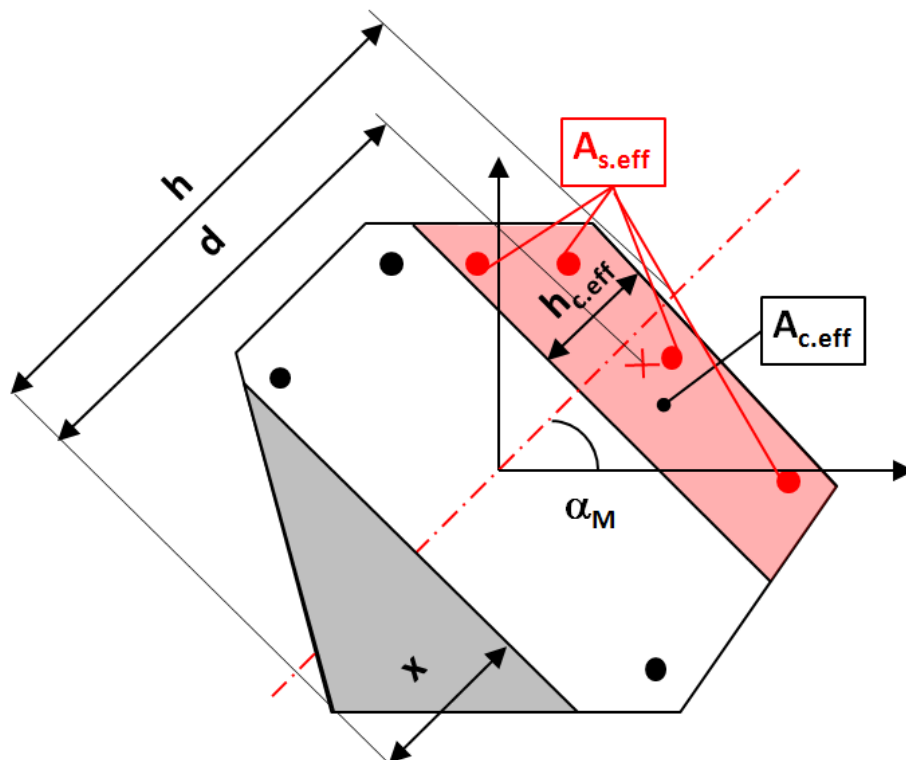
návrhové hodnoty modulu pružnosti nejvíce tažené výztuže a modulu pružnosti betonu

α_e

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_c}$$

E_s návrhová hodnota modulu pružnosti nejvíce tažené výztuže. Hodnota se načte z vlastností materiálu

E_c modul pružnosti betonu. Hodnota se načte z materiálových vlastností betonu.



Program končí s chybou, pokud je plocha nepředepjaté výztuže $A_{s,eff}$ nulová.

EN 1992-1-1 neposkytuje instrukce jak pro výpočet šířky trhlin zohlednit dotvarování pro proměnné zatížení. Dotvarování může být obecně zohledněno předpokladem efektivním modulu elasticity (EN 1992-1-1, čl. 5.8.7(2)) pro výpočet poměru modulů ($E_s/E_{c,eff} \approx 15$). Spodní hodnota poměru modulů (větší hodnota modulu pružnosti betonu než je hodnota efektivní homodulu) se může použít, pokud méně než 50 % napětí pochází od kvazistálého zatížení. Efektivní modul pružnosti lze zohlednit prostřednictvím zaškrťovacího políčka Použít efektivní moduly průřezu (viz 2.1.3). Jinou hodnotu modulu pružnosti lze zadat přímo ve vlastnostech materiálu, viz obr., ale tato změna ovlivní také výpočet metodou konečných prvků.

Výpočet maximální vzdálenosti trhlin

Maximální vzdálenost trhlin se spočte podle EN 1992-1-1, vzorec. 7.3.4(3):

$$s_{r,max} = 1.3 \cdot (h - x) \leftarrow \text{if } s_s > 5(c + 0.5 \cdot d_s) \text{ or } \rho_{p,eff} = 0$$

$$s_{r,max} = \min \left[k_3 \cdot c + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot d_s}{\rho_{p,eff}}; 1.3 \cdot (h - x) \right] \text{ otherwise}$$

kde:

k_3, k_4 součinitele pro výpočet se načtou z nastavení národních příloh (Spravovat přílohy → EN 1992-1-1 → MSP)

c krytí nejvíce tažené výztuže spočtené ve směru výslednice ohybových momentů

k_1 součinitel zohledňující soudržné vlastnosti výztuže se soudržností:

- $k_1 = 0,8$ pruty s velikou soudržností (ve Scia Engineer povrch = žebrovaný)
- $k_1 = 1,6$ pro pruty s efektivně rovným povrchem např. předpjaté kabely (ve Scia Engineer povrch = hladký)

Povrch prutů lze definovat v materiálových vlastnostech výztuže.

součinitel, který zohledňuje vliv rozložení přetvoření

- $k_2 = 0,5$ pro čistý ohyb
- $k_2 = 1,0$ pro čistý tah
- $k_2 = (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)/2 \cdot \varepsilon_1$

ε_1 větší tahové přetvoření na okrajích průřezu. Přetvoření se vypočte pro průřez neporušený trhlínami se zohledněním podmínek z kapitoly 4.6.1.1 a hodnota přetvoření je nulová pro tlačенý okraj

ε_2 menší tahové přetvoření na okrajích průřezu. Přetvoření se vypočte pro průřez neporušený trhlínami se zohledněním podmínek z kapitoly 4.6.1.1 a hodnota přetvoření je nulová pro tlačенý okraj

$\rho_{p,eff}$ poměr výztuže uvnitř efektivní oblasti taženého betonu

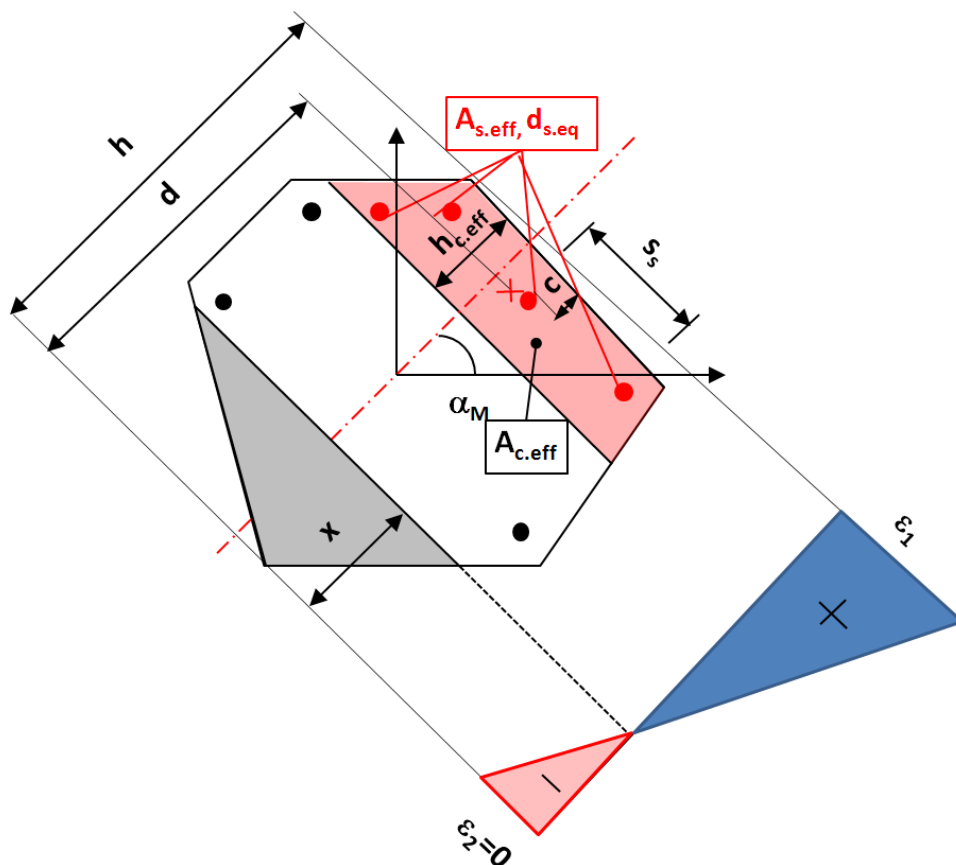
α_e návrhové hodnoty modulu pružnosti nejvíce tažené výztuže a modulu pružnosti betonu

x je výška tlačенého betonu spočtená pro průřez neporušený trhlínami se zohledněním podmínek z kapitoly 4.6.1.1.

h výška průřezu ve směru výslednice ohybových momentů

s_s osová vzdálenost mezi pruty výztuže nejvíce tažené vrstvy výztuže kolmé ke směru výslednice ohybových momentů

d_s průměr prutů nejvíce tažené vrstvy výztuže pokud jsou uvnitř efektivní plochy betonu pruty s různým poloměrem, zohlední se ekvivalentní průměr podle rovnice 7.12 v EN 1992-1-1



Výpočet šířky trhlin

Šířka trhlin se spočte podle EN 1992-1-1, vzorec. 7.8.

$$W = S_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

kde:

$S_{r,max}$ maximální rozteče trhlin
 ($\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$) rozdíl mezi průměrným přetvořením ve výztuži a průměrným přetvořením v betonu mezi trhlínami

Chyby a varování

Následující chyby, varování a poznámky se mohou objevit při provádění posudku kapacity podle odezvy. Seznam chyb a varování je možné najít také v helpu – [zde](#).

Výpis chyb

Číslo	Typ	Popis	Popis/řešení
E5/1	Chyba	Posudek nebyl proveden, protože nebyla nalezena rovnovážná rovina.	Zvýšit množství výztuže nebo zvětšit rozměry průřezu nebo zlepšit kvalitu použitých materiálů.
E5/2	Chyba	Uvnitř efektivní plochy betonu v tahu není žádná výztuž.	Zadejte nějaké výztužné pruty uvnitř efektivní plochy betonu nebo snižte krytí výztuže.
E5/3	Chyba	Efektivní plocha betonu nebyla vytvořena.	Zvýšit množství výztuže nebo zvětšit rozměry průřezu nebo zlepšit kvalitu použitých materiálů.
E5/4	Chyba	Posudek šířky trhlin nevyhoví, protože trhliny jsou větší než limitní hodnota.	Zvýšit množství výztuže nebo zvětšit rozměry průřezu nebo zlepšit kvalitu použitých materiálů.

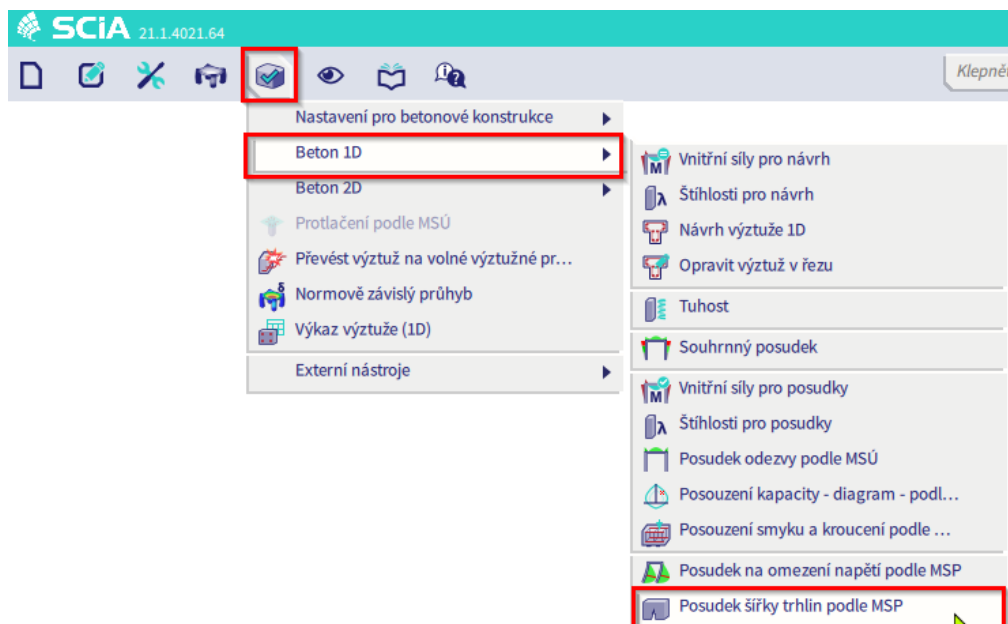
E5/5	Chyba	Posudek šířky trhlin nevyhoví, protože šířka trhlin není spočtena kvůli chybám při výpočtu.	Zvýšit množství výztuže nebo zvětšit rozměry průřezu nebo zlepšit kvalitu použitých materiálů
------	-------	---	---

Výpis poznámek

Číslo	Typ	Popis	Popis/řešení
N5/1	Poznámka	Trhlina se neobjeví, protože maximální tahové napětí je menší než pevnost na mezi vzniku trhlin.	
N5/2	Poznámka	Trhlina se objeví, protože maximální tahové napětí je větší než pevnost na mezi vzniku trhlin.	
N5/3	Poznámka	Výška efektivní plochy betonu v tahu se spočte pouze jako $\min[(2.5 \cdot (h-d); h/2)]$, protože dílec je tlačný.	
N5/4	Poznámka	Nelze spočítat maximální vzdálenost výztuže. Bude uvažována šířka průřezu kolmá na směr výslednice ohybového momentu protínající prut s maximálním tahovým napětím.	
N5/5	Poznámka	Posudek nebyl proveden, protože normálová síla a ohybové momenty pro kvazistálou kombinaci jsou nulové.	
N5/6	Poznámka	Posudek šířky trhlin vyhoví, protože trhliny jsou menší než limitní hodnota.	

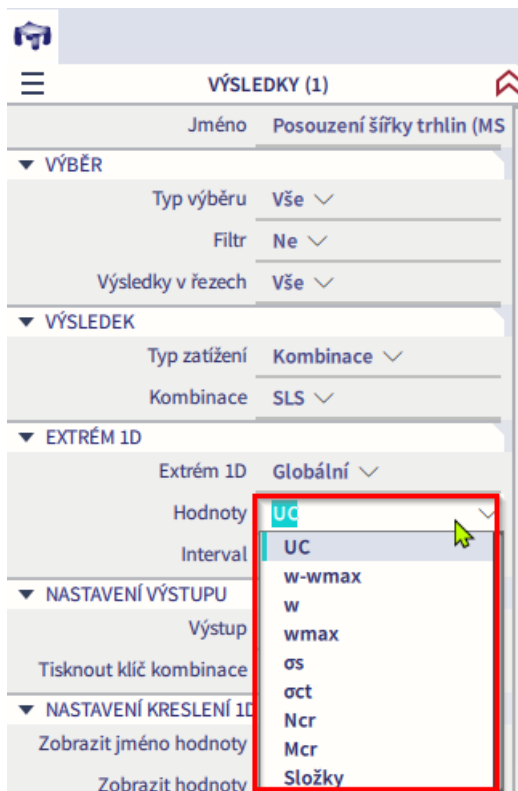
Příklad: 'beam_practical_reinforcement.esa'

Posudek šířky trhlin je dostupný pod ikonou "Návrh" v hlavním menu → Beton 1D → Posudek šířky trhlin podle MSP:



Ve vlastnostech posudku je potřeba nastavit Typ zatížení, na který se má posudek napočítat. Pro příklad je proveden posudek pro kombinaci SLS.

V posudku jsou pro zobrazení dostupné tyto hodnoty:



UC... jednotkový posudek, poměr w/w_{max}

w-w_{max}...zobrazení šířky trhliny „w“ a limitní šířky trhliny „w_{max}“

w...šířka trhliny s vlivem výztuže

w_{max}...limitní šířka trhliny. Hodnotu je možné editovat v nastavení Národního dodatku.

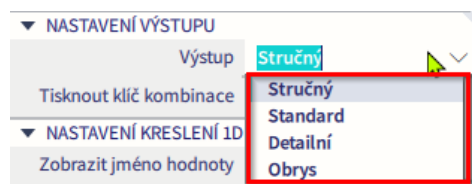
σ_s... napětí v nejvíce tažené výztuži

σ_{ct}...napětí v taženém betonu

N_{cr}...kritická normálová síla, při které dojde ke vzniku trhlin

M_{cr}... kritický ohybový moment, při které dojde ke vzniku trhlin

K dispozici jsou čtyři typy výstupů – Stručný, Standard, Detailní a Obrys:



Ve standardním náhledu je možné vidět souhrnnou tabulku posudku šířky trhlin:

Shrnutí posudku

$N_{cr} = 0 \text{ kN}$ $M_{cry} = 43.3 \text{ kN}$ $M_{crz} = 0 \text{ kN}$ $\sigma_s = 250 \text{ MPa}$ $s_{r,max} = 232 \text{ mm}$ $\epsilon_{sm,cm} = 1.08 \text{ ‰}$

σ_{ct} [MPa]	σ_{cr} [MPa]	Trhliny	w [mm]	w _{lim} [mm]	Jed. pos.[-]	Limitní posouzení [-]	Stav
11.6	2.9	ANO	0.251	0.4	0,63	1	OK

V detailním náhledu je možné vidět podrobnější informace o výpočtu, např. kritické síly N_{cr} , M_{cry} , M_{crz} při kterých dojde ke vzniku trhlin. Také se zde provádí porovnání tahového napětí od zatížení σ_{ct} s hodnotou napětí σ_{cr} , aby se rozhodlo, zda je průřez potrháný nebo nepotrháný:

- $\sigma_{ct} \leq \sigma_{cr}$ nepotrháný průřez
- $\sigma_{ct} > \sigma_{cr}$ potrháný

Materiálové charakteristiky

Efektivní pevnost betonu:

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2.9 \text{ MPa}$$

Pevnost betonu, když se objeví trhlinka:

$$\sigma_{cr} = 2.9 \text{ MPa}$$

Modul pružnosti betonu:

$$E_c = E_{cm} = 33 \text{ GPa}$$

Síly

Charakteristické hodnoty

LC1+LC2+LC3

$$N_{char} = 0 \text{ kN} \quad M_{y,char} = 174 \text{ kNm} \quad M_{z,char} = 0 \text{ kNm}$$

Kvazi-stálé hodnoty

LC1+LC2+0.30*LC3

$$N_{qp} = 0 \text{ kN} \quad M_{y,qp} = 157 \text{ kNm} \quad M_{z,qp} = 0 \text{ kNm}$$

Úhel výslednice ohybového momentu

$$\alpha_M = 90^\circ$$

Průřezové charakteristiky

Typ	Průřez bez trhlin	Průřez s trhlinami
t_{iy} [m]	0	0
t_{iz} [m]	$-6.82 \cdot 10^{-3}$	0.117
A_i [m ²]	0.163	0.0533
I_{iy} [m ⁴]	$3.63 \cdot 10^{-3}$	$1.91 \cdot 10^{-3}$
I_{iz} [m ⁴]	$1.19 \cdot 10^{-3}$	$370 \cdot 10^{-6}$

Výpočet síly na mezi vzniku trhlin (neporušený průřez)

Maximální napětí v betonu

$$\sigma_{ct} = 11.6 \text{ MPa}$$

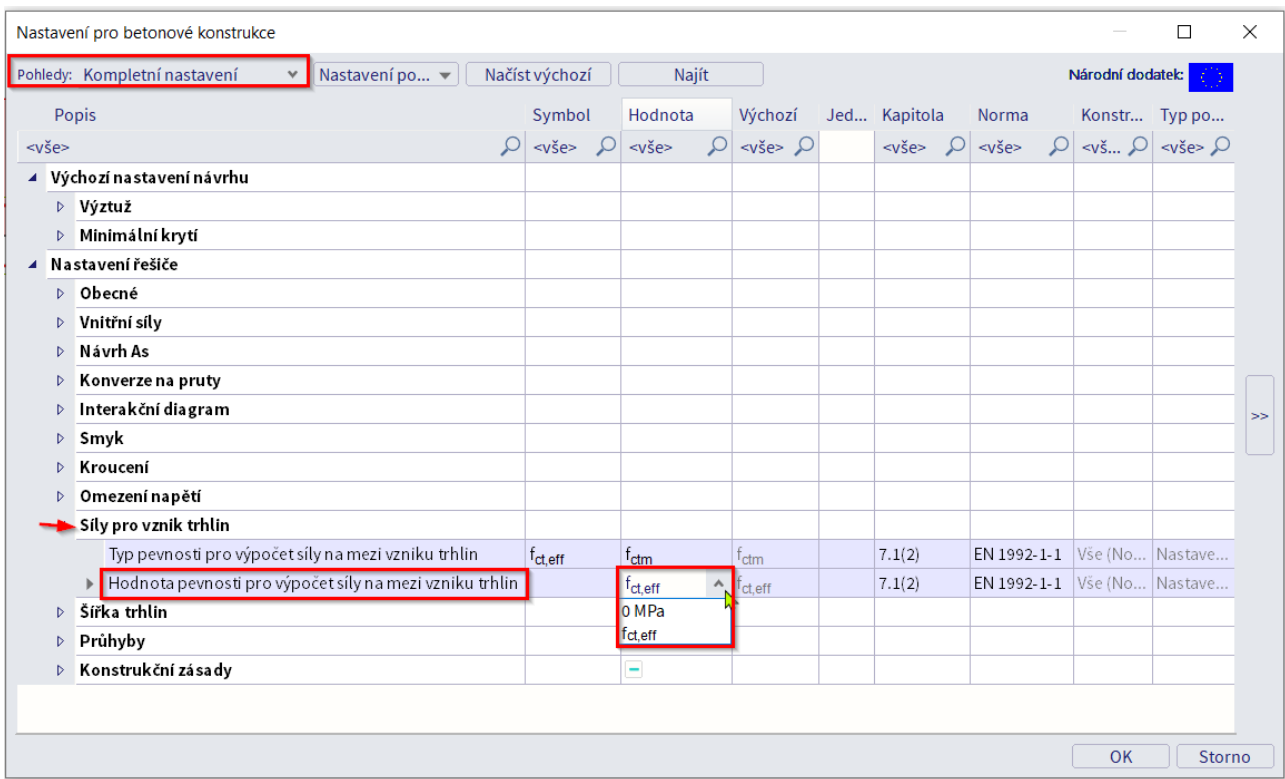
Síly pro vznik trhlin

$$N_{cr} = 0 \text{ kN} \quad M_{cy} = 43.3 \text{ kNm} \quad M_{cz} = 0 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{ct} = 11.6 \text{ MPa} > \sigma_{cr} = 2.9 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Objevují se trhliny}$$

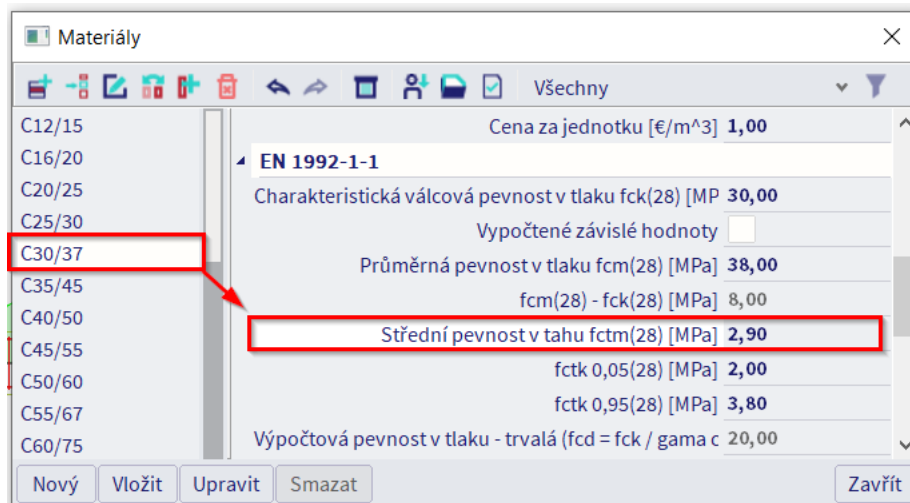
Poznámka: Trhlinka se objeví, protože maximální tahové napětí je větší než pevnost na mezi vzniku trhlin.

Hodnotu σ_{sr} je možné nastavit v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled “Kompletní nastavení” → Nastavení řešiče → Síly pro vznik trhlin → **Hodnota pevnosti pro výpočet síly na mezi vzniku trhlin** → jsou zde dvě možnosti:



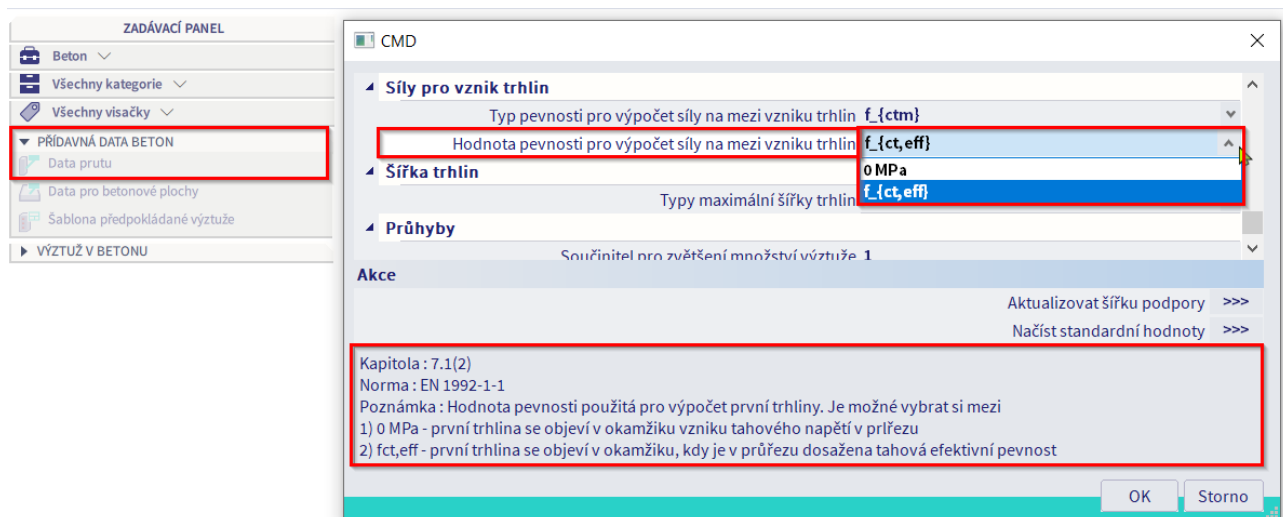
- $f_{ct,eff}$... šířka trhliny se spočte pouze, pokud je normálové napětí betonu na trhlinami neporušeném průřezu v nejméně tažených vláknech větší než efektivní tahová pevnost (= střední hodnota tahové

pevnosti betonu, pro beton C30/37, který je použit v příkladu, je tato hodnota 2,9 MPa. Hodnota je uvažována z materiálových charakteristik viz obrázky níže).



- 0 MPa... šířka trhliny se spočte, pokud se v průřezu vyskytuje tah

Případně je možné tuto hodnotu nastavit také lokálně pro vybraný prut přes Data prutu:



V detailním náhledu je možné vidět, že je pro výpočet použit krátkodobý modul pružnosti betonu:

Materiálové charakteristiky

Efektivní pevnost betonu:

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2.9 \text{ MPa}$$

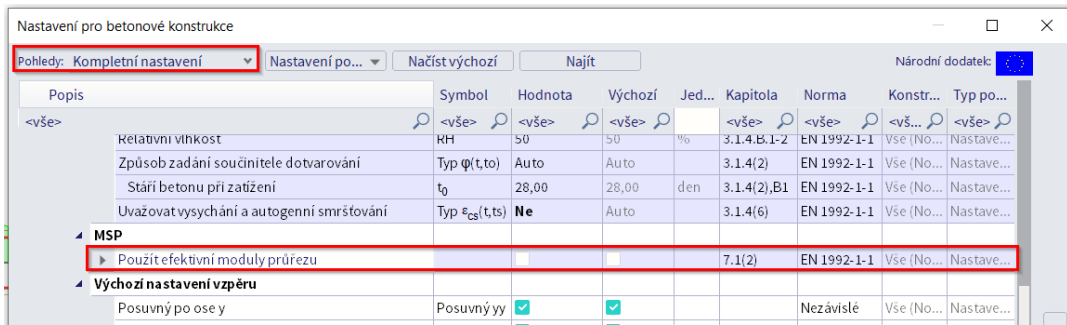
Pevnost betonu, když se objeví trhлина:

$$\sigma_{cr} = 2.9 \text{ MPa}$$

Modul pružnosti betonu:

$$E_c = E_{cm} = 33 \text{ GPa}$$

Jak bylo zmíněno viz výše, do posudku je možné použít také efektivní modul pružnosti, zohledňující dlouhodobý stav. Efektivní modul pružnosti je možné zvolit v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled "Kompletní nastvení" → Nastavení řešiče → Obecné → MSP → možnost "Použít efektivní moduly průřezu":



Po zatržení této volby se v detailním náhledu zobrazí použitá hodnota efektivního modulu pružnosti betonu:

Materiálové charakteristiky

Efektivní pevnost betonu:

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2.9 \text{ MPa}$$

Pevnost betonu, když se objeví trhliny:

$$\sigma_{cr} = 2.9 \text{ MPa}$$

Modul pružnosti betonu:

$$E_c = \frac{E_{cm}}{1 + \phi_{ef}} = \frac{33}{1 + 2.21} = 10.3 \text{ GPa} \quad (3.23, 5.27)$$

Dále je v detailním náhledu možné vidět výpočet šířky trhliny se vzorci i dosazením dle EN 1992-1-1, formula 7.8:

$$W = S_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

Střední přetvoření ve výztuži

$$\begin{aligned} \epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} &= \max \left(\frac{\sigma_s - k_t \cdot \left(\frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \right) \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s}; \frac{0.6 \cdot \sigma_s}{E_s} \right) \\ &= \max \left(\frac{262 - 0.4 \cdot \left(\frac{2.9}{0.0519} \right) \cdot (1 + 19.5 \cdot 0.0519)}{200000}; \frac{0.6 \cdot 262}{200000} \right) = 1.09 \text{ ‰} \end{aligned} \quad (7.9)$$

Vypočtená šířka trhliny

$$W_k = S_{r,max} \cdot \epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 219 \text{ mm} \cdot 1.09 \text{ ‰} = 0.237 \text{ mm} \quad (7.8)$$

Limitní hodnota šířky trhlin

$$w_{max} = 0.4 \text{ mm}$$

Jednotkový posudek:

Jedn. pos.

Výpočet jednotkového posouzení

$$UC = \frac{w}{w_{max}} = \frac{0.237 \text{ mm}}{0.4 \text{ mm}} = 0.593$$

Posouzení šířky trhlin

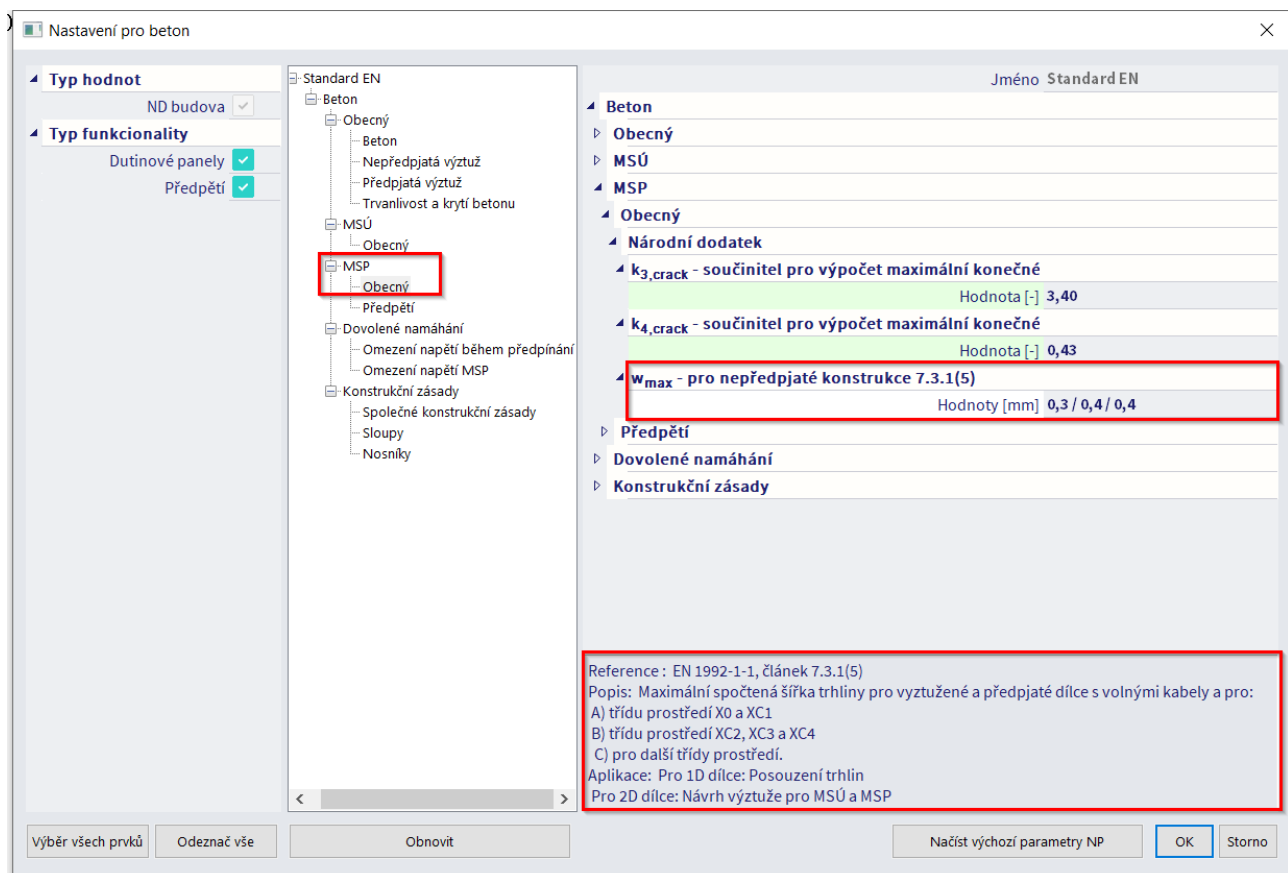
$$w = 0.237 \text{ mm} = < w_{max} = 0.4 \text{ mm}$$

Poznámka: Posudek šířky trhlin vyhovuje, protože šířka trhlin je menší než limitní šířka.

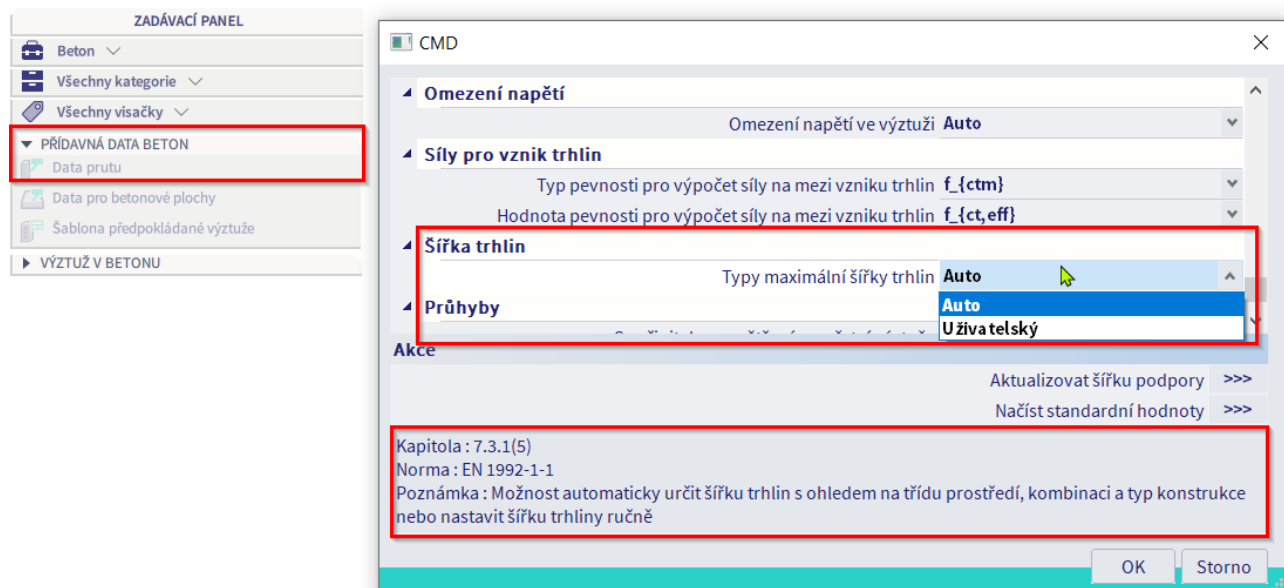
Limitní hodnota šířky trhliny w_{max} je standardně automaticky vypočtena podle EN 1992-1-1 (tabulka 7.1N). Přípustnou šířku trhliny lze vidět v nastavení NA:



Jsou zde uvedeny 3 hodnoty – závisí na třídě prostředí:



Limitní hodnotu je možné změnit také lokálně pro vybraný prut pomocí Dat prutu:



PRŮHYB

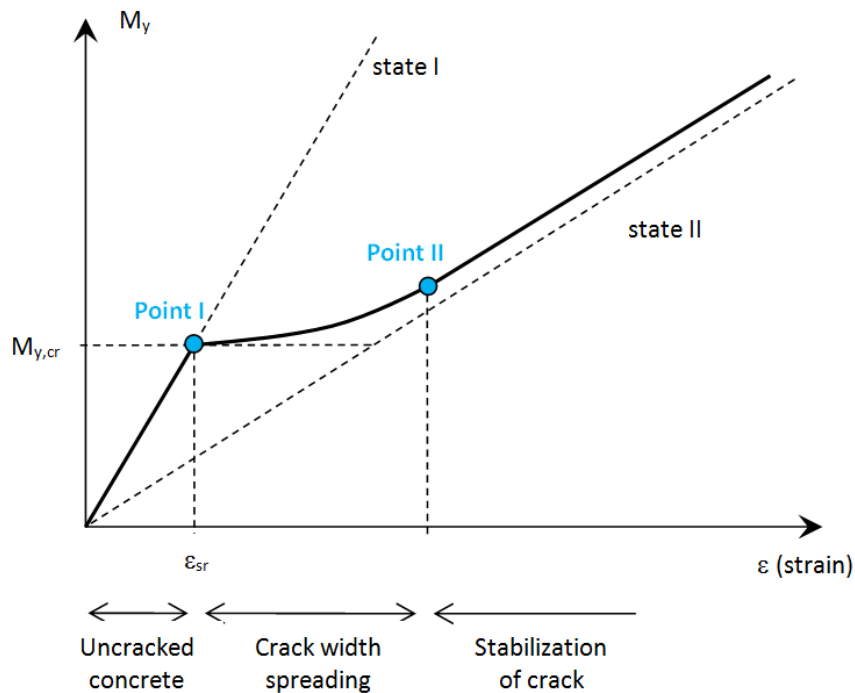
Ve SCIA Engineer je možné použít dva různé typy výpočtu průhybu:

- **Zjednodušená metoda**, kde se výpočet provádí dvakrát, za předpokladu, že celý prvek je nepotrhaný a zcela potrhaný, a poté se provede interpolace těmito stavy s použitím vzorce 7.18 podle článku 7.4.3(7). Toto je výchozí používaná metoda.
- **Normově závislý průhyb (NZP)** - je přesnější metoda pro výpočet průhybu. Více informací o této metodě lze nalézt v kapitole "Normově závislý průhyb".

V této kapitole bude vysvětlena první – zjednodušená metoda výpočtu průhybu. Výpočet průhybu se provádí podle článku 7.3.4 z EN 1992-1-1. Ověření průhybu se provádí z následujících důvodů:

- nepřijatelný průhyb nesmí ovlivnit funkčnost ani estetiku konstrukce - omezení celkových průhybů
- aby se předešlo poškození příček od přírůstků deformací po dokončení výstavby - omezení přídavných průhybů.

Chování vyztuženého průřezu pro výpočet průhybů je stejné jako pro výpočet tuhosti a lze jej vyjádřit (deformačním) diagramem závislosti přetvoření na momentu. Konečná hodnota tuhosti se vypočte interpolací mezi (i) stavem deformace pro betonový průřez neporušený trhlinami ($\xi = 0$) a stavem deformace pro betonový průřez plně porušený trhlinami (nepřenaší žádný tah) ($\xi = 1$) v závislosti na poměru napětí ve výztuži od zatížení na mezi vzniku trhlin a od skutečného působícího zatížení. Závislost momentu na mezi vzniku trhlin na přetvoření betonu je ukázána na následujícím obrázku. Hodnota deformace je pak vypočtena z tuhostí a působícího zatížení.



Vliv hodnot průhybu

Obecně existují tři hlavní faktory ovlivňující hodnoty deformací.

Vliv zatížení

V betonových konstrukcích se průhyb v čase zvětšuje vlivem trvalého zatížení. Větší část průhybu se obvykle objeví vlivem trvalého zatížení. Proto se dlouhodobé průhyby počítají z nejlepšího odhadu trvalého zatížení během doby životnosti konstrukce. Návrhové zatížení pro výpočet dlouhodobých průhybů je zatížení stálé.

Vliv trhlin

Vliv trhlin je nevratný proces. Proto je třeba počítat dlouhodobé průhyby s použitím efektivní pevnosti betonu v tahu, která odpovídá nejhoršímu stavu trhlin během doby životnosti konstrukce.

Vliv dotvarování

Dotvarování je ve skutečnosti neustálá deformace dílce vystaveného trvalému zatížení. Vliv dotvarování je při výpočtu zohledněn efektivním modulem pružnosti, který se počítá prostřednictvím součinitele dotvarování, viz help – odkaz [zde](#).

Platí následující předpoklady:

- posudek se provádí pro lineární/obálkovou nebo normovou kombinaci
- posudek se provádí pro vybrané dílce (dřívější výpočet normově závislých deformací se prováděl na celé konstrukci)
- dále se použijí stejné předpoklady jako je uvedeno v kapitole posudku "Omezení napětí".

Platí následující omezení:

- není zohledněno smršťování
- ověření založené na omezení poměru rozpětí a výšky podle 7.4.2 není implementováno
- posudek se provede pouze na uživatelem zadané výztuži (není podporován posudek na nutnou výztuž)

- o výpočet průhybu závisí na vnitřních silách použitých pro výpočet redukované tuhost. Proto posudek průhybu nefunguje pro případ, kdy jsou vnitřní síly rovné nule, ale průhyb nulový není. Typicky pro konzolovou konstrukci prvku s volným přesahem. Zde nelze brát výsledek v úvahu.

Teorie

Jak je uvedeno v EN 1992-1-1 čl. 7.4.1(3), spočtené deformace nesmí překročit ty, jež mohou být přeneseny dalšími připojenými prvky jako jsou příčky, zasklení, obložení, instalacemi (voda, plyn apod.) a povrchovými úpravami. V některých případech může být vyžadováno zajištění řádné funkce strojů a zařízení podepřených konstrukcí nebo zabránění vzniku prohlubní na plochých střechách.

Obecně je vyžadováno posouzení dvou hlavních situací:

- o **Celkový průhyb** - vzhled a obecná funkčnost konstrukce mohou být narušeny, pokud spočtené prohnutí nosníku, desky nebo konzoly zatížených kvazistálým zatížením přesáhne poměr rozpětí/250.

Prohnutí se posuzuje relativně k podporám. Ke kompenzování částečného nebo celkového průhybu lze použít předem zavedené vzepětí. Avšak jakýkoli nahoru směřující průhyb v bednění nesmí obecně překročit hodnotu rozpětí/250.

- o **Přídavný průhyb** - průhyb, který by mohl způsobit poškození sousedních částí konstrukce. Pro průhyb po dokončení výstavby je obvykle dostatečným omezením pro kvazistálé zatížení hodnota rozpětí/500. V závislosti na citlivosti sousedních částí lze uvažovat i jiné limitní hodnoty.

Postup výpočtu použitý v nových posudcích průhybů je popsán následujícími kroky:

- 1) **Výpočet krátkodobé tuhosti** - krátkodobé tuhosti se počítají pro působící zatížení s uvažováním modulu pružnosti ve 28 dnech.
- 2) **Výpočet dlouhodobé tuhosti** - dlouhodobé tuhosti se počítají pro působící zatížení s uvažováním efektivního modulu pružnosti.

V současnosti bohužel nelze rozlišovat mezi krátkodobými a dlouhodobými částmi zatížení v kombinaci. Proto je třeba zavést některé předpoklady pro určení dlouhodobé části zatížení. Dlouhodobá část zatížení se odhadne podle typu kombinace pro posudek. Jsou tři hlavní kombinace pro MSP:

- 1) MSP charakteristická - dlouhodobé procento = 70%
- 2) MSP frekventovaná - dlouhodobé procento = 85%
- 3) MSP kvazistálá - dlouhodobé procento = 100%

- 3) **Výpočet poměrů** - poměr tuhostí se použije jako zjednodušená metoda pro výpočet příslušných průhybů (viz dále). Tyto hodnoty se počítají pro každý stav podle výše uvedených bodů 1 a 2. Obecně jsou tyto hodnoty pouze poměry lineárních tuhostí betonové části vydělené výslednou tuhostí zohledňující trhliny. Výpočet výsledné tuhosti vychází z článku 7.4.3 (3), vzorce 7.18.

Příklad:

$$\begin{aligned} \text{ohybová tuhost kolem osy y:} & (EI_y) = 1/[\zeta/(EI_y)_{II} + (1-\zeta)/(EI_y)_I] \\ \text{ohybová tuhost kolem osy z:} & (EI_z) = 1/[\zeta/(EI_z)_{II} + (1-\zeta)/(EI_z)_I] \\ \text{osová tuhost:} & (EA) = 1/[\zeta/(EA)_{II} + (1-\zeta)/(EA)_I] \end{aligned}$$

kde:

$$\begin{aligned} (EI)_I & \text{ lineární tuhost} \\ (EI)_{II} & \text{ tuhost potrhaneého průřezu (= dlouhodobá tuhost = } E_{in} / 1 + \varphi) \\ \zeta & \text{ rozdělovací součinitel (kterým se umožňuje zohlednit tahové zpevnění} \\ & \text{průřezu) daný vztahem (7.19):} \end{aligned}$$

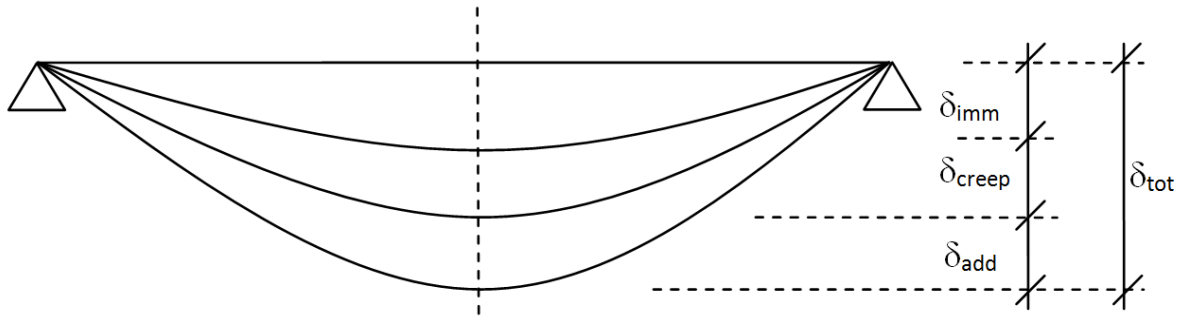
$$\zeta = 1 - \beta \left(\frac{\sigma_{sf}}{\sigma_s} \right)^2$$

Například: $\text{ratio} = \text{poměr} = \text{Tuhost}_{\text{lin}} / \text{Tuhost}_{\text{res}}$
 $\text{poměr}_{\text{uz}} = E_{\text{Iz,lin}} / E_{\text{Iz,res}}$

- 4) **Výpočet jednotlivých složek** - pro určení celkového a přídavného průhybu je nutno spočítat několik dílčích složek .

Jak bylo uvedeno výše, krátkodobá a dlouhodobá tuhost se spočte s pomocí tzv. součinitele dotvarování. Součinitel dotvarování závisí na relativní vlhkosti, obrysu průřezu, procentu vyztužení, třídě betonu apod. Součinitelem se vydělí krátkodobá tuhost a získá se tak tuhost dlouhodobá. Program tak s pomocí krátkodobé a dlouhodobé tuhosti betonu a reprezentativní pevnosti v tlaku spočte diagram závislosti přetvoření na napětí.

Obecně platí, že níže spočtené složky lze graficky znázornit podle následujícího obrázku:



Lineární (pružný) průhyb - je součet krátkodobého a dlouhodobého pružného průhybu.

$$\delta_{\text{lin}} = \delta_{\text{lin,s}} + \delta_{\text{lin,l}}$$

Okamžitý průhyb - pro určení okamžité deformace se spočte průhyb od stálého zatížení pomocí diagramu závislosti krátkodobého přetvoření na napětí. Následně program odečte okamžitý průhyb od celkového průhybu a určí tak přídavná deformace:

$$\delta_{\text{imm}} = \delta_{\text{lin,l}} \cdot \text{ratio}_s$$

Krátkodobý průhyb -je násobkem krátkodobého pružného průhybu a krátkodobého poměru:

$$\delta_s = \delta_{\text{lin,s}} \cdot \text{ratio}_s$$

Dlouhodobý průhyb -je násobkem dlouhodobého pružného průhybu a dlouhodobého poměru:

$$\delta_{\text{l,creep}} = \delta_{\text{lin,l}} \cdot \text{ratio}_l$$

Průhyb od dotvarování - se spočte na základě poměru krátkodobého a dlouhodobého průhybu:

$$\delta_{\text{creep}} = \delta_{\text{lin,l}} \cdot (\text{ratio}_l - \text{ratio}_s)$$

Dlouhodobý průhyb - je rozdílem dlouhodobého průhybu s dotvarováním a samotného dotvarování:

$$\delta_l = \delta_{\text{l,creep}} - \delta_{\text{creep}}$$

Přídavná deformace - je rozdíl mezi součtem krátkodobého a dlouhodobého průhybu s dotvarováním a okamžitým průhybem:

$$\delta_{\text{add}} = \delta_s + \delta_{\text{l,creep}} - \delta_{\text{imm}}$$

Celkový průhyb - je součet krátkodobého a dlouhodobého průhybu s dotvarováním:

$$\delta_{\text{tot}} = \delta_s + \delta_{\text{l,creep}}$$

5) **Posouzení průhybu** - jak bylo uvedeno již na začátku kapitoly, je třeba posoudit dva průhyby. Nejprve se musí spočítat limitní hodnota pro dílčí směr deformace. To jsou hodnoty:

a) limit pro celkový průhyb $\delta_{tot,lim} = L / 250$

b) limit pro přídatný průhyb $\delta_{add,lim} = L / 500$

Ve vzorci se uvádí hodnota L. Tato hodnota odpovídá vzpěrné délce vynásobené součinitelem β délce v daném směru.

6) Nakonec se spočte **jednotkový posudek** následujícím způsobem:

$$UC = \max \left\{ \frac{\delta_{tot}}{\delta_{tot,lim}}; \frac{\delta_{add}}{\delta_{add,lim}} \right\}$$

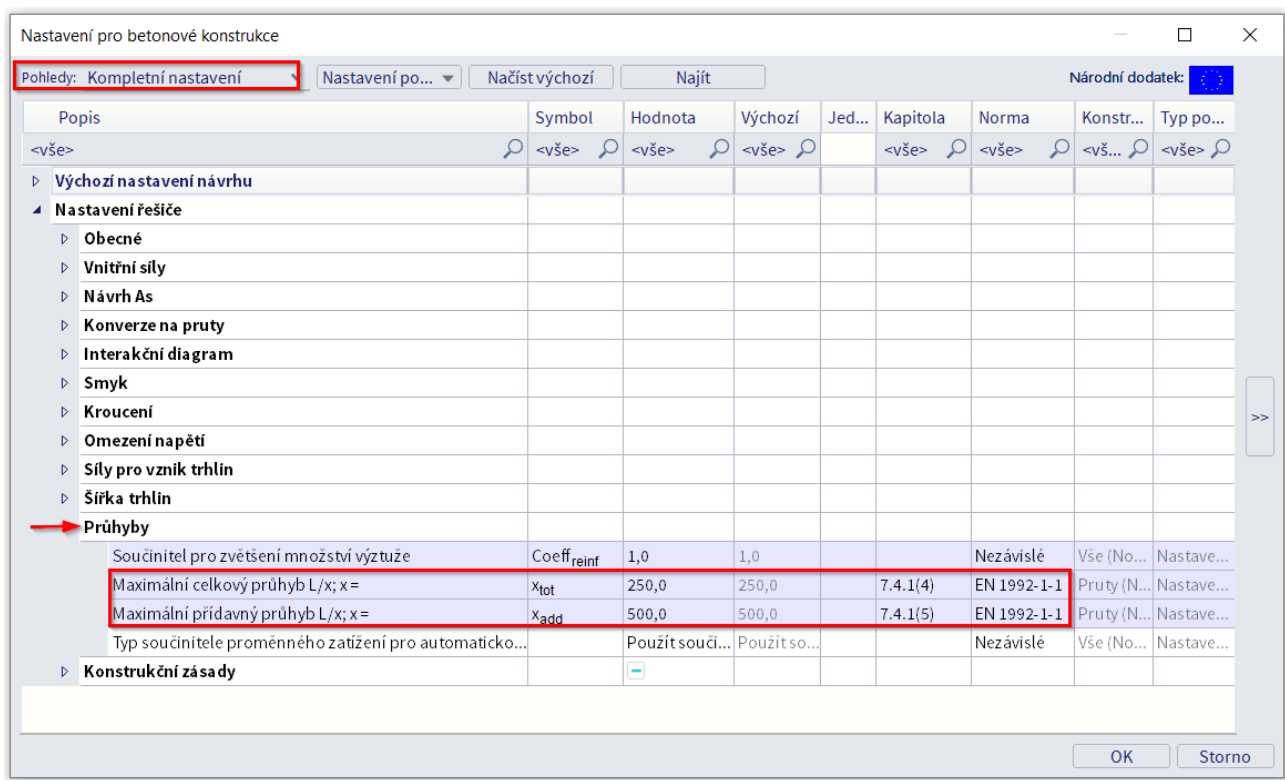
Nastavení ovlivňující posudek průhybu

Následující položky ovlivňují posudek průhybu.

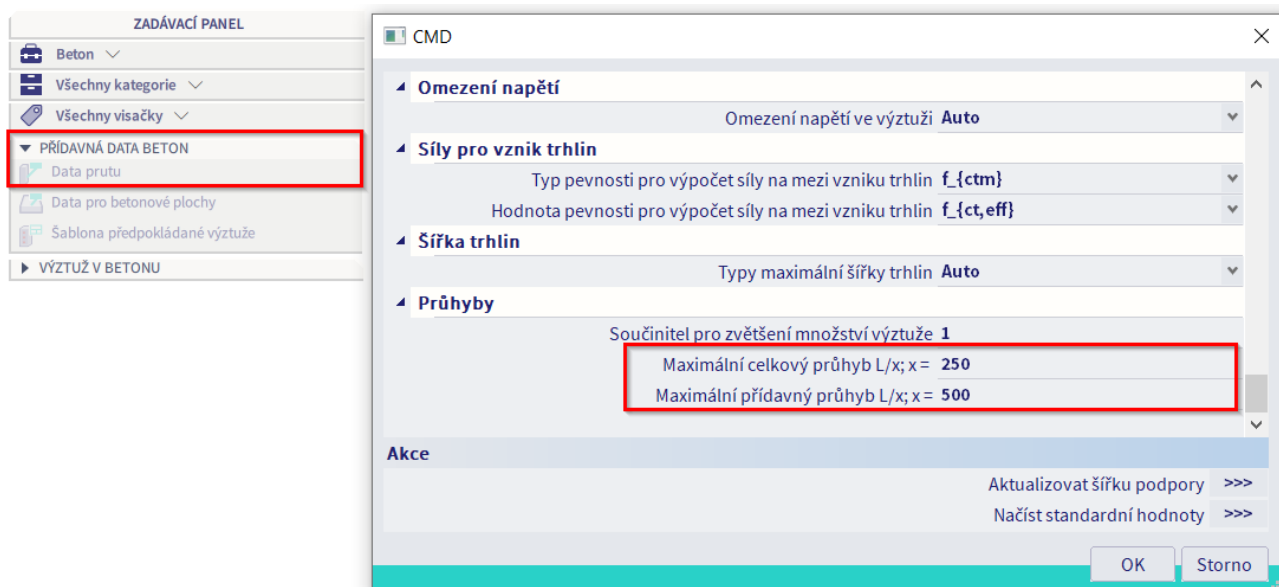
Maximální celkové a přídatné přemístění

Maximální celkové přemístění se vyjadřuje jako L/x. Výchozí hodnota 250. Limitní hodnota se bere podle článku 7.4.1(4) z EN 1992-1-1.

Tento limit je možné ve SCIA Engineer editovat v Nastavení pro betonové konstrukce (platí globálně pro celou konstrukci) → Nastavení → pohled “Kompletní nastavení” → Nastavení řešiče → Průhyby:



Případně je možné tyto limity nastavit lokálně pro vybraný prut pomocí Dat prutu:



Chyby a varování

Následující chyby, varování a poznámky se mohou objevit při provádění posudku kapacity podle odevzy. Seznam chyb a varování je možné najít také v helpu – [zde](#).

Výpis chyb

Číslo	Typ	Popis	Popis/řešení
E0/1	Chyba	Rovnovážná rovina nebyla nalezena.	Změnit (a) rozměry průřezu, (b) množství výztuže nebo (c) kvalitu použitých materiálů.
E8/2	Chyba	Je překročen limitní přídatný průhyb ve směru (y).	Změnit (a) rozměry průřezu, (b) množství výztuže nebo (c) kvalitu použitých materiálů.
E8/3	Chyba	Je překročen limitní přídatný průhyb ve směru (z).	Změnit (a) rozměry průřezu, (b) množství výztuže nebo (c) kvalitu použitých materiálů.
E8/5	Chyba	Je překročen limitní celkový průhyb ve směru (y).	Změnit (a) rozměry průřezu, (b) množství výztuže nebo (c) kvalitu použitých materiálů.
E8/6	Chyba	Je překročen limitní celkový průhyb ve směru (z).	Změnit (a) rozměry průřezu, (b) množství výztuže nebo (c) kvalitu použitých materiálů.

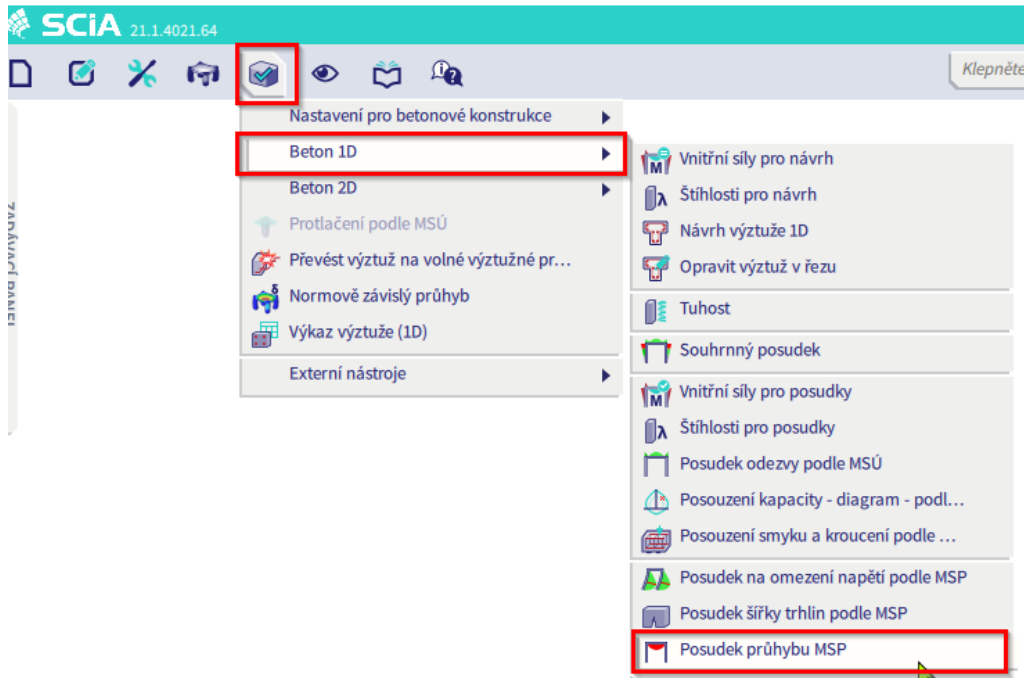
Výpis poznámek

Číslo	Typ	Popis	Popis/řešení
N0/1	Poznámka	Výpočet nebyl proveden (protože je použit číselný průřez, fázovaný průřez nebo dílec či průřez z jiného materiálu než beton).	
N0/2	Poznámka	Předpínací výztuž není ve výpočtu uvažována.	
N0/3	Poznámka	Výztuž z volných prutů není ve výpočtu uvažována.	
N0/4	Poznámka	Je zadána nějaká podélná konstrukční výztuž, která není pro posudek MSÚ a MSP uvažována.	

N2/1	Poznámka	Normálové síly a ohybové momenty jsou nulové ($N = 0, M_y = 0, M_z = 0$).	
N8/1	Poznámka	Je překročena maximální efektivní pevnost betonu; objevují se trhliny při charakteristické kombinaci krátko-/dlouho-dobých zatížení. Navíc se použije pracovní diagram betonu bez tahové větve.	Změnit (a) rozměry průřezu, (b) množství výztuže nebo (c) kvalitu použitých materiálů.

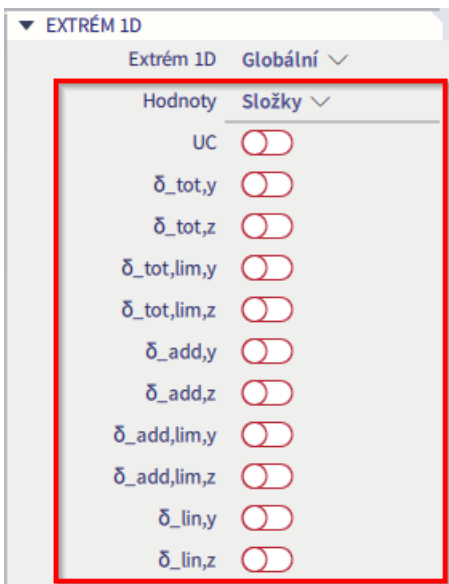
Příklad: 'beam_practical_reinforcement.esa'

Posudek průhybu je dostupný pod ikonou "Návrh" v hlavním menu → Beton 1D → Posudek průhybu podle MSP:



Ve vlastnostech posudku je potřeba nastavit Typ zatížení, na který se má posudek napočítat. Pro příklad je proveden posudek pro kombinaci SLS.

V posudku jsou pro zobrazení dostupné tyto hodnoty = složky:



UC...jednotkový posudek

$\delta_{tot,y}$...celkový průhyb ve směru (y)

$\delta_{tot,z}$...celkový průhyb ve směru (z)

$\delta_{tot,lim,y}$...celkový limitní průhyb ve směru (y)

$\delta_{tot,lim,z}$...celkový limitní průhyb ve směru (z)

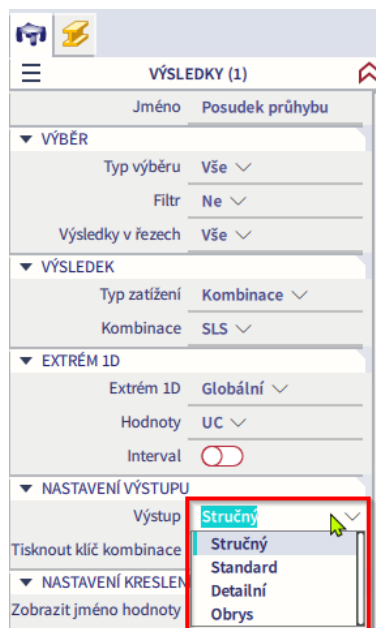
$\delta_{add,y}$...přídavný průhyb ve směru (y)

$\delta_{add,z}$...přídavný průhyb ve směru (z)

$\delta_{add,lim,z}$...přídavný limitní průhyb ve směru (z)

$\delta_{add,lim,y}$...přídavný limitní průhyb ve směru (y)

K dispozici jsou čtyři typy výstupů – Stručný, Standard, Detailní a Obrys:



Náhled výstupu (reportu) je možné zobrazit přes akční tlačítko “Náhled reportu”, které se nachází ve spodní části vlastností posudku.

Ve Standardním náhledu je možné vidět tabulku základních hodnot průhybů a posouzení přidavných a celkových deformací:

Základní hodnoty průhybů

Typ průhybu	Poměr krátkodobý [-]	Poměr dlouhodobý [-]	δ_{lin} [mm]	δ_{imm} [mm]	δ_{add} [mm]	δ_{short} [mm]	δ_{long} [mm]	$\delta_{long+creep}$ [mm]	δ_{creep} [mm]
u_y	2.91	5.25	0	0	0	0	0	0	0
u_z	2.52	3.39	-3.47	-6.12	-4.73	-2.62	-6.12	-8.23	-2.11

Posouzení přidavných a celkových deformací

Typ průhybu	L [m]	δ_{add} [mm]	$\delta_{add,lim}$ [mm]	UC_{add} [-]	δ_{tot} [mm]	$\delta_{tot,lim}$ [mm]	UC_{tot} [-]	Jed. pos. [-]	Limit: [-]	Stav
u_y	10	0	0	0	0	0	0	0	1	OK
u_z	5	-4.73	-10	0.47	-10.9	-20	0.54	0.54	1	OK

Seznam varování, chyb a poznámek: N8/5

Kritický je posudek v řezu $x=2,25$ m.

V detailním výstupu je možné vidět výpočet všech kroků uvedených výše. Například pro dlouhodobou tuhost můžeme získat dlouhodobou část aplikovaného zatížení a výpočet součinitele dotvarování:

Dlouhodobé tuhosti a křivosti od celkového zatížení

Nastavení

Dlouhodobá část aplikovaného zatížení = 70%

Součinitel dotvarování $\varphi = 2.214$

Průřezové charakteristiky průřezu bez trhlin (stav I) a průřezu s trhlínami (stav II) jsou v Detailním výstupu zobrazeny v tabulce:

Průřezové charakteristiky

Typ součásti	t_y [m]	t_z [m]	A [m ²]	I_y [m ⁴]	I_z [m ⁴]	x_i [m]	A_{st} [m ²]	A_{sc} [m ²]	A_s [m ²]
Lineární	0	0	0.15	$3.13 \cdot 10^{-3}$	$1.13 \cdot 10^{-3}$	0.25	-	-	-
Bez trhlin	0	-0.019	0.193	$4.69 \cdot 10^{-3}$	$1.35 \cdot 10^{-3}$	0.27	$1.57 \cdot 10^{-3}$	$628 \cdot 10^{-6}$	$2.2 \cdot 10^{-3}$
Trhliny	0	0.053	0.102	$2.89 \cdot 10^{-3}$	$667 \cdot 10^{-6}$	0.197	$1.57 \cdot 10^{-3}$	$628 \cdot 10^{-6}$	$2.2 \cdot 10^{-3}$

Posudek napětí v betonu a výpočet sil na mezi vzniku trhlin

Maximální tahové napětí ve vláknu betonového průřezu

$$\sigma_{ct} = 8.35 \text{ MPa}$$

Status trhlin

$$\sigma_{ct} > f_{ct,eff} = 8.35 \text{ MPa} > 2.9 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Objevují se trhliny.}$$

Napětí ve výztuži od zatížení na mezi vzniku trhlin

$$\sigma_{sr} = 99.3 \text{ MPa}$$

Napětí ve výztuži od působícího zatížení

$$\sigma_s = 282 \text{ MPa}$$

Distribuční koeficient

$$\zeta = \max\left(0; 1 - \beta \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2\right) = \max\left(0; 1 - 0.5 \cdot \left(\frac{99.3}{282}\right)^2\right) = 0.938 \quad (7.19)$$

N_{cr} [kN]	$M_{y,cr}$ [kNm]	$M_{z,cr}$ [kNm]	σ_{ct} [MPa]	$f_{ct,eff}$ [MPa]	Průřez porušený trhlínami	σ_{sr} [MPa]	σ_s [MPa]	β [-]	ζ [-]	E_c [GPa]
0	59.6	0	8.35	2.9	ANO	99.3	282	0.5	0.938	10.3

Což umožňuje vypočítat poměr tuhosti, například poměr ohybové tuhosti:

Ohybová tuhost EI_y

$$EI_{y,lin} = E_c \cdot I_y = 33 \cdot 3.13 \cdot 10^9 = 103 \text{ MNm}^2$$

$$EI_{y,I} = E_{c,eff} \cdot I_{y,I} = 10.3 \cdot 4.69 \cdot 10^9 = 48.1 \text{ MNm}^2$$

$$EI_{y,II} = E_{c,eff} \cdot I_{y,II} = 10.3 \cdot 2.89 \cdot 10^9 = 29.7 \text{ MNm}^2$$

$$EI_y = \frac{1}{\frac{\zeta}{EI_{y,II}} + \frac{1-\zeta}{EI_{y,I}}} = \frac{1}{\frac{0.938}{29.7} + \frac{1-0.938}{48.1}} = 30.4 \text{ MN} \cdot \text{m}^2 \quad (7.18)$$

$$\text{RatioEly} = \frac{EI_y}{EI_{y,lin}} = \frac{30.4}{103} = 0.295$$

Ohybová tuhost EI_z

$$EI_{z,lin} = E_c \cdot I_z = 33 \cdot 1.13 \cdot 10^9 = 37.1 \text{ MNm}^2$$

$$EI_{z,I} = E_{c,eff} \cdot I_{z,I} = 10.3 \cdot 1.35 \cdot 10^9 = 13.8 \text{ MNm}^2$$

$$EI_{z,II} = E_{c,eff} \cdot I_{z,II} = 10.3 \cdot 667 \cdot 10^6 = 6.85 \text{ MNm}^2$$

$$EI_z = \frac{1}{\frac{\zeta}{EI_{z,II}} + \frac{1-\zeta}{EI_{z,I}}} = \frac{1}{\frac{0.938}{6.85} + \frac{1-0.938}{13.8}} = 7.07 \text{ MN} \cdot \text{m}^2 \quad (7.18)$$

$$\text{RatioElz} = \frac{EI_z}{EI_{z,lin}} = \frac{7.07}{37.1} = 0.19$$

A nakonec krátkodobé a dlouhodobé poměry:

Krátkodobé poměry

Ohybová tuhost Ely

$$\text{RatioElys} = \frac{E_{ly,s}}{E_{ly,lin}} = \frac{40.9 \cdot 10^6}{103 \cdot 10^6} = 0.397$$

Ohybová tuhost Elz

$$\text{RatioElzs} = \frac{E_{z,s}}{E_{z,lin}} = \frac{12.8 \cdot 10^6}{37.1 \cdot 10^6} = 0.344$$

Poměry

$$\text{ratio}_{uys} = \frac{1}{\text{RatioElzs}} = \frac{1}{0.344} = 2.91$$

$$\text{ratio}_{uzs} = \frac{1}{\text{RatioElys}} = \frac{1}{0.397} = 2.52$$

Dlouhodobé poměry

Ohybová tuhost Ely

$$\text{RatioEyl} = \frac{E_{yl}}{E_{y,lin}} = \frac{30.4 \cdot 10^6}{103 \cdot 10^6} = 0.295$$

Ohybová tuhost Elz

$$\text{RatioElzl} = \frac{E_{zl}}{E_{z,lin}} = \frac{7.07 \cdot 10^6}{37.1 \cdot 10^6} = 0.19$$

Poměry

$$\text{ratio}_{uyl} = \frac{1}{\text{RatioElzl}} = \frac{1}{0.19} = 5.25$$

$$\text{ratio}_{uzl} = \frac{1}{\text{RatioEyl}} = \frac{1}{0.295} = 3.39$$

Poté se všechny složky průhybů vypočítají společně s limitními hodnotami průhybů:

Průhyby

Lineární průhyb

$$\delta_{lin,y} = u_{ys} + u_{yl} = 0 + 0 = 0 \text{ mm}$$

$$\delta_{lin,z} = u_{zs} + u_{zl} = -1.04 + -2.43 = -3.47 \text{ mm}$$

Okamžitý průhyb

$$\delta_{imm,y} = u_{yl} \cdot \text{ratio}_{uys} = 0 \cdot 2.91 = 0 \text{ mm}$$

$$\delta_{imm,z} = u_{zl} \cdot \text{ratio}_{uzs} = -2.43 \cdot 2.52 = -6.12 \text{ mm}$$

Krátkodobý průhyb

$$\delta_{short,y} = u_{ys} \cdot \text{ratio}_{uys} = 0 \cdot 2.91 = 0 \text{ mm}$$

$$\delta_{short,z} = u_{zs} \cdot \text{ratio}_{uzs} = -1.04 \cdot 2.52 = -2.62 \text{ mm}$$

Dlouhodobý průhyb + průhyb od dotvarování

$$\delta_{long,creep,y} = u_{yl} \cdot \text{ratio}_{uyl} = 0 \cdot 5.25 = 0 \text{ mm}$$

$$\delta_{long,creep,z} = u_{zl} \cdot \text{ratio}_{uzl} = -2.43 \cdot 3.39 = -8.23 \text{ mm}$$

Průhyb od dotvarování

$$\delta_{creep,y} = u_{yl} \cdot (\text{ratio}_{uyl} - \text{ratio}_{uys}) = 0 \cdot (5.25 - 2.91) = 0 \text{ mm}$$

$$\delta_{creep,z} = u_{zl} \cdot (\text{ratio}_{uzl} - \text{ratio}_{uzs}) = -2.43 \cdot (3.39 - 2.52) = -2.11 \text{ mm}$$

Dlouhodobý průhyb

$$\delta_{long,y} = \delta_{long,creep,y} - \delta_{creep,y} = 0 - 0 = 0 \text{ mm}$$

$$\delta_{long,z} = \delta_{long,creep,z} - \delta_{creep,z} = -8.23 - -2.11 = -6.12 \text{ mm}$$

Přídavný průhyb

$$\delta_{add,y} = \delta_{short,y} + \delta_{long,creep,y} - \delta_{imm,y} = 0 + 0 - 0 = 0 \text{ mm}$$

$$\delta_{add,z} = \delta_{short,z} + \delta_{long,creep,z} - \delta_{imm,z} = -2.62 + -8.23 - -6.12 = -4.73 \text{ mm}$$

Limitní přídavný průhyb

$$\delta_{add,lim,y} = 0 \text{ mm}$$

$$\delta_{add,lim,z} = \frac{-l_z}{\text{Lim}_{add}} = \frac{-5}{500} = -10 \text{ mm}$$

Celkový průhyb

$$\delta_{tot,y} = \delta_{short,y} + \delta_{long,creep,y} = 0 + 0 = 0 \text{ mm}$$

$$\delta_{tot,z} = \delta_{short,z} + \delta_{long,creep,z} = -2.62 + -8.23 = -10.8 \text{ mm}$$

Limitní celkový průhyb

$$\delta_{tot,lim,y} = 0 \text{ mm}$$

$$\delta_{tot,lim,z} = \frac{-l_z}{\text{Lim}_{tot}} = \frac{-5}{250} = -20 \text{ mm}$$

Omezení posudku průhybu MSP:

- Deformace způsobená smršťováním se automaticky nebere v úvahu.
- Ověření založené na limitním poměru rozpětí / účinná výška podle 7.4.2 není implementováno.
- Výpočet průhybu závisí na vnitřních silách použitých pro redukovanou tuhost.

Proto kontrola průhybu nefunguje v případech, kdy jsou vnitřní síly rovné nule, ale průhyby nejsou nulové. Typicky je to případ konzolové konstrukce s volným převisem.

POSUDEK KONSTRUKČNÍCH ZÁSAD

Konstrukční zásady u železobetonu jsou dalším krokem ke správnému návrhu s ohledem na bezpečnost, použitelnost a trvanlivost konstrukce.

Z hlediska konstrukčních zásad SCIA Engineer obecně rozlišuje tři hlavní typy dílců:

- **Nosník** - posouzení podélné a smykové výztuže.
- **Sloup** - posouzení hlavní a příčné výztuže.
- **Deskový nosník** - posouzení pouze podélné výztuže.

Následující tabulka ukazuje, které posudky konstrukčních zásad se provádějí pro konkrétní typ dílce:

Typ dílce	Podélná výztuž (hlavní)		Smyková výztuž (příčná)	
	Článek normy	Konstrukční zásady:	Článek normy	Konstrukční zásady:
Nosník	8.2(2)	Minimální světlá vzdálenost prutů.	6.2.3(3)	Maximální procento smykové výztuže.
	9.2.1.1(1)	Minimální plocha podélné výztuže.	9.2.2(5)	Minimální procento smykové výztuže.
	9.2.1.1(3)	Maximální plocha podélné výztuže.	9.2.2 (6)	Maximální podélná vzdálenost třmíneků (smyk).
	9.2.3(4)	Maximální osová vzdálenost prutů s ohledem na kroucení.	9.2.2(8)	Maximální příčná vzdálenost třmíneků (smyk).
	normově nezávislé	Maximální světlá vzdálenost.	9.2.3 (3)	Maximální podélná vzdálenost třmíneků (kroucení).
Sloup	8.2(2)	Minimální světlá vzdálenost prutů.	9.2.3 (3)	Maximální podélná vzdálenost třmíneků (kroucení).
	9.5.2(1)	Minimální průměr prutů podélné výztuže.	9.5.3(1)	Minimální průměr prutů příčné výztuže.
	9.5.2(2)	Minimální plocha podélné výztuže.	9.3.3 (3)	Maximální podélná vzdálenost příčné výztuže.
	9.5.2(3)	Maximální plocha podélné výztuže.		
	9.5.2(4)	Minimální počet prutů podélné výztuže.		
Deskový nosník	8.2(2)	Minimální světlá vzdálenost prutů.		
	9.3.1.1(3)	Minimální vzdálenost prutů podélné výztuže.		

Předpoklady a omezení

Při návrhu se uvažují následující předpoklady a omezení:

- Třmínek může být definován v kolmém směru k ose dílce ($\alpha=90^\circ$).
- Nelze definovat smykové ohyby, proto je posudek konstrukčních zásad nepodporuje.
- Podporovány jsou pouze posudky uvedené v předchozí kapitole.
- Každý posudek konstrukčních zásad zahrnuje pokyny a předpisy z národní přílohy (pokud takové existují).

Minimální světlá vzdálenost prutů 8.2(2)

Hlavní posuzované principy jsou především splnění podmínky minimální vzdálenosti mezi pruty, které je třeba rozmístit takovým způsobem, aby se mohl beton řádně nalít do bednění a ztuhnout tak, aby vznikla požadovaná soudržnost mezi výztuží a betonem.

Výpočet se provádí pro každou vzdálenost mezi pruty a minimální vzdálenost se porovnává s limitní hodnotou danou v normě. Vzdálenost se posuzuje jako minimální světlá vzdálenost pro všechny typy dílce uvedené výše (nosník, sloup, nosníková deska). Posudek vypadá následovně

Výpočet minimální světlé vzdálenosti mezi podélnými pruty:

$$s_{s-s,min}$$

Dále se spočte minimální povolená světlá vzdálenost mezi pruty pro všechny pruty v průřezu podle čl. 8.2(2) jako:

$$s_{s-s,min,lim} = \max(k_1 \cdot \phi; d_g + k_2; s_{lb,min})$$

kde:

- k_1 a k_2 jsou součinitele definované vNP. Pro standardní Eurokód, $k_1 = 1$ a $k_2 = 5$
- ϕ je průměr maximální podélné výztuže
- d_g - maximální průměr kameniva v betonové směsi
- $s_{lb,min}$ je minimální světlá vzdálenost definovaná jako pevná hodnota ve čl. 8.2(2)

Článek 8.2.(2) - součinitele použité pro parametry národní přílohy

V jednotlivých národních přílohách jsou následující rozdíly:

Národní příloha	k_1	k_2
Standardní NP	1,0	5,0
Česká ČSN - EN NP	1,5	5,0
Slovenská STN - EN NP	1,5	5,0
Německá DIN - EN NP	1,0	0,0 pro $d_g < 16\text{mm}$ 5,0 pro $d_g > 16\text{mm}$
Rakouská ONORM- EN NP	1,0	0,0 pro jednu vrstvu výztuže 10,0 pro více vrstev výztuže
Finská SFS-EN NP	1,0	3,0

Maximální procento smykové výztuže (6.2.3(3))

Maximální procento smykové výztuže nesmí překročit minimální hodnotu definovanou ve čl. 6.2.3(3) vzorcem 6.12. Posudek vypadá následovně. Výpočet procenta smykové výztuže ze zadané výztuže se provádí podle vzorce 9.4.

$$\rho_w = A_{sw} / (s \cdot b_w \cdot \sin(\alpha))$$

kde:

- A_{sw} - průřezová plocha smykové výztuže
- b_w - smyková efektivní šířka průřezu
- s - podélná vzdálenost smykové výztuže
- α - úhel mezi smykovou výztuží a podélnou osou prutu

Maximální povolené procento smykové výztuže se spočte následovně (viz vzorec 6.12).

$$\rho_{w,max} = 0,5 \cdot \alpha_{cw} \cdot V_1 \cdot f_{cd} / f_{ywd}$$

kde:

- α_{cw} - součinitel zohledňující stav napjatosti náhradní diagonály
- V_1 - je redukční součinitel pevnosti pro beton porušený trhlinami ve smyku
- f_{cd} - návrhová válcová pevnost betonového dílce
- f_{ywd} - návrhová mez kluzu materiálu výztuže

Nakonec se spočte jednotkový posudek následujícím způsobem:

$$UC_{6.2.3(3)} = \rho_w / \rho_{w,max}$$

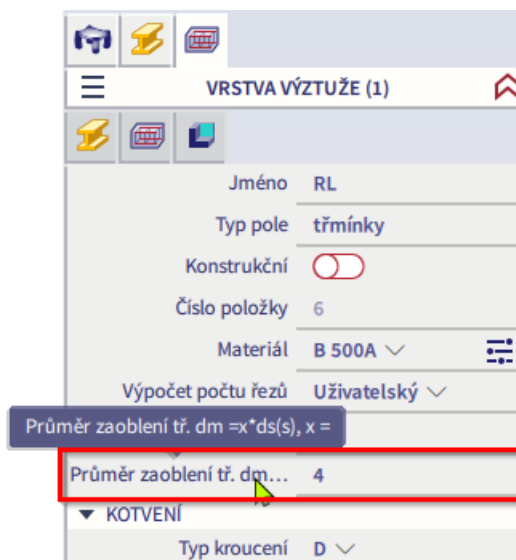
Minimální průměr ohybu (8.3(2))

Průměr ohybu nesmí překročit minimální hodnotu danou v 8.3(2). Posudek vypadá následovně. Výpočet minimálního zadaného průměru ohybu třmínku:

$$\varphi_m = \text{Coeff}_{\varphi_m} \cdot \varphi_s$$

kde:

- Coeff_{φ_m} - hodnota zadaná ve vlastnostech třmínku - průměr zaoblení třmínku



- φ_s - průměr zadaného třmínku

Minimální povolený průměr třmínku se spočte následovně podle tabulky 8.1N

$$\text{pro } \varphi_s \leq 16 \text{ mm; } \varphi_{m,min} = 4 \cdot \varphi_s$$

$$\text{pro } \varphi_s > 16 \text{ mm; } \varphi_{m,min} = 7 \cdot \varphi_s$$

Nakonec se spočte jednotkový posudek následujícím způsobem:

$$UC_{8.3(2)} = \varphi_m / \varphi_{m,min}$$

Minimální plocha výztuže 9.2.1.1(1)

Plocha podélné tahové výztuže musí být omezena minimální hodnotou $A_{s,min}$ spočtenou jako:

$$A_{s,min} = \max(\text{Coeff}_{A_{s,min},2} \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk}; \text{Coeff}_{A_{s,min},1} \cdot b_t \cdot d)$$

kde:

- $Coeff_{A_{s,min,1}}$ a $Coeff_{A_{s,min,2}}$ - hodnoty z rovnice 9.1N $Coeff_{A_{s,min,1}} = 0,26$; $Coeff_{A_{s,min,2}} = 0,0013$;
- f_{ctm} - průměrná pevnost betonu v tahu
- b_t - značí šířku průřezu v tahové zóně průřezu
- d - účinná výška průřezu
- f_{yk} - mez kluzu výztuže

Výpočet plochy tahové výztuže v uvažovaném průřezu A_{st} . Nakonec se spočte jednotkový posudek následujícím způsobem:

$$UC_{9.2.1.1(1)} = A_{s,min} / A_{s,t}$$

Článek 9.2.1.1(1) - minimální tahová výztuž pro národní přílohu

V jednotlivých národních přílohách jsou následující rozdíly:

Národní příloha	vzorec 9.1N	vzorec 9.1N
Standardní NP	$Coeff_{A_{s,min,2}} \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk}$	$Coeff_{A_{s,min,1}} \cdot b_t \cdot d$
Německá DIN - EN NP	nepoužito	nepoužito
Nizozemská NEN NP	$\max(A_{s,min,1}; A_{s,min,2})^*$	-

Německá národní příloha neudává limitní hodnotu pro minimální plochu podélné tahové výztuže. V tom případě je jednotkový posudek = 0.

* Postup pro nizozemskou NEN-NP předepisuje jiné pravidlo. Hodnoty z výše uvedené tabulky jsou označeny jako $A_{s,min,1}$. Dále pak nutná plocha z MSU ($A_{s,req}$) se spočte jako $A_{s,min,2} = 1,25 \cdot A_{s,req}$. A nakonec, minimální povolená hodnota podélné výztuže je: $A_{s,min} = \max(A_{s,min,1}; A_{s,min,2})$.

Maximální plocha výztuže 9.2.1.1(3)

Maximální plocha podélné výztuže $A_{s,max}$ nesmí překročit hodnoty uvedené v 9.2.1.1(3) a spočte se následovně.

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c$$

kde:

- A_c - plocha betonového průřezu

Výpočet plochy tahové výztuže v uvažovaném průřezu A_s . Nakonec se spočte jednotkový posudek následujícím způsobem:

$$UC_{9.2.1.1(3)} = A_s / A_{s,max}$$

Článek 9.2.3.1(1) - maximální plocha výztuže pro národní přílohu

V jednotlivých národních přílohách jsou následující rozdíly:

Národní příloha	vzorec
Standardní NP	$0,04 \cdot A_c$
Německá DIN - EN NP	$0,08 \cdot A_c$
Finská SFS-EN NP	neomezeno
Švédská SS-EN NP	neomezeno
Slovinská SIST-EN NP	neomezeno

Ověření pro SFS, SS a SIST NP se neprovádí a jednotkový posudek je nastaven na $UC_{9.2.1.1(3)} = 0$.

Minimální procento smykové výztuže (9.2.2(5))

Minimální procento smykové výztuže nesmí překročit minimální hodnotu definovanou ve čl. 9.2.2(5) vzorcí 6.12. Posudek vypadá následovně. Výpočet procenta smykové výztuže ze zadané výztuže se provádí podle vzorce 9.4.

$$\rho_w = A_{sw} / (s \cdot b_w \cdot \sin(\alpha))$$

kde:

- A_{sw} – průřezová plocha smykové výztuže
- b_w - smyková efektivní šířka průřezu
- s - podélná vzdálenost smykové výztuže
- α – úhel mezi smykovou výztuží a podélnou osou prutu

Minimální povolené procento smykové výztuže se spočte následovně (viz vzorec 9.5N).

$$\rho_{w,min} = 0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}} / f_{yk}$$

kde:

- f_{ck} - charakteristická válcová pevnost betonového dílce
- f_{yk} – charakteristická mez kluzu materiálu výztuže

Nakonec se spočte jednotkový posudek následujícím způsobem:

$$UC_{9.2.2(5)} = \rho_{w,min} / \rho_w$$

Článek 9.2.2(5) - minimální procento smykové výztuže pro národní přílohu

V jednotlivých národních přílohách jsou následující rozdíly:

Národní příloha	vzorec 9.5N
Standardní NP	$0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}} / f_{yk}$
Německá DIN - EN NP	$0.16 \cdot f_{ctm} / f_{yk}$
Rakouská ONORM- EN NP	$0.15 \cdot f_{ctm} / f_{yd}$

Maximální podélná vzdálenost třmínků odvozená od smyku (9.2.2(6))

Maximální podélná vzdálenost třmínků nesmí překročit maximální hodnotu definovanou ve čl. 9.2.2(6). Posudek vypadá následovně. Výpočet maximální podélné vzdálenosti třmínků s_l .

$$s_{l,max} = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cotg(\alpha))$$

kde:

- d - účinná výška průřezu
- α – úhel mezi třmínky a podélnou osou prutu

Nakonec se spočte jednotkový posudek následujícím způsobem:

$$UC_{9.2.2(6)} = s_l / s_{l,max}$$

Článek 9.2.2(6) - maximální podélná vzdálenost třmínků pro národní přílohu

V jednotlivých národních přílohách jsou následující rozdíly:

Národní příloha	vzorec
Standardní NP	$0,75 \cdot d \cdot (1 + \cotg(\alpha))$
Rakouská ONORM- EN NP	$\max(0,75 \cdot d \cdot (1 + \cotg(\alpha)); 250 \text{ mm})$
Česká ČSN - EN NP	$\max(0,75 \cdot d \cdot (1 + \cotg(\alpha)); 400 \text{ mm})$
Francouzská NF-EN NP	pro $h \leq 250 \text{ mm}$: $s_{l,max} = 0,9 \cdot d$

	pro $h > 250$ mm: $s_{l,max} = \max(0,75 \cdot d \cdot (1 + \cotg(\alpha)))$
Německá DIN - EN NP	pro $V_{Ed} \leq 0,3 \cdot V_{Rd,max}$ <ul style="list-style-type: none"> • pro $f_{ck} \leq 50$ MPa $\rightarrow s_{l,max} = \max(0,7 \cdot h; 300$ mm) • pro $f_{ck} > 50$ MPa $\rightarrow s_{l,max} = \max(0,7 \cdot h; 200$ mm) • pro $V_{Ed} < V_{Rd,c}; h < 200$ mm and beam • $s_{l,max} = 200$ mm pro $0,3 \cdot V_{Rd,max} < V_{Ed} \leq 0,6 \cdot V_{Rd,max}$ <ul style="list-style-type: none"> • pro $f_{ck} \leq 50$ MPa $\rightarrow s_{l,max} = \max(0,5 \cdot h; 300$ mm) • pro $f_{ck} > 50$ MPa $\rightarrow s_{l,max} = \max(0,5 \cdot h; 200$ mm) pro $V_{Ed} > 0,6 \cdot V_{Rd,max}$ <ul style="list-style-type: none"> • $s_{l,max} = \max(0,25 \cdot h; 200$ mm)
Slovenská STN - EN NP	$\max(0,75 \cdot d \cdot (1 + \cotg(\alpha)); 400$ mm)

Maximální podélná vzdálenost třmínků odvozená od smyku (9.3.3(3))

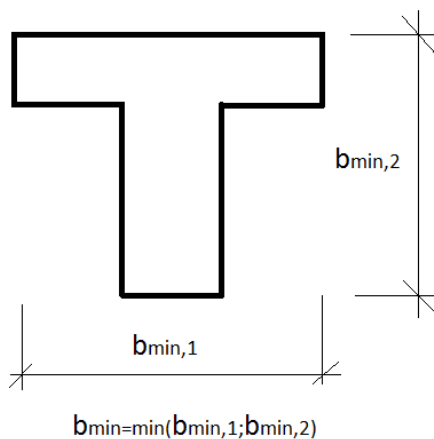
Maximální podélná vzdálenost třmínků odvozená od kroucení nesmí překročit maximální hodnotu definovanou ve čl. 9.2.3 (3). Posudek vypadá následovně. Výpočet maximální podélné vzdálenosti třmínků s_l .

Dále se spočte maximální povolená podélná vzdálenost mezi třmínky odvozená od kroucení podle vzorce:

$$s_{l,tor,max} = \min(u_k/8; s_l; b_{min})$$

kde:

- u_k - obvod účinné plochy pro kroucení
- b_{min} - minimální rozměr průřezu určený z náhradního obdélníkového průřezu (viz. následující obrázek)



Nakonec se spočte jednotkový posudek následujícím způsobem:

$$UC_{9.2.3(3)} = s_l / s_{l,tor,max}$$

Maximální osová vzdálenost prutů s ohledem na kroucení (9.2.3(4))

Výpočet se provádí pro každou vzdálenost mezi pruty a maximální vzdálenost se porovnává s limitní hodnotou danou v normě. Vzdálenosti se posuzují jako maximální osové vzdálenosti. Posudek vypadá následovně.

Výpočet maximální osové vzdálenosti mezi podélnými pruty:

$$s_{c-c,max}$$

Dále se spočte minimální povolená osová vzdálenost mezi pruty pro všechny pruty v průřezu podle čl. 9.2.3(4) jako:

$$S_{c-c,max,lim} = 350 \text{ mm}$$

Nakonec se spočte jednotkový posudek následujícím způsobem:

$$UC_{9.2.3(4)} = S_{c-c,max} / S_{c-c,max,lim}$$

Maximální světlá vzdálenost prutů (normově nezávislá)

Výpočet se provádí pro každou vzdálenost mezi pruty a maximální vzdálenost se porovnává s limitní hodnotou danou uživatelem. Vzdálenost se posuzuje jako maximální světlá vzdálenost pro všechny typy dílce uvedené výše (nosník, sloup, nosníková deska). Posudek vypadá následovně.

Výpočet maximální světlé vzdálenosti mezi podélnými pruty:

$$S_{c-c,max}$$

Maximální povolená světlá vzdálenost mezi všemi pruty v průřezu je zadána uživatelem v nastavení betonu:

$$S_{c-c,max,lim} = 350 \text{ mm}$$

Nakonec se spočte jednotkový posudek následujícím způsobem:

$$UC_{max_bar_distance(user)} = S_{s-s,max} / S_{s-s,max,lim}$$

Minimální průměr prutů podélné výztuže 9.5.2(1)

Průměr podélné výztuže ve sloupech nesmí překročit minimální hodnotu definovanou ve čl. 9.5.2(1). Posudek vypadá následovně. Výpočet použitého minimálního průměru podélné výztuže ve sloupech $\phi_{l,min}$.

Minimální povolený průměr podélné výztuže se určí následovně:

$$\phi_{l,min,col} = 8 \text{ mm}$$

Nakonec se spočte jednotkový posudek následujícím způsobem:

$$UC_{9.5.2(1)} = \phi_{l,min,col} / \phi_{l,min}$$

Článek 9.2.2(1) - minimální průměr prutu podélné výztuže pro národní přílohu

V jednotlivých národních přílohách jsou následující rozdíly:

Národní příloha	vzorec
Standardní NP	8 mm
Rakouská ONORM- EN NP	12 mm pro $\min(b,h) \geq 200$ mm 10 mm pro ostatní případy
Belgická NBN-EN NP	12 mm
Britská BS-EN NP	12 mm
Česká ČSN - EN NP	12 mm pro $\min(b,h) \geq 200$ mm 10 mm pro ostatní případy
Německá DIN - EN NP	12 mm
Irská IP-EN NP	12 mm
Polská PN-EN NA	6 mm

Singapurská NP MS-EN	12 mm
Slovenská STN - EN NP	10 mm
Slovinská SIST-EN NP	12 mm

Minimální plocha podélné výztuže 9.5.2(2)

Celková plocha podélné výztuže ve sloupech nesmí překročit minimální hodnotu definovanou ve čl. 9.5.2(2). Posudek vypadá následovně. Výpočet celkové plochy podélné výztuže ve sloupech A_s .

Minimální povolená plocha podélné výztuže se určí následovně:

$$A_{s,min} = \max(0,1 \cdot |N_{Ed}| / f_{yd}; 0,002 \cdot A_c)$$

kde:

- N_{Ed} - návrhová hodnota normálové síly
- f_{yd} - návrhová mez kluzu podélné výztuže
- A_c - průřezová plocha betonové části průřezu

Nakonec se spočte jednotkový posudek následujícím způsobem:

$$UC_{9.5.2(2)} = A_{s,min} / A_s$$

Článek 9.2.2(2) - minimální plocha podélné výztuže pro národní přílohu

V jednotlivých národních přílohách jsou následující rozdíly:

Národní příloha	vzorec
Standardní NP	$\max(0,1 \cdot N_{Ed} / f_{yd}; 0,002 \cdot A_c)$
Rakouská ONORM- EN NP	$\max(0,13 \cdot N_{Ed} / f_{yd}; 0,0026 \cdot A_c)$
Německá DIN - EN NP	$0,15 \cdot N_{Ed} / f_{yd}$
Slovinská SIST-EN NP	$\max(0,1 \cdot N_{Ed} / f_{yd}; 0,003 \cdot A_c)$
Švédská SS-EN NP	$0,002 \cdot A_c$

Maximální plocha podélné výztuže 9.5.2(3)

Celková plocha podélné výztuže ve sloupech nesmí překročit maximální hodnotu definovanou ve čl. 9.5.2(3). Posudek vypadá následovně. Výpočet celkové plochy podélné výztuže ve sloupech A_s .

Maximální povolená plocha podélné výztuže se určí následovně:

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c$$

kde:

- A_c - průřezová plocha betonové části průřezu

Nakonec se spočte jednotkový posudek následujícím způsobem:

$$UC_{9.5.2(3)} = A_s / A_{s,max}$$

Článek 9.2.3(2) - minimální plocha podélné výztuže pro národní přílohu

V jednotlivých národních přílohách jsou následující rozdíly:

Národní příloha	vzorec
Standardní NP	$0,04 \cdot A_c$
Německá DIN - EN NP	$0,09 \cdot A_c$

Rakouská ONORM- EN NP	0,04·A _c for in-situ concrete members 0,09·A _c for prefabricated concrete members
Finská SFS-EN NP	0,06·A _c
Švédská SS-EN NP	nepoužito

Min. počet prutů v kruhovém sloupu 9.5.2(4)

Minimální počet prutů podélné výztuže v kruhových sloupech nesmí překročit minimální hodnotu definovanou ve čl. 9.5.2 (4). Posudek vypadá následovně. Výpočet použitého počtu prutů podélné výztuže ve sloupech n_{bars} .

Minimální povolený počet prutů podélné výztuže se určí následovně:

$$n_{bars,min,col} = 4$$

Nakonec se spočte jednotkový posudek následujícím způsobem

$$UC_{9.5.2(4)} = n_{bars,min,col} / n_{bars}$$

Minimální průměr prutů příčné výztuže 9.5.3(1)

Průměr příčné výztuže ve sloupech nesmí překročit minimální hodnotu definovanou ve čl. 9.5.3(1). Posudek vypadá následovně. Výpočet použitého minimálního průměru příčné výztuže ve sloupech $\phi_{s,min}$.

Minimální povolený průměr příčné výztuže se určí následovně:

$$\phi_{s,min,lim} = \max(6 \text{ mm}; 0,25 \cdot \phi_{l,max})$$

Nakonec se spočte jednotkový posudek následujícím způsobem:

$$UC_{9.5.3(1)} = \phi_{s,min,lim} / \phi_{s,min}$$

Maximální podélná vzdálenost třmínků (9.5.3(3))

Maximální podélná vzdálenost třmínků nesmí překročit maximální hodnotu definovanou ve čl. 9.5.3(3). Posudek vypadá následovně. Výpočet maximální podélné vzdálenosti třmínků s_l .

Dále se spočte maximální povolená podélná vzdálenost mezi třmínky podle vzorce:

$$s_{clt,max} = \min(20 \cdot \phi_{l,min}; \min(b,h); 400 \text{ mm})$$

kde:

- $\phi_{l,min}$ - minimální průměr podélných prutů
- b,h - rozměry sloupu

Nakonec se spočte jednotkový posudek následujícím způsobem:

$$UC_{9.5.3(3)} = s_l / s_{clt,max}$$

Článek 9.5.3(3) - maximální podélná vzdálenost třmínků pro národní přílohu

V jednotlivých národních přílohách jsou následující rozdíly:

Národní příloha	vzorec
Standardní NP	$\min(20 \cdot \phi_{l,min}; \min(b,h); 400 \text{ mm})$
Rakouská ONORM- EN NP	$\min(12 \cdot \phi_{l,min}; \min(b,h); 250 \text{ mm})$

Česká ČSN - EN NP	min (15· $\phi_{l,min}$; min(b,h); 300 mm)
Finská SFS-EN NP	min (15· $\phi_{l,min}$; min(b,h); 400 mm)
Německá DIN - EN NP	min (12· $\phi_{l,min}$; min(b,h); 300 mm)
Lucemburská LU-EN NP	min (15· $\phi_{l,min}$; min(b,h); 400 mm)
Slovenská STN - EN NP	min (15· $\phi_{l,min}$; min(b,h); 300 mm)
Slovinská SIST-EN NP	min (12· $\phi_{l,min}$; min(b,h); 300 mm)

Maximální osová vzdálenost prutů (9.3.1.1(3))

Výpočet se provádí pro každou vzdálenost mezi pruty a maximální vzdálenost se porovnává s limitní hodnotou danou v normě. Vzdálenosti se posuzují jako maximální osová vzdálenosti. Posudek vypadá následovně.

Výpočet maximální osová vzdálenosti mezi podélnými pruty:

$$S_{max,slab,lim} = \max(3 \cdot h; 400 \text{ mm}).$$

kde:

- h - tloušťka desky

Nakonec se spočte jednotkový posudek následujícím způsobem:

$$UC_{9.3.1.1(3)} = S_{max,slab} / S_{max,slab,lim}$$

Posudek se provádí pouze pro hlavní výztuž.

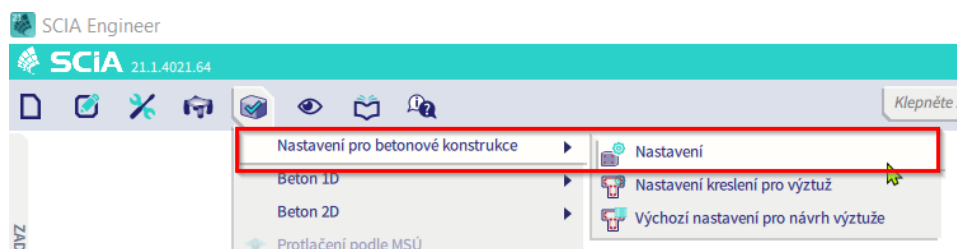
Článek 9.3.1.1(3) - maximální osová vzdálenost prutů pro národní přílohu

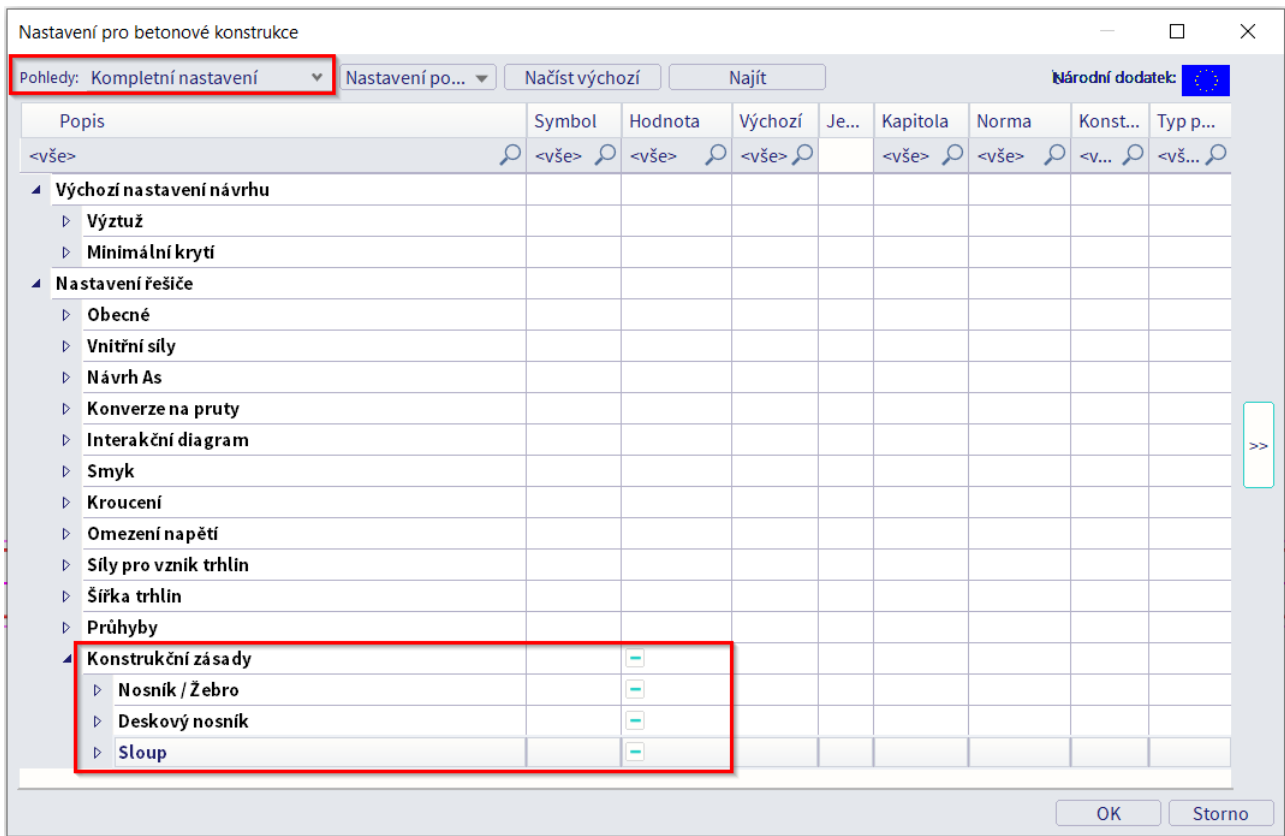
V jednotlivých národních přílohách jsou následující rozdíly:

Národní příloha	vzorec
Standardní NP	max (3·h; 400 mm)
Rakouská ONORM- EN NP	max (1,5·h; 250 mm)
Belgická NBN-EN NP	max (2,5·h; 400 mm)
Česká ČSN - EN NP	max (2·h; 300 mm)
Německá DIN - EN NP	150 mm pro h ≤ 150 mm h pro (150 mm < h < 250 mm) 250 mm pro h ≥ 250 mm
Lucemburská LU-EN NP	max (2,5·h; 400mm)
Slovenská STN - EN NP	max (2·h; 300mm)

Nastavení ovlivňující posudek konstrukčních zásad

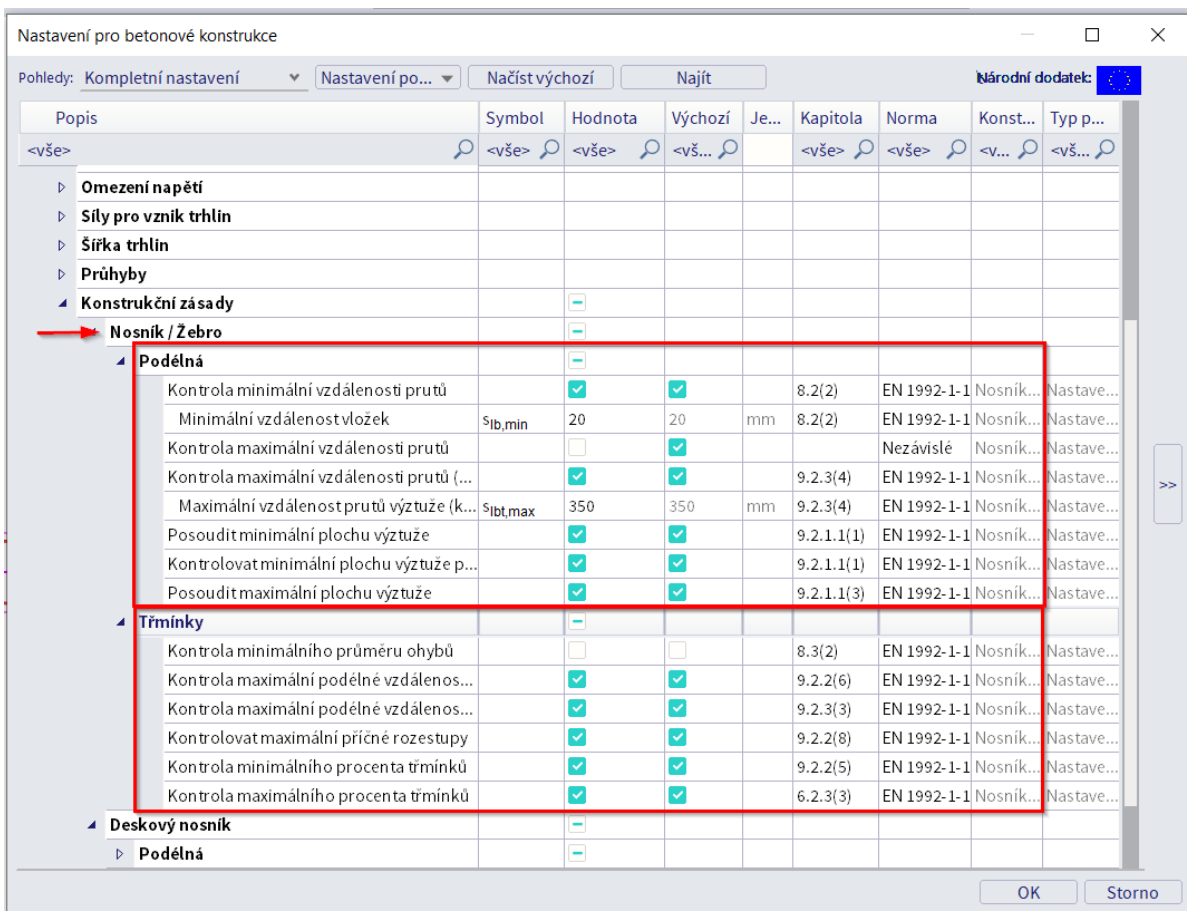
Následující položky ovlivňují výpočet posudku konstrukčních zásad. Tyto hodnoty jsou uloženy v dialogu Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled “Kompletní nastavení” → Nastavení řešiče → Konstrukční zásady.





Nastavení je rozděleno do tří hlavních částí:

- Nosník
 - Podélná
 - Třmínky



- Sloup
 - Podélná
 - Příčná

Nastavení pro betonové konstrukce

Pohledy: Kompletní nastavení Nastavení po... Načíst výchozí Najít Národní dodatek:

Popis	Symbol	Hodnota	Výchozí	Je...	Kapitola	Norma	Konst...	Typ p...
<vše>	<vše>	<vše>	<vš...>		<vše>	<vše>	<v...>	<vš...>
Průhyby								
Konstrukční zásady								
Nosník / Žebro								
Deskový nosník								
Podélná								
Sloup								
Podélná								
Kontrola minimální vzdálenosti prutů		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		8.2(2)	EN 1992-1-1	Sloup	Nastave...
Minimální vzdálenost vložek	$s_{lc,min}$	20	20	mm	8.2(2)	EN 1992-1-1	Sloup	Nastave...
Kontrola maximální vzdálenosti prutů		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Nezávislé	Sloup	Nastave...
Kontrola maximální vzdálenosti prutů (...)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.2.3(4)	EN 1992-1-1	Sloup	Nastave...
Maximální vzdálenost prutů výztuže (k...	$s_{lct,max}$	350	350	mm	9.2.3(4)	EN 1992-1-1	Sloup	Nastave...
Posoudit minimální plochu výztuže		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.5.2(2)	EN 1992-1-1	Sloup	Nastave...
Posoudit maximální plochu výztuže		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.5.2(3)	EN 1992-1-1	Sloup	Nastave...
Kontrola minimálního průměru prutů		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.5.2(1)	EN 1992-1-1	Sloup	Nastave...
Kontrolovat min. počet prutů		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.5.2(4)	EN 1992-1-1	Sloup	Nastave...
Min. počet prutů v kruhových sloupech	$n_{lc,min}$	4,0	4,0		9.5.2(4)	EN 1992-1-1	Sloup	Nastave...
Příčná								
Kontrola maximálního procenta tříminků		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		6.2.3(3)	EN 1992-1-1	Sloup	Nastave...
Kontrola minimálního průměru ohybů		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		8.3(2)	EN 1992-1-1	Sloup	Nastave...
Kontrola maximální podélné vzdálenosti		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.5.3(3)	EN 1992-1-1	Sloup	Nastave...
Kontrola minimálního průměru prutů		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.5.3(1)	EN 1992-1-1	Sloup	Nastave...
Min. průměr vložky	$d_{sc,min}$	6	6	mm	9.5.3(1)	EN 1992-1-1	Sloup	Nastave...
Min. průměr vložky	x_{dsc}	25	25	%	9.5.3(1)	EN 1992-1-1	Sloup	Nastave...

OK Storno

- Deskový nosník
 - Podélná

Nastavení pro betonové konstrukce

Pohledy: Kompletní nastavení Nastavení po... Načíst výchozí Najít Národní dodatek:

Popis	Symbol	Hodnota	Výchozí	Je...	Kapitola	Norma	Konst...	Typ p...
<vše>	<vše>	<vše>	<vš...>		<vše>	<vše>	<v...>	<vš...>
Vnitřní síly								
Návrh As								
Konverze na pruty								
Interakční diagram								
Smyk								
Kroucení								
Omezení napětí								
Síly pro vznik trhlin								
Šířka trhlin								
Průhyby								
Konstrukční zásady								
Nosník / Žebro								
Deskový nosník								
Podélná								
Kontrola minimální vzdálenosti prutů		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		8.2(2)	EN 1992-1-1	Desko...	Nastave...
Minimální vzdálenost vložek	$s_{lcs,min}$	20	20	mm	8.2(2)	EN 1992-1-1	Desko...	Nastave...
Kontrola maximální vzdálenosti prutů		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.3.1.1(3)	EN 1992-1-1	Desko...	Nastave...
Posoudit minimální plochu výztuže		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.3.1.1(1)	EN 1992-1-1	Desko...	Nastave...
Posoudit maximální plochu výztuže		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.3.1.1(1)	EN 1992-1-1	Desko...	Nastave...
Sloup								

OK Storno

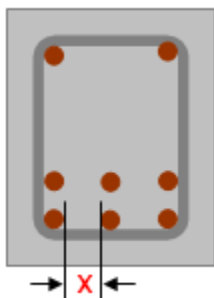
Nastavení konstrukčních zásad pro nosníky

Podélná výztuž

Kontrola minimální vzdálenosti prutů

Popis Nastavení, zda se kontroluje minimální světlá vzdálenost prutů podélné výztuže v nosnících.
Výchozí Zaškrťovací políčko; výchozí hodnota = ANO.
Norma 8.2(2)

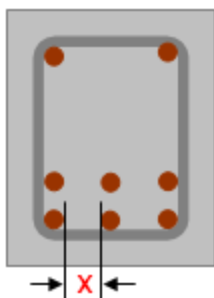
Obrázek



Minimální vzdálenost vložek

Popis Příkladné omezení minimální světlé vzdálenosti prutů podélné výztuže v nosnících.
Výchozí Editační políčko; výchozí hodnota = $s_{lb,min} = 20\text{mm}$,
Norma 8.2(2)

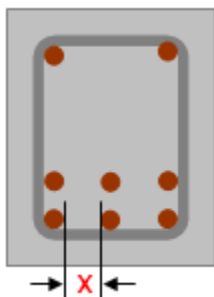
Obrázek



Kontrola maximální vzdálenosti prutů

Popis Nastavení, zda se kontroluje maximální světlá vzdálenost prutů podélné výztuže v nosnících.
Výchozí Zaškrťovací položka, výchozí hodnota = NE.
Norma Normově nezávislé.

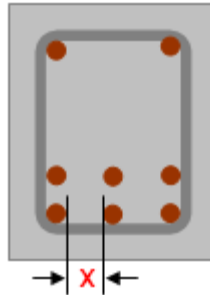
Obrázek



Maximální vzdálenost prutů výztuže

Popis Přídatné omezení maximální světlé vzdálenosti prutů podélné výztuže v nosnících.
 Výchozí Editační políčko $s_{lb,max} = 350\text{mm}$; tato položka je dostupná pouze, pokud je předchozí položka zapnuta
 Norma Normově nezávislé.

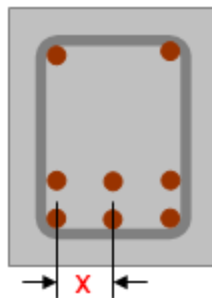
Obrázek



Kontrola maximální vzdálenosti prutů (kroucení)

Popis Nastavení, zda se kontroluje maximální osová vzdálenost prutů podélné výztuže v nosnících podle požadavku na kroucení. Tato hodnota se kontroluje, pokud v průřezu existuje pouze kroučící moment.
 Výchozí Zaškrťovací políčko; výchozí hodnota = ANO.
 Norma 9.2.3(4)

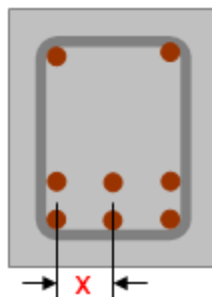
Obrázek



Maximální vzdálenost prutů výztuže (kroucení)

Popis Maximální osová vzdálenost prutů podélné výztuže v nosnících podle požadavku na kroucení. Tato hodnota se kontroluje, pokud v průřezu existuje pouze kroučící moment.
 Výchozí Editační políčko $s_{lb,max} = 350\text{mm}$; tato položka je dostupná pouze, pokud je předchozí položka zapnuta.
 Norma 9.2.3(4)

Obrázek



Posoudit minimální plochu výztuže

Popis Nastavení, zda se kontroluje minimální plocha výztuže podélné výztuže v nosnících.
 Výchozí Zaškrťovací políčko; výchozí hodnota = ANO.
 Norma 9.2.1,1(1)

Obrázek



$$A_s = A_s$$



$$A_s = \max(A_{s, \min} \cdot A_s)$$

Kontrolovat minimální plochu výztuže pro sekundární dílec

Popis	Nastavení, zda se kontroluje minimální plocha výztuže podélné výztuže v sekundárním nosníku. Nastavení pro sekundární dílec se provádí v Datech betonového dílce.
Výchozí	Zaškrťovací políčko; výchozí hodnota =ANO.
Norma	9.2.1,1(1)
Obrázek	-

Posoudit maximální plochu výztuže

Popis	Nastavení, zda se kontroluje maximální plocha výztuže podélné výztuže v nosnících.
Výchozí	Zaškrťovací políčko; výchozí hodnota =ANO.
Norma	9.2.1,1(3)

Obrázek



$$A_s = A_s$$



$$A_s = \min(A_{s, \max} \cdot A_s)$$

Třmínky

Kontrola minimálního průměru ohybů

Popis	Nastavení, zda se kontroluje minimální průměr ohybu třmínků v nosnících.
Výchozí	Zaškrťovací položka, výchozí hodnota =NE.
Norma	8.3(2)

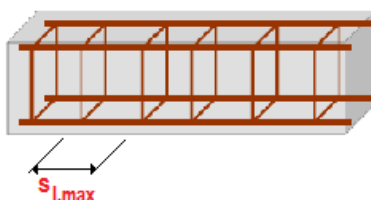
Obrázek

-

Kontrola maximální podélné vzdálenosti (smyk)

Popis	Nastavení, zda se kontroluje maximální podélná vzdálenost třmínků podle požadavků smyku.
Výchozí	Zaškrťovací políčko; výchozí hodnota =ANO.
Norma	9.2.2(6)

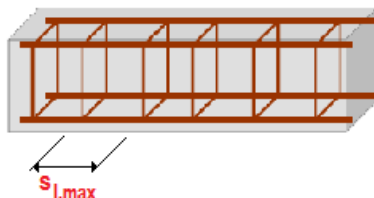
Obrázek



Kontrola maximální podélné vzdálenosti (kroucení)

Popis	Nastavení, zda se kontroluje maximální podélná vzdálenost třmínků podle požadavků kroucení.
Výchozí	Zaškrťovací políčko; výchozí hodnota =ANO.
Norma	9.2.3(3)

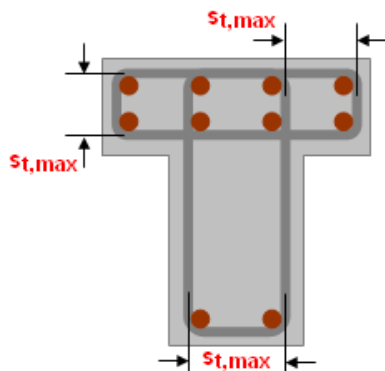
Obrázek



Kontrola maximální příčné rozestupy

Popis	Nastavení, zda se kontroluje maximální příčná vzdálenost třmínků podle požadavků smyku.
Výchozí	Zaškrťovací políčko; výchozí hodnota =ANO.
Norma	9.2.2(8)

Obrázek



Kontrola minimálního procenta třmínků

Popis	Nastavení, zda se kontroluje minimální procento vyztužení třmínků v nosnících.
Výchozí	Zaškrťovací políčko; výchozí hodnota =ANO.
Norma	9.2.2(5)
Obrázek	-

Kontrola maximálního procenta třmínků

Popis	Nastavení, zda se kontroluje maximální procento vyztužení třmínků v nosnících.
Výchozí	Zaškrťovací políčko; výchozí hodnota =ANO.
Norma	6.2.3(3)
Obrázek	-

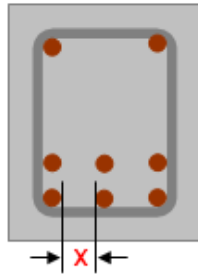
Nastavení konstrukčních zásad pro deskový nosník

Podélná výztuž

Kontrola minimální vzdálenosti prutů

Popis	Nastavení, zda se kontroluje minimální světlá vzdálenost podélné výztuže v nosníkových deskách.
Výchozí	Zaškrťovací políčko; výchozí hodnota =ANO.
Norma	8.2(2)

Obrázek



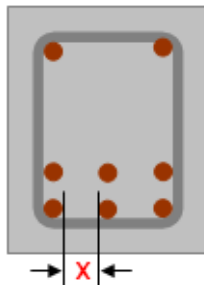
Minimální vzdálenost vložek

Popis Příkladné omezení minimální světlé vzdálenosti prutů podélné výztuže v nosníkových deskách.

Výchozí Editační políčko; výchozí hodnota = $s_{lb,min} = 20\text{mm}$

Norma 8.2(2)

Obrázek



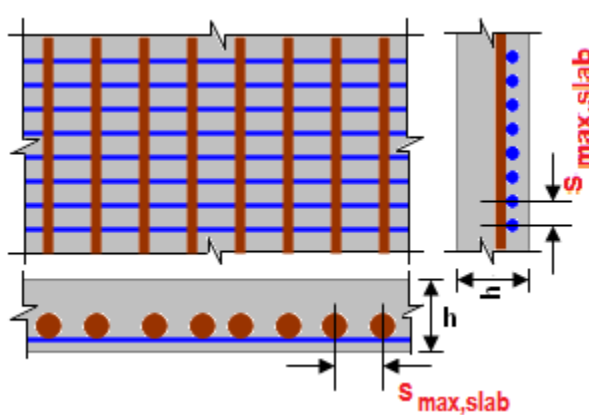
Kontrola maximální vzdálenosti prutů

Popis Nastavení, zda se kontroluje maximální osová vzdálenost prutů podélné výztuže v nosníkových deskách. Kontroluje se pouze hlavní výztuž.

Výchozí Zaškrťávací políčko; výchozí hodnota = ANO.

Norma 9.3.1.1(3)

Obrázek



Posoudit minimální plochu výztuže

Popis Nastavení, zda se kontroluje minimální plocha výztuže podélné výztuže v nosníkových deskách.

Výchozí Zaškrťávací políčko; výchozí hodnota = ANO.

Norma 9.1.1.1(3)

Obrázek



$$A_s = A_s$$



$$A_s = \max(A_{s,min}, A_s)$$

Posoudit maximální plochu výztuže

Popis	Nastavení, zda se kontroluje maximální plocha výztuže podélné výztuže v nosníkových deskách.
Výchozí	Zaškrťovací políčko; výchozí hodnota =ANO.
Norma	9.1.1.1(3)

Obrázek



$$A_S = A_S$$



$$A_S = \min (A_{S,max} , A_S)$$

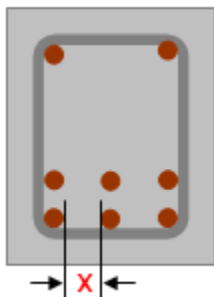
Nastavení konstrukčních zásad pro sloupy

Podélná výztuž

Kontrola minimální vzdálenosti prutů

Popis	Nastavení, zda se kontroluje minimální světlá vzdálenost prutů podélné výztuže ve sloupech.
Výchozí	Zaškrťovací políčko; výchozí hodnota =ANO.
Norma	8.2(2)

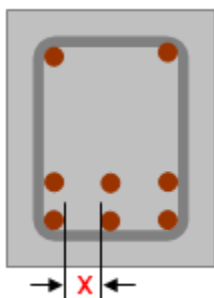
Obrázek



Minimální vzdálenost vložek

Popis	Přídavné omezení minimální světlé vzdálenosti prutů podélné výztuže ve sloupech.
Výchozí	Editační políčko; výchozí hodnota = $s_{lc,min} = 20\text{mm}$
Norma	8.2(2)

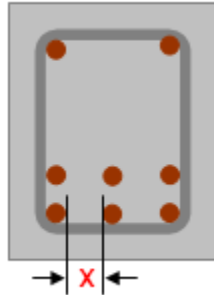
Obrázek



Kontrola maximální vzdálenosti prutů

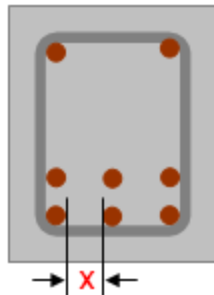
Popis	Nastavení, zda se kontroluje maximální světlá vzdálenost prutů podélné výztuže ve sloupech.
-------	---

Výchozí Zaškrťovací položka, výchozí hodnota =NE.
 Norma Normově nezávislé.
 Obrázek



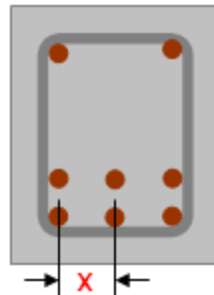
Maximální vzdálenost prutů výztuže

Popis Příkladné omezení maximální světlé vzdálenosti prutů podélné výztuže ve sloupech.
 Výchozí Editační políčko $s_{lc,max} = 350mm$; tato položka je dostupná pouze, pokud je předchozí položka zapnuta.
 Norma Normově nezávislé.
 Obrázek



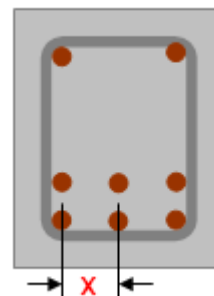
Kontrola maximální vzdálenosti prutů (kroucení)

Popis Nastavení, zda se kontroluje maximální osová vzdálenost prutů podélné výztuže ve sloupech podle požadavku na kroucení Tato hodnota se kontroluje, pokud v průřezu existuje pouze kroučící moment.
 Výchozí Zaškrťovací políčko; výchozí hodnota =ANO.
 Norma 9.2.3(4)
 Obrázek



Maximální vzdálenost prutů výztuže (kroucení)

Popis Maximální osová vzdálenost prutů podélné výztuže ve sloupech podle požadavku na kroucení Tato hodnota se kontroluje, pokud v průřezu existuje pouze kroučící moment.
 Výchozí Editační políčko $s_{lc,max} = 350mm$; tato položka je dostupná pouze, pokud je předchozí položka zapnuta.
 Norma 9.2.3(4)
 Obrázek



Posoudit minimální plochu výztuže

Popis Nastavení, zda se kontroluje minimální plocha výztuže podélné výztuže ve sloupech.
 Výchozí Zaškrťovací políčko; výchozí hodnota =ANO.
 Norma 9.5.2(2)
 Obrázek

$A_s = A_s$

$A_s = \max(A_{s, \min} , A_s)$

Posoudit maximální plochu výztuže

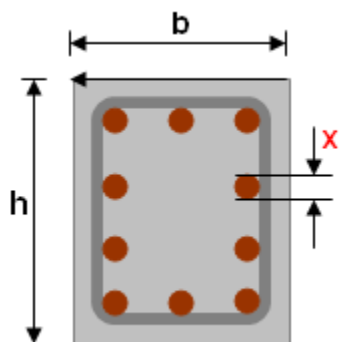
Popis Nastavení, zda se kontroluje maximální plocha výztuže podélné výztuže ve sloupech.
 Výchozí Zaškrťovací políčko; výchozí hodnota =ANO.
 Norma 9.5.2(3)
 Obrázek

$A_s = A_s$

$A_s = \min (A_{s, \max} , A_s)$

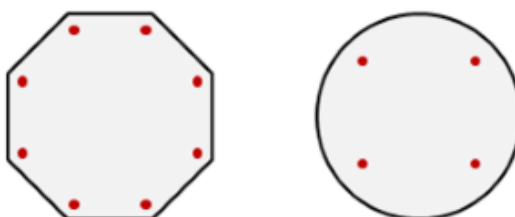
Kontrola minimálního průměru prutů

Popis Nastavení, zda se kontroluje minimální průměr prutů podélné výztuže ve sloupech.
 Výchozí Zaškrťovací políčko; výchozí hodnota =ANO.
 Norma 9.5.2(1)
 Obrázek



Kontrolovat min. počet prutů

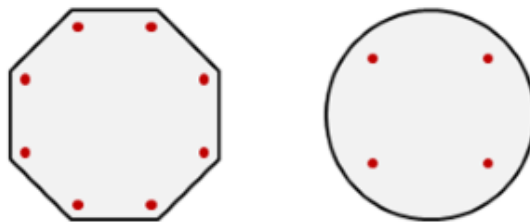
Popis Nastavení, zda se kontroluje minimální počet prutů v kruhových sloupech.
 Výchozí Zaškrťovací políčko; výchozí hodnota =ANO.
 Norma 9.5.2(4)
 Obrázek



Min. počet prutů v kruhovém sloupu

Popis Nastavení, zda se kontroluje minimální počet prutů v kruhových sloupech Tato položka je k dispozici pouze, pokud je předchozí položka nastavena na ANO.
 Výchozí Editační políčko; výchozí hodnota = $n_{lc,min} = 4$ pruty.
 Norma 9.5.2(4)

Obrázek



Příčná

Kontrola maximálního procenta třmíneků

Popis Nastavení, zda se kontroluje maximální procento vyztužení třmíneků v nosnících.
 Výchozí Zaškrťovací položka, výchozí hodnota = ANO.
 Norma 6.2.3(3).

Obrázek



$$A_s = A_s$$



$$A_s = \min (A_{s,max} , A_s)$$

Kontrola minimálního průměru ohybů

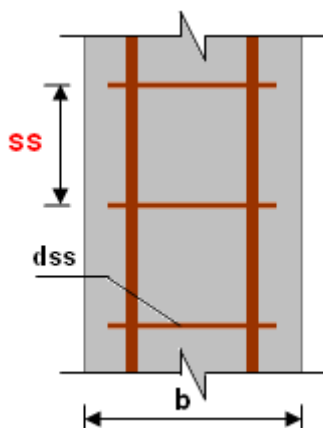
Popis Nastavení, zda se kontroluje minimální průměr ohybu třmíneků ve sloupech.
 Výchozí Zaškrťovací položka, výchozí hodnota = NE.
 Norma 8.3(2)

Obrázek -

Kontrola maximální podélné vzdálenosti

Popis Nastavení, zda se kontroluje maximální podélná vzdálenost třmíneků.
 Výchozí Zaškrťovací políčko; výchozí hodnota = ANO.
 Norma 9.5.3(3)

Obrázek

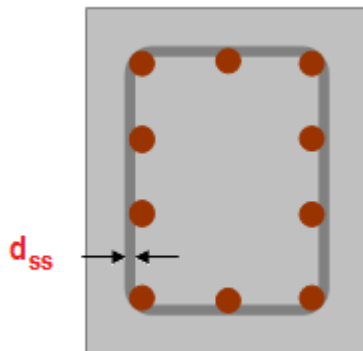


Kontrola minimálního průměru prutů

Popis Nastavení, zda se kontroluje minimální průměr prutů podélné výztuže ve sloupech.

Výchozí Norma Zaškrťovací políčko; výchozí hodnota = ANO.
9.5.3(1)

Obrázek

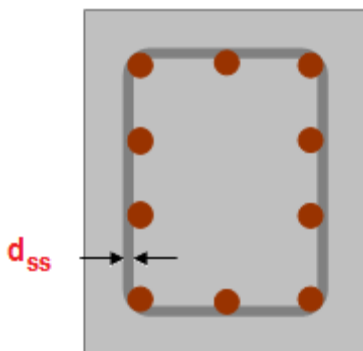


Minimální průměr vložky

Popis Uživatelem zadaný minimální průměr podélné výztuže ve sloupech, dostupné pouze, pokud je předchozí položka nastavena na ANO.

Výchozí Norma Editační políčko; výchozí hodnota = $d_{sc,min} = 6\text{mm}$.
9.5.3(1)

Obrázek

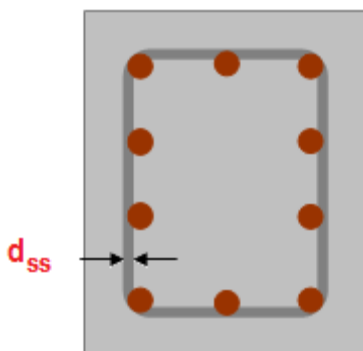


Minimální průměr vložky

Popis Uživatelem zadaný minimální průměr podélné výztuže ve sloupech definovaný jako násobný součinitel pro maximální průměr podélné výztuže, dostupné pouze, pokud je předchozí položka nastavena na ANO.

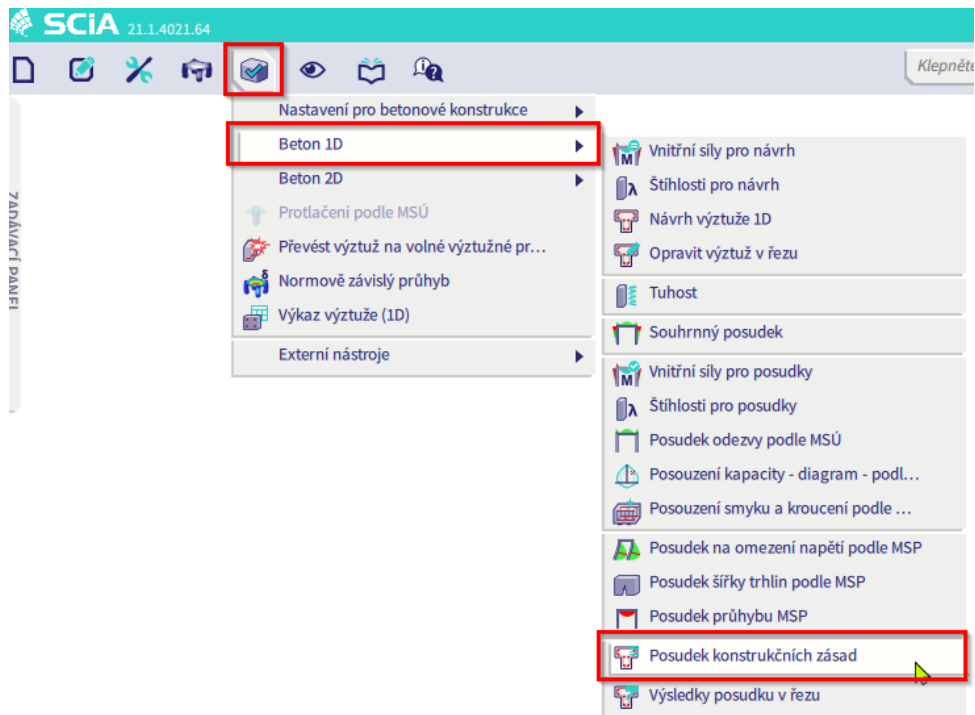
Výchozí Norma Editační políčko; výchozí hodnota = $x d_{sc} = 25\%$.
9.5.3(1)

Obrázek



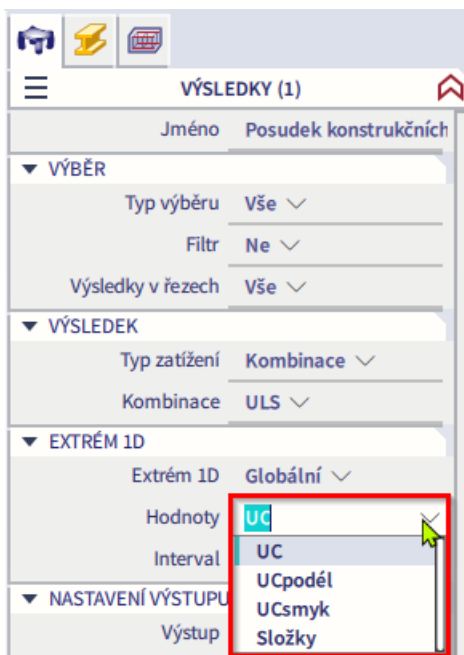
Příklad: 'beam_practical_reinforcement.esa'

Posudek konstrukčních zásad je dostupný pod ikonou "Návrh" v hlavním menu → Beton 1D → Posudek konstrukčních zásad:



Ve vlastnostech posudku je potřeba nastavit Typ zatížení, na který se má posudek napočítat. Pro příklad je proveden posudek pro kombinaci ULS.

V posudku jsou pro zobrazení dostupné tyto hodnoty:



UC...jednotkový posudek, rozlišují se 3 základní případy:

1. Nosník:

$$UC = \max (UC_{8.2(2)}; UC_{8.3(2)}; UC_{6.2.3(3)}; UC_{9.2.1.1(1)}; UC_{9.2.1.1(3)}; UC_{9.2.2(5)}; UC_{9.2.2(6)}; UC_{9.2.2(8)}; UC_{9.2.3(3)}; UC_{9.2.3(4)}; UC_{\max_bar_distance(user)})$$

2. Sloup:

$$UC = \max (UC_{8.2(2)}; UC_{8.3(2)}; UC_{9.5.2(1)}; UC_{9.5.2(2)}; UC_{9.5.2(3)}; UC_{9.5.2(4)}; UC_{9.5.3(1)}; UC_{9.5.3(3)}; UC_{\max_bar_distance(user)})$$

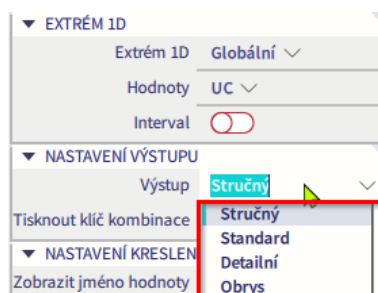
3. Deskový nosník:

$$UC = \max (UC_{8.2(2)}; UC_{8.3(2)}; UC_{9.2.1.1(1)}; UC_{9.2.1.1(3)}; UC_{9.3.1.1(3)})$$

UC_{podél}...jednotkový posudek konstrukčních zásad podélné výztuže

UC_{smyk}...jednotkový posudek konstrukčních zásad smykové výztuže

K dispozici jsou čtyři typy výstupů – Stručný, Standard, Detailní a Obrys:



Ve standardním výstupu je možné vidět souhrnné tabulky konstrukčních zásad pro podélnou a smykovou výztuž (závisí na typu prvku, v příklad je typ prvku = nosník):

Nosník - Konstrukční zásady pro podélnou výztuž

Konstrukční zásady	Norma	Jedn.	Vyp. hodn.	Pož. hodnota	Jed. pos.[-]	Posouzení
Minimální vzdálenost prutů výztuže	8.2(2)	[mm]	25	37	1.48	Nevyh.
Maximální vzdálenost prutů výztuže	Normově nezávislé	[mm]	390	0	0	Vyp.
Minimální plocha tahové výztuže	9.2.1.1(1)	[mm ²]	1571	201	0.13	OK
Maximální plocha výztuže	9.2.1.1(3)	[mm ²]	2199	6000	0.37	OK
Maximální vzdálenost prutů podle požadavků na kroucení	9.2.3(4)	[mm]	390	0	0	Vyp.

Nosník - Konstrukční zásady pro třmínky

Konstrukční zásady	Norma	Jedn.	Vyp. hodn.	Pož. hodnota	Jed. pos.[-]	Posouzení
Min. průměr ohybů	8.3(2)	[mm]	0	0	0	Vyp.
Max. podélná vzdálenost (smyk)	9.2.2(6)	[mm]	300	334	0.9	OK
Max. podélná vzdálenost (kroucení)	9.2.3(3)	[mm]	300	0	0	Vyp.
Maximální příčná vzdálenost	9.2.2(8)	[mm]	218	334	0.65	OK
Min. procento smykové výztuže	9.2.2(5)	[*10 ⁻³]	1.12	0.88	0.78	OK
Max. procento smykové výztuže	6.2.3(3)	[*10 ⁻³]	1.12	12.1	0.09	OK

V detailním výstupu je možné vidět jednotlivé konstrukční zásady vypočítané:

Posudek minimální světlé vzdálenosti prutů výztuže 8.2(2)

Minimální světlá vzdálenost mezi všemi pruty výztuže v průřezu

$$s_{s-s,min} = 25 \text{ mm}$$

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

$$s_{s-s,min,lim} = \max(k_1 \cdot \phi; d_g + k_2 \cdot s_{1b,min}) = \max(1 \cdot 20; 32 + 5 \cdot 20) = 37 \text{ mm} \quad (§8.2(2))$$

Jednotkový posudek minimální světlé vzdálenosti mezi pruty

$$UC_{8.2(2)} = \frac{s_{s-s,min,lim}}{s_{s-s,min}} = \frac{37 \text{ mm}}{25 \text{ mm}} = 1.48$$

Posudek minimální plochy podélné výztuže 9.2.1.1(1)

Střední hodnota pevnosti betonu v tahu

$$f_{ctm} = 2.9 \text{ MPa}$$

Charakteristická mez kluzu betonářské výztuže

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

Průměrná hodnota šířky průřezu v tažené části průřezu

$$b_t = 0.3 \text{ m}$$

Účinná výška průřezu

$$d = 0.445 \text{ m}$$

Minimální dovolená plocha podélné výztuže

$$A_{s,min} = \text{Max} \left\{ \frac{\text{Coeff}_{Asmin,2} \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}, \frac{\text{Coeff}_{Asmin,1} \cdot b_t \cdot d}{1.3 \cdot 10^{-3} \cdot 300 \cdot 445} \right\} = \text{Max} \left\{ \frac{0.26 \cdot 2.9 \cdot 300 \cdot 445}{500}, \frac{0.26 \cdot 2.9 \cdot 300 \cdot 445}{1.3 \cdot 10^{-3} \cdot 300 \cdot 445} \right\} = 201 \text{ mm}^2 \quad (9.1N)$$

Plocha tahové výztuže

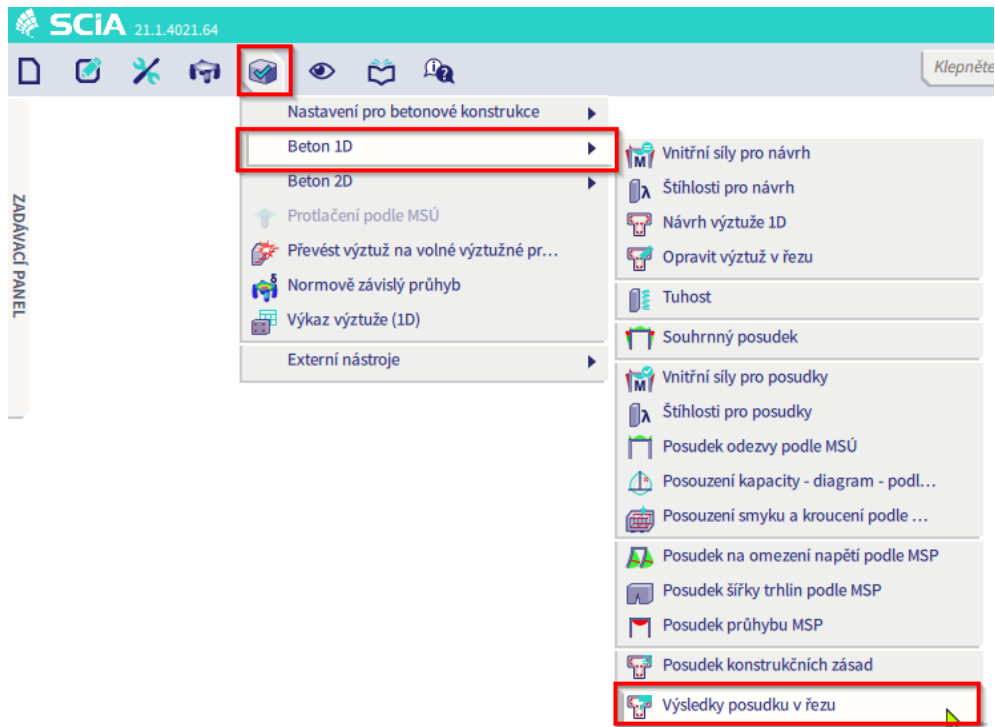
$$A_{st} = 1571 \text{ mm}^2$$

Jednotkový posudek minimální plochy podélné výztuže

$$UC_{9.2.1.1(1)} = \frac{A_{s,min}}{A_{st}} = \frac{201 \text{ mm}^2}{1571 \text{ mm}^2} = 0.128$$

POSUDEK V ŘEZU

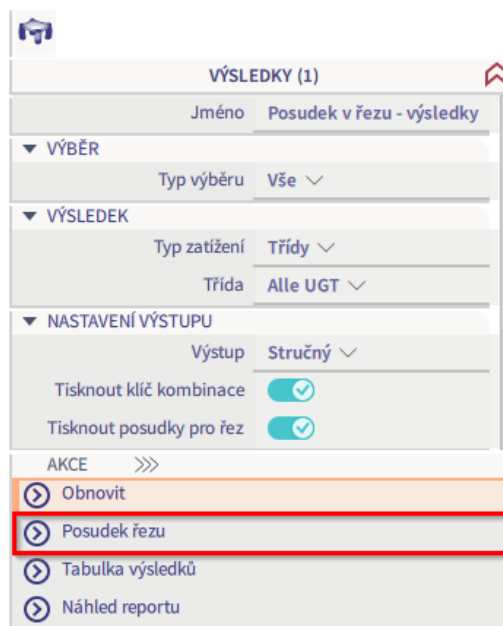
Posledním posudkem pro 1D betonové prvky je tzv. “Výsledky posudky v řezu”. Tento posudek je možné ve SCIA Engineer najít v hlavním menu pod ikonou “Návrh” → Beton 1D:



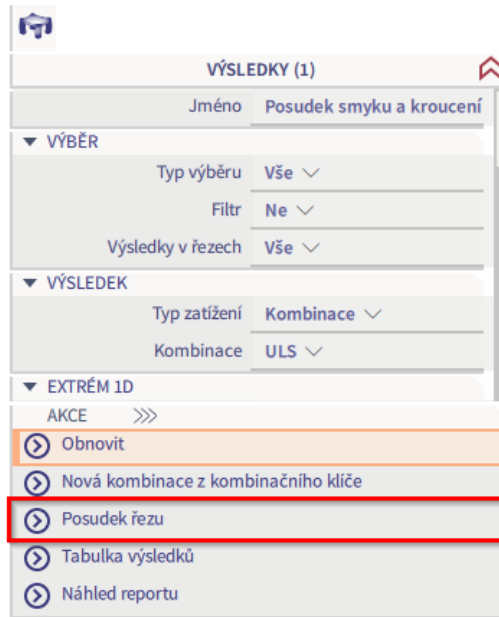
Výsledky posudky v řezu je možné použít v obou případech: na daném prvku může být zadaná skutečná výztuž nebo lze posoudit i prvky bez zadané výztuže.

Posudek v řezu je možné spustit:

- pro “Výsledky posudku v řezu” – přes akční tlačítko “Posudek řezu” v panelu vlastností:



- pro každý z jednotlivých posudků pro 1D prvky – přes akční tlačítko “Posudek řezu” v panelu vlastností:

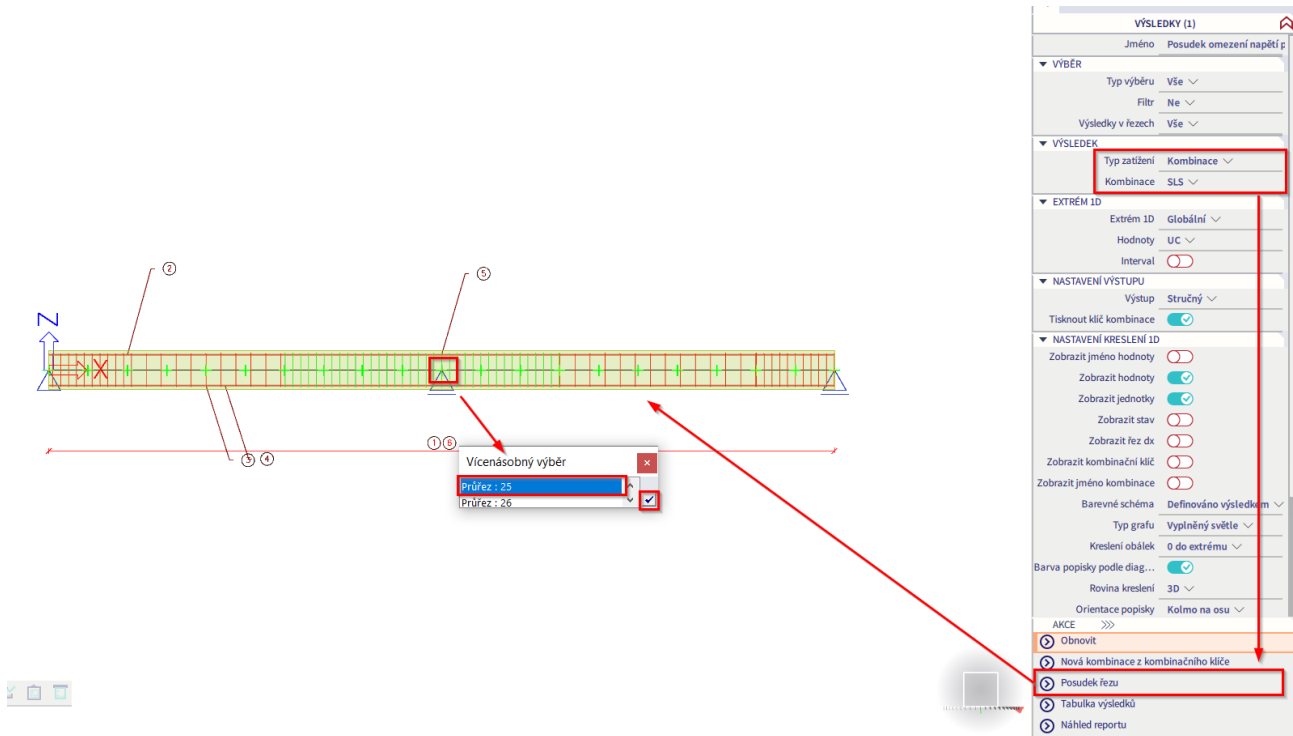


⇒ *Prvek se zadanou skutečnou výztuží*

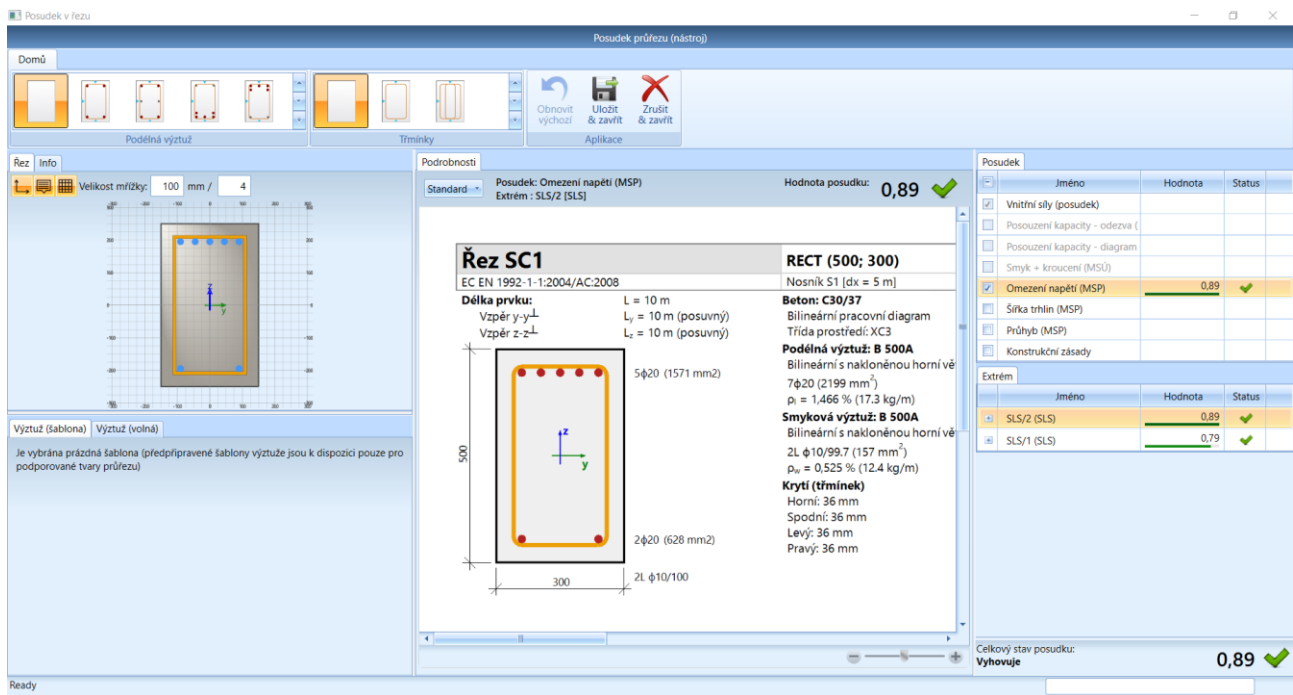
Příklad 1: 'beam_practical reinforcement SC.esa'

Posudek řezu lze otevřít ze jakéhokoliv posudku betonu 1D.

V tomto příkladu vyberte Návrh → Beton 1D → Posudek omezení napětí podle MSP a klikněte na akční tlačítko „Posudek řezu“ v panelu Vlastností. Poté vyberte nosník → na nosníku se objeví zelené křížky označující řezy → klikněte na řez, pro který má být proveden posudek. Vyberte řez 25 uprostřed nosníku:



Poté se spustí nástroj Posudek v řezu:



Okno tohoto nástroje se skládá ze 3 hlavních částí:

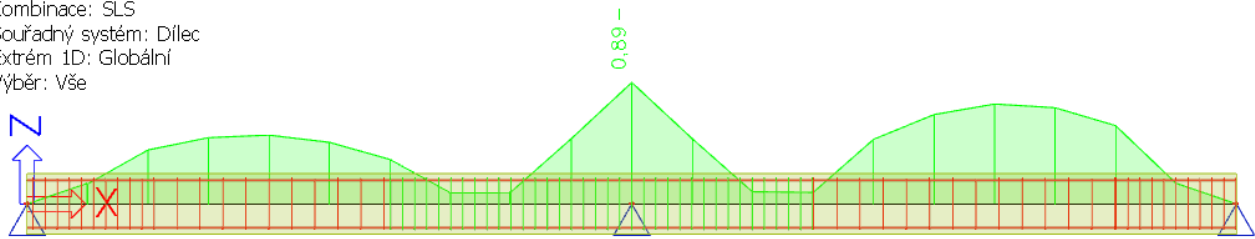
- Definice / úprava výztuže (levá část dialogu)
- Náhled posudku (střední část dialogu)
- Posudky, které mají být provedeny podle dříve vybraných kombinací nebo zatěžovacích stavů. Standardně bude proveden pouze jeden vybraný posudek. Uživatel může v případě potřeby vybrat i více posudků (pravá část dialogu).

Při výběru kombinace MSP v okně Vlastností, budou k dispozici pouze posudky MSP.
 Při výběru kombinace MSÚ v okně Vlastností, budou dostupné pouze posudky MSÚ.

V tomto příkladu je posudek omezení napětí v betonu vyhovující po celé délce nosníku:

Posudek omezení napětí

Hodnoty: UC
 Lineární výpočet
 Kombinace: SLS
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: Vše



V případě, že by posudek nebyl vyhovující, existují řešení. Jedním z těchto řešení je editovat výztuž přímo v nástroji Posudek v řezu. Tato editace je možná v levé části okna → pod obrázkem průřezu → záložka "Výztuž (volná)":

Řez SC1
 EC EN 1992-1-1:2004/AC:2008
 Délka prvků: L = 10 m
 Vzpěr y-y: L_y = 10 m (posuvný)
 Vzpěr z-z: L_z = 10 m (posuvný)

Podélná výztuž: B 500A
 Bilinéární s nakloněnou horní větvi
 7φ20 (2199 mm²)
 ρ_s = 1,466 % (17.3 kg/m)

Smyková výztuž: B 500A
 Bilinéární s nakloněnou horní větvi
 2L φ10/99.7 (157 mm²)
 ρ_{sv} = 0,525 % (12.4 kg/m)

Krycí (třímíněk)
 Horní: 36 mm
 Spodní: 36 mm
 Levý: 36 mm
 Pravý: 36 mm

Zatížení	Typ modulu	E [MPa]	Kombi.	N _{Ed} [kN]	M _{Edy} [kNm]	M _{Edz} [kNm]	σ _s [MPa]	h [mm]	f _{ct,eff} [MPa]	Trhliny vznikají
Krátkodobě	E _c	0	Char.	0	-134	0	8.99	500	2.9	ANO

Nastavení je dostupné pro podélnou i smykovou výztuž. Je možné např. editovat stávající průměry výztuže, mazat vložky výztuže nebo přidávat nové vložky výztuže. Při vybrání průměru v tabulce se na obrázku daný prut zvýrazní žlutě.

Po editaci výztuže se posudky automaticky přepočítají a je tak možné zjistit, jakou výztuž navrhnout, aby vyhovovala posudkům. Po změnách však není možné toto nastavení pro vybraný řez uložit. Nástroj je poté nutné zavřít a skutečnou výztuž editovat v panelu vlastností tak, aby vyhovovala danému posudku (jakou úpravu je potřeba provést jsme zjistili nástrojem Posudek v řezu).

Ukázka zvětšení průměru vložek B0, B1, B4, B5 a B6 z 20 mm na 25 mm:

Řez SC1
 EC EN 1992-1-1:2004/AC:2008
 Délka prvků: L = 10 m
 Vzpěr y-y: L_y = 10 m (posuvný)
 Vzpěr z-z: L_z = 10 m (posuvný)

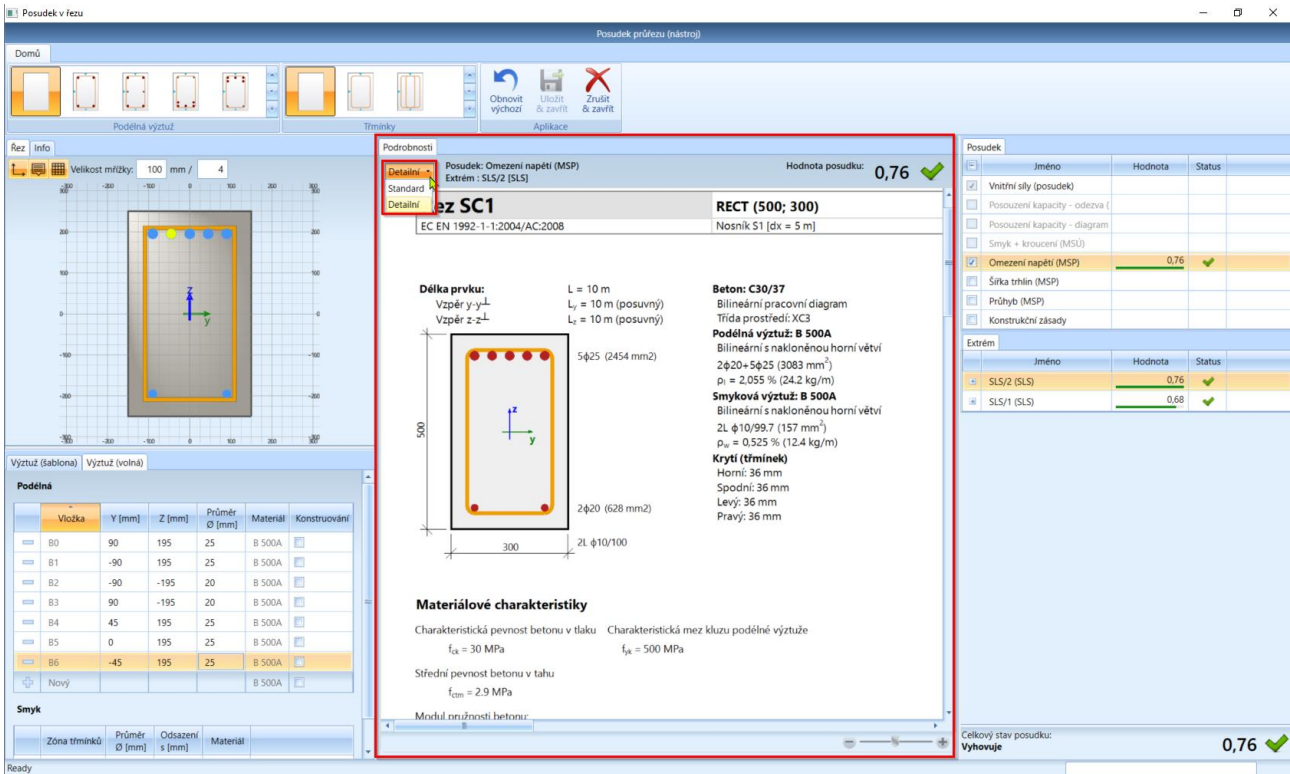
Podélná výztuž: B 500A
 Bilinéární s nakloněnou horní větvi
 2φ20 + 5φ25 (3083 mm²)
 ρ_s = 2,055 % (24.2 kg/m)

Smyková výztuž: B 500A
 Bilinéární s nakloněnou horní větvi
 2L φ10/99.7 (157 mm²)
 ρ_{sv} = 0,525 % (12.4 kg/m)

Krycí (třímíněk)
 Horní: 36 mm
 Spodní: 36 mm
 Levý: 36 mm
 Pravý: 36 mm

Zatížení	Typ modulu	E [MPa]	Kombi.	N _{Ed} [kN]	M _{Edy} [kNm]	M _{Edz} [kNm]	σ _s [MPa]	h [mm]	f _{ct,eff} [MPa]	Trhliny vznikají
Krátkodobě	E _c	0	Char.	0	-134	0	8.35	500	2.9	ANO

Ve střední části je možné vidět náhled provedených posudků – jsou zde dvě možnosti výstupu: Standard a Detailní:

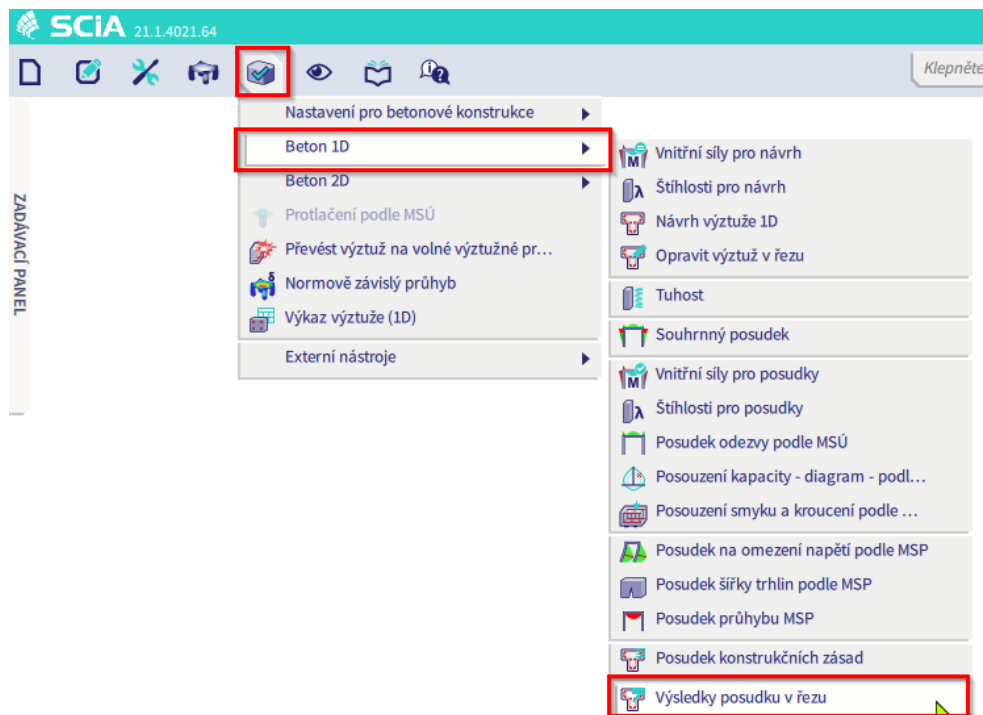


⇒ Prvek bez skutečné výztuže

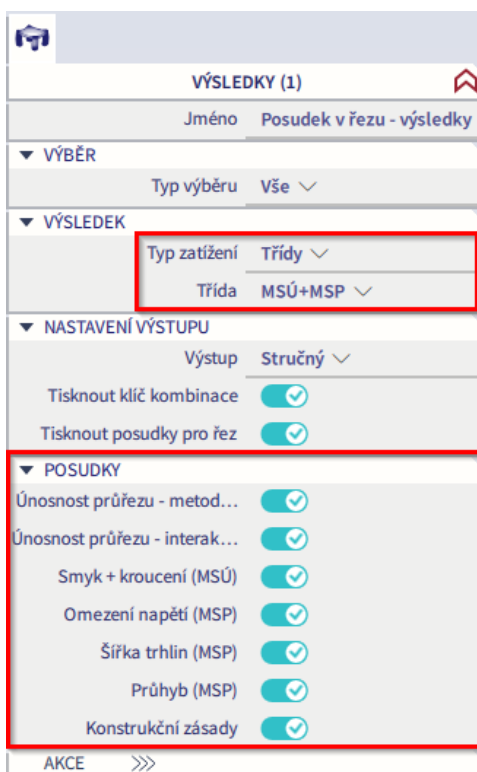
Příklad 2: 'beam_without practical reinforcement SC.esa'

Jak již bylo uvedeno, tak posudek řezu je možné provádět i v případě, že na daném prvku není zadaná žádná skutečná výztuž.

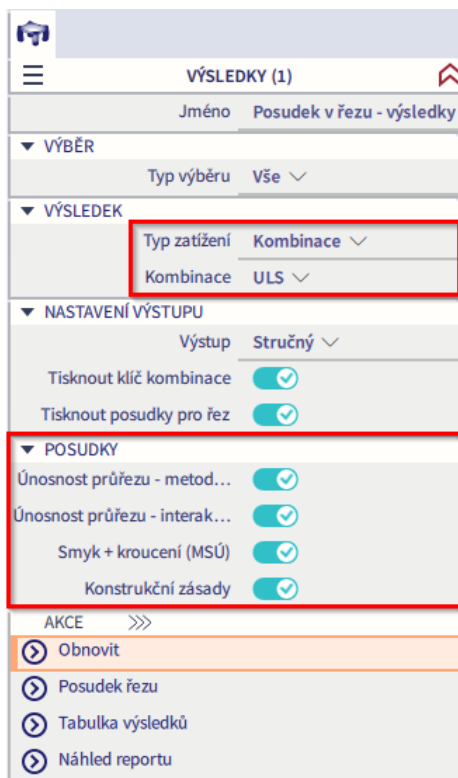
V nabídce Návrh → Beton 1D → vyberte „Výsledky posudku v řezu“:



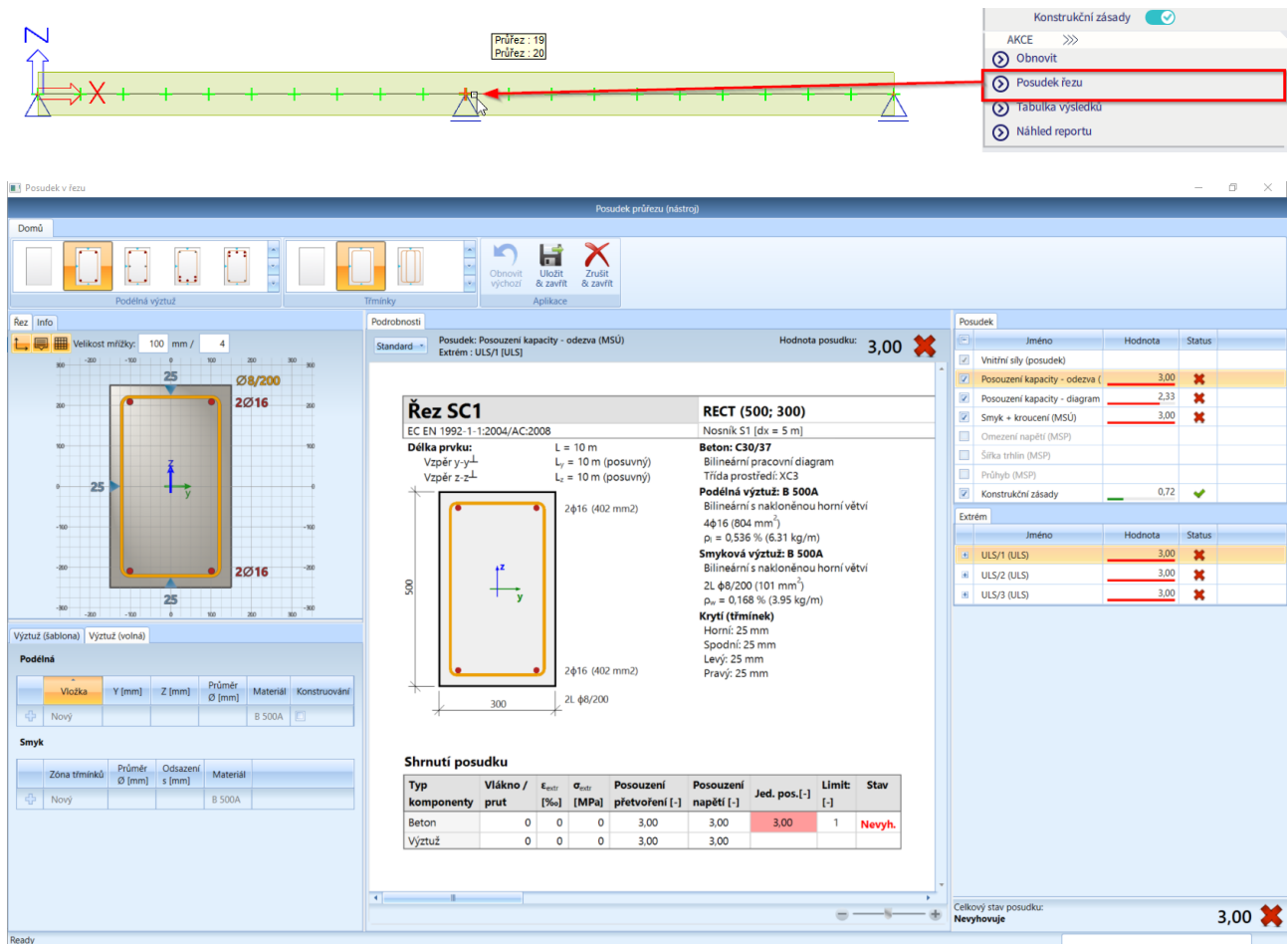
Je možné provést všechny posudky MSÚ+MSP ve vybraném řezu a to pro výběr Typu zatížení = Třídy → vybrat třídu, která obsahuje všechny kombinace (MSÚ+MSP).



Pro příklad budou provedeny jen posudky na MSÚ. V okně vlastností vyberte kombinaci ULS pro provedení všech posudků MSÚ:



V panelu vlastností zmáčkněte tlačítko “Posudek řezu” → vyberte nosník → vyberte řez uprostřed nosníku tj. Průřez 19 → otevře se nástroj Posudek v řezu:



Posudky nejsou splněny (jsou větší než 1,0) a celková hodnota posudku je 3,00. Hodnota 3,00 znamená, že posudek nemohl být proveden kvůli chybě ve výpočtu. V tomto případě je to proto, že v průřezu ještě není zadána žádná výztuž.

Začneme vložením výztuže. Nejprve vyberte šablonu výztuže v levém horním rohu nástroje:



Poté jděte do záložky "Výztuž (šablona)" pod obrázkem průřezu a změňte průměry výztuže v šabloně. U horních podélných výztuží nastavte 4x průměr 20mm a odsazení třímínků po 100 mm, poté budou posudky vyhovující:

Posudek v řezu

Posudek průřezu (nástroj)

Domů

Podélná výztuž

Třímkový

Obnovit výchozí

Uložit & zavřít

Zrušit & zavřít

Aplikace

Velikost míčky: 100 mm / 4

Řez

Info

Podrobnosti

Posudek: Smyk + kroucení (MSU)
Extrem: ULS/2 (ULS)

Hodnota posudku: 0,98 ✓

Řez SC1
EC EN 1992-1-1:2004/AC:2008

REKT (500; 300)
Nosník S1 [dx = 5 m]

Beton: C30/37
Bilineární pracovní diagram
Třída prostředí: XC3

Podélná výztuž: B 500A
Bilineární s nakloněnou horní větví
2φ16+4φ20 (1659 mm²)
ρ_l = 1,106 % (13 kg/m)

Smyková výztuž: B 500A
Bilineární s nakloněnou horní větví
2L φ8/100 (101 mm²)
ρ_w = 0,335 % (7,89 kg/m)

Krytí (třímkový)
Horní: 25 mm
Spodní: 25 mm
Levý: 25 mm
Pravý: 25 mm

Síly
Obsah kombinace: 1,35*LC1+1,35*LC2+1,50*LC3
N_{Ed} = 0 kN M_{Edy} = -187 kNm M_{Edz} = 0 kNm V_{Edy} = 0 kN V_{Edz} = -188 kN T_{Ed} = 0 kNm
Výslednice smykové síly
 $V_{Ed} = \sqrt{V_{Edy}^2 + V_{Edz}^2} = \sqrt{0^2 + (-188)^2} = 188 \text{ kN}$
Rozdíl mezi úhly α_{0y} a α_{0z}
α_{0y} = abs(α_{0y} - α_{0z}) = abs(90 - 90) = 0°

Jméno	Hodnota	Status
Vnitřní síly (posudek)		
Posouzení kapacity - odezva (L)	0,82	✓
Posouzení kapacity - diagram	0,79	✓
Smyk + kroucení (MSU)	0,98	✓
Omezení napětí (MSP)		
Šířka trhlin (MSP)		
Průhyb (MSP)		
Konstrukční zásady	0,78	✓

Extrem

Jméno	Hodnota	Status
ULS/2 (ULS)	0,98	✓
ULS/1 (ULS)	0,68	✓
ULS/3 (ULS)	0,50	✓

Celkový stav posudku: **0,98** ✓
Vyhovuje

Jakmile je průřez vyztužen pomocí šablony a posudky jsou splněny, uživatel může uložit návrh tohoto řezu pomocí možnosti „Uložit a zavřít“:

Posudek v řezu

Posudek průřezu (nástroj)

Domů

Podélná výztuž

Třímkový

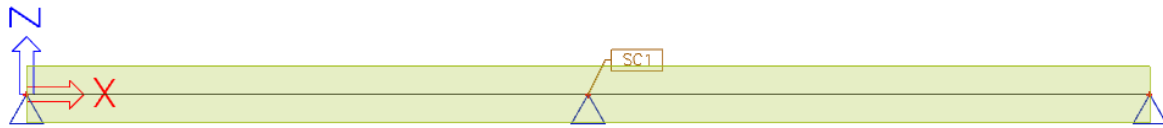
Obnovit výchozí

Uložit & zavřít

Zrušit & zavřít

Aplikace

Do místa řezu na nosníku se vloží vlaječka s nastavením:



Poté je možné v tomto řezu provést i posudky na jiné typy zatížení = kombinace nebo zatěžovací stav. Pro ukázkou je uveden posudek na MSP (kombinace SLS):

VÝSLEDKY (1)

Jméno Posudek v řezu - výsledky

VÝBĚR

Typ výběru Vše

VÝSLEDEK

Typ zatížení Kombinace

Kombinace SLS

NASTAVENÍ VÝSTUPU

Výstup Stručný

Tisknout klíč kombinace

Tisknout posudky pro řez

POSUDKY

Omezení napětí (MSP)

Šířka trhlin (MSP)

Průhyb (MSP)

Konstrukční zásady

AKCE

Obnovit

Posudek řezu

Tabulka výsledků

Náhled reportu

V případě potřeby lze opětovně otevřít nástroj Posudek řezu a přepracovat řez tak, aby vyhovoval kontrolám SLS (kliknutím na akční tlačítko “Posudek řezu” → výběr vlaječky řezu).

1.7. Návrh sloupu

1.7.1. Metody návrhu výztuže

Pro návrh sloupu existují 3 typy výpočtu:

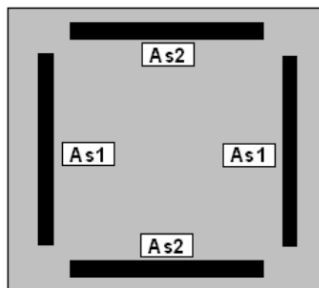
- pouze osový tlak
- jednoosý ohyb
- dvouosý ohyb

Pro výpočet sloupů lze rozlišit 2 různé přístupy:

- pro výpočet 'osového tlaku' a 'jednoosého tlaku' používá SCIA Engineer stejný typ výpočtu jako pro nosníky
- pro výpočet 'dvouosého ohybu' používá SCIA Engineer kombinaci výpočtu pro nosníky a tzv. interakčních vzorců.

Výpočet jednoosého ohybu má navíc ve výsledku vždy jednosměrnou konfiguraci výztuže se stejným počtem vložek výztuže na rovnoběžných stranách.

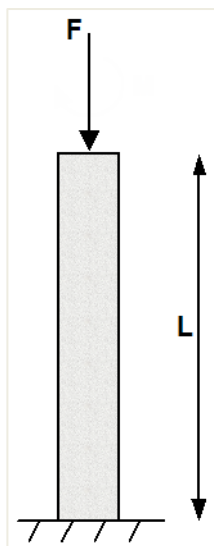
Výsledkem výpočtu dvouosého ohybu je dvousměrná konfigurace výztuže. Počet výztuží se může lišit podle směru, ale je vždy stejný pro rovnoběžné strany:



Výpočet jednoosého ohybu je relativně jednoduchým typem výpočtu, zatímco výpočet dvouosého ohybu vyžaduje iterativní proces.

To je důvod, proč výpočet jednoosého ohybu probíhá mnohem rychleji než výpočet dvouosého ohybu.

NÁVRH SLOUPU NAMÁHANÉHO OSOVÝM TLAKEM



⇒ **Příklad - Není nutná žádná výztuž: $N_{Ed} < N_{Rd}$**

Model: 'Axial compression only.esa'

Vyšetřovaný sloup: B1

Geometrie

Průřez sloupu: obdélník 350x350 mm²

Výška sloupu: 4,5 m

Třída betonu: C45/55

Nastavení pro betonové konstrukce

Hlavní menu → ikona návrh → Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled "Vnitřní síly" → Nastavení řešiče → Vnitřní síly → excentricity nejsou obrány v úvahu:

Popis	Sym...	Hodnota	Výc...	J...	Kap...	Nor...	Ko...	Ty...
Nastavení řešiče								
Vnitřní síly								
Redukce smykové síly nad podporami					6.2.1...	EN 19...	Nos...	Nast...
Redukce momentu nad podporami					5.3.2...	EN 19...	Nos...	Nast...
Posun momentové křivky k pokrytí p...			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	9.2.1...	EN 19...	Nos...	Nast...
Geometrické imperfekce v MSÚ	$\epsilon_{1,ULS}$		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5.2(2)	EN 19...	Sloup	Nast...
Geometrické imperfekce v MSP	$\epsilon_{1,SLS}$		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.2(3)	EN 19...	Sloup	Nast...
Minimální excentricita	ϵ_{min}	Ne	<input checked="" type="checkbox"/>	V exc...	6.1(4)	EN 19...	Sloup	Nast...
Excentricita 1. řádu s ekvivalentním ...			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5.8.8...	EN 19...	Sloup	Nast...
Excentricita 2. řádu	e_2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5.8.8	EN 19...	Sloup	Nast...
Modifikace vnitřních sil								
Mezní poměr pro jednoosou me...	ρ_{lim}	0,10	0,10	-		Nezáv...	Pru...	Nast...
Nosník								
Typ		Auto	Auto			Nezáv...	Nos...	Nast...
Osová síla (N_{Ed})	N_{Ed}	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Nezáv...	Nos...	Nast...

Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled "Kompletní nastavení" → Nastavení řešiče → Konstrukční zásady → Sloup. Konstrukční zásady nejsou brány v úvahu, aby bylo možné zobrazit čisté výsledky (podle Eurokódu je vždy nutné přidat minimální procento vyztužení):

Popis	Sym...	Hodnota	Výc...	J...	Kap...	Nor...	Ko...	Ty...
Sily pro vznik trhlin								
Šířka trhlin								
Průhyby								
Konstrukční zásady								
Nosník / Žebro								
Deskový nosník								
Sloup								
Podélná								
Kontrola minimální vzdálen...			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	8.2(2)	EN 19...	Sloup	Nast...
Kontrola maximální vzdálen...			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Nezáv...	Sloup	Nast...
Kontrola maximální vzdálen...			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	9.2.3...	EN 19...	Sloup	Nast...
Posoudit minimální plochu v...			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	9.5.2...	EN 19...	Sloup	Nast...
Posoudit maximální plochu ...			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	9.5.2...	EN 19...	Sloup	Nast...
Kontrola minimálního prům...			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	9.5.2...	EN 19...	Sloup	Nast...
Kontrolovat min. počet prutů			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	9.5.2...	EN 19...	Sloup	Nast...
Příčná								
Kontrola maximálního proce...			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6.2.3...	EN 19...	Sloup	Nast...
Kontrola minimálního prům...			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8.3(2)	EN 19...	Sloup	Nast...
Kontrola maximální podélné...			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	9.5.3...	EN 19...	Sloup	Nast...
Kontrola minimálního prům...			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	9.5.3...	EN 19...	Sloup	Nast...

Zatížení

LC1: Stálé zatížení: $F = 1100\text{kN}$

LC2: Proměnné zatížení: $F = 1000\text{kN}$

To znamená, že sloup je zatížen pouze osovou silou.

Kombinace podle Eurokódu:

MSÚ kombinace = $1,35 * LC1 + 1,50 * LC2$

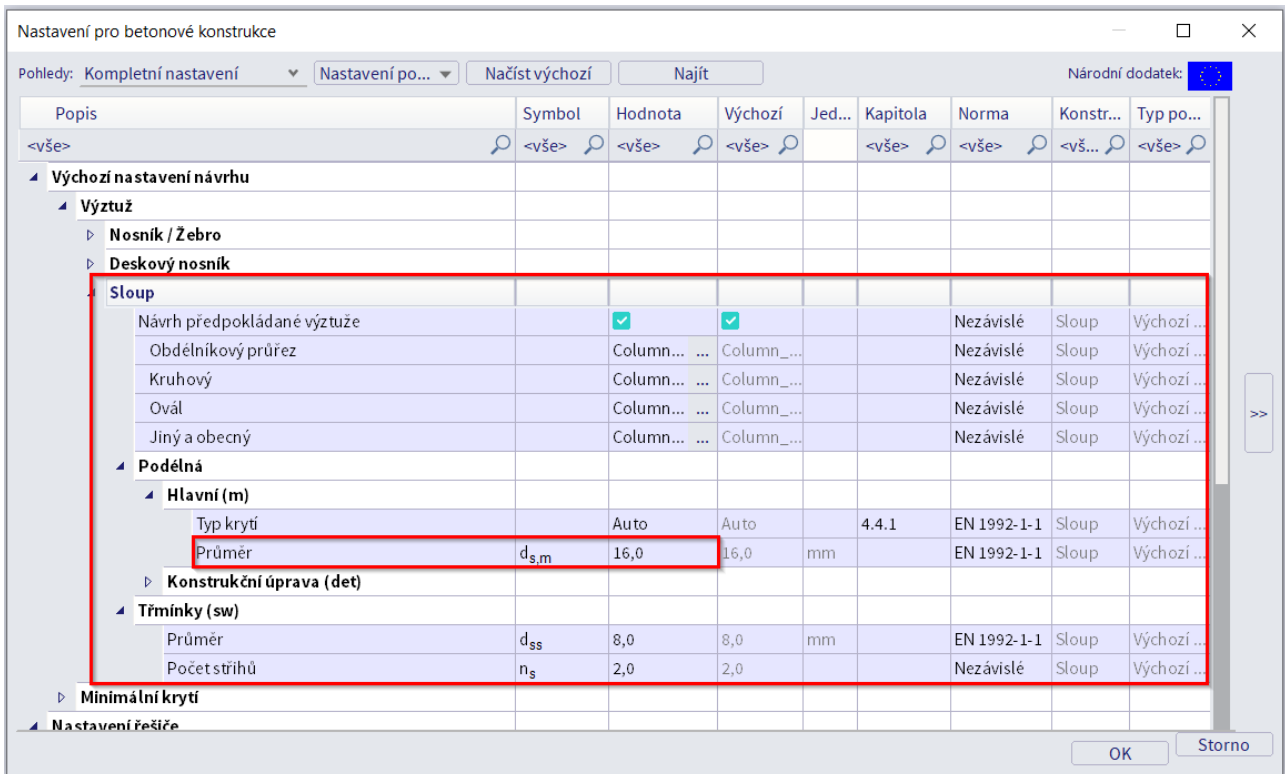
Návrhová normálová síla $N_{Ed} = 1,35 * 1100 + 1,50 * 1000 = 2985\text{kN}$

Průměr výztuže

Průměr výztuže je převzat z Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled “Kompletní nastavení” nebo z Dat prutu, pokud jsou použita (Data prutu vždy přepíše vlastnosti v Nastavení pro betonové konstrukce pro konkrétní dílec, na kterém jsou tato data zadána).

Průměr výztuže je uvažován z řádku “Průměr”, a to i v případě, že je zatržena možnost “Návrh předpokládané výztuže” = šablona předpokládané výztuže. Ve starších verzích (20 a nižší) byl tento průměr výztuže uvažován jako největší z průměrů v šabloně předpokládané výztuže (pokud byla aktivována).

Více o tomto předpokladu viz webinář “[CZ] Návrh betonových konstrukcí ve SCIA Engineer 21 – část 1” – odkaz [zde](#).

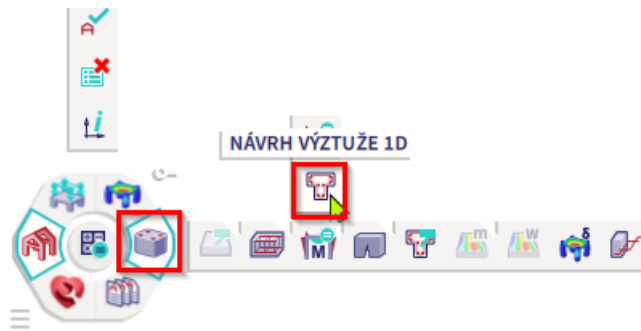


Ve výchozím nastavení je průměr hlavní výztuže sloupu nastaven na $\phi 16\text{mm}$. Na základě tohoto průměru a třídy prostředí (standardně XC3) se vypočítá krytí betonu. Tyto informace jsou nezbytné pro výpočet ramene vnitřních sil a účinné (efektivní) výšky průřezu.

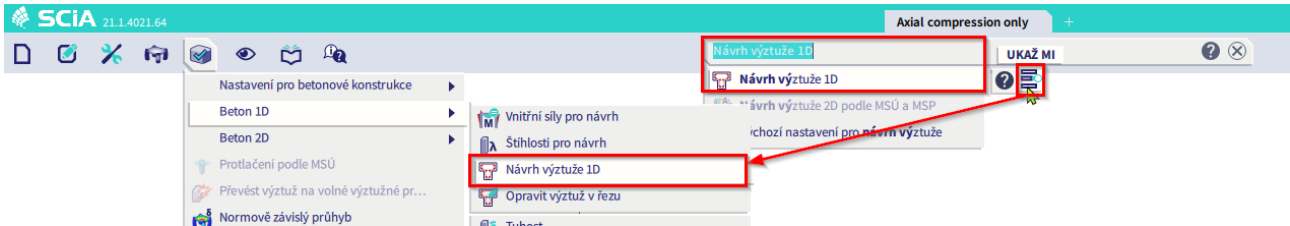
Poznámka: Chcete-li změnit výchozí průměr výztuže pro výpočet krytí např. z $\phi 16\text{ mm}$ na $\phi 20\text{ mm}$, upravte průměr prutu v Nastavení pro betonové konstrukce → Výztuž → Sloup → “Průměr” viz obrázek výše.

Výsledky

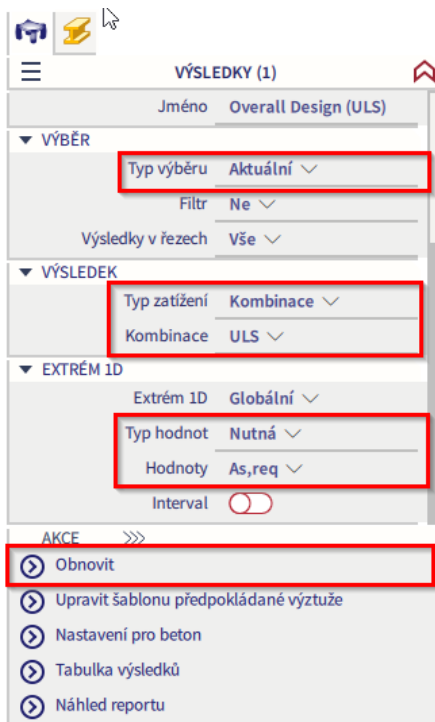
Jděte do Panelu procesu → Beton → spusťte návrh výztuže 1D:



Tip: Návrh výztuže 1D je možné spustit také z hlavního menu → ikona “Návrh” → Beton 1D → Návrh výztuže 1D. Případně je možné vyhledat příkaz “Návrh výztuže 1D” přes příkazovou řádku:

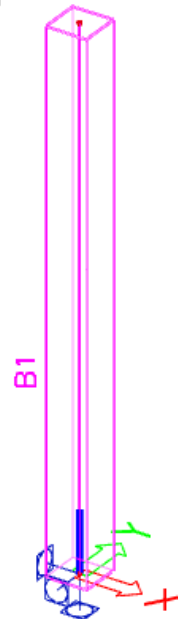


Ve vlastnostech návrhu výztuže 1D nastavte Typ výběru = Aktuální, Typ hodnot = Nutná, Hodnoty = $A_{s,req}$ pro sloup B1 a klikněte na akční tlačítko “Obnovit”:



Celkový návrh (MSÚ)

Hodnoty: $A_{s,req}$
 Lineární výpočet
 Kombinace: ULS
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: B1



V modelovém prostoru nejsou zobrazeny žádné výsledky. Zobrazte Stručný výstup, kde je vidět, že nutná plocha výztuže $A_{s,req} = 0$:

Celkový návrh (MSÚ)
 Lineární výpočet
 Kombinace: ULS
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: B1

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]
B1	0,000	ULS	Sloup	0	0	0	0	0	0	0

Nutná smyková výztuž

Jméno	dx [m]	Stav	Member	A _{swm,req} [mm ² /m]	A _{swm,req} (φ/s)
B1	0,000	ULS	Sloup	0	Není vyžadováno

AKCE

- Obnovit
- Upravit šablonu předpokládané výztuže
- Nastavení pro beton
- Tabulka výsledků
- Náhled reportu

Poznámka: Tento výsledek je získán pouze proto, že všechny konstrukční zásady jsou deaktivovány v Nastavení betonu pro betonové konstrukce!

Kontrola návrhu výztuže

$$N_{Rd} = f_{cd} \cdot \alpha \cdot A_c = 30 \cdot 1 \cdot 350^2 / 1000 = 3675\text{kN}$$

$$N_{Rd} = 3675\text{kN} > N_{Ed} = 2985\text{kN} \text{ skutečně není nutné navrhovat žádnou výztuž}$$

⇒ *Příklad: nutný návrh výztuže: $N_{Ed} > N_{Rd}$*

Příklad: 'Axial compression only.esa'

Vyšetřovaný sloup: B2

Pro tento příklad je použita stejné nastavení jako výše, pouze stálé bodové zatížení je zvýšeno na 2000 kN.

Zatížení

LC1: Stálé zatížení: F = 2000kN

LC2: Proměnné zatížení: F = 1000kN

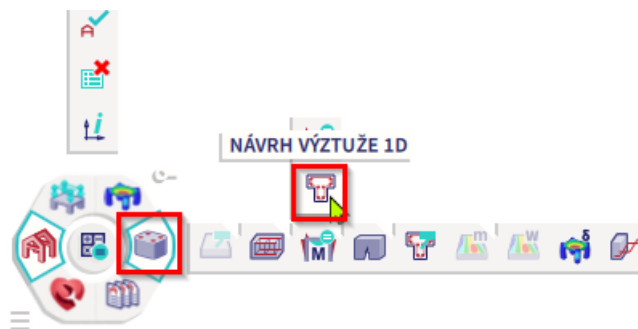
Kombinace podle Eurokódu:

$$\text{MSÚ kombinace:} = 1,35 \cdot \text{LC1} + 1,50 \cdot \text{LC2}$$

$$\text{Návrhová normálová síla } N_{Ed} = 1,35 \cdot 2000 + 1,50 \cdot 1000 = 4200\text{kN}$$

Výsledky

Jděte do Panelu procesu → Beton → spusťte návrh výztuže 1D:



Ve vlastnostech návrhu výztuže 1D nastavte Typ výběru = Aktuální, Typ hodnot = Nutná, Hodnoty = A_{s,reg} pro sloup B2 a klikněte na akční tlačítko "Obnovit":

VÝSLEDKY (1)

Jméno Overall Design (ULS)

VÝBĚR

Typ výběru Aktuální

Filtr Ne

Výsledky v řezech Vše

VÝSLEDEK

Typ zatížení Kombinace

Kombinace ULS

EXTRÉM 1D

Extrém 1D Globální

Typ hodnot Nutná

Hodnoty $A_{s,req}$

Interval

NASTAVENÍ VÝSTUPU

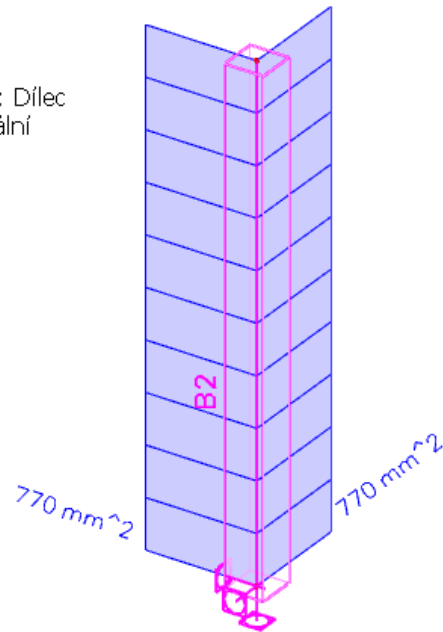
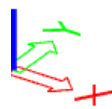
Výstup Detailní

AKCE

- Obnovit
- Upravit šablonu předpokládané výztuže
- Nastavení pro beton
- Tabulka výsledků
- Náhled reportu

Celkový návrh (MSÚ)

Hodnoty: $A_{s,req}$
 Lineární výpočet
 Kombinace: ULS
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: B2



SCIA Engineer zobrazuje výztuž podle směru. Celková plocha výztuže je ve skutečnosti $770 + 770 = 1540 \text{ mm}^2$.

Zobrazte Standardní výstup, kde je vidět, že nutná plocha výztuže $A_{s,req}$ pro jednotlivá vlákna betonového průřezu:

NÁHLED REPORTU

Podélná výztuž

	Základní	Přídavná	d_1 [mm]	$A_{s,ult}$ [mm ²]	$A_{s,min}$ [mm ²]	$A_{s,req}$ [mm ²]	$A_{s,prov}$ [mm ²]	s_{min} [mm]	s_{max} [mm]	Stav
[1]	---	---	43	385	-	385	0	254	264	Nevyh.
[2]	---	---		385	-	385	0	≥37	-	Nevyh.
[3]	---	---	43	385	-	385	0	254	264	Nevyh.
[4]	---	---		385	-	385	0	≥37	-	Nevyh.
ΣY	---	---				770	0			
ΣZ	---	---				770	0			
Σ	---	---				1540	0			Nevyh.

Smyková výztuž

Tříminky	$A_{sw,req}$ [mm ² /m]	$A_{sw,prov}$ [mm ² /m]	$A_{sw,max}$ [mm ² /m]	Stav
φ8/1000mm, (ns=2)	57	101	5941	OK

Norma **Popis** **Řešení**

W6	Nutná plocha výztuže je větší než předpokládaná výztuž ($A_{s,req} > A_{s,prov}$).	Zvětšit počet nebo průměr prutů základní nebo přídavné výztuže.
----	--	---

VÝSLEDKY (1)

Jméno Overall Design (ULS)

VÝBĚR

Typ výběru Aktuální

Filtr Ne

Výsledky v řezech Vše

VÝSLEDEK

Typ zatížení Kombinace

Kombinace ULS

EXTRÉM 1D

Extrém 1D Globální

Typ hodnot Nutná

Hodnoty $A_{s,req}$

Interval

NASTAVENÍ VÝSTUPU

Výstup Standard

NASTAVENÍ KRESLENÍ 1D

Zobrazit jméno hodnoty

Zobrazit hodnoty

Zobrazit jednotky

Zobrazit stav

Zobrazit řez dx

Zobrazit kombinace klíč

Zobrazit jméno kombinace

Barevné schéma Definováno výsledkem

Typ grafu Vyplněný světle

Kreslení obálek 0 do extrému

Barva popisů podle diag...

Rovina kreslení 3D

Orientace popisů Kolmo na osu

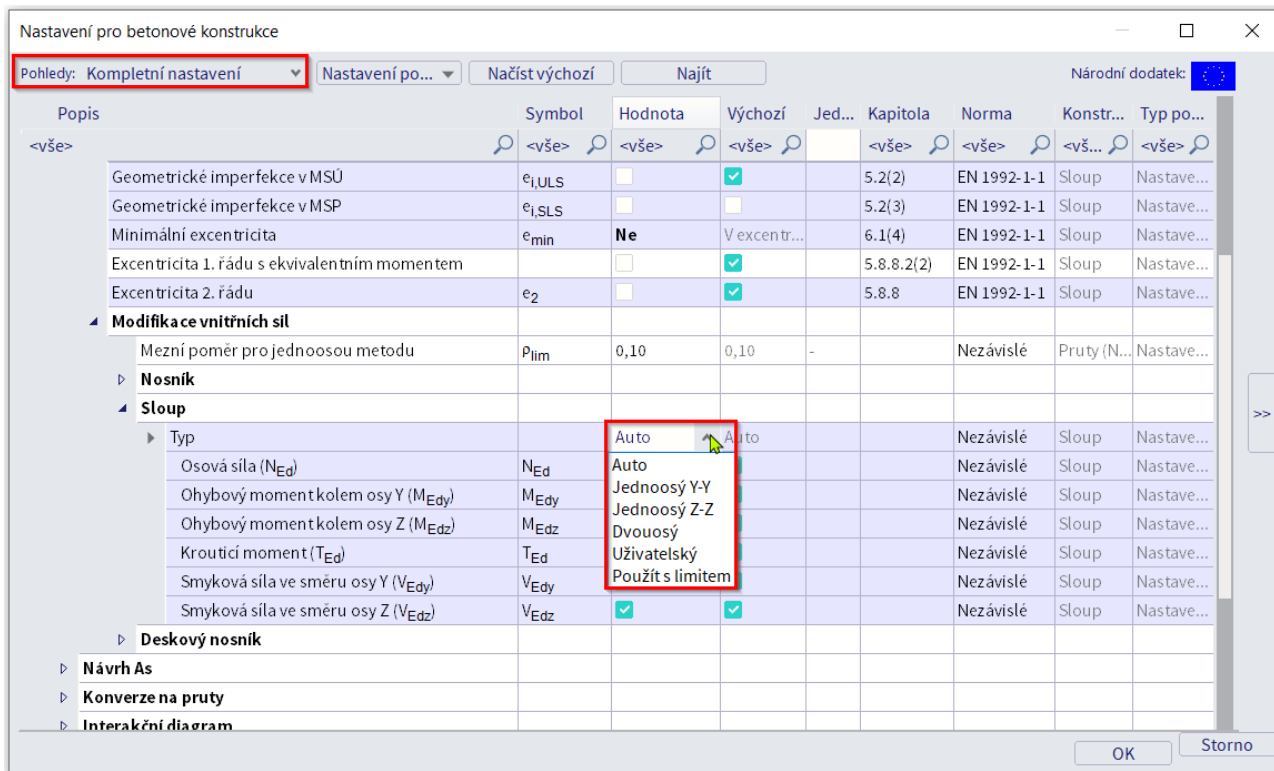
AKCE

- Obnovit
- Upravit šablonu předpokládané výztuže
- Nastavení pro beton
- Tabulka výsledků
- Náhled reportu

NÁVRH SLOUPU ZATÍŽENÉHO OHYBOVÝM MOMENTEM A NORMÁLOVOU SÍLOU

Ve SCIA Engineer jsou dostupné čtyři metody výpočtu v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled “Kompletní nastavení” → Nastavení řešiče → Modifikace vnitřních sil → Sloup → Typ:

- Auto (výchozí nastavení)
- Jednoosý Y-Y
- Jednoosý Z-Z
- Dvouosý (používá se vždy pro kruhové a oválné průřezy sloupů)



Výběr metody návrhu „Auto“ je založen na mezním poměru ohybového momentu pro jednoosou metodu. Program automaticky vybere jednoosou nebo dvouosou metodu v závislosti na hodnotách ohybových momentů kolem os y a z.

Pravidlo pro automatický výběr metody návrhu:

- pokud $\rho_M \leq \rho_{M,lim}$ Jednoosá metoda
- pokud $\rho_M \geq \rho_{M,lim}$ Dvouosá metoda

$$\frac{\min(|M_{Ed,y}|, |M_{Ed,z}|)}{\max(|M_{Ed,y}|, |M_{Ed,z}|)} = \rho_M \leq \rho_{lim}$$

$$\frac{\min(|V_{Ed,y}|, |V_{Ed,z}|)}{\max(|V_{Ed,y}|, |V_{Ed,z}|)} = \rho_V > \rho_{lim}$$

kde:

$M_{Edy,max}$ maximální návrhový moment kolem osy 'y' ze všech kombinací ve vybraném řezu
 $M_{Edz,max}$ maximální návrhový moment kolem osy 'z' ze všech kombinací ve vybraném řezu
 $\rho_{M,lim}$ mezní poměr ohybových momentů pro jednoosou metodu načtený z Nastavení pro betonové konstrukce

Nastavení pro mezní poměr:

Lze nastavit v Nastavení pro betonové konstrukce viz obrázek níže. Výchozí hodnota mezního poměru je 0,9. Pokud je poměr ohybových momentů a smykových sil menší než limitní poměr, použije se jednoosá metoda a menší z ohybových momentů a smykových sil se zanedbá.

Nastavení pro betonové konstrukce

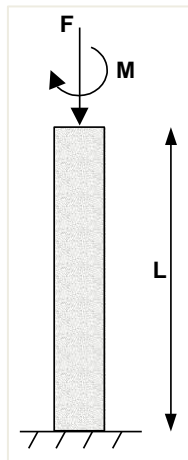
Pohledy: Kompletní nastavení ▾ Nastavení po... ▾ Načíst výchozí Najít

Národní dodatek:

Popis	Symbol	Hodnota	Výchozí	Jed...	Kapitola	Norma	Konstr...	Typ po...
<vše>	<vše>	<vše>	<vše>		<vše>	<vše>	<vše>	<vše>
Geometrické imperfekce v MSÚ	$\epsilon_{i,ULS}$	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		5.2(2)	EN 1992-1-1	Sloup	Nastave...
Geometrické imperfekce v MSP	$\epsilon_{i,SLS}$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		5.2(3)	EN 1992-1-1	Sloup	Nastave...
Minimální excentricita	e_{min}	Ne	V excentr...		6.1(4)	EN 1992-1-1	Sloup	Nastave...
Excentricita 1. řádu s ekvivalentním momentem		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		5.8.8.2(2)	EN 1992-1-1	Sloup	Nastave...
Excentricita 2. řádu	e_2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		5.8.8	EN 1992-1-1	Sloup	Nastave...
Modifikace vnitřních sil								
▶ Mezní poměr pro jednoosou metodu	ρ_{lim}	0,10	0,10	-		Nezávislé	Pruty (N...	Nastave...
▶ Nosník								
▶ Sloup								
Typ		Auto	Auto			Nezávislé	Sloup	Nastave...
Osová síla (N_{Ed})	N_{Ed}	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Nezávislé	Sloup	Nastave...
Ohybový moment kolem osy Y (M_{Edy})	M_{Edy}	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Nezávislé	Sloup	Nastave...
Ohybový moment kolem osy Z (M_{Edz})	M_{Edz}	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Nezávislé	Sloup	Nastave...
Kroučící moment (T_{Ed})	T_{Ed}	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Nezávislé	Sloup	Nastave...
Smyková síla ve směru osy Y (V_{Edy})	V_{Edy}	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Nezávislé	Sloup	Nastave...
Smyková síla ve směru osy Z (V_{Edz})	V_{Edz}	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Nezávislé	Sloup	Nastave...
▶ Deskový nosník								
▶ Návrh As								
▶ Konverze na pruty								
▶ Interakční diagram								

OK Storno

⇒ **Výpočet jednoosého ohybu**



Princip

Výztuž je navržena pro N_{Ed} a jeden ohybový moment $M_{Ed,y}$ nebo $M_{Ed,z}$:

- Jednoosý Y-Y: ohybový moment M_{Edz} není brán v úvahu, výztuž je navržena pouze na N_{Ed} a $M_{Ed,y}$.
- Jednoosý Z-Z: ohybový moment M_{Edy} není brán v úvahu, výztuž je navržena pouze na N_{Ed} a $M_{Ed,z}$.

Pokud je vybrána metoda 'Auto' a platí, že $\rho_M \leq \rho_{M,lim}$, tak pravidlo pro výběr mezi jednoosou metodou kolem 'y' nebo 'z' je následující:

- pokud $M_{Ed,y} > M_{Ed,z} \rightarrow A_s = A_{sy}$ je navržena na vnitřní síly N_{Ed} a $M_{Ed,y}$
- pokud $M_{Ed,z} > M_{Ed,y} \rightarrow A_s = A_{sz}$ je navržena na vnitřní síly N_{Ed} a $M_{Ed,z}$

Příklad: model 'Uniaxial bending.esa'

Geometrie

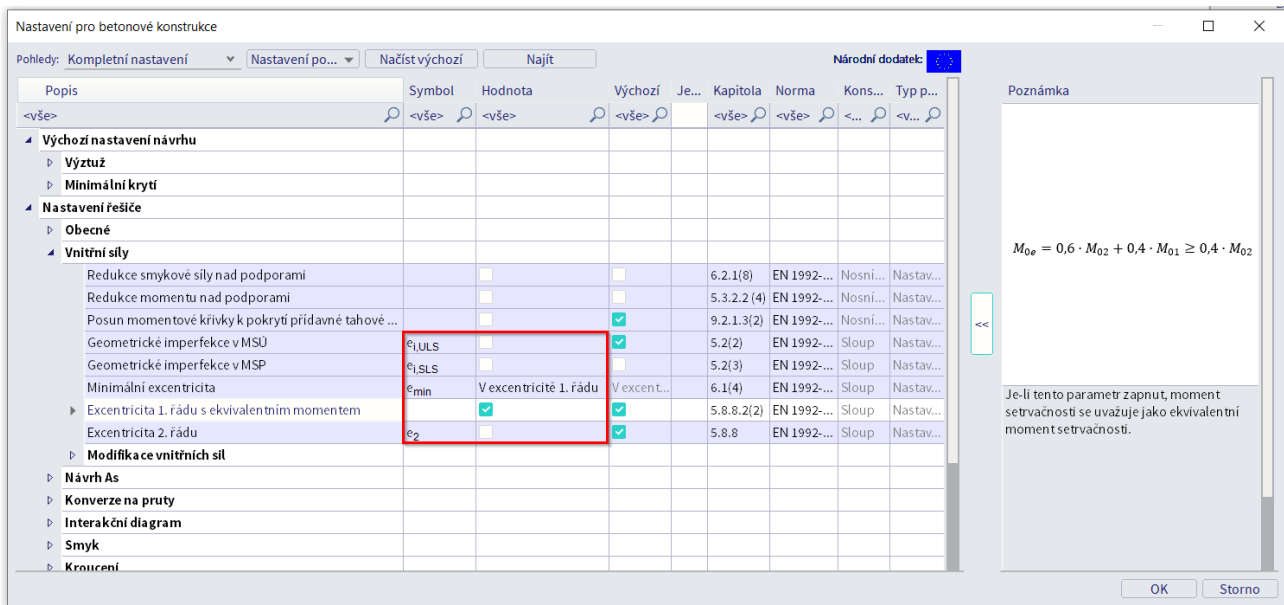
Průřez sloupu: obdélník 350x350mm²

Výška sloupu: 4,5 m

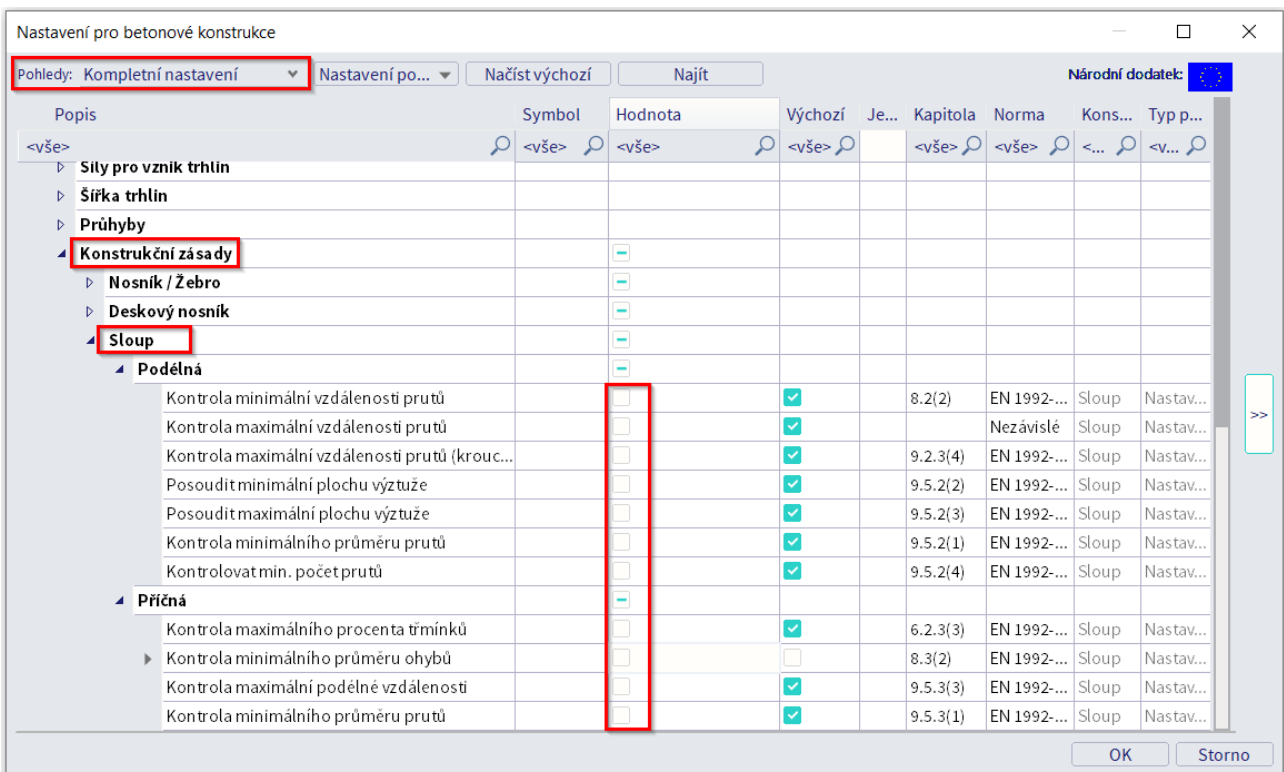
Třída betonu: C45/55

Nastavení pro betonové konstrukce:

Hlavní menu → ikona návrh → Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled "Vnitřní síly" → Nastavení řešiče → Vnitřní síly → excentricity nejsou obrány v úvahu (je uvažována pouze minimální excentricita 1. řádu a excentricita 1. řádu s ekvivalentním momentem):



Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled "Kompletní nastavení" → Nastavení řešiče → Konstrukční zásady → Sloup. Konstrukční zásady nejsou brány v úvahu, aby bylo možné zobrazit čisté výsledky (podle Eurokódu je vždy nutné přidat minimální procento vyztužení):



Zatížení

Sloup B1:

LC1: Stálé zatížení: $F = 500\text{kN}$; $M_y = 100\text{kNm}$

LC2: Proměnné zatížení: $F = 1000\text{kN}$; $M_y = 100\text{kNm}$

Sloup B2:

LC1: Stálé zatížení: $F = 500\text{kN}$; $M_y = 100\text{kNm}$

LC2: Proměnné zatížení: $F = 1000\text{kN}$; $M_y = 100\text{kNm}$; $M_z = 10\text{kNm}$

Kombinace podle Eurokódu:

MSÚ kombinace = $1,35 * LC1 + 1,50 * LC2$

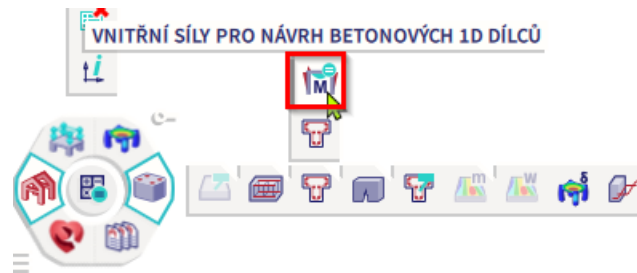
Návrhová normálová síla: $N_{Ed} = 1,35 * 500 + 1,50 * 1000 = 2175\text{kN}$

Návrhový ohybový moment: $M_{yd} = 1,35 * 100 + 1,50 * 100 = 285\text{kNm}$

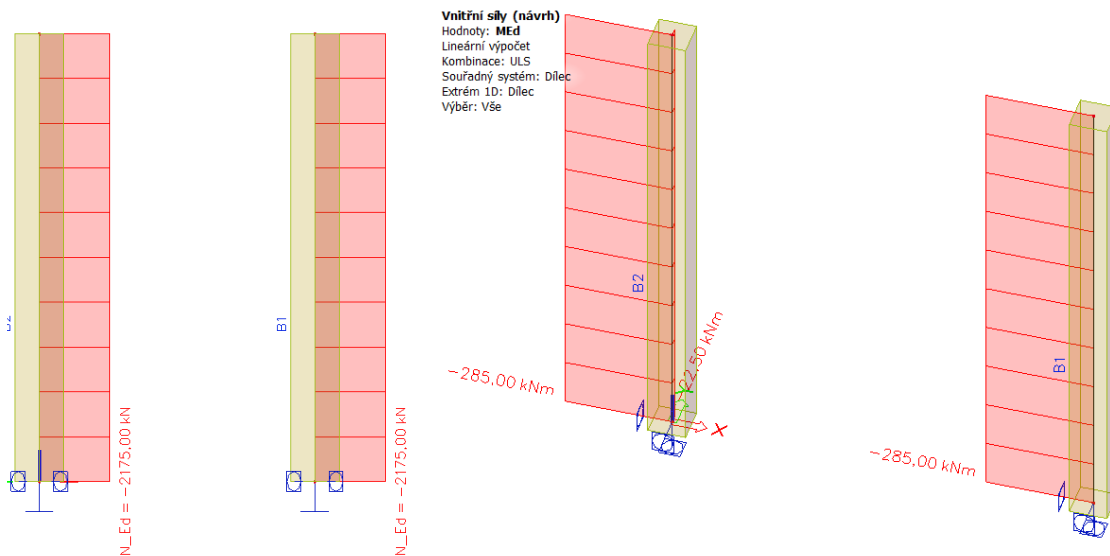
Přídavný návrhový moment ve sloupu column B2 $M_{zd} = 22,5\text{kNm}$

Výsledky

Výsledky je možné zobrazit přes Panelu procesu → Beton → spusťte Vnitřní síly pro návrh betonových 1D dílců:



Ve vlastnostech Vnitřních sil nastavte Typ výběru = Aktuální, Typ zatížení: Kombinace, ULS, Výstup = Detalinní pro **sloup B1** a klikněte na akční tlačítko "Obnovit" a "Náhled reportu":



Vnitřní síly (MKP)

Extrém: ULS/1 (MSÚ)

Typ: Kombinace (lineární)

Návrhová situace: EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B

Typ zatížení	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]
Vnitřní síly (MKP)	-2175,0	-285,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Obsah: 1.35*LC1+1.50*LC2

Redukce a úpravy

Úprava vnitřních sil: Auto (dvouosý) (N =Ano, M_y =Ano, M_z =Ano, M_x =Ano, V_y =Ano, V_z =Ano)

$\rho_M = 0 < \rho_{lim} = 0.1a$

$\rho_V = 1 > \rho_{lim} = 0.1$ nebo $|V_y| = |V_z| = 0 \text{ kNm} \Rightarrow$ Biaxiální

V detailním náhledu je informace “Redukce a úpravy”, kde je vidět, jaká metoda byla pro výpočet zvolena = dvouosá (= biaxiální) i když sloup B1 je namáhán pouze momentem v jednom směru.

Návrh nutné plochy výztuže je možné zobrazit přes Panelu procesu → Beton → spustíte Návrh výztuže 1D. Ve vlastnostech Návrhu výztuže nastavte Typ výběru = Aktuální, Typ zatížení: Kombinace, ULS, Výstup = Standardní, Typ hodnot = Nutná, hodnota výztuže $A_{s,req}$ pro **sloup B1** a klikněte na akční tlačítko “Obnovit” a “Náhled reportu”.

Standardní náhled zobrazuje souhrnné tabulky vnitřních sil a návrhu ploch výztuže:

Celkový návrh (MSÚ)

Lineární výpočet
 Kombinace: ULS
 Souřadný systém: Dleč
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: B1

Sloup B1		RECT (350; 350)
EC EN 1992-1-1:2004/AC:2008		Řez 0 [dx = 0 m]
Délka prvku:	L = 4.5 m	Beton: C45/55
Vzpěr $y-y^\perp$	$L_y = 9.01$ m (posuvný)	Bilineární pracovní diagram
Vzpěr $z-z^\perp$	$L_z = 9.01$ m (posuvný)	Třída prostředí: XC3
		Podélná výztuž: B 500A
		Bilineární s nakloněnou horní větví
		$A_s = 3181 \text{ mm}^2$
		$\rho_l = 2,597 \%$ (25 kg/m)
		Smyková výztuž: B 500A
		Bilineární s nakloněnou horní větví
		2L $\phi 8/1778$ (101 mm^2)
		$\rho_w = 0,016 \%$ (0.444 kg/m)
		Krytí (třmínek)
		Hlavní: 30 mm

Návrhové síly

Stav	N_{Ed} [kN]	V_{Edy} [kN]	V_{Edz} [kN]	T_{Ed} [kNm]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	λ/λ_{lim} $y-y^\perp$	λ/λ_{lim} $z-z^\perp$		
ULS/1	-500,0	0,0	0,0	0,0	-100,0	0,0	2,35	2nd		
ULS/2	-2175,0	0,0	0,0	0,0	-285,0	0,0	4,90	2nd		
ULS/3	-675,0	0,0	0,0	0,0	-135,0	0,0	2,73	2nd		
ULS/1	LC1									
ULS/2	1.35*LC1+1.50*LC2									
ULS/3	1.35*LC1									

Návrhové imperfekce

Stav	λ [-]	λ_{lim} [-]	e_0 [mm]	e_{imp} [mm]	e_{min} [mm]	e_1 [mm]	e_2 [mm]	$(\lambda/\lambda)_{max}$ [-]	$(e/h)_{max}$ [-]	e_{tot} [mm]
ULS/1	$y-y^\perp$	89,2	38,0	0	0	0	0	1,00	∞	0
	$z-z^\perp$	89,2	38,0	200	0	0	200	≤ 2.0	$> 0.2!$	200
ULS/2	$y-y^\perp$	89,2	18,2	0	0	0	0	1,00	∞	0
	$z-z^\perp$	89,2	18,2	131	0	0	131	≤ 2.0	$> 0.2!$	131
ULS/3	$y-y^\perp$	89,2	32,7	0	0	0	0	1,00	∞	0
	$z-z^\perp$	89,2	32,7	200	0	0	200	≤ 2.0	$> 0.2!$	200

Podélná výztuž

	$A_{s,ult}$ [mm ²]	$A_{s,min}$ [mm ²]	$A_{s,req}$ [mm ²]	Stav
[1]	1590	-	1590	OK
[3]	1590	-	1590	OK
ΣY			3180	
ΣZ			0	
Σ			3180	

Smyková výztuž

Třmínky	$A_{swm,req}$ [mm ² /m]	$A_{swm,max}$ [mm ² /m]	Stav
φ8/1778mm, (ns=2)	57	5941	OK

Vnitřní síly použité pro návrh výztuže pro sloup B2 (postup zobrazení vnitřních sil je stejný jako u prvku B1):

Vnitřní síly (MKP)

Extrém: ULS/1 (MSÚ)

Typ: Kombinace (lineární)

Návrhová situace: EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B

Typ zatížení	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_x [kNm]
Vnitřní síly (MKP)	-2175,0	-285,0	-22,5	0,0	0,0	0,0

Obsah: 1.35*LC1+1.50*LC2

Redukce a úpravy

Úprava vnitřních sil: Auto(dvouosý) (N =Ano, M_y =Ano, M_z =Ano, M_x =Ano, V_y =Ano, V_z =Ano)

$$\rho_M = 0.0789 < \rho_{lim} = 0.1a$$

$$\rho_V = 1 > \rho_{lim} = 0.1 \text{ nebo } |V_{x,l}| = |V_{x,r}| = 0 \text{ kNm} \Rightarrow \text{Biaxiální}$$

V detailním náhledu je informace "Redukce a úpravy", kde je vidět, jaká metoda byla pro výpočet zvolena = dvouosá (= biaxiální).

Standardní náhled návrhu výztuže 1D pro sloup B2:

Celkový návrh (MSÚ)

Lineární výpočet
 Kombinace: ULS
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: B2

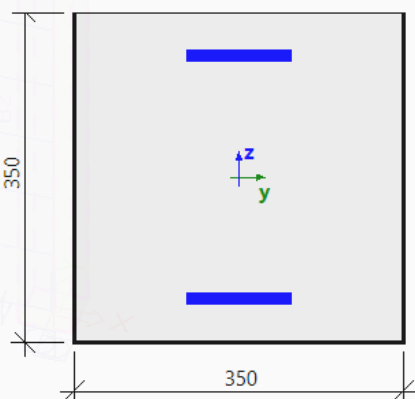
Sloup B2

EC EN 1992-1-1:2004/AC:2008

RECT (350; 350)

Řez 0 [dx = 0 m]

Délka prvku: L = 4.5 m
 Vzpěr y-y \perp : L_y = 9.01 m (posuvný)
 Vzpěr z-z \perp : L_z = 9.01 m (posuvný)



Beton: C45/55

Bilineární pracovní diagram
 Třída prostředí: XC3

Podélná výztuž: B 500A

Bilineární s nakloněnou horní větví
 $A_s = 3181 \text{ mm}^2$
 $\rho_1 = 2,597 \%$ (25 kg/m)

Smyková výztuž: B 500A

Bilineární s nakloněnou horní větví
 2L $\phi 8/1778$ (101 mm^2)
 $\rho_w = 0,016 \%$ (0.444 kg/m)

Krytí (třmínek)

Hlavní: 30 mm

Návrhové síly

Stav	N _{Ed} [kN]	V _{Edy} [kN]	V _{Edz} [kN]	T _{Ed} [kNm]	M _{Edy} [kNm]	M _{Edz} [kNm]	λ/λ_{lim} y-y \perp	λ/λ_{lim} z-z \perp			
ULS/1	-500,0	0,0	0,0	0,0	-100,0	0,0	2,35	2nd			
ULS/2	-2175,0	0,0	0,0	0,0	-285,0	-22,5	4,90	2nd			
ULS/3	-675,0	0,0	0,0	0,0	-135,0	0,0	2,73	2nd			
ULS/1	LC1										
ULS/2	1.35*LC1 + 1.50*LC2										
ULS/3	1.35*LC1										

Návrhové imperfekce

Stav	λ [-]	λ_{lim} [-]	e ₀ [mm]	e _{imp} [mm]	e _{min} [mm]	e ₁ [mm]	e ₂ [mm]	(λ/λ) _{max} [-]	(e/h) _{max} [-]	e _{tot} [mm]
ULS/1	y-y \perp	89,2	38,0	0	0	0	0	1,00	∞	0
	z-z \perp	89,2	38,0	200	0	0	200	≤ 2.0	> 0.2!	200
ULS/2	y-y \perp	89,2	18,2	10	0	0	10	1,00	12,67	10
	z-z \perp	89,2	18,2	131	0	0	131	≤ 2.0	> 0.2!	131
ULS/3	y-y \perp	89,2	32,7	0	0	0	0	1,00	∞	0
	z-z \perp	89,2	32,7	200	0	0	200	≤ 2.0	> 0.2!	200

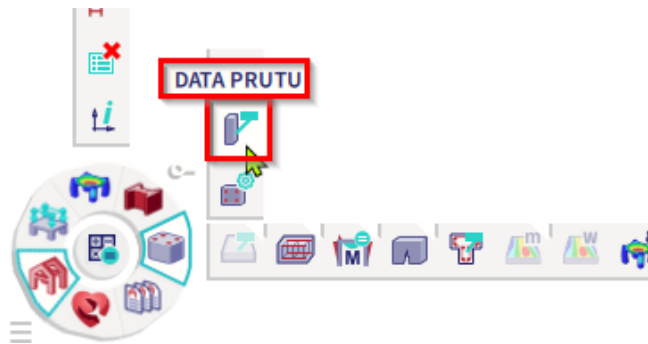
Podélná výztuž

	A _{s,ult} [mm ²]	A _{s,min} [mm ²]	A _{s,req} [mm ²]	Stav
[1]	1590	-	1590	OK
[3]	1590	-	1590	OK
ΣY			3180	
ΣZ			0	
Σ			3180	

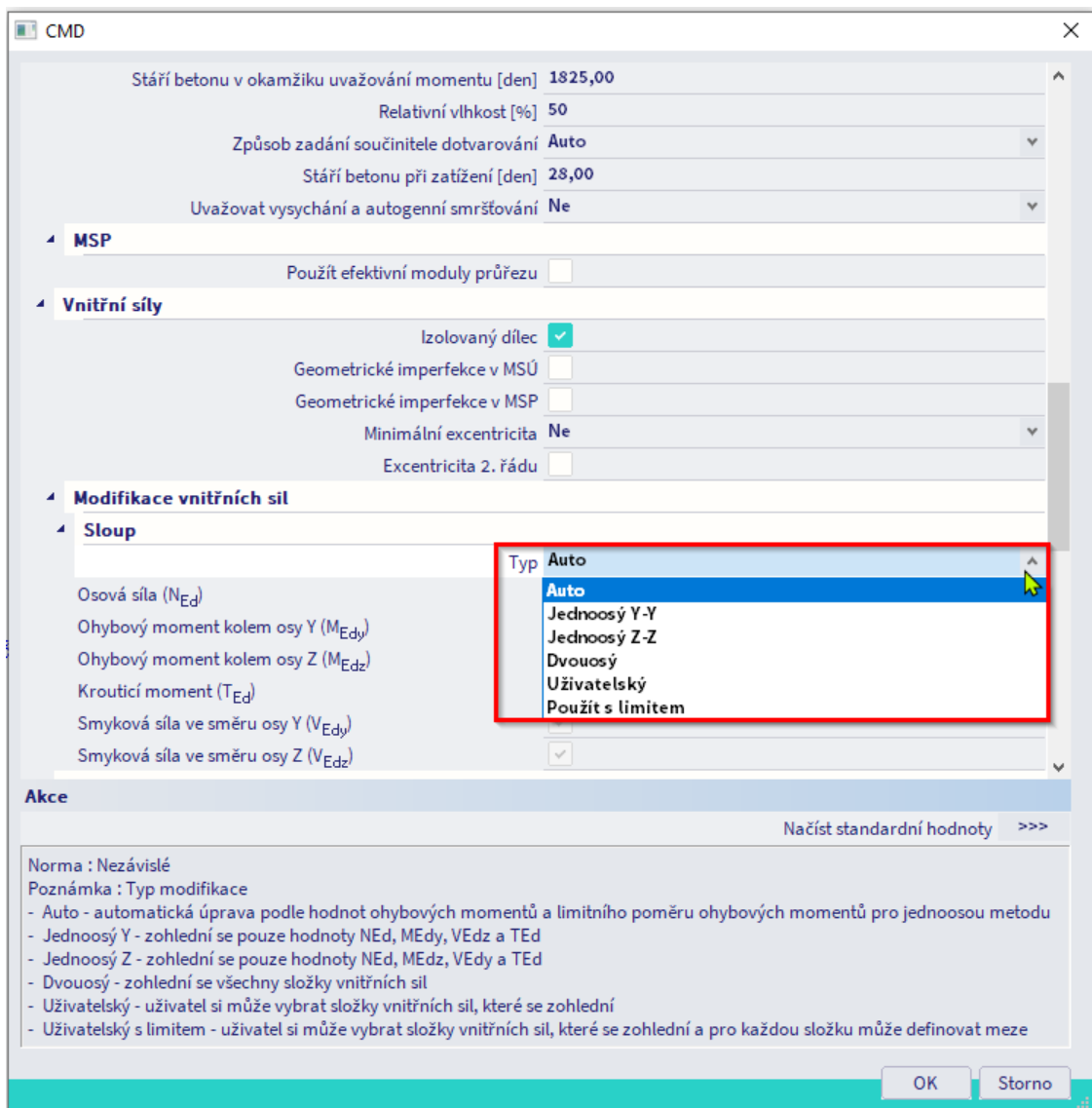
Smyková výztuž

Třmíanky	A _{swm,req} [mm ² /m]	A _{swm,max} [mm ² /m]	Stav
$\phi 8/1778\text{mm}$, (ns=2)	57	5941	OK

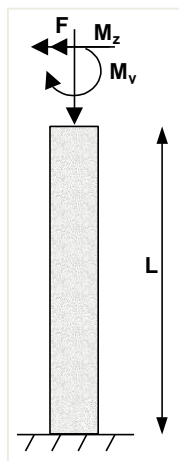
Vnitřní síly vstupující do návrhu výztuže i posudků může modifikovat. Modifikace vnitřních sil pro daný prvek je možné nastavit přes Data prutu:



V dialogu je možné zvolit typ modifikace případně deaktivovat vnitřní síly, které chce uživatel nechce uvažovat.



⇒ **Dvouosé namáhaní ohybem**



Tato metoda umožňuje navrhnout výztuž pro normálovou sílu (N_{Ed}) a ohybový moment působící v jednom i druhém směru. Tato metoda je založena na interakčním vzorci, rovnici 5.39 z normy EN 1992-1-1.

$$\left(\frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}}\right)^a + \left(\frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}}\right)^a \leq 1,0 \quad (5.39)$$

kde:

$M_{Edz/y}$ návrhový moment v příslušné ose, včetně momentu druhého řádu (pokud má být zohledněn)
 $M_{Rdz/y}$ ohybová únosnost v příslušné ose
 a exponent:

- pro kruhové nebo eliptické průřezy: $a = 2$
- pro obdélníkové průřezy:

N_{Ed}/N_{Rd}	0,1	0,7	1,0
$a =$	1,0	1,5	2,0

s lineární interpolací pro mezilehlé hodnoty;

N_{Ed} návrhová hodnota normálové síly

$N_{Rd} = A_c \cdot (f_{cd} + \mu_s \cdot f_{yd})$, návrhová únosnost osově namáhaného průřezu; kde:

A_c je celková plocha betonového průřezu

f_{cd} návrhová hodnota pevnosti betonu v tlaku

f_{yd} návrhová mez kluzu výztuže

μ_s poměr mechanické výztuže při výpočtu mezní štíhlosti získaný iteračním výpočtem

✚ SLOUP KRUHOVÉHO PRŮŘEZU

U kruhových a oválných sloupů je vždy použita dvouosá metoda bez ohledu na metodu návrhu nastavenou v Nastavení pro betonové konstrukce.

U kruhových a oválných sloupů se požadovaný počet výztužných prutů rozloží rovnoměrně po průřezu sloupu.

Příklad: 'Circular column.esa'

Geometrie

Průřez sloupu: CIRC diameter 400mm

Výška sloupu: 4,5 m

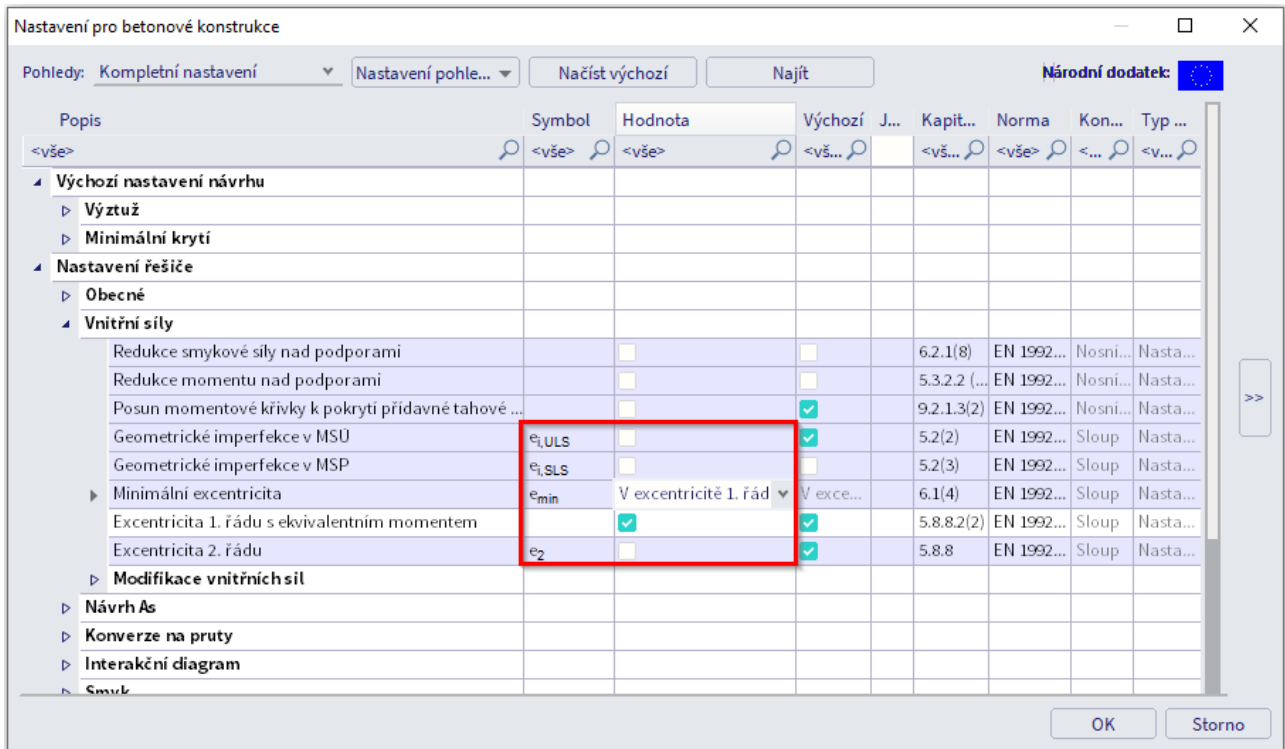
Třída betonu: C45/55

Zatížení

Zatížení: $N_{Ed} = 2175,00\text{kN}$
 $M_{yd} = 142,50\text{kNm}$
 $M_{zd} = 0\text{kNm}$

Nastavení pro betonové konstrukce:

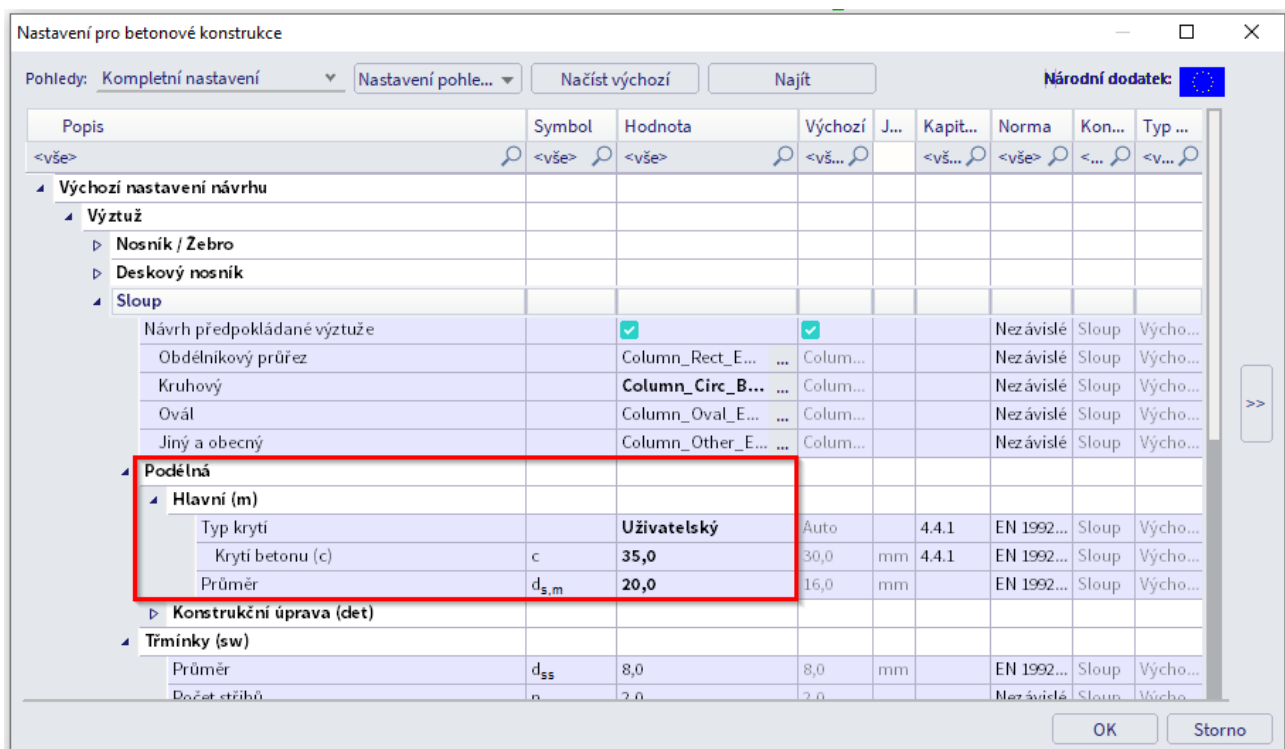
Hlavní menu → ikona návrh → Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled “Vnitřní síly” → Nastavení řešiče → Vnitřní síly → geometrické excentricity a excentricity II. řádu jsou deaktivovány:



Jsou zohledněny všechny konstrukční zásady.

Výchozí nastavení návrhu

Průměr prutu je nastaven na $\phi 20$ mm v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → Výchozí nastavení návrhu → Výztuž → Sloup. Případně může být tento průměr uvažován z Dat prutu, pokud jsou zadána.



Výsledky

Návrh výztuže 1D → návrh nutné plochy výztuže $A_{s,req}$ → Standardní výstup:

Celkový návrh (MSÚ)

Lineární výpočet

Kombinace: CO1

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

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

Sloup B1		CIRC (400)
EC EN 1992-1-1:2004/AC:2008		Řez 0 [dx = 0 m]
Délka prvku:	L = 4.5 m	Beton: C45/55
Vzpěr y-y \perp	$L_y = 9.01$ m (posuvný)	Bilineární pracovní diagram
Vzpěr z-z \perp	$L_z = 4.5$ m (posuvný)	Třída prostředí: XC3
		Podélná výztuž: B 500A
		Bilineární bez nakloněné horní větve
		5 ϕ 20 mm ($A_s = 1571$ mm ²)
		$\rho_l = 1,250$ % (12.3 kg/m)
		Smyková výztuž: B 500A
		Bilineární bez nakloněné horní větve
		ϕ 8/400 mm ($n_s = 2$) ($A_{sw} = 101$ mm ²)
		$\rho_w = 0,201$ % (1.97 kg/m) ($A_{swm} = 251$ mm ² /m)
		Krytí (třmínek)
		Hlavní: 35 mm

Návrhové imperfekce

Stav		λ	λ_{lim}	e_0	e_{imp}	e_{min}	e_1	e_2	$(\lambda/\lambda)_{max}$	$(e/h)_{max}$	e_{tot}
		[-]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[mm]
CO1/1	y-y \perp	90,3	32,1	0	0	-20	-20	0	2,00	5,00	-20
	z-z \perp	45,1	32,1	100	0	20	100	0	>2.0!	>0.2!	100
CO1/2	y-y \perp	90,3	15,4	0	0	-20	-20	0	2,00	3,28	-20
	z-z \perp	45,1	15,4	66	0	20	66	0	>2.0!	>0.2!	66
CO1/3	y-y \perp	90,3	27,6	0	0	-20	-20	0	2,00	5,00	-20
	z-z \perp	45,1	27,6	100	0	20	100	0	>2.0!	>0.2!	100

Podélná výztuž

Základní	Přidavná	Konstrukční základy	$A_{s,ok}$	$A_{s,min}$	$A_{s,req}$	$A_{s,prov}$	$A_{s,max}$	s_{min}	s_{max}	Stav
			[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm]	[mm]	
-	5 ϕ 20	---	1385	500	1385	1571	5027	153	173	OK
								≥ 37	≤ 236	

Smyková výztuž

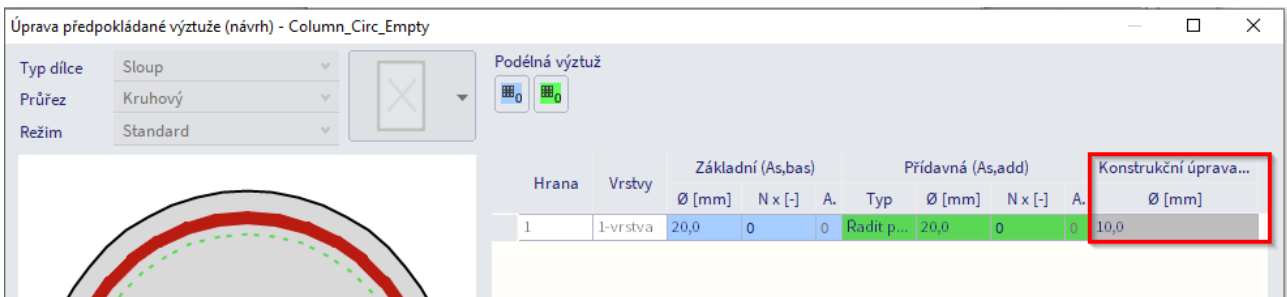
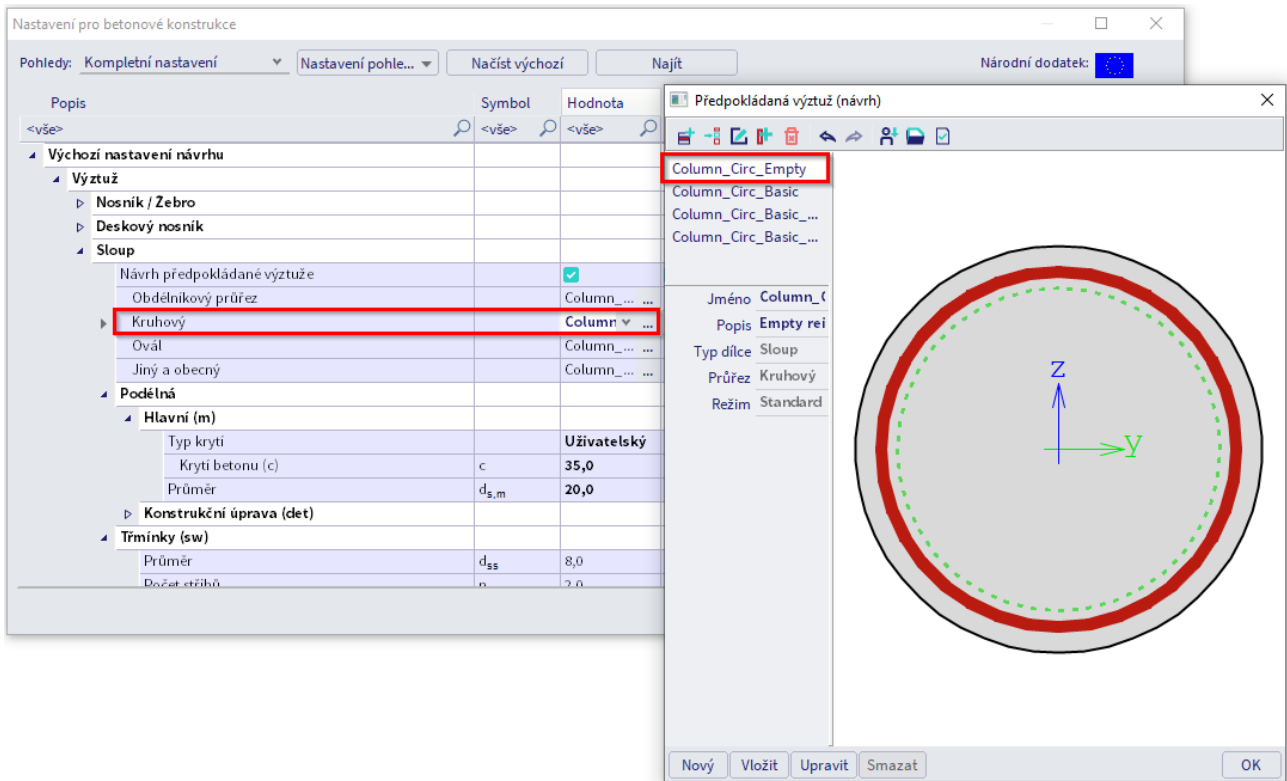
Třmínky	$A_{swm,req}$ [mm ² /m]	$A_{swm,prov}$ [mm ² /m]	$A_{swm,max}$ [mm ² /m]	Stav
ϕ 8/400mm, ($n_s=2$)	251	251	3889	OK

Nutná plocha podélné výztuže je $A_{s,req} = 1385$ mm², proto program navrhne 5 ϕ 20 mm (5*314 mm² = 1571 mm² = $A_{s,prov}$), což je je nejbližší počet prutů s $A_{s,prov} > A_{s,req}$.

SCIA Engineer používá k výpočtu nutné plochy výztuže skutečnou plochu prutů.

Poznámka 1:

Pokud vyberete předdefinovanou šablonu předpokládané výztuže např. šablonu "Column_CircEmpty" šablona (obsahuje pouze konstrukční výztuž o průměru 10 mm), program zobrazí hodnotu $A_{s,req}$ a hodnota $A_{s,prov} = 314 \text{ mm}^2$. Pro kruhové sloupy je dle konstrukčních zásad minimální počet prutů 4 (viz Poznámka 2 níže). Hodnota $A_{s,prov}$ je proto rovna $4 \phi 10 \text{ mm}$, což odpovídá ploše 314 mm^2 .

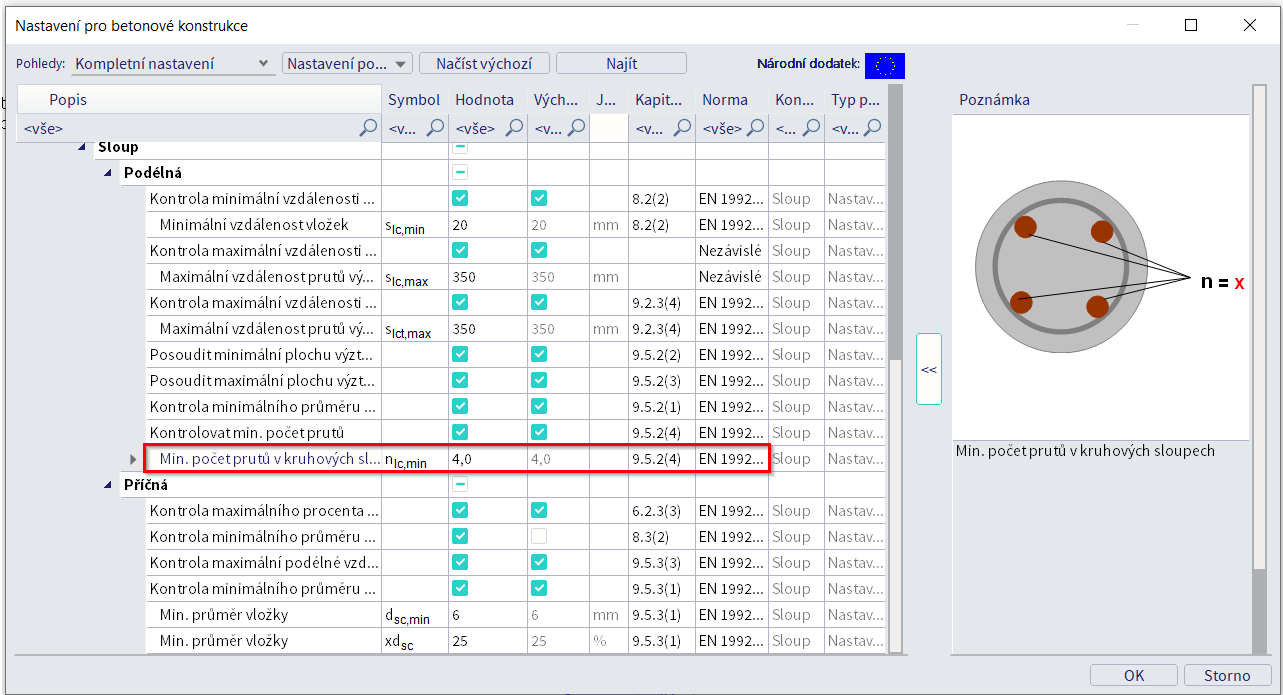


Podélná výztuž

	Základní	Přídavná	Konstrukční zásady	$A_{s,min}$	$A_{s,req}$	$A_{s,prov}$	$A_{s,max}$	s_{min}	s_{max}	Stav
	---	---	$4\phi 10$	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm]	[mm]	
-	---	---	$4\phi 10$	1385	500	1385	314	205	215	Nevyh.
								≥ 37	≤ 236	

Poznámka 2:

Podle EN1992-1-1 čl. 9.5.2(4) je v kruhovém sloupu definován minimální počet tyčí. Tento parametr je standardně nastaven na „4“ viz Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → Konstrukční zásady → Sloup:



Pokud navýšíme zatížení:

$$F_z = -1250\text{kN}$$

$$M = 50\text{kNm}$$

Výsledky budou následující:

Příklad: "Circular column_increase.esa"

Sloup B1		CIRC (400)
EC EN 1992-1-1:2004/AC:2008		Řez 0 [dx = 0 m]
Délka prvku:	L = 4.5 m	Beton: C45/55
Vzpěr y-y [⊥]	L _y = 9.01 m (posuvný)	Bilineární pracovní diagram
Vzpěr z-z [⊥]	L _z = 4.5 m (posuvný)	Třída prostředí: XC3
		Podélná výztuž: B 500A
		Bilineární bez nakloněné horní větve
		12φ20 mm (A _s = 3770 mm ²)
		ρ _l = 3,000 % (29.6 kg/m)
		Smyková výztuž: B 500A
		Bilineární bez nakloněné horní větve
		φ8/400 mm (n _s = 2) (A _{sw} = 101 mm ²)
		ρ _w = 0,201 % (1.97 kg/m) (A _{swm} = 251 mm ² /m)
		Krytí (třmínek)
		Hlavní: 35 mm

Podélná výztuž

	Základní	Přidavná	Konstrukční zásady	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]		
-	---	12φ20	---	3456	733	3456	3770	5027	56 ≥37	76 ≤236	OK

Smyková výztuž

Třmínky	A _{swm,req} [mm ² /m]	A _{swm,prov} [mm ² /m]	A _{swm,max} [mm ² /m]	Stav
φ8/400mm, (n _s =2)	251	251	3299	OK

1.7.2. Výpočet vnitřních sil

URČENÍ TLAČENÉHO DÍLCE

Účinky 2. řádu, geometrická imperfekce a minimální excentricita se berou v úvahu pouze v případě, že:

- typ prvku = sloup
- v prvku vzniká významné tlakové namáhání.

Ve SCIA Engineer se provádí posudek Tlačeného dílce, který rozhoduje o tom, zda je dílec tlačенý. V případě tlačенého dílce je nutné při výpočtu zohlednit účinky 2. řádu, geometrickou imperfekci a minimální excentricitu.

Posudek tlačенého dílce - podmínka:

- pokud platí, že $N_{Ed} \leq - \text{Coeff}_{com} * f_{cd} * A_c$ dílec je netlačенý
- pokud platí, že $N_{Ed} > - \text{Coeff}_{com} * f_{cd} * A_c$ dílec je tlačенý

kde:

Coeff_{com} koeficient pro výpočet síly, při které je dílec považován za tlačенý. Tento koeficient je možné editovat v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → Nastavení řešiče → Obecné. Pokud chceme ve výpočtu **vždy** zohlednit účinky 2. řádu, geometrickou imperfekci a minimální excentricitu, tak je nutné součinitel nastavit na 0,0.

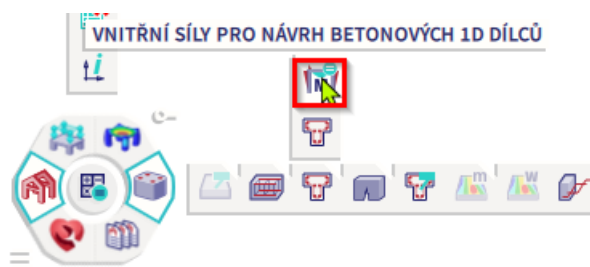
Popis	Symbol	Hodnota	Výchozí	Je...	Kapitola	Norma	Kons...	Typ p...
<vše>	<vše>	<vše>	<vše>		<vše>	<vše>	<vše>	<vše>
Výchozí nastavení návrhu								
▶ Výztuž								
▶ Minimální krytí								
Nastavení řešiče								
▶ Obecné								
Limitní hodnota jednotkového posudku	Lim. po...	1,0	1,0			Nezávislé	Vše (N... Nastav...	
Hodnota jednotkového posudku pro nes...	Ncal.po...	3,0	3,0			Nezávislé	Vše (N... Nastav...	
Součinitel pro výpočet efektivní výšky prů...	Souč _d	0,9	0,9			Nezávislé	Vše (N... Nastav...	
Součinitel pro výpočet ramene vnitřních sil	Souč _z	0,9	0,9			Nezávislé	Vše (N... Nastav...	
▶ Součinitel pro výpočet síly, při které je prů...	Souč _{com}	0,1	0,1			Nezávislé	Vše (N... Nastav...	
▶ Dotvarování a smršťování								
Stáří betonu v okamžiku uvažování m...	t	1825,00	18250,00	den	3.1.4.B...	EN 1992-...	Vše (N... Nastav...	
Relativní vlhkost	RH	50	50	%	3.1.4.B...	EN 1992-...	Vše (N... Nastav...	
Způsob zadání součinitele dotvarování	Typ φ(t...	Auto	Auto		3.1.4(2)	EN 1992-...	Vše (N... Nastav...	
Stáří betonu při zatížení	t ₀	28,00	28,00	den	3.1.4(2)...	EN 1992-...	Vše (N... Nastav...	
Uvažovat vysychání a autogenní smršť...	Typ ε _{cs} (t,t	Ne	Auto		3.1.4(6)	EN 1992-...	Vše (N... Nastav...	
▶ MSP								
Použít efektivní moduly průřezu		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		7.1(2)	EN 1992-...	Vše (N... Nastav...	
▶ Výchozí nastavení vzpěru								
Posuvný posev	Posuvn	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Nezávislé	Vše (N... Nastav...	

f_{cd} návrhová hodnota pevnosti betonu v tlaku

A_c průřezová plocha betonu

N_{Ed} návrhová normálová síla od zatížení

Posudek tlačенého dílce je možné vidět například v Detailním výstupu výpočtu Vnitřních sil pro návrh:



NÁHLED REPORTU

Moment setrvačnosti plochy výztuže okolo osy z:

$$I_{sy} = 64,5 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Moment setrvačnosti plochy výztuže okolo osy z:

$$I_{sz} = 71,3 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Vzdálenosti od okraje ke středu výztuže

$$a_{sz} = 0,4 - 0,36 = 40 \text{ mm}$$

$$a_{sy} = b - \text{Coeff}_d \cdot b = 0,4 - 0,9 \cdot 0,4 = 40 \text{ mm}$$

Tlačený dílec

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

$$N_{com} = - \text{Coeff}_{com} \cdot (f_{cd} \cdot A_c) = - 0,1 \cdot (25,5 \cdot 10^6 \cdot 0,125) = -319 \text{ kN}$$

Podmínka posudku:

$$N_{Ed} < N_{com} = -1250 \text{ kN} < -319 \text{ kN} \dots \text{ tlačený dílec}$$

Poznámka: Je třeba zohlednit excentricitu prvního a druhého řádu, protože dílec je považován za tlačený (osová síla je výrazná).

VÝSLEDKY (1)

Jméno Vnitřní síly (návrh)

VYBER

Typ výběru Vše

Filter Ne

Výsledky v řezech Vše

VÝSLEDEK

Typ zatížení Kombinace

Kombinace CO1

EXTRÉM ID

Extrém ID Globální

Hodnoty MED

Interval

NASTAVENÍ VÝSTUPU

Výstup Detailní

NASTAVENÍ KRESLENÍ ID

Zobrazit jméno hodnoty

Zobrazit hodnoty

Zobrazit jednotky

Zobrazit stav

Zobrazit řez dx

Zobrazit kombinální klíč

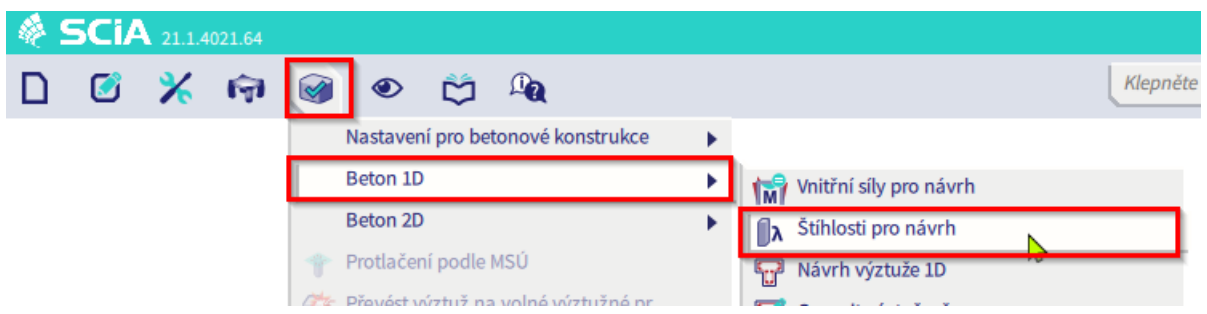
VOLBA MEZI VÝPOČTEM I. NEBO II.ŘÁDU

Štíhlost – posudek podmínky štíhlosti $\lambda < \lambda_{lim}$

Před návrhem a posudkem dílců je nutno posoudit jejich štíhlost a mezní štíhlost. Použití účinků druhého řádu ve výpočtu závisí na posudku štíhlosti, protože pokud tento posudek nevyhoví (štíhlost je vyšší než limitní štíhlost), je nutno pro výpočet sloupu zohlednit účinky druhého řádu.

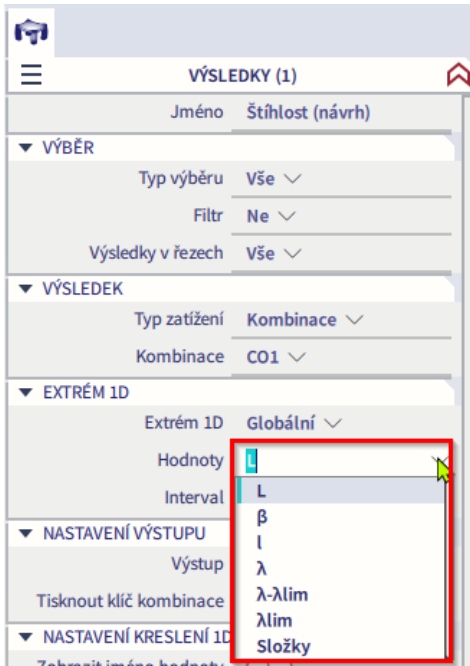
- Pokud platí, že $\lambda < \lambda_{lim}$, tak je třeba vzít v úvahu účinky 1. řádu a geometrické imperfekce (článek 5.2).
- Pokud platí, že $\lambda > \lambda_{lim}$, 2nd tak je třeba vzít v úvahu účinky 2. řádu a geometrické imperfekce (článek 5.2).

Hodnoty štíhlosti λ a limitní štíhlosti λ_{lim} , včetně posudku štíhlosti je možné najít v hlavním menu pod ikonou Návrh → Beton 1D → Štíhlost:



Ve vlastnostech výpočtu štíhlosti je nutné nastavit typ zatížení, na který se má štíhlost vypočítat.

V posudku jsou dostupné tyto hodnoty:



- L...sytémová délka prutu
- β ...součinitel vzpěrné délky
- l...vzpěrná délka = $L \cdot \beta$
- λ ... štíhlost prvku
- λ_{lim} ...limitní štíhlost
- $\lambda - \lambda_{lim}$...zobrazení vypočtené štíhlosti limitní štíhlosti

Štíhlost a mezní štíhlost se spočtou podle čl. 5.8.3.1 a 5.8.3.2 z EN 1992-1-1.

Ve Standardním výstupu je možné vidět souhrnnou tabulku s vypočtenými štíhlostmi. V posledním sloupci tabulky je uvedeno, jaké účinky je třeba zohlednit (I. nebo II.řád).

Štíhlost (návrh)

Lineární výpočet
 Kombinace: CO1
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: Vše

Sloup B1	CIRC (400)
EC EN 1992-1-1:2004/AC:2008	Řez 0 [dx = 0 m]

Štíhlost

Osa	Podpřeny	$L_{z/y}$ [m]	$\beta_{zz/yy}$ [-]	$l_{oz/y}$ [m]	$\lambda_{z/y}$ [-]	$\lambda_{limz/y}$ [-]	$\lambda_{z/y} > \lambda_{limz/y}$
y-y	Ne	4.5	2	9.01	90.3	28	2. řád
z-z	Ne	4.5	1	4.5	45.1	28	2. řád

V detailním náhledu je možné vidět podrobný výpočet štíhlosti i limitní štíhlosti:

Poloměr setrvačnosti betonového průřezu:

$$i_{cy} = \sqrt{\frac{I_{cy}}{A_c}} = \sqrt{\frac{1.24 \cdot 10^{-3}}{0.125}} = 99.7 \text{ mm}$$

$$i_{cz} = \sqrt{\frac{I_{cz}}{A_c}} = \sqrt{\frac{1.24 \cdot 10^{-3}}{0.125}} = 99.7 \text{ mm}$$

Mezní štíhlost:

$$\lambda_{limy} = \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C_y}{\sqrt{n}} = \frac{20 \cdot 0.76 \cdot 1.65 \cdot 0.7}{\sqrt{0.392}} = 28$$

$$\lambda_{limz} = \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C_z}{\sqrt{n}} = \frac{20 \cdot 0.76 \cdot 1.65 \cdot 0.7}{\sqrt{0.392}} = 28$$

Štíhlost:

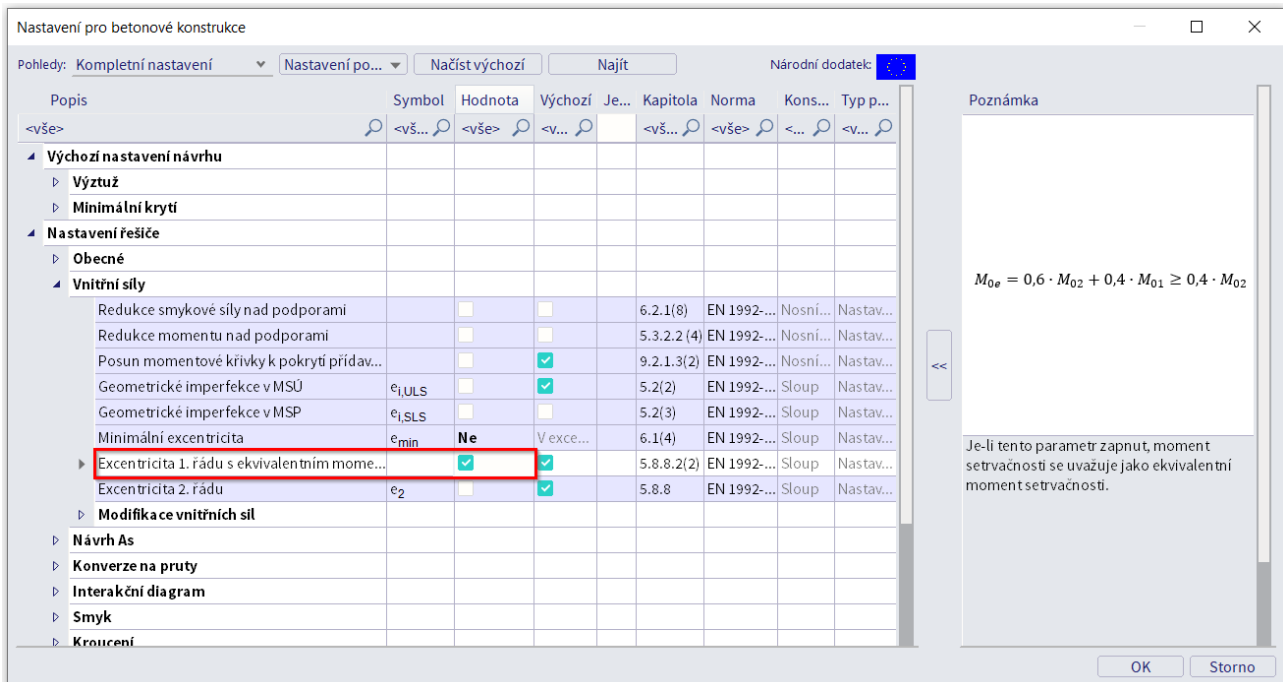
$$\lambda_y = \frac{l_{oy}}{i_{cy}} = \frac{9.01}{0.0997} = 90.3$$

$$\lambda_z = \frac{l_{oz}}{i_{cz}} = \frac{4.5}{0.0997} = 45.1$$

ÚČINKY I. ŘÁDU

Účinky 1. řádu (excentricita) jsou uvažovány vždy.

Existují 2 způsoby výpočtu momentů a excentricity 1. řádu ve SCIA Engineer v závislosti na zaškrtnutí políčku **Excentricita prvního řádu s ekvivalentním momentem** v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → Nastavení řešitele → Vnitřní síly viz obrázky níže:



Jsou zde dvě možnosti:

- **Excentricita prvního řádu s ekvivalentním momentem = ANO**, ohybové momenty na koncích sloupu budou uvažovány pro výpočet ekvivalentního ohybového momentu 1. řádu. To vede ke stejnému ohybovému momentu 1. řádu po celé délce prutu dle 5.8.8.2(2):

$$e_{0y} = M_{0ez}/N_{Ed} \quad \text{et} \quad e_{0z} = M_{0ey}/N_{Ed}$$

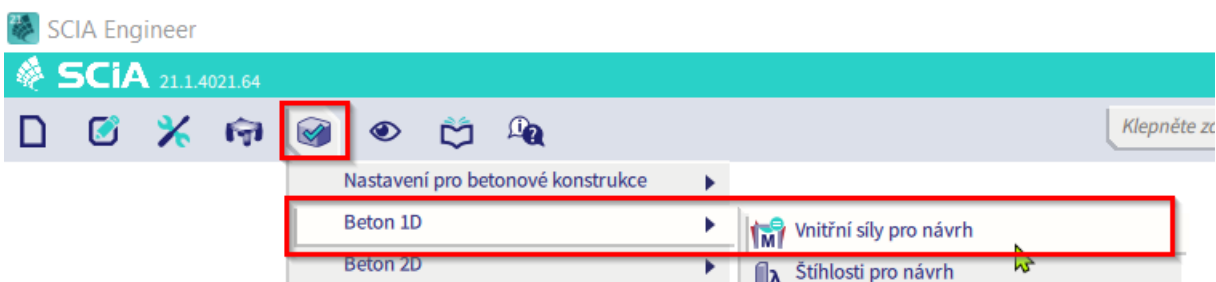
kde:

$$M_{0e} = (0,6 * M_{02}) + (0,6 * M_{01}) \ge 0,4 * M_{02}$$

- **Excentricita prvního řádu s ekvivalentním momentem = NE**, excentricita 1. řádu se vypočítá z ohybových momentů ve vybraném řezu. V důsledku toho mohou být ohybové momenty v každém řezu různé:

$$e_{0y} = M_z/N_{Ed} \quad \text{et} \quad e_{0z} = M_y/N_{Ed}$$

Hodnoty excentricit a momentů 1. řádu lze zobrazit v Návrhu → Beton 1D → Vnitřní síly pro návrh:



Standardní náhled:

Vnitřní síly (MKP)

Extrém: ULS/1 (MSÚ)

Typ: Kombinace (lineární)

Návrhová situace: EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B

Typ zatížení	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]
Vnitřní síly (MKP)	-500,0	-100,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Obsah: LC1

Nepříznivý směr

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 _{iz/y} [mm]	e _{0min,z/y} [mm]	e _{0Edz/y} [mm]	e _{z/y} [mm]	e _{Edz/y} [mm]
y-y [⊥]	-500	-100	0	-100	200	0	0	200	0	200
z-z [⊥]	-500	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Návrhové síly (přepočtené)

Typ zatížení	N _{Ed} [kN]	M _{Ed,y} [kNm]	M _{Ed,z} [kNm]	V _{Ed,y} [kN]	V _{Ed,z} [kN]	M _{Ed,x} [kNm]
Návrhové síly (přepočtené)	-500,0	-100,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Norma	Popis	Řešení
N20	Výpočet imperfekce je vypnut uživatelem (e _i = 0).	

GEOMETRICKÉ IMPERFEKCE (článek 5.2)

Vždy je třeba vzít v úvahu vliv geometrických imperfekcí v obou případech: při výpočtu 1. i 2. řádu.

Geometrické imperfekce jsou standardně aktivovány v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → Nastavení řešiče → Vnitřní síly:

Nastavení pro betonové konstrukce

Pohledy: Kompletní nastavení | Nastavení po... | Načíst výchozí | Najít | Národní dodatek:

Popis	Sym...	Hodnota	Vých...	J...	Kapit...	Norma	Kon...	Typ ...
<vše>	<v...>	<vše>	<...>	<...>	<v...>	<v...>	<...>	<...>
<ul style="list-style-type: none"> Výchozí nastavení návrhu <ul style="list-style-type: none"> Výztuž Minimální krytí Nastavení řešiče <ul style="list-style-type: none"> Obecné Vnitřní síly <ul style="list-style-type: none"> Redukce smykové síly nad podporami Redukce momentu nad podporami Posun momentové křivky k pokrytí p... Geometrické imperfekce v MSÚ Geometrické imperfekce v MSP Minimální excentricita Excentricita 1. řádu s ekvivalentním ... Excentricita 2. řádu Modifikace vnitřních sil Návrh As Konverze na pruty Interakční diagram Smyk Kroucení 								

Poznámka

$\theta_1 = 0$

$\theta_1 = \theta_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m$

Je-li zapnuto, uvažuje se pro výpočet excentricity prvního řádu geometrická imperfekce.

OK Storno

Imperfekce je nutno zohlednit v mezním stavu únosnosti a naopak je není nutno uvažovat v mezním stavu použitelnosti, viz čl. 5.2(2P) a 5.2(3) v EN 1992-1-1. Proto je výchozí nastavení v programu:

- Geometrické imperfekce MSÚ = ANO
- Geometrické imperfekce MSP = NE

Uživatel si tak může nezávisle nastavit, zda bude imperfekce zohledněna pro MSÚ nebo MSP.

Ve SCIA Engineer je geometrická imperfekce reprezentována odklonem od svislice podle článku 5.2(5) v EN 1992-1-1. Pro obě osy (y a z LSS) se sklon vypočítá následovně:

$$\theta_{i,y(z)} = \theta_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_{m,y(z)} \quad (5.1)$$

kde:

- θ_0 je základní hodnota
- α_h redukční součinitel pro délku nebo výšku $\alpha_h = 2/\sqrt{l}$; $2/3 \leq \alpha_h \leq 1$
- $\alpha_{m,y(z)}$ redukční součinitel pro počet prvků $\alpha_{m,y(z)} = \sqrt{0,5 \cdot (1 + 1/m_{y(z)})}$
- l délka nebo výška prvku/konstrukce [m],
 - samostatný prvek $l = L$, kde L je systémová délka prvku
 - konstrukce $l = H$, kde H je celková výška budovy (vzpěrný systém).

$m_{y(z)}$ počet svislých prvků přispívajících k celkovému účinku imperfekce kolmo k $y(z)$

Hodnotu 'l' a ' $m_{y(z)}$ ' je možné definovat v nastavení vzpěru.

Vliv imperfekce pro samostatně stojící sloup a pro konstrukci se vždy bere v úvahu jako excentricita podle článku 5.2(7a) v EN 1992-1-1:

$$e_{i,y} = \theta_{i,z} \cdot l_{0,z} / 2, \quad e_{i,z} = \theta_{i,y} \cdot l_{0,y} / 2$$

Minimální excentricita 1. řádu se počítá podle článku 6.1(4) v EN 1992-1-1. To lze zobrazit Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → Nastavení řešiče → Vnitřní síly → Minimální excentricita:

Nastavení pro betonové konstrukce

Pohledy: Kompletní nastavení | Nastavení po... | Načíst výchozí | Najít | Národní dodatek: []

Popis	Sym...	Hodnota	Vý...	J..	Ka...	No...	K...	T...
<vše>	<v...>	<vše>						
▲ Výchozí nastavení návrhu								
▶ Výztuž								
▶ Minimální krytí								
▲ Nastavení řešiče								
▶ Obecné								
▲ Vnitřní síly								
Redukce smykové síly nad podporami		<input type="checkbox"/>			6.2...	EN 1...	No...	Na...
Redukce momentu nad podporami		<input type="checkbox"/>			5.3...	EN 1...	No...	Na...
Posun momentové křivky k pokrytí p...		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.2...	EN 1...	No...	Na...
Geometrické imperfekce v MSÚ	$e_{i,ULS}$	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		5.2(2)	EN 1...	Sl...	Na...
Geometrické imperfekce v MSP	$e_{i,SLS}$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		5.2(3)	EN 1...	Sl...	Na...
▶ Minimální excentricita	e_{min}	V excentricitě 1. řádu	V ex...		6.1(4)	EN 1...	Sl...	Na...
Excentricita 1. řádu s ekvivalentním ...		Ne	<input checked="" type="checkbox"/>		5.8...	EN 1...	Sl...	Na...
Excentricita 2. řádu	e_2	V excentricitě 1. řádu V celkové excentricitě	<input checked="" type="checkbox"/>		5.8.8	EN 1...	Sl...	Na...
▶ Modifikace vnitřních sil								
▶ Návrh As								
▶ Konverze na pruty								
▶ Interakční diagram								
▶ Smyk								
▶ Kroucení								
▶ Omezení napětí								

Poznámka

A) No $e_0 = e_1 + e_i$
 $e = e_0 + e_2$

B) Min. ecc. to first order ecc.
 $e_0 = \max(e_1 + e_i; e_{0min})$
 $e = e_0 + e_2$

C) Min. ecc. to final ecc.
 $e_0 = e_1 + e_i$
 $e = \max(e_0 + e_2; e_{0min})$

$e_{0min} = \max(h/30; 20mm)$

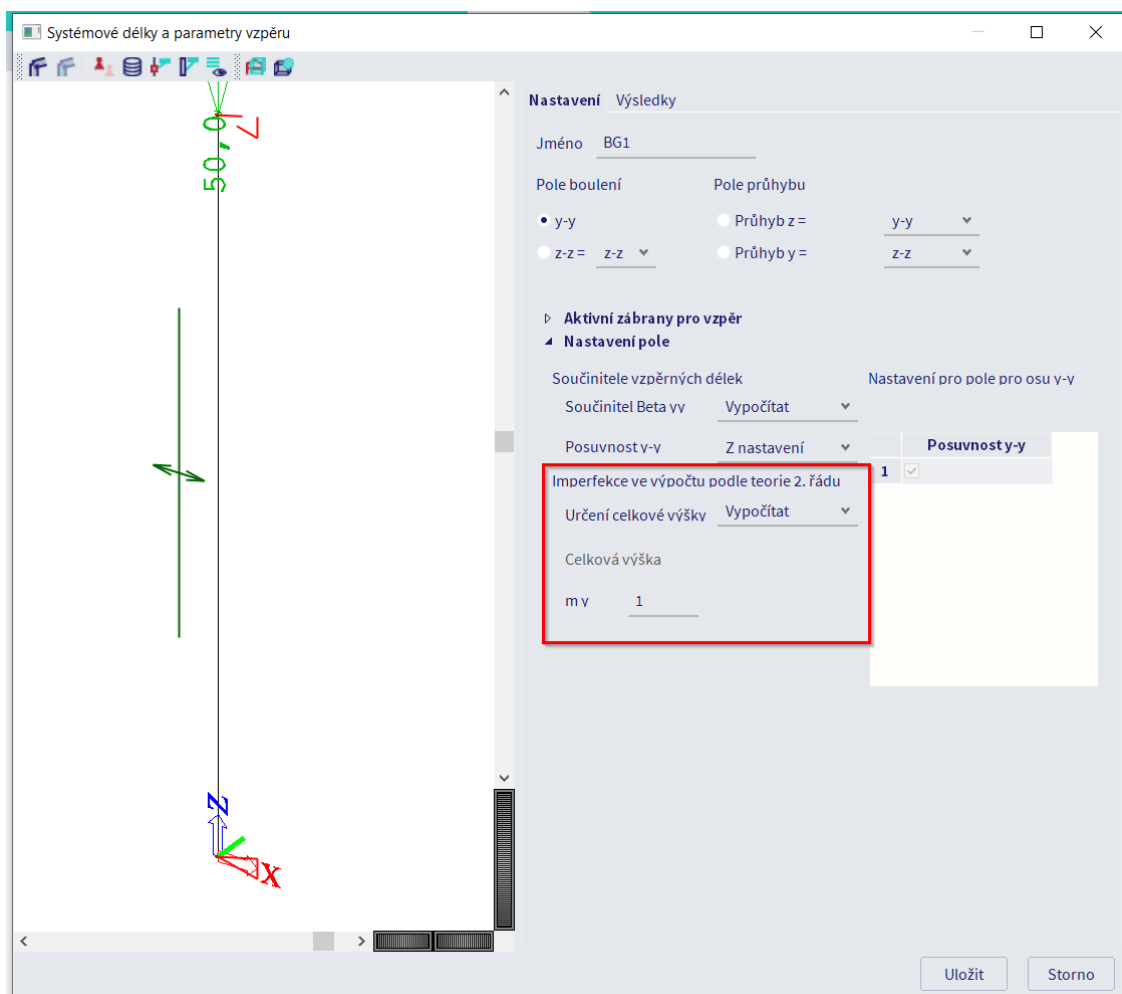
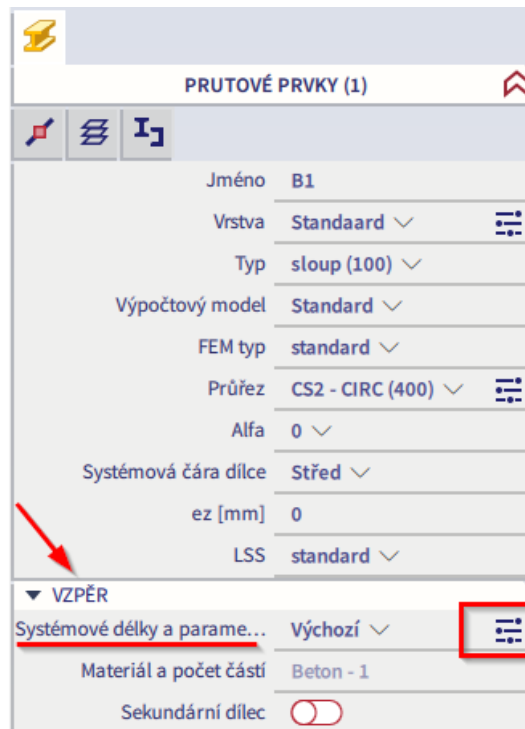
Minimální hodnotu excentricity lze nastavit následovně:
A) Vypnuto, neuvažuje se žádná minimální hodnota
B) Minimum se uvažuje pro výpočet excentricity prvního řádu
C) Minimum se uvažuje pro konečnou hodnotu excentricity

e_1 - excentricita momentu 1. řádu
 e_2 - excentricita momentu 2. řádu
 e_i - excentricita od imperfekce

OK Storno

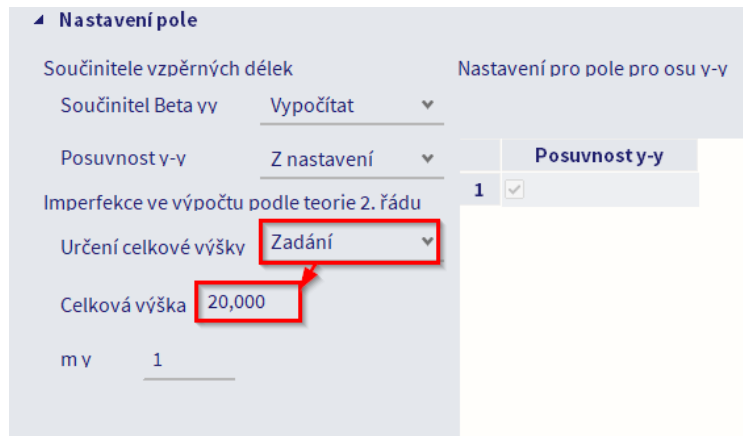
Nastavení vzpěru 'l' a 'm_{y(z)}'

Hodnotu 'l' a 'm_{y(z)}' pro výpočet geometrické imperfekce je možné nastavit ve vlastnostech sloupu → Vzpěr → Systémové délky a parametry vzpěru → Spravovat:



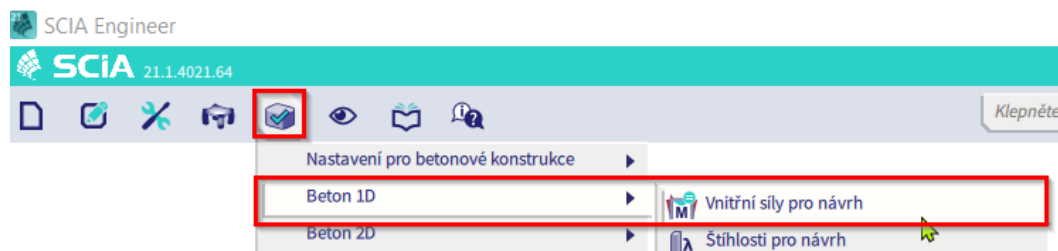
Když otevřete dialog “Systémové délky a parametry vzpěru”, musíte definovat „**Aktivní zábrany pro vzpěr**” a také “**Nastavení pole**” pro vzpěr kolem lokální osy y (pole boulení y-y) a lokální osy z (pole boulení z-z).

- **Určení celkové výšky:** nastavení typu výpočtu celkové výšky budovy nebo délky samostatně stojících sloupů:
 - *Vypočítat:* H_{tot} se vypočítá automaticky jako součet délek všech prutů ve vzpěrnostním systému.
 - *Zadání:* manuální zadání hodnoty celkové výšky H_{tot} .



- **my/z:** počet svislých prvků přispívajících k celkovému účinku imperfekce kolmo k ose y/z LSS.

Excentricity způsobené geometrickými imperfekcemi lze zobrazit v Návrhu → Beton 1D → Vnitřní síly pro návrh → Standardní výstup:



Second order effect and imperfections

Axis	N_{Ed} [kN]	$M_{0Edy/z}$ [kNm]	$M_{2y/z}$ [kNm]	$M_{Edy/z}$ [kNm]	$e_{0z/y}$ [mm]	$e_{iz/y}$ [mm]	$e_{0min,z/y}$ [mm]	$e_{0Edz/y}$ [mm]	$e_{2z/y}$ [mm]	$e_{Edz/y}$ [mm]
y-y	-405	-49.1	0	-49.1	100	21.2	20	121	0	121
z-z	-405	8.1	0	8.1	0	0	-20	-20	0	-20

Po výpočtu excentricity 1. řádu včetně vlivu imperfekce se vypočítá moment 1. řádu, včetně vlivu imperfekcí kolem osy y (z) LCS:

$$M_{0Ed,y(z)} = N_{Ed} \cdot e_{0Ed,z(y)}$$

$$e_{0Ed,y(z)} = e_{0,y(z)} + e_{i,y(z)} > e_{0,min,y(z)}$$

- $e_{0,y(z)}$ excentricita 1. řádu
- $e_{i,y(z)}$ excentricita způsobená geometrickou imperfekcí
- $e_{0,min}$ minimální excentricita prvního řádu

✚ ÚČINKY 2. ŘÁDU

Norma EN 1992-1-1 definuje několik metod pro výpočet účinků 2. řádu s osovým zatížením (obecná metoda, zjednodušená metoda založená na jmenovité tuhosti, zjednodušená metoda založená na jmenovité křivosti...).

Ve SCIA Engineer jsou k dispozici následující metody:

- Obecná metoda podle článku 5.8.2(2) – založena na nelineárním výpočtu.
- Metoda založená na jmenovité křivosti dle článku 5.8.8.

Zjednodušená metoda se bere v úvahu:

- pro mezní stav únosnosti
- pro typ dílce = sloup namáhaný tlakem, což je určeno posudkem Tlačeného dílce.
- pokud je volba „Excentricita 2. řádu“ zapnutá v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → Vnitřní síly. Tato volba je aktivována ve výchozím nastavení.
- pokud platí, že štíhlost $\lambda > \lambda_{lim}$.

Jmenovitý moment druhého řádu M_2 je spočten podle článku 5.8.8.2(3) z EN 1992-1-1:

$$M_{2,y(z)} = N_{Ed} * e_{2,z(y)}$$

kde:

N_{Ed} je návrhová hodnota normálové síly
 $e_{2,z(y)}$ excentricita 2. řádu

Pokud jsou splněna všechna výše uvedená kritéria pro zjednodušenou metodu, excentricita 2. řádu se vypočítá podle vzorce:

$$e_{2y(z)} = (1/r)_{z(y)} \cdot l_{0z(y)}^2 / c_{z(y)}$$

v opačném případě se spočítá podle vzorce:

$$e_{2,y(z)=0}$$

kde:

$(1/r)_{z(y)}$ zakřivení kolem $z(y)$, vypočtené podle bodu 5.8.8.3

$l_{0,z(y)}$ účinná délka sloupu kolem $z(y)$ – vzpěrná délka

$c_{z(y)}$ součinitel závislý na rozdělení zakřivení kolem osy $z(y)$ podle bodu 5.8.8.2(4):

- = 8 pro konstantní (nenulový) ohybový moment 1. řádu podél sloupu a v případě, že se bere v úvahu ekvivalentní ohybový moment (Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → Vnitřní síly → aktivovat volbu „Excentricita 1. řádu s ekvivalentním ohybovým momentem“)
- = 10 pro jiné případy

$\lambda_{z(y)}$ štíhlost

$\lambda_{z(y),lim}$ limitní (mezní) štíhlost

Vzpěrná délka

Efektivní délka neboli vzpěrná délka je ve SCIA Engineer počítána automaticky. Uvědomte si, že vzorce pro automatický výpočet platí pouze pro jednoduché konstrukce!

Hodnotu vzpěrné délky je možné zadat i ručně.

Automatický výpočet vzpěrné délky

Výpočet vzpěrné délky závisí na typu konstrukce – s posuvnými nebo neposuvnými uzly.

Používají se dva přibližné vzorce: jeden vzorec pro konstrukci s neposuvnými uzly (výsledkem je součinitel vzpěru $\beta \leq 1$) a jeden vzorec pro konstrukci s posuvnými uzly (výsledkem je součinitel vzpěru $\beta \geq 1$):

- Konstrukce s neposuvnými uzly:

$$\beta = \frac{(\rho_1\rho_2 + 5\rho_1 + 5\rho_2 + 24)(\rho_1\rho_2 + 4\rho_1 + 4\rho_2 + 12)^2}{(2\rho_1\rho_2 + 11\rho_1 + 5\rho_2 + 24)(2\rho_1\rho_2 + 5\rho_1 + 11\rho_2 + 24)}$$

- Konstrukce s posuvnými uzly:

$$\beta = x \sqrt{\frac{\pi^2}{\rho_1 x} + 4}$$

kde:	β	součinitel vzpěrné délky
	L	systémová délka
	E	Youngův modul pružnosti
	I	moment setrvačnosti
	C_i	tuhost v uzlu i
	M_i	moment v uzlu i
	ϕ_i	stočení uzlu i

$$x = \frac{4\rho_1\rho_2 + \pi^2\rho_1}{\pi^2(\rho_1 + \rho_2) + 8\rho_1\rho_2}$$

$$\rho_i = \frac{C_i L}{EI}$$

$$C_i = \frac{M_i}{\phi_i}$$

Hodnoty M_i a ϕ_i se stanovují přibližně použitím vnitřních sil a deformací, vypočtených ze zatěžovacích stavů, které generují tvary deformací podobné tvarům vybočení vzpěrem.

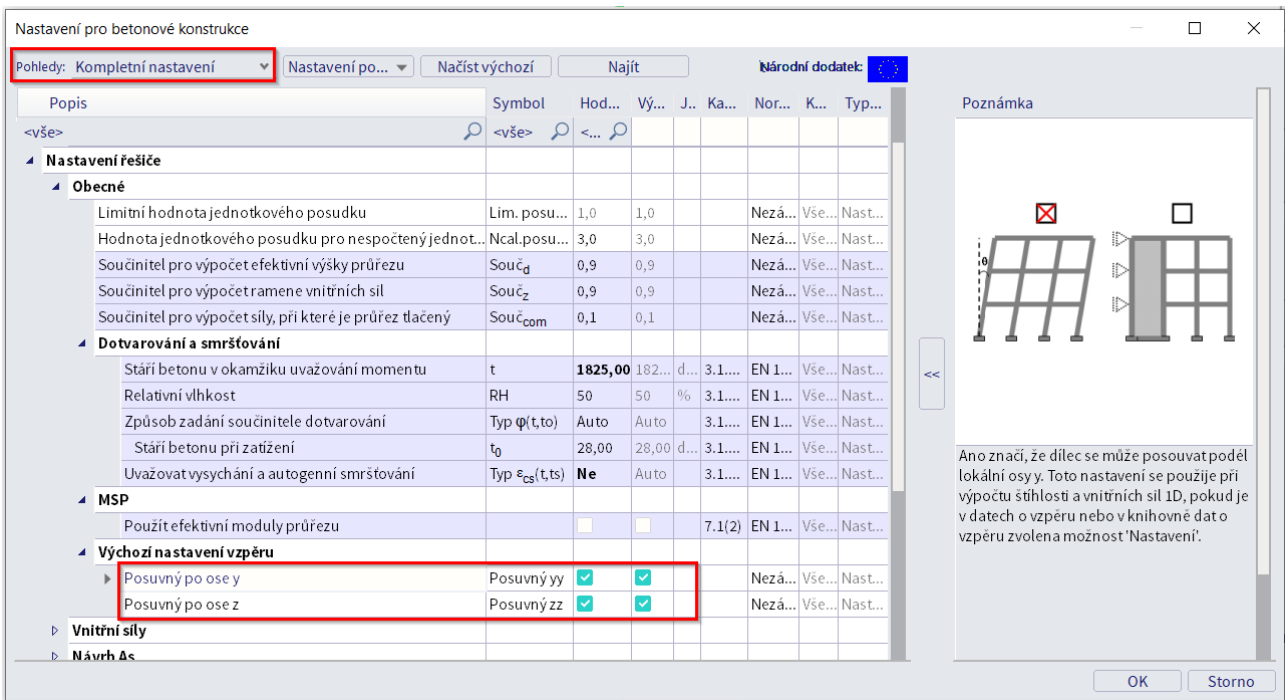
Výpočet součinitele vzpěru β se provádí automaticky při lineárním výpočtu konstrukce. K tomu se na pozadí generují dva další zatěžovací stavy. Zatěžovací stavy použité k tomuto účelu obsahují jednotková zatížení, která generují vodorovné posuny konstrukce:

- Zatěžovací stav 1:
 - na nosnících se používá lokálně rozložené zatížení $q_y=1$ N/m a $q_z=-100$ N/m
 - na sloupech se používá globálně rozložené zatížení $Q_x=10000$ N/m a $Q_y=10000$ N/m
- Zatěžovací stav 2:
 - na nosnících se používá lokálně rozložené zatížení $q_y=-1$ N/m a $q_z=-100$ N/m
 - na sloupech se používá globálně rozložené zatížení $Q_x=-10000$ N/m a $Q_y=-10000$ N/m

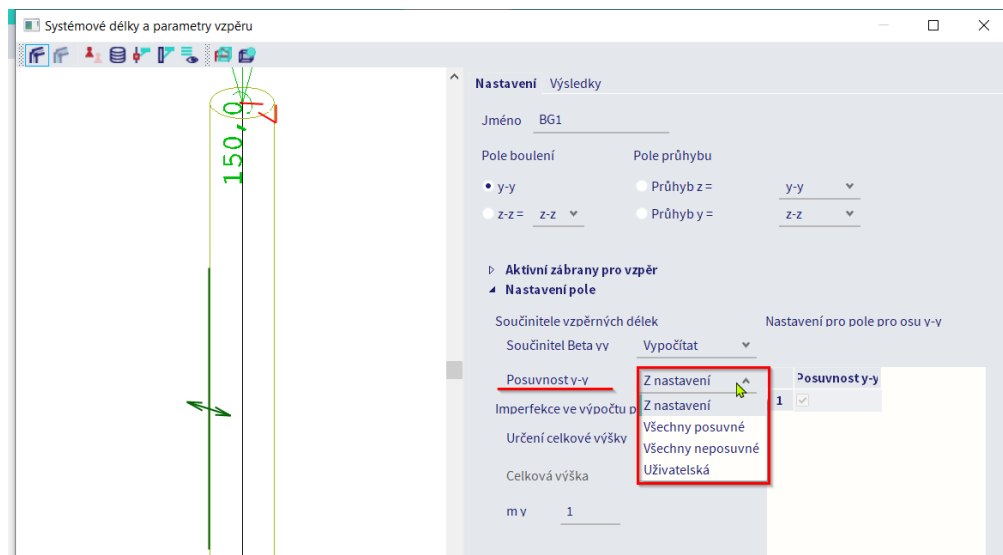
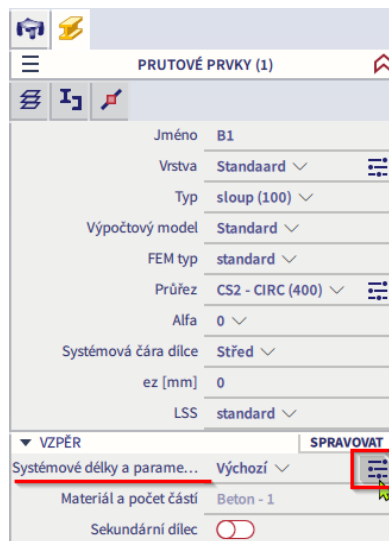
Vzhledem k tomu, že tyto zatěžovací stavy a tím i součinitele vzpěru se počítají při lineárním výpočtu, je nutné vždy provést lineární výpočet konstrukce.

Poznámka: Použitý přístup poskytuje dobré výsledky pro rámové konstrukce s kolmým tuhým nebo polotuhým připojením nosníků. Výsledky jsou pouze doporučené a je na uživateli, aby vyhodnotil jejich použití.

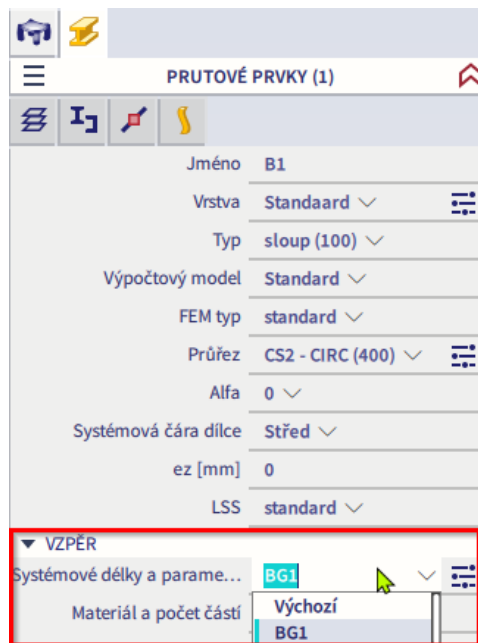
Ve výchozím nastavení je konstrukce považována za kyvnou ve směru 'y' i 'z'. Posuvnost je možné editovat pro celou konstrukci v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → Nastavení řešiče → Obecné → Výchozí nastavení vzpěru:



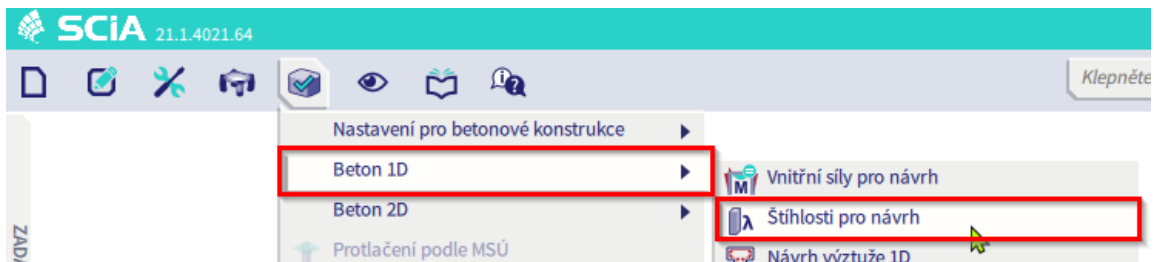
Tato výchozí nastavení může být nastaveno také pro konkrétní sloup v projektu a to ve vlastnostech prutu → Systémové délky a parametry vzpěru → Spravovat:



V případě editace vlastností v dialogu “Systémové délky a parametry vzpěru” bude vytvořena nová vzpěrná skupina **BG1**, která může být přiřazena v panelu vlastností i dalším sloupům:



Vypočítanou vzpěrnou délku lze zobrazit v nabídce Návrh → Beton 1D → Štíhlost pro návrh:



Štíhlost (návrh)

Lineární výpočet
Zatěžovací stav: LC1
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše

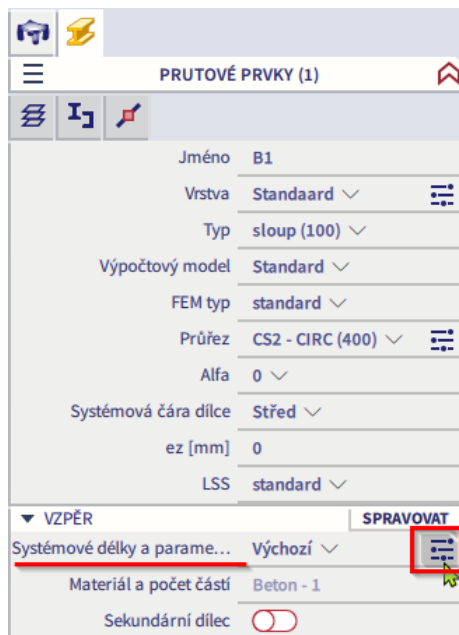
Sloup B1	CIRC (400)
EC EN 1992-1-1:2004/AC:2008	Řez 0 [dx = 0 m]

Štíhlost

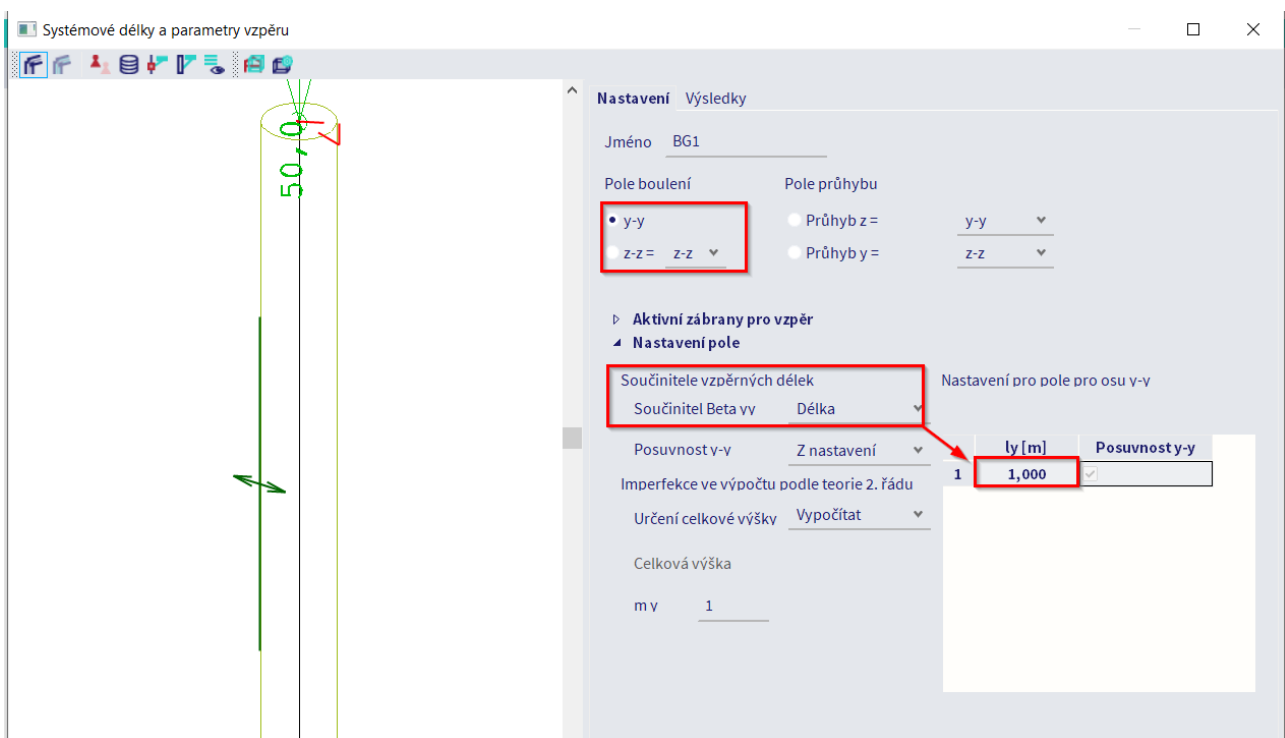
Osa	Podpřený	$L_{z/y}$ [m]	$\beta_{zz/yy}$ [-]	$I_{0z/y}$ [m]	$\lambda_{z/y}$ [-]	$\lambda_{limz/y}$ [-]	$\lambda_{z/y} > \lambda_{limz/y}$
y-y \perp	Ne	4.5	2	9.01	90.3	29.6	2. řád
z-z \perp	Ne	4.5	1	4.5	45.1	29.6	2. řád

Manuální zadání vzpěrné délky

Vzpěrnou délku je možné zadat i manuálně a to ve vlastnostech prvku → Systémové délky a parametry vzpěru → Spravovat:



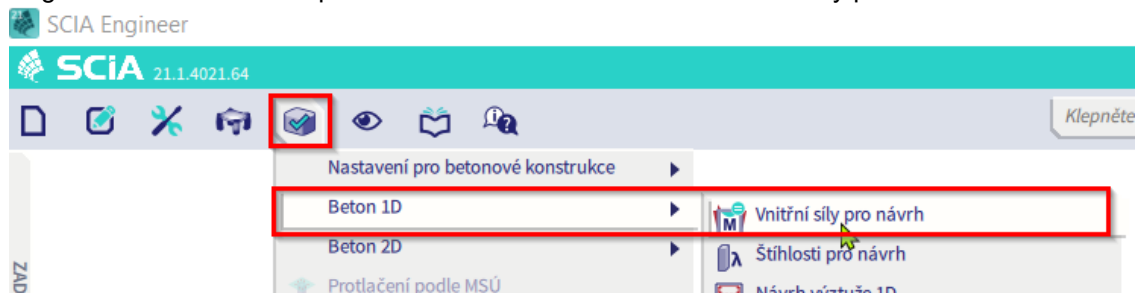
Možnost manuálního zadání **Součinitele vzpěrných délek** je přístupná v části ‚Nastavení pole‘. V tabulce ‚Nastavení pro pole pro osu y-y/z-z‘, můžete zadat vzpěrnou délku, kterou je třeba vzít v úvahu. Nastavení pro jednotlivé směry je možné přes „Pole boulení“ – přepínače y-y a z-z.



Více o výpočtu vzpěrných délek viz webinář “[CZ] Problematika zadávání a výpočtu vzpěrných délek ve SCIA Engineer” – odkaz [zde](#).

✚ NÁVRHOVÉ (PŘEPOČTENÉ) VNITŘNÍ SÍLY

Přepočítané vnitřní síly, které jsou použity pro dimenzování betonových konstrukcí, je možné najít ve SCIA Engineer v hlavním menu pod ikonou Návrh → Beton 1D → Vnitřní síly pro návrh:



Návrhový ohybový moment M_{Ed} je roven $M_{Ed} = M_{0Ed} + M_2$.

kde:

M_2 ohybový moment druhého řádu

M_{0Ed} ohybový moment zohledňující 1. řád a geometrické imperfekce

Příklad: '2nd order.esa'

Geometrie

Průřez sloupu: obdélník 350x350mm²

Výška sloupu: 4,5 m

Třída betonu: C45/55

Nastavení pro betonové konstrukce

Všechny výchozí nastavení jsou zachována.

To znamená, že jsou brány v úvahu geometrické imperfekce a účinky 2. řádu.

Zatížení

Vnitřní síly: $N = 405,00\text{kN}$
 $M_y = 40,50\text{kNm}$
 $M_z = 0\text{kNm}$

Nastavení vzpěru

Je ponecháno výchozí nastavení vzpěru tj. konstrukce je posuvná v obou směrech.

Vzpěrná délka je počítána automaticky programem.

Kritérium štíhlosti

Provádí se kontrola, zda je nutné uvažovat výpočet s vlivem účinků 2. řádu dle článku 5.8.3.1:

Pokud platí, že $\lambda > \lambda_{lim}$, účinky 2. řádu by měly být zohledněny.

Poznámka: Program v případě potřeby automaticky zohledňuje účinek 2. řádu. Posudek štíhlosti je tedy pouze doplňkovou informací pro uživatele.

Vnitřní síly

Zobrazte vnitřní síly pro návrh pro kombinaci ULS → návrhový ohybový moment M_{Ed} . Standardní výstup vypadá následovně:

Vnitřní síly (MKP)

Extrém: ULS/2 (MSÚ)
 Typ: Kombinace (lineární)
 Návrhová situace: EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B

Typ zatížení	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]
Vnitřní síly (MKP)	-405,0	-40,5	0,0	0,0	0,0	0,0

Obsah: 1.35*LC1

Účinky a imperfekce druhého řádu

Osa	N _{Ed} [kN]	M _{0Edy/z} [kNm]	M _{2y/z} [kNm]	M _{Edy/z} [kNm]	e _{Dz/y} [mm]	e _{iz/y} [mm]	e _{0min,z/y} [mm]	e _{0Edz/y} [mm]	e _{2z/y} [mm]	e _{Edz/y} [mm]
y-y [⊥]	-405	-49.1	-69.9	-119	100	21.2	20	121	173	294
z-z [⊥]	-405	8.6	71.7	80.3	0	-21.2	-20	-21.2	-177	-198

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)	-405,0	-119,0	80,3	0,0	0,0	0,0

Výsledky

Výsledné vnitřní síly pro návrh výztuže jsou uvedeny v Návrhu → Beton 1D → Návrh výztuže 1D → Výstup Standard:

Návrhové síly

Stav	N _{Ed} [kN]	V _{Edy} [kN]	V _{Edz} [kN]	T _{Ed} [kNm]	M _{Edy} [kNm]	M _{Edz} [kNm]	λ/λ _{lim} y-y [⊥]		λ/λ _{lim} z-z [⊥]	
ULS/1	-300,0	0,0	0,0	0,0	-30,0	0,0	-	-	-	-
ULS/2	-405,0	0,0	0,0	0,0	-119,0	80,3	2,39	2nd	2,39	2nd
ULS/1	LC1									
ULS/2	1.35*LC1									

Návrhové imperfekce

Stav	λ [-]	λ _{lim} [-]	e ₀ [mm]	e _{imp} [mm]	e _{min} [mm]	e ₁ [mm]	e ₂ [mm]	(λ/λ) _{max} [-]	(e/h) _{max} [-]	e _{tot} [mm]
ULS/2	y-y [⊥]	89,2	37,4	0	-21	-20	-21	-177	1,00	1,48
	z-z [⊥]	89,2	37,4	100	21	20	121	173	≤2.0	>0.2!

Podélná výztuž

Základní	Přídavná	d ₁ [mm]	A _{s,ult} [mm ²]	A _{s,min} [mm ²]	A _{s,req} [mm ²]	A _{s,prov} [mm ²]	s _{min} [mm]	s _{max} [mm]	Stav
[1] ---	---	43	539	61	539	0	254	264	Nevyh.
							≥37	≤350	
[2] ---	---		346	61	346	0	254	264	Nevyh.
							≥37	≤350	
[3] ---	---	43	539	61	539	0	254	264	Nevyh.
							≥37	≤350	
[4] ---	---		346	61	346	0	254	264	Nevyh.
							≥37	≤350	
ΣY ---	---				1078	0			
ΣZ ---	---				692	0			
Σ ---	---		A _{s,min} =245 mm ² ≤		1770	0	≤A _{s,max} =4900 mm ²		Nevyh.

Všimněte si, že pro výpočet výztuže byla použita biaxiální (dvouosá) metoda – viz detailní výstup Vnitřních sil pro návrh:

Redukce a úpravy

Úprava vnitřních sil: Auto(dvouosý) (N = Ano, M_y = Ano, M_z = Ano, M_x = Ano, V_y = Ano, V_z = Ano)

$$\rho_M = 0 < \rho_{lim} = 0.1a$$

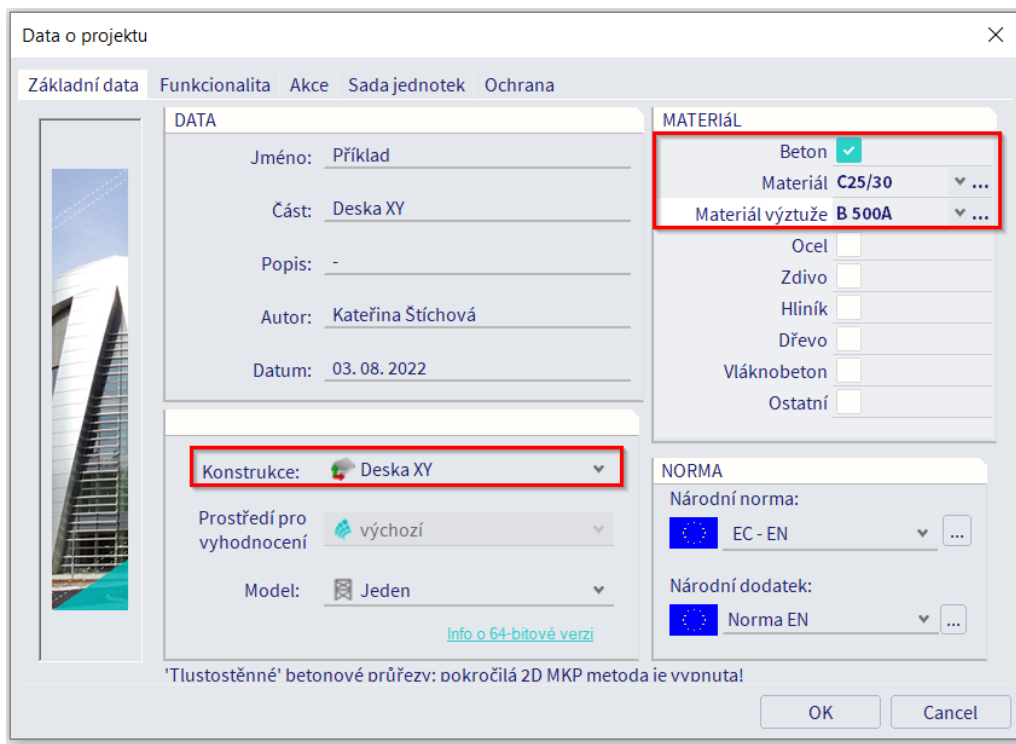
$$\rho_V = 1 > \rho_{lim} = 0.1 \text{ nebo } |V_y| = |V_z| = 0 \text{ kNm} \Rightarrow \text{Biaxiální}$$

1.8. Návrh desek

1.8.1. Příklad

ZADÁNÍ GEOMETRIE

Data projektu: rovinná úloha = Deska XY

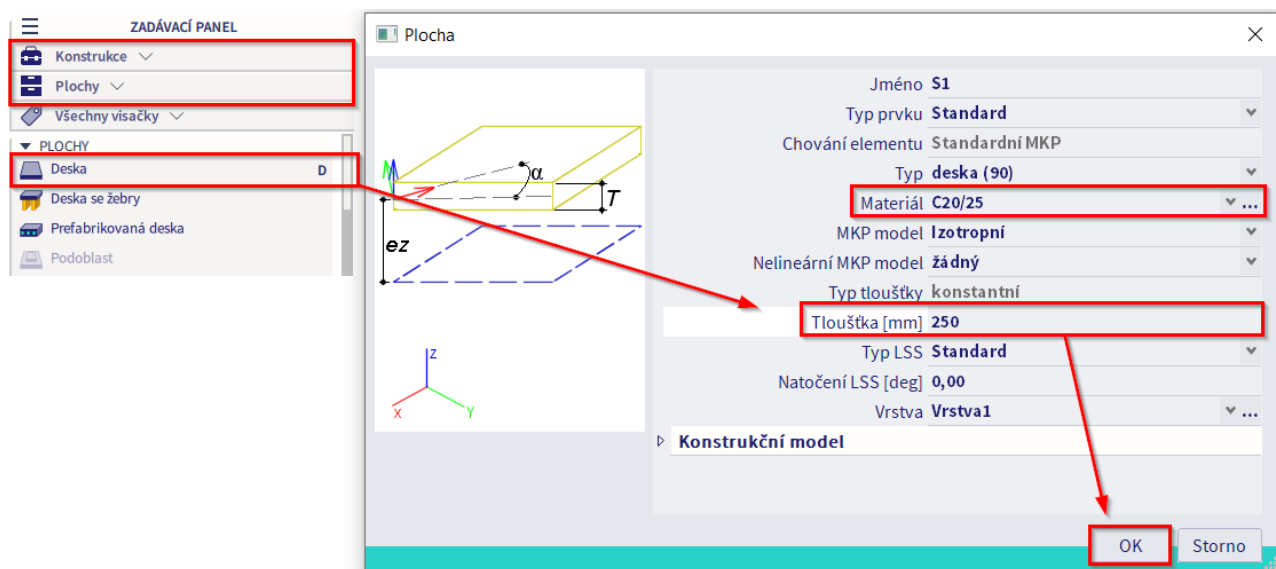


Použitá třída betonu: C25/30.

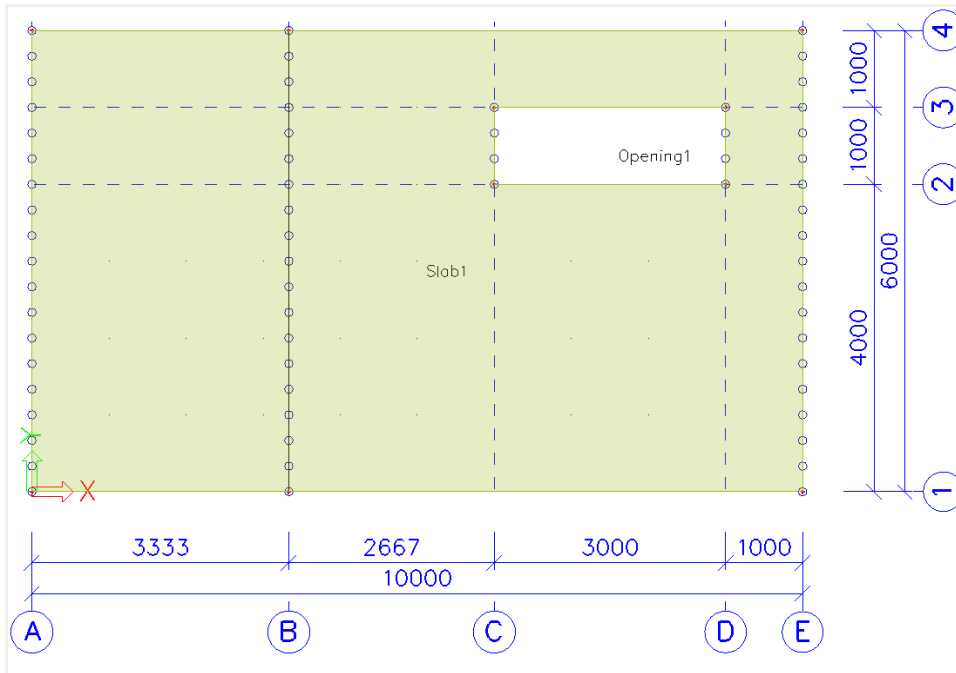
Materiál betonářské výztuže (např. B500A) vybraný v okně Data projektu bude definovat kvalitu oceli použitou pro návrh teoretické výztuže.

Vlastnosti desky:

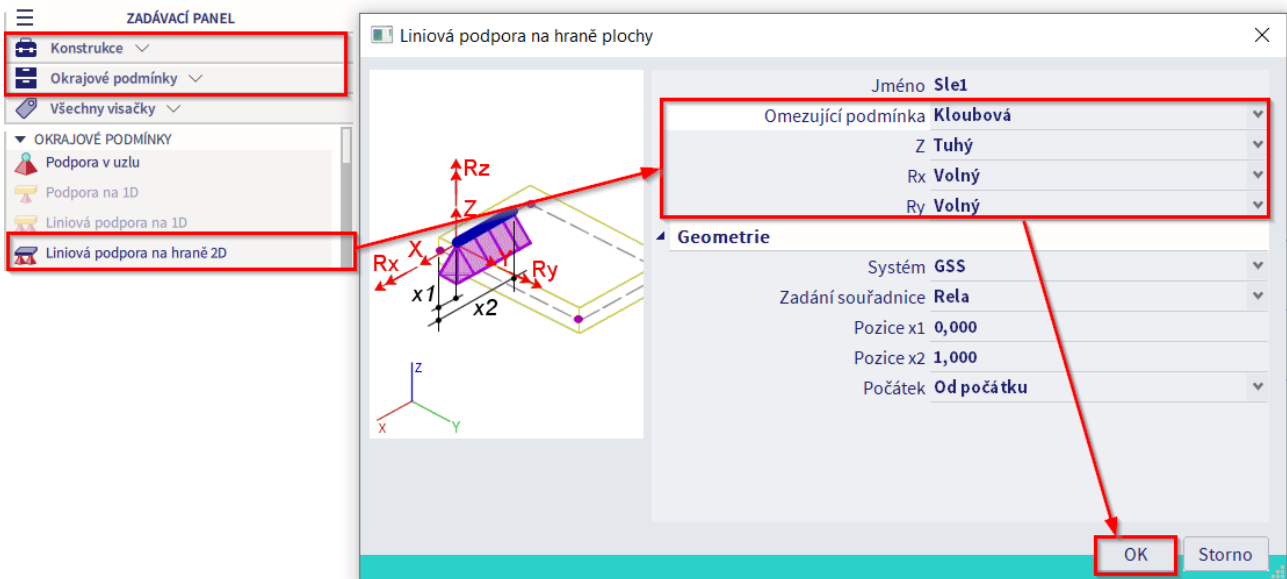
- Materiál: C20/25
- Tloušťka: 250 mm



Geometrie desky:



Vlastnosti podepření – liniová podpora na hraně 2D:

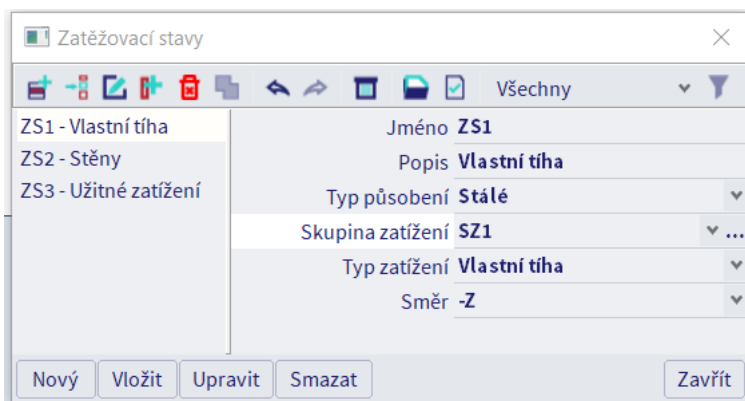


ZATÍŽENÍ

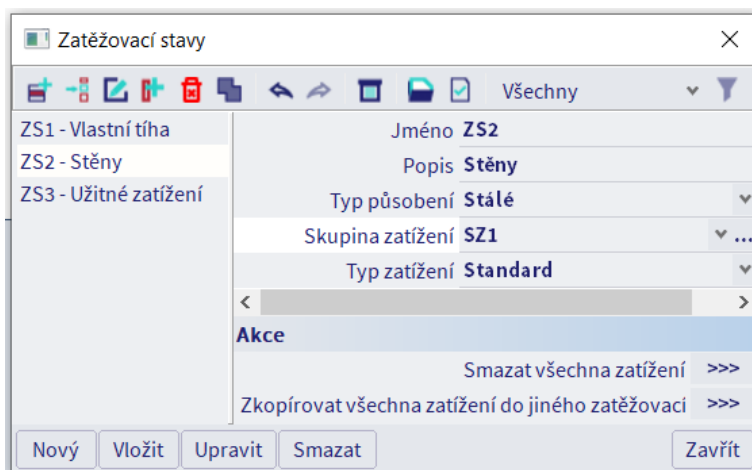
⇒ *Zatěžovací stavy & Skupiny zatížení*

Zatěžovací stav	Typ působení	Skupina zatížení	Vztah	EC1-Skupina zatížení
Vlastní tíha	Stálé	SZ1	/	/
Stěny	Stálé	SZ1	/	/
Užitné zatížení	Proměnné	SZ2	Standard	Kat B: Kanceláře

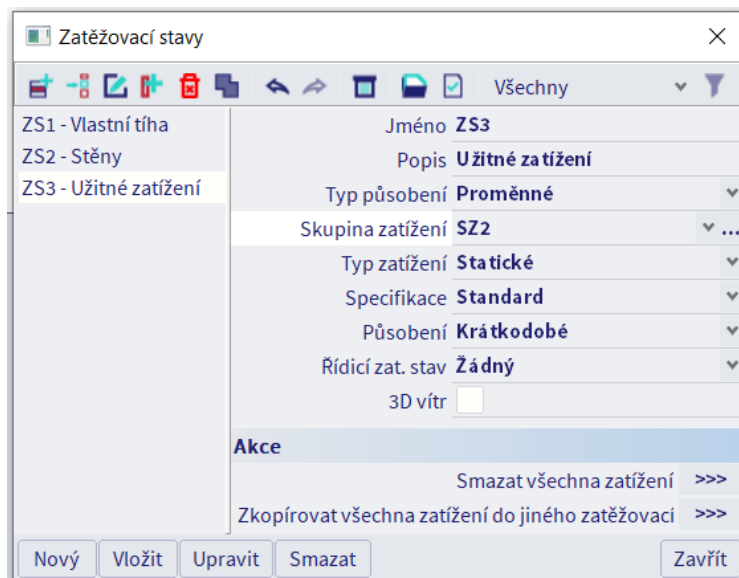
ZS1:



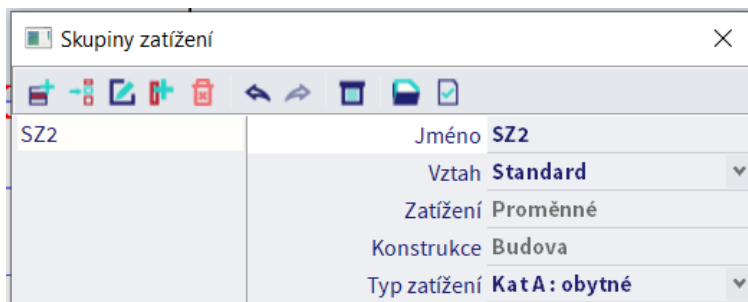
ZS2:



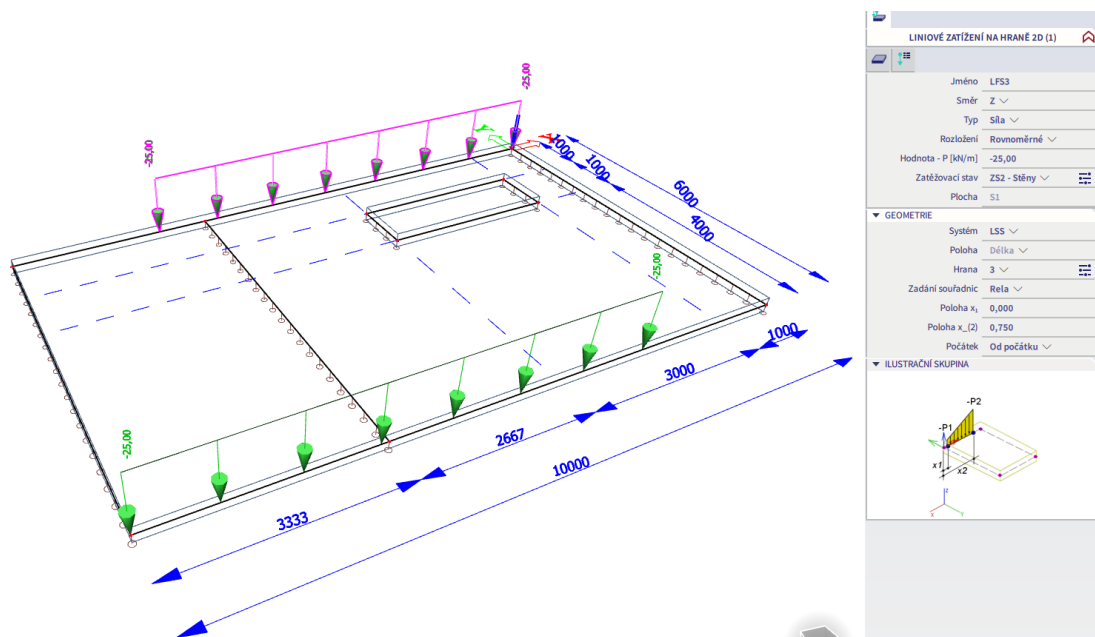
ZS3:



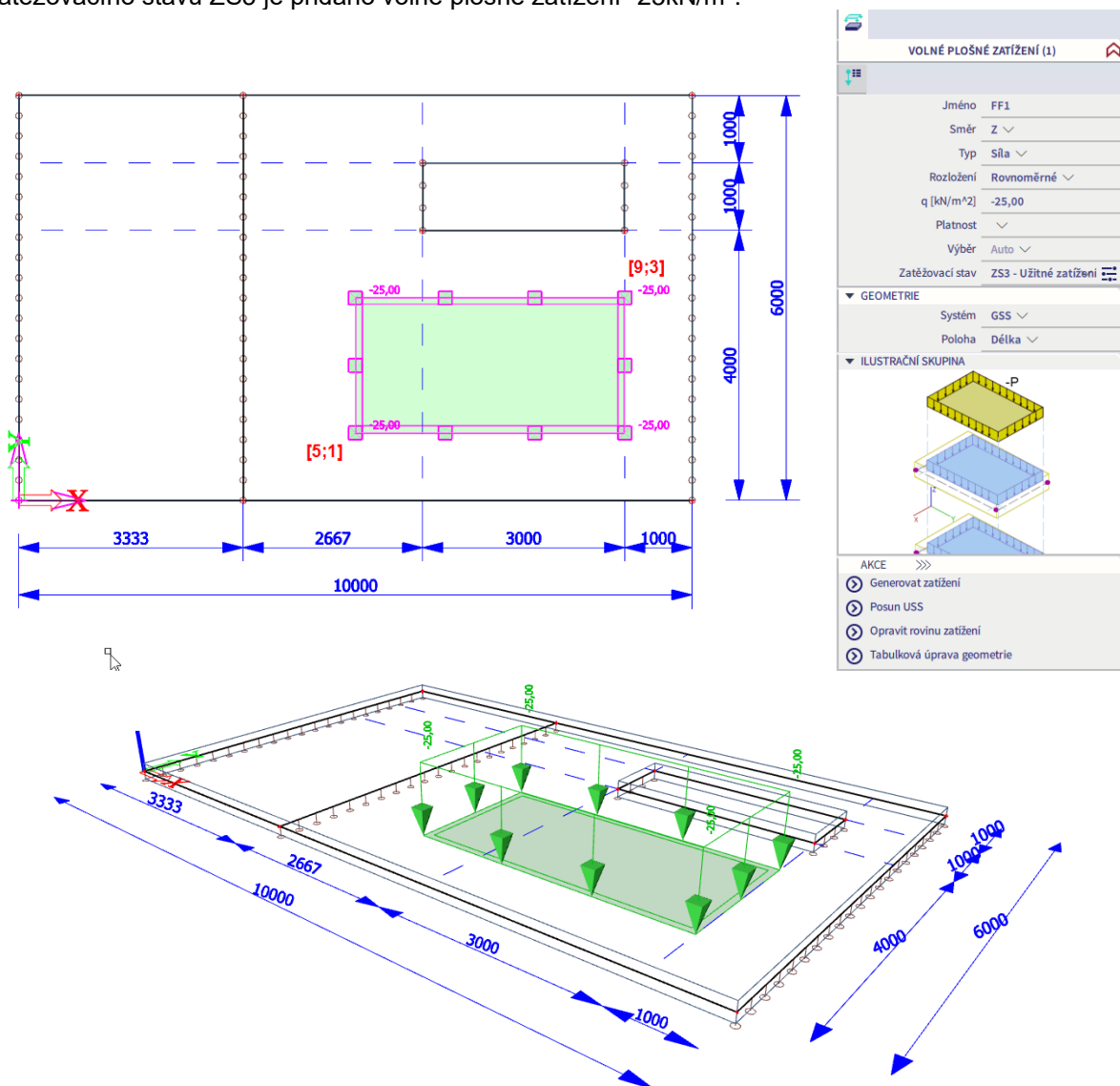
SZ2:



Do zatěžovacího stavu ZS2 jsou přidána liniová zatížení -25kN/m na hranách 2D plochy. Pozice obou liniových zatížení je nastavena na zadání souřadnic = relativně, poloha $x_1 = 0,000$, poloha $x_2 = 0,750$:



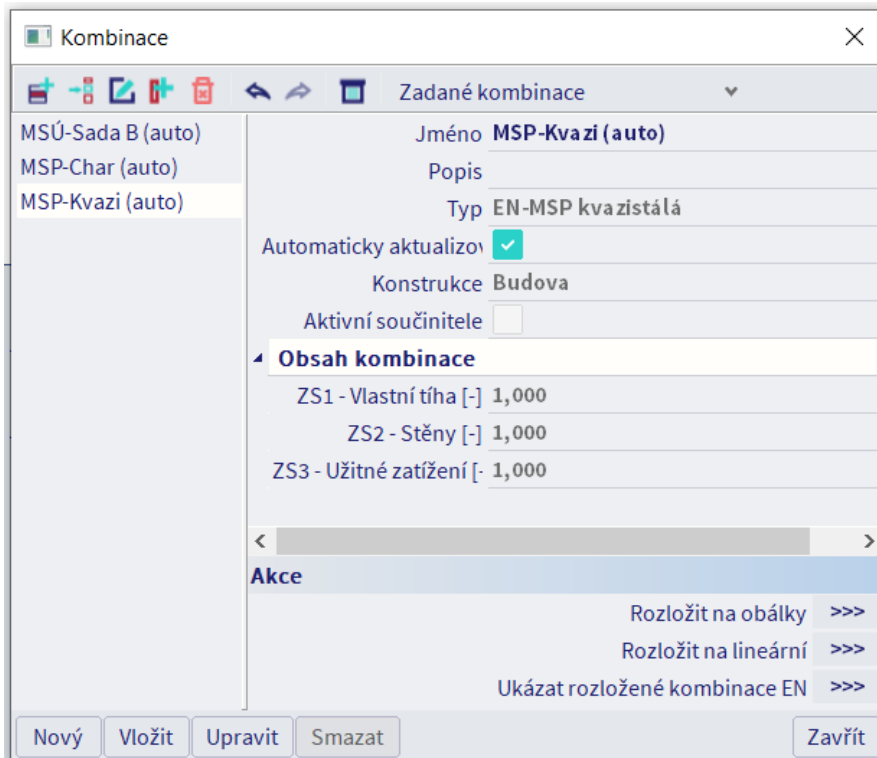
Do zatěžovacího stavu ZS3 je přidáno volné plošné zatížení -25kN/m^2 :



⇒ **Kombinace zatížení**

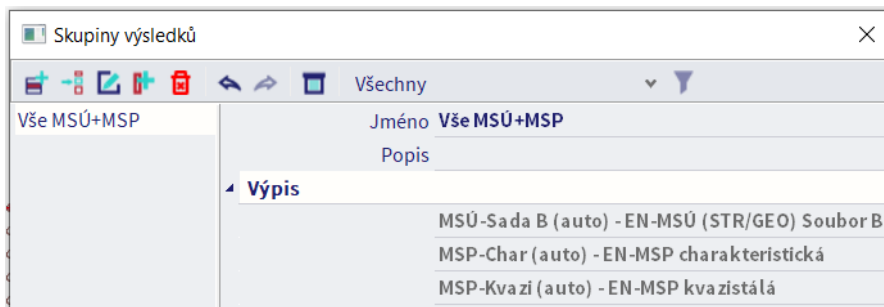
Automaticky generované kombinace zatížení:

Typ EN-MSÚ (STR/GEO) soubor B
 Typ EN-MSP charakteristická
 Typ EN-MSP kvazistálá



⇒ **Skupiny výsledků**

Vše MSÚ+MSP



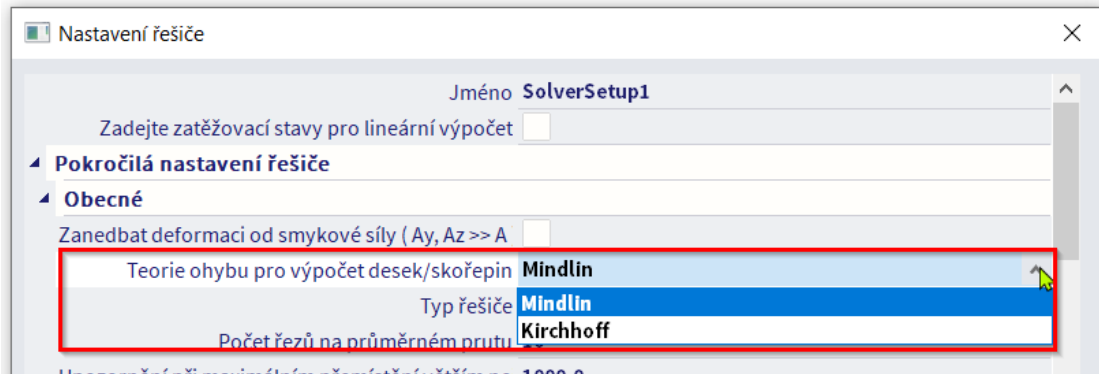
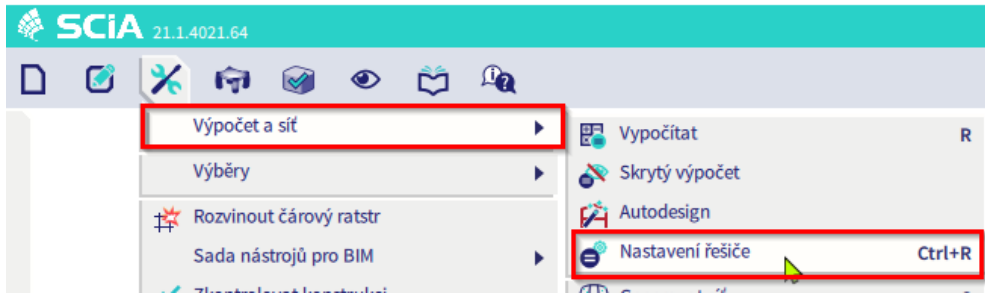
SIŤ KONEČNÝCH PRVKŮ

⇒ **Úvod**

Ve SCIA Engineer jsou implementovány 2 typy konečných prvků:

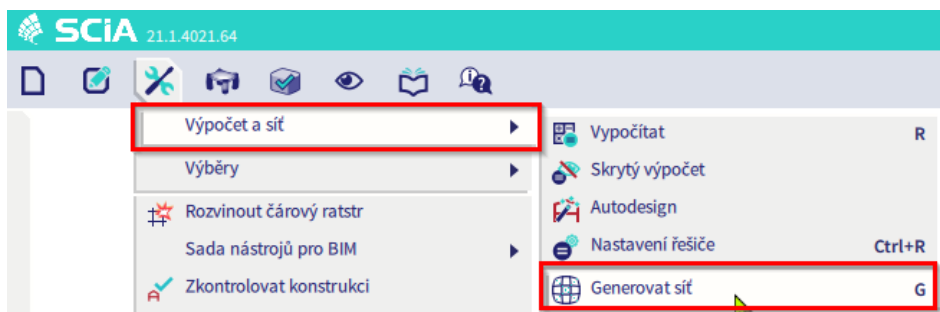
- **Mindlinův prvek** zahrnující deformaci od smykové síly, což je standard ve SCIA Engineer. Mindlinova teorie platí pro výpočet tenkých i tlustých desek.
- **Kirchhoffův prvek** bez deformace od smykové síly. Tento prvek lze použít pouze pro výpočet a návrh tenkých desek.

Typ prvku použitý pro aktuální výpočet je definován v nabídce nástrojů → Výpočet a síť → Nastavení řešiče:



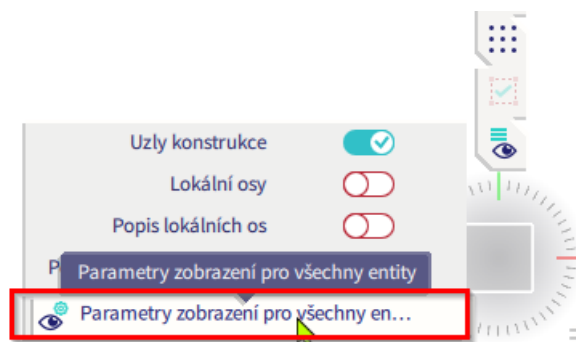
⇒ **Generace sítě**

Generaci sítě se provádí automaticky při spuštění výpočtu nebo je možné síť vygenerovat manuálně přes Nástroje → Výpočet a síť → Generovat síť:

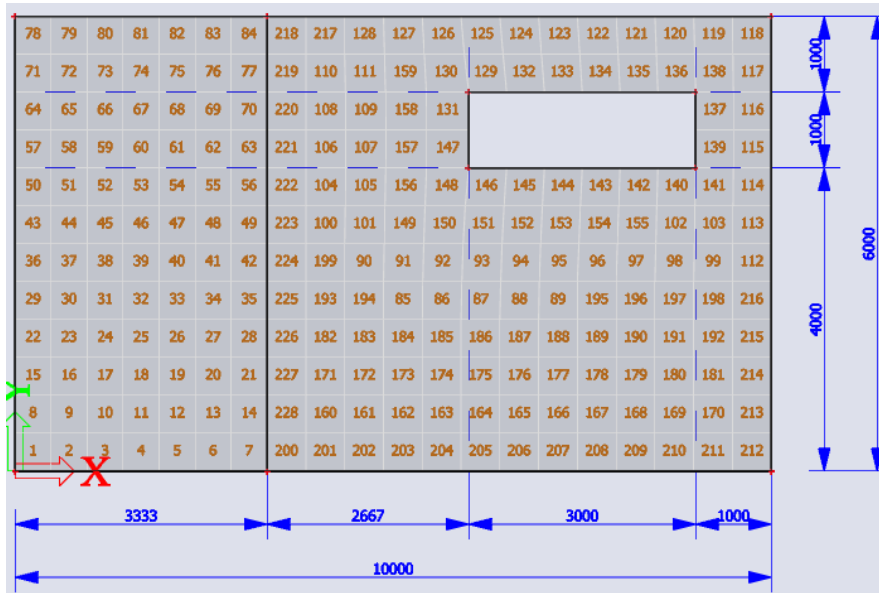
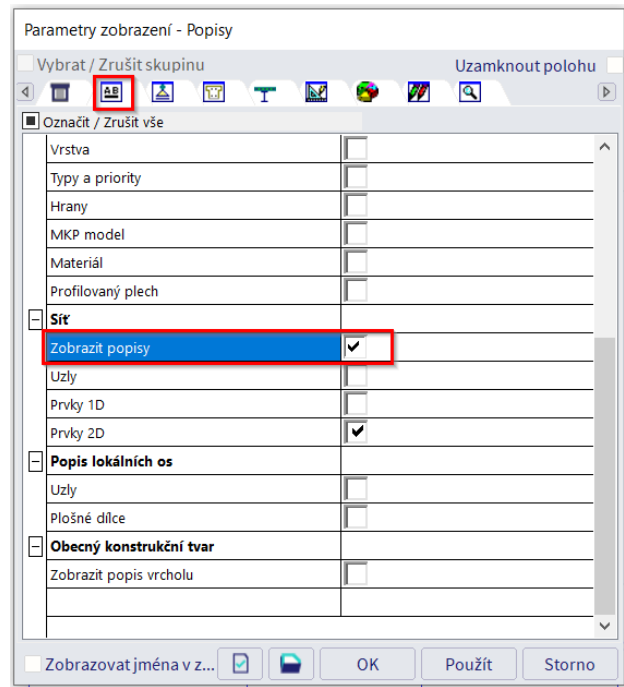
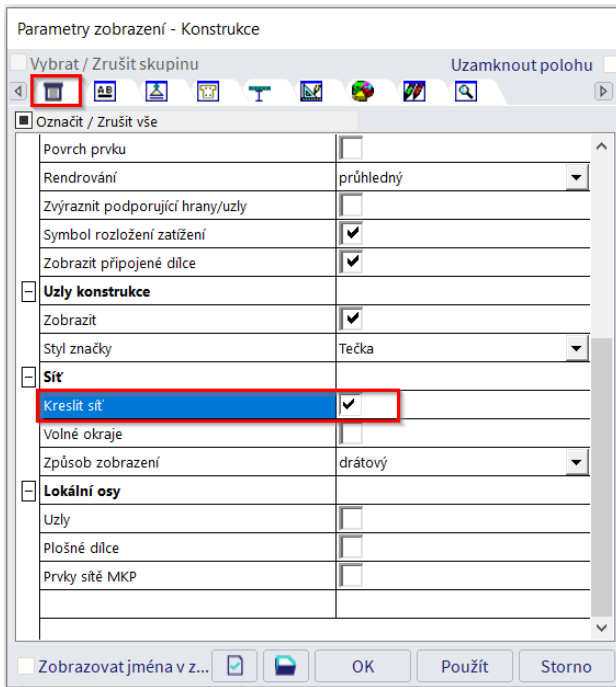


⇒ **Grafické zobrazení sítě**

Vygenerovanou síť je možné zobrazit přes Panel pohledu → Více voleb → Parametry zobrazení pro všechny entity (toto nastavení je možné otevřít také pravým klikem to modelového prostoru přes kontextové menu):

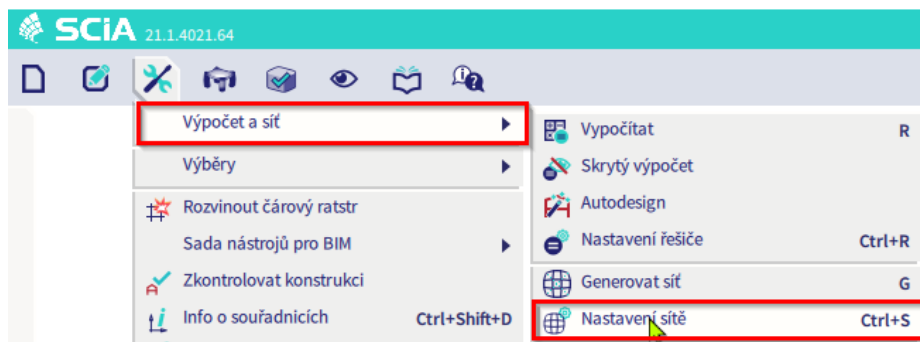


- Záložka "Konstrukce" → Síť → Kreslit síť
- Záložka "Popisy" → Síť → Zobrazit popisy – zobrazí se číslování konečných prvků sítě

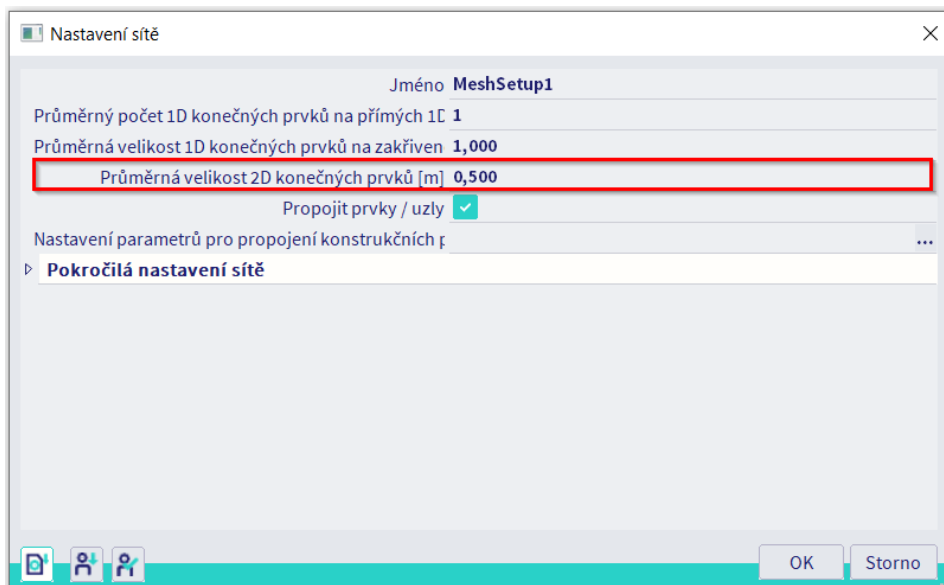


⇒ **Nastavení MKP sítě**

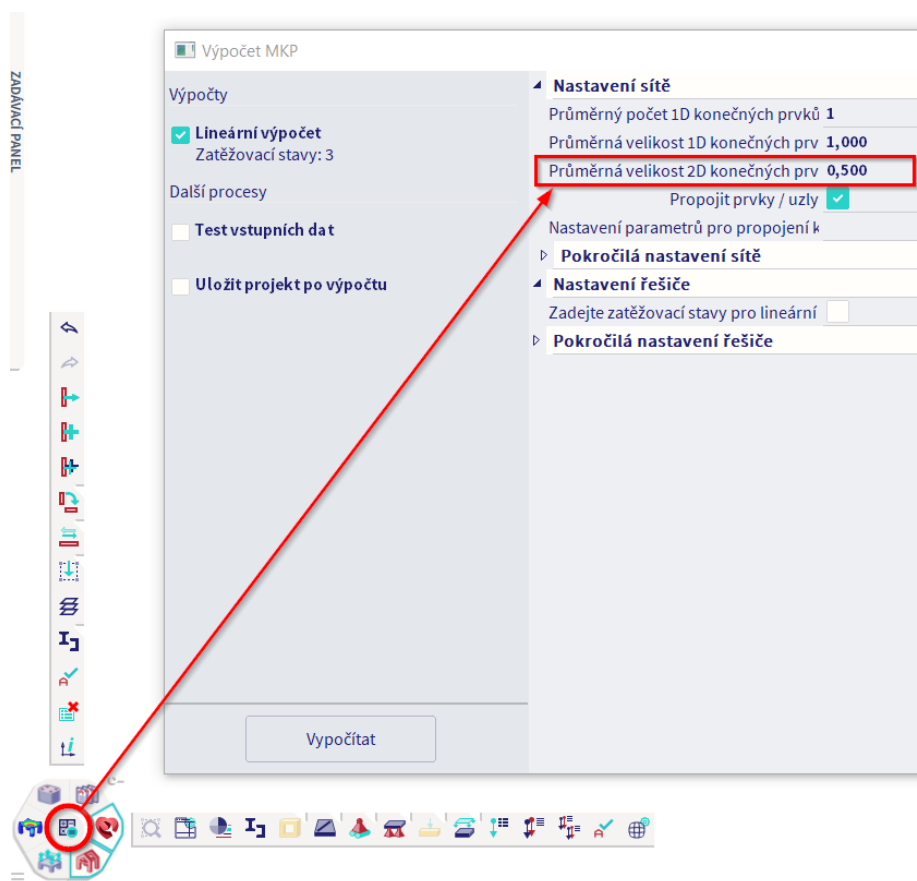
Nastavení sítě MKP se nachází v **Nástrojích** → **Výpočet a síť** → **Nastavení sítě**:



Výchozí hodnota Průměrné velikosti 2D konečných prvků je nastavena na 0,500 m. Tuto hodnotu je možné editovat.

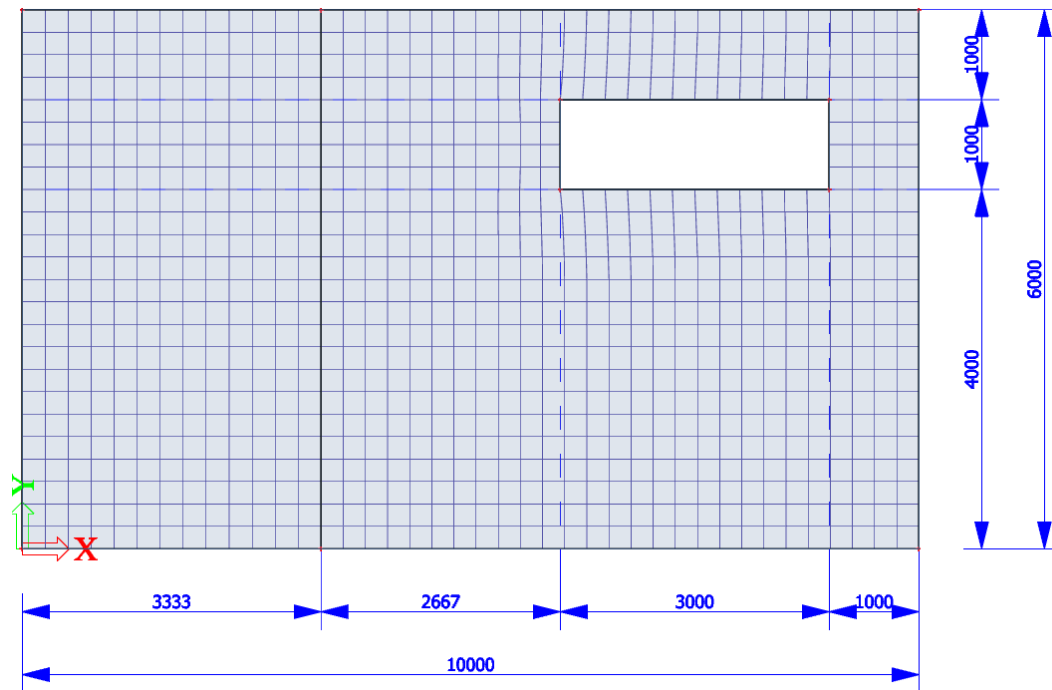


Velikost sítě lze změnit v okně analýzy konečných prvků před spuštěním výpočtu:



Velikost konečného prvku 2D prvku (desky, stěny) závisí na jeho velikosti. Pro plošné prvky menších rozměrů lze uvažovat obecné pravidlo – velikost konečného prvku by se měla pohybovat v rozmezí 1-2 násobku tloušťky 2D prvku.

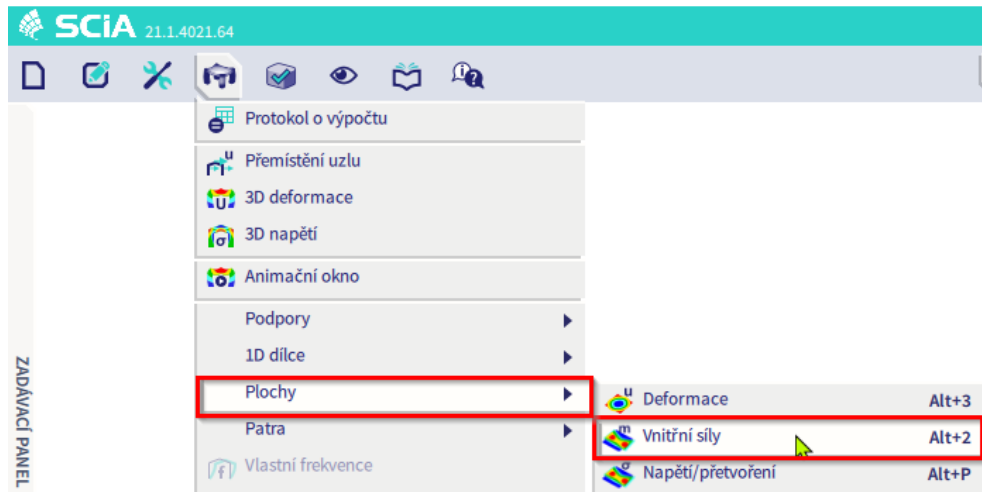
V popisovaném příkladu má deska rozměry 10x6m, jedná se tedy o desku malých rozměrů a proto bude uvažována velikost konečného prvku = tloušťce desky tj. 0,250 m.



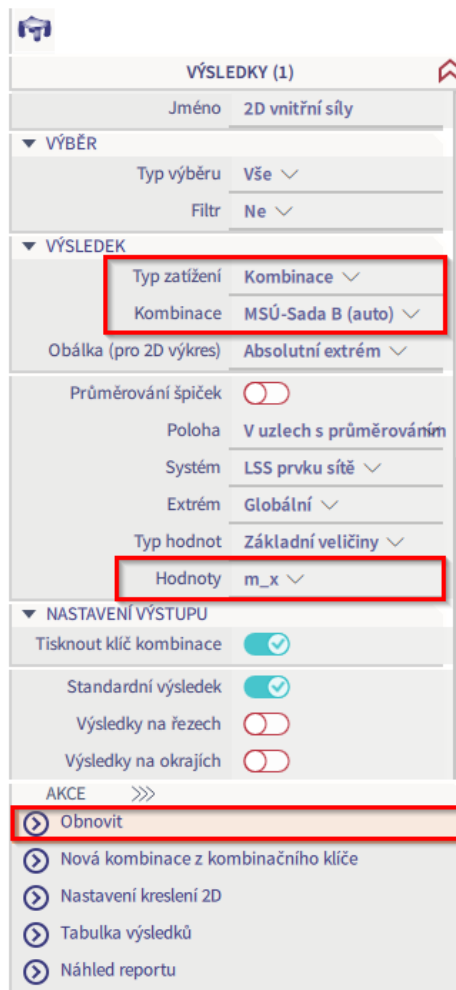
1.8.2. Výsledky lineární analýzy

✚ SPECIFIKACE VÝSLEDKŮ

Po spuštění lineárního výpočtu přejděte do nabídky Výsledky → Plochy → Vnitřní síly:

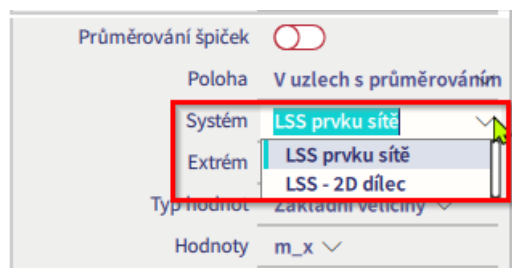


Zadejte požadovaný výsledek v panelu vlastností:



System:

- LSS prvku sítě: podle lokálních souřadných prvků jednotlivých konečných prvků.
- LSS - 2D dílec: podle lokálního souřadného systému 2D prvku (Pozor při práci se skořepinami!).

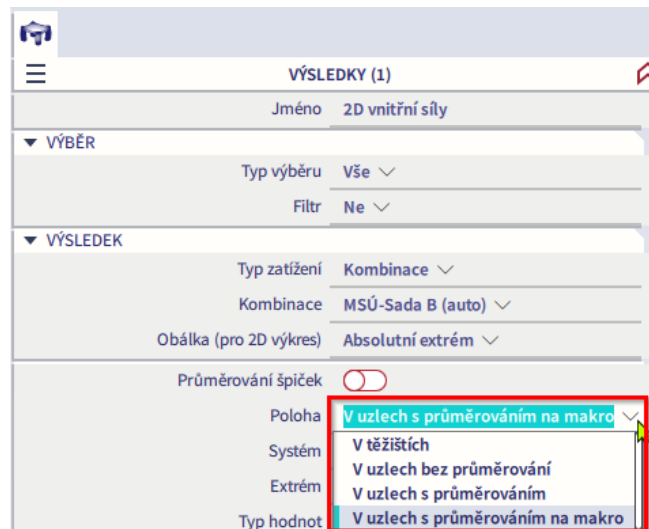


Poloha: k dispozici jsou 4 různé možnosti:

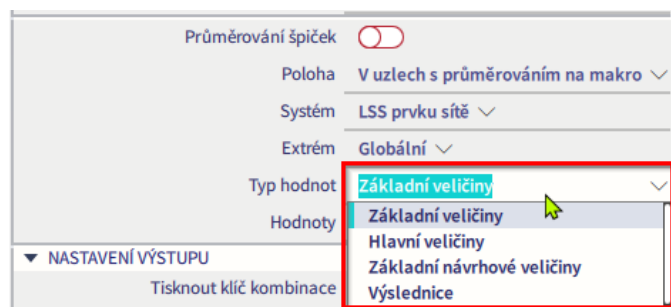
- **V uzlech s průměrováním** – Hodnoty v uzlech ze sousedních konečných prvků se zprůměrují v každém uzlu. Výsledkem je jedna hodnota pro každý uzel a rozložení je plynulé.
- **V těžištích** – výsledky jsou průměrovány do těžiště konečného prvku. Výsledkem je jedna hodnota pro jeden konečný prvek. Tato volba je nejčastěji používaná.
- **V uzlech bez průměrování** – jedná se o čisté výsledky MKP. Pro navrhování konstrukce se obvykle nepoužívají, ale lze jimi dobře vizuálně posoudit velikost prvků sítě a vliv velikosti na přesnost výsledků.
- **V uzlech s průměrováním na makro** – podobné jako možnost “v uzlech s průměrováním”, ale k průměrování nedojde pokud:

- prvky náležejí různým 2D prvkům
- prvky jsou umístěny na různých stranách vnitřního okraje
- je zadán vnitřní bod

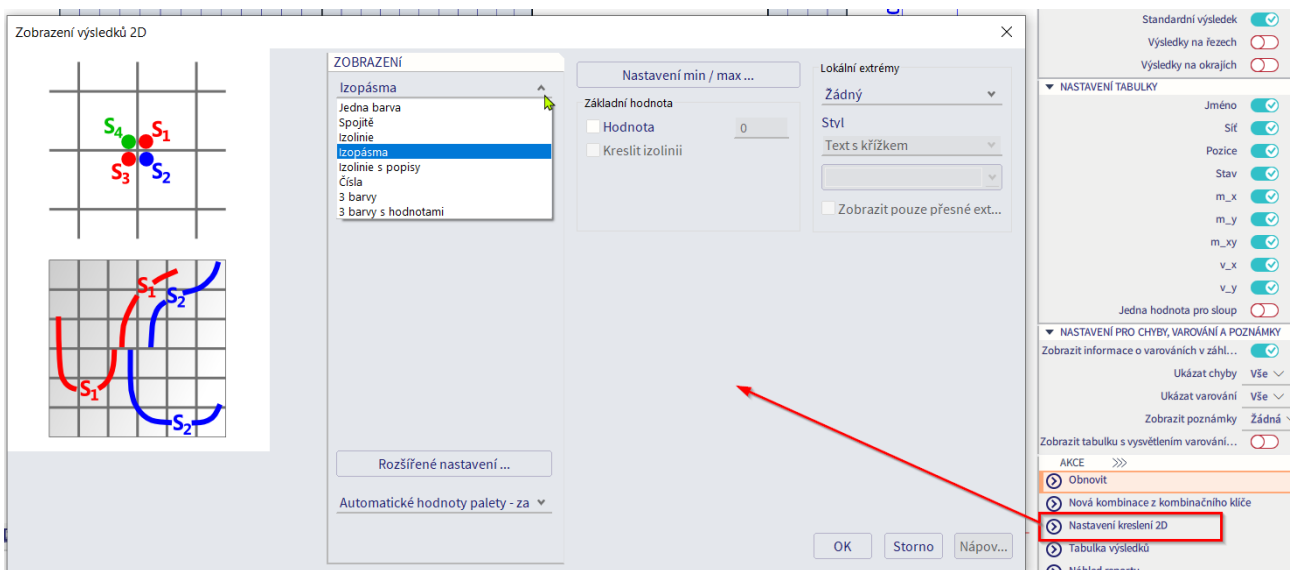
Více viz často kladená otázka “Vysvětlení různých způsobů interpolace výsledků na plošných konečných prvcích” – odkaz [zde](#).



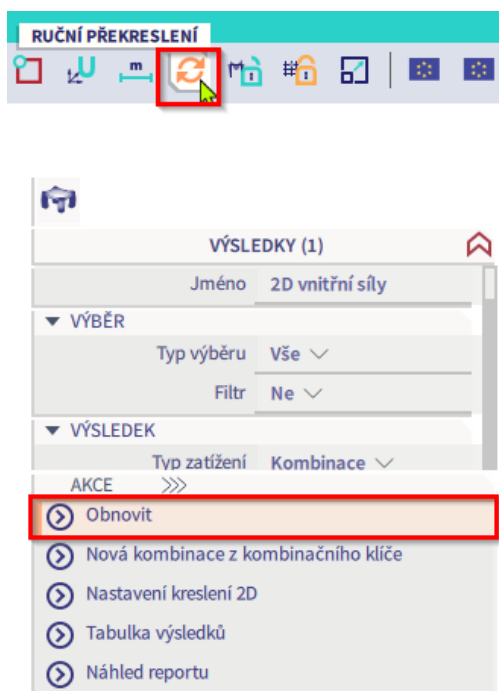
Typy hodnot: Základní veličiny, Hlavní veličiny, Základní návrhové veličiny a Výslednice viz příloha 1.



Nastavení kreslení 2D: zde je možné upravit zobrazení 2D výsledků (Izopásma / Izolinie s popisy / Čísla / ...), upravit minimální a maximální nastavení, atd.



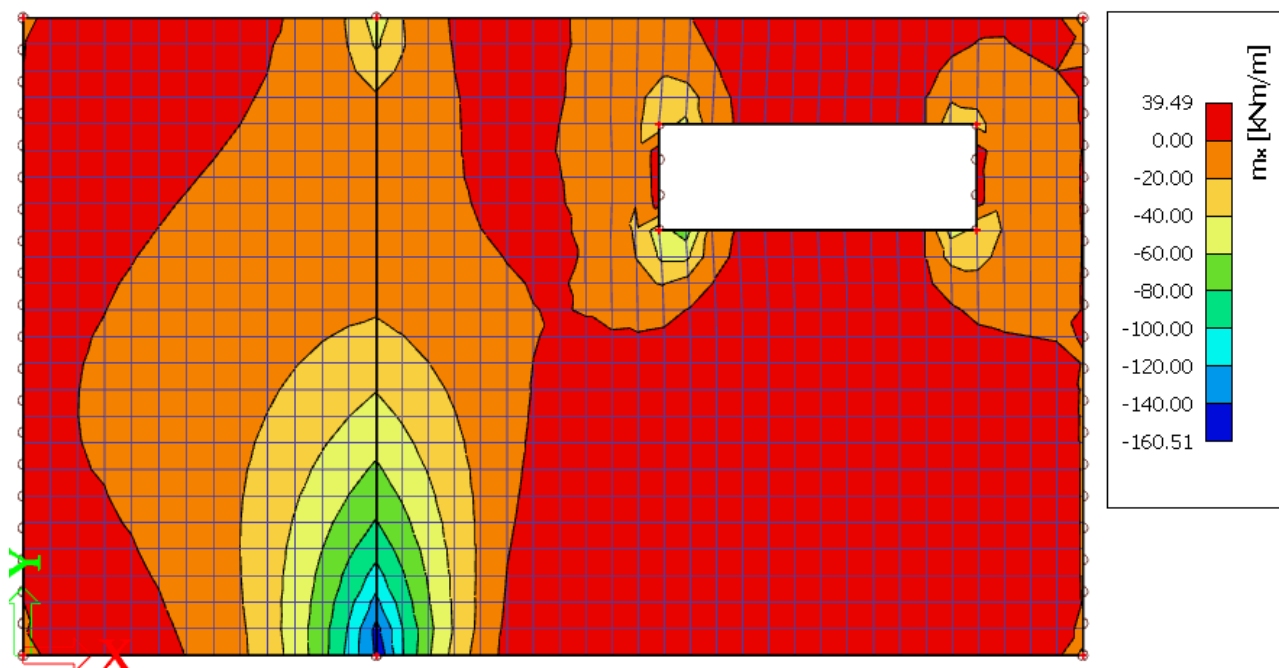
Po provedení změn v panelu Vlastností musíte vždy provést akci „Obnovit“ nebo je možné aktivovat funkci „Automatické překreslení“ – při jakékoliv změně v panelu vlastností dojde automaticky k obnovení výsledků:



📌 TYPY VÝSLEDKŮ

⇒ Základní veličiny

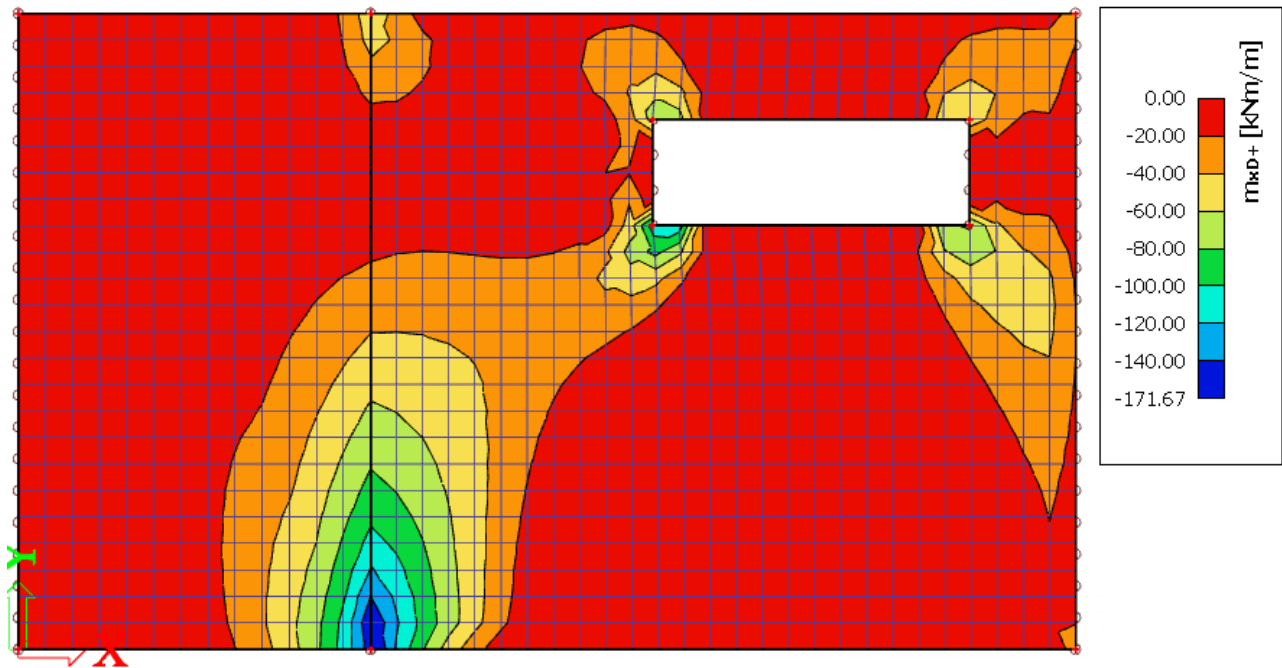
Kombinace = MSÚ-Sada B (auto); Typ hodnot = Základní veličiny; Obálka (pro 2D výskres) = Minimum; Hodnota = m_x , Poloha = V uzlech s průměrováním na makro:



Toto jsou charakteristické hodnoty pocházející z FE-analýzy ve středu desky.

⇒ Základní návrhové veličiny

Kombinace = MSÚ-Sada B (auto); Typ hodnot = Základní návrhové veličiny; Obálka (pro 2D výskres) = Maximum; Hodnota = m_{xD+} , Poloha = V uzlech s průměrováním na makro.



Konvence pro označení návrhových momentů se od výsledkového prostředí v17 změnila. Nyní je moment kladný, když způsobuje tahovou sílu na spodním povrchu desky, a záporný, když způsobuje tahovou sílu v horním povrchu desky.

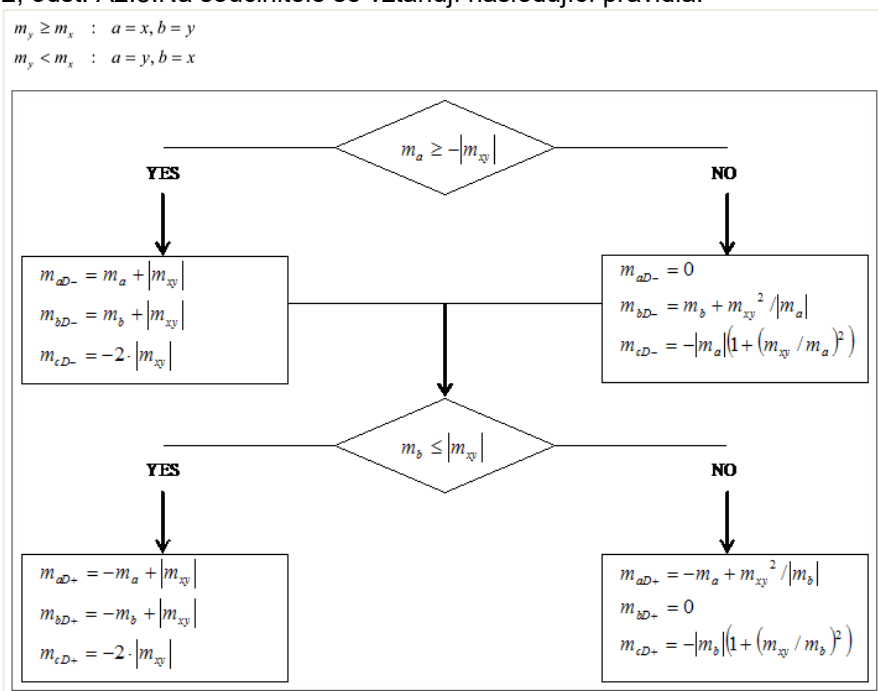
Starší verze SCIA Engineer:

Ve výsledkovém prostředí v16 je kladný návrhový moment zobrazen v případě, kdy je nutné navrhnout výztuž. To znamená, že pro kladnou hodnotu m_{xD+} existuje tahová síla na horním povrchu desky a pro kladnou hodnotu pro m_{xD-} je tahová síla na spodním povrchu desky.

Dostupné základní návrhové veličiny jsou m_{xD} , m_{yD} a m_{cD} , kde „D“ znamená design (=návrhové), „+“ a „-“ představují hodnoty na kladné a záporné straně lokální osy z 2D prvku.

Takže například hodnota m_{xD+} je moment, který bude použit pro návrh výztuže u horního povrchu ve směru lokální osy 'x' 2D prvku.

Výpočet návrhových sil pro desky a skořepiny podle EC2 využívá postup podle ČSN P ENV 1992-1-1 (731201), dodatek 2, odst. A2.8. Na součinitele se vztahují následující pravidla:

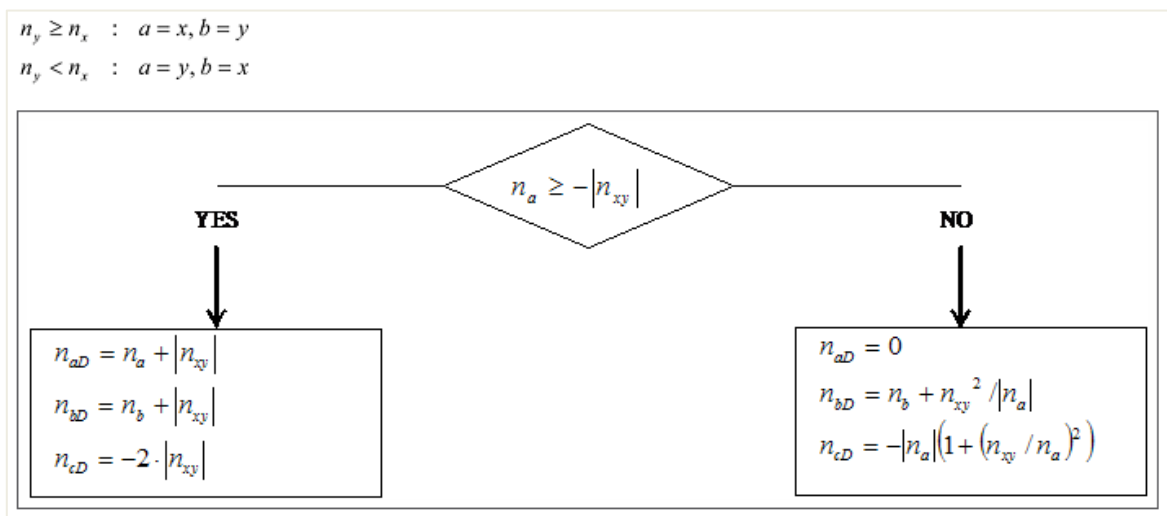


Pro tři charakteristické (ohybové a torzní) momenty se vypočítá ekvivalentní sada tří návrhových momentů:

$$\begin{matrix} mx \\ my \\ mxy \end{matrix} \approx \begin{matrix} mxD \\ myD \\ mcD \end{matrix}$$

Návrhové momenty mxD a myD jsou momenty, které mají být použity pro návrh výztuže v příslušném směru. Návrhový moment v betonu mcD je moment, který musí beton přenést. Eurokód nezmiňuje žádnou kontrolu této hodnoty, ale je z hlediska úplnosti je možné ve SCIA Engineer tuto hodnotu zobrazit.

Výpočet návrhových sil pro stěny a skořepiny podle EC2 využívá postup podle ČSN P ENV 1992-1-1 (731201), dodatek 2, odst. A2.9. Na součinitele se vztahují následující pravidla:

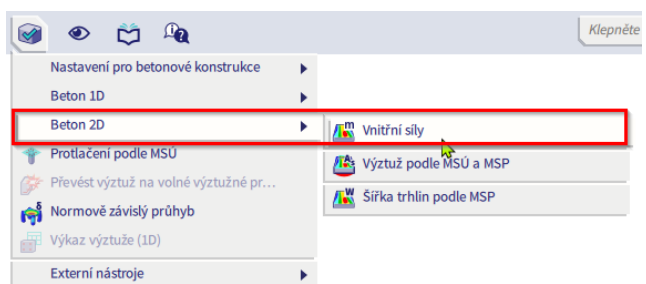
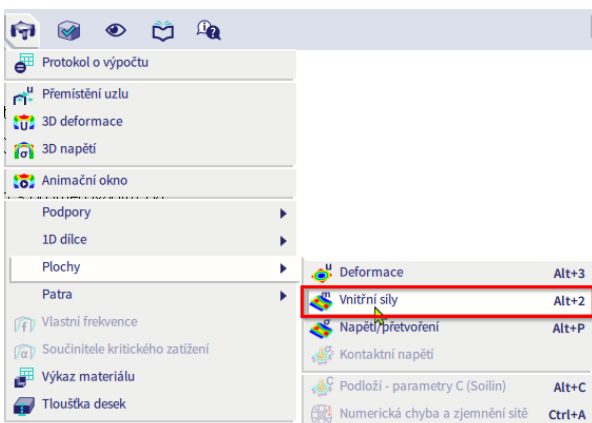


Analogicky: pokud jsou přítomny membránové síly, tak se se pro tři charakteristické membránové síly vypočítá ekvivalentní sada tří návrhových sil:

$$\begin{matrix} nx \\ ny \\ nxy \end{matrix} \approx \begin{matrix} nxD \\ nyD \\ ncD \end{matrix}$$

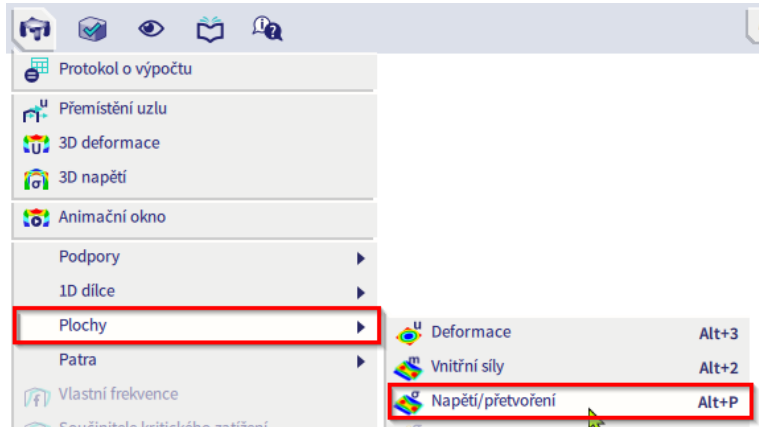
Zde má veličina ncD jasný význam: je to tlaková síla, kterou musí převzít betonové tlakové vzpěry. Aby nedošlo k drcení betonu, měla by být hodnota ncD menší než $\leq f_{cd}$.

Upozornění: Tyto “Základní návrhové veličiny” (Výsledky → Plochy → Vnitřní síly) SCIA Engineer **nepoužívá** pro návrh výztuže v pracovišti Beton. Pro návrh výztuže jsou použity “Vnitřní síly pro posudky”, kde je implementován mnohem jemnější transformační postup pro přepočítání základních veličin na návrhové veličiny. “Základní návrhové veličiny” (Výsledky → Plochy → Vnitřní síly) jsou vhodné např. pro “ruční” návrh výztuže.

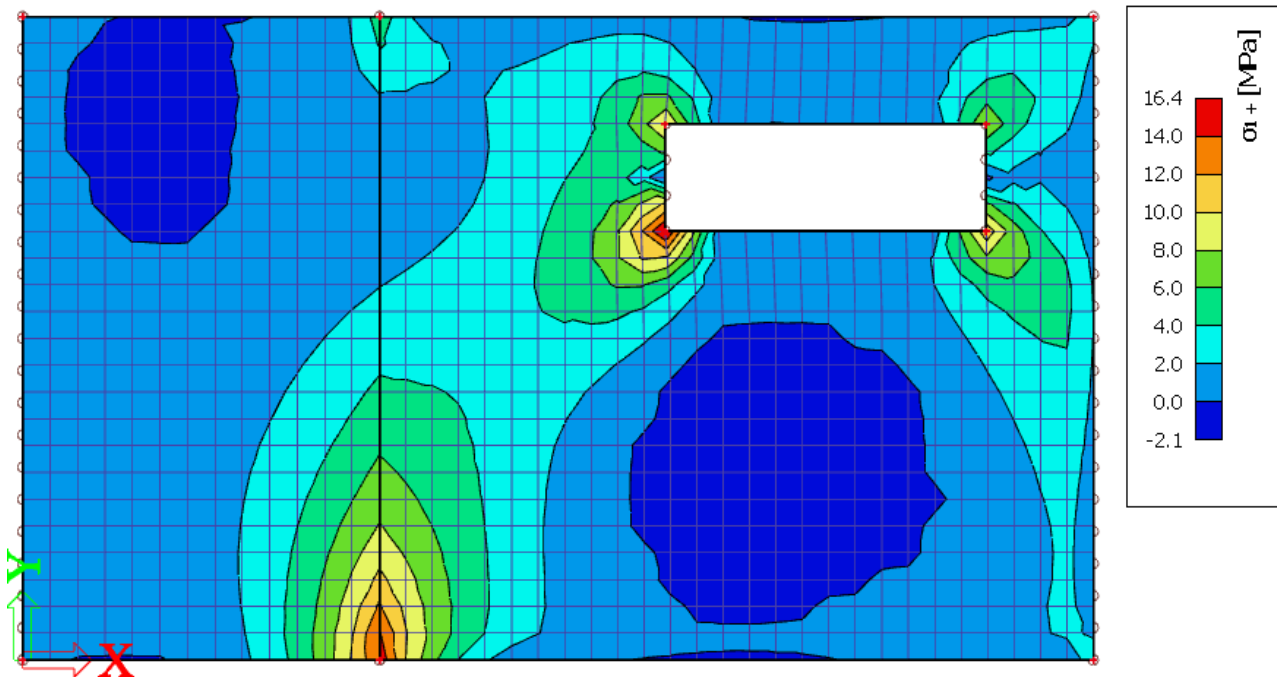


⇒ Hlavní veličiny

Výsledky → Plochy → Napětí/přetvoření:



Kombinace = MSÚ-Sada B (auto); Typ hodnot = Hlavní veličiny; Obálka (pro 2D výskres) = Maximum; Hodnota = σ_1+ , Poloha = V uzlech s průměrováním na makro:



„1“ a „2“ označují hlavní směry vypočítané na základě Mohrovy kružnice.

První směr je směr maximálního napětí (nebo minimálního stlačení). Druhý směr je směr maximálního stlačení (nebo minimálního napětí).

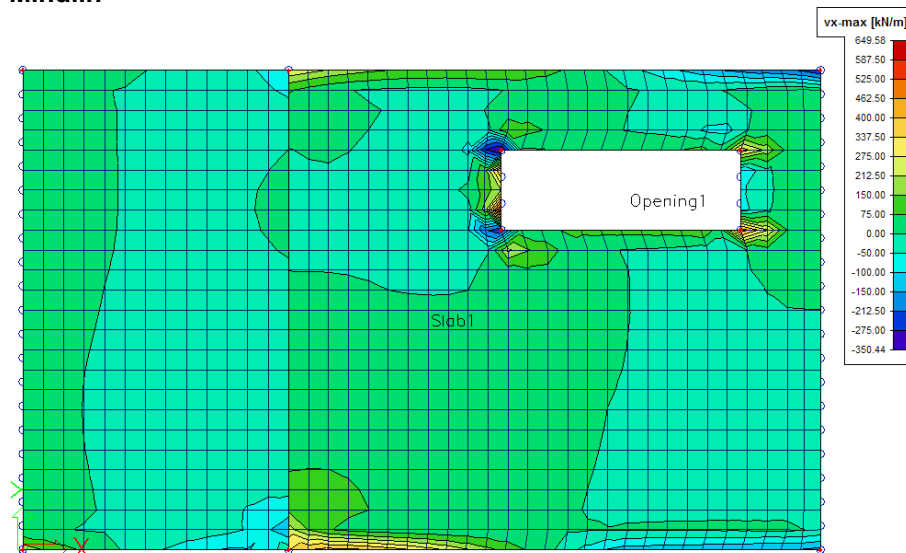
Mějte na paměti, že neekonomičtější směry výztuže jsou ty, které jsou totožné s trajektoriemi hlavních směrů!

✚ SROVNÁNÍ MINDLIN ⇔ KIRCHHOFF

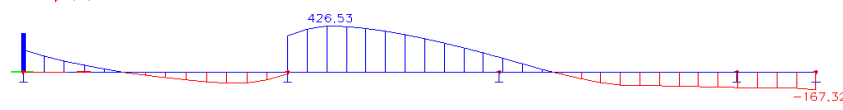
⇒ Smyková síla v_x

Kombinace = MSÚ-Sada B (auto); Typ hodnot = Hlavní veličiny; Obálka (pro 2D výskres) = Maximum; Hodnota = v_x , Poloha = V uzlech s průměrováním na makro:

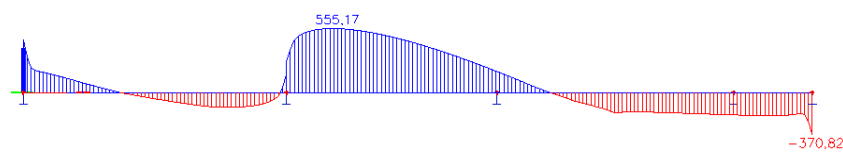
Mindlin



Řez na spodním okraji desky

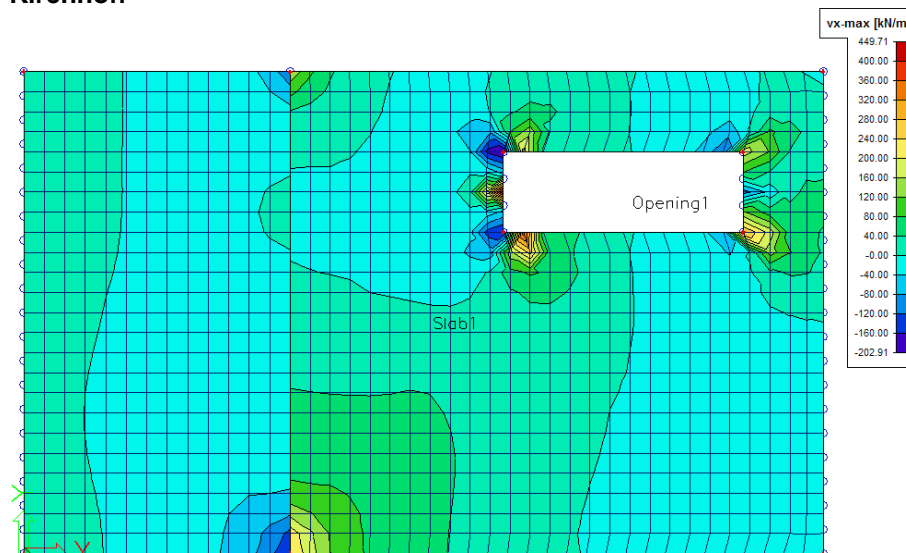


Velikost prvku sítě = 0,25 m

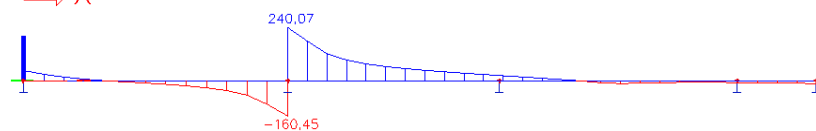


Velikost prvku sítě = 0,05 m

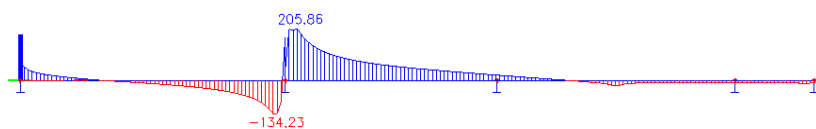
Kirchhoff



Řez na spodním okraji desky



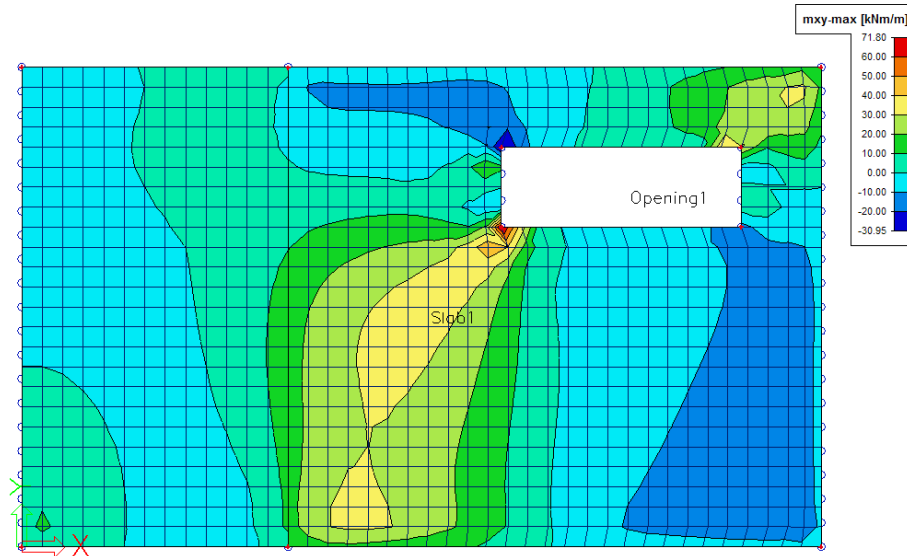
Velikost prvku sítě = 0,25 m



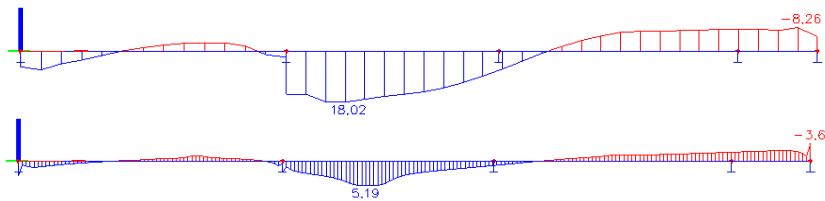
Velikost prvku sítě = 0,05 m

Kombinace = MSÚ-Sada B (auto); Typ hodnot = Hlavní veličiny; Obálka (pro 2D výskres) = Maximum; Hodnota = m_{xy} , Poloha = V uzlech s průměrováním na makro:

Mindlin



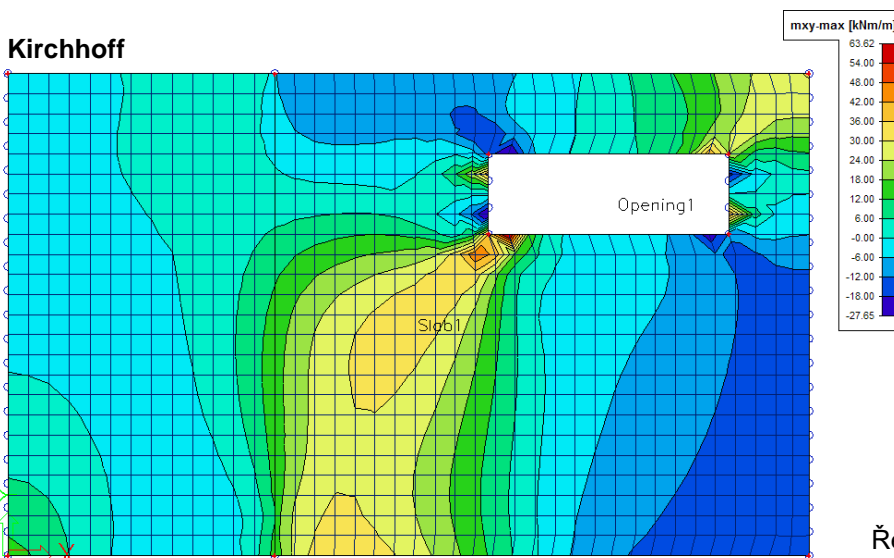
Řez na spodním okraji desky



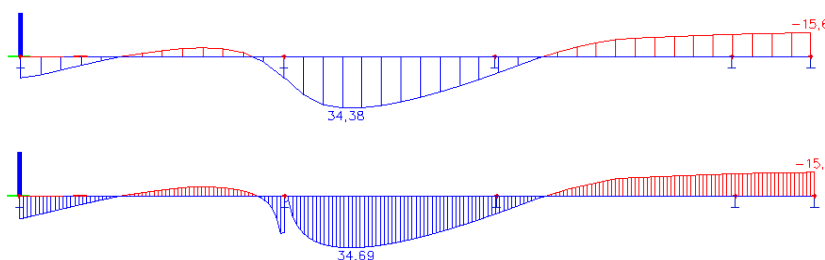
Velikost prvku sítě = 0,25 m

Velikost prvku sítě = 0,05 m

Kirchhoff



Řez na spodním okraji desky



Velikost prvku sítě = 0,25 m

Velikost prvku sítě = 0,05 m

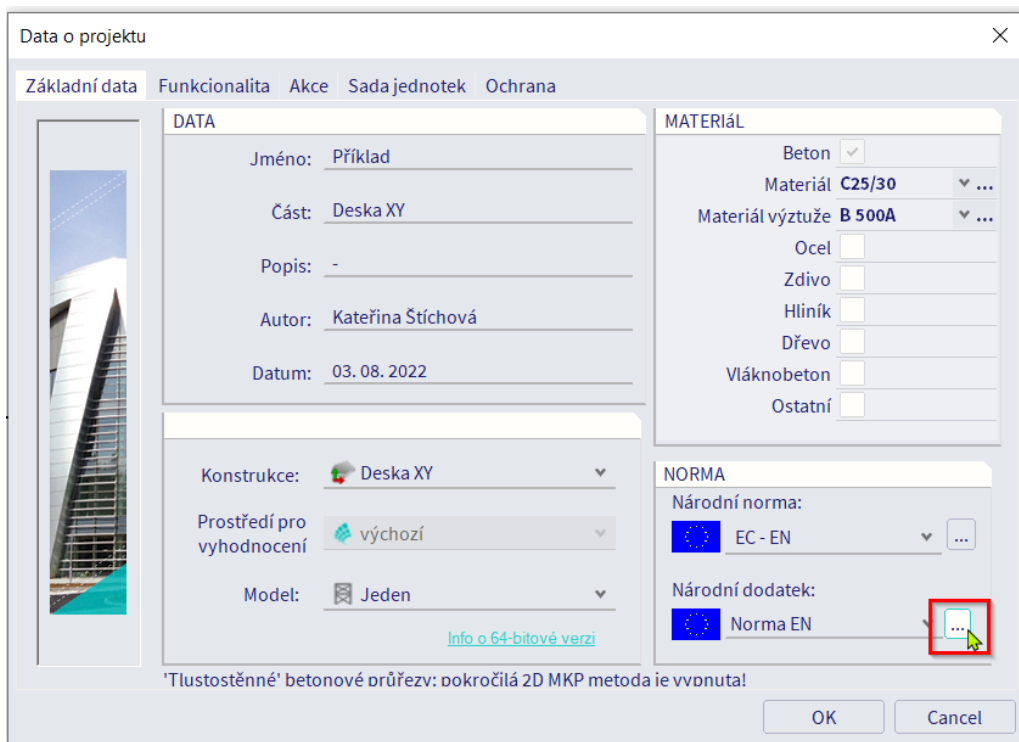
Závěr: Kirchhoff udává očekávané hodnoty smykové síly, Mindlin udává očekávané torzní momenty.

1.8.3. Nastavení pro betonové konstrukce

✚ ZÁKLADNÍ NASTAVENÍ

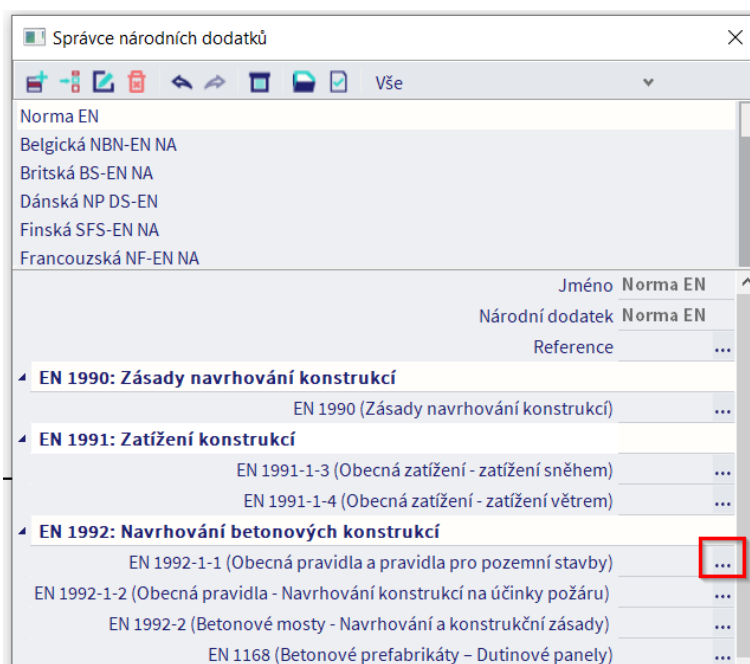
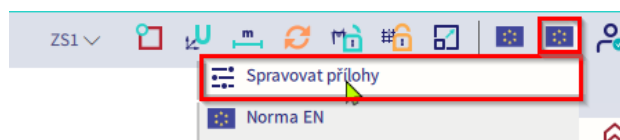
⇒ *Nastavení 1: Parametry Národního dodatku*

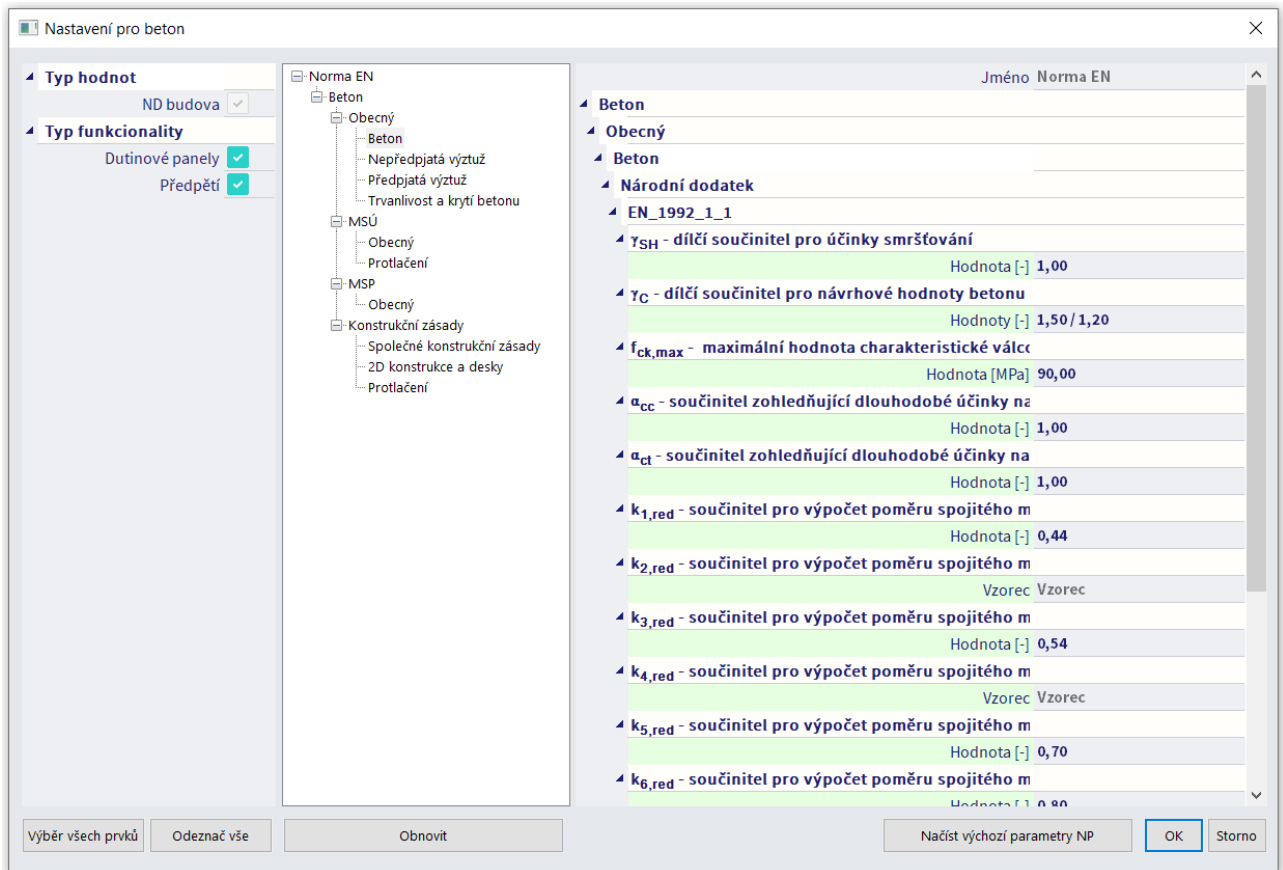
Soubor → Nastavení projektu → Data projekt → Národní dodatek [...] → EN 1992-1-1 [...]



Nebo:

Klikněte na vlaječku v pravém horním rohu SCIA Engineer → Spravovat přílohy → EN 1992-1-1 [...]:

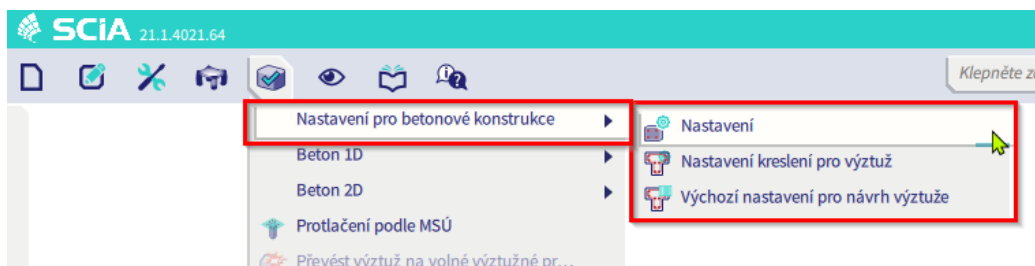




⇒ **Nastavení 2: Nastavení pro betonové konstrukce**

Nastavení pro betonové konstrukce se nachází v Návrhu → Nastavení pro betonové konstrukce → jsou zde tři možnosti nastavení:

- Nastavení
- Nastavení kreslení pro výztuž – pouze pro 1D prvky
- Výchozí nastavení pro návrh výztuže



Nastavení

Obsahuje všechna nastavení pro betonové konstrukce např. konstrukční zásady, nastavení vnitřních sil (zohlednění účinku 1. a 2. řádu, modifikace vnitřních sil), koeficienty použité pro návrh výztuže atd. Toto nastavení platí globálně pro celou konstrukci. Toto nastavení je možné změnit lokálně pro vybraný prut přes Data prutu, které mají vyšší prioritu než globální Nastavení.

Nastavení pro betonové konstrukce

Pohledy: Kompletní nastavení ▾ Nastavení po... ▾ Načíst výchozí Najít Národní dodatek:

Popis	Symbol	Hodnota	Výchozí	Je...	Kapitola	Norma	Konst...	Typ po...
<vše>	<vše>	<vše>	<vše>		<vše>	<vše>	<vše>	<vše>
▲ Výchozí nastavení návrhu								
▶ Výztuž								
▶ Minimální krytí								
▲ Nastavení řešiče								
▲ Obecné								
Limitní hodnota jednotkového posudku	Lim.pos...	1,0	1,0			Nezávislé	Vše (No...	Nastave...
Hodnota jednotkového posudku pro nespočtený j...	Ncal.pos...	3,0	3,0			Nezávislé	Vše (No...	Nastave...
Součinitel pro výpočet efektivní výšky průřezu	Souč _d	0,9	0,9			Nezávislé	Vše (No...	Nastave...
Součinitel pro výpočet ramene vnitřních sil	Souč _z	0,9	0,9			Nezávislé	Vše (No...	Nastave...
Součinitel pro výpočet síly, při které je průřez tlač...	Souč _{com}	0,1	0,1			Nezávislé	Vše (No...	Nastave...
▲ Dotvarování a smršťování								
Stáří betonu v okamžiku uvažování momentu	t	18250,00	18250,00	den	3.1.4.B.1-2	EN 1992-1-1	Vše (No...	Nastave...
Relativní vlhkost	RH	50	50	%	3.1.4.B.1-2	EN 1992-1-1	Vše (No...	Nastave...
Způsob zadání součinitele dotvarování	Typ φ(t,t ₀)	Auto	Auto		3.1.4(2)	EN 1992-1-1	Vše (No...	Nastave...
Stáří betonu při zatížení	t ₀	28,00	28,00	den	3.1.4(2),B1	EN 1992-1-1	Vše (No...	Nastave...
Uvažovat vysychání a autogenní smršťování	Typ ε _{cs} (t,t _s)	Auto	Auto		3.1.4(6)	EN 1992-1-1	Vše (No...	Nastave...
Stáří betonu na počátku smršťování od vysyc...	t _s	7,00	7,00	den	3.1.4(6),B2	EN 1992-1-1	Vše (No...	Nastave...
▲ MSP								
Použít efektivní moduly průřezu		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		7.1(2)	EN 1992-1-1	Vše (No...	Nastave...
▲ Výchozí nastavení vzpěru								

OK Storno

Výchozí nastavení pro návrh výztuže

Jedná se o stejné nastavení, které je zmíněno výše. Jsou zde ale pouze nastavení, která se týkají výchozího nastavení návrhu výztuže, která lze jednoduše zkontrolovat bez hledání v dialogu s kompletním nastavením. Je zde možné zkontrolovat např. uvažovaný průměr výztuže nebo parametry pro výpočet minimálního krytí.

Výchozí nastavení návrhu

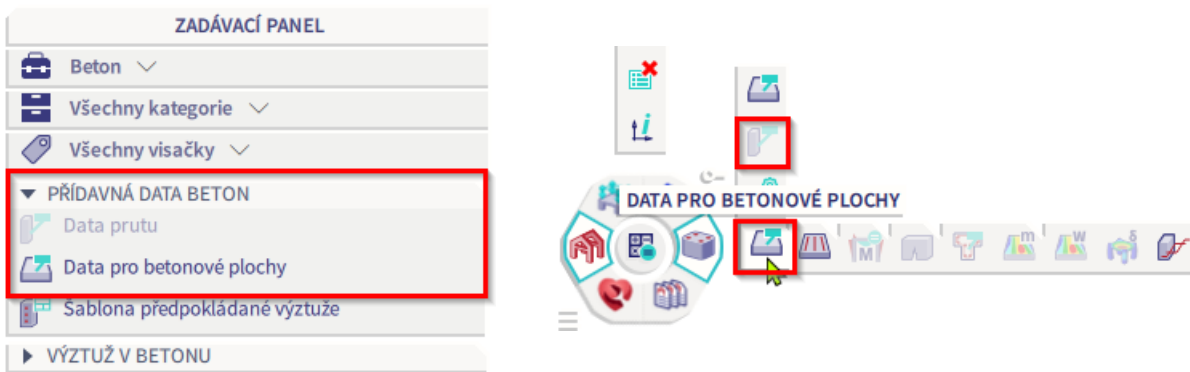
Pohledy: Kompletní nastavení ▾ Nastavení po... ▾ Načíst výchozí Najít Národní dodatek:

Popis	Symbol	Hodnota	Výchozí	Je...	Kapitola	Norma	Konst...	Typ p...
<vše>	<vše>	<vše>	<vše>		<vše>	<vše>	<vše>	<vše>
▲ Výchozí nastavení návrhu								
▲ Výztuž								
▶ Nosník / Žebro								
▶ Deskový nosník								
▶ Sloup								
▶ Deska								
▶ Minimální krytí								

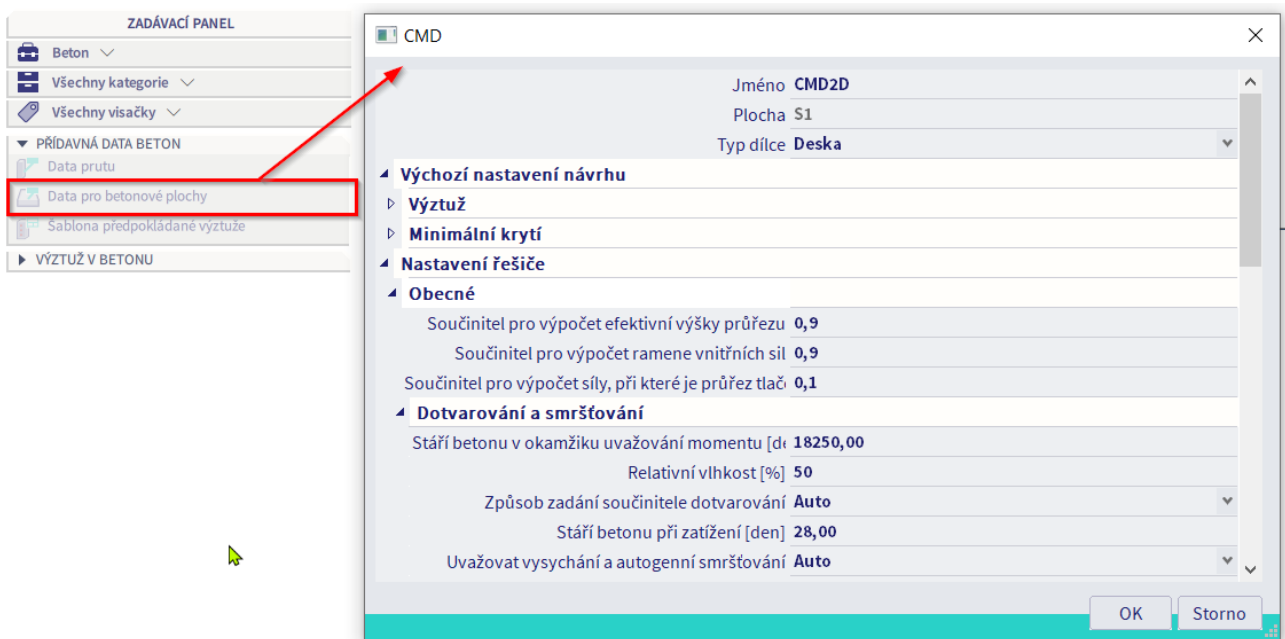
DATA PRUTU

Obecné Nastavení pro betonové konstrukce (viz výše) je možné “přepsat” lokálně pro vybrané prvky konstrukce pomocí Dat prutu (pro 1D prvky) nebo Dat pro betonové plochy (pro 2D prvky). Data pro betonové plochy/ Data prutu je možné najít v Zadávacím panelu → pracoviště Beton.

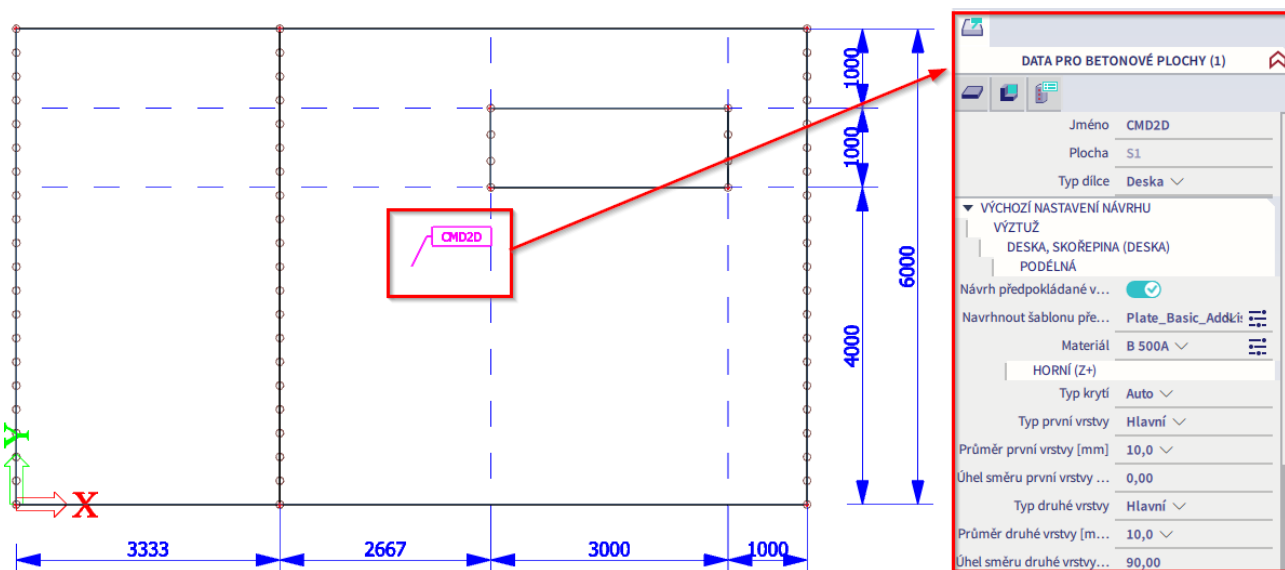
Případně je možné vyhledat tyto příkazy přes příkazovou řádku “Scia Spotlight” nebo spustit tyto příkazy přes panel procesu viz obrázky níže.



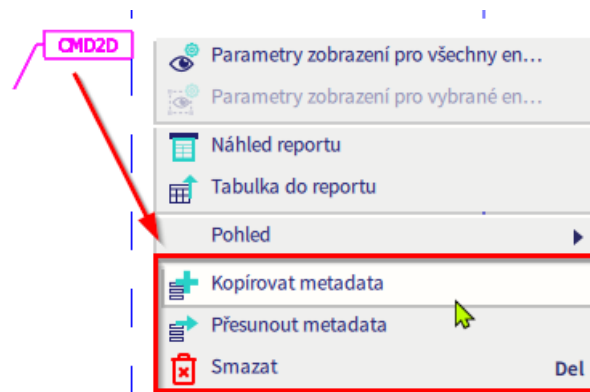
Po spuštění příkazu “Data pro betonové plochy” a výběru příslušného 2D prvku se objeví dialog CMD (Concrete Member Data).



Nastavení je možné editovat i po zadání Dat = “vláčeky” na daný prvek. Dodatečná editace vlastností je možná v panelu vlastností, vláčekka (= Data) musí být vybraná:



Data pro betonové plochy/ Data prutu jsou tzv. metadata tzn. že je možné jejich kopírování nebo přesun na další prvky modelu. Stačí dané data vybrat → kliknout pravým tlačítkem do modelového prostoru → z kontextové nabídky vybrat některý z příkazů pro metadata:

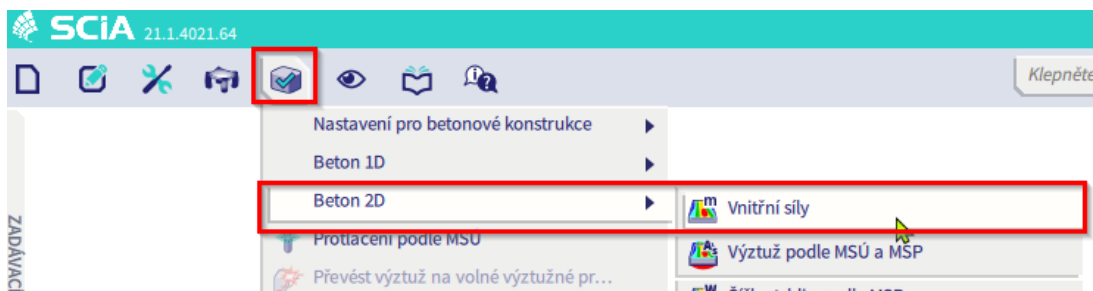


1.8.4. NÁVRH NA MSÚ

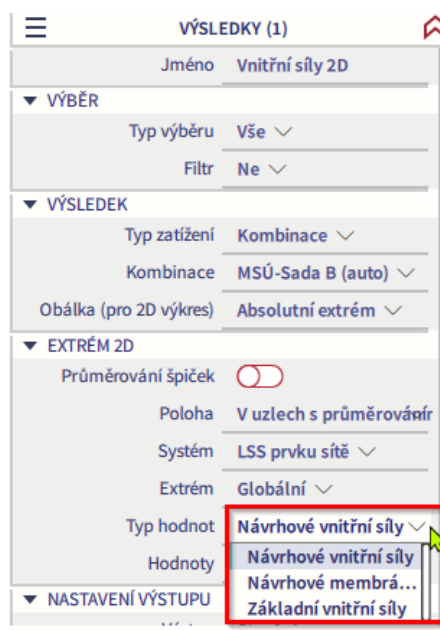
✚ NÁVRH VÝZTUŽE

⇒ Vnitřní síly

Vnitřní síly pro návrh výztuže 2D prvků je možné najít v hlavním menu → ikona Návrh → Beton 2D → Vnitřní síly:



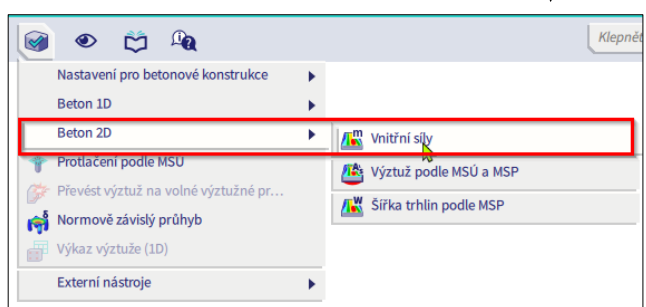
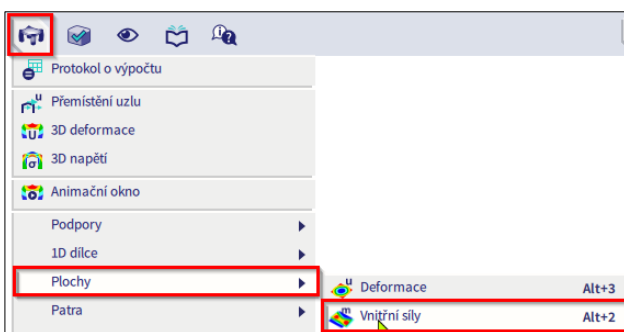
Po spuštění příkazu je nutné nastavit Typ zatížení, na které se budou vnitřní síly počítat. Jsou zde tři různé typy hodnot:



Základní vnitřní síly – tyto vnitřní síly **jsou stejné** jako v pracovišti Výsledky → Plochy → Vnitřní síly. Jsou počítány FEM řešičem.

Návrhové vnitřní síly – tyto vnitřní síly **jsou jiné** než v pracovišti Výsledky → Plochy → Vnitřní síly. Rozdíl:

- **Návrhové vnitřní síly (pracoviště Výsledky)** - tyto návrhové vnitřní síly počítá řešič MKP podle některých jednoduchých vzorců specifikovaných v EC-ENV.
- **Návrhové vnitřní síly (pracoviště Beton)** - tyto návrhové vnitřní síly počítá řešič NEDIM, kde je implementován mnohem jemnější transformační postup, založený na teorii Baumanna. Toto jsou hodnoty, které budou použity pro návrh výztuže SCIA Engineer.



Baumannova teorie:

1) Výpočet ramene vnitřních sil

Rameno vnitřních sil je nezbytné pro výpočet vnitřních sil na plošném prvku. Hodnota ramene vnitřních sil 'z' je vypočítána ve směru úhlu prvního hlavního momentu. Vnitřní síly jsou poté přepočítány do tohoto směru. Na tyto přepočítané vnitřní síly je poté navržena výztuž a z navržené výztuže je vypočteno rameno vnitřních sil 'z'.

Výpočet je možné vidět v Detailním výstupu (Návrh → Beton 2D → Vnitřní síly):

Směry vrstev výztuže

$\alpha_{inp,1-} = 0^\circ$
 $\alpha_{inp,2-} = 90^\circ$
 $\alpha_{inp,1+} = 0^\circ$
 $\alpha_{inp,2+} = 90^\circ$

$[2+] \alpha = 90^\circ$
 $[1+] \alpha = 0^\circ$
 $[2-] \alpha = 90^\circ$
 $[1-] \alpha = 0^\circ$

Odhad ramene vnitřních sil

Hlavní napětí a směry u obou povrchů

$\sigma_{1-} = -2.02 \text{ MPa}$ $\sigma_{1+} = -15.71 \text{ MPa}$ -> $\alpha_{z-} = -8.54^\circ$
 $\sigma_{1+} = 15.71 \text{ MPa}$ $\sigma_{1+} = 2.02 \text{ MPa}$ -> $\alpha_{z+} = -8.54 = -8.54^\circ$
 -> směr pro výpočet ramene vnitřních sil
 $\alpha_z = -8.54$

Ohybový moment přepočtený do směru ramene vnitřních sil

$m_z = -163653.1$ (normálová síla není pro výpočet ramene vnitřních sil zohledněna)

Rameno vnitřních sil a jeho části

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 20 \cdot 10^6}{1.5} = 13.33 \text{ MPa}$$

$$d = 210 \text{ mm}$$

$$\eta = 1 - 0.5 \cdot \frac{\epsilon_{cu2}}{\epsilon_{cu2}} = 1 - 0.5 \cdot \frac{0.0018}{0.0035} = 0.75$$

$$\beta = 1 - \frac{\frac{\epsilon_{cu2}^2}{2} - \frac{\epsilon_{c2}^2}{6}}{\epsilon_{cu2}^2 - \frac{\epsilon_{cu2} \cdot \epsilon_{c2}}{2}} = 1 - \frac{\frac{0.0035^2}{2} - \frac{0.0018^2}{6}}{0.0035^2 - \frac{0.0035 \cdot 0.0018}{2}} = 0.389$$

$$\xi_{bal} = \frac{\epsilon_{cu2}}{\epsilon_{cu2} + \frac{f_{yk}}{\gamma_s \cdot E_s}} = \frac{0.0035}{0.0035 + \frac{500}{1.15 \cdot 200000}} = 0.617$$

$$x_{bal} = \xi_{bal} \cdot d = 0.617 \cdot 210 = 0.13$$

$$x = \frac{d}{2 \cdot \beta} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - 4 \cdot \beta \cdot \frac{\text{abs}(m_z)}{b \cdot d^2 \cdot \eta \cdot f_{cd}}} \right)$$

$$= \frac{0.21}{2 \cdot 0.389} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - 4 \cdot 0.389 \cdot \frac{\text{abs}(-163653)}{1000 \cdot 0.21^2 \cdot 0.75 \cdot 13.33}} \right) = 94 \text{ mm}$$

$$z = d - \beta \cdot x = 210 - 0.389 \cdot 94 = 173 \text{ mm}$$

$$z_- = 88 \text{ mm}$$

$$z_+ = 85 \text{ mm}$$

Pokud hodnotu ramene vnitřní síly 'z' nelze vypočítat, vypočítá se podle vzorce: $z = 0,9 \cdot d$.

2) Výpočet normálových sil na horním a dolním povrchu 2D prvku.

Vnitřní síly jsou přepočteny pro oba povrchy plošného prvku podle následujících vzorců:

Základní síly u povrchů

Základní membránové síly u spodního povrchu

$$n_{x-} = \frac{n_x}{2} + \frac{m_x}{z} = \frac{0}{2} + \frac{-161}{0.173} = -926.3 \text{ kN/m}$$

$$n_{y-} = \frac{n_y}{2} + \frac{m_y}{z} = \frac{0}{2} + \frac{-24.2}{0.173} = -139.6 \text{ kN/m}$$

$$n_{xy-} = \frac{n_{xy}}{2} + \frac{m_{xy}}{z} = \frac{0}{2} + \frac{20.9}{0.173} = 120.9 \text{ kN/m}$$

Základní membránové síly u horního povrchu

$$n_{x+} = \frac{n_x}{2} - \frac{m_x}{z} = \frac{0}{2} - \frac{-161}{0.173} = 926.3 \text{ kN/m}$$

$$n_{y+} = \frac{n_y}{2} - \frac{m_y}{z} = \frac{0}{2} - \frac{-24.2}{0.173} = 139.6 \text{ kN/m}$$

$$n_{xy+} = \frac{n_{xy}}{2} - \frac{m_{xy}}{z} = \frac{0}{2} - \frac{20.9}{0.173} = -120.9 \text{ kN/m}$$

3) Výpočet hlavních sil na horním a dolním povrchu 2D prvku

Hlavní síly na obou površích a směr první hlavní síly budou vypočteny podle následujících vzorců:

Hlavní síly u povrchů

Hlavní síly u spodního povrchu

$$\begin{aligned}
 n_{I-} &= \frac{n_{x-} + n_{y-}}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(n_{x-} - n_{y-})^2 + 4 \cdot n_{xy-}^2} \\
 &= \frac{-926.3 + -139.6}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(-926.3 - -139.6)^2 + 4 \cdot 120.9^2} = -121.5 \text{ kN/m} \\
 n_{II-} &= \frac{n_{x-} + n_{y-}}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(n_{x-} - n_{y-})^2 + 4 \cdot n_{xy-}^2} \\
 &= \frac{-926.3 + -139.6}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(-926.3 - -139.6)^2 + 4 \cdot 120.9^2} = -944.5 \text{ kN/m} \\
 \alpha_{I-} &= 0 = 0 = 0^\circ \\
 \alpha_{I-} &= 0.5 \cdot \text{ArcTg} \left(\frac{2 \cdot n_{xy-}}{n_{x-} - n_{y-}} \right) - 90 = 0.5 \cdot \text{ArcTg} \left(\frac{2 \cdot 120.9}{-926.3 - -139.6} \right) - 90 = -99^\circ
 \end{aligned}$$

Napjatost: **Eliptický tlak**

Hlavní síly u horního povrchu

$$\begin{aligned}
 n_{I+} &= \frac{n_{x+} + n_{y+}}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(n_{x+} - n_{y+})^2 + 4 \cdot n_{xy+}^2} \\
 &= \frac{926.3 + 139.6}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(926.3 - 139.6)^2 + 4 \cdot -120.9^2} = 944.5 \text{ kN/m} \\
 n_{II+} &= \frac{n_{x+} + n_{y+}}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(n_{x+} - n_{y+})^2 + 4 \cdot n_{xy+}^2} \\
 &= \frac{926.3 + 139.6}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(926.3 - 139.6)^2 + 4 \cdot -120.9^2} = 121.5 \text{ kN/m} \\
 \alpha_{I+} &= 0 = 0 = 0^\circ \\
 \alpha_{I+} &= 0.5 \cdot \text{ArcTg} \left(\frac{2 \cdot n_{xy+}}{n_{x+} - n_{y+}} \right) = 0.5 \cdot \text{ArcTg} \left(\frac{2 \cdot -120.9}{926.3 - 139.6} \right) = -9^\circ
 \end{aligned}$$

Napjatost: **Eliptický tah**

4) Přepočítání hlavních sil pro oba povrchy 2D prvky do zadaných směrů

Přepočítání hlavních sil na zadaný směr bude provedeno samostatně pro oba povrchy pomocí Baumannova transformačního vzorce.

Návrhové vnitřní síly

Návrhové membránové síly u povrchů

Návrhové membránové síly ve směrech výztuže u spodního povrchu

$$\begin{aligned}
 \alpha_{1-} &= \alpha_{\text{inp},1-} - \alpha_{I-} = 0 - -99 = 99^\circ \\
 \alpha_{2-} &= \alpha_{\text{inp},2-} - \alpha_{I-} = 90 - -99 = 189^\circ \\
 \alpha_{3-} &= \alpha_{\text{con}-} - \alpha_{I-} = 135 - -99 = 234^\circ
 \end{aligned}$$

Přepočítané vnitřní síly pro spodní povrch podle Baumannovy teorie

$$\begin{aligned}
 n_{1-} &= \frac{n_{I-} \cdot \sin(\alpha_{2-}) \cdot \sin(\alpha_{3-}) + n_{II-} \cdot \cos(\alpha_{2-}) \cdot \cos(\alpha_{3-})}{\sin(\alpha_{2-} - \alpha_{1-}) \cdot \sin(\alpha_{3-} - \alpha_{1-})} \\
 &= \frac{-121.5 \cdot \sin(189) \cdot \sin(234) + -944.5 \cdot \cos(189) \cdot \cos(234)}{\sin(189 - 99) \cdot \sin(234 - 99)} = -805.5 \text{ kN/m} \\
 n_{2-} &= \frac{n_{I-} \cdot \sin(\alpha_{3-}) \cdot \sin(\alpha_{1-}) + n_{II-} \cdot \cos(\alpha_{3-}) \cdot \cos(\alpha_{1-})}{\sin(\alpha_{3-} - \alpha_{2-}) \cdot \sin(\alpha_{1-} - \alpha_{2-})} \\
 &= \frac{-121.5 \cdot \sin(234) \cdot \sin(99) + -944.5 \cdot \cos(234) \cdot \cos(99)}{\sin(234 - 189) \cdot \sin(99 - 189)} = -18.7 \text{ kN/m} \\
 n_{3-} &= \frac{n_{I-} \cdot \sin(\alpha_{1-}) \cdot \sin(\alpha_{2-}) + n_{II-} \cdot \cos(\alpha_{1-}) \cdot \cos(\alpha_{2-})}{\sin(\alpha_{1-} - \alpha_{3-}) \cdot \sin(\alpha_{2-} - \alpha_{3-})} \\
 &= \frac{-121.5 \cdot \sin(99) \cdot \sin(189) + -944.5 \cdot \cos(99) \cdot \cos(189)}{\sin(99 - 234) \cdot \sin(189 - 234)} = -241.8 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Návrhové membránové síly ve směrech výztuže u horního povrchu

$$\alpha_{1+} = \alpha_{\text{inp},1+} - \alpha_{1+} = 0 - -9 = 9^\circ$$

$$\alpha_{2+} = \alpha_{\text{inp},2+} - \alpha_{1+} = 90 - -9 = 99^\circ$$

$$\alpha_{3+} = \alpha_{\text{con}+} - \alpha_{1+} = 45 - -9 = 54^\circ$$

Přepočítané vnitřní síly pro horní povrch podle Baumannovy teorie

$$\begin{aligned} n_{1+} &= \frac{n_{I+} \cdot \sin(\alpha_{2+}) \cdot \sin(\alpha_{3+}) + n_{II+} \cdot \cos(\alpha_{2+}) \cdot \cos(\alpha_{3+})}{\sin(\alpha_{2+} - \alpha_{1+}) \cdot \sin(\alpha_{3+} - \alpha_{1+})} \\ &= \frac{944.5 \cdot \sin(99) \cdot \sin(54) + 121.5 \cdot \cos(99) \cdot \cos(54)}{\sin(99 - 9) \cdot \sin(54 - 9)} = 1047.2 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{2+} &= \frac{n_{I+} \cdot \sin(\alpha_{3+}) \cdot \sin(\alpha_{1+}) + n_{II+} \cdot \cos(\alpha_{3+}) \cdot \cos(\alpha_{1+})}{\sin(\alpha_{3+} - \alpha_{2+}) \cdot \sin(\alpha_{1+} - \alpha_{2+})} \\ &= \frac{944.5 \cdot \sin(54) \cdot \sin(9) + 121.5 \cdot \cos(54) \cdot \cos(9)}{\sin(54 - 99) \cdot \sin(9 - 99)} = 260.5 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{c+} &= \frac{n_{I+} \cdot \sin(\alpha_{1+}) \cdot \sin(\alpha_{2+}) + n_{II+} \cdot \cos(\alpha_{1+}) \cdot \cos(\alpha_{2+})}{\sin(\alpha_{1+} - \alpha_{3+}) \cdot \sin(\alpha_{2+} - \alpha_{3+})} \\ &= \frac{944.5 \cdot \sin(9) \cdot \sin(99) + 121.5 \cdot \cos(9) \cdot \cos(99)}{\sin(9 - 54) \cdot \sin(99 - 54)} = -241.8 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

5) Výpočet virtuálních sil na obou plochách do zadaných směrů.

Virtuální síly jsou nutné k převodu tlakových/tahových sil na povrchu zpět do středu desky. Virtuální síla představuje ekvivalentní sílu na druhé straně desky.

Virtual forces at both surfaces

Lower surface

Angles for Baumann's transformation formula

$$\alpha_{1-} = \alpha_{\text{inp},1-} - \alpha_{1-} = 0 - -6 = 6^\circ$$

$$\alpha_{2-} = \alpha_{\text{inp},2-} - \alpha_{1-} = 90 - -6 = 96^\circ$$

$$\alpha_{3-} = \alpha_{\text{con}-} - \alpha_{1-} = 45 - -6 = 51^\circ$$

Recalculated virtual forces at lower surface (acc. to Baumann)

$$\begin{aligned} n_{\text{Edsvirt}1-} &= \frac{n_{I-} \cdot \sin(\alpha_{2-}) \cdot \sin(\alpha_{3-}) + n_{II-} \cdot \cos(\alpha_{2-}) \cdot \cos(\alpha_{3-})}{\sin(\alpha_{2-} - \alpha_{1-}) \cdot \sin(\alpha_{3-} - \alpha_{1-})} \\ &= \frac{23.8 \cdot \sin(96) \cdot \sin(51) + 5.7 \cdot \cos(96) \cdot \cos(51)}{\sin(96 - 6) \cdot \sin(51 - 6)} = 25.4 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{Edsvirt}2-} &= \frac{n_{I-} \cdot \sin(\alpha_{3-}) \cdot \sin(\alpha_{1-}) + n_{II-} \cdot \cos(\alpha_{3-}) \cdot \cos(\alpha_{1-})}{\sin(\alpha_{3-} - \alpha_{2-}) \cdot \sin(\alpha_{1-} - \alpha_{2-})} \\ &= \frac{23.8 \cdot \sin(51) \cdot \sin(6) + 5.7 \cdot \cos(51) \cdot \cos(6)}{\sin(51 - 96) \cdot \sin(6 - 96)} = 7.7 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{Edsvirt}3-} &= \frac{n_{I-} \cdot \sin(\alpha_{1-}) \cdot \sin(\alpha_{2-}) + n_{II-} \cdot \cos(\alpha_{1-}) \cdot \cos(\alpha_{2-})}{\sin(\alpha_{1-} - \alpha_{3-}) \cdot \sin(\alpha_{2-} - \alpha_{3-})} \\ &= \frac{23.8 \cdot \sin(6) \cdot \sin(96) + 5.7 \cdot \cos(6) \cdot \cos(96)}{\sin(6 - 51) \cdot \sin(96 - 51)} = -3.7 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Upper surface

Angles for Baumann's transformation formula

$$\alpha_{1-} = \alpha_{\text{inp},1-} - \alpha_{1+} = 0 - -96 = 96^\circ$$

$$\alpha_{2-} = \alpha_{\text{inp},2-} - \alpha_{1+} = 90 - -96 = 186^\circ$$

$$\alpha_{3-} = \alpha_{\text{con}+} - \alpha_{1+} = 135 - -96 = 231^\circ$$

Recalculated virtual forces at upper surface (acc. to Baumann)

$$\begin{aligned} n_{\text{Edsvirt}1+} &= \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_{2-}) \cdot \sin(\alpha_{3-}) + n_{11+} \cdot \cos(\alpha_{2-}) \cdot \cos(\alpha_{3-})}{\sin(\alpha_{2-} - \alpha_{1-}) \cdot \sin(\alpha_{3-} - \alpha_{1-})} \\ &= \frac{-5.7 \cdot \sin(186) \cdot \sin(231) + -23.8 \cdot \cos(186) \cdot \cos(231)}{\sin(186 - 96) \cdot \sin(231 - 96)} = -21.7 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{Edsvirt}2+} &= \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_{3-}) \cdot \sin(\alpha_{1-}) + n_{11+} \cdot \cos(\alpha_{3-}) \cdot \cos(\alpha_{1-})}{\sin(\alpha_{3-} - \alpha_{2-}) \cdot \sin(\alpha_{1-} - \alpha_{2-})} \\ &= \frac{-5.7 \cdot \sin(231) \cdot \sin(96) + -23.8 \cdot \cos(231) \cdot \cos(96)}{\sin(231 - 186) \cdot \sin(96 - 186)} = -4.0 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{Edsvirt}3+} &= \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_{1-}) \cdot \sin(\alpha_{2-}) + n_{11+} \cdot \cos(\alpha_{1-}) \cdot \cos(\alpha_{2-})}{\sin(\alpha_{1-} - \alpha_{3-}) \cdot \sin(\alpha_{2-} - \alpha_{3-})} \\ &= \frac{-5.7 \cdot \sin(96) \cdot \sin(186) + -23.8 \cdot \cos(96) \cdot \cos(186)}{\sin(96 - 231) \cdot \sin(186 - 231)} = -3.7 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

6) Přepočítání vnitřních sil pro oba povrchy plošného prvku do střednicové roviny

Pomocí přepočítaných (transformovaných) vnitřních sil a virtuálních sil lze vypočítat vnitřní síly ve střednicové rovině:

Návrhové vnitřní síly ve střednicové rovině

Návrhové vnitřní síly ve směrech výztuže u spodního povrchu přepočtené do střednicové roviny

$$n_{\text{Ed}1-} = n_{1-} + n_{1+, \text{virt}} = -805.5 + 1047.2 = 241.8 \text{ kN/m}$$

$$m_{\text{Ed}1-} = n_{1-} \cdot z_- - n_{1+, \text{virt}} \cdot z_+ = -805.5 \cdot 88.3 - 1047.2 \cdot 85 = -160.1 \text{ kNm/m}$$

$$n_{\text{Ed}2-} = n_{2-} + n_{2+, \text{virt}} = -18.7 + 260.5 = 241.8 \text{ kN/m}$$

$$m_{\text{Ed}2-} = n_{2-} \cdot z_- - n_{2+, \text{virt}} \cdot z_+ = -18.7 \cdot 88.3 - 260.5 \cdot 85 = -23.8 \text{ kNm/m}$$

$$n_{\text{Ed}3-} = n_{c-} + n_{c+, \text{virt}} = -241.8 + -241.8 = -483.6 \text{ kN/m}$$

$$m_{\text{Ed}3-} = n_{c-} \cdot z_- - n_{c+, \text{virt}} \cdot z_+ = -241.8 \cdot 88.3 - -241.8 \cdot 85 = -0.8 \text{ kNm/m}$$

Návrhové vnitřní síly ve směrech výztuže u horního povrchu přepočtené do střednicové roviny

$$n_{\text{Ed}1+} = n_{1+} + n_{1-, \text{virt}} = 1047.2 + -805.5 = 241.8 \text{ kN/m}$$

$$m_{\text{Ed}1+} = -n_{1+} \cdot z_+ + n_{1-, \text{virt}} \cdot z_- = -1047.2 \cdot 85 + -805.5 \cdot 88.3 = -160.1 \text{ kNm/m}$$

$$n_{\text{Ed}2+} = n_{2+} + n_{2-, \text{virt}} = 260.5 + -18.7 = 241.8 \text{ kN/m}$$

$$m_{\text{Ed}2+} = -n_{2+} \cdot z_+ + n_{2-, \text{virt}} \cdot z_- = -260.5 \cdot 85 + -18.7 \cdot 88.3 = -23.8 \text{ kNm/m}$$

$$n_{\text{Ed}3+} = n_{c+} + n_{c-, \text{virt}} = -241.8 + -241.8 = -483.6 \text{ kN/m}$$

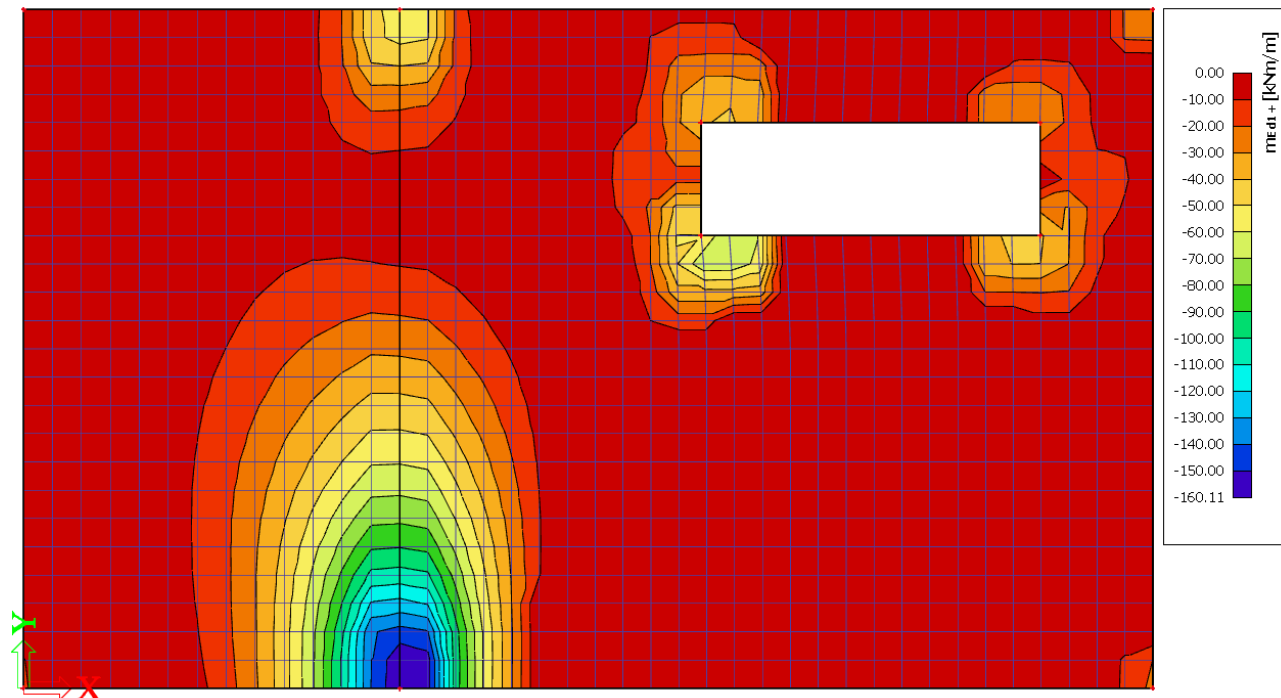
$$m_{\text{Ed}3+} = -n_{c+} \cdot z_+ + n_{c-, \text{virt}} \cdot z_- = -241.8 \cdot 85 + -241.8 \cdot 88.3 = -0.8 \text{ kNm/m}$$

Dostupné hodnoty jsou: $m_{\text{Ed},1+}$, $m_{\text{Ed},2+}$, $m_{\text{Ed},c+}$, $m_{\text{Ed},1-}$, $m_{\text{Ed},2-}$, $m_{\text{Ed},c-}$, $n_{\text{Ed},1+}$, $n_{\text{Ed},2+}$, $n_{\text{Ed},c+}$, $n_{\text{Ed},1-}$, $n_{\text{Ed},2-}$, $n_{\text{Ed},c-}$ a v_{Ed} . „+“ a „-“ představují návrhové hodnoty na kladné a záporné straně lokální osy z 2D prvku. „1“ a „2“ představují směry výztuže, které jsou standardně směrem x a y lokálního souřadného systému 2D prvku. ($m_{\text{Ed},c+}$ a $m_{\text{Ed},c-}$ jsou návrhové momenty, které by měl beton přenést, ale nemají žádný význam pro návrh výztuže.)

Více o výpočtu vnitřních sil pro návrh výztuže 2D prvků viz help – odkaz [zde](#).

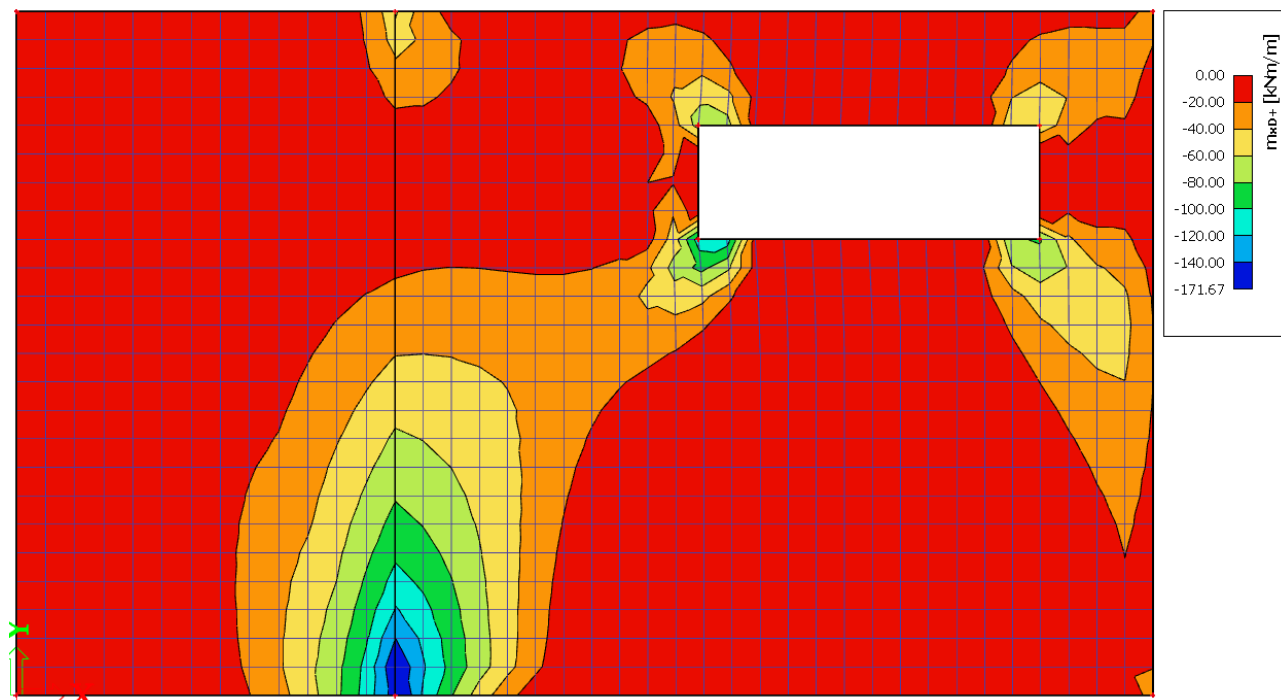
Kombinace = MSÚ-Sada B (auto); Typ hodnot = Návrhové vnitřní síly; Obálka (pro 2D výskres) = Absolutní extrém; Hodnota = $mEd,1+$, Poloha = V uzlech s průměrováním na makro:

Návrhové vnitřní síly - pracoviště Beton:



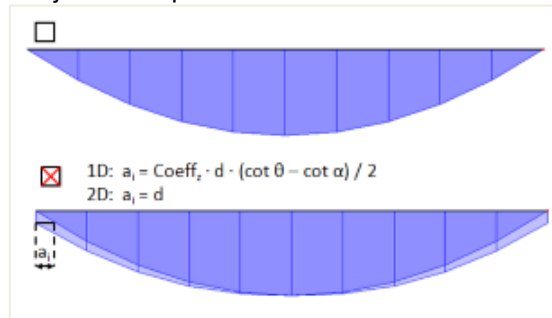
Porovnejte výsledek pro tuto hodnotu $mEd,1+$ (pracoviště Beton) s výsledkem pro ekvivalentní hodnotu $mxD+$ (pracoviště Výsledky).

Návrhové vnitřní síly - pracoviště Výsledky:

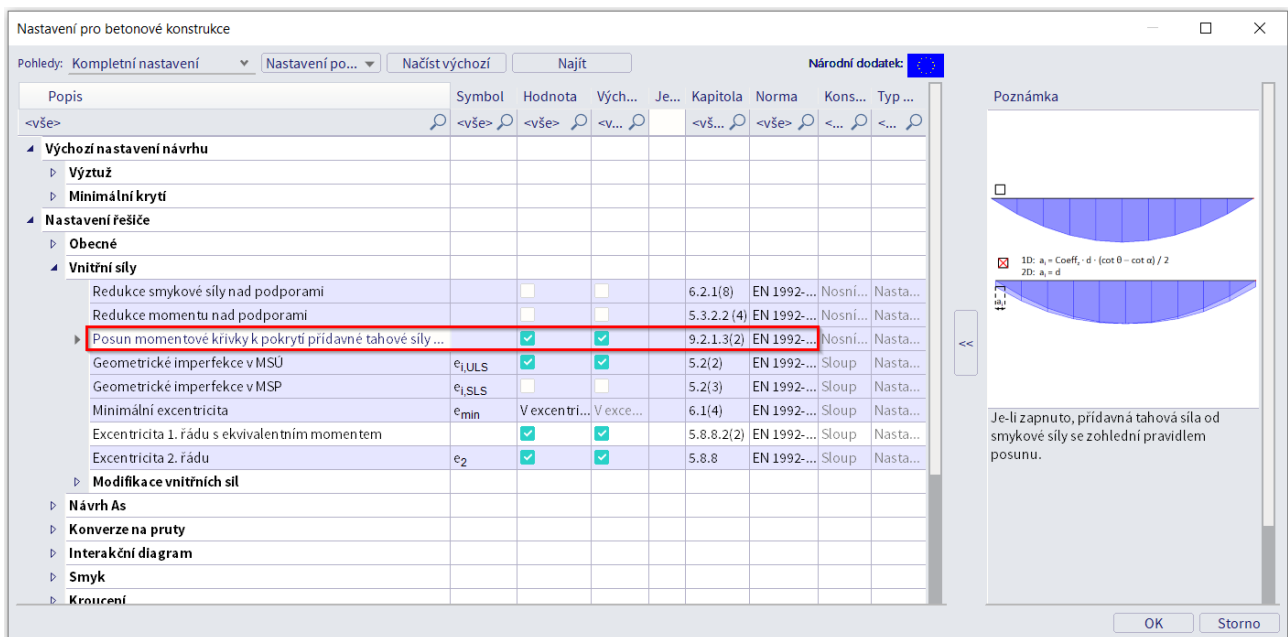


I přes různé transformační postupy je obecně zobrazení výsledků podobné pro ortogonální směry výztuže (podle lokálních os x a y). Největší rozdíl je způsoben pravidlem posunu, které je zohledněno pouze v návrhových vnitřních silách (pracoviště Beton), které jsou vypočítané řešitelem NEDIM (hodnoty $mEd,1$ a $mEd,2$).

Pravidlo posunu zohledňuje dodatečnou tahovou sílu způsobenou smykovou silou posunutím momentové čáry o vzdálenost 'ai'. Hodnota 'ai' je určena podle obrázku níže.

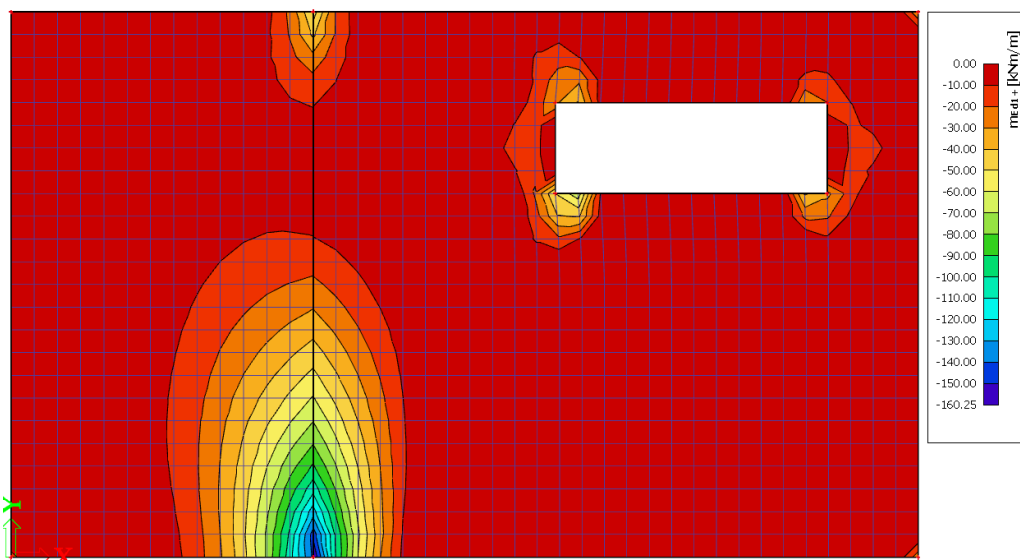


Pravidlo posunu je zohledněno ve výchozím nastavení betonu. Tuto možnost můžete deaktivovat v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled "Kompletní nastavení" → Nastavení řešiče → Vnitřní síly → **Posun momentové křivky k pokrytí přidavné tahové síly od smyku:**

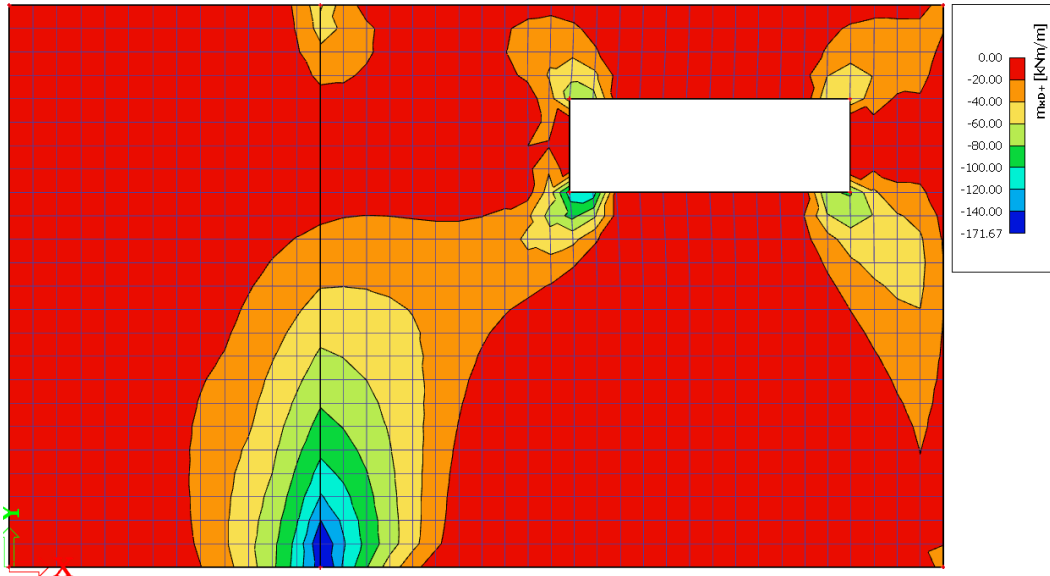


Pokud toto nastavení deaktivujeme, tak bude návrhový ohybový moment $m_{Ed,1+}$ (pracoviště Beton) blíže k návrhovému ohybovému momentu m_{xD+} (pracoviště Výsledky), viz obrázky níže:

Návrhové vnitřní síly - pracoviště Beton:



Návrhové vnitřní síly - pracoviště Výsledky:



⇒ Předpokládaná výztuž

Před výpočtem teoretické výztuže je možné přidat na desku šablonu předpokládané výztuže. Tuto šablonu lze použít k:

- porovnání šablony výztuže s teoretickou nutnou plochou výztuže → díky tomu je snadné zjistit, kde šablona nedostačující
- posudku protažení, posudku šířky trhliny a normově závislého průhybu

Výztuž šablony předpokládané výztuže je označována jako **Předpokládaná výztuž**.

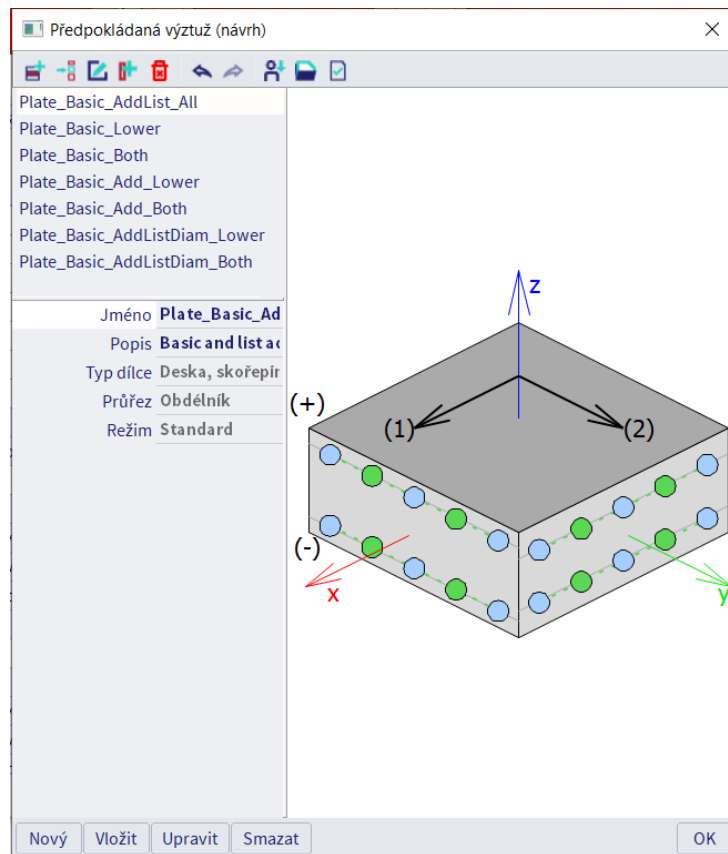
Šablonu předpokládané výztuže je nejprve nutné aktivovat v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → pohled “Kompletní nastavení” → Výchozí nastavení návrhu → Výztuž → typ prvku = Deska (pro popisovaný příklad) → kliknutím na tři tečky vedle možnosti “Navrhnout šablonu předpokládané výztuže” se otevře dialog s přednastavenými šablonami:

Nastavení pro betonové konstrukce

Pohledy: Kompletní nastavení | Nastavení po... | Načíst výchozí | Najít | Národní dodatek: [EU]

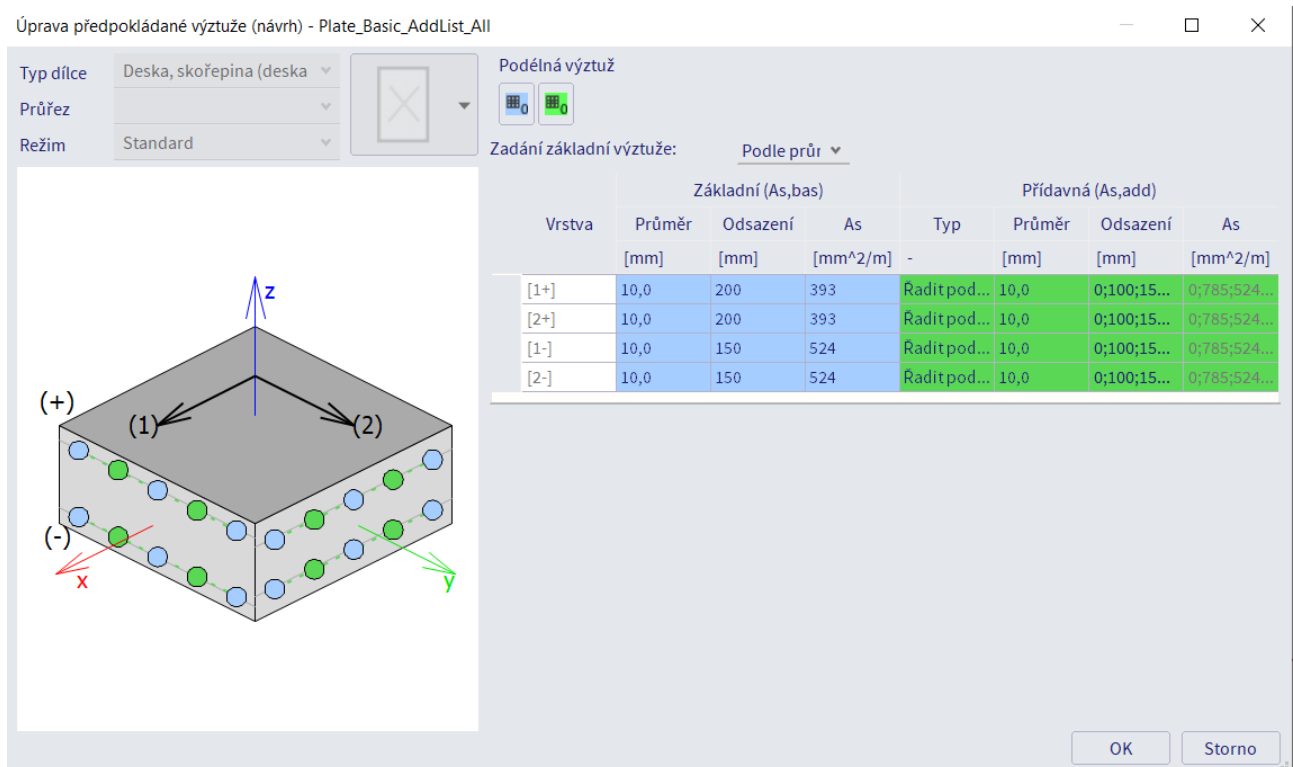
Popis	Symbol	Hodnota	Výchozí	Je...	Kapitola	Norma	Kons...	Typ p...
<vše>	<vše>	<vše>	<v...>		<vše>	<vše>	<...>	<v...>
▲ Výchozí nastavení návrhu								
▲ Výztuž								
▶ Nosník / Žebro								
▶ Deskový nosník								
▶ Sloup								
▶ Deska								
▲ Podélná								
Návrh předpokládané výztuže			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Nezávislé	Deska...	Výchoz...
Navrhnout šablonu předpokládané výztuže		Plate... ..	late_...			Nezávislé	Deska...	Výchoz...
▲ Horní (z+)								
Typ krytí	Typ _{c+}	Auto	Auto		4.4.1	EN 1992-...	Deska...	Výchoz...
Průměr první vrstvy	d _{s1+}	10,0	10,0	mm		EN 1992-...	Deska...	Výchoz...
Úhel směru první vrstvy	α ₁₊	0,00	0,00	deg		EN 1992-...	Deska...	Výchoz...
Průměr druhé vrstvy	d _{s2+}	10,0	10,0	mm		EN 1992-...	Deska...	Výchoz...
Úhel směru druhé vrstvy	α ₂₊	90,00	90,00	deg		EN 1992-...	Deska...	Výchoz...
▲ Spodní (z-)								
Typ krytí	Typ _{c-}	Auto	Auto		4.4.1	EN 1992-...	Deska...	Výchoz...
Průměr první vrstvy	d _{s1-}	10,0	10,0	mm		EN 1992-...	Deska...	Výchoz...
Úhel směru první vrstvy	α ₁₋	0,00	0,00	deg		EN 1992-...	Deska...	Výchoz...
Průměr druhé vrstvy	d _{s2-}	10,0	10,0	mm		EN 1992-...	Deska...	Výchoz...

OK | Storno



Můžete vybrat jednu z těchto šablon, vytvořit novou šablonu nebo upravit jednu z již existujících. Pro příklad je vybrána první předdefinovaná šablona "Plate_Basic_AddList_All", která je upravena přes tlačítko "Upravit" ve spodní části dialogu.

Je otevřen dialog "Úprava předpokládané výztuže (návrh)", který na první pohled vypadá podobně jako šablona pro 1D prvky.

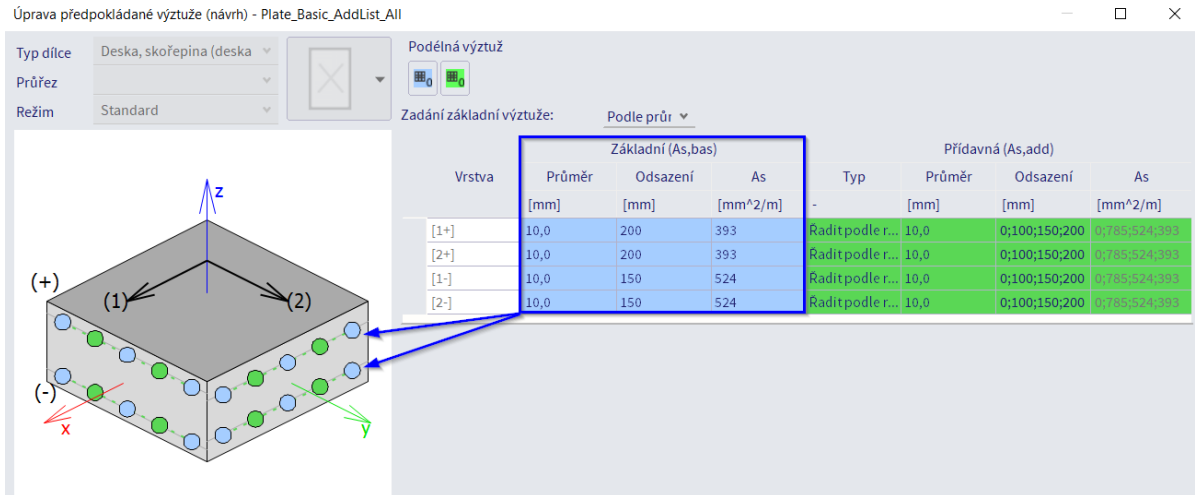


V šabloně je možné definovat dva typy výztuže:

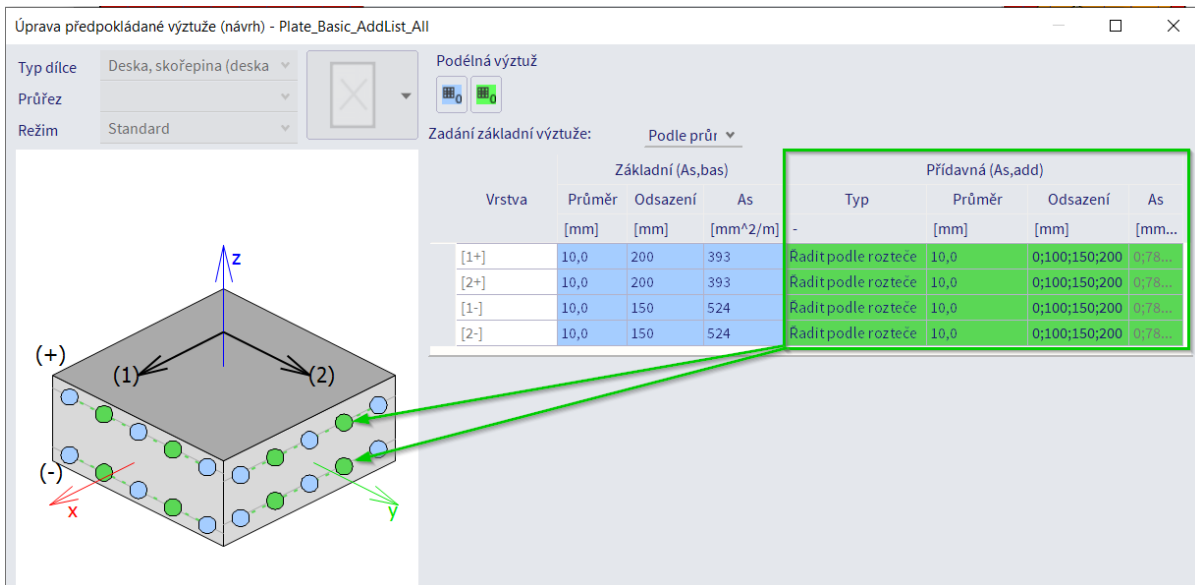
1. Základní výztuž As,bas (podbarvena modře) - je přítomna vždy na celé desce

Nastavení:

- Průměr [mm]... průměr vložky dané vrstvy
- Odsazení [mm]... vzdálenosti prutů v dané vrstvě
- As [mm²/m] ...plocha výztuže spočítaná na základě výše zadaných parametrů

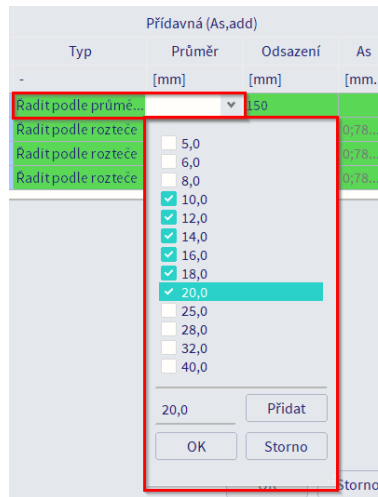


2. Přidavná výztuž As,add (podbarvena zeleně) - je doplněna pouze do oblastí, kde základní výztuž není dostačující.

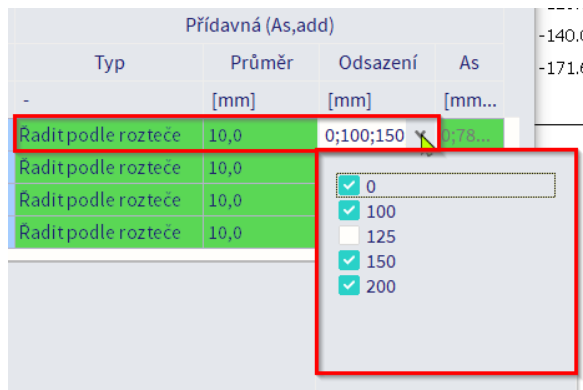


Nastavení přidavné výztuže:

- Typ – 3 možnosti:
 - Fix – nastavení 'Průměru' výztuže a 'Odsazení' je pevně dané
 - Řadit podle průměru – 'Odsazení' je pevně nastaveno a je možné zvolit seznam 'Průměrů', ze kterého bude vybrán ten nejvhodnější, aby byl návrh vyhovující.

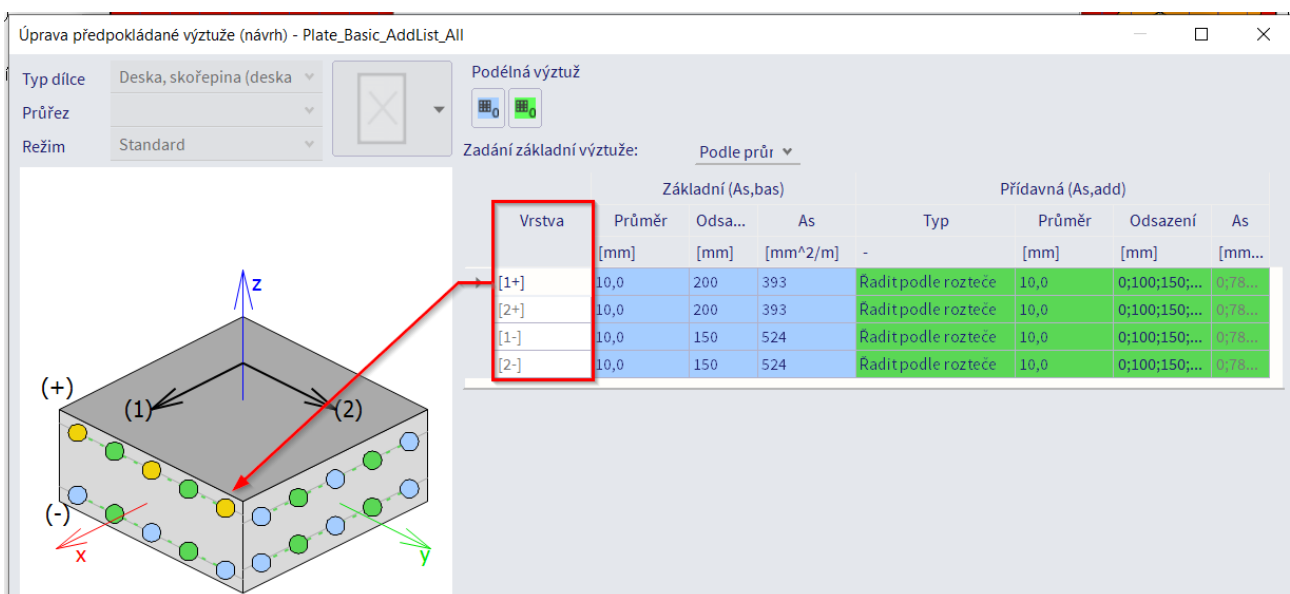


- **Řadit podle rozteče** – nastavení "Průměru" výztuže je pevné a je možné zvolit seznam 'Odsazení', ze kterého bude vybráno to nejvhodnější, aby byl návrh vyhovující.



V prvním sloupcem dialogu jsou 'Vrstvy', do kterých je možné zadat **Základní** a **Přidavnou výztuž**. Po kliknutí do buňky sloupce se daná vrstva na obrázku zbarví oranžově, což umožňuje představu o orientaci jednotlivých vrstev výztuže.

- [1+]...horní vrstva výztuže rovnoběžná s lokální osou 'x' 2D prvku
- [2+]...horní vrstva výztuže rovnoběžná s lokální osou 'y' 2D prvku
- [1-]...spodní vrstva výztuže rovnoběžná s lokální osou 'x' 2D prvku
- [2-]...spodní vrstva výztuže rovnoběžná s lokální osou 'y' 2D prvku



Poznámka:

- Průměr předpokládané výztuže je uvažován z Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → Výchozí nastavení návrhu → Výztuž → Deska viz obrázek níže, a to i v případě, že je aktivována šablona předpokládané výztuže. Tento předpoklad byl zaveden SCIA Engineer 21 viz webinář “[CZ] Návrh betonových konstrukcí ve SCIA Engineer 21 – část 1” – odkaz [zde](#).

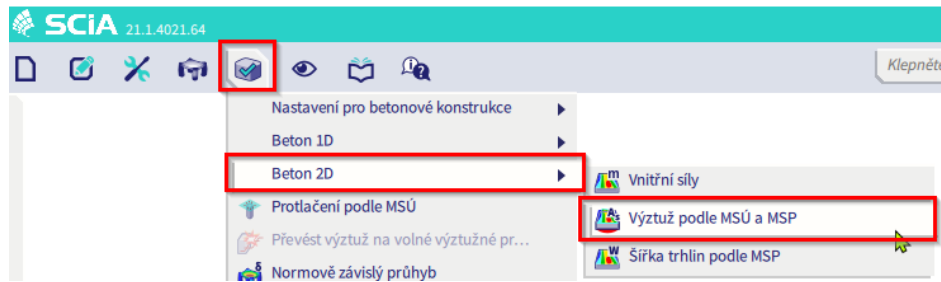
Popis	Symbol	Hodnota	Výchozí	Jed...	Kapitola	Norma	Konstr...	Typ po...
<vše>	<vše>	<vše>	<vše>		<vše>	<vše>	<vše>	<vše>
Deskový nosník								
Sloup								
Deska								
Podélná								
Návrh předpokládané výztuže		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Nezávislé	Deska,S...	Výchozí ...
Navrhnout šablonu předpokládané výztuže	Plate_B...	...	Plate_Ba...			Nezávislé	Deska,S...	Výchozí ...
Horní (z+)								
Typ krytí	Typ _{c+}	Auto	Auto		4.4.1	EN 1992-1-1	Deska,S...	Výchozí ...
Průměr první vrstvy	d _{s1+}	10,0	10,0	mm		EN 1992-1-1	Deska,S...	Výchozí ...
Úhel směru první vrstvy	α ₁₊	0,00	0,00	deg		EN 1992-1-1	Deska,S...	Výchozí ...
Průměr druhé vrstvy	d _{s2+}	10,0	10,0	mm		EN 1992-1-1	Deska,S...	Výchozí ...
Úhel směru druhé vrstvy	α ₂₊	90,00	90,00	deg		EN 1992-1-1	Deska,S...	Výchozí ...
Spodní (z-)								
Typ krytí	Typ _{c-}	Auto	Auto		4.4.1	EN 1992-1-1	Deska,S...	Výchozí ...
Průměr první vrstvy	d _{s1-}	10,0	10,0	mm		EN 1992-1-1	Deska,S...	Výchozí ...
Úhel směru první vrstvy	α ₁₋	0,00	0,00	deg		EN 1992-1-1	Deska,S...	Výchozí ...
Průměr druhé vrstvy	d _{s2-}	10,0	10,0	mm		EN 1992-1-1	Deska,S...	Výchozí ...
Úhel směru druhé vrstvy	α ₂₋	90,00	90,00	deg		EN 1992-1-1	Deska,S...	Výchozí ...
Smyk								
Průměr smykové výztuže		8,0	8,0	mm		EN 1992-1-1	Deska,S...	Výchozí ...

- Ve výchozích nastaveních návrhu můžete změnit směry výztuže. Tyto směry jsou respektovány, jak pro teoretickou tak i předpokládanou výztuž.

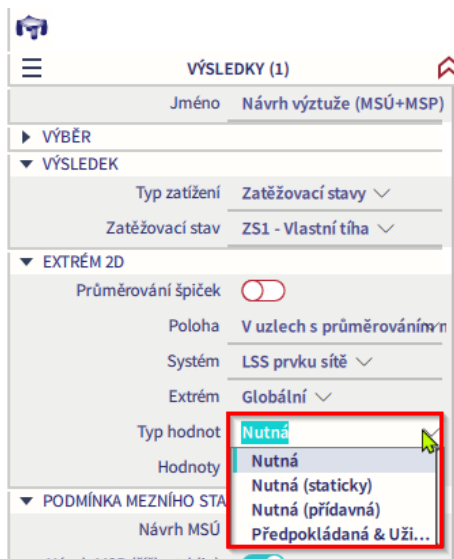
Popis	Symbol	Hodnota	Výchozí	Jed...	Kapitola	Norma	Konstr...	Typ po...
<vše>	<vše>	<vše>	<vše>		<vše>	<vše>	<vše>	<vše>
Deskový nosník								
Sloup								
Deska								
Podélná								
Návrh předpokládané výztuže		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Nezávislé	Deska,S...	Výchozí ...
Navrhnout šablonu předpokládané výztuže	Plate_B...	...	Plate_Ba...			Nezávislé	Deska,S...	Výchozí ...
Horní (z+)								
Typ krytí	Typ _{c+}	Auto	Auto		4.4.1	EN 1992-1-1	Deska,S...	Výchozí ...
Průměr první vrstvy	d _{s1+}	10,0	10,0	mm		EN 1992-1-1	Deska,S...	Výchozí ...
Úhel směru první vrstvy	α ₁₊	0,00	0,00	deg		EN 1992-1-1	Deska,S...	Výchozí ...
Průměr druhé vrstvy	d _{s2+}	10,0	10,0	mm		EN 1992-1-1	Deska,S...	Výchozí ...
Úhel směru druhé vrstvy	α ₂₊	90,00	90,00	deg		EN 1992-1-1	Deska,S...	Výchozí ...
Spodní (z-)								
Typ krytí	Typ _{c-}	Auto	Auto		4.4.1	EN 1992-1-1	Deska,S...	Výchozí ...
Průměr první vrstvy	d _{s1-}	10,0	10,0	mm		EN 1992-1-1	Deska,S...	Výchozí ...
Úhel směru první vrstvy	α ₁₋	0,00	0,00	deg		EN 1992-1-1	Deska,S...	Výchozí ...
Průměr druhé vrstvy	d _{s2-}	10,0	10,0	mm		EN 1992-1-1	Deska,S...	Výchozí ...
Úhel směru druhé vrstvy	α ₂₋	90,00	90,00	deg		EN 1992-1-1	Deska,S...	Výchozí ...
Smyk								
Průměr smykové výztuže		8,0	8,0	mm		EN 1992-1-1	Deska,S...	Výchozí ...

⇒ Teoretická výztuž

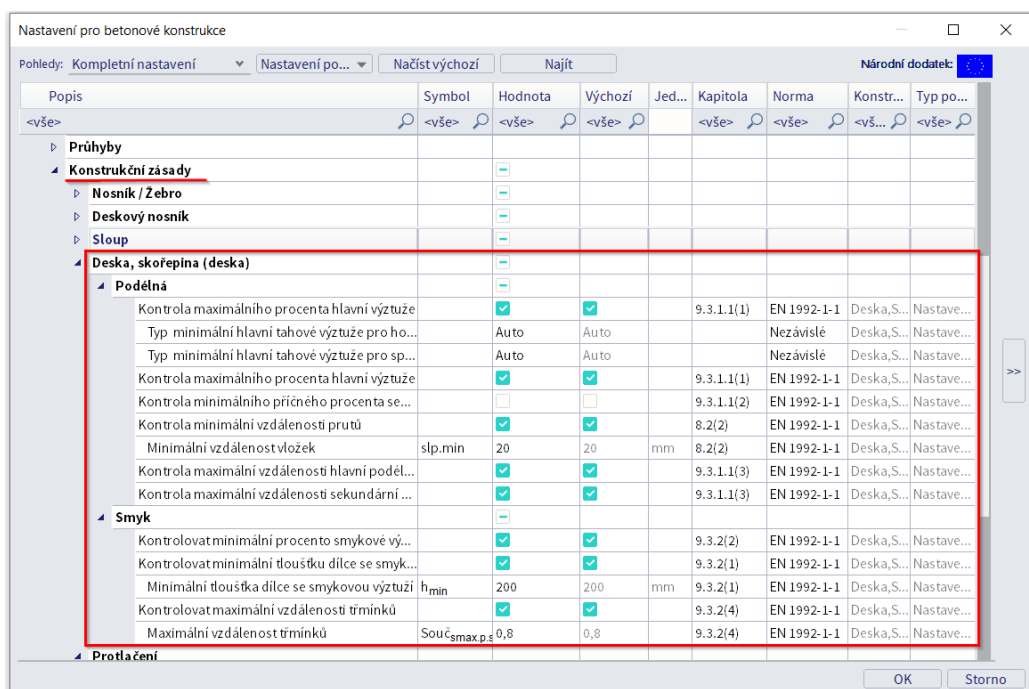
Návrh výztuže pro 2D prvky je možné spustit z hlavního menu → ikona Návrh → Beton 2D → Výztuž podle MSÚ a MSP :



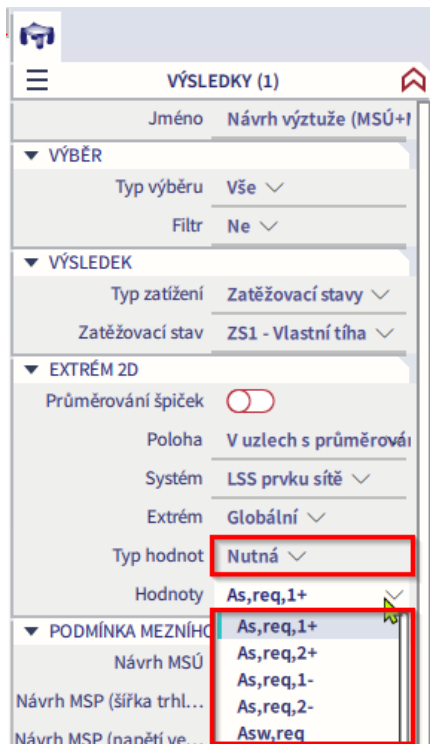
Ve vlastnostech návrhu výztuže je 4 různých Typy hodnot:



1. Nutná: Tyto hodnoty představují teoretickou výztuž vypočítanou SCIA Engineer. Jedná se o nutnou plochu výztuže, která zohledňuje konstrukční zásady, které jsou vybrány v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení:



Dostupné hodnoty u návrhu **Nutné** plochy výztuže:



As,req,1+...nutná plocha výztuže u horního povrchu s vlivem konstrukčních zásad, rovnoběžná s lokální osou 'x' 2D prvku

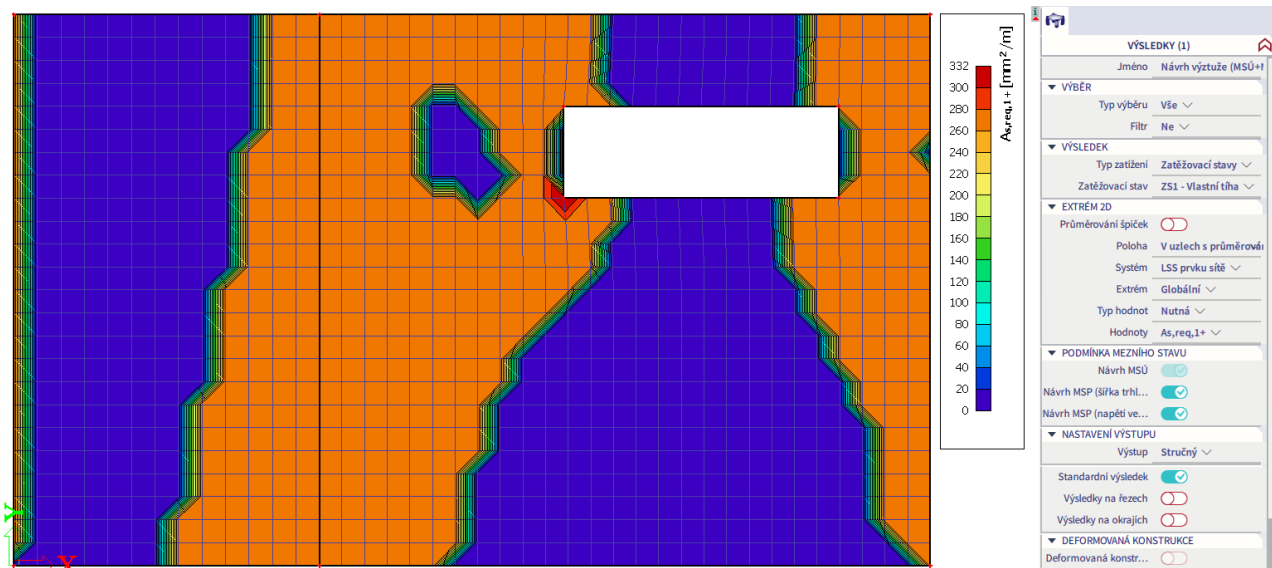
As,req,2+...nutná plocha výztuže u horního povrchu s vlivem konstrukčních zásad, rovnoběžná s lokální osou 'y' 2D prvku

As,req,1-...nutná plocha výztuže u spodního povrchu s vlivem konstrukčních zásad, rovnoběžná s lokální osou 'x' 2D prvku

As,req,2-... nutná plocha výztuže u spodního povrchu s vlivem konstrukčních zásad, rovnoběžná s lokální osou 'y' 2D prvku

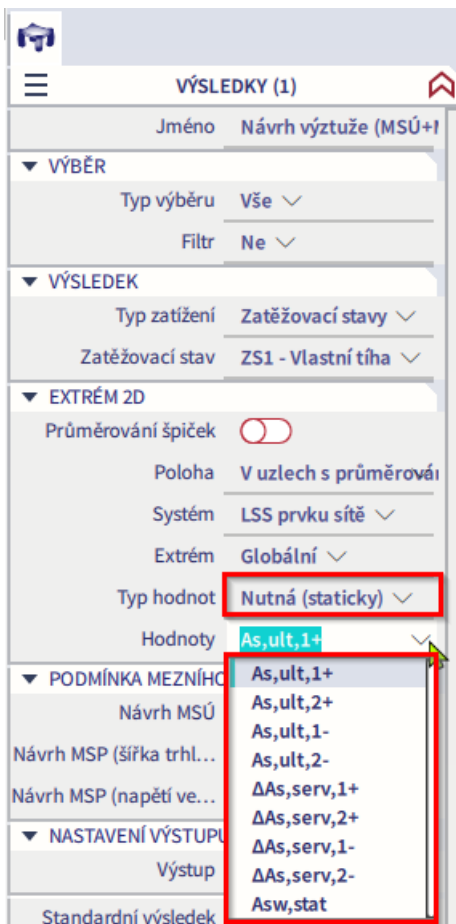
Asw,req...nutná plocha smykové výztuže

Návrh nutné plochy výztuže **As,req1+** pro zatížení od vlastní tíhy vypadá pro ukázkou takto:



2. Nutná (staticky): Tyto hodnoty představují teoretickou výztuž vypočítanou SCIA Engineer. Jedná se o nutnou plochu výztuže **bez vlivu** konstrukčních zásad.

Dostupné hodnoty u plochy **Nutné (staticky)**:



As,ult,1+...nutná plocha výztuže u horního povrchu bez vlivu konstrukčních zásad, rovnoběžná s lokální osou 'x' 2D prvku

As,ult,2+...nutná plocha výztuže u horního povrchu bez vlivu konstrukčních zásad, rovnoběžná s lokální osou 'y' 2D prvku

As,ult,1-...nutná plocha výztuže u spodního povrchu bez vlivu konstrukčních zásad, rovnoběžná s lokální osou 'x' 2D prvku

As,ult,2-... nutná plocha výztuže u spodního povrchu bez vlivu konstrukčních zásad, rovnoběžná s lokální osou 'y' 2D prvku

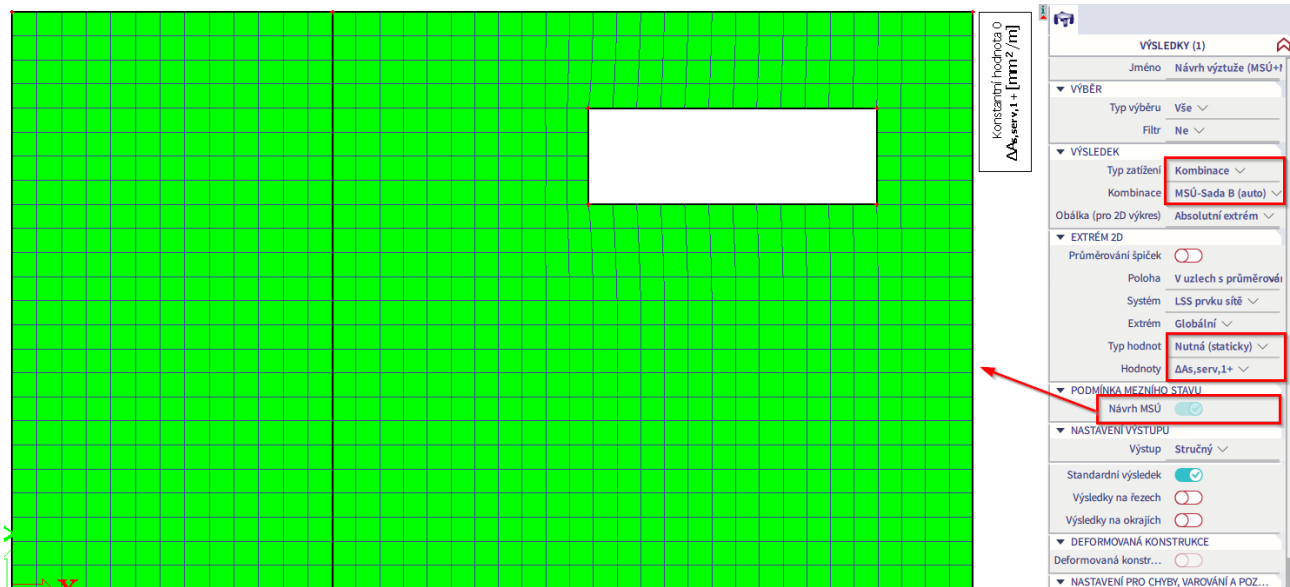
Δ As,serv,1+...plocha výztuže u horního povrchu bez vlivu konstrukčních zásad, rovnoběžná s lokální osou 'x' 2D prvku, která by měla být dodána na Mezní stav použitelnosti*

Δ As,serv,2+... plocha výztuže u horního povrchu bez vlivu konstrukčních zásad, rovnoběžná s lokální osou 'y' 2D prvku, která by měla být dodána na Mezní stav použitelnosti*

Δ As,serv,1-... plocha výztuže u spodního povrchu bez vlivu konstrukčních zásad, rovnoběžná s lokální osou 'x' 2D prvku, která by měla být dodána na Mezní stav použitelnosti*

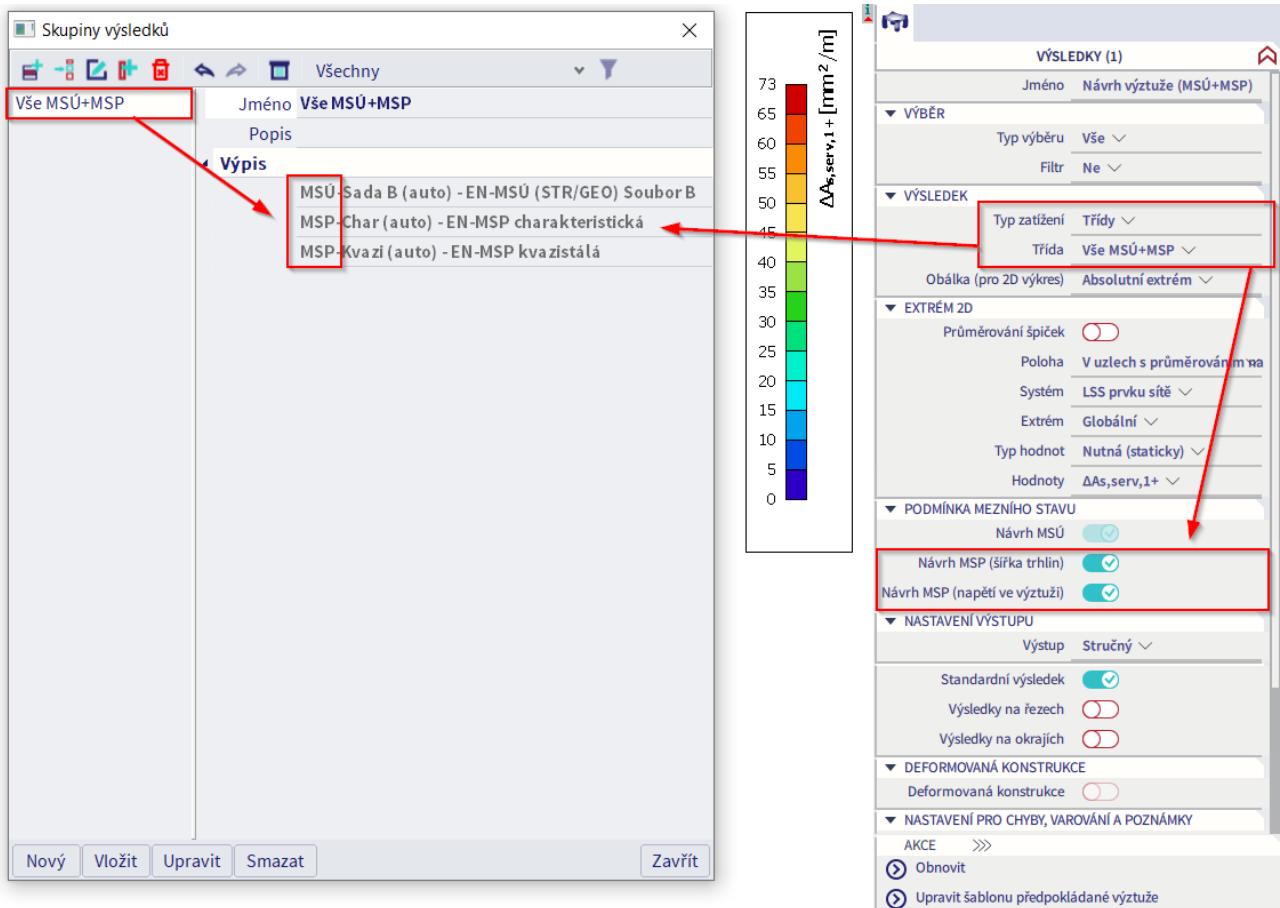
Δ As,serv,2-... plocha výztuže u spodního povrchu bez vlivu konstrukčních zásad, rovnoběžná s lokální osou 'y' 2D prvku, která by měla být dodána na Mezní stav použitelnosti*

*Jedná se o přidavek výztuže Δ As,serv, který bychom měli dodat, aby výztuž byla vyhovující na oba mezní stavy, tedy i na Mezní stav použitelnosti (MSP). V případě, že je návrh výztuže prováděn pouze na kombinaci MSU, tak je tento přídavek výztuže výztuže Δ As,serv pro MSP **nulový** viz obrázky níže:

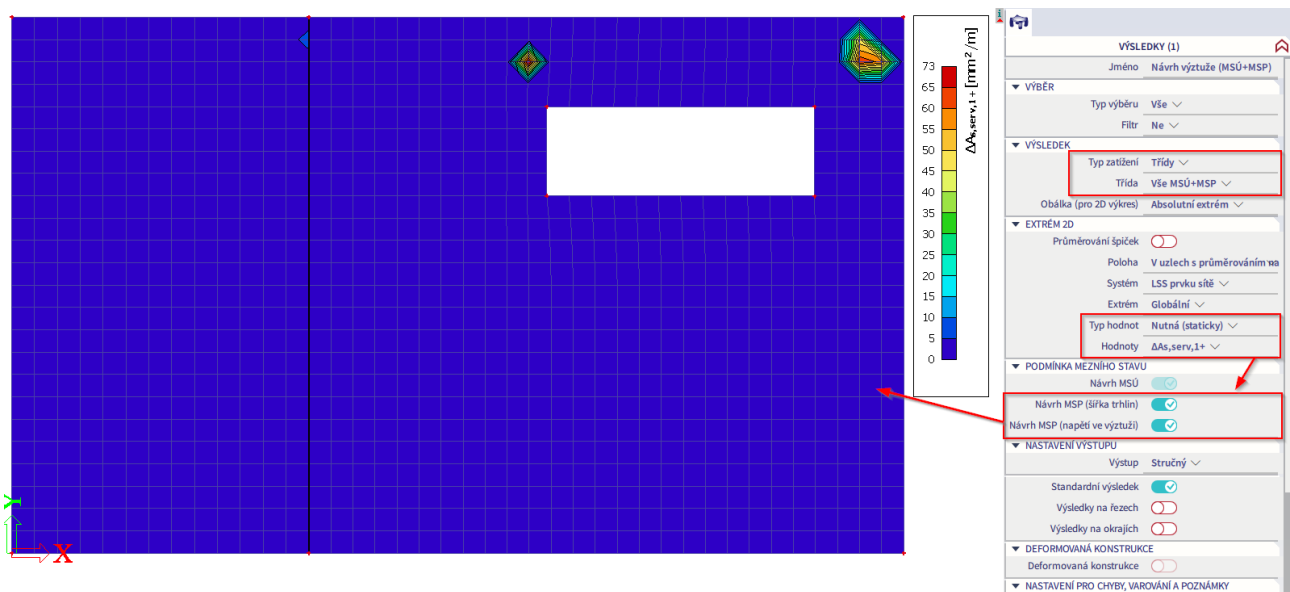


Výztuž 2D prvků je možné navrhnout na oba mezní stavy MSÚ+MSP a to nastavením Typu zatížení = Třídy ve vlastnostech Návrhu výztuže. Pokud vybraná Třída obsahuje kromě kombinací MSÚ i kombinace MSP, tak se ve vlastnostech posudku objeví nové podmínky. Kromě návrhu výztuže na MSÚ je zde dostupný také:

- Návrh MSP (šířka trhliny)
- Návrh MSP (napětí ve výztuži)



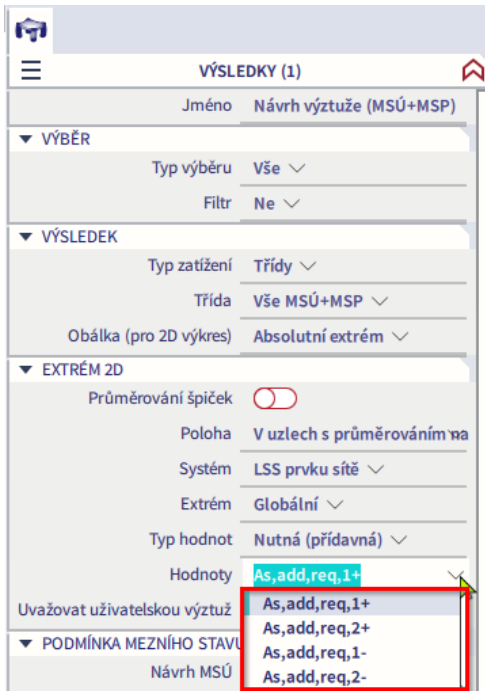
Pro ukázkou je aktivována podmínka Návrhu výztuže na MSP (šířka trhlín i napětí ve výztuži), poté již přidavek výztuže na MSP $\Delta A_{s, serv, 1+}$ není pro tento příklad nulový. Jinak řečeno, na to, aby byl návrh výztuže vyhovující i na MSP je nutné k výztuži $A_{s, ult, 1+}$ na MSÚ přidat výztuž $\Delta A_{s, serv, 1+}$.



3. Nutná (přídavná): Jedná se o plochu výztuže, kterou je potřeba dodat, aby byl návrh výztuže vyhovující. Tento typ výztuže zohledňuje výztuž šablony předpokládané výztuže a je možné zohlednit i uživatelsky zadanou výztuž (aby byla uživatelská výztuž zohledněna je nutné ve vlastnostech návrhu aktivovat tlačítko “Uvažovat uživatelskou výztuž”).

V oblastech, kde je hodnota Nutné (přídavné) plochy výztuže nulová, není potřeba žádná další výztuž. V oblastech, kde tyto hodnoty nejsou nulové, je nutné výztuž přidat, protože předpokládaná výztuž není dostatečná.

Dostupné hodnoty u plochy **Nutná (přídavná):**



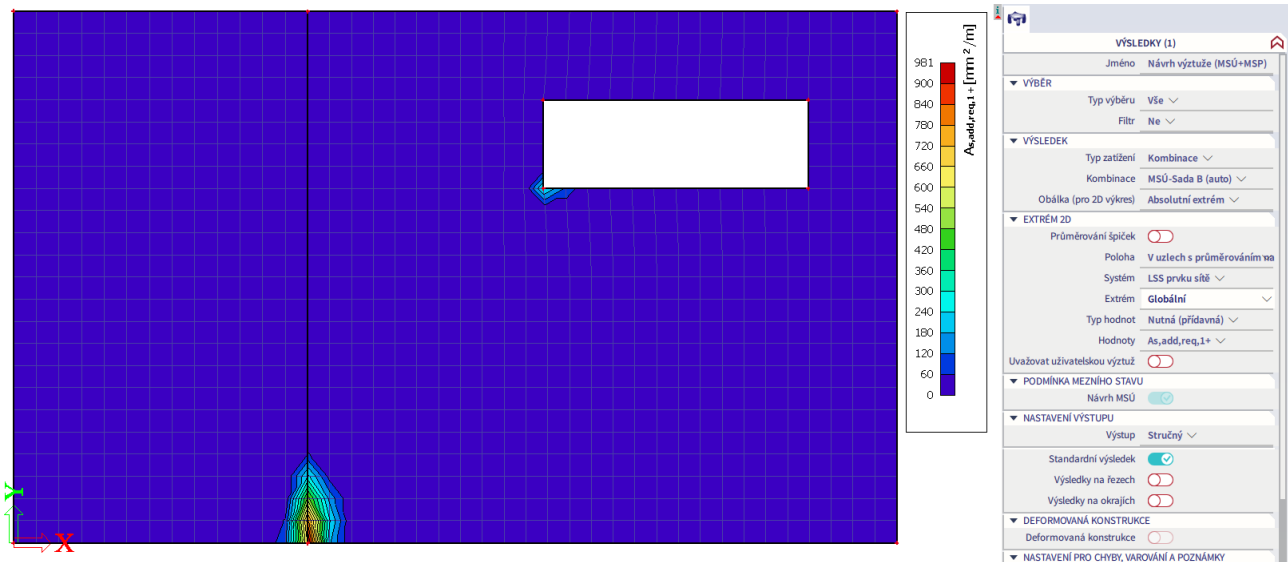
As,add,req,1+...nutná přídavná plocha výztuže u horního povrchu, rovnoběžná s lokální osou 'x' 2D prvku

As,add,req,2+...nutná přídavná plocha výztuže u horního povrchu, rovnoběžná s lokální osou 'y' 2D prvku

As,add,req,1-...nutná přídavná plocha výztuže u spodního povrchu, rovnoběžná s lokální osou 'x' 2D prvku

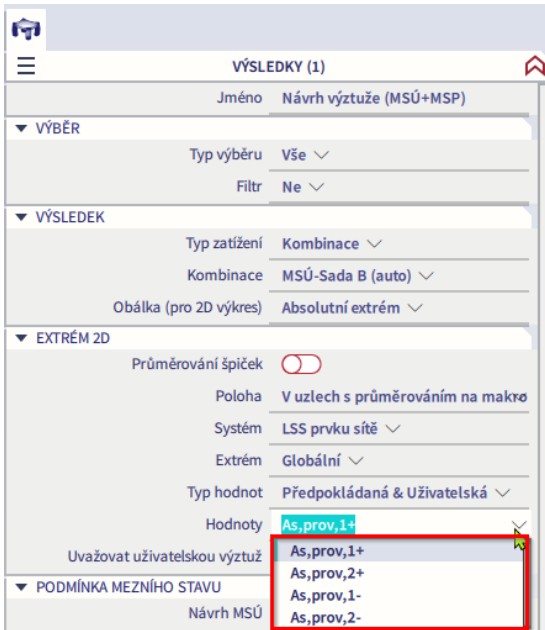
As,add,req,2-... nutná přídavná plocha výztuže u spodního povrchu, rovnoběžná s lokální osou 'y' 2D prvku

Pro ukázkou je na obrázku níže zobrazena nutná přídavná plocha výztuže u horního povrchu As,add,req,1+ od kombiace MSÚ-Sada B (auto):



4. Předpokládaná & Uživatelská: Tyto typ hodnot zobrazuje předpokládanou výztuž, která je definovaná v šabloně předpokládané výztuže.

Dostupné hodnoty v návrhu **Předpokládaná & Uživatelská**:



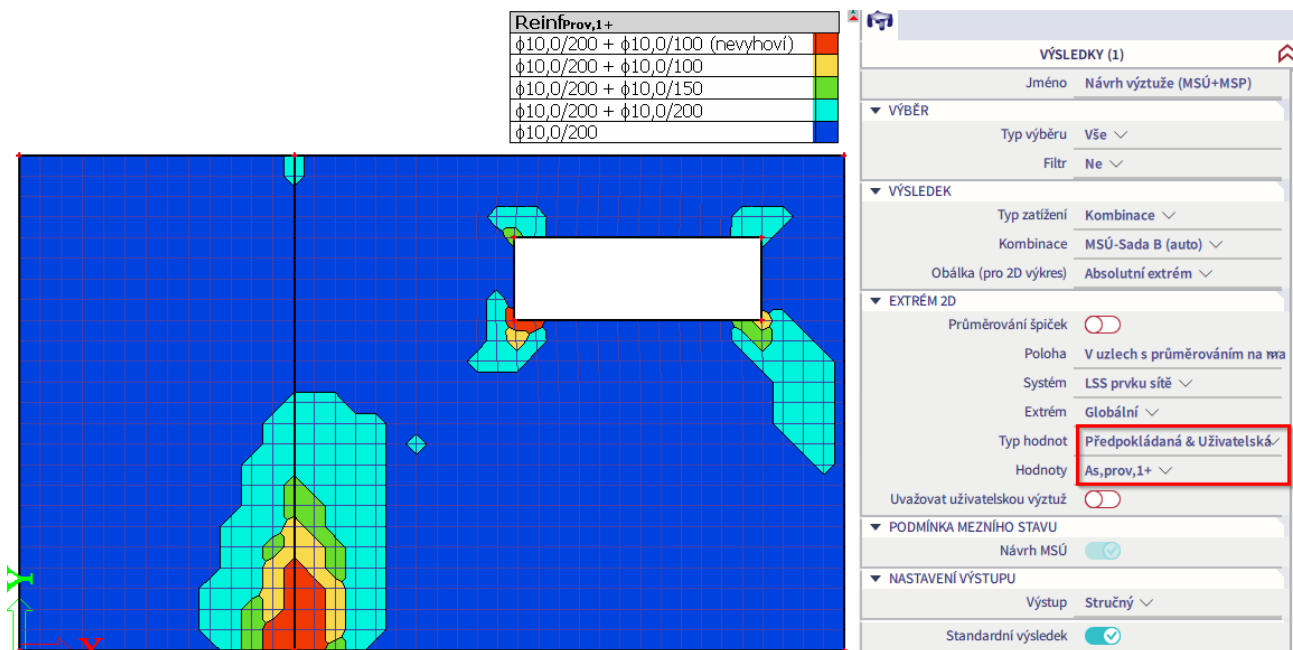
As,prov,1+... plocha výztuže u horního povrchu, rovnoběžná s lokální osou 'x' 2D prvku, definovaná v šabloně předpokládané výztuže

As,prov,2+... plocha výztuže u horního povrchu, rovnoběžná s lokální osou 'y' 2D prvku, definovaná v šabloně předpokládané výztuže

As,prov,1-... plocha výztuže u spodního povrchu, rovnoběžná s lokální osou 'x' 2D prvku, definovaná v šabloně předpokládané výztuže

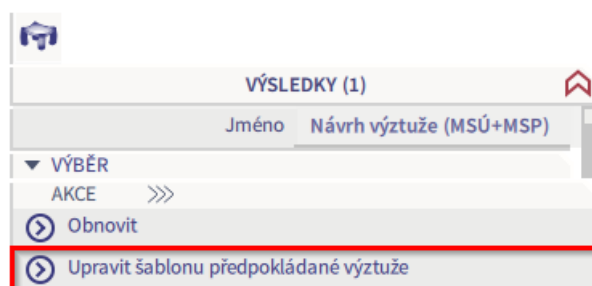
As,prov,2-... plocha výztuže u spodního povrchu, rovnoběžná s lokální osou 'y' 2D prvku, definovaná v šabloně předpokládané výztuže

Pro ukázkou je na obrázku níže zobrazena předpokládaná výztuž u horního povrchu As,prov,1+. Podle tabulky je možné vidět, že červené oblasti desky nejsou z hlediska návrhu výztuže vyhovující.

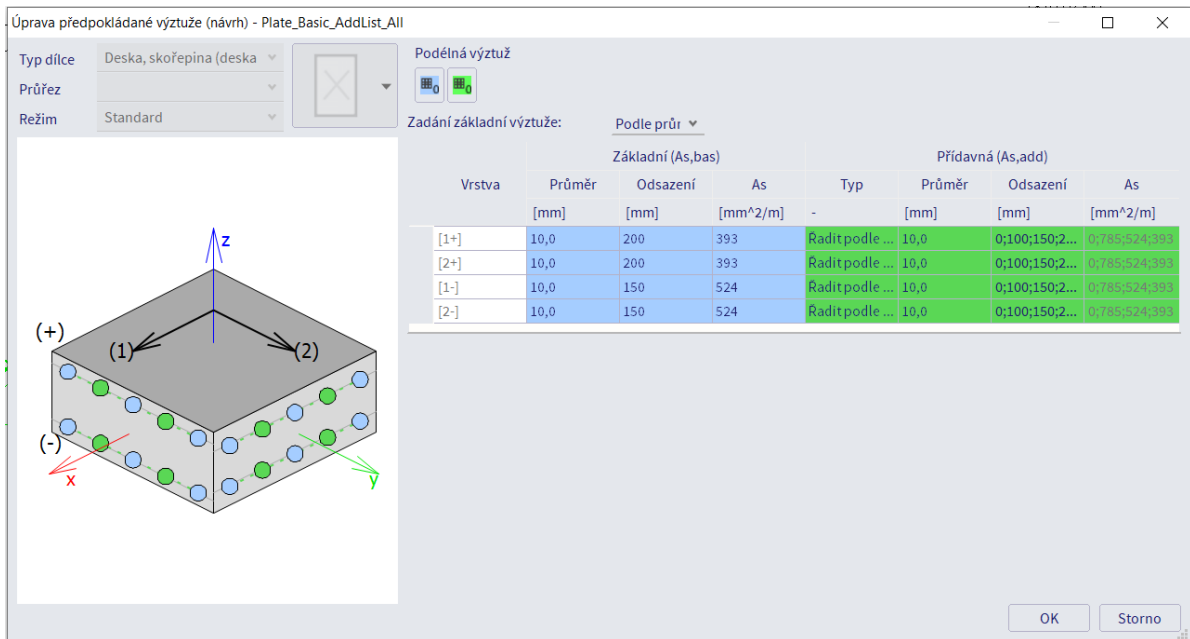


Tipy pro řešení nevyhovujících oblastí:

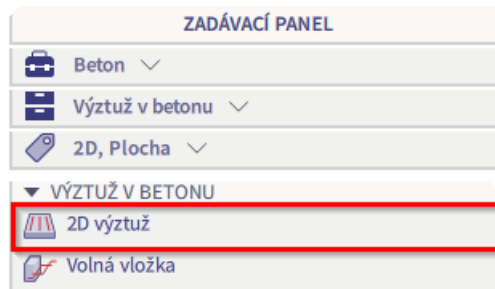
- Editovat šablonu předpokládané výztuže – pro editaci šablony je možné využít akční tlačítko “Upravit šablonu předpokládané výztuže” ve spodní části panelu vlastností Návrhu výztuže.



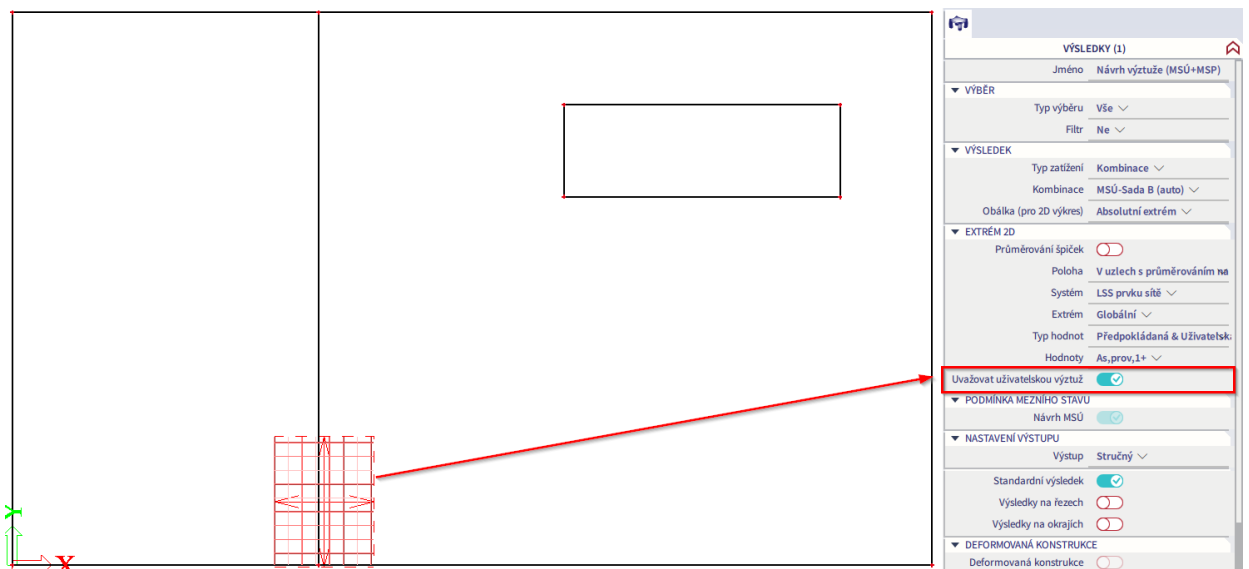
Po zmáčnutí akčního tlačítka je nutné vybrat 2D prvek, pro který chceme šablonu editovat. V otevřeném dialogovém okně je možné editovat průměry výztuže i jejich rozteče.



- Vytužit místa uživatelsky zadanou výztuží -šablonu předpokládané výztuže je možné kombinovat s uživatelsky zadanou výztuží. Uživatelskou výztuž je možné zadat ze Zadávacího panelu → pracoviště Beton → 2D výztuž:



Pro ukázkou jsou do nevyhovující oblasti horního povrchu vloženy průměry 14/150. Aby byla uživatelská výztuž uvažována spolu se šablonou předpokládané výztuže, je nutné ve vlastnostech Návrhu výztuže aktivovat tlačítko **“Uvažovat uživatelskou výztuž”**:



výztuž ze šablony předpokládané výztuže

ReinProv,1+		
φ10,0/200	+ φ14,0/150	+ φ10,0/100
φ10,0/200	+ φ14,0/150	+ φ10,0/150
φ10,0/200	+ φ14,0/150	+ φ10,0/200
φ10,0/200	+ φ14,0/150	(nevyhoví)
φ10,0/200	+ φ10,0/100	
φ10,0/200	+ φ10,0/150	
φ10,0/200	+ φ10,0/200	
φ10,0/200		

VÝSLEDKY (1)

Jméno Návrh výztuže (MSÚ+MSP)

VÝBĚR

Typ výběru Vše

 Filtr Ne

VÝSLEDEK

Typ zatížení Kombinace

Kombinace MSÚ-Sada B (auto)

Obálka (pro 2D výkres) Absolutní extrém

EXTRÉM 2D

Průměrování špiček

Poloha V uzlech s průměrováním na

Systém LSS prvku sítě

Extrém Globální

Typ hodnot Předpokládaná & Uživatelsk:

Hodnoty As,prov,1+

Uvažovat uživatelskou výztuž

PODMÍNKA MEZNIHO STAVU

Návrh MSÚ

NASTAVENÍ VÝSTUPU

Výstup Stručný

Standardní výsledek

Výsledky na fezech

Výsledky na okrajích

DEFORMOVANÁ KONSTRUKCE

Deformovaná konstrukce

NASTAVENÍ PRO CHYBY, VAROVÁNÍ A POZNÁMKY

Zobrazit informace o varov...

AKCE >>>

⇒ Výpočet plochy podélné výztuže

Teoretická podélná výztuž je počítána z vnitřních sil pro návrh:

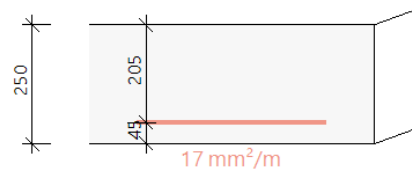
Podélná výztuž

Návrh podle mezního stavu únosnosti

Směr vrstvy výztuže [$\alpha=90^\circ$]

[2-]: spodní povrch

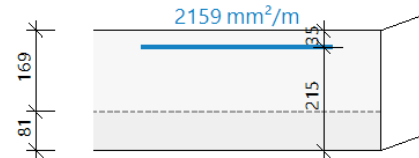
$m_{Ed} = -6.69 \text{ kNm/m}$ | $n_{Ed} = 97.9 \text{ kN/m}$ [MSÚ-Sada B (auto)/4]
 $f_{cd} = 13.3 \text{ MPa}$ ($\gamma_c = 1.5, \alpha_{cc} = 1$)
 $f_{yd} = 435 \text{ MPa}$ ($\gamma_s = 1.15$)
 $\varnothing 10 \text{ mm}$: $d_1=45 \text{ mm}$ -> $d=205 \text{ mm}$
 $x = -0.6 \text{ mm}$ -> $z = 185 \text{ mm}$
 $A_{s,ult} = 17 \text{ mm}^2/\text{m}$ (tahové)
 $\rho_1 = 0,008\%$



Směr vrstvy výztuže [$\alpha=0^\circ$]

[1+]: horní povrch

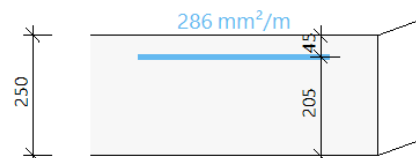
$m_{Ed} = -160 \text{ kNm/m}$ | $n_{Ed} = 128 \text{ kN/m}$ [MSÚ-Sada B (auto)/2]
 $f_{cd} = 13.3 \text{ MPa}$ ($\gamma_c = 1.5, \alpha_{cc} = 1$)
 $f_{yd} = 435 \text{ MPa}$ ($\gamma_s = 1.15$)
 $\varnothing 10 \text{ mm}$: $d_1=35 \text{ mm}$ -> $d=215 \text{ mm}$
 $x = 81 \text{ mm}$ -> $z = 183 \text{ mm}$
 $A_{s,ult} = 2159 \text{ mm}^2/\text{m}$ (tahové)
 $\rho_1 = 1,004\%$



Směr vrstvy výztuže [$\alpha=90^\circ$]

[2+]: horní povrch

$m_{Ed} = -9.59 \text{ kNm/m}$ | $n_{Ed} = 128 \text{ kN/m}$ [MSÚ-Sada B (auto)/2]
 $f_{cd} = 13.3 \text{ MPa}$ ($\gamma_c = 1.5, \alpha_{cc} = 1$)
 $f_{yd} = 435 \text{ MPa}$ ($\gamma_s = 1.15$)
 $\varnothing 10 \text{ mm}$: $d_1=45 \text{ mm}$ -> $d=205 \text{ mm}$
 $x = -0.3 \text{ mm}$ -> $z = 185 \text{ mm}$
 $A_{s,ult} = 286 \text{ mm}^2/\text{m}$ (tahové)
 $\rho_1 = 0,140\%$



=> Výpočet smykové výztuže

Před výpočtem smykové výztuže jsou provedeny dva posudky:

- $V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$: Návrhové vnitřní síly na desce by měly být nižší nebo rovné maximální smykové únosnosti desky.

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot V_1 \cdot f_{cd}}{(\cot \theta + \tan \theta)}$$

- $V_{Ed} < V_{Rdc}$: Pokud je V_{Ed} menší než V_{Rdc} není nutná smyková výztuž. Pokud tomu tak není, SCIA Engineer automaticky vypočítá smykovou výztuž na protlačení.

$$V_{Rdc} = \max \left(10^6 \cdot \left(C_{Rdc} \cdot k \cdot \left(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck} \right)^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot d; 0 \right) \quad (6.47)$$

$$= \max \left(10^6 \cdot \left(0.12 \cdot 1.98 \cdot \left(100 \cdot 3.24 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \right)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \cdot 0 \right) \cdot 0.21; 0 \right) = 92.8 \text{ kN/m}$$

$$V_{Rdcmin} = \max \left(10^6 \cdot \left(V_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot d; 0 \right) = \max \left(10^6 \cdot \left(0.435 + 0.15 \cdot 0 \right) \cdot 0.21; 0 \right) = 91.3 \text{ kN/m}$$

$$V_{Rdc} = \max (V_{Rdc}; V_{Rdcmin}) = \max (92.8 \text{ kN/m}; 91.3 \text{ kN/m}) = 92.8 \text{ kN/m}$$

Posouzení smykové únosnosti (bez smykové výztuže)

Posouzení $V_{Rd,max}$

$$V_{Ed} = 384 \text{ kN/m} \leq V_{Rd,max} = 630 \text{ kN/m} \quad \text{OK}$$

Posouzení V_{Rdc}

$$V_{Ed} = 384 \text{ kN/m} > V_{Rdc} = 92.8 \text{ kN/m} \quad \text{(Nevyhovuje, je požadována smyková výztuž)}$$

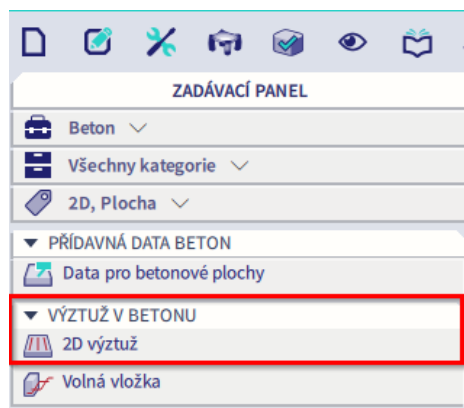
Pokud platí, že $V_{Ed} > V_{Rd,max}$, tak se ve výstupu návrhu výztuže se objeví následující chybové hlášení:

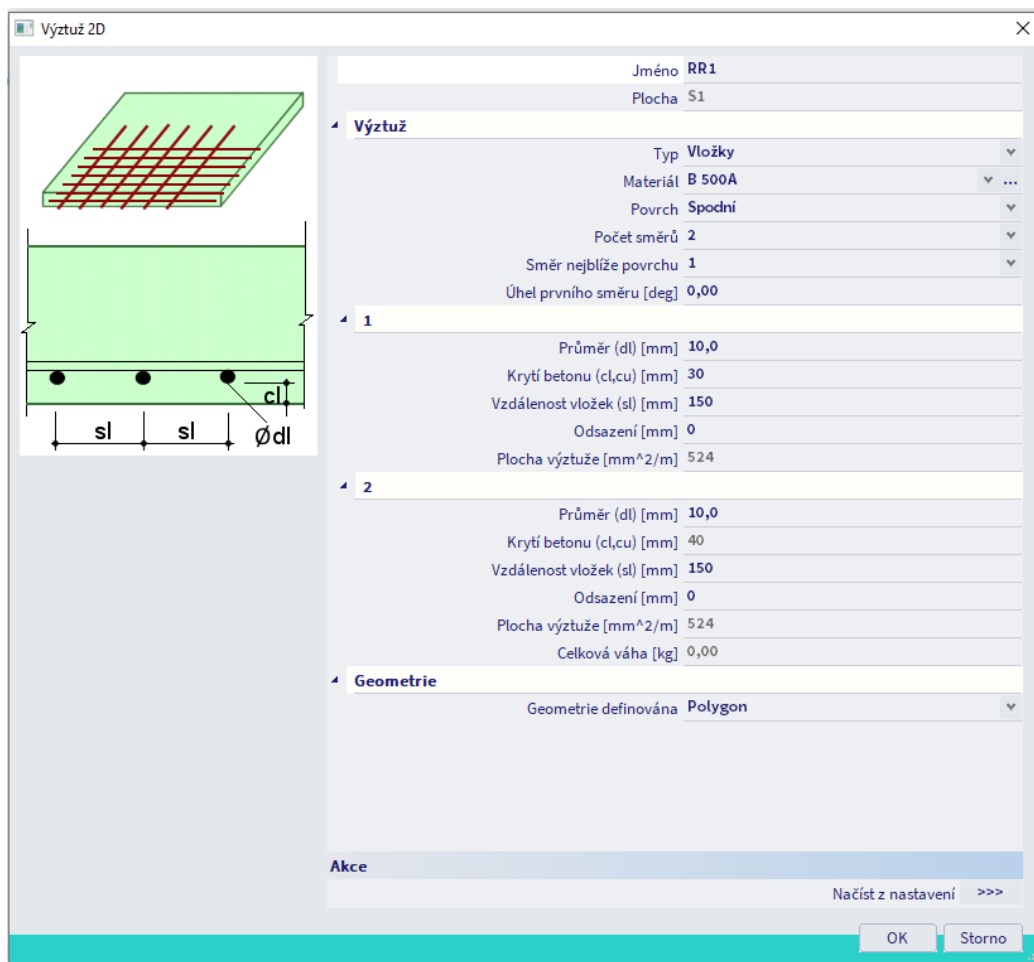
Warning	Punching shear resistance at the column perimeter ($v_{Rd,max}$) is not sufficient acc. to §6.4.3(2).	Increase the column size or change plate properties (use higher grade of concrete material or increase the thickness).
---------	---	--

Toto chybové hlášení se vyskytuje v místech singularit s vysokými hodnotami smykového napětí. V místech singularit jsou výsledky zakreslené a ve skutečnosti se na konstrukci nevyskytují. Výsledky v místě singularit můžete ignorovat nebo je zprůměrovat, například pomocí průměrovacího pásu. Více o průměrování výsledků [zde](#).

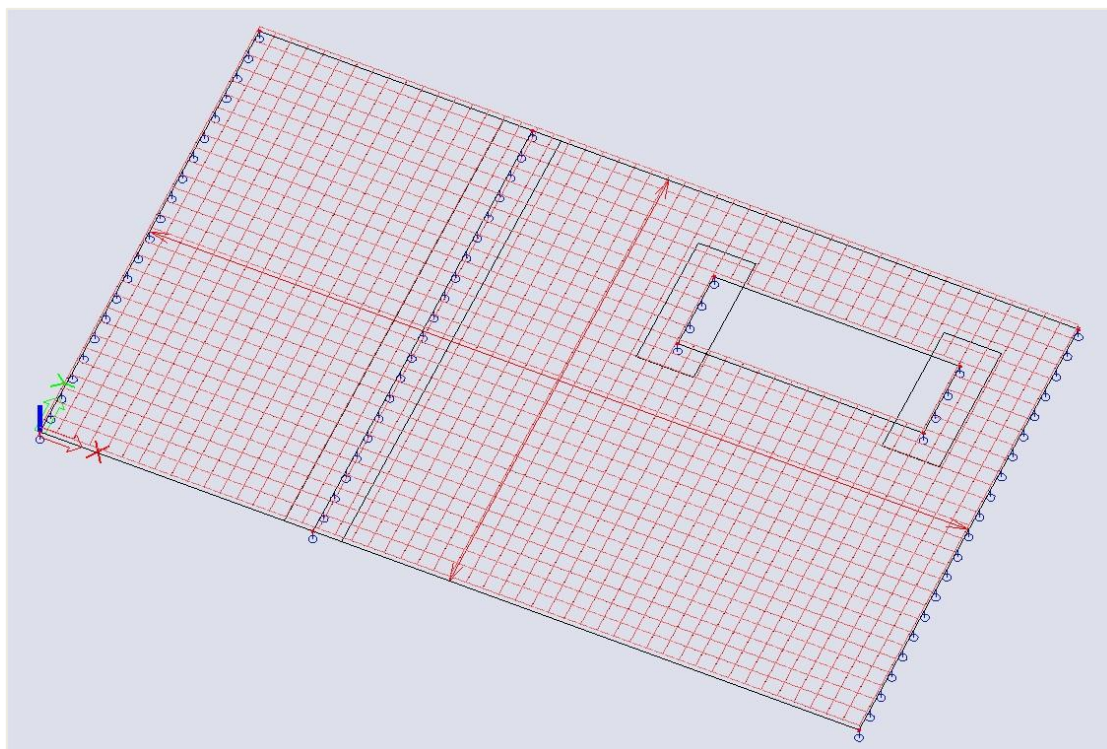
🔧 Vložení uživatelské (skutečné) výztuže

Kromě teoretické nutné výztuže a předpokládné výztuže je možné i přímé zadání uživatelské (skutečné) výztuže. Tento typ výztuže lze do desky zadat z pracoviště Beton → 2D výztuž:





Tato výztuž se zadává zvlášť na horní a spodní povrch v různých směrech.



Poznámka: Na část desky můžete přidat více vrstev skutečné výztuže, které se překrývají. Celková výztuž v daném místě desky je součtem všech těchto vrstev.

✚ Kombinované zadání Předpokládané a Uživatelské výztuže

Po provedení návrhu výztuže se může ukázat, že je Předpokládaná výztuž v některých oblastech nedostatečná. To znamená, že uživatel by měl zadat přídatnou výztuž. V takovém případě může uživatel použít dva různé pracovní postupy:

- (a) Definovat veškerou výztuž jako Uživatelskou výztuž;
- (b) Definovat Předpokládanou výztuž spolu s Uživatelskou výztuží, která bude definována pouze v oblastech, kde je nutné zadat přídatnou výztuž.

Tento princip je vysvětlen na následujícím příkladu návrhu výztuže na MSÚ ve **směru lokální osy x** (směr 1). V nastavení pro betonové konstrukce může uživatel definovat šablonu předpokládané výztuže, kterou lze použít pro návrh Předpokládané výztuže. V příkladu je základní výztuž nastavena na $\varnothing 10$ à 150 a přídatná výztuž je nastavena na nulu.

Úprava předpokládané výztuže (návrh) - Plate_Basic_AddList_All

Typ dílce: Deska, skořepina (deska)
 Průřez: []
 Režim: Standard

Podélná výztuž: [] []

Zadání základní výztuže: Podle průměr

Vrstva	Základní (As,bas)			Typ	Přídatná (As,add)		
	Průměr [mm]	Odsazení [mm]	As [mm ² /m]		Průměr [mm]	Odsazení [mm]	As [mm ² /m]
[1+]	10,0	150	524	Fix	10,0	0	0
[2+]	10,0	150	524	Fix	10,0	0	0
[1-]	10,0	150	524	Fix	10,0	0	0
[2-]	10,0	150	524	Fix	10,0	0	0

OK Storno

Z návrhu výztuže **As_prov,1-** na kombinaci MSÚ je patrné, že předpokládaná výztuž ze šablony $\varnothing 10$ à 150 není v některých částech desky dostačující a je nutné zadat přídatnou výztuž.

Reinf Prov.1-
 $\varnothing 10,0/150$ (nevyhoví)
 $\varnothing 10,0/150$

VÝSLEDKY (1)

Jméno: Návrh výztuže (MSÚ)

VÝBĚR
 Typ výběru: Vše
 Filtr: Ne

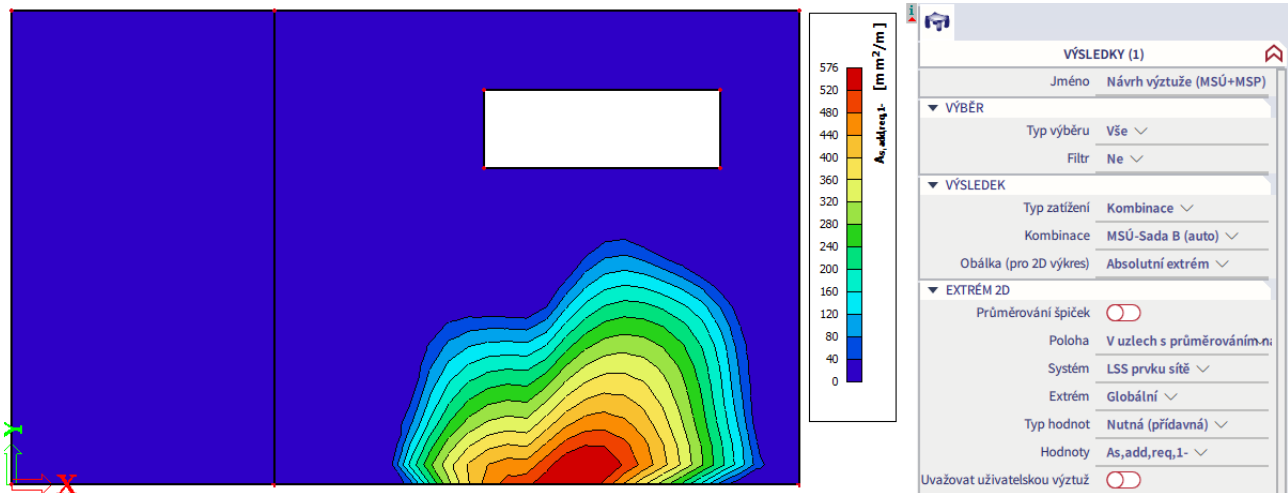
VÝSLEDEK
 Typ zatížení: Kombinace
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Obálka (pro 2D výk...): Absolutní extrém

EXTRÉM 2D
 Průměrování špiček: []
 Poloha: V uzlech s průměrov
 Systém: LSS prvku sítě
 Extrém: Globální
 Typ hodnot: Předpokládaná & U:
 Hodnoty: As,prov,1-
 Uvažovat uživatels...: []

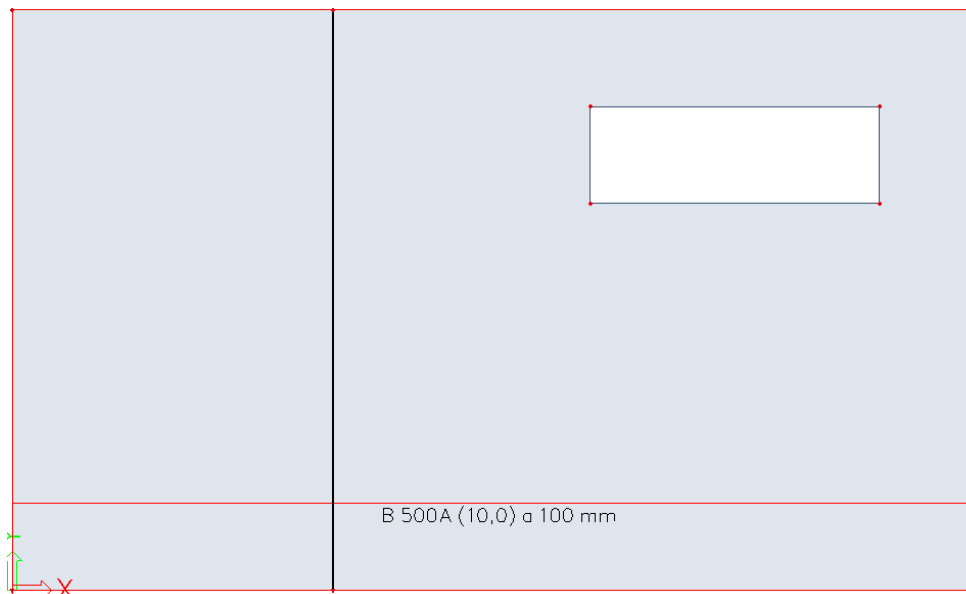
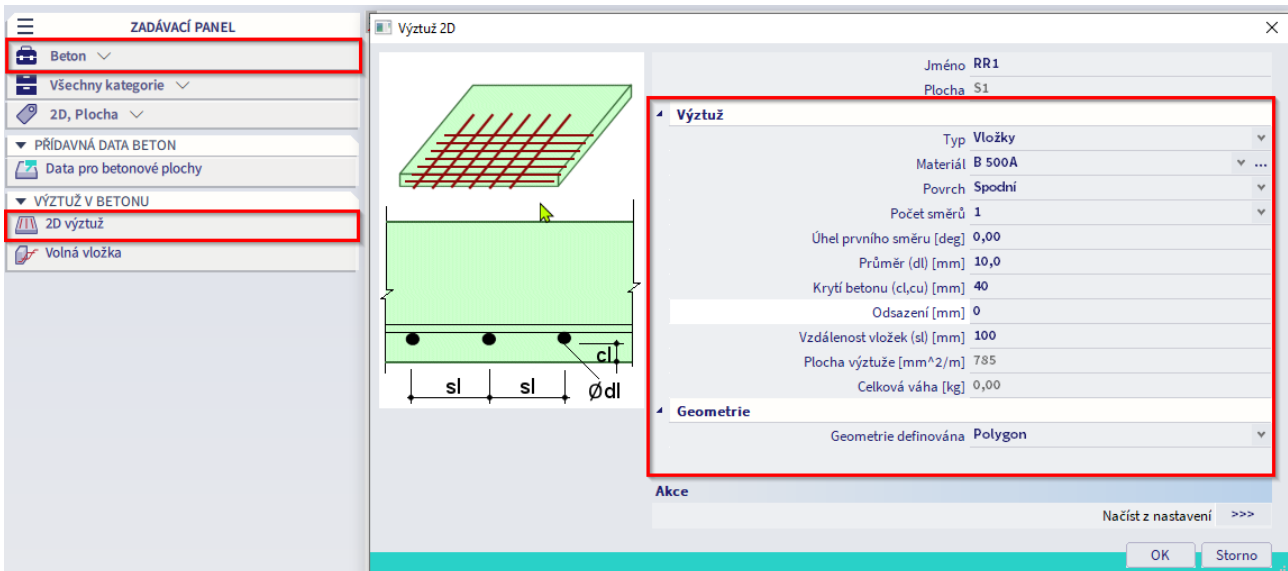
PODMÍNKA MEZNÍHO STAVU
 Návrh MSÚ: []

NASTAVENÍ VÝSTUPU
 Výstup: Stručný

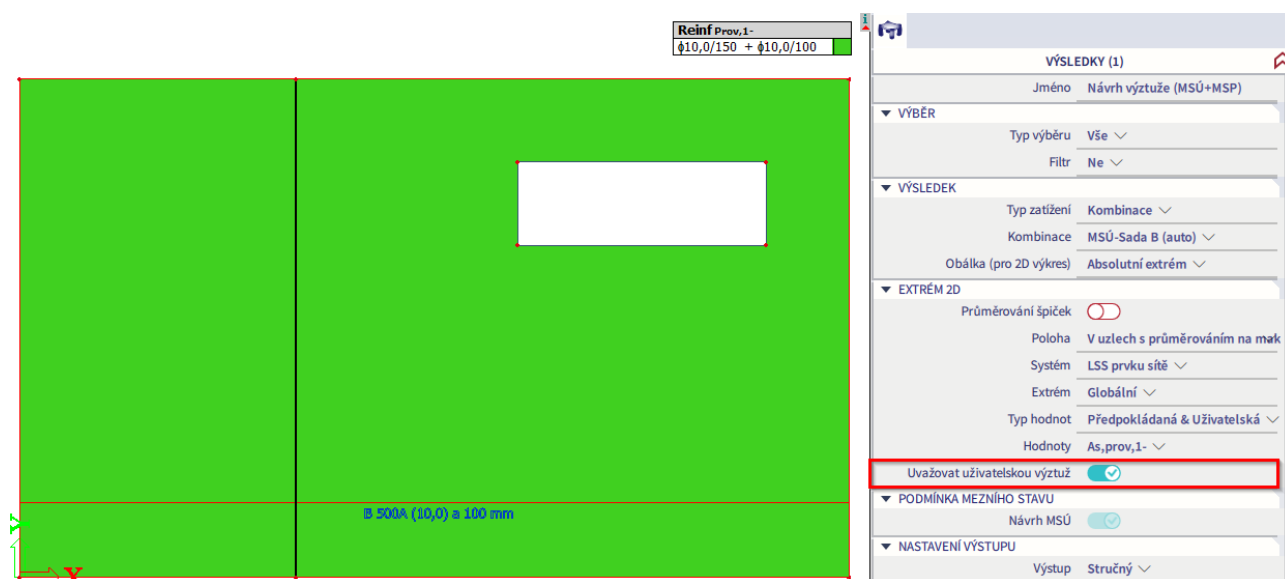
Zobrazením hodnoty **As_{add,req,1}** je možné vidět přesné množství výztuže v mm²/m, které je třeba přidat k základní předpokládané výztuži. V tomto případě je nutné přidat přídatnou výztuž o velikosti 576 mm²/m. Hodnotu této plochy výztuže je možné pokrýt výztuží např. **Ø10 à 100**.



Protože ve směru 2 není požadována žádná dodatečná výztuž, bude přidána na desku přídatná výztuž pouze v jednom směru a to zadáním uživatelské výztuže **Ø10 à 100**.



Při návrhu výztuže $A_{s_prov,1-}$ je možné aktivovat tlačítko "**Uvažovat uživatelskou výztuž**", čímž dojde k uvažování výztuže ze šablony předpokládané výztuže $\phi 10 \text{ à } 150$, ale také uživatelské výztuže $\phi 10 \text{ à } 100$.



Použité hodnoty jsou viditelné v náhledu návrhu výztuže.

Podélná výztuž

Navržené vrstvy výztuže (ve směru od lokální osy x délce):

	Základní	Přídavná		α [°]	$A_{s,min}$ [mm ²]	$A_{s,ult}$ [mm ²]	$\Delta A_{s,serv}$ [mm ²]	$A_{s,req}$ [mm ²]	$A_{s,prov}$ [mm ²]	$A_{s,max}$ [mm ²]	$s_{min(c,l)}$ [mm]	s_{max} [mm]	Stav
		Uživatel	Automati...										
[2+]	$\phi 10,0/150$	---	---	90,0	267	55	---	267	524	10000	58	60	OK
[1-]	$\phi 10,0/150$	$\phi 10,0/100$	---	0,0	279	1120	---	1120	1309	10000	55	60	OK
[2-]	$\phi 10,0/150$	---	---	90,0	267	77	---	267	524	10000	58	60	OK

Možnost "**Uvažovat uživatelskou výztuž**" je dostupná také v rámci všech posudků výztuže - šířky trhliny, posudek protlačení a normově závislý průhyb (NZP). Uživatel tak může snadno zkontrolovat výztuž definovanou šablonou i skutečnými pruhy.

1.8.5. Návrh 2D prvků na MSP – Šířka trhliny a omezení napětí

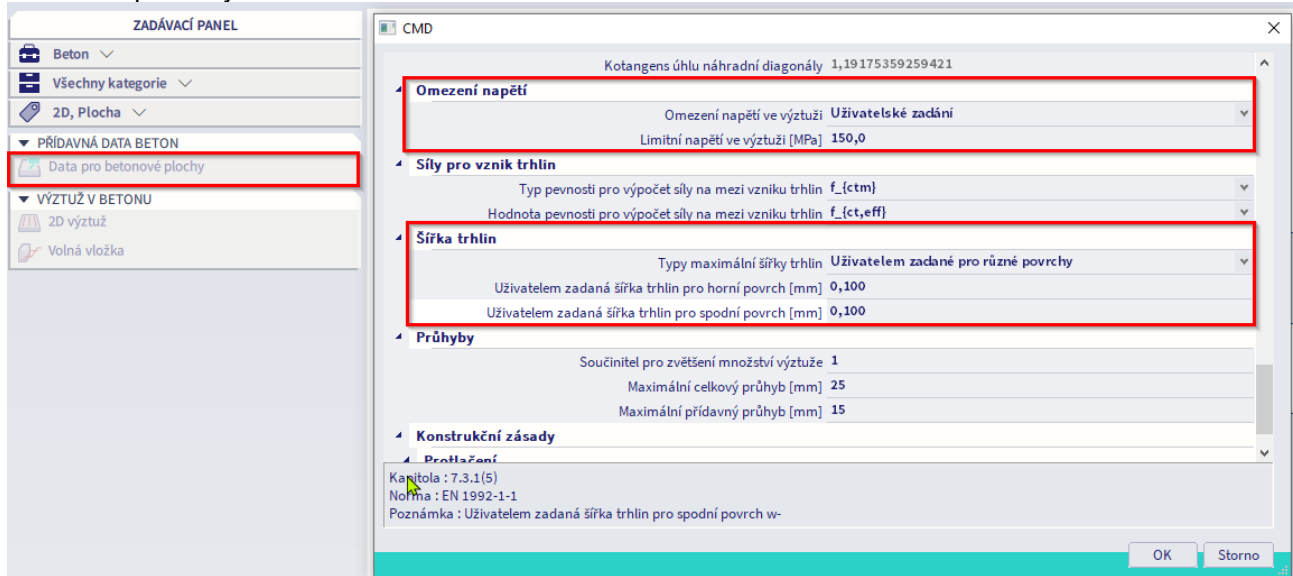
Vedle návrhu 2D prvků na MSÚ definuje Eurokód některá omezení týkající se také návrhu MSP:

- omezení šířky trhliny
- omezení tahového napětí ve výztuži.

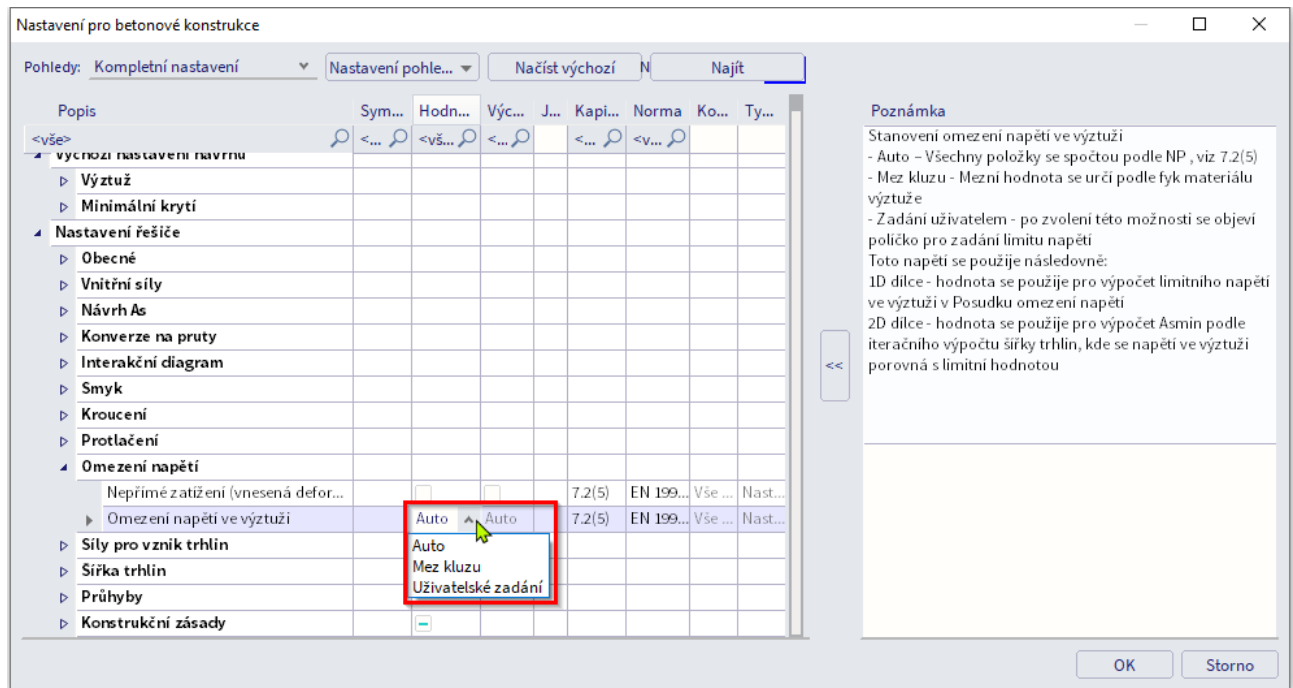
Vzhledem k těmto podmínkám MSP může být nutné, aby uživatel zvýšil množství výztuže, které by mělo být dostatečné, aby odolalo silám z MSÚ. Celkové množství výztuže pro splnění podmínek pro posouzení MSÚ i MSP lze vypočítat v rámci programu SCIA, stejně jako přírůstek staticky požadované výztuže.

Princip této metody posouzení je vysvětlen na následujícím příkladu desky (model **Deska XY_C25_30.esa**). Na desku jsou zadána přídavná data (CMD), která omezují šířku trhliny v prvním směru na spodním povrchu na 0,100 mm. Tahové napětí ve výztuži lze omezit v Nastavení pro betonové konstrukce, ale také v rámci CMD. V tomto příkladu je limit nastaven na 150 MPa.

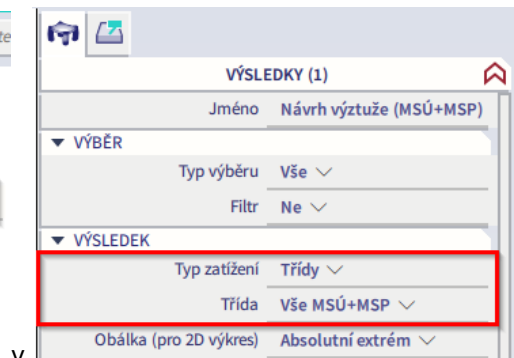
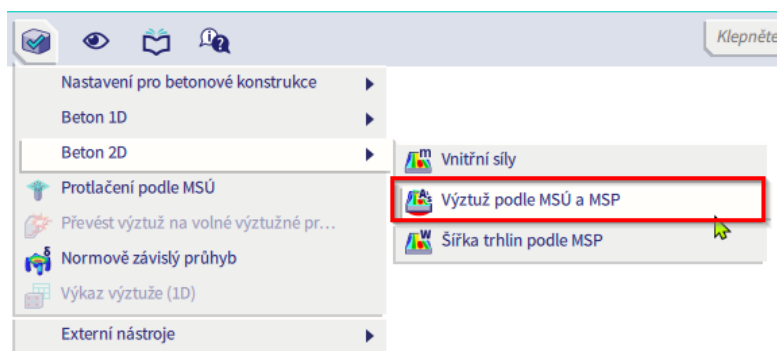
Nastavení přídavných dat:



Omezení napětí je možné změnit globálně pro celou konstrukci v Nastavení pro betonové konstrukce, většinou má jít ale zadaná přídavná data.



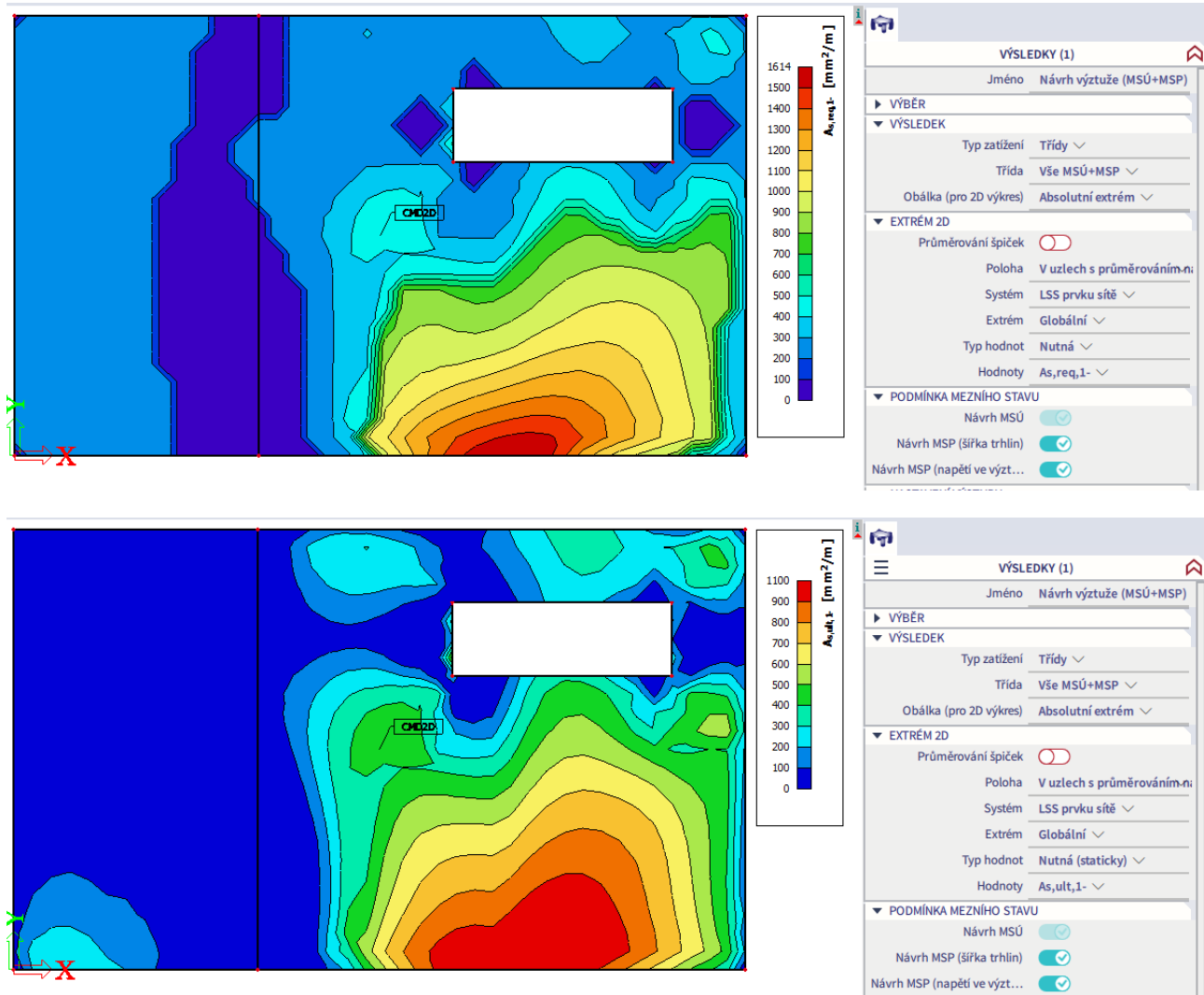
Jelikož je tato metoda návrhu použitelná pro MSÚ i MSP, je důležité v Návrhu výztuže 2D vybrat třídu výsledků, která obsahuje kombinaci MSÚ i MSP.



První krok postupu návrhu spočívá v určení **As_req** pro stav MSÚ pro každý směr a každý povrch. Během tohoto kroku SCIA určí dvě hodnoty:

- As_ult**: výztuž nutná staticky – nutná výztuž na pokrytí vnitřních sil MSÚ
- As_req**: nutná výztuž včetně konstrukčních zásad z EN.

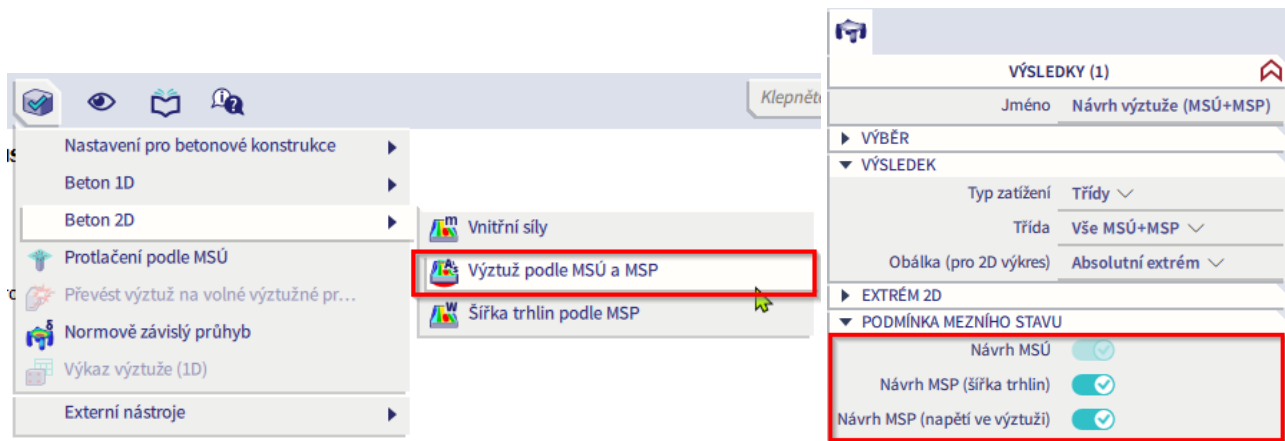
V příkladu desky je nutná výztuž **As_req,1-** je rovna 1614 mm²/m. Staticky nutná výztuž **As_ult,1-** se rovná 1100 mm²/m. Tato hodnota je o něco nižší, protože neobsahuje přírůstek podélné výztuže pro MSP.



Po výpočtu **As_ult** je možné zvolit, která omezení MSP mají být v návrhu výztuže zohledněny. Jsou zde tři možnosti:

- Návrh výztuže na MSÚ i MSP (šířka trhlin).
- Návrh výztuže na MSÚ i MSP (napětí ve výztuži).
- Návrh výztuže na MSÚ i MSP (šířka trhlin i napětí ve výztuži).

Toto lze definovat ve vlastnostech návrhu výztuže pro Beton 2D.



Po aktivaci těchto nastavení lze spočítat přírůstek podélné výztuže $\Delta A_{s, serv, 1}$, kterou je nutné dodat, aby výztuž vyhovovala i na MSP (omezení šířky trhliny a napětí ve výztuži). SCIA určí hlavní síly $m_{Ed, ch}$ a $m_{Ed, QP}$ pro výpočet výskytu trhlin na základě navržené výztuže MSÚ $A_{s, ult}$. Kromě hlavních sil je nutné vypočítat také množství výztuže ve směru hlavních sil.

V rámci následujícího kroku SCIA určí maximální přípustnou šířku trhliny na základě kapitoly 7.3.4 z normy EN 1992-1-1:2004 a porovná ji s definovanou mezí, jak je uvedeno níže.

Hlavní napětí $\sigma_s = -2.4^\circ$

$$m_{Ed, char} = 64.9 \text{ kNm/m} \quad | \quad n_{Ed, char} = 0 \text{ kN/m}$$

$$m_{Ed, qp} = 47.2 \text{ kNm/m} \quad | \quad n_{Ed, qp} = 0 \text{ kN/m}$$

Přepočet nutné plochy do směru hlavního napětí

$$A_{s, ult, \sigma} = A_{s, ult, 1} \cdot \cos(\Delta\alpha_1)^2 + A_{s, ult, 2} \cdot \cos(\Delta\alpha_2)^2$$

$$= 1071 \cdot \cos(-2^\circ)^2 + 277 \cdot \cos(-92^\circ)^2 = 1070 \text{ mm}^2$$

$$A_{s, serv, \sigma} = A_{s, ult, \sigma} + \Delta A_{s, serv, 1} \cdot \cos(\Delta\alpha_1)^2 + \Delta A_{s, serv, 2} \cdot \cos(\Delta\alpha_2)^2$$

$$= 1070 + 543 \cdot \cos(-2^\circ)^2 + 0 \cdot \cos(-92^\circ)^2 = 1612 \text{ mm}^2$$

Posudek vzniklých trhlin (§7.1(2))

$$f_{ct, eff} = 2.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ct} = 5.705 \text{ MPa} > \sigma_{cr} = 2.6 \text{ MPa} \Rightarrow \text{objevují se trhliny}$$

Posouzení omezení napětí ve výztuži (§7.2(5))

$$\sigma_s = 149.3 \text{ MPa} \leq \sigma_{s, lim} = 150 \text{ MPa}$$

Účinná tažená plocha (§7.3.2(3))

$$h_{c, eff} = 64.4 \text{ mm} \Rightarrow A_{s, eff} = 1612 \text{ mm}^2 \quad (\rho_{p, eff} = 2.5 \%)$$

Výpočet šířky trhlin (§7.3.4)

$$s_{r, max} = k_3 \cdot c + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi_{eq}}{\rho_{p, eff}} = 3.4 \cdot 0.03 + \frac{0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot 0.01}{0.0250} = 170 \text{ mm} \quad (7.11)$$

$$\epsilon_{sm} \cdot \epsilon_{cm} = \max \left(\frac{\sigma_s - k_t \cdot \left(\frac{f_{ct, eff}}{\rho_{p, eff}} \right) \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p, eff})}{E_s}; \frac{0.6 \cdot \sigma_s}{E_s} \right) \quad (7.9)$$

$$= \max \left(\frac{149.3 - 0.46 \cdot \left(\frac{2.6}{0.0250} \right) \cdot (1 + 6.35 \cdot 0.0250)}{200000}; \frac{0.6 \cdot 149.3}{200000} \right) = 0.47 \text{ ‰}$$

$$w_k = s_{r, max} \cdot \epsilon_{sm} \cdot \epsilon_{cm} = 170 \text{ mm} \cdot 0.47 \text{ ‰} = 0.0798 \text{ mm} \quad (7.8)$$

Posudek šířky trhlin (§7.3.1(5))

$$w_k = 0.0798 \text{ mm} \leq w_{max} = 0.1 \text{ mm}$$

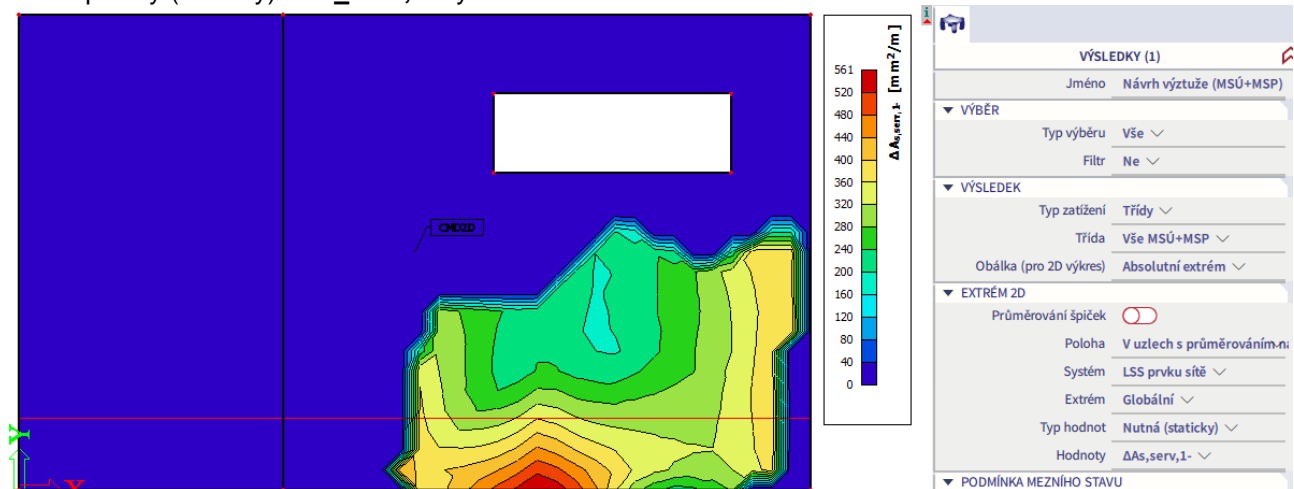
Pokud jsou trhliny v mezích, pak **As_ult** postačuje pro splnění MSÚ i MSP. Pokud ne, pak SCIA zahájí iterační proces pro zvýšení **As_ult** o další množství výztuže, aby bylo zajištěno, že šířka trhliny bude v rámci přípustných mezí. Při pohledu na níže uvedenou tabulku je vidět, že k výztuži **As_ult,1-** je třeba přidat dodatečné množství 501 mm²/m pro první směr na spodním povrchu.

Podélná výztuž

Navržené vrstvy výztuže (ve směru od lokální osy x dílce):

	Základní	Přidavná		α [°]	$A_{s,min}$ [mm ²]	$A_{s,ult}$ [mm ²]	$\Delta A_{s, serv}$ [mm ²]	$A_{s, req}$ [mm ²]	$A_{s, prov}$ [mm ²]	$A_{s, max}$ [mm ²]	$s_{min(c,l)}$ [mm]	s_{max} [mm]	Stav
		Uživatel	Automati...										
[2+]	φ10,0/150	---	---	90,0	277	55	0	277	524	10000	140	150	OK
[1-]	φ10,0/150	---	---	0,0	291	1100	501	1601	525	10000	≥37	≤400	Nevyh.
[2-]	φ10,0/150	---	---	90,0	277	74	0	277	524	10000	≥37	≤400	OK

Nutná plochy (staticky) $\Delta A_{s, serv, 1-}$ vychází 561 mm²/m.



Ve zkratce lze vytvořit následující přehled:

- **As_req,i,+/-**: Nutná plocha výztuže pro MSÚ a MSP, včetně konstrukčních zásad pro konkrétní směr (1,2) a povrch (+,-).
- **As_ult,i,+/-**: Staticky nutná výztuž pro MSÚ pro daný směr (1,2) a povrch (+,-).
- **ΔAs_serv,i,+/-**: Přírůstek staticky nutné výztuže pro MSP pro daný směr (1,2) a povrch (+,-).

Stejný postup lze použít pro omezení tahového napětí ve výztuži. V tomto případě SCIA určí množství výztuže pro MSÚ a použije tuto výztuž pro výpočet skutečných napětí ve výztuži. Tato hodnota se pak porovná s definovanou přípustnou mezí. Mezní hodnotu lze definovat jak v Nastavení pro betonové konstrukce, tak v CMD. Uživatel má tři možnosti, jak definovat mezní napětí:

- **Auto**: všechny položky jsou spočteny podle národní přílohy 7.2(5).
- **Mez kluzu**: mezní hodnota se určí podle hodnoty fyk materiálu výztuže.
- **Uživatelské zadání**: po zvolení této možnosti se objeví políčko pro zadání limitu napětí.

Limitní hodnotu lze zkontrolovat ve výstupu, v tomto případě je vidět uživatelem zadaná hodnota **150 MPa**.

Posudek vzniklých trhlin (\$7.1(2))

$$f_{ct, eff} = 2.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ct} = 5.705 \text{ MPa} > \sigma_{cr} = 2.6 \text{ MPa} \Rightarrow \text{objevují se trhliny}$$

Posouzení omezení napětí ve výztuži (\$7.2(5))

$$\sigma_s = 149.3 \text{ MPa} \leq \sigma_{s, lim} = 150 \text{ MPa}$$

Jak již bylo uvedeno, pokud nejsou splněna omezení MSP, musí být vypočítán přírůstek tahové výztuže. Plocha tahové výztuže pouze v účinné zóně ($A_{ct, eff}$) se musí zvětšit o $serv_{coeff}$, který se vypočítá podle těchto pravidel:

- V případě nesplnění šířky trhliny: $serv_{coeff} = w_{k, coeff} = (w_k / w_{k, max})^{0.5} + 0.01$

- V případě nesplnění omezení napětí ve výztuži: $serv_{coeff} = s_s,coeff = (s_s / s_{s,lim}) + 0,005$
- V případě nesplnění šířky trhliny + omezení napětí ve výztuži: $serv_{coeff} = \max(s_s,coeff; w_{k,coeff})$

Pokud je statická výztuž navržena na MSÚ+MSP, musí být provedeno ověření konstrukčních zásad. Pro návrh MSÚ+MSP se použije stejný postup a upozornění jako pro návrh MSÚ. Konečná plocha výztuže $A_{s,req}$ pro směr (1,2) a povrch (+,-) se určí podle následujícího vzorce, přičemž se zohlední minimální a maximální plochy z konstrukčních zásad:

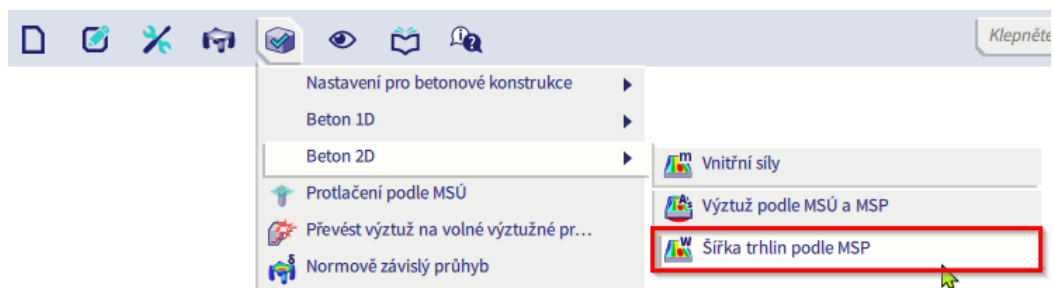
$$A_{s,req,1,2,\pm} = \min(\max(A_{s,ult,1,2,\pm}; A_{s,serv,1,2,\pm}; A_{s,min}); A_{s,max})$$

kde:

- $A_{s,min}$ – minimální plocha výztuže dle konstrukčních zásad – viz help [zde](#)
- $A_{s,max}$ – maximální plocha výztuže dle konstrukčních zásad – viz help [zde](#)

1.8.6. Šířka trhlin podle MSP

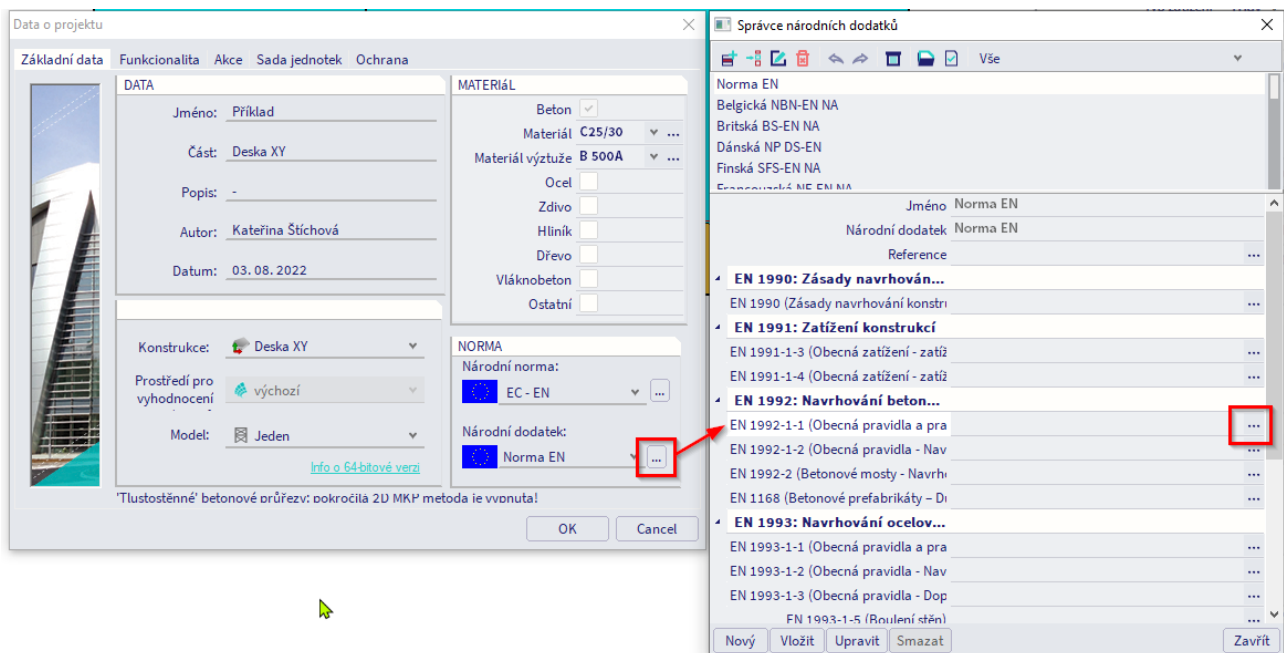
U 2D prvků je možné provést posudek Šířky trhlin s vlivem výztuže. Tento posudek je dostupný v hlavním menu → Návrh → Beton 2D → Šířka trhlin podle MSP.



✚ VSTUPNÍ DATA PRO POSOUZENÍ ŠÍŘKY TRHLINY

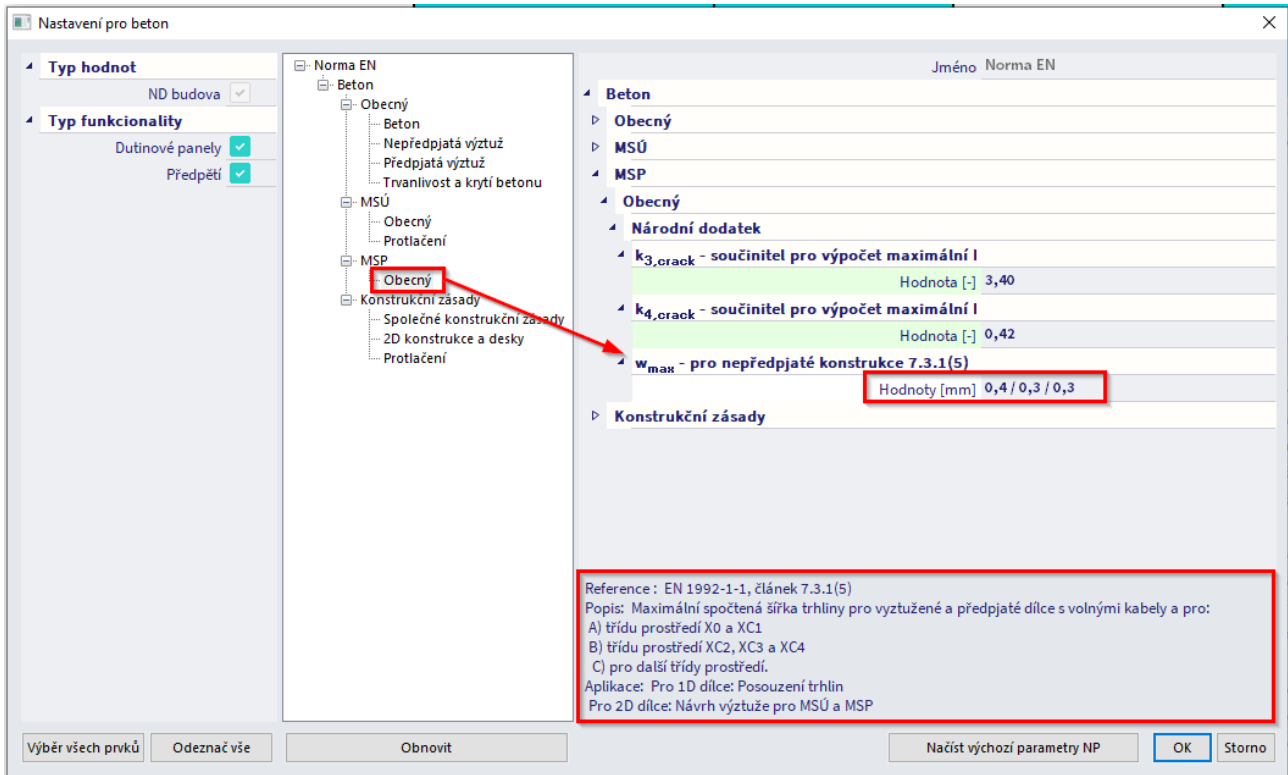
⇒ *Maximální šířka trhliny*

Hodnoty maximální šířky trhliny (w_{max}) jsou definovány v národním dodatku normy a závisí na zvolené třídě prostředí. Tuto hodnotu proto naleznete v nastavení národního dodatku prostřednictvím nabídky Soubor → Nastavení projektu → Národní dodatek [...] → EN 1992-1-1 [...].



V obecném nastavení MSP sou zde uvedeny tři hodnoty maximální šířky trhliny w_{max} . Ve spodní části tabulky je uveden popis, pro jakou třídu prostředí bude daná hodnota použita.

První hodnota je pro A) třídu prostředí X0 a XC1.
 Druhá hodnota je pro B) třídu prostředí XC2, XC3 a XC4.
 Třetí hodnota je pro C) další třídy prostředí.

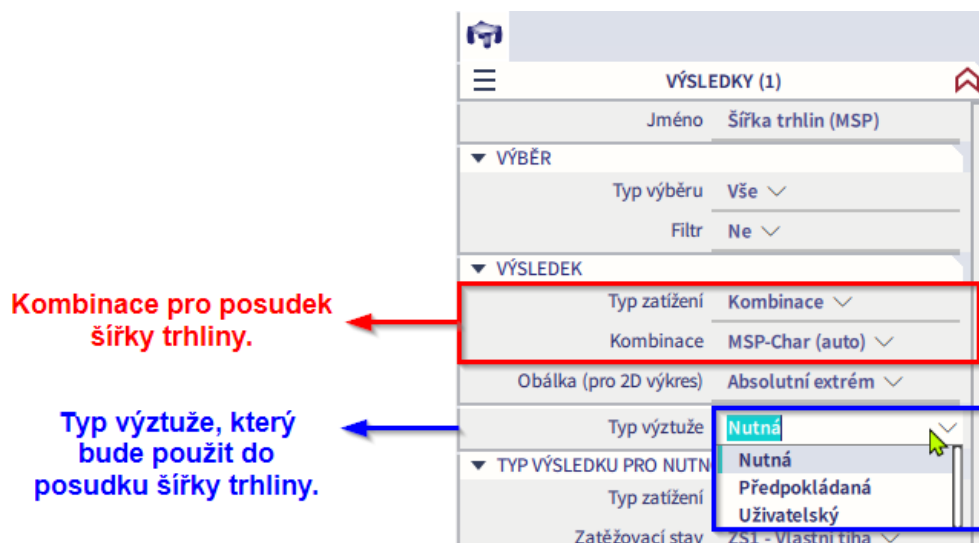


⇒ *Nastavení vlastností posudku*

Po spuštění posudku Šířky trhliny podle MSP je nutné provést nastavení posudku v panelu Vlastnosti.

V části "Výsledky" je nutné zvolit zatěžovací stav nebo MSP kombinaci, pro kterou se bude posudek Šířky trhliny počítat.

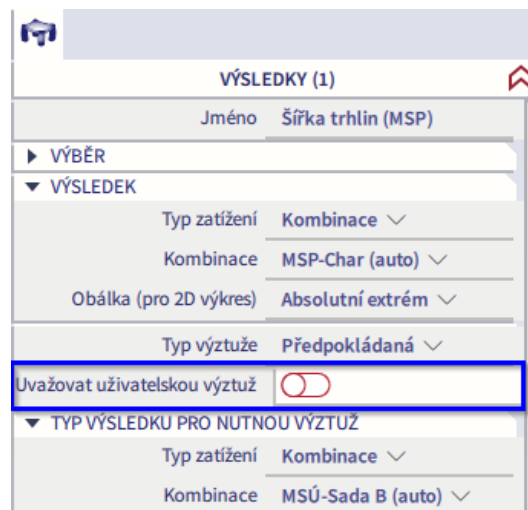
Důležité je také nastavení typu výztuže, který bude do posudku uvažován. Kontrolu šířky trhliny můžete provést pro všechny tři typy výztuže (nutná, předpokládaná a uživatelská výztuž).



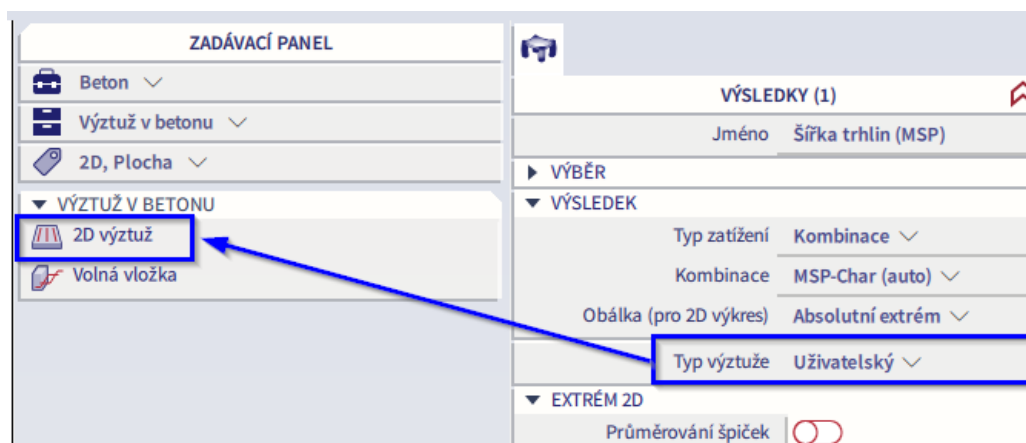
Pokud je pro kontrolu šířky trhlin zvolena nutná nebo předpokládaná výztuž, tak se v panelu vlastností objeví další nastavení pro volbu příslušného zatěžovací stavu, kombinace zatížení nebo třídy, které je nutné nastavit, protože nutná/předpokládaná výztuž se automaticky počítá ze zatížení.



U předpokládané výztuže je navíc možné aktivovat vlastnost **“Uvažovat uživatelskou výztuž”**. Pokud je tato možnost aktivní, tak je do posudku šířky trhliny uvažována výztuž ze šablony předpokládané výztuže, ale také uživatelská výztuž, pokud je zadaná.



U typu výztuže “Uživatelský” je do posudku šířky trhliny uvažována uživatelem zadaná skutečná výztuž (lze ji zadat ze Zadávacího panelu → pracoviště Beton → 2D výztuž). Nastavení zatěžovacího stavu/kombinace/třídy pro uživatelskou výztuž není ve vlastnostech posudku dostupné, protože je výztuž na prvku vložena a její množství je již známé (nepočítá se automaticky ze zatížení jako typ výztuže nutný/předpokládaná).



⇒ **Teorie výpočtu posouzení šířky trhlin**

Ověření vzniku trhlin:

Pokud je splněna níže uvedená podmínka, trhliny se nevytvoří.

$$\sigma_{ct,max\pm} \leq f_{ct,eff}$$

kde:

$\sigma_{ct,max\pm} = \frac{n_{i\pm}}{A_{t,i\pm}} + \frac{m_{i\pm}}{I_{t,i\pm}} \cdot Z_{t,max,i\pm}$ = Normálové napětí betonu na trhlinami neporušeném průřezu v místě nejvíce tažených vláken průřezu.

$f_{ct,eff}$ = Průměrná hodnota pevnosti betonu v tahu v okamžiku prvního očekávaného vzniku trhliny.

Výpočet šířky trhliny

$$w = \varepsilon_{sm,cm} \cdot s_{r,max}$$

kde:

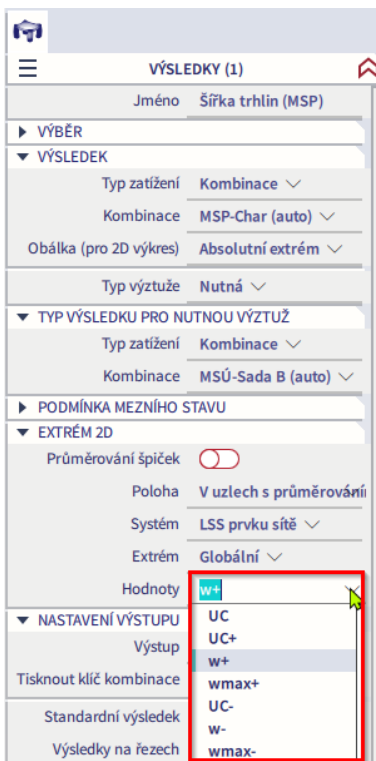
$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})_{i\pm} = \max \left[\frac{\sigma_{s,i\pm} - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff,i\pm}} \cdot (1 + \alpha_{s,i\pm} \cdot \rho_{p,eff,i\pm})}{E_{s,i\pm}}; 0,6 \cdot \frac{\sigma_{s,i\pm}}{E_{s,i\pm}} \right]$$

$$s_{r,max,i\pm} = \begin{cases} \min \left(k_3 c_{i\pm} + \frac{k_{s,i\pm} + k_{z,i\pm} + k_d d_{s,i\pm}}{\rho_{p,eff,i\pm}}; 1,3 \cdot (h - x_{i\pm}) \right) & \text{if } s_{s,i\pm} \leq 5(c_{i\pm} + 0,5d_{s,i\pm}) \\ 1,3 \cdot (h - x_{i\pm}) & \text{if } s_{s,i\pm} > 5(c_{i\pm} + 0,5d_{s,i\pm}) \end{cases}$$

🚦 VÝSLEDKY POSUDKU PRO NUTNOU VÝZTUŽ

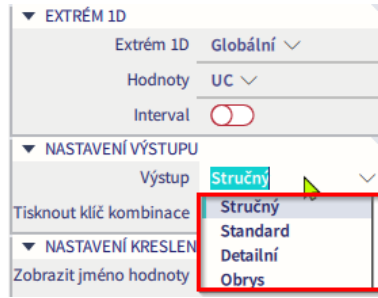
Pro ukázkou je uveden posudek šířky trhliny podle MSP pro charakteristickou kombinaci s uvažováním nutné plochy výztuže, která je napočítána na kombinaci MSÚ-sada B.

V posudku jsou pro zobrazení dostupné tyto hodnoty:



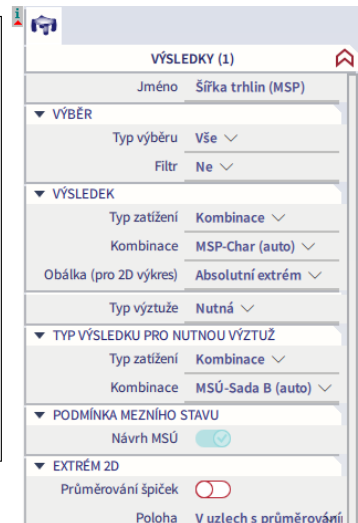
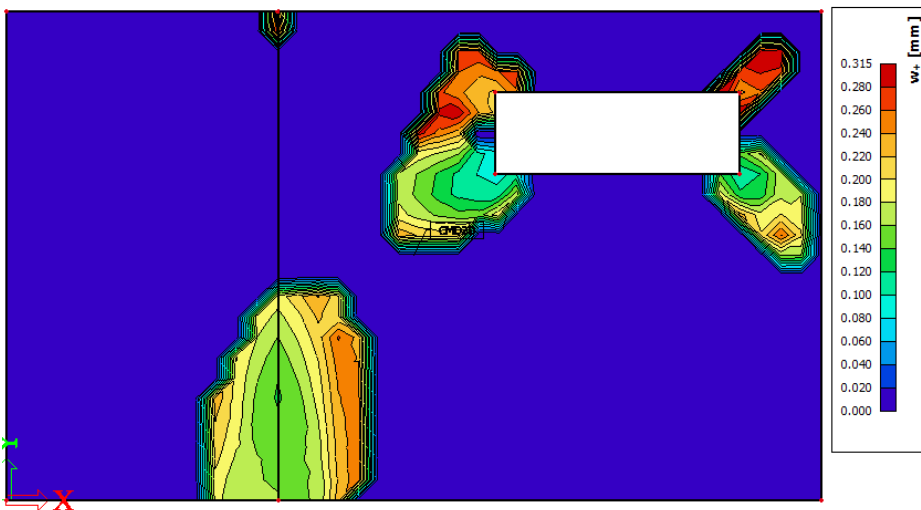
- UC...**...jednotkový posudek šířky trhliny = max (UC+;UC-)
- UC+**... jednotkový posudek šířky trhliny na horním povrchu
- w+**...šířka trhliny s vlivem výztuže na horním povrchu
- wmax+**...maximální šířka trhliny na horním povrchu
- UC-**... jednotkový posudek šířky trhliny na spodním povrchu
- w-**...šířka trhliny s vlivem výztuže na spodním povrchu
- wmax-**...maximální šířka trhliny na spodním povrchu

K dispozici jsou čtyři typy výstupů – Stručný, Standard, Detailní a Obrys:



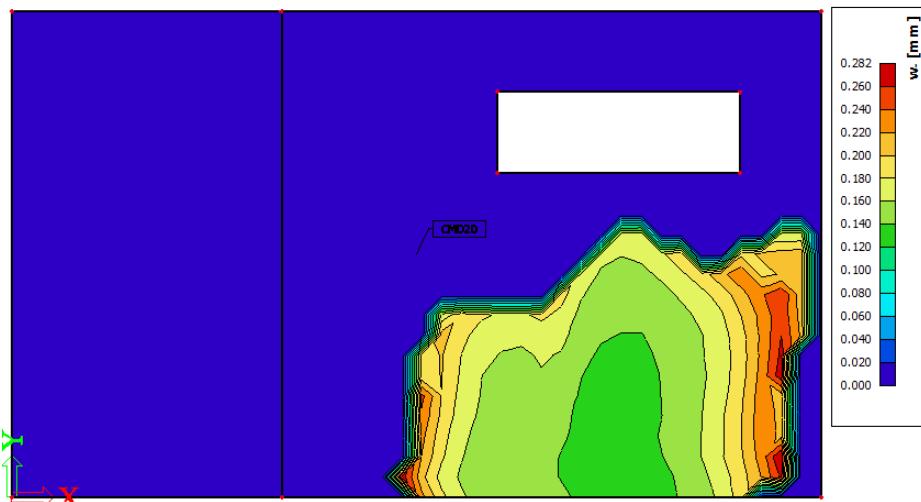
Šířka trhliny na horním povrchu desky w_+

Kombinace = MSP-Char (auto); Typ výztuže = Nutná



Šířka trhliny na dolním povrchu desky w_-

Kombinace = MSP-Char (auto); Typ výztuže = Nutná



Jednotkový posudek UC

Kombinace = MSP-Char (auto); Typ výztuže = Nutná



Zelené hodnoty představují jednotkový posudek $UC \leq 1$ ($w_{calc} \leq w_{max}$), šedé hodnoty představují jednotkový posudek $UC \leq 0,25$ a červené hodnoty představují jednotkový $UC > 1$ tj. překročení hodnoty maximální šířky trhliny w_{max} .

1.9. Protlačení

1.9.1. Teorie

✚ Obecné

Protlačení je smykové porušení desek, které může být výsledkem soustředěného zatížení nebo reakce působících na poměrně malou plochu, která se nazývá zatěžovaná plocha A_{load} .

Nejčastěji je třeba posuzovat smykové porušení desek, které jsou lokálně podepřené. Může se jednat o stropní desky, které jsou lokálně podepřené sloupy nebo základové desky, které mají roznášet zatížení ze sloupů do základů. Únosnost ve smyku se má posuzovat v lici sloupu a v oblasti kolem sloupu, která je definovaná kontrolovanými obvody. Záleží přitom také na pozici sloupu. Rozlišujeme následující typy problémů: vnitřní, krajní a rohové sloupy.

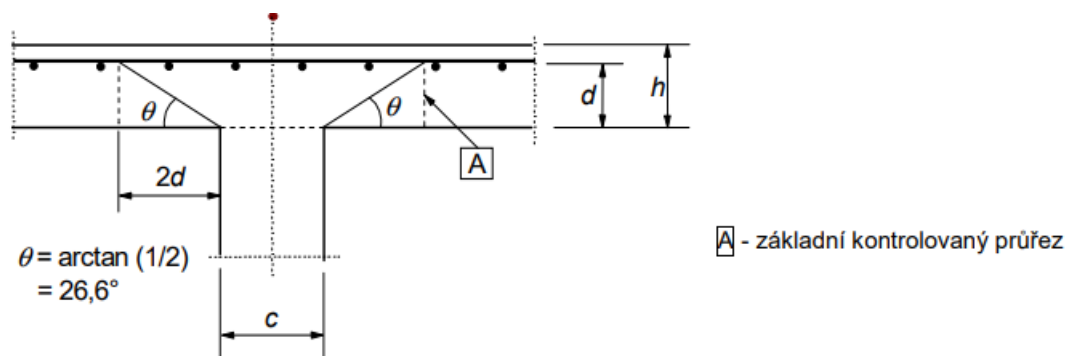
Stanovení kontrolovaných obvodů i návrh smykové výztuže na protlačení vychází z článku 6.4 normy EN 1992-1-1: 2004 / A1:2014 + Národní přílohy.

Z ověření vyplývá, že buď je únosnost betonu dostatečně vysoká, nebo že je třeba navrhnout a instalovat smykovou výztuž na protlačení. Pokud jsou limity ověření překročeny, je výsledek ověření označen jako nepřijatelný. V takovém případě je nutné změnit parametry modelu např. zvětšit tloušťku desky, použít lepší materiál nebo zvětšit rozměry sloupu.

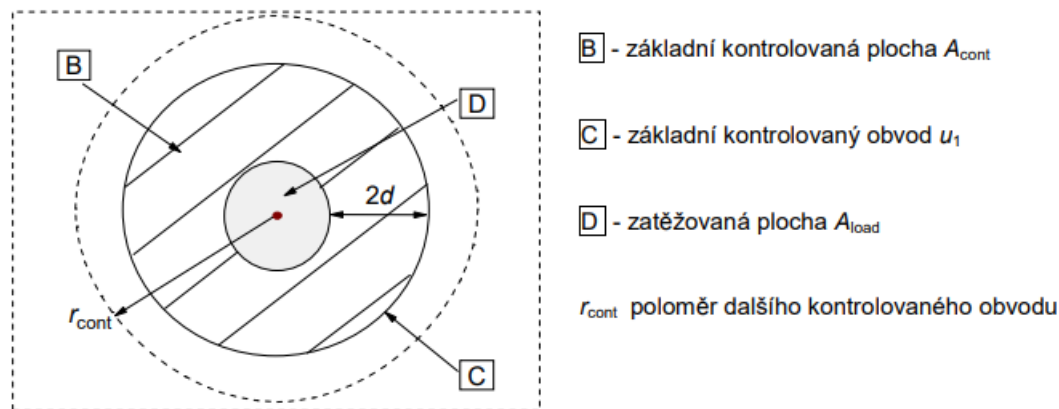
Porušení protlačení lze v mezním stavu únosnosti lze ověřit následujícím způsobem:

- Kontrolou smykové odolnosti v čele sloupu označené u_0 a na základním kontrolním obvodu označeném u_1 .
- Pokud je požadována smyková výztuž, měl by se najít další obvod $u_{out,ef}$, kde již smyková výztuž není nutná.

Tyto kontrolní obvody jsou znázorněny na následujících obrázcích (dle článku 6.4 normy EN 1992-1-1: 2004):



a) Řez

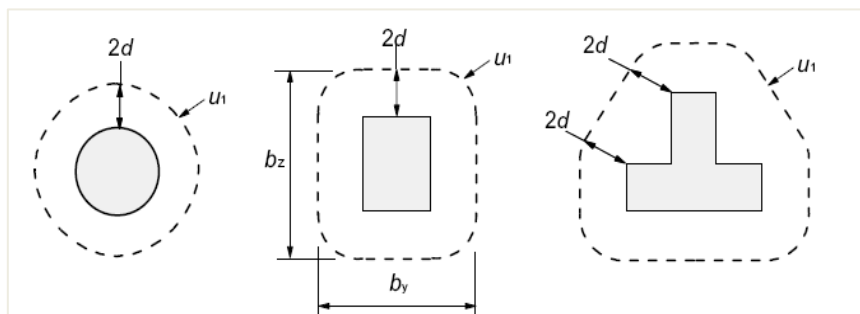


b) Půdorys

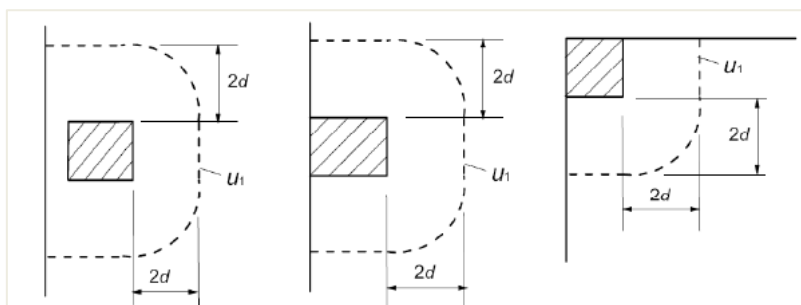
Rozložení zatížení a kontrolovaný obvod

⇒ **Základní kontrolovaný obvod u_1**

Základní kontrolovaný obvod u_1 se nachází ve vzdálenosti $2d$ od zatěžované plochy, kde d je účinná výška desky.

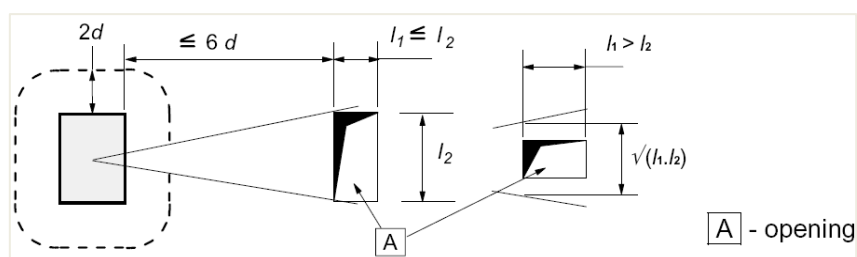


Základní kontrolované obvody pro zatěžovanou plochu v blízkosti okraje nebo rohu:



Pokud se v blízkosti zatěžované plochy nacházejí otvory, postupuje se podle bodu 6.4.2(3).

Pokud nejkratší vzdálenost mezi obvodem zatěžované plochy a okrajem otvoru nepřestoupí hodnotu $6d$, pak část kontrolovaného obvodu, mezi tečnami vedenými k obrysu otvoru ze středu zatěžované plochy, je považována za neúčinnou (viz obrázek níže).



V programu SCIA Engineer se otvory zadané z pracoviště Konstrukce automaticky posuzují podle předchozích kritérií.

⇒ **Účinná výška desky d_{eff}**

Účinná výška desky se předpokládá konstantní a lze ji obvykle uvažovat podle z normy EN1992-1-1, rovnice 6.32:

$$d_{eff} = \frac{(d_y + d_z)}{2}$$

kde d_y a d_z jsou účinné výšky výtzuže ve dvou na sebe kolmých směrech.

Výpočet smyku při protlačení

Výpočet smyku při protlačení se provádí podle normy EN1992-1-1 čl.6.4.3.

Nejprve se vypočítají návrhová smyková napětí v kontrolovaných obvodech:

- $v_{Rd,c}$ návrhová hodnota únosnosti ve smyku při protlačení desky bez smykové výztuže na protlačení v uvažovaném kontrolovaném průřezu;
- $v_{Rd,cs}$ návrhová hodnota únosnosti ve smyku při protlačení desky se smykovou výztuží na protlačení v uvažovaném kontrolovaném průřezu;
- $v_{Rd,max}$ návrhová hodnota maximální únosnosti ve smyku při protlačení v uvažovaném kontrolovaném průřezu.

Mají se provést následující posouzení.

⇒ *Posouzení na kontrolovaném obvodu sloupu u_0*

Na obvodu sloupu, nebo na obvodu zatěžované plochy, nemá být překročena maximální únosnost ve smyku při protlačení:

$$N_{Ed0} \leq v_{Rd,max}$$

kde:

$$\begin{aligned} v_{Ed0} & \text{ návrhové smykové napětí na obvodu sloupu } u_0 \\ v_{Rd,max} & = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd} \\ v & = 1 - f_{ck} / 250 \end{aligned}$$

⇒ *Posouzení na základním kontrolovaném obvodu sloupu u_1*

Na základním kontrolovaném obvodu u_1 :

- Pokud platí, že $v_{Ed} \leq v_{Rd,c}$ Smyková výztuž na protlačení není nutná.
- Pokud platí, že $v_{Ed} > v_{Rd,c}$ Má se navrhnout smyková výztuž na protlačení podle 6.4.5.

Návrhovou únosnost ve smyku při protlačení $v_{Rd,c}$ lze vypočítat ze vztahu 6.47, EN1992-1-1:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp})$$

kde:

$$\begin{aligned} \rho_l & \text{ průměrný stupeň vyztužení v určité vzdálenosti kolem sloupu} \\ f_{ck} & \text{ charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku v [MPa]} \\ v_{min} & = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \\ C_{Rd,c} & \end{aligned}$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c}$$

k definováno v 6.4.4(1)

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$$

d průměrná účinná výška v ortogonálních směrech v [mm]

Maximální smykové napětí v_{Ed} se vypočítá pro uvažovaný kontrolovaný obvod u_i podle ustanovení 6.4.3(1) dle rovnice:

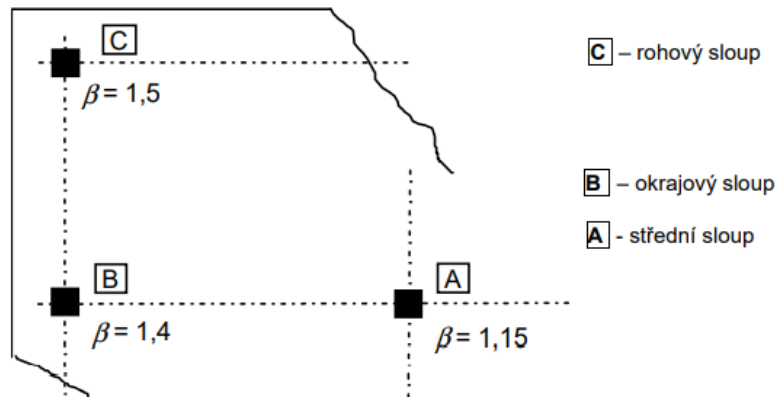
$$v_{Ed} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_i d}$$

Součinitel β zohledňuje zvětšení smykové síly vlivem nerovnoměrného přenosu zatížení (v důsledku nevyváženého ohybového momentu). Pokud je přenos zatížení nerovnoměrný, mělo by být lokální špičkové zatížení vyrovnáno pomocí tohoto součinitele β .

Pro konstrukce, u kterých příčná stabilita nezávisí na rámovém působení mezi deskami a sloupy, a pokud se rozpětí sousedních polí neliší více jak o 25 %, lze užít přibližné hodnoty součinitelů β dle článku 6.4.3(6).

V programu SCIA Engineer musí uživatel rozhodnout, zda lze tyto přibližné hodnoty součinitelů β použít, protože program nemůže kontrolovat výše popsané přibližné podmínky.

Ve výchozím nastavení pro betonové konstrukce jsou doporučené přibližné hodnoty následující:



Hodnoty součinitelů β se mohou lišit podle Národních dodatků a lze je zobrazit v nastavení Národních dodatků:

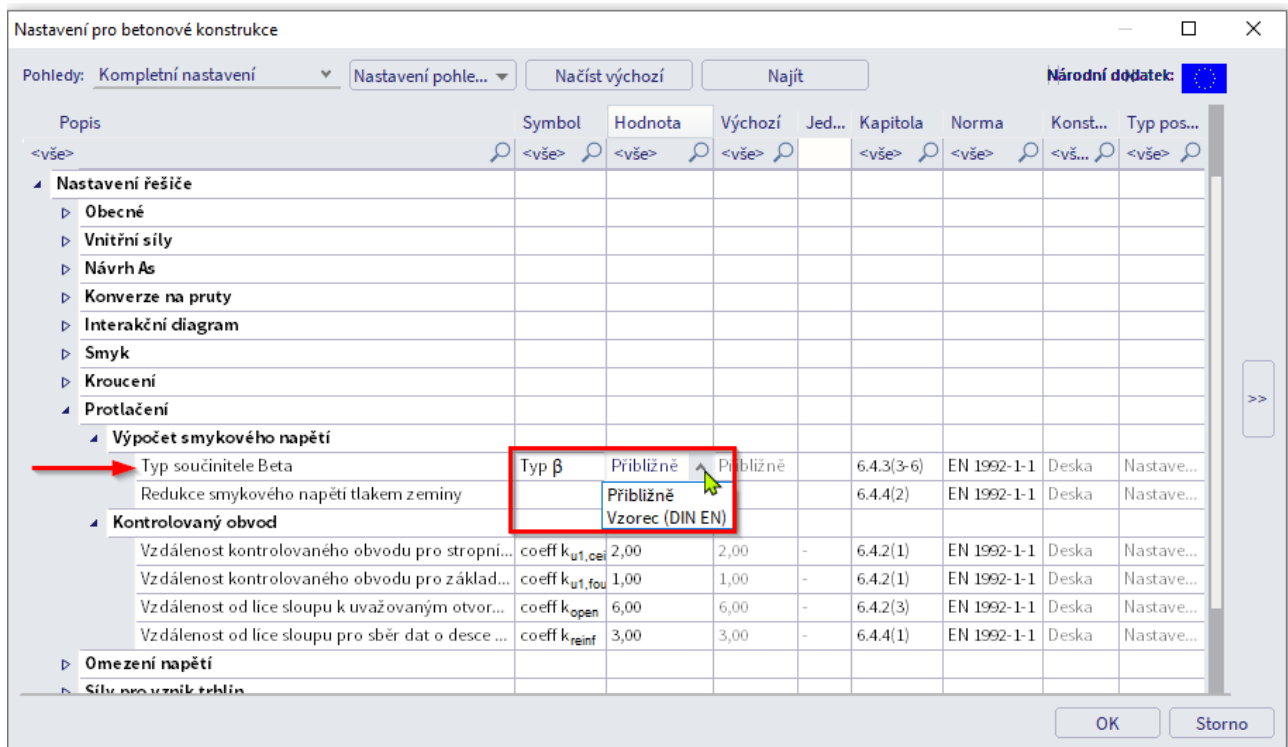
The screenshot shows the software interface with the following details:

- Data o projektu:**
 - Jméno: Příklad
 - Část: Deska XY
 - Popis: -
 - Autor: Kateřina Štichová
 - Datum: 03. 08. 2022
 - Konstrukce: Deska XY
 - Prostředí pro vyhodnocení: výchozí
 - Model: Jeden
- NORMA:**
 - Národní norma: EC - EN
 - Národní dodatek: Norma EN
- Nastavení pro beton:**
 - Typ hodnot: ND budova
 - Typ funkcionality: Dutinové panely, Předpětí
 - Norma EN tree: Beton > Protlačení
 - MSÚ - Národní dodatek:
 - $C_{Rd,e}$: Hodnota [-] 0,18
 - k_1 - součinitel vlivu osové síly na smykovou únosnost: Hodnota [-] 0,10
 - v_{min} - min. hodnota smykové únosnosti: Vzorec Vzorec
 - $v_{Rd,max}$ - návrhová hodnota maximální smykové únosnosti: Vzorec Vzorec
 - β_{int} - součinitel pro zvětšení smykového napětí: Hodnota [-] 1,15
 - β_{edge} - součinitel pro zvětšení smykového napětí: Hodnota [-] 1,40
 - β_{oor} - součinitel pro zvětšení smykového napětí: Hodnota [-] 1,50

Koeficient β je možné také vypočítat podle následujícího obecného vzorce (dle článku 6.4.3):

$$\beta = 1 + \sqrt{\left(k_y \cdot \frac{M_{Ed,y}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_{1y}}\right)^2 + \left(k_z \cdot \frac{M_{Ed,z}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_{1z}}\right)^2}$$

Výpočet součinitele β pomocí obecného vzorce lze nastavit v nabídce Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → Protlačení → Výpočet smykového napětí → Typ součinitele Beta:



⇒ **Návrh výztuže na protlačení**

Pokud platí, že $v_{Ed} > v_{Rd,c}$, v uvažovaném kontrolovaném průřezu, má se navrhnout smyková výztuž na protlačení.

Pokud je požadována smyková výztuž na protlačení, vypočítá se vnější kontrolovaný obvod u_{out} , za kterým již není výztuž nutná, podle bodu 6.4.5(4):

$$u_{out,ef} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{v_{Rd,c} \cdot d}$$

Výpočet nutné výztuže na protlačení

V programu SCIA Engineer se smyková výztuž navrhuje za následujících předpokladů:

- rozmístění smykové výztuže se uvažuje pouze jako radiální
- smyková výztuž je pouze v podobě svislých třmínků
- tvar obvodů smykových třmínků kolem sloupu je stejný jako u tvaru základního kontrolovaného obvodu

Nutná plocha $A_{sw,req}$ jednoho obvodu smykové výztuže kolem sloupu, za předpokladu, že se jedná o radiálně rozložené svislé smykové třmínky, se vypočítá jako:

$$A_{sw,req} = \frac{(v_{Ed,u1} - 0.75 \cdot v_{Rd,c}) \cdot u_1 \cdot s_r}{1.5 \cdot f_{ywd,ef}}$$

$f_{ywd,ef}$ efektivní návrhová pevnost smykové výztuže podle vzorce:

$$f_{ywd,ef} = 200 + 0.25 \cdot d_{eff} \leq f_{ywd}$$

Konstrukční zásady smykové výztuže na protlačení

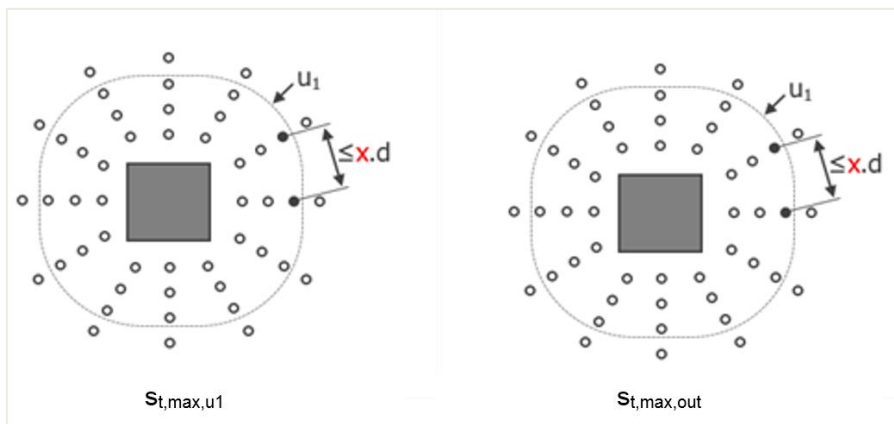
Smyková výztuž na protlačení musí být upravena tak, aby splňovala konstrukční zásady podle bodu 9.4.3(1), takže počet smykových vazeb n_s pro každý obvod výztuže je:

$$n_s = \max \left\{ \frac{4 \cdot A_{sw,req}}{\pi \cdot d_s^2}; \frac{u_{1,last}}{s_{t,max,u1}}; \frac{u_{s,last}}{s_{t,max,out}} \right\}$$

d_s průměr smykového třmínku

$\frac{u_{1,last}}{s_{t,max,u1}}$ podmínka maximální povolené tečné vzdálenosti smykových třmínků, umístěných v základním kontrolovaném obvodu ($u_{1,last}$ je délka posledního obvodu smykové výztuže v kontrolovaném obvodu u_1 viz obrázek vlevo níže)

$\frac{u_{s,last}}{s_{t,max,out}}$ podmínka maximální povolené tečné vzdálenosti smykových třmínků, umístěných mimo základní kontrolní obvod ($u_{s,last}$ je délka posledního obvodu smykové výztuže v kontrolovaném obvodu u_{out} viz obrázek vpravo níže).



V programu SCIA Engineer se omezení tečných rozestupů $s_{t,max,u1}$ a $s_{t,max,out}$ nastavuje v nabídce Nastavení pro betonové konstrukce → Konstrukční zásady → Protlačení.

Popis	Symbol	Hodno...	Výc...	J...	Kapitola	Norma	K. T.
Maximální celkový průhyb	$\delta_{lim,tot}$	25	25	m...	7.4.1(4)	EN 1992-1-1	D... N...
Maximální přidavný průhyb	$\delta_{lim,add}$	15	15	m...	7.4.1(5)	EN 1992-1-1	D... N...
Typ součinitele proměnného zatížení pro automatickou generaci ko...		Použít s...	Použ...			Nezávislé	V... N...
Konstrukční zásady							
Nosník / Zebro							
Deskový nosník							
Sloup							
Deska, skořepina (deska)							
Protlačení							
Posoudit minimum smykové výztuže		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.4.3(2)	EN 1992-1-1	D... N...
Posoudit vzdálenost prvního obvodu smykových třmínků		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.4.3(1,4)	EN 1992-1-1	D... N...
Min. vzdálenost od lince sloupu	coeff $s_{0,min}$	0,30	0,30	-	9.4.3(1)	EN 1992-1-1	D... N...
Max. vzdálenost od lince sloupu	coeff $s_{0,max}$	0,50	0,50	-	9.4.3(4)	EN 1992-1-1	D... N...
Kontrolovat max. radiální rozestupy smykových třmínků		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.4.3(1)	EN 1992-1-1	D... N...
Maximální vzdálenost třmínků	coeff $s_{t,max,c}$	0,75	0,75	-	9.4.3(1)	EN 1992-1-1	D... N...
Kontrolovat maximální tečné rozestupy smykových třmínků		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.4.3(1)	EN 1992-1-1	D... N...
Max. tečné rozestupy uvnitř prvního kontrolovaného obvodu	coeff $s_{t,max,u}$	1,50	1,50	-	9.4.3(1)	EN 1992-1-1	D... N...
Max. tečné rozestupy vně prvního kontrolovaného obvodu	coeff $s_{t,max,o}$	2,00	2,00	-	9.4.3(1)	EN 1992-1-1	D... N...
Kontrolovat minimální počet obvodů smykových třmínků		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		9.4.3(1)	EN 1992-1-1	D... N...
Minimální počet obvodů smykových třmínků	$n_{ser,min}$	2	2		9.4.3(1)	EN 1992-1-1	D... N...

Poslední podmínka, která musí být splněna podle bodu 9.4.3(2), je minimální plocha výztuže jednoho smykového třmínku $A_{sw1,min}$ podle vzorce (9.11):

$$A_{sw1,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck} / f_{ywk}} \cdot S_r \cdot S_t}{1,5}$$

kde:

- s_r osová vzdálenost spon ve směru radiálních;
 s_t osová vzdálenost spon ve směru tangenciálních;

Konečná návrhová plocha smykové výztuže každého obvodu kolem sloupu je:

$$A_{sw} = \frac{n_s * \pi * d_s^2}{4} \geq n_s * A_{sw1,min}$$

Požadovaný počet obvodů smykové výztuže kolem sloupů n_{per} se určuje na základě bodu 6.4.5(4), který stanovuje, že nejvzdálenější obvod smykové výztuže $a_{s,last} = s_0 + s_r * n_{per}$ by měl být umístěn ve vzdálenosti ne větší než $k_{out} * d_{eff}$ uvnitř obvodu u_{out} . Následující vzorec pro n_{per} je odvozen:

$$n_{per} = \left\lceil \frac{a_{out} - s_0 - k_{out} * d_{eff}}{s_r} + 1 \right\rceil \geq n_{per,min}$$

kde:

- k_{out} Koeficient pro určení maximální vzdálenosti posledního obvodu od u_{out} . Výchozí hodnota je 1,5. Jedná se o parameter, který lze nalézt v národní příloze.
 $n_{per,min}$ Minimální počet obvodů smykových třmíneků kolem sloupu požadovaný podle bodu 9.4.3(1). Výchozí hodnota je 2, tuto hodnotu je možné editovat v nabídce Nastavení pro betonové konstrukce → Zobrazení kompletního nastavení → Konstrukční zásady → Protlačení.
 a_{out} Vzdálenost vnějšího obvodu u_{out} .

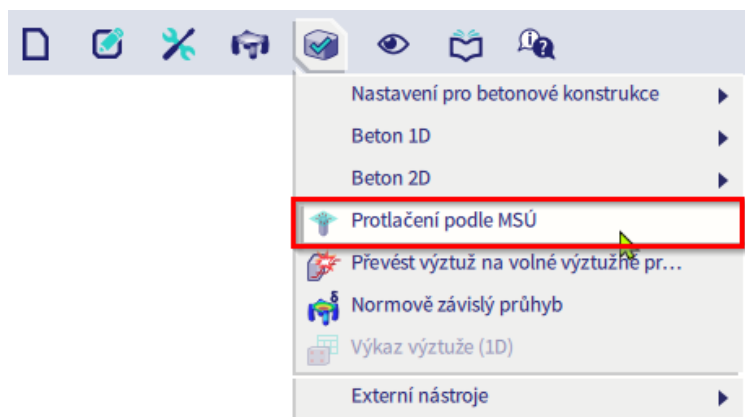
Celkové množství smykové výztuže $A_{sw,tot}$ kolem sloupu se pak vypočítá jako:

$$A_{sw,tot} = n_{per} * A_{sw}$$

1.9.2. Posudek protlačení

Předpoklady a omezení

Posudek protlačení je možné spustit z hlavního menu → Návrh → Protlačení podle MSÚ:



Posudek protlačení je v programu SCIA Engineer k dispozici pouze v případě, že je k desce připojen skutečný sloup nebo uzlová podpora, protože se jedná o posudek v uzlu. Pro bodové zatížení nebo malé plošné zatížení zadané na desce nelze provést posudek protlačení.

SCIA Engineer podporuje pro posudek protlačení pouze kruhové a obdélníkové průřezy sloupu.

Pozice sloupu vzhledem k okrajům desky a otvorům je zohledněna. **Také jsou pro posudek protlačení uvažovány všechny hrany a úhly desky jako rovné. V případě, že v hrany/úhly nejsou rovné, tak je program aproximuje.**

Posudek protlačení ve SCIA Engineer nepodporuje některé případy spojení sloupu s deskou. Seznam všech aktuálních omezení najdete v naší webové nápovědě [zde](#). Každá nepodporovaná konfigurace je uvedena v tabulce Chyby/upozornění/poznámky v náhledu posudku protlačení.

Summary											
Name	Case	Punching case	Punching shape	UC _{Vrd,max} [-]	UC _{Vrd,c} [-]	Shear reinforcement perimeters	UC _{Vrd,cs} [-]	UC _{Asw,det} [-]	UC [-] Check	Errors, warnings, notes	
N61	ULS/1	N/A	N/A	3.00	3.00	N/A	-	-	3.00 NOT OK	W6/131	
N63	ULS/1	N/A	N/A	3.00	3.00	N/A	-	-	3.00 NOT OK	W6/124	

Concrete												
Name	Case	Punching case	Punching shape	V _{Ed} [kN]	M _{Ed,y} [kNm]	Plate h [mm]	Material f _{cd} [MPa]	d _{eff} [mm]	u ₀ [m]	V _{Ed,u0} [MPa]	V _{Rd,max} [MPa]	UC _{Vrd,max} [-]
				β [-]	M _{Ed,z} [kNm]			ρ _l [%]	u ₁ [m]	V _{Ed,u1} [MPa]	V _{Rd,c} [MPa]	UC _{Vrd,c} [-]
N61	ULS/1	N/A	N/A	-	-	N/A	N/A	-	-	-	-	3.00
N63	ULS/1	N/A	N/A	-	-	N/A	N/A	-	-	-	-	3.00

E/W/N	Present on members
W6/131	N61
W6/124	N63

E/W/N	Description	Solution
W6/131	Node cannot be calculated for punching. The connected column has not supported type of cross-section.	
W6/124	Node cannot be calculated for punching. The connected column goes through the plate.	Split the column in the node to get a separate column above and below the plate.

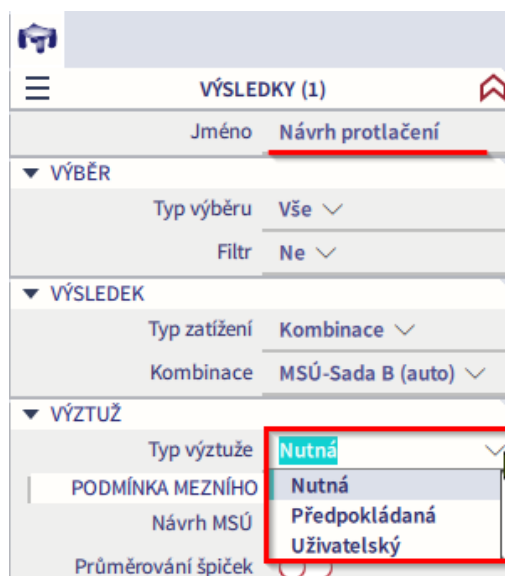
✚ Volba výztuže

Posudek protlačení kontroluje, zda je podélná výztuž v desce A_s dostatečná, aby odolala smykové síle v okolí spoje sloup-deska nebo uzlová podpora-deska.

V programu SCIA Engineer je možné v posudku protlačení uvažovat s těmito typy výztuže:

- **Nutná** – plocha výztuže, která je vypočtená programem pro konkrétní kombinaci zatížení
- **Předpokládaná** – plocha výztuže uvažovaná ze šablony předpokládané výztuže (Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → Výchozí nastavení návrhu → Výztuž).
- **Uživatelský** – skutečná výztuž zadaná uživatelem ručně (Zadávací panel → pracoviště Beton → 2D výztuž).

Typ výztuže pro posudek protlačení je možné nastavit po jeho spuštění v panelu vlastností:



Posudek protlačení

Příklad: **punching.esa**

Geometrie:

Třída betonu C30/37

Materiál výztuže B500B

Tloušťka desky 200 mm

Průřez sloupu 10 x čtverec R 300x300 mm² a 6 x kruh C400 mm²

Deska a sloupy jsou vzájemně spojeny pomocí funkce Propojit prvky/uzly (Hlavní menu → Upravit → Upravit).

Zatížení:

*Zatěžovací stavy

SW: Vlastní tíha.

DL: Stálé zatížení = Plošné zatížení -1 kN/m² + Liniové zatížení na hraně 2D -1 kN/m.

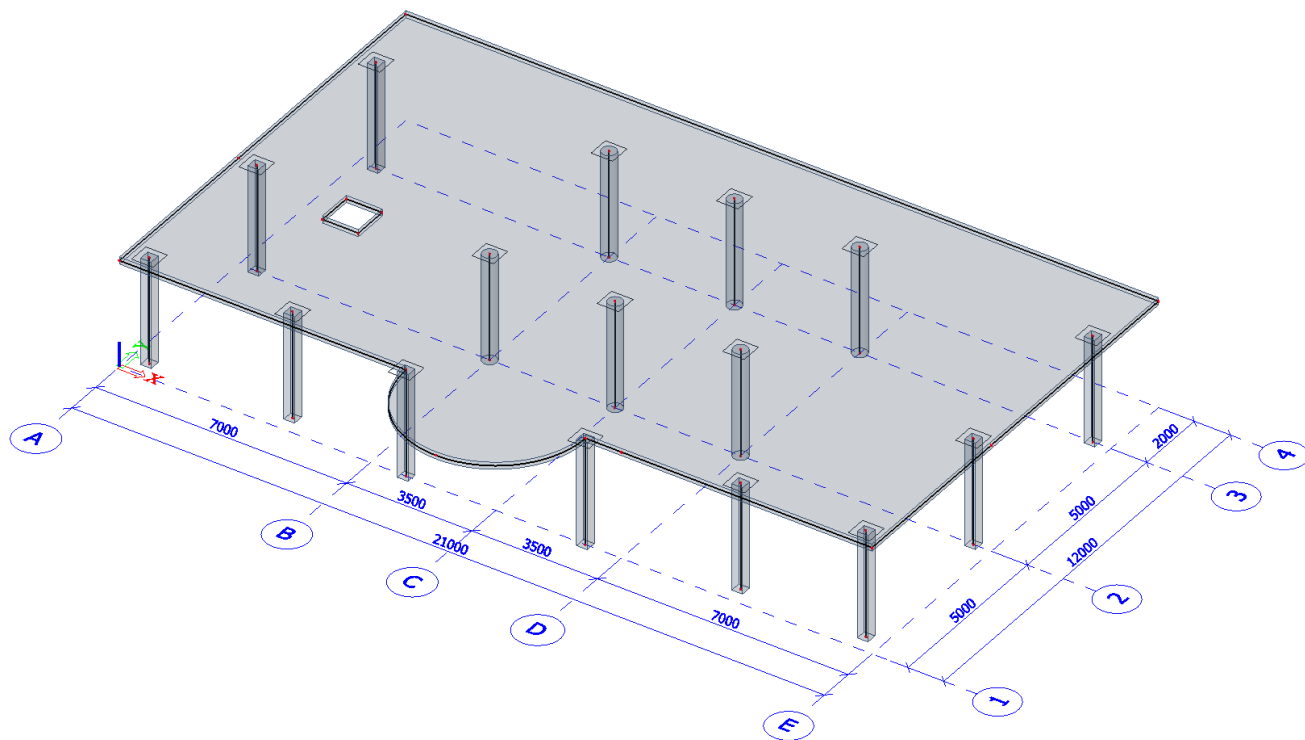
LL: Proměnné zatížení = Plošné zatížení -1 kN/m².

LL1: Další zatížení = -25 kN/m², bude vysvětleno později.

*Kombinace

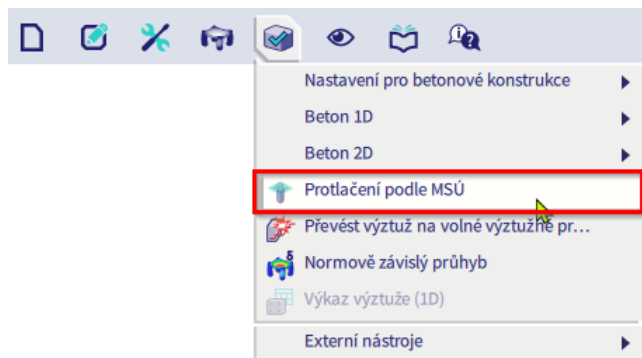
ULS (Type EN – ULS (STR/GEO Set B)) = SW, DL, LL

SLS (Type EN – SLS Quasi Permanent) = SW, DL, LL

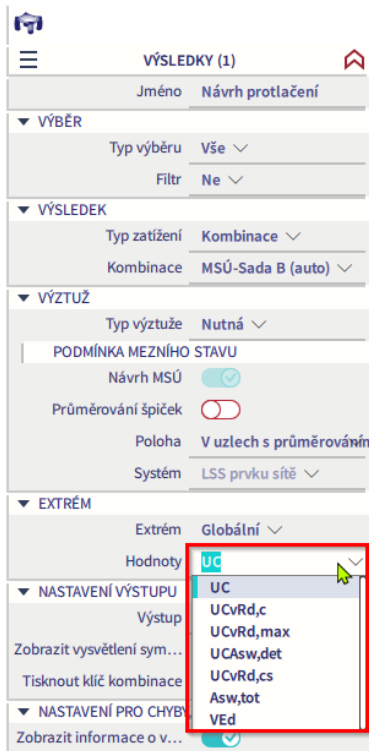


Postup

Příkaz pro **Posudek protlačení** je možné dostupný z hlavního menu → Návrh → Protlačení podle MSÚ:



Posudek protlačení je k dispozici, pokud je v nastavení Dat o projektu vybrán materiál beton a Národní norma EC – EN. Příkaz je přístupný po provedení lineární nebo nelineární analýzy. Po výběru příkazu se zobrazí seznam příslušných parametrů, které lze upravit v okně vlastností pomocí následujících možností:



V posudku jsou dostupné tyto hodnoty:

UC...souhrnný jednotkový posudek protlačení = $\max(UC_{vRd,c}; UC_{vRd,max}; UC_{Asw,det})$.

UC_{vRd,c}...jednotkový posudek smykové únosnosti desky na protlačení bez smykové výztuže.

UC_{vRd,max}...jednotkový posudek maximální únosnosti ve smyku na protlačení u obvodu sloupu.

UC_{Asw,det}...jednotkový posudek konstrukčních zásad navržené smykové výztuže na protlačení (uvedena je maximální hodnota z konstrukčních zásad).

UC_{vRd,cs}... jednotkový posudek smykové únosnosti desky na protlačení s vlivem navržené smykové výztuže (včetně limitu maximální únosnosti dosažitelné při použití smykové výztuže).

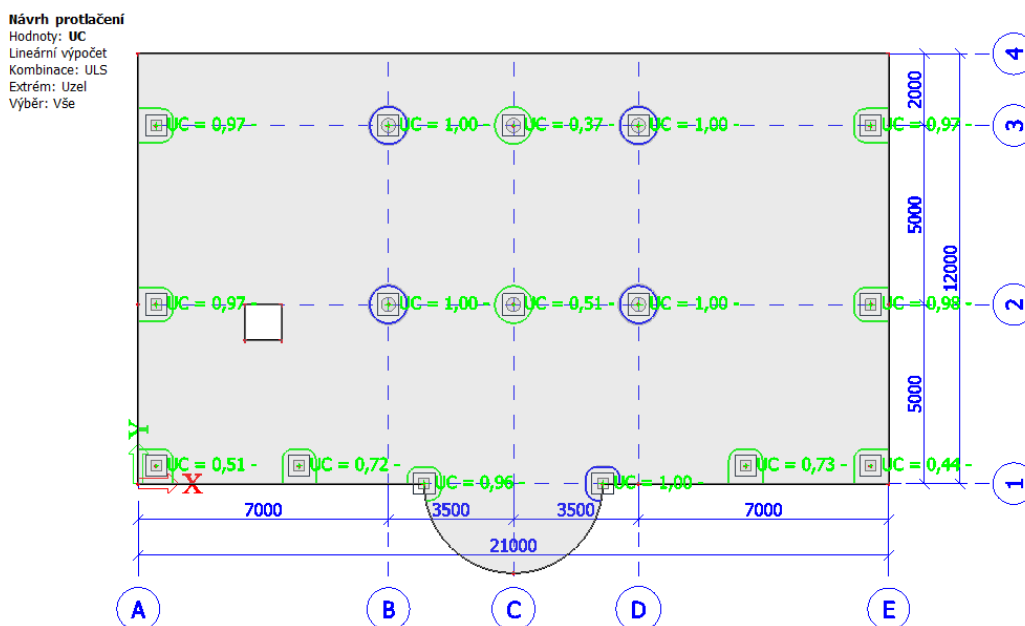
A_{sw,tot}...celkové množství navržené smykové výztuže.

V_{Ed}...návrhová smyková síla na protlačení uvažovaná jako rozdíl mezi osovými silami ve sloupech v jednotlivých patrech.

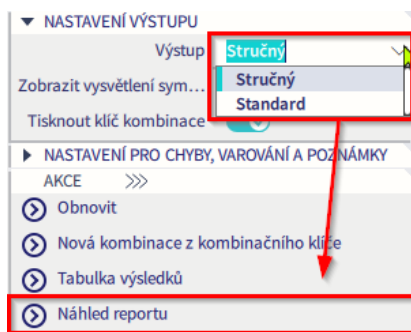
V příkladu je nastaven Typ výběru=Vše, Typ zatížení=Kombinace ULS a Typ výztuže=Nutná, Hodnoty=UC. Pro obnovení posudku je nutné kliknout na akční tlačítko „Obnovit“, umístěné ve spodní části panelu vlastností.

Hodnota jednotkového posudku (UC) se zobrazí barevně včetně graficky znázorněného kontrolovaného obvodu pro každý uzel desky, kde je napojen sloup. Celkem existují 3 barvy posudku (zelená, modrá a červená). Vysvětlení významu barev:

- **Green:** Smyková únosnost **bez výztuže** je dostatečná ($UC_{vRd,c} \leq 1.0$ a $UC_{vRd,max} \leq 1.0$)
- **Blue:** Smyková únosnost **s navrženou smykovou výztuží** je dostatečná $UC_{vRd,c} > 1.0$ ale $UC_{vRd,cs} \leq 1.0$
- **Red:** Nelze navrhnout dostatečnou smykovou výztuž nebo maximální smyková únosnost betonu v kontrolovaném u_0 není dostatečná ($UC_{vRd,c} > 1.0$ nebo $UC_{vRd,max} > 1.0$)



Prezentace výsledků v podobě číselného výstupu je možná prostřednictvím náhledu a nebo tabulky výsledků. Pro posudek protlačení jsou k dispozici dva typy výstupů:



- Stručný - obsahuje pouze souhrnnou tabulku se základními výsledky.

Návrh protlačení

Lineární výpočet

Kombinace: ULS

Extrém: Uzel

Výběr: Vše

Shrnutí

Jméno	Stav	Případ protlačení	Tvar protlačení	UC _{vRd,max} [-]	UC _{vRd,c} [-]	Obvody smykové výztuže	UC _{vRd,cs} [-]	UC _{Asw,det} [-]	UC [-] Posudek
N15	ULS/1	Rohový sloup	Obdélník (300;300)	0,82	0,96	není vyžadováno	-	-	0,96 OK
N20	ULS/1	Rohový sloup	Obdélník (300;300)	0,86	1,01	3x 9Ø8(radiální) 80+2x80=240	0,68	1,00	1,00 OK, ale
N53	ULS/1	Vnitřní sloup	Kruh (400)	0,37	1,06	3x 12Ø8(radiální) 80+2x80=240	0,71	1,00	1,00 OK, ale
N55	ULS/1	Vnitřní sloup	Kruh (400)	0,12	0,37	není vyžadováno	-	-	0,37 OK
N57	ULS/1	Vnitřní sloup	Kruh (400)	0,37	1,06	3x 12Ø8(radiální) 80+2x80=240	0,71	1,00	1,00 OK, ale
N59	ULS/1	Vnitřní sloup	Kruh (400)	0,36	1,06	3x 12Ø8(radiální) 80+2x80=240	0,71	1,00	1,00 OK, ale
N61	ULS/1	Vnitřní sloup	Kruh (400)	0,17	0,51	není vyžadováno	-	-	0,51 OK
N63	ULS/1	Vnitřní sloup	Kruh (400)	0,37	1,08	3x 12Ø8(radiální) 80+2x80=240	0,72	1,00	1,00 OK, ale
N88	ULS/1	Krajní sloup	Obdélník (300;300)	0,43	0,98	není vyžadováno	-	-	0,98 OK
N90	ULS/1	Krajní sloup	Obdélník (300;300)	0,43	0,97	není vyžadováno	-	-	0,97 OK
N95	ULS/1	Rohový sloup	Obdélník (300;300)	0,21	0,44	není vyžadováno	-	-	0,44 OK, ale
N97	ULS/1	Krajní sloup	Obdélník (300;300)	0,42	0,97	není vyžadováno	-	-	0,97 OK
N99	ULS/1	Krajní sloup	Obdélník (300;300)	0,42	0,97	není vyžadováno	-	-	0,97 OK
N101	ULS/1	Rohový sloup	Obdélník (300;300)	0,25	0,51	není vyžadováno	-	-	0,51 OK, ale
N103	ULS/1	Krajní sloup	Obdélník (300;300)	0,32	0,73	není vyžadováno	-	-	0,73 OK, ale
N104	ULS/1	Krajní sloup	Obdélník (300;300)	0,31	0,72	není vyžadováno	-	-	0,72 OK, ale

Jméno	Klíč kombinace
ULS/1	1.35*SW + 1.35*DL + 1.50*LL

- Standard- výstup obsahuje stejnou souhrnnou tabulku jako výstup Stručný a navíc je zde další tabulka pro beton a výztuž.

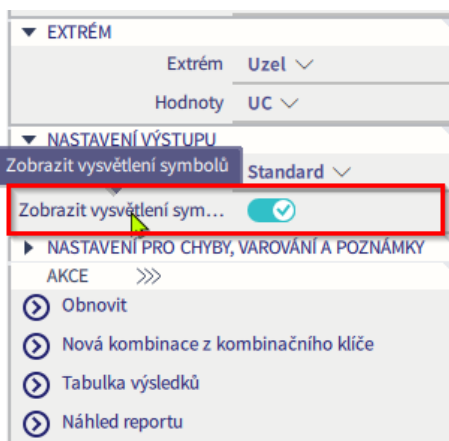
Beton

Jméno	Stav	Případ protlačení β [-]	Tvar protlačení	V_{Ed} [kN] ΔV_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm] $M_{Ed,z}$ [kNm]	Deska h [mm]	Materiál f_{cd} [MPa]	d_{eff} [mm] ρ_l [%]	u_0 [m] u_1 [m]	$V_{Ed,u0}$ [MPa] $V_{Ed,u1}$ [MPa]	$V_{Rd,max}$ [MPa] $V_{Rd,c}$ [MPa]	$UC_{VRd,max}$ [-] $UC_{VRd,c}$ [-]
N15	ULS/1	Rohový sloup 1,50	Obdélník (300;300)	132,14 0,00	20,10 6,05	Strop 200,00	C30/37 20,00	160,00 0,29	0,359 2,363	3,45 0,52	4,22 0,55	0,82 0,96
N20	ULS/1	Rohový sloup 1,50	Obdélník (300;300)	139,68 0,00	19,18 7,21	Strop 200,00	C30/37 20,00	160,00 0,31	0,359 2,363	3,65 0,55	4,22 0,55	0,86 1,01
N53	ULS/1	Vnitřní sloup 1,15	Kruh (400)	274,00 0,00	32,48 2,47	Strop 200,00	C30/37 20,00	160,00 0,43	1,257 3,267	1,57 0,60	4,22 0,57	0,37 1,06
N55	ULS/1	Vnitřní sloup 1,15	Kruh (400)	90,24 0,00	0,01 2,02	Strop 200,00	C30/37 20,00	160,00 0,16	1,257 3,267	0,52 0,20	4,22 0,54	0,12 0,37
N57	ULS/1	Vnitřní sloup 1,15	Kruh (400)	273,87 0,00	32,47 2,38	Strop 200,00	C30/37 20,00	160,00 0,43	1,257 3,267	1,57 0,60	4,22 0,57	0,37 1,06
N59	ULS/1	Vnitřní sloup 1,15	Kruh (400)	266,29 0,00	25,16 5,67	Strop 200,00	C30/37 20,00	160,00 0,39	1,257 3,267	1,52 0,59	4,22 0,55	0,36 1,06

Výztuž

Jméno	Stav	Obvody smykové výztuže	u_{out} [m] a_{out} [mm]	$s_{t,u1}$ [mm] $s_{t,out}$ [mm]	Kontrolované obvody (vzdálenost/únosnost)	Materiál $f_{ywd,ef}$ [MPa]	$A_{sw,req}$ [mm ²] $A_{sw1,min}$ [mm ²]	A_{sw} [mm ²] $A_{sw,tot}$ [mm ²]	$V_{Rd,cs}$ [MPa] $k_{maxVRd,c}$ [MPa]	$UC_{VRd,cs}$ [-] $UC_{Asw,det}$ [-]
N20	ULS/1	3x 9Ø8(radiální) 80+2x80=240	2,395 328	222 222	320/68%	B 500B 290,0	63 10	452 1357	1,45 0,82	0,68 1,00
N53	ULS/1	3x 12Ø8(radiální) 80+2x80=240	3,459 350	230 230	320/71%	B 500B 290,0	106 11	603 1810	1,43 0,85	0,71 1,00
N57	ULS/1	3x 12Ø8(radiální) 80+2x80=240	3,458 350	230 230	320/71%	B 500B 290,0	105 11	603 1810	1,43 0,85	0,71 1,00
N59	ULS/1	3x 12Ø8(radiální) 80+2x80=240	3,474 354	230 230	320/71%	B 500B 290,0	104 11	603 1810	1,42 0,83	0,71 1,00
N63	ULS/1	3x 12Ø8(radiální) 80+2x80=240	3,523 361	230 230	320/72%	B 500B 290,0	109 11	603 1810	1,42 0,83	0,72 1,00

V náhledu je možné také zobrazit vysvětlivky spočítaných hodnot, které jsou shrnuty v tabulkách. Tyto vysvětlivky je možné aktivovat akčním tlačítkem “Zobrazit vysvětlivky symbolů” ve vlastnostech posudku protlačení. Po obnovení se v náhledu objeví další tabulky:



Vysvětlení symbolů:	
V_{Ed}	Návrhová smyková síla na protlačení uvažovaná jako rozdíl mezi osovými silami ve sloupech v jednotlivých patrech
ΔV_{Ed}	Redukce návrhové smykové síly v protlačení od kontaktního napětí (tlak zeminy).
β	Součinitel beta pro zvýšení návrhové smykové síly způsobené nevyváženými momenty
$M_{Ed,y}$	Nevyvážené ohybové momenty od sloupů (podpor) nad a pod deskou ve směru lokální osy y sloupů (nebo os x podpor).
$M_{Ed,z}$	Nevyvážené ohybové momenty od sloupů (podpor) nad a pod deskou ve směru lokální osy z sloupů (nebo os y podpor).
h	Minimální tloušťka desky kolem uzlu (ve vzdálenosti menší než 3d od uzlu)
f_{cd}	Návrhová pevnost betonu v tlaku (uvažovaná minimální hodnotou ve vzdálenosti menší než 3d od uzlu)
d_{eff}	Průměrná efektivní výška desky (uvažovaná minimální hodnotou ve vzdálenosti menší než 3d od uzlu)
ρ_l	Průměrné procento vyztužení podélné výztuže kolem uzlu (uvažované v obou směrech ve vzdálenosti do 3d od uzlu)
u_0	Délka kontrolovaného obvodu na lici sloupu (pravděpodobně redukovaná)
u_1	Délka základního kontrolovaného obvodu
$V_{Ed,u0}$	Smykové napětí na jednotku délky kontrolovaného obvodu na lici sloupu
$V_{Ed,u1}$	Smykové napětí na jednotku délky základního kontrolovaného obvodu
$V_{Rd,max}$	Maximální smyková únosnost na protlačení desky v lici sloupu
$V_{Rd,c}$	Smyková únosnost na protlačení desky bez smykové výztuže na základním kontrolovaném obvodu

⇒ **Smyková únosnost je dostatečná bez výztuže**

Pro ukázkou je v příkladu vybrán uzel N61 a typ výběru je nastaven na "Aktuální". Stručný náhled posudku protlačení vypadá takto:

Návrh protlačení
Lineární výpočet
Kombinace: ULS
Extrém: Uzel
Výběr: N61
Shnutí

Jméno	Stav	Případ protlačení	Tvar protlačení	UC _{vRd,max} [-]	UC _{vRd,c} [-]	Obvody smykové výztuže	UC _{vRd,cs} [-]	UC _{Asw,det} [-]	UC [-]	Posudek
N61	ULS/1	Vnitřní sloup	Kruh (400)	0,17	0,51	není vyžadováno	-	-	0,51	OK

Vysvětlení symbolů:

UC _{vRd,max}	Jednotkový posudek únosnosti na protlačení u obvodu sloupu
UC _{vRd,c}	Jednotkový posudek únosnosti desky na protlačení bez smykové výztuže
UC _{vRd,cs}	Jednotkový posudek únosnosti desky na protlačení s navrženou smykovou výztuží (včetně limitu maximální únosnosti dosažitelné při použití smykové výztuže)
UC _{Asw,det}	Jednotkový posudek konstrukčních zásad navržené smykové výztuže na protlačení (uvedena je maximální hodnota z konstrukčních zásad)
UC	Souhrnný jednotkový posudek jako maximum z výše uvedených posudků
Obvody smyk. výztuže	Počet obvodů smykové výztuže kolem sloupu s konstantním množstvím smykových třmínek daného průměru na každý obvod (očekává se radiální rozmístění) / Odsazení prvního obvodu smykových třmínek od lce sloupu + konstantní radiální vzdálenost ostatních obvodů

Jméno	Klíč kombinace
ULS/1	1.35*SW + 1.35*DL + 1.50*LL

Jednotkový posudek protlačení UC < 1.0. Standardní náhled posudku v uzlu N61 vypadá takto:

Návrh protlačení
Lineární výpočet
Kombinace: ULS
Extrém: Uzel
Výběr: N61
Shnutí

Jméno	Stav	Případ protlačení	Tvar protlačení	UC _{vRd,max} [-]	UC _{vRd,c} [-]	Obvody smykové výztuže	UC _{vRd,cs} [-]	UC _{Asw,det} [-]	UC [-]	Posudek
N61	ULS/1	Vnitřní sloup	Kruh (400)	0,17	0,51	není vyžadováno	-	-	0,51	OK

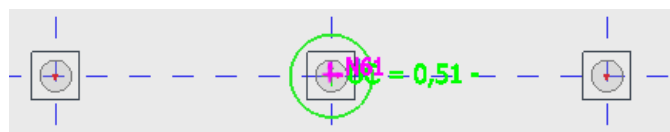
Beton

Jméno	Stav	Případ protlačení	Tvar protlačení	V _{Ed} [kN]	M _{Ed,y} [kNm]	Deska h [mm]	Materiál f _{cd} [MPa]	d _{eff} [mm]	ρ _l [%]	u ₀ [m]	V _{Ed,u0} [MPa]	V _{Rd,max} [MPa]	UC _{vRd,max} [-]	V _{Ed,u1} [MPa]	V _{Rd,c} [MPa]	UC _{vRd,c} [-]
N61	ULS/1	Vnitřní sloup	Kruh (400)	127,40	0,07	200,00	C30/37	160,00	0,18	1,257	0,73	4,22	0,17	0,28	0,55	0,51

Smykové napětí na jednotku délky základního kontrolovaného obvodu V_{Ed,u1} je menší než smyková únosnost na protlačení desky bez smykové výztuže na kontrolovaném obvodu V_{Rd,c}:

$$V_{Ed,u1} = 0,28\text{MPa} < V_{Rd,c} = 0,55\text{MPa}$$

Smyková únosnost desky bez výztuže je dostatečná. Kontrolovaný obvod je zobrazen zelenou barvou.



⇒ **Smyková únosnost není bez výztuže dostatečná bez výztuže**

Pro ukázkou je v příkladu vybrán uzel N59 a typ výběru je nastaven na "Aktuální". Standardní náhled posudku protlačení vypadá takto:

Návrh protlačení

Lineární výpočet
Kombinace: ULS
Extrém: Uzel
Výběr: N59

Shrnutí

Jméno	Stav	Případ protlačení	Tvar protlačení	UC _{vRd,max} [-]	UC _{vRd,c} [-]	Obvody smykové výztuže	UC _{vRd,cs} [-]	UC _{Asw,det} [-]	UC [-] Posudek
N59	ULS/1	Vnitřní sloup	Kruh (400)	0,36	1,06	3x 12Ø8(radiální) 80+2x80=240	0,71	1,00	1,00 OK, ale

Beton

Jméno	Stav	Případ protlačení β [-]	Tvar protlačení	V _{Ed} [kN] ΔV _{Ed} [kN]	M _{Ed,y} [kNm] M _{Ed,z} [kNm]	Deska h [mm]	Materiál f _{cd} [MPa]	d _{eff} [mm] ρ _l [%]	u ₀ [m] u ₁ [m]	V _{Ed,u0} [MPa] V _{Ed,u1} [MPa]	V _{Rd,max} [MPa] V _{Rd,c} [MPa]	UC _{vRd,max} [-] UC _{vRd,c} [-]
N59	ULS/1	Vnitřní sloup 1,15	Kruh (400)	266,29 0,00	25,16 5,67	Strop 200,00	C30/37 20,00	160,00 0,39	1,257 3,267	1,52 0,59	4,22 0,55	0,36 1,06

Výztuž

Jméno	Stav	Obvody smykové výztuže	u _{out} [m] a _{out} [mm]	s _{t,u1} [mm] s _{t,out} [mm]	Kontrolované obvody (vzdálenost/únosnost)	Materiál f _{ywd,ef} [MPa]	A _{sw,req} [mm ²] A _{sw1,min} [mm ²]	A _{sw} [mm ²] A _{sw,tot} [mm ²]	V _{Rd,cs} [MPa] k _{max} V _{Rd,c} [MPa]	UC _{vRd,cs} [-] UC _{Asw,det} [-]
N59	ULS/1	3x 12Ø8(radiální) 80+2x80=240	3,474 354	230 230	320/71%	B 500B 290,0	104 11	603 1810	1,42 0,83	0,71 1,00

Smykové napětí na jednotku délky základního kontrolovaného obvodu V_{Ed,u1} je větší než smyková únosnost na protlačení desky bez smykové výztuže na kontrolovaném obvodu V_{Rd,c}:

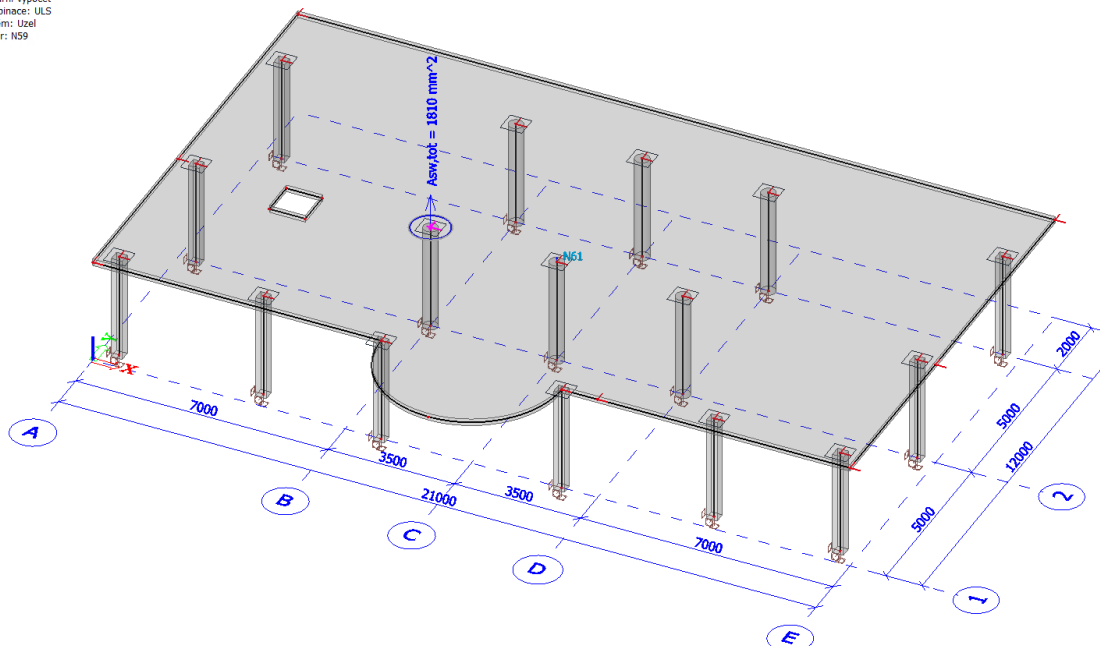
$$V_{Ed,u1} = 0,59\text{MPa} < V_{Rd,c} = 0,55\text{MPa} \text{ a the } UC_{vRd,c} = 1,06 > 1.0$$

Je tedy třeba navrhnout smykovou výztuž. Výsledná hodnota smykové výztuže včetně konstrukčních zásad je **A_{sw,tot} = 1810 mm²**.

Kontrolovaný obvod je zobrazen modrou barvou.

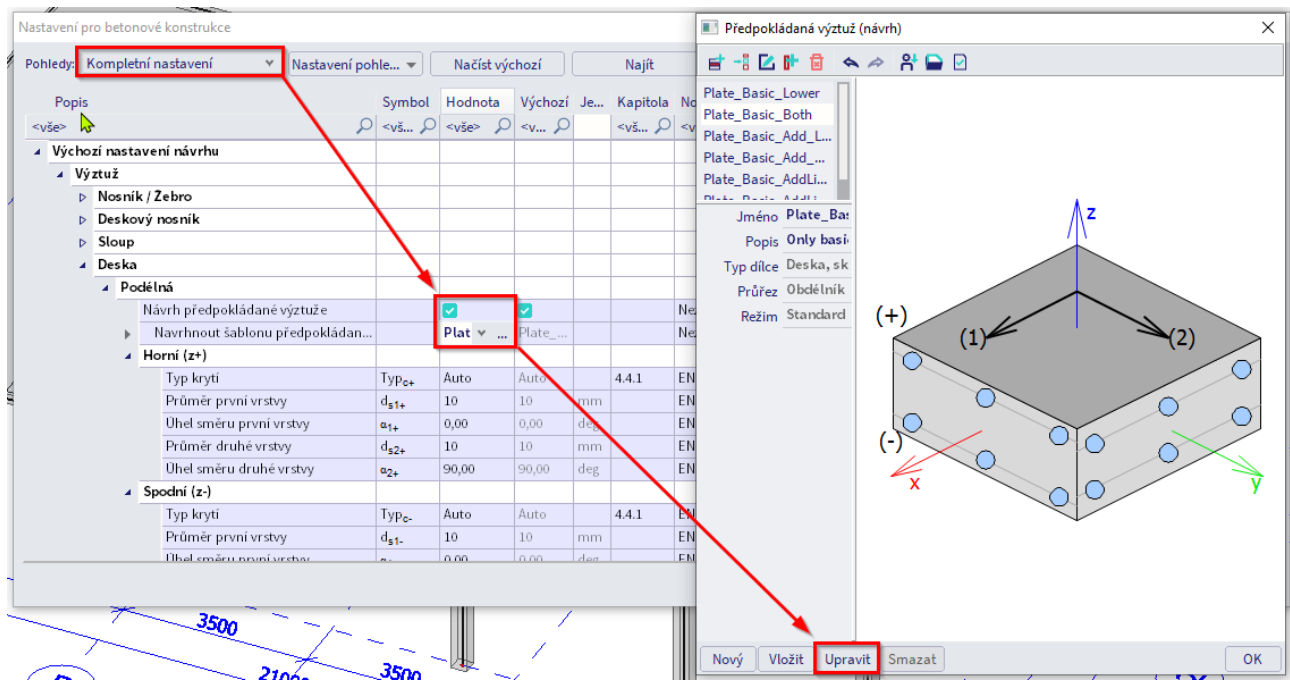
A_{sw,tot} je možné zobrazit také graficky:

Návrh protlačení
Hodnoty: A_{sw,tot}
Lineární výpočet
Kombinace: ULS
Extrém: Uzel
Výběr: N59

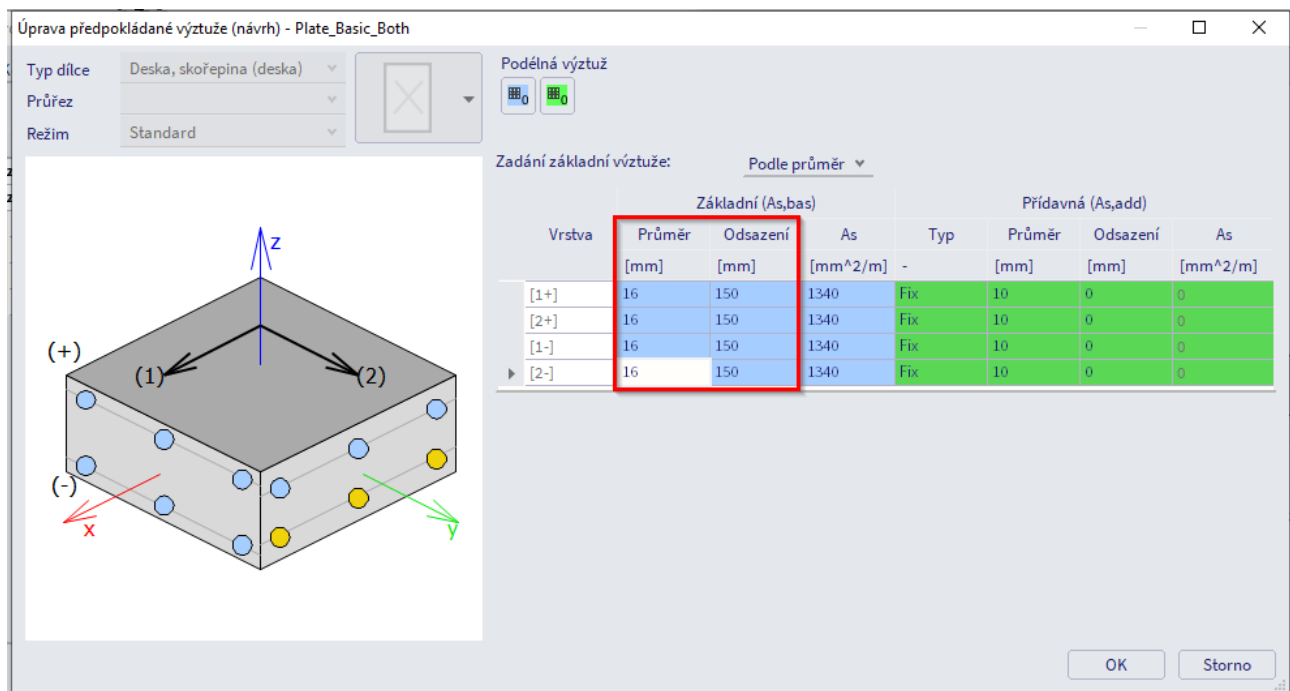


⇒ **Použití předpokládané výztuže**

Pro ukázkou je v příkladu použita předpokládaná výztuž. Pro použití této výztuže je nutné v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení aktivovat ve Výchozím nastavení návrhu šablonu předpokládané výztuže u desky.



Je možné vybrat nějakou z předdefinovaných šablon výztuže, které je možné případně upravit. Pro ukázkou je v šabloně definovaná základní výztuž průměru 16mm s roztečí 150mm bez jakékoli další přidavné výztuže.



Standardní náhled posudku protlačení je zobrazen pro uzel N59. Nutná výztuž nebyla pro posudek dostačující a bylo potřeba navrhnout další smykovou výztuž, ale s výše nastavenou výztuží není potřeba žádná přidavná smyková výztuž, posudek je vyhovující:

NÁHLED REPORTU

Návrh protlačení

Lineární výpočet
Kombinace: ULS
Extrém: Uzel
Výběr: N59
Shrnutí

Jméno	Stav	Případ protlačení	Tvar protlačení	UC _{vRd,max} [-]	UC _{vRd,c} [-]	Obvody smykové výztuže	UC _{vRd,cs} [-]	UC _{Asw,det} [-]	UC [-] Posudek
N59	ULS/1	Vnitřní sloup	Kruh (400)	0,36	0,83	není vyžadováno	-	-	0,83 OK

Beton

Jméno	Stav	Případ protlačení β [-]	Tvar protlačení	V _{Ed} [kN] ΔV _{Ed} [kN]	M _{Ed,y} [kNm] M _{Ed,z} [kNm]	Deska h [mm]	Materiál f _{cd} [MPa]	d _{eff} [mm] ρ _l [%]	u ₀ [m] u ₁ [m]	V _{Ed,u0} [MPa] V _{Ed,u1} [MPa]	V _{Rd,max} [MPa] V _{Rd,c} [MPa]	UC _{vRd,max} [-] UC _{vRd,c} [-]
N59	ULS/1	Vnitřní sloup 1,15	Kruh (400)	266,29 0,00	25,16 5,67	Strop 200,00	C30/37 20,00	160,00 0,84	1,257 3,267	1,52 0,59	4,22 0,71	0,36 0,83

VÝSLEDKY (1)
Jméno: Protlačení podle MSÚ

VYBĚR
Typ výběru: Aktuální
Filtr: Ne

VÝSLEDEK
Typ zatížení: Kombinace
Kombinace: ULS

VÝZTUŽ
Typ výztuže: Předpokládaná
Uvažovat uživatelskou v...
PODMÍNKA MEZNÍHO STAVU
Návrh MSÚ
Průměrování špiček
Poloha: V uzlech s průměrováním
Systém: LSS prvku sítě

EXTRÉM
Extrém: Uzel
Hodnoty: UC

NASTAVENÍ VÝSTUPU
Výstup: Standard

Smykové napětí na jednotku délky základního kontrolovaného obvodu $V_{Ed,u1}$ je menší než smyková únosnost na protlačení desky bez smykové výztuže na kontrolovaném obvodu $V_{Rd,c}$:

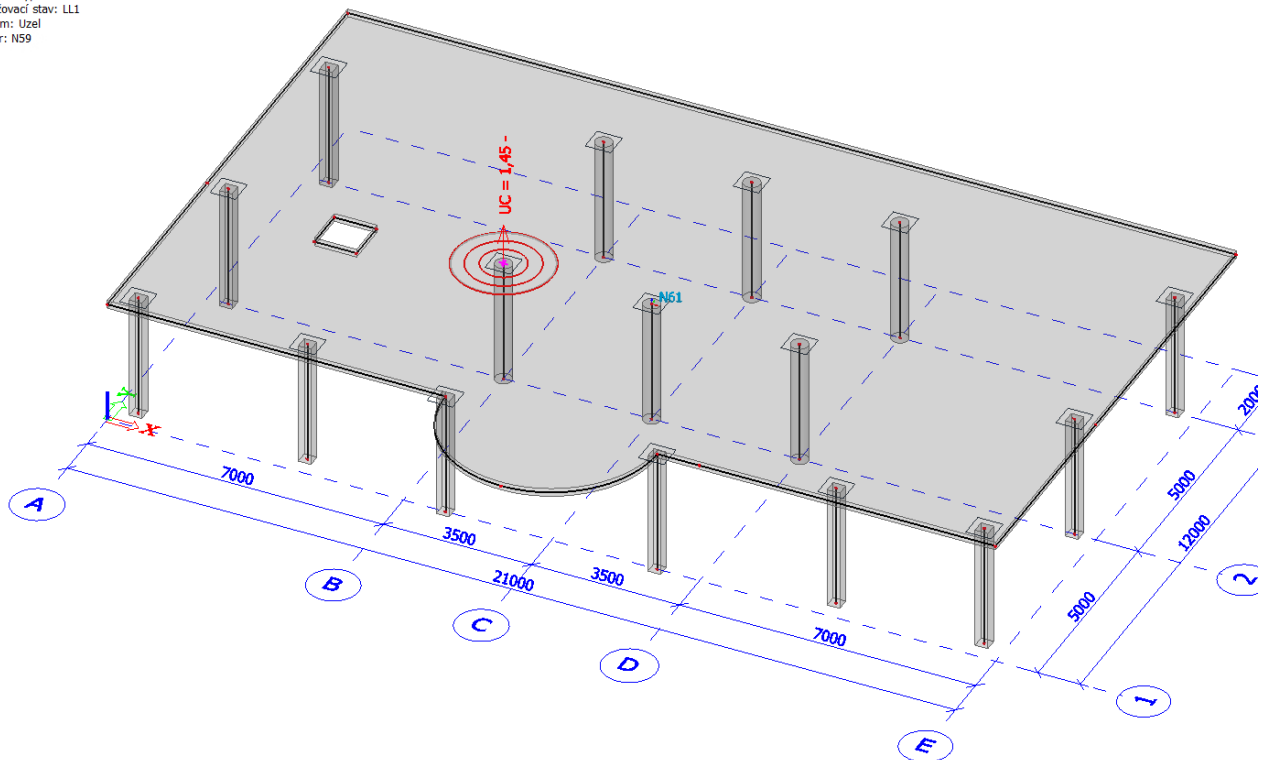
$$\text{that } V_{Ed,u1} = 0,59 \text{ MPa} < V_{Rd,c} = 0,71 \text{ MPa}$$

Smyková únosnost desky bez výztuže je dostatečná. Kontrolovaný obvod je zobrazen zelenou barvou.

⇒ *Jednotkový posudek je nevyhovující - kontrolovaný obvod je červený*

Pro ukázkou je v příkladu nastaven „Typ výsledku“ na Zatěžovací stav LL1 a posudek protlačení je zobrazen je pro uzel N59.

Návrh protlačení
Hodnoty: UC
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: LL1
Extrém: Uzel
Výběr: N59



Kontrolovaný obvod je nyní zobrazen červeně a jednotkový posudek $UC = 1,44 > 1,0$.

Standardní výstup posudku protlačení vypadá takto:

Návrh protlačení

Lineární výpočet
 Zatěžovací stav: LL1
 Extrém: Uzel
 Výběr: N59
Shrnutí

Jméno	Stav	Případ protlačení	Tvar protlačení	UC _{vRd,max} [-]	UC _{vRd,c} [-]	Obvody smykové výztuže	UC _{vRd,cs} [-]	UC _{Asw,det} [-]	UC [-]	Posudek
N59	LL1	Vnitřní sloup	Kruh (400)	0,96	2,18	7x 19Ø8(radiální) 80+6x110=740	1,45	1,00	1,45	Nevyhovuje

Beton

Jméno	Stav	Případ protlačení β [-]	Tvar protlačení	V _{Ed} [kN] ΔV _{Ed} [kN]	M _{Ed,y} [kNm] M _{Ed,z} [kNm]	Deska h [mm]	Materiál f _{cd} [MPa]	d _{eff} [mm] ρ _i [%]	u ₀ [m] u ₁ [m]	V _{Ed,u0} [MPa] V _{Ed,u1} [MPa]	V _{Rd,max} [MPa] V _{Rd,c} [MPa]	UC _{vRd,max} [-] UC _{vRd,c} [-]
N59	LL1	Vnitřní sloup 1,15	Kruh (400)	711,93 0,00	67,09 10,86	Strop 200,00	C30/37 20,00	160,00 0,84	1,257 3,267	4,07 1,57	4,22 0,72	0,96 2,18

Výztuž

Jméno	Stav	Obvody smykové výztuže	u _{out} [m] a _{out} [mm]	s _{t,u1} [mm] s _{t,out} [mm]	Kontrolované obvody (vzdálenost/únosnost)	Materiál f _{ywd,ef} [MPa]	A _{sw,req} [mm ²] A _{swL,min} [mm ²]	A _{sw} [mm ²] A _{sw,tot} [mm ²]	V _{Rd,cs} [MPa] k _{max} V _{Rd,c} [MPa]	UC _{vRd,cs} [-] UC _{Asw,det} [-]
N59	LL1	7x 19Ø8(radiální) 80+6x110=740	7,113 931	165 311	320/145%, 640/90%, 960/66%	B 500B 290,0	848 20	955 6685	1,70 1,08	1,45 1,00

Ve výstupu je možné zobrazit i tabulku chyb a varování aktivováním možnosti “Zobrazit tabulku s vysvětlením varování a poznámek” v panelu vlastností vlastností:

The screenshot shows the software interface with the design results on the left and a settings panel on the right. The settings panel has a section titled "NASTAVENÍ PRO CHYBY, VAROVÁNÍ A POZNÁMKY" (Settings for errors, warnings, and notes) which is highlighted with a red box. In this section, the option "Zobrazit vysvětlení varování a poznámek" (Show explanation of warnings and notes) is checked. Other options include "Ukazat chyby" (Show errors), "Ukazat varování" (Show warnings), and "Zobrazit poznámky" (Show notes).

V tabulce je uveden sloupec “Řešení” s nápovědou, jak je daný problém možné vyřešit.

1.10. Normově závislý průhyb (NZP)

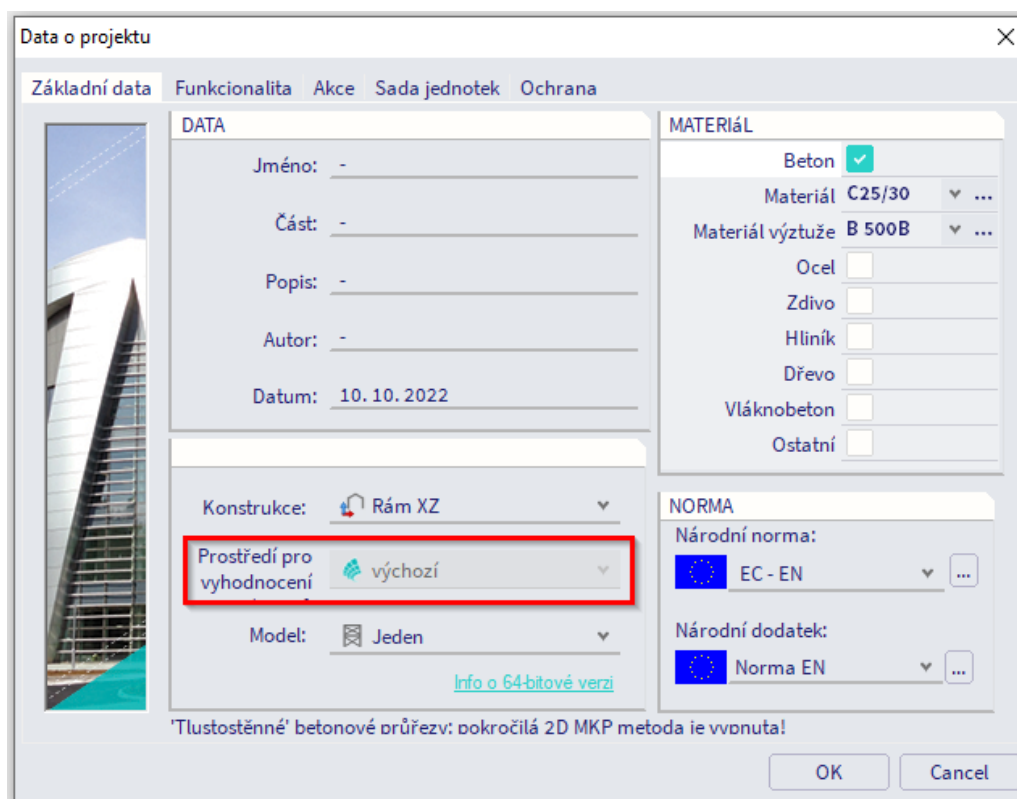
1.10.1. Úvod

Výpočet NZP je přesnější výpočet průhybu. Postup výpočtu je stejný jako u zjednodušené metody, ale s následujícími rozdíly:

- pro výpočet průhybů se používají 3 typy kombinací
- výpočet tuhosti je přesnější

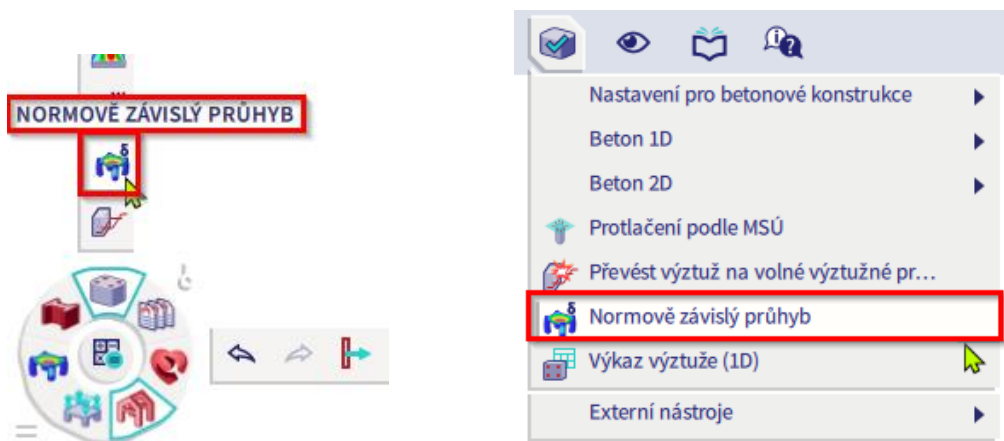
Aby bylo možné použít tuto metodu ve SCIA Engineer, měla by být předem provedena tato nastavení:

1. Použijte „výchozí“ prostředí pro vyhodnocení výsledků v dialogu Data o projektu:



Poznámka: Pokud je otevírán projekt ze starší verze, tak je navíc nutné v Datech o projektu na záložce funkcionalita aktivovat možnost “Normově závislý průhyb”.

2. V nabídce Beton pak uvidíte nový posudek s názvem Normově závislý průhyb:



1.10.2. Typy kombinací pro výpočet NZP

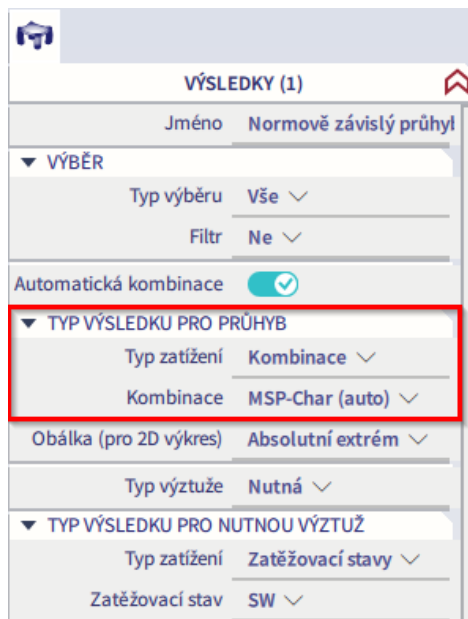
Kombinace použité pro výpočet NZP mohou být buď automaticky generovány nebo definovány uživatelem.

Automatické vytváření kombinací pro NZP

Program na pozadí automaticky vytvoří tři různé kombinace pro výpočet průhybu:

1. Kombinace pro výpočet celkového průhybu

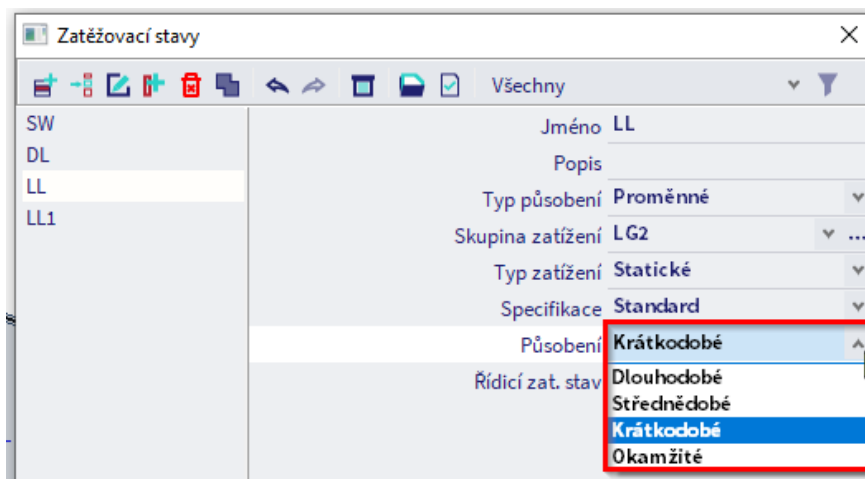
Generováno přímo z uživatelské volby kombinace v okně vlastností Normově závislého průhybu:



2. Kombinace pro výpočet okamžitého průhybu

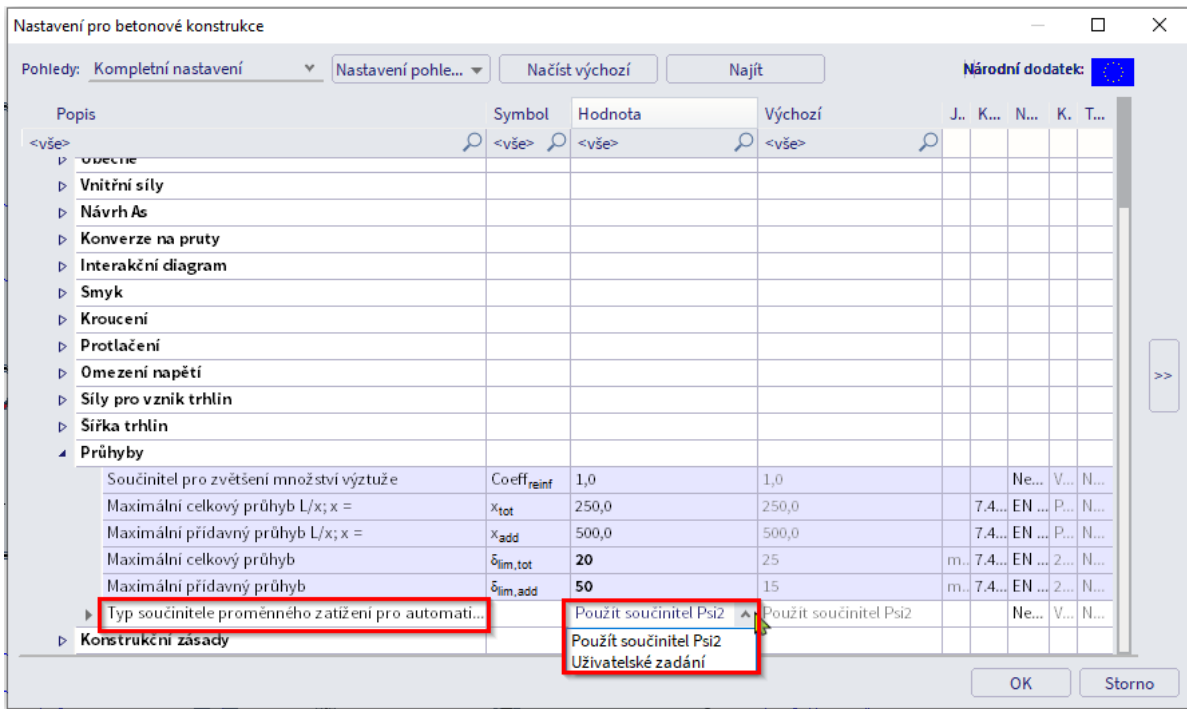
Je použita vygenerovaná kombinace pro celkový průhyb s odstraněnými proměnnými zatěžovacími stavy s typem působení střednědobé, krátkodobé nebo okamžité.

Typ působení je definován ve vlastnostech zatěžovacích stavů:



3. Kombinace pro výpočet průhybu od dotvarování

Je použita vygenerovaná kombinace pro celkový průhyb a proměnné zatěžovací stavy jsou násobeny koeficientem definovaným v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → Průhyby:



Pro každou výše uvedenou kombinaci jsou generovány další charakteristické kombinace, aby se určilo, zda je průřez potřhaný nebo nepotřhaný.

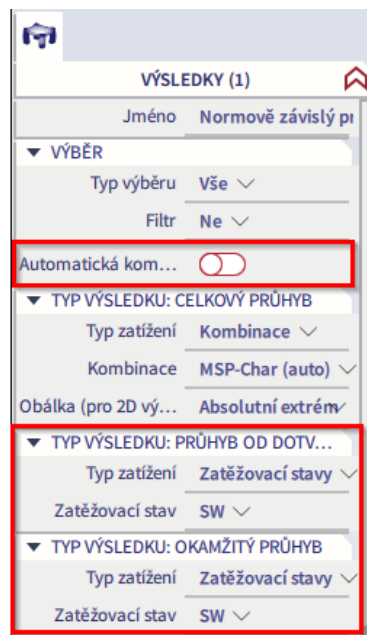
Ruční zadávání kombinací pro NZP

Je možné, aby uživatel zavedl vlastní kombinace pro výpočet okamžitého průhybu a průhybu od dotvarování.

Aby bylo možné zavést tyto ruční kombinace, musí být v panelu vlastností posudku NZP deaktivována možnost „Automatická kombinace“.

Poté se v panelu vlastností se objeví dvě nové sekce (Typ výsledku: Průhyb od dotvarování a Typ výsledku: Okamžitý průhyb), kde je možné vybrat kombinace zatížení, pro které se bude počítat průhyb od dotvarování a okamžitý průhyb.

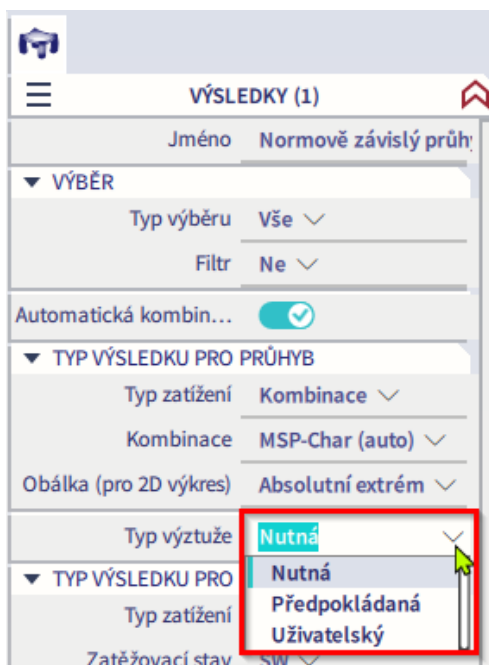
Tyto kombinace musí být lineární, což znamená, že průhyb od dotvarování a okamžitý průhyb budou stejné pro všechny lineární kombinace generované z obálkové kombinace pro celkový průhyb.



Kombinace pro výpočet celkového průhybu je generována přímo z uživatelské volby kombinace v panelu vlastností NZP.

1.10.3. Typ výztuže

Ve výpoč NZP je možné zohlednit všechny typy výztuže – nutnou, předpokládanou, uživatelskou nebo kombinaci předpokládané a uživatelské výztuže. Typ výztuže je možné nastavit ve vlastnostech posudku NZP:



1.10.4. Výpočet tuhosti 1D prvků

Prvky, u kterých se neočekává, že budou zatíženy nad úroveň, která by způsobila překročení pevnosti betonu v tahu, by měly být považovány za nepotrhané. Prvky, u kterých se očekává porušení trhlinami, ale nedojde k plnému porušení trhlinami, se budou chovat způsobem, který leží uprostřed mezi stavem, kdy je průřez neporušený trhlinami a stavem, kdy je průřez plně porušený trhlinami. Nová tuhost (tuhost se zohledněním trhlín) se vypočítá v těžišti každého 1D prvku.

Počítají se dva typy tuhostí:

Krátkodobá tuhost – počítá se s uvážením modulu pružnosti ve stáří 28 dní $E_c = E_{cm}$, z toho vyplývá, že hodnota tuhosti je počítána přímo z vlastností betonového materiálu.

Dlouhodobá tuhost - je vypočítána s uvážením efektivního E modulu pružnosti, který se počítá pomocí součinitele dotvarování pro působící zatížení $E_c = E_{c,eff} = E_{cm}/(1+\varphi)$.

Efektivní modul pružnosti se počítá podle rovnice 5.27 dle EN 1992-1-1, ale místo efektivního součinitele dotvarování φ_{ef} , je použit součinitel dotvarování φ .

Postup výpočtu tuhosti:

- 1) Jsou vypočteny ideální průřezové charakteristiky pro průřez neporušený trhlinami ($A_i, I_i, t_i...$).
- 2) Vypočítají se tuhosti neporušeného průřezu ($(E_{iy})_i, (E_{iz})_i, (EA)_i$) k těžišti nepotrhaného ideálního průřezu. Poté je spočtena maximální hodnota tahového napětí nepotrhaného průřezu (hodnota $\sigma_{ct,res}$) pro charakteristickou kombinaci ($N_{char,res}, M_{char,res,y}, M_{char,res,z}$).
- 3) Vypočítá se maximální hodnota tahového napětí nepotrhaného průřezu (hodnota $\sigma_{ct,res}$) pro charakteristickou kombinaci ($N_{char,res}, M_{char,res,y}, M_{char,res,z}$).
- 4) Je spočtena maximální hodnota tahového napětí nepotrhaného průřezu (hodnota $\sigma_{ct,imm}$) pro okamžitou charakteristickou kombinaci ($N_{char,im}, M_{char,im,y}, M_{char,im,z}$).
- 5) Porovnání σ_{ct} s $\sigma_{ct,imm}$.

Pokud $\sigma_{ct} \geq \sigma_{ct,imm}$

Pro výpočet se použije příslušná charakteristická kombinace, $N_{char}=N_{char,res}, M_{char,y} = M_{char,res,y}, M_{char,z}=M_{char,res,z}, \sigma_{ct}=\sigma_{ct,res}$

Pokud $\sigma_{ct} \leq \sigma_{ct,imm}$

Použije se okamžitá charakteristická kombinace $N_{char}=N_{char,im}, M_{char,y} = M_{char,im,y}, M_{char,z}=M_{char,im,z}, \sigma_{ct}=\sigma_{ct,im}$

6) Porovnání σ_{ct} s σ_{cr}

Pokud $\sigma_{ct} \leq \sigma_{cr}$

Průřez neporušený trhlinami:

- ohybová tuhost kolem osy y $EI_y = (Eiy)_i$
- ohybová tuhost kolem osy z $EI_z = (Eiz)_i$
- osová tuhost $EA = EA_i$

Pokud $\sigma_{ct} \geq \sigma_{cr}$

Průřez je porušený trhlinami a je vypočtena průměrná tuhost.

(Výpočet průměrné tuhosti)

- 7) Výpočet průřezových charakteristik ideálního průřezu porušeného trhlinami (Air, lir, tir...).
- 8) Výpočet tuhosti plně potřhaného průřezu ($(Eiy)_{II}, (Eiz)_{II}, (EA)_{II}$), výpočet je proveden k těžišti ideálního průřezu porušeného trhlinami.
- 9) Výpočet napětí v tahové výztuži plně potřhaného průřezu (value σ_{sr}) pro charakteristickou kombinaci ($N_{char}, M_{char}, M_{char,z}$).
- 10) Výpočet napětí v tahové výztuži plně potřhaného průřezu (value σ_s) pro příslušnou kombinaci (N, M_y, M_z).
- 11) Výpočet rozdělovacího součinitele ζ podle rovnice 7.19 dle EN 1992-1-1:

$$\zeta = 1 - \beta \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2$$

kde:

β je součinitel, kterým se zohledňuje vliv doby trvání nebo opakování zatížení na průměrnou hodnotu poměrného přetvoření: ($\beta=1$ pro výpočet krátkodobé tuhosti, $\beta=0,5$ pro výpočet dlouhodobé tuhosti).

12) Výpočet průměrné hodnoty tuhostí na základě rovnice 7.18 dle EN 1992-1-1.

- ohybová tuhost kolem osy y $(Eiy) = 1/[\zeta/(Eiy)_{II} + (1-\zeta)/(Eiy)_I]$
- ohybová tuhost kolem osy z $(Eiz) = 1/[\zeta/(Eiz)_{II} + (1-\zeta)/(Eiz)_I]$
- osová tuhost $(EA) = 1/[(\zeta/(EA)_{II} + (1-\zeta)/(EA)_I)]$,

Pro nesymetrické průřezy je tuhost přepočítána k hlavním osám.

13) Pro každý 1D prvek a každou nebezpečnou kombinaci je vypočteno pět typů tuhostí:

Typ tuhosti	Příslušná kombinace
Krátkodobá tuhost pro okamžitou deformaci	Kombinace pro okamžitý průhyb (Immediate)
Krátkodobá tuhost pro krátkodobou deformaci	Celková kombinace (Total)
Krátkodobá tuhost pro průhyb od dotvarování	Kombinace pro dotvarování (Creep)
Dlouhodobá tuhost pro průhyb od dotvarování	Kombinace pro dotvarování (Creep)
Dlouhodobá tuhost pro průhyb od smršťování	Celková kombinace (Total)

14) Následující změny tuhostí v matici tuhosti pro 1D prvky:

- $EA_x = EA$
- $GA_y = GA_z = G \cdot EA_x / (1.2 \cdot E_c)$
- $EI_y = Eiy$
- $EI_z = Eiz$
- $GI_x = 0.5 \cdot (1 - \mu) \cdot (EI_y \cdot EI_z)^{0.5}$

kde:

G je modul pružnosti betonu ve smyku počítaný dle vzorce $G = 0.5 \cdot E_c / (1 + \mu)$

μ je Poissonovo číslo uvažované z materiálových vlastností betonu

Excentricita tuhostí (vzdálenost mezi těžištěm betonového průřezu a těžištěm popraskaného ideálního průřezu) není v aktuální verzi zohledněna.

Výpočet křivosti, deformace a tuhosti způsobené smrštěním 1D prvku

Výpočet vnitřních sil od smrštění

Síly způsobené smrštěním se vypočítají podle níže uvedených vzorců. Síly jsou vypočteny pro oba stavy: průřez bez trhlin a průřez porušený trhlinami.

$$N_{shr} = -\varepsilon_{cs}(t, t_s) \cdot Coef_{reinf} \sum (E_{si} \cdot A_{si})$$

$$M_{shr,y} = N_{shr} \cdot e_{shr,z}$$

$$M_{shr,z} = N_{shr} \cdot e_{shr,y}$$

kde:

$$e_{shr,y} = \sum (E_{si} \cdot A_{si}) / \sum (E_{si} \cdot A_{si} \cdot y_{si}) - t_{iy}$$

$$e_{shr,z} = \sum (E_{si} \cdot A_{si}) / \sum (E_{si} \cdot A_{si} \cdot z_{si}) - t_{iz}$$

$\varepsilon_{cs}(t, t_s)$ - celkové poměrné přetvoření od smršťování

$Coef_{reinf}$ – koeficient navyšující množství výztuže

E_{si} - modul pružnosti i-té vložky výztuže

A_{si} – plocha i-té vložky výztuže

y_{si} - poloha i-té vložky výztuže od těžiště průřezu ve směru y

z_{si} - poloha i-té vložky výztuže od těžiště průřezu ve směru z

t_{iy} - vzdálenost mezi těžištěm ideálního nepotrhaného/potrhaného průřezu a těžištěm betonového průřezu ve směru y

t_{iz} - vzdálenost mezi těžištěm ideálního nepotrhaného/potrhaného průřezu a těžištěm betonového průřezu ve směru z.

Shrinkage deflection (long-term stiffness)

	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Combination: CO2/1_tot	0.00	159.75	0.00
Characteristic combination (char): CO2/1_tot_char	0.00	159.75	0.00

Forces caused by shrinkage: $N_{shr} = 140.74$ kN, $M_{shr,y} = 24.56$ kNm, $M_{shr,z} = 0.00$ kNm

Cross-section characteristics

Type of component	t_y [mm]	t_z [mm]	A [mm ²]	I_y [mm ⁴]	I_z [mm ⁴]	x_i [mm]	A_s [mm ²]
Linear	0.0	0.0	320000	$9.02 \cdot 10^9$	$17.6 \cdot 10^9$	218.0	-
Uncracked	0.0	-19.7	356135	$12.1 \cdot 10^9$	$19.7 \cdot 10^9$	232.2	1407
Cracked	0.0	73.4	175211	$5.31 \cdot 10^9$	$13.7 \cdot 10^9$	139.1	1407

Cracking forces

N_{cr} [kN]	$M_{y,cr}$ [kNm]	$M_{z,cr}$ [kNm]	σ_{ct} [MPa]	σ_{cr} [MPa]	Cracked section	σ_p [MPa]	σ_s [MPa]	β [-]	ζ [-]	E_c [GPa]
0.00	73.03	0.00	4.87	2.20	YES	144.6	316.4	0.5	0.896	30.0

Stiffness calculation

Axial stiffness EA: $EA_I = 9600.00$ MN $EA_{II} = 9600.00$ MN

$$EA = \frac{1}{\frac{\zeta}{EA_{II}} + \frac{1-\zeta}{EA_I}} = \frac{1}{\frac{0.896}{9600.00} + \frac{1-0.896}{9600.00}} = 9600.00 \text{ MN} \quad (7.18)$$

Bending stiffness El_y : $El_{y,I} = 672.92$ MN·m² $El_{y,II} = 193.17$ MN·m²

$$El_y = \frac{1}{\frac{\zeta}{El_{y,II}} + \frac{1-\zeta}{El_{y,I}}} = \frac{1}{\frac{0.896}{193.17} + \frac{1-0.896}{672.92}} = 208.71 \text{ MN·m}^2 \quad (7.18)$$

Bending stiffness El_z : $El_{z,I} = 527.00$ MN·m² $El_{z,II} = 527.00$ MN·m²

$$El_z = \frac{1}{\frac{1}{El_{z,I}} + \frac{1}{El_{z,II}}} = \frac{1}{\frac{1}{527.00} + \frac{1}{527.00}} = 527.00 \text{ MN·m}^2 \quad (7.18)$$

Výpočet deformace a křivosti od smršťování

Deformace a křivost způsobené smršťováním se vypočítají pro každý 1D prvek a tyto hodnoty se vypočítají pro oba stavy (průřez neporušený trhlinami a průřez porušený trhlinami).

Výpočet poměrného přetvoření od smršťování:

$$\varepsilon_x = -\varepsilon_{cs}(t, t_s) \cdot \text{Coef}_{\text{Reinf}} \cdot \sum (E_{si} \cdot A_{si}) / (E_{\text{ceff}} \cdot A_i)$$

Výpočet zakřivosti kolem osy y a z od smršťování:

$$(1/r_y) = -\varepsilon_{cs}(t, t_s) \cdot \text{Coef}_{\text{Reinf}} \cdot \sum (E_{si} \cdot A_{si} \cdot (t_{iz} - z_{si})) / (E_{\text{ceff}} \cdot I_{iy})$$

$$(1/r_z) = -\varepsilon_{cs}(t, t_s) \cdot \text{Coef}_{\text{Reinf}} \cdot \sum (E_{si} \cdot A_{si} \cdot (t_{iy} - y_{si})) / (E_{\text{ceff}} \cdot I_{iz})$$

kde:

$\varepsilon_{cs}(t, t_s)$ - celkové poměrné přetvoření od smršťování

$\text{Coef}_{\text{Reinf}}$ - koeficient navyšující množství výztuže

E_{si} - modul pružnosti i-té vložky výztuže

A_{si} - plocha i-té vložky výztuže

y_{si} - poloha i-té vložky výztuže od těžiště průřezu ve směru y

z_{si} - poloha i-té vložky výztuže od těžiště průřezu ve směru z

t_{iy} - vzdálenost mezi těžištěm ideálního nepotrhaného/potrhaného průřezu a těžištěm betonového průřezu ve směru y

t_{iz} - vzdálenost mezi těžištěm ideálního nepotrhaného/potrhaného průřezu a těžištěm betonového průřezu ve směru z.

E_{ceff} - efektivní modul pružnosti betonu vypočtený podle vzorce $E_c = E_{c, \text{eff}} = E_{cm} / (1 + \varphi)$.

E_{cm} - sečnový modul pružnosti betonu

φ - součinitel dotvarování

A_i - plocha ideálního průřezu neporušeného/porušeného trhlinami

I_{iy} - ideální moment setrvačnosti kolem osy y neporušeného/porušeného průřezu trhlinami přepočtený do těžiště ideálního neporušeného/porušeného průřezu

I_{iz} - ideální moment setrvačnosti kolem osy z neporušeného/porušeného průřezu trhlinami přepočtený do těžiště ideálního neporušeného/porušeného průřezu

Výpočet tuhostí pro smršťování

Tuhost nepotrhaného/potrhaného průřezu pro smršťování se vypočítá z přetvoření a křivosti způsobených smršťováním pomocí celkové úrovně zatížení (celková kombinace zatížení)

- ohybová tuhost kolem osy y $EI_y = M_{\text{tot}, y} / (1/r_y)$
- ohybová tuhost kolem osy z $EI_z = M_{\text{tot}, z} / (1/r_z)$
- osová tuhost $EA = N_{\text{tot}} / \varepsilon_x$

1.10.5. Výpočet tuhosti 2D prvků

Pro výpočet tuhosti 2D prvků se používá následující postup:

- 1) Vypočítá se hlavní napětí 2D prvku pro oba povrchy:

$$\sigma_{1\bar{\tau}} = \frac{\sigma_{x\bar{\tau}} + \sigma_{y\bar{\tau}}}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_{x\bar{\tau}} - \sigma_{y\bar{\tau}})^2 + 4 \cdot \sigma_{xy\bar{\tau}}}$$

$$\sigma_{2\bar{\tau}} = \frac{\sigma_{x\bar{\tau}} + \sigma_{y\bar{\tau}}}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_{x\bar{\tau}} - \sigma_{y\bar{\tau}})^2 + 4 \cdot \sigma_{xy\bar{\tau}}}$$

- 2) Vypočítá se úhel hlavních napětí na obou plochách:

$$\alpha_{\sigma_{1\bar{\tau}}} = 0,5 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{2 \cdot \sigma_{xy\bar{\tau}}}{\sigma_{x\bar{\tau}} - \sigma_{y\bar{\tau}}} \right)$$

- 3) Vypočítá se konečná hodnota hlavního napětí:
 - $\alpha = \alpha_{\sigma 1+}$ pokud $\sigma_{1+} \geq \sigma_{1-}$
 - $\alpha = \alpha_{\sigma 1-}$ v opačném případě.
- 4) Vnitřní síly se přepočítají do směru hlavních napětí α

$$m(\alpha) = m_x \cdot \cos^2(\alpha) + m_y \cdot \sin^2(\alpha) + m_{xy} \cdot \sin(2 \cdot \alpha)$$

$$n(\alpha) = n_x \cdot \cos^2(\alpha) + n_y \cdot \sin^2(\alpha) + n_{xy} \cdot \sin(2 \cdot \alpha)$$

kde $n_x, n_y, n_{xy}, m_x, m_y, m_{xy}$ jsou 2D síly ve těžišti 2D prvku.
- 5) Plocha výztuže se přepočítá do směru hlavního napětí α

$$A_s(\alpha) = A_s \cdot \cos^2(\alpha - \alpha_s)$$

kde A_s, α_s je plocha a úhel podélné výztuže.
- 6) Nelineární tuhost v prvním hlavním směru se vypočte podle postupu jako u 1D prvků:
 - o pro obdélníkový průřez ($b = 1m, h =$ tloušťka 2D prvku v těžišti)
 - o pro vnitřní síly $N = n(\alpha), M_y = m(\alpha)$ a $M_z = 0$ podle postupu jako u 1D prvků.
- 7) Nelineární tuhost v druhém hlavním směru se vypočte podle postupu jako u 1D prvků:
 - o pro obdélníkový průřez ($b = 1m, h =$ tloušťka 2D prvku v těžišti)
 - o pro vnitřní síly $N = n(\alpha + 90), M_y = m(\alpha + 90)$ and $M_z = 0$ podle postupu jako u 1D prvků.
- 8) Tuhost pro průhyb od smršťení se počítá v obou směrech hlavních os, jak je vysvětleno v další části.
- 9) Pro každý 2D prvek a každou nebezpečnou kombinaci je vypočteno pět typů tuhostí:

Typ tuhosti	Příslušná kombinace	Směr hlavního napětí
Krátkodobá tuhost pro okamžitou deformaci	Kombinace pro okamžitý průhyb (Immediate)	První (EA_1, Ely_1, Elz_1)
		Druhý (EA_2, Ely_2, Elz_2)
Krátkodobá tuhost pro krátkodobou deformaci	Celková kombinace (Total)	První (EA_1, Ely_1, Elz_1)
		Druhý (EA_2, Ely_2, Elz_2)
Krátkodobá tuhost pro průhyb od dotvarování	Kombinace pro dotvarování (Creep)	První (EA_1, Ely_1, Elz_1)
		Druhý (EA_2, Ely_2, Elz_2)
Dlouhodobá tuhost pro průhyb od dotvarování	Kombinace pro dotvarování (Creep)	První (EA_1, Ely_1, Elz_1)
		Druhý (EA_2, Ely_2, Elz_2)
Dlouhodobá tuhost pro průhyb od smršťování	Celková kombinace (Total)	První (EA_1, Ely_1, Elz_1)
		Druhý (EA_2, Ely_2, Elz_2)

- 10) Následující změny tuhostí v matici tuhosti pro 2D prvky:

$$D_{11} = Ely_1$$

$$D_{22} = Ely_2$$

$$D_{33} = 0.5 \cdot (1 - \mu) \cdot (D_{11} \cdot D_{22})^{0.5}$$

$$D_{44} = G \cdot h / 1.2$$

$$D_{55} = G \cdot h / 1.2$$

$$D_{12} = \mu \cdot (D_{11} \cdot D_{22})^{0.5}$$

$$d_{11} = EA_1$$

$$d_{22} = EA_2$$

$$d_{33} = G \cdot h$$

$$d_{12} = \mu \cdot (d_{11} \cdot d_{22})^{0.5}$$

kde:

G je modul pružnosti betonu ve smyku spočítaný dle vzorce $G = 0.5 \times E_c / (1 + m)$

m je Poissonovo číslo uvažované z materiálových vlastností betonu

Excentricita tuhostí (vzdálenost mezi těžištěm betonového průřezu a těžištěm popraskaného ideálního průřezu) není v aktuální verzi zohledněna.

Výpočet křivosti, deformace a tuhosti způsobené smršťováním 2D prvku

Výpočet vnitřních sil od smrštění

Síly se počítají v těžišti každého prvku a počítají se ve dvou směrech:

- první směr je směr hlavního napětí α .
- druhý směr je směr hlavního napětí $\alpha + 90^\circ$.

Síly způsobené smršťováním pro první/druhý směr se vypočítají podle níže uvedených vzorců. Síly jsou vypočteny pro oba stavy: průřez neporušený trhlinami a průřez porušený trhlinami.

$$n_{shr} = -\varepsilon_{cs}(t, t_s) \cdot \text{Coef}_{\text{Reinf}} \cdot \sum (E_{si} \cdot A_{si(\alpha)})$$

$$m_{shr} = n_{shr} \cdot e_{shr,z}$$

kde

$$e_{shr,z} = \sum (E_{si} \cdot A_{si(\alpha)}) / \sum (E_{si} \cdot A_{si(\alpha)} \cdot z_{si}) - t_{iz(\alpha)}$$

$\varepsilon_{cs}(t, t_s)$ - celkové poměrné přetvoření od smršťování

$\text{Coef}_{\text{reinf}}$ – koeficient navyšující množství výztuže

E_{si} - modul pružnosti i -té vložky výztuže

$A_{si(\alpha)}$ - je plocha výztuže i -té vložky v prvním směru (úhel α)/druhém směru (úhel $\alpha + 90^\circ$) hlavního napětí

z_{si} - poloha i -té vložky výztuže od těžiště průřezu ve směru z

$t_{iz(\alpha)}$ - vzdálenost mezi těžištěm ideálního průřezu bez trhlin a těžištěm betonového průřezu ve směru z v prvním směru (úhel α)/druhém směru (úhel $\alpha + 90^\circ$) hlavního napětí

Výpočet deformace a křivosti způsobené smršťováním

Přetvoření a zakřivení způsobené smršťováním jsou vypočteny pro každý 2D prvek a tyto hodnoty jsou vypočteny pro oba stavy (průřez porušený trhlinami/průřez neporušený trhlinami). Hodnoty jsou vypočteny v obou směrech hlavních napětí.

Výpočet přetvoření od smršťování:

$$\varepsilon_x = -\varepsilon_{cs}(t, t_s) \cdot \text{Coef}_{\text{Reinf}} \cdot \sum (E_{si} \cdot A_{si(\alpha)}) / (E_{\text{ceff}} \cdot A_i(\alpha))$$

Výpočet křivosti kolem osy y a z způsobené smršťováním:

$$(1/r) = -\varepsilon_{cs}(t, t_s) \cdot \text{Coef}_{\text{Reinf}} \cdot \sum (E_{si} \cdot A_{si(\alpha)} \cdot (t_{iz(\alpha)} - z_{si})) / (E_{\text{ceff}} \cdot I_{iy(\alpha)})$$

kde:

$\varepsilon_{cs}(t, t_s)$ - celkové poměrné přetvoření od smršťování

$\text{Coef}_{\text{reinf}}$ - koeficient navyšující množství výztuže

E_{si} - modul pružnosti i -té vložky výztuže

$A_{si(\alpha)}$ - je plocha výztuže i -té vložky v prvním směru (úhel α)/druhém směru (úhel $\alpha + 90^\circ$) hlavního napětí

z_{si} - poloha i -té vložky výztuže od těžiště průřezu ve směru z

$t_{iz(\alpha)}$ - vzdálenost mezi těžištěm ideálního průřezu bez trhlin a těžištěm betonového průřezu ve směru z v prvním směru (úhel α)/druhém směru (úhel $\alpha + 90^\circ$) hlavního napětí

E_{ceff} - efektivní modul pružnosti betonu vypočtený podle vzorce $E_c = E_{c,\text{eff}} = E_{cm} / (1 + \varphi)$.

E_{cm} – sečnový modul pružnosti betonu

φ - součinitel dotvarování

$A_i(\alpha)$ – plocha ideálního průřezu neporušeného trhlinami/porušeného trhlinami v prvním (úhel α)/druhém směru (úhel $\alpha + 90^\circ$) hlavního napětí

$I_{iy(\alpha)}$ - ideální moment setrvačnosti kolem osy y průřezu neporušeného trhlinami/porušeného trhlinami vypočtený do těžiště transformovaného průřezu neporušeného trhlinami/porušeného trhlinami v prvním směru (úhel α)/druhém směru (úhel $\alpha + 90^\circ$) hlavního napětí

Výpočet tuhostí pro smršťování

Tuhost nepotrhaného/potrhaného průřezu pro smršťování se vypočítá z přetvoření a zakřivení způsobených smršťováním pomocí celkové úrovně zatížení (celková kombinace zatížení)

- ohybová tuhost ve směru první hlavní osy $EI_{y1} = m_{tot(\alpha)} / (1/r)_1$
- ohybová tuhost ve směru druhé hlavní osy $EI_{y2} = m_{tot(\alpha+90)} / (1/r)_2$
- osová tuhost ve směru první hlavní osy $EA_1 = n_{tot(\alpha)} / \epsilon_{x,1}$
- osová tuhost ve směru druhé hlavní osy $EA_2 = n_{tot(\alpha+90)} / \epsilon_{x,2}$

kde:

$n_{tot(\alpha)}$, $n_{tot(\alpha+90)}$ - jsou osově síly z celkové kombinace zatížení na 2D prvku přepočtené na směr první a druhé hlavní osy

$m_{tot(\alpha)}$, $m_{tot(\alpha+90)}$ - jsou ohybové momenty z celkové kombinace zatížení na 2D prvku přepočtené na směr první a druhé hlavní osy

$\epsilon_{x,1(2)}$ - je poměrné přetvoření způsobené smršťováním vypočteným ve směru první (druhé) hlavní osy

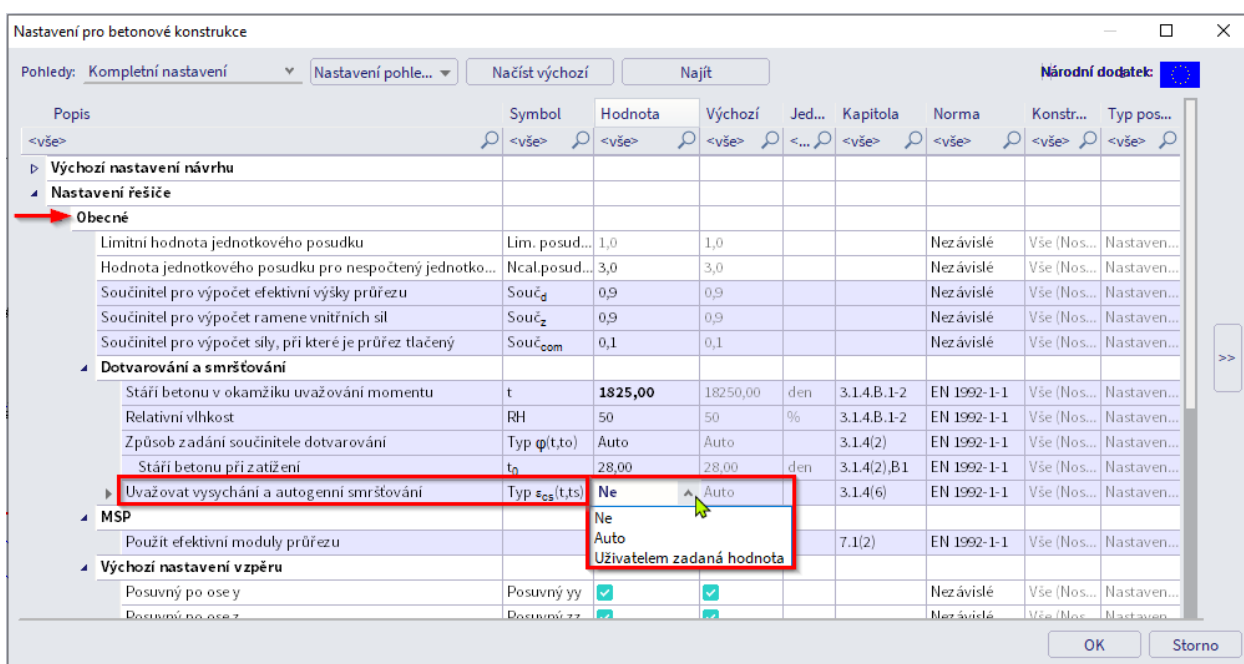
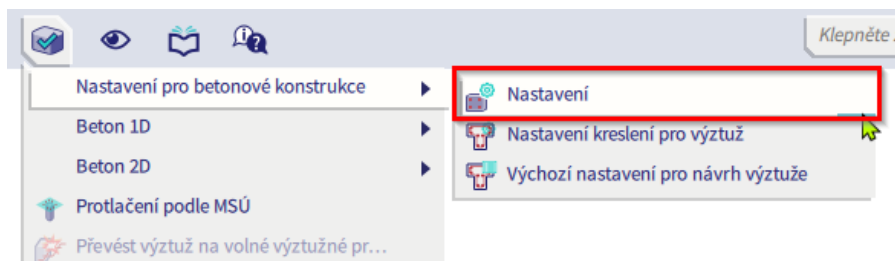
$(1/r)_{1(2)}$ - je křivost způsobená smršťováním vypočteným ve směru první (druhé) hlavní osy

Průhyb pro smršťování se počítá v MKP analýze pro celkovou kombinaci, proto se tuhost počítá s použitím vnitřních sil pro celkovou kombinaci.

1.10.6. Parametry pro výpočet poměrného přetvoření od smršťování

Celkové poměrné přetvoření od smršťování se skládá ze dvou složek a to smrštění od vysychání a autogenního smrštění. Přetvoření vysycháním se vyvíjí pomalu, protože je způsobeno úbytkem vody v průběhu tvrdnutí betonu. Autogenní smršťování je dáno chemickou reakcí cementu a vody.

Existují tři možnosti pro výpočet/zadání celkového přetvoření smršťováním, které lze vybrat v Nastavení pro betonové konstrukce → Nastavení → Kompletní nastavení → Nastavení řešiče → Obecné.



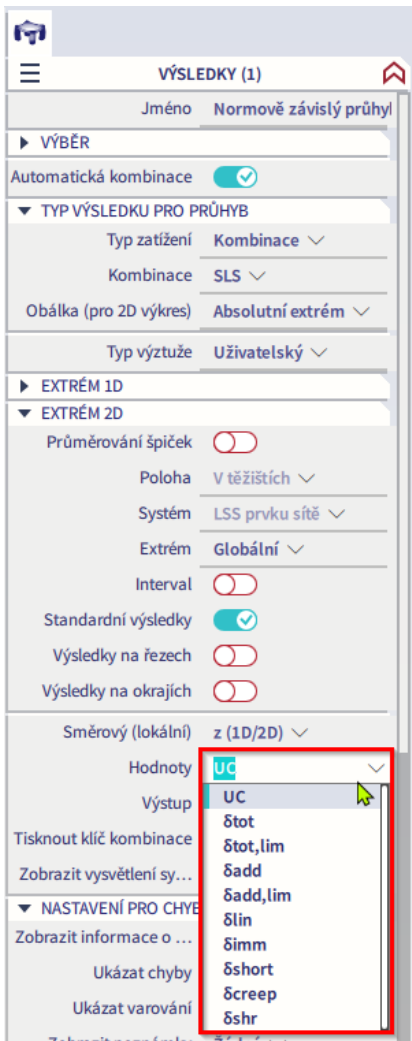
- **Ne (Uvažovat vysychání a autogenní smršťování = Ne):** smršťování nebude bráno v úvahu při výpočtu NZP.
- Automatický výpočet (**Uvažovat vysychání a autogenní smršťování = Auto**): deformace od smršťování se počítá automaticky podle EN 1992-1-1, kapitola 3.1.4(6) pro následující vstupní parametry:
 - Relativní vlhkost.
 - Stáří betonu na počátku smršťování od vysychání.
 - Stáří betonu v okamžiku uvažování momentu.

Kromě těchto vstupních parametrů závisí automatický výpočet deformace od smršťování na materiálových vlastnostech (průměrná hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku f_{cm} , charakteristická pevnost betonu v tlaku f_{ck} , druh cementu), parametrech průřezu (plocha průřezu A_c a obvod betonového průřezu v kontaktu s atmosférou u).

- Uživatelsky definovaná hodnota (**Uvažovat vysychání a autogenní smršťování = Uživatелеm zadaná hodnota**): hodnotu přetvoření od smršťování zadá uživatel ručně.

1.10.7. Výpočet deformace

Ve vlastnostech posudku Normově závislého průhybu jsou dostupné tyto hodnoty:



δ_{lin} ...lineární (elastický) průhyb z lineárního výpočtu pro vybranou kombinaci k posouzení s uvažováním lineární tuhosti.

δ_{imm} ...okamžitý průhyb po působení stálého a dlouhodobého proměnného zatížení, vypočtený pro krátkodobou tuhost a pro kombinaci použitou pro stálý průhyb.

δ_{short} ...krátkodobý průhyb, který zohledňuje potrhání průřezu, vypočítaný pro krátkodobou tuhost a celkovou kombinaci zatížení.

δ_{creep} ...průhyb od dotvarování vypočtený jako rozdíl mezi deformací spočtenou pro dlouhodobou a krátkodobou tuhost pro kombinaci použitou pro výpočet průhybu od dotvarování:

$$\delta_{creep} = \delta_{creep, long} - \delta_{creep, short}$$

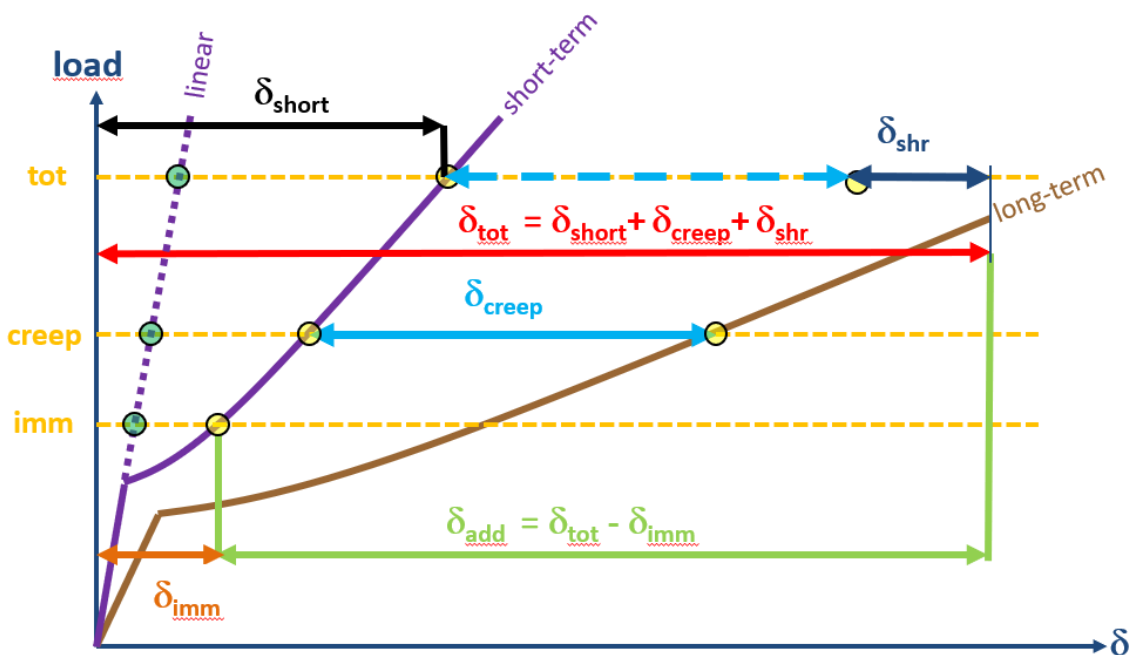
δ_{shr} ...průhyb způsobený vysycháním a autogenním smršťováním. Dlouhodobá tuhost se vypočítá z poměrného přetvoření a zakřivení způsobené smršťováním s uvažováním celkové kombinace zatížení.

δ_{add} ...přídavný průhyb, průhyb po působení proměnného zatížení a se zohledněním dotvarování, vypočtený jako rozdíl mezi celkovým a okamžitým průhybem.

$$\delta_{add} = \delta_{tot} - \delta_{imm}$$

δ_{tot} ...celkový průhyb zohledňující dotvarování a trhliny, který se vypočítá jako součet krátkodobého průhybu a průhybu od dotvarování.

$$\delta_{tot} = \delta_{short} + \delta_{creep}$$



Kapitola 3: Modifikace výsledků

1.11. Poloha

Během výpočtu ve SCIA Engineer se počítají deformace uzlů a reakce (pomocí metody posunutí). Napětí a vnitřní síly se z těchto veličin odvozují pomocí metody předpokládaných základních funkcí, a proto jsou v metodě konečných prvků vždy méně přesné.

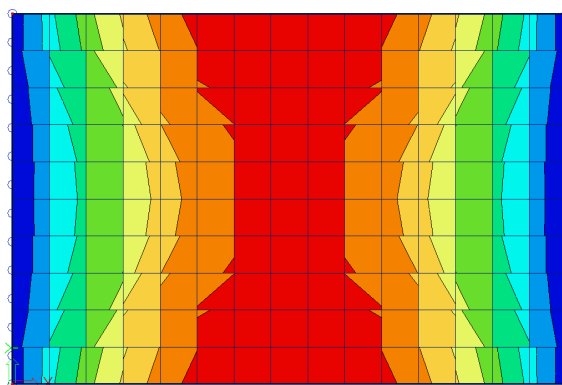
Síť konečných prvků ve SCIA Engineer obsahuje lineární 3- a/nebo 4-úhlové prvky. Na prvek sítě jsou vypočteny 3 nebo 4 výsledky, jeden v každém uzlu. Při vizualizaci výsledků na 2D dílcích ve SCIA Engineer může uživatel zvolit 4 různé způsoby zobrazení stejné výsledkové hodnoty - změnou parametru „Poloha“: „V uzlech bez průměrování“, „V těžištích“, „V uzlech s průměrováním“ a „V uzlech s průměrováním na makro“.

1.11.1. V uzlech bez průměrování

V úvahu se berou všechny hodnoty výsledků, nedochází k průměrování, takže se jedná o čisté výsledky metody MKP. V každém uzlu jsou proto zobrazeny 4 hodnoty sousedních prvků sítě. Pokud se tyto 4 výsledkové hodnoty v uzlu sítě výrazně mění, je to známka toho, že zvolená velikost sítě je příliš velká.

Pro navrhování konstrukce se obvykle tento typ plochy nepoužívá, ale lze jím dobře vizuálně posoudit velikost prvků sítě a vliv velikosti na přesnost výsledků. Jsou-li konečné prvky příliš velké, uvidíme při zobrazení izoliní výrazné barevné skoky mezi sousedními prvky. Pokud k tomu dojde, indikuje to nižší přesnost výsledků a vhodnost uvážení zahuštění sítě.

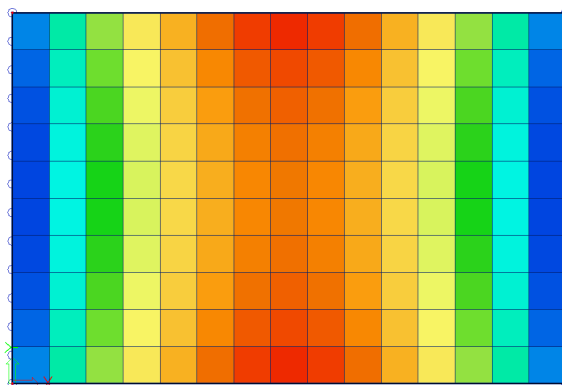
12	16	24	30
9	18	25	31
11	16	24	29
9	17	24	30



1.11.2. V těžištích

Pro každý konečný prvek se vypočítá průměrná hodnota výsledků z uzlů sítě MKP tohoto prvku. Tím získáme mozaiku s jednou průměrnou hodnotou pro každý konečný prvek.

	21	



Výhodou je skutečnost, že průměrování výsledků probíhá pouze v rámci jednoho konečného prvku. Pokud je vhodně zvolená velikost sítě, můžeme tak snadno eliminovat nerealistické špičky, které se objevují kolem uzlových a liniových podpor.

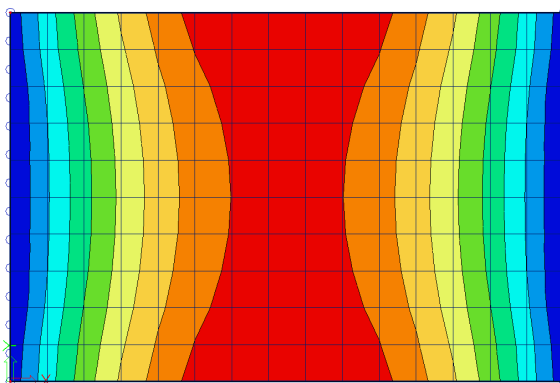
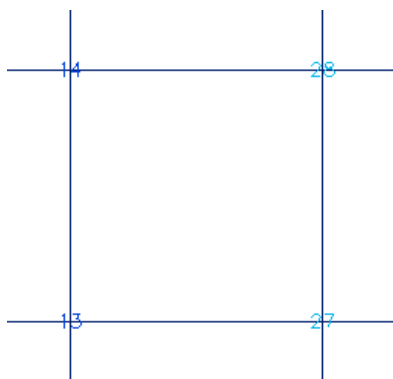
Nevýhodou průměrování do těžiště jednoho prvku je, že výsledky v uzlech na okrajích (hranách) nelze průměrovat stejným způsobem jako u vnitřních uzlů, protože není k dispozici žádná hodnota „za okrajem“ („za hranou“). Proto podél okrajů používá SCIA Engineer jiný přístup.

1.11.3. V uzlech s průměrováním

Hodnoty výsledků sousedních konečných prvků se zprůměrují ve společném uzlu sítě. Výsledkem je jedna hodnota pro každý uzel a z tohoto důvodu je grafické zobrazení plynulým průběhem izopásem.

V určitých případech není přípustné hodnoty výsledků ve společném uzlu průměrovat:

- V místě propojení 2D prvků (desky, stěny, skořepiny), které mají různými lokální souřadné systémy.
- Pokud je výsledek skutečně nespojitý, jako například smyková síla v místě liniové podpory v desce. Špičky zcela zmizí zprůměrováním kladných a záporných smykových sil.

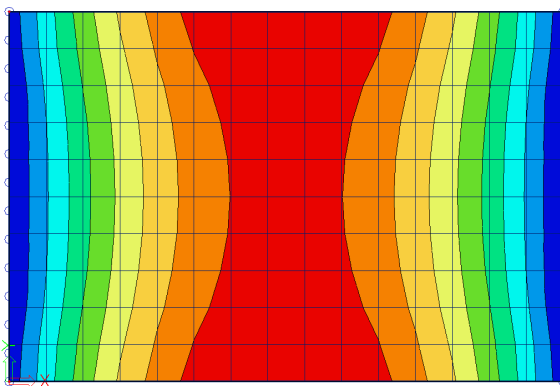
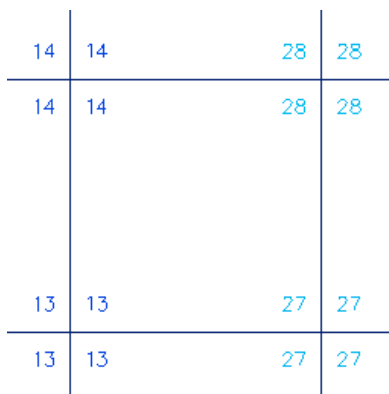


1.11.4. V uzlech s průměrováním na makro

Hodnoty výsledků se zprůměrují do uzlu pouze u prvků sítě, které patří ke stejnému 2D prvku a mají stejné směry svých lokálních os. Tím se vyřeší problémy uvedené u možnosti "V uzlech s průměrováním".

Hodnoty se nezprůměrují, pokud:

- prvky náleží různým 2D prvkům,
- prvky jsou umístěny na různých stranách vnitřního okraje,
- je zadán vnitřní bod.

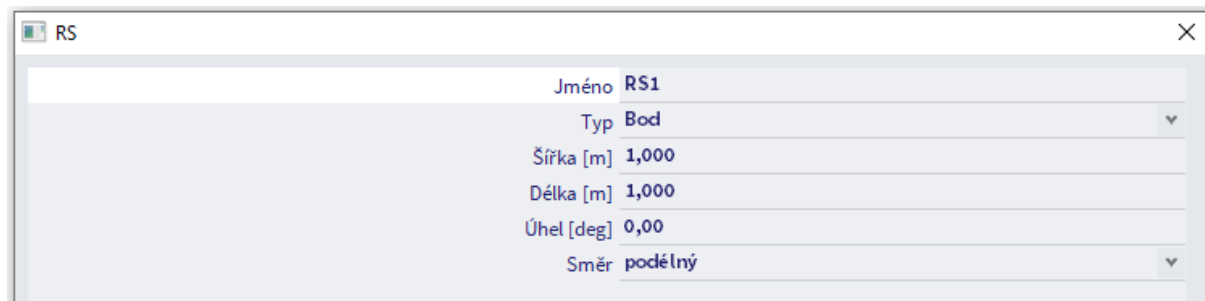
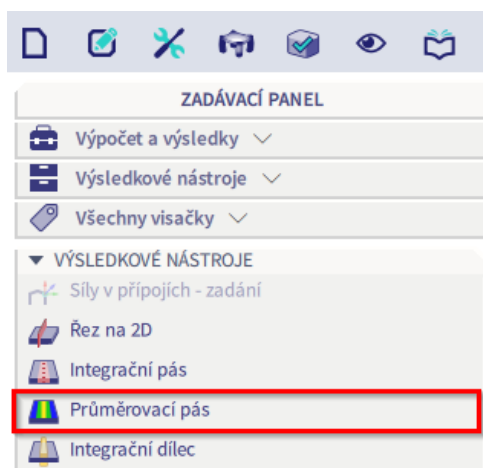


1.11.5. Přesnost výsledků

Pokud se výsledky mezi jednotlivými typy poloh „V uzlech bez průměrování“, „V těžištích“, „V uzlech s průměrováním“ a „V uzlech s průměrováním na makro“ velmi liší, tak jsou výsledky nepřesné a síť MKP je třeba zjemnit. Základním pravidlem pro správnou velikost prvků sítě je uvažovat průměrnou velikost 2D konečných prvků jako 1 až 2 násobek tloušťky desky.

1.12. Průměrovací pás

Průměrovací pás průměruje špičkové výsledkové hodnoty v např. místech singularit. Průměrovací pás je možné zadat ze Zadávacího panelu → pracoviště Výpočet a výsledky → Výsledkové nástroje:



Typ: jsou dostupné dvě možnosti:

- Bod - Průměrovací pás je definován bodem, šířkou, délkou, a úhlem(který upřesňuje směr pásu).
- Pás – Průměrovací pás je definován čarou se specifikovanou šířkou.

Šířka: definuje šířku průměrovacího pásu.

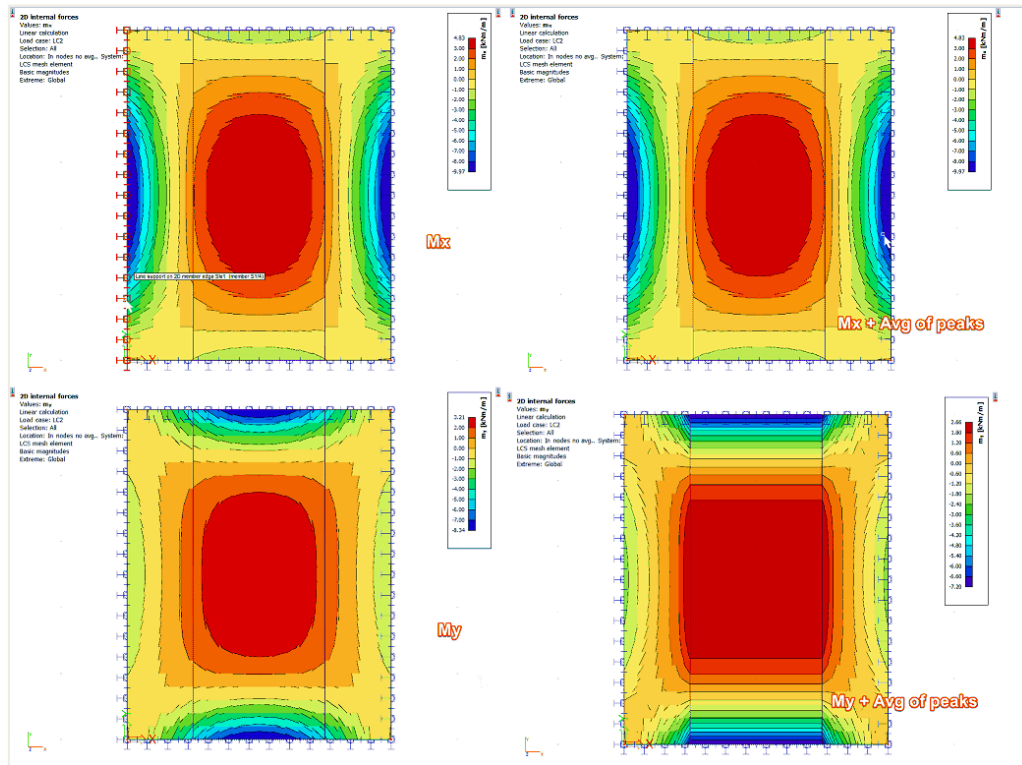
Délka: tato možnost je dostupná pouze v případě že Typ = Bod. Definuje délku průměrovacího pásu.

Úhel: tato možnost je dostupná pouze v případě že Typ = Bod. Definuje směr průměrovacího pásu.

Směr: upřesňuje směr ve kterém má být zprůměrování počítáno. Dostupné možnosti:

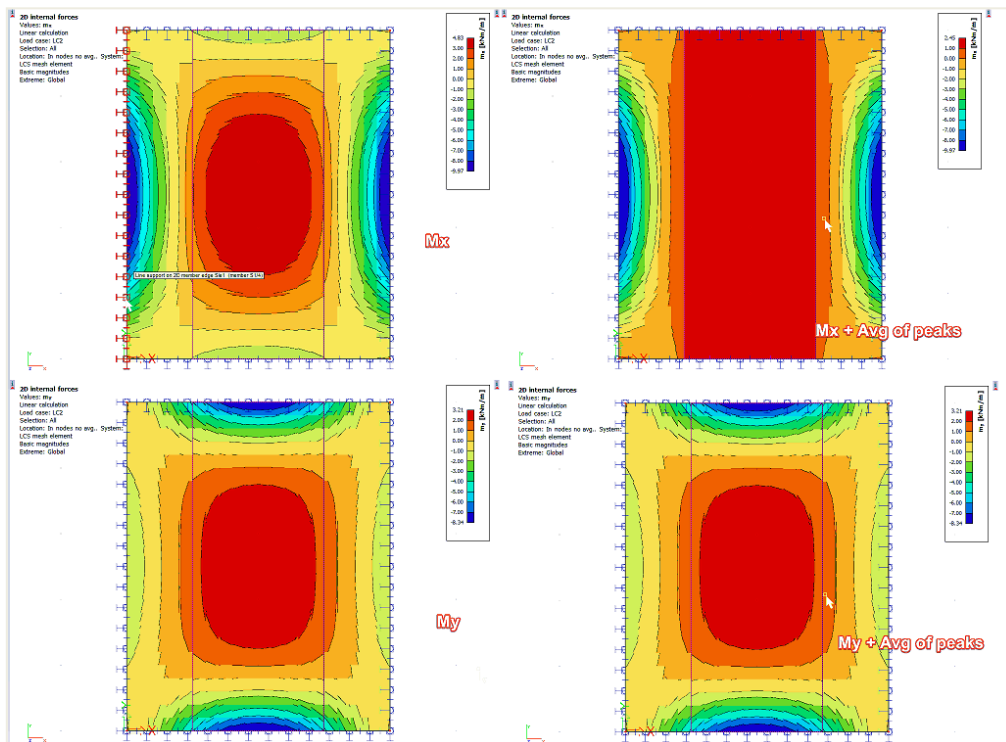
- podélný
- kolmý
- oba
- žádný.

1) Směr = podélný



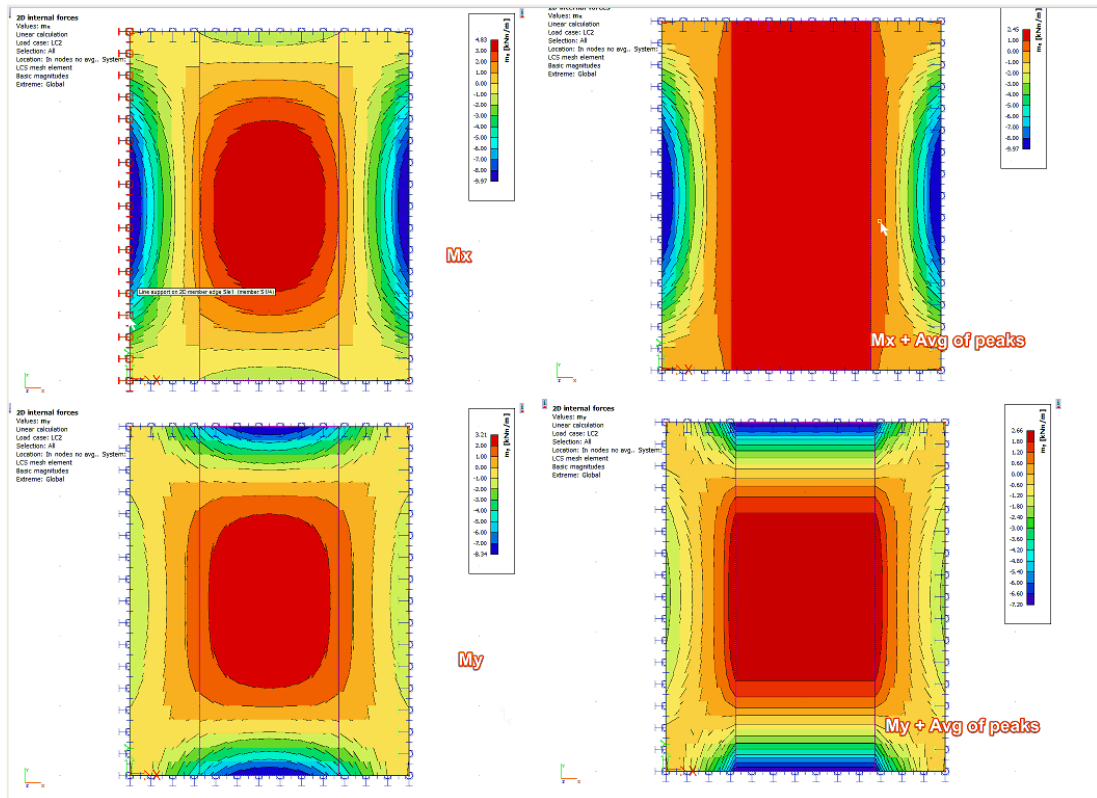
Podélný směr znamená, že průměrování je prováděno podél definovaného pásu. Můžeme si představit, že pás představuje prut a my chceme program k vyrovnání rozdělení výsledků podél prutu. Ne výše uvedeném příkladu je to podélný směr = směr y. To znamená, že průměrování se provádí pro ohybové momenty m_y . Hodnoty m_y se průměrují ve směru x.

2) Směr = kolmý



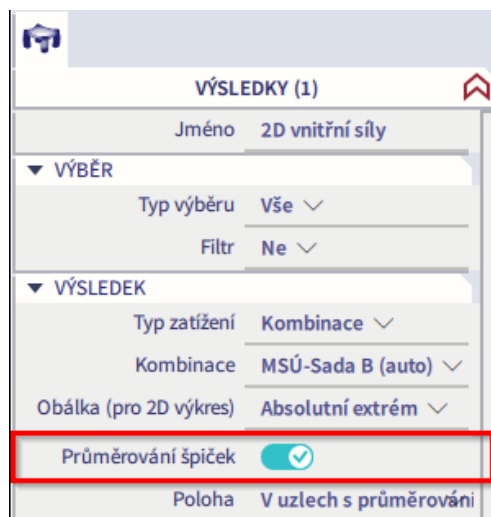
Kolmý směr znamená, že průměrování je prováděno ve směru, který je kolmý k délce pásu. Ve výše uvedeném příkladu je to směr x. To znamená, že průměrování se provádí pro m_x . Hodnoty m_x se průměrují ve směru y. Tato možnost je jen pro zvláštní účely.

3) Směr = oba



Směr “Oba” znamená, že průměrování je prováděno v obou směrech. To znamená, že hodnoty jsou zprůměrovány pro m_x i m_y ve směru kolmém na m_x a m_y . Také tato možnost je pro zvláštní účely, jako např. hlavice sloupů.

Pro aktivaci průměrovacího pásu je potřeba v panelu vlastností výsledků aktivovat volbu “Průměrování špiček”:



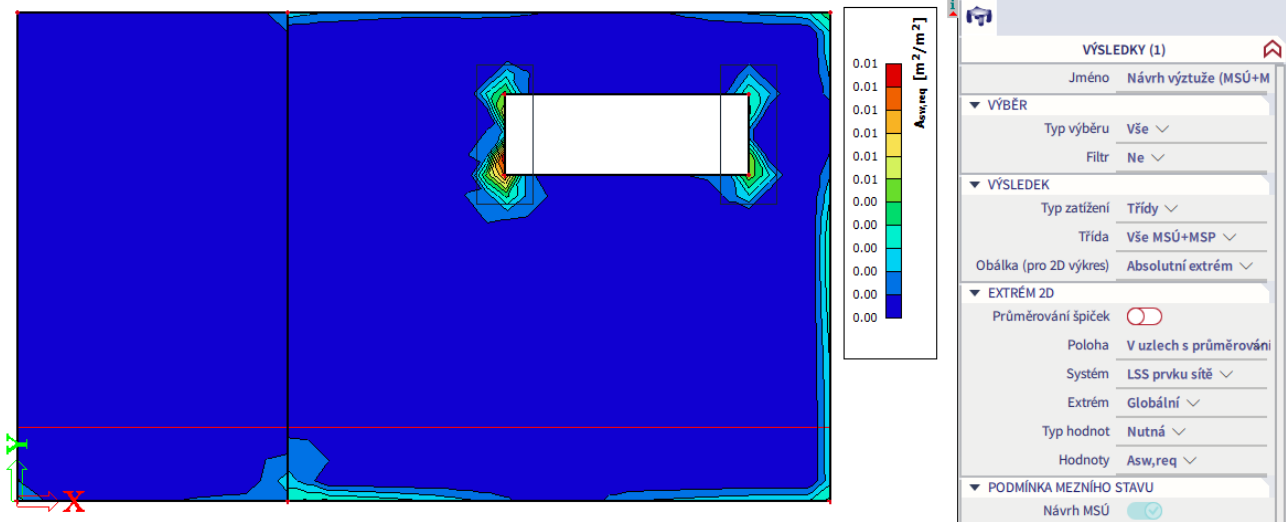
V případě, že by tato volba nebyla aktivována, tak průměrovací pásy, zadané na konstrukci, nemají na výsledky žádný vliv tzn. k průměrování výsledků nedochází.

4) Směr = žádný

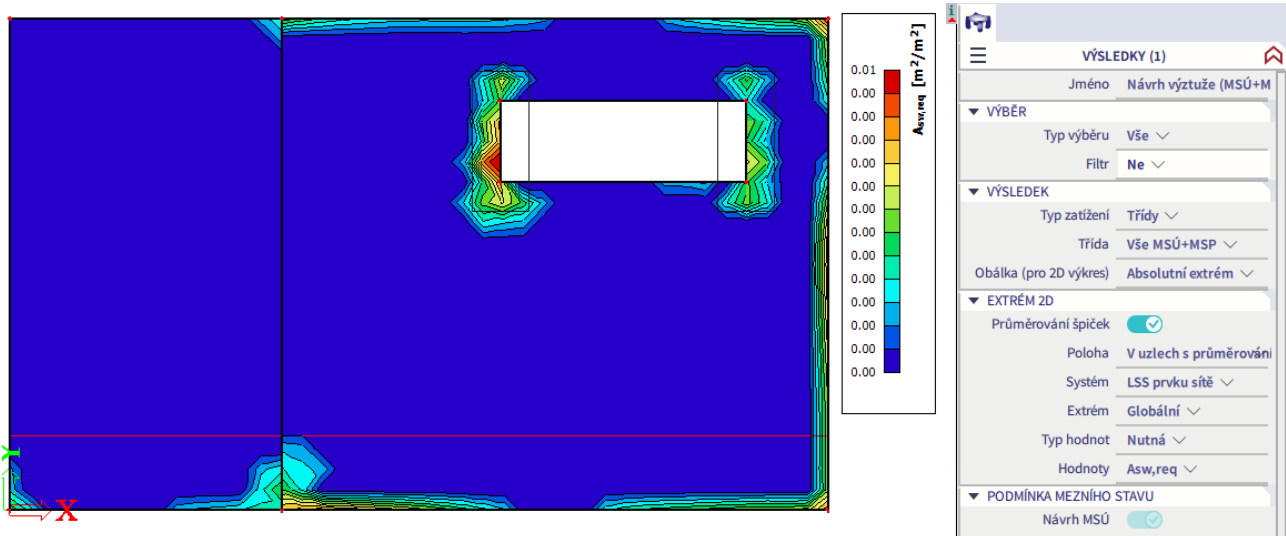
Není prováděno žádné zprůměrování. Tato možnost může být užitečná jestliže jeden (nebo několik) definovaných pásů má být dočasně ignorováno zatímco ostatní pásy jsou stále potřebné k použití.

Pro ukázkou jsou použity průměrovací pásy v modelu **Deska XY_C25_30.esa** z kapitoly „2D betonové prvky“, pro hodnotu $A_{sw,req}$. Pro příklad jsou zadány dva průměrovací pásy kolem otvoru. Šířka průměrovacích pásů je 0,70 m, délka 1,70 m a směr průměrování výsledků = oba.

$A_{sw,req}$ bez průměrování špiček

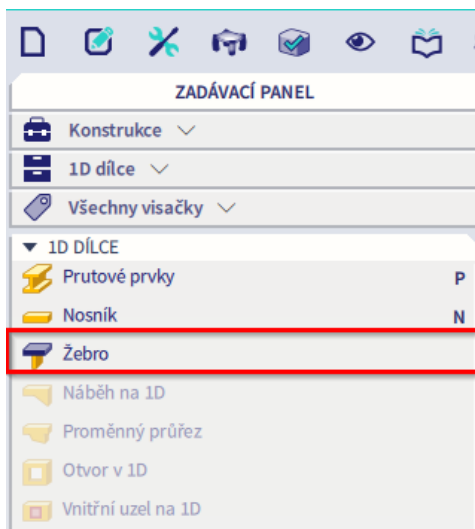


$A_{sw,req}$ s průměrováním špiček

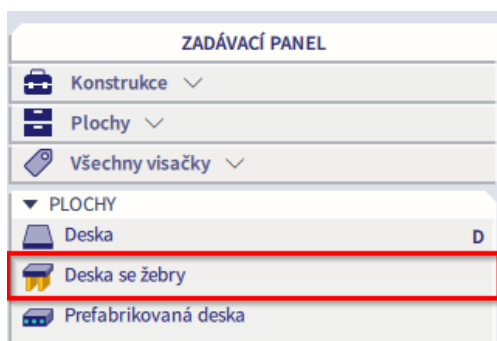


1.13. Žebro

Žebro je možné na desku zadat pomocí funkce Žebro, která je dostupná v Zadávacím panelu → pracoviště Konstrukce → 1D dílce:



Další možností je zadat Desku se žebry, která je dostupná v Zadávacím panelu → pracoviště Konstrukce → Plochy:



1.13.1. Výsledky pro žebro

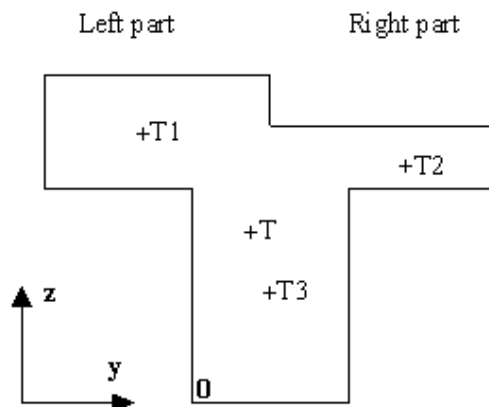
Po přidání žebra do modelu je ve panelu vlastností u výsledků 1D a 2D prvků k dispozici volba "Žebro". Tato volba má vliv na to, jaké výsledky se zobrazí.

	Žebro je aktivováno	Žebro není aktivováno
1D-výsledky		
2D-výsledky		

Vztah mezi vnitřními silami vypočtenými pro celý průřez T a pro nosník a desku zvlášť

Při výpočtu vnitřních sil v žeburu se pro výpočet použije náhradní T-průřez. Stojina tohoto T-průřezu je tvořena samotným nosníkem typu "žebro desky", pásnice T-průřezu je tvořena efektivní šířkou desky. Efektivní šířka desky je tedy použita k určení vnitřních sil od desky, které musí být přidány k vnitřním silám počítaných v samotném žeburu. Před integrací vnitřních sil jsou vnitřní síly v desce převedeny do lokálního souřadného systému žebra.

T	těžiště celého náhradního T-průřezu
T1	těžiště levé části efektivní šířky
T2	těžiště pravé části efektivní šířky
T3	těžiště původního žebra



Osy těžiště jsou použity k určení ramene síly ve směru Y a Z:

Rameno síly Z1 = T1z - Tz	Rameno síly Y1 = T1y - Ty
Rameno síly Z2 = T2z - Tz	Rameno síly Y2 = T2y - Ty
Rameno síly Z3 = T3z - Tz	Rameno síly Y3 = T3y - Ty
Rameno síly Z = Tz - 0z	Rameno síly Y = Ty - 0y

Celkové vnitřní síly v žeburu mohou být počítány podle vzorců:

$$N = N \text{ prutu} + N \text{ desky, zleva} + N \text{ desky, zprava}$$

$$V_y = V_y \text{ prutu} + V_y \text{ desky, zleva} + V_y \text{ desky, zprava}$$

$$V_z = V_z \text{ prutu} + V_z \text{ desky, zleva} + V_z \text{ desky, zprava}$$

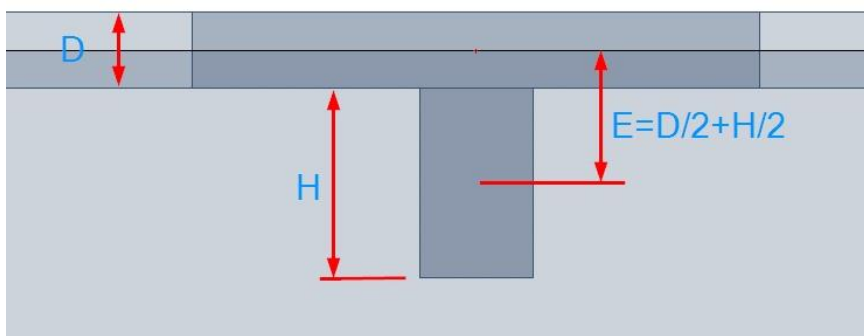
$$M_x = M_x \text{ prutu} + M_x \text{ desky, zleva} + M_x \text{ desky, zprava}$$

$$M_y = M_y \text{ prutu} + M_y \text{ desky, zleva} + M_y \text{ desky, zprava} + N \text{ desky, zleva} * (\text{Rameno síly Z1}) - N \text{ desky, zprava} * (\text{Rameno síly Z2}) + N \text{ prutu} * (\text{Rameno síly Z3});$$

$$M_z = M_z \text{ prutu} + M_z \text{ desky, zleva} + M_z \text{ desky, zprava} + N \text{ desky, zleva} * (\text{Rameno síly Y1}) - N \text{ desky, zprava} * (\text{Rameno síly Y2}) + N \text{ prutu} * (\text{Rameno síly Y3});$$

Proč se v žeburu vyskytuje osová síla?

SCIA Engineer integruje žebra jako nosníky excentricky připojené k desce. Excentricita se spočte z poloviny tloušťky desky a poloviny výšky průřezu nosníku.

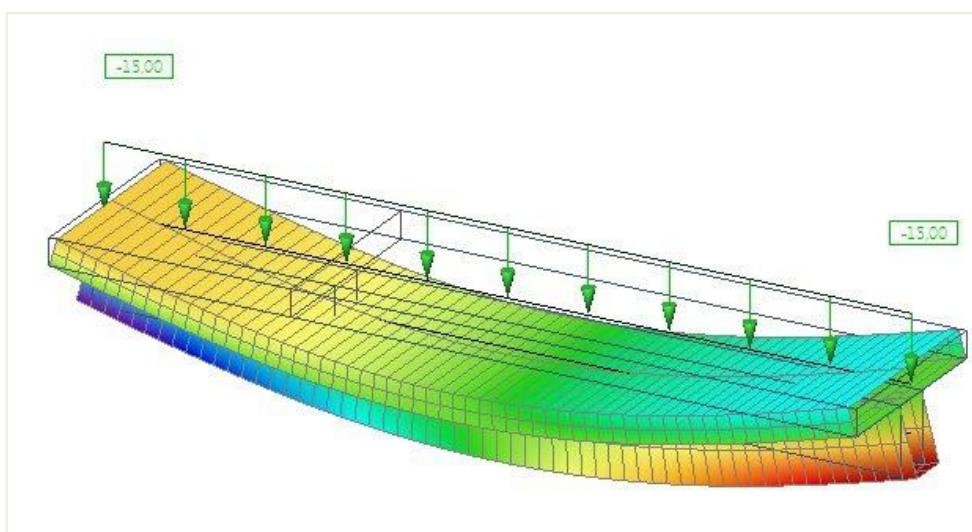
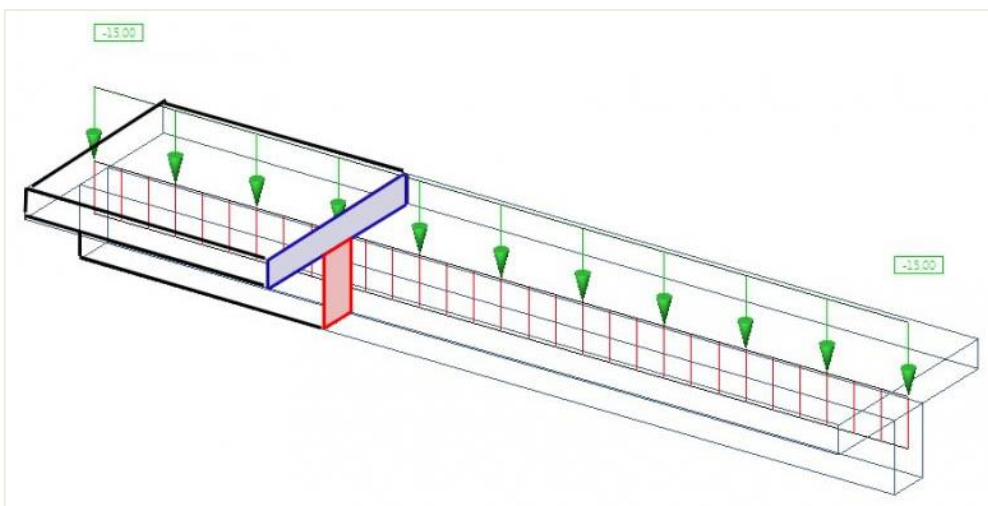


Při zadávání průřezu nosníku se výška průřezu definuje jako vzdálenost mezi spodní hranou desky a spodním okrajem nosníku. Na obrázku je výška označena jako „H“.

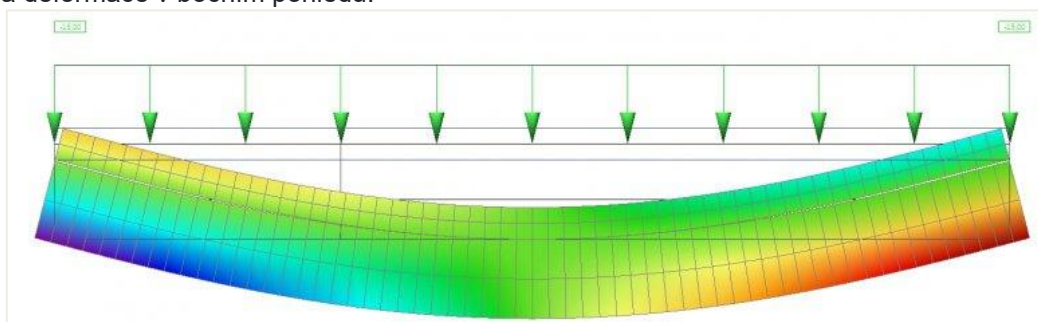
V důsledku posunu neutrální osy se vnitřní síly v celém systému mění. V jednoduchém systému zatíženém pouze ohybovým momentem získáme konstrukci s vnitřním ohybovým momentem i osovou silou.

Nosník je obvykle pod deskou a tak v desce vzniká tlak a v nosníku tah.

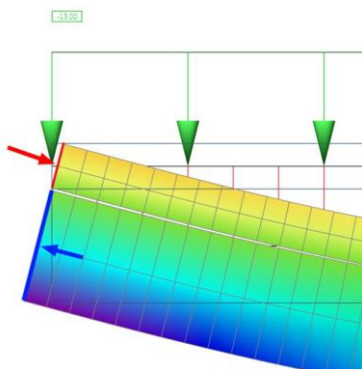
Excentricky připojený nosník způsobuje v desce osovou sílu. To pramení z deformace celého systému deska + nosník. Obrázek ukazuje vodorovnou deformaci „u_x“, pomocí které chování systému ukážeme graficky. Systém se skládá ze dvou nosníků obdélníkového průřezu spojeného tuhými rameny. Podpora se může vodorovně volně pohybovat.



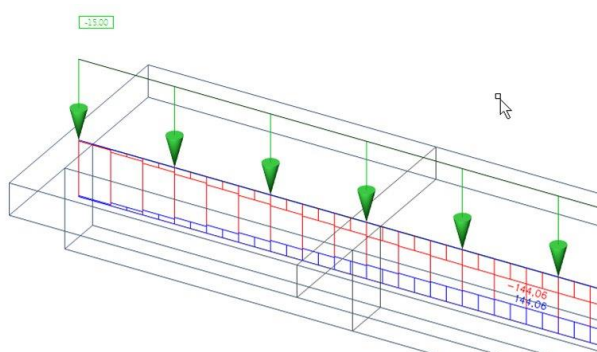
Vodorovná deformace v bočním pohledu:



Podíváme-li se na začátek nosníku, vidíme v desce tlak a v nosníku tah:



Celá soustava musí být samozřejmě v rovnováze a celková osová síla rovná součtu osových sil v desce a v nosníku musí být nulová.

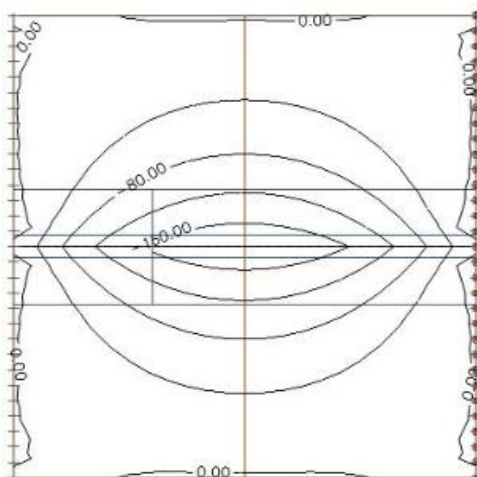


V našem modelu máme pouze jeden nosník a všechny vnitřní síly z horní části jsou integrovány v osově síle žebra. V praxi to znamená, že spolupůsobící šířka desky je menší než celková šířka desky. Pouze výjimečně jsou žebra umístěna tak, že mezi spolupůsobícími šířkami není žádná mezera a všechny vnitřní síly v desce se sečtou do žebra. K tomu dojde, pokud je vzdálenost mezi žebry menší nebo rovna spolupůsobící šířce desky stanovené podle národní normy.

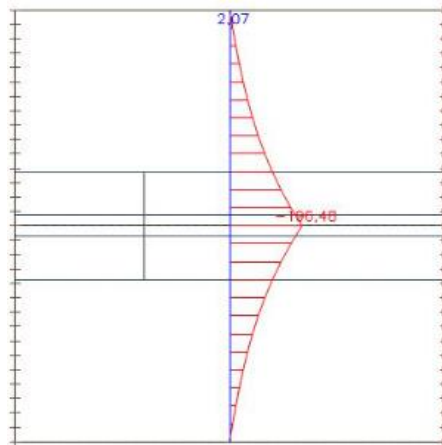
Chování žebra v široké desce

Nyní se můžeme podívat na systém, kde je šířka desky větší než spolupůsobící šířka desky. Musí být splněna podmínka rovnováhy. Pokud zintegrujeme všechny osově síly v celé desce a v nosníku, dostaneme samozřejmě nulový výsledek.

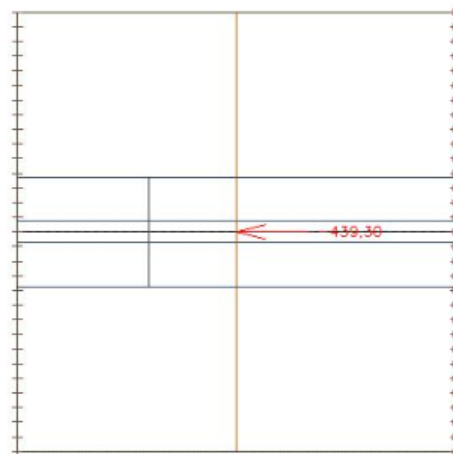
Rozložení osově síly v desce je nezávislé na definované efektivní šířce desky. Na tvaru rozložení vnitřních sil se podílí pouze tuhost desky a nosníku.



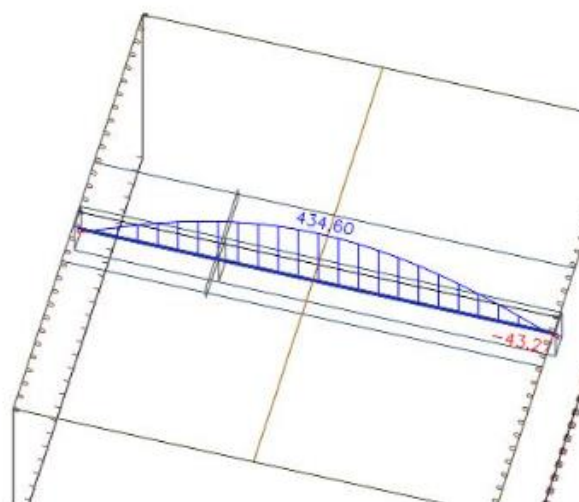
Toto je řez středem desky, který ukazuje rozložení osově síly:



Osovou silou v řezu můžeme integrovat na celou šířku desky. Dostaneme 439 kN:



V porovnání s osovou silou v nosníku, která je 435 kN. Vidíme, že celá soustava je v rovnováze. Malý rozdíl je způsoben zvolenou velikostí konečných prvků sítě.

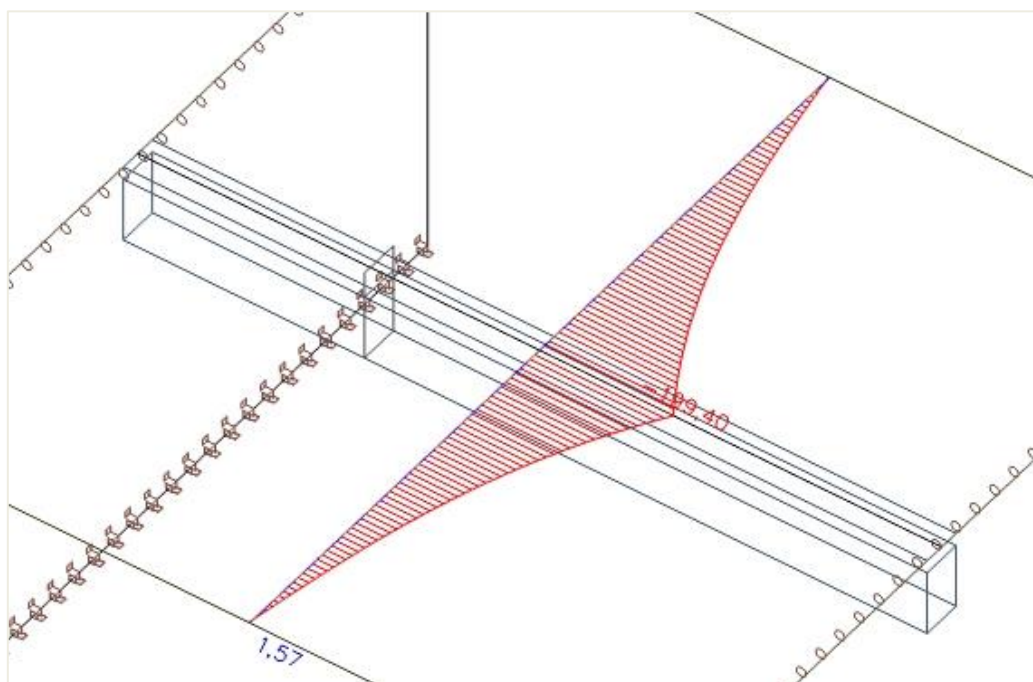


Porovnání různých efektivních šířek

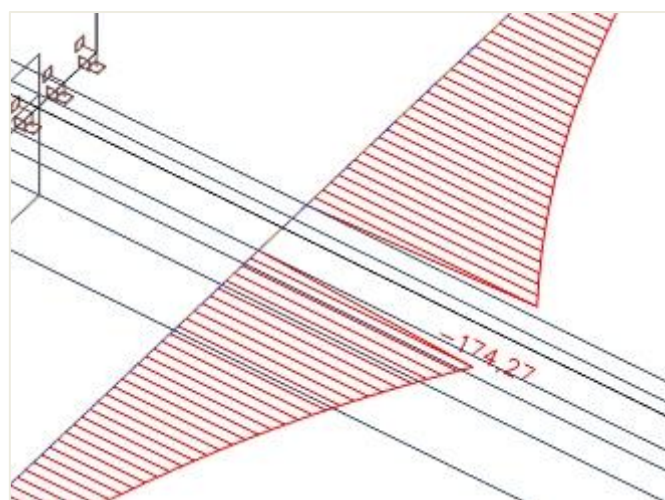
Pokud však zvětšíme spolupůsobící (efektivní) šířku desky na celou šířku desky, zanedbáme průběh vnitřních sil v desce a koncentraci nad nosníkem. (Ve skutečnosti existují dvě limitní hodnoty: minimální spolupůsobící šířka rovná šířce nosníku a maximální spolupůsobící šířka rovná šířce celé desky.)

Vnitřní síly v desce jsou z desky vyjmuty a jsou integrovány do virtuálního T-průřezu. Tento virtuální průřez je složen ze spolupůsobící šířky desky a nosníku.

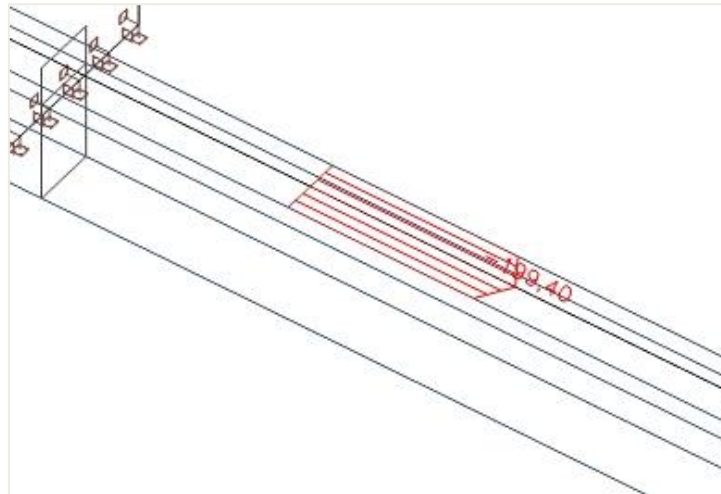
Průběh osově síly v desce. Vidíme, že průběh je shodný s výše uvedeným obrázkem, kde byla spolupůsobící šířka stanovena podle normy.



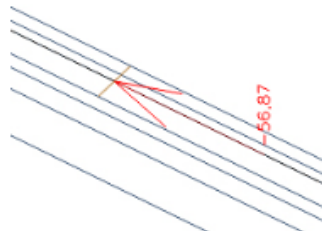
Na obrázku vidíme osovou sílu poté, co byla spolupůsobící šířka desky vyjmuta z desky. Ve SCIA Engineeru tohoto efektu dosáhneme zaškrtnutím volby „žebro“ v dialogu výsledků.



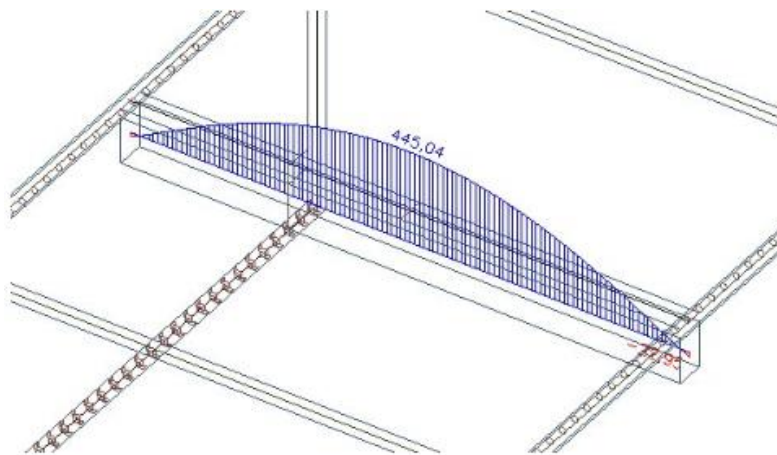
Osově síly uvnitř spolupůsobící šířky desky můžeme zintegrovat.



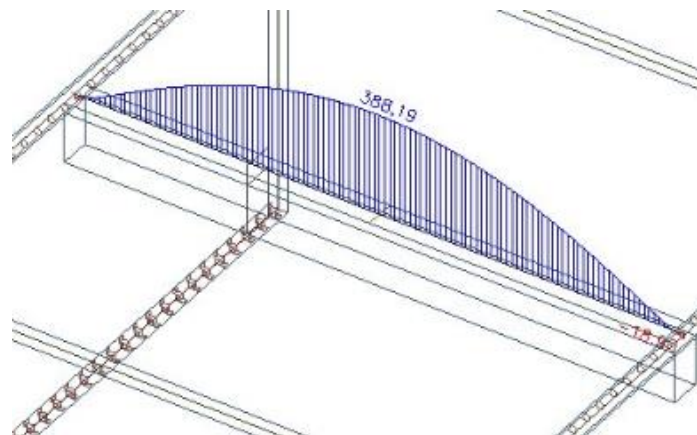
Dostaneme osovou sílu v desce rovnou 56 kN. Celková osová síla v desce je 435 kN. V části mimo spolupůsobící šířku proto máme osovou sílu $435 - 56 = 379$ kN.



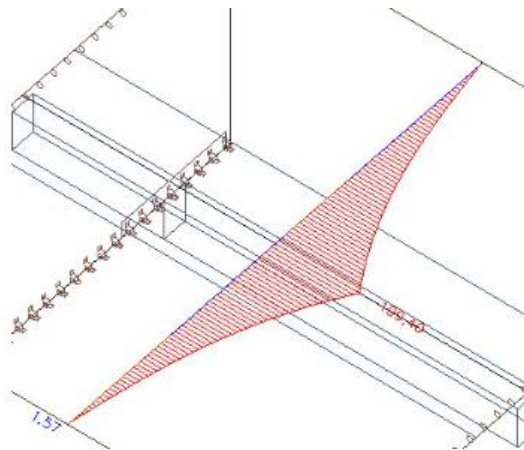
V nosníku máme stále 445 kN. (Rozdíl na předchozím obrázku pramení ze změny velikosti 2D konečných prvků).



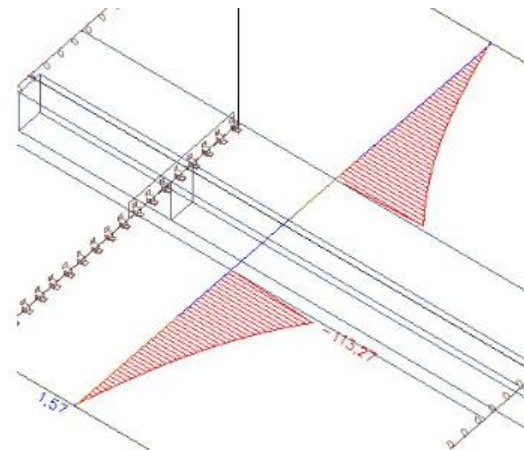
Pokud sečteme integrované osové síly v desce a v nosníku, musíme dostat $445 - 57 = 388$ kN.



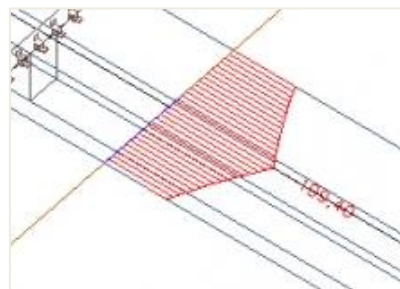
Podívejme se, k čemu dojde, pokud spolupůsobící šířku změňme na 1 500 mm. Použijeme vzorec: $2 * (0,1 * L) + b_w = 2*0,6+0,3$.



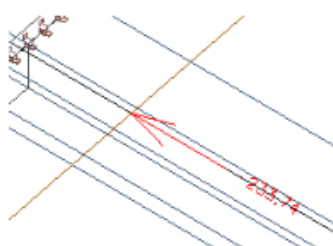
Jak můžeme vidět, osová síla v desce je stále stejná. A také musí být, protože spolupůsobící šířka desky nemá na průběh vnitřních sil při výpočtu metodou konečných prvků žádný vliv. Vliv má pouze po výpočtu na rozdělení sil mezi desku a virtuální T-průřez. Plocha spolupůsobící šířky desky bude z desky odstraněna a sílu zintegrujeme do T-průřezu. Vnitřní síly mimo desku zůstanou v desce.



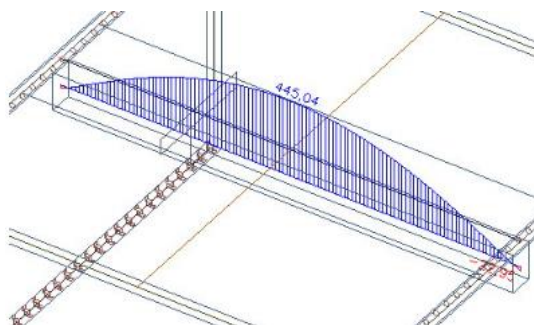
Tyto vnitřní síly budou přesunuty do T-průřezu.



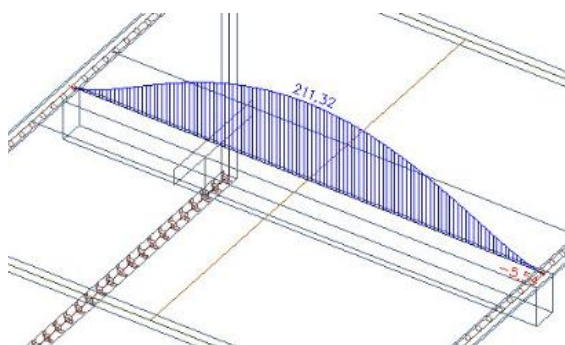
Pokud zintegrujeme osovou sílu, dostaneme 234 kN.



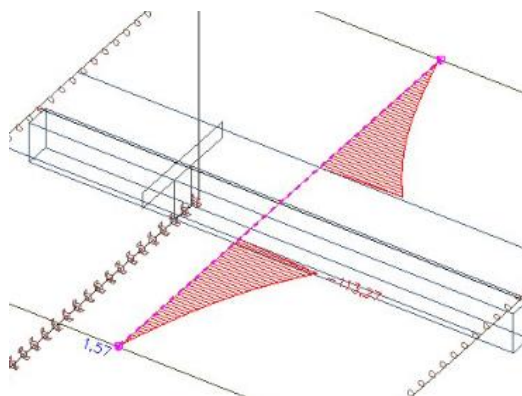
V obdélníkovém průřezu pod deskou dostaneme původních 445 kN.



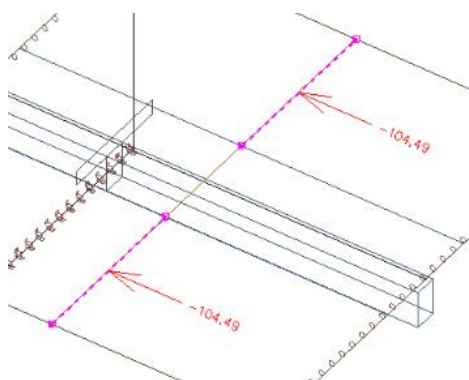
Pokud tuto osovou sílu v nosníku zmenšíme o 234 kN, což je součet osových sil od spolupůsobící šířky desky, zůstane 211 kN.



Osová síla mimo spolupůsobící šířku desky zůstane v desce.



Pokud zintegrujeme síly (zleva doprava) mimo spolupůsobící šířku, dostaneme osovou sílu 210 kN, což je v rovnováze s tahem v žebře jakožto T-průřezem.



1.13.2. Tuhost žebra při výpočtu normově závislého průhybu (NZP)

Výpočet tuhosti žebra závisí na aktivování tlačítka „**Žebro**“ v panelu vlastností posudku NZP.

✚ **Žebro není aktivováno**

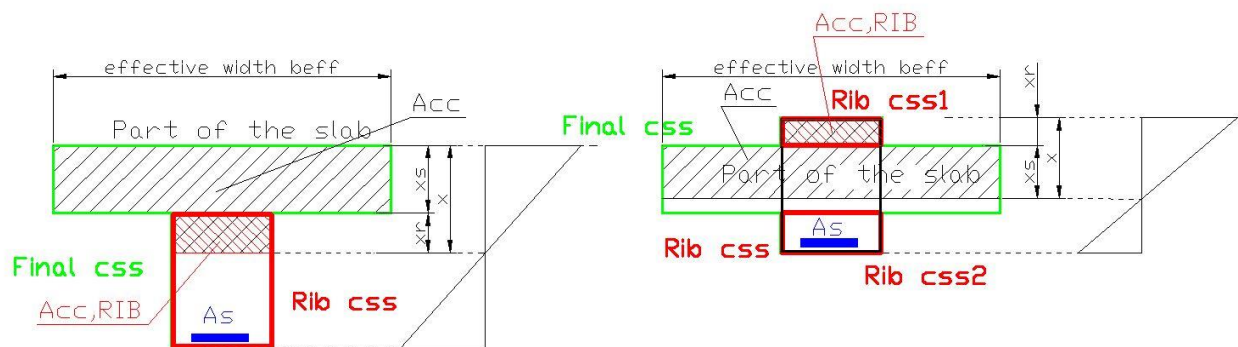
1) Tuhost nosníku a desky se vypočítá zvlášť:

- Tuhost nosníku (typ žebro desky) se počítá pouze pro průřez, který je definován ve vlastnostech žebra. Tuhost je toho prvku je počítána pro vnitřní síly bez zohlednění vnitřní sil ze spolupůsobící šířky desky (ve výsledcích není aktivováno tlačítko “žebro”).
- Tuhost desky se počítá standardním způsobem viz help – [zde](#).

2) Pokud je v části desky 1D výztuž, tak se při výpočtu tuhosti desky nebere v úvahu.

✚ **Žebro je aktivováno**

- 1) Rovnováha (deformace, napětí, výška tlačené oblasti...) pro konečný průřez (průřez žebra + efektivní šířka desky) se počítá pro každou nebezpečnou kombinaci a pro všechny typy tuhosti.
- 2) Tuhost žebra (1D prutu) se vypočítá pouze pro průřez žebra se zohledněním výšky tlačené oblasti od rovnováhy na celém (konečném) průřezu. Tuhost se vypočítá k těžišti transformovaného konečného průřezu viz help [zde](#).



3) Tuhost 2D prvku mimo efektivní šířku se vypočítá standardním postupem. Tuhost 2D prvku uvnitř efektivní šířky se počítá ve dvou směrech: ve směru žebra (α_{rib}) a ve směru kolmém k žebro ($\alpha_{rib} + 90$).

4) Tuhost kolmo k žebro se vypočítá standardním postupem.

5) Tuhost ve směru žebra se vypočítá podle následujícího postupu:

- 1D výztuž, která je navržena nebo zadaná v části desky konečného průřezu, je brána v úvahu pro výpočet tuhosti 2D prvku. Tato výztuž je převedena na 2D výztuž a přidána se ke standardní 2D výztuži.
- Tuhosti na nepotrhaném průřezu ($EA_{I,I}$, $Ely_{,I}$, $Elz_{,I}$) jsou vypočteny pro celou tloušťku 2D prvku se standardní 2D výztuží (nutná/předpokládaná/uživatelská) a s transformovanou výztuží z nosníku (žebra desky). Tuhost je vypočtena k těžišti transformovaného nepotrhaného průřezu.
- Tuhosti potrhaného průřezu se vypočítají v případě, že je splněna podmínka $\sigma_{ct} \leq \sigma_{cr}$. Tuhosti (EA_{II} , $Ely_{,II}$, $Elz_{,II}$) jsou vypočteny s ohledem na parametry z výpočtu nosníku (žebra desky), který je nejbližší těžišti 2D prvku. Výška tlačené oblasti se vypočítá podle vzorce:

$$x_s = \frac{A_{cc} - A_{cc,Rib}}{b_{eff}}$$

kde :

A_{cc} – plocha tlačené oblasti celého průřezu porušeného trhlinami viz obrázek výše

$A_{cc,RIB}$ – plocha tlačené oblasti části průřezu (průřez žebra) porušeného trhlinami viz obrázek výše

b_{eff} – efektivní šířka desky

σ_{ct} - je maximální pevnost v tahu vypočtená pro konečný průřez (průřez žebra + část desky) a pro charakteristickou kombinaci

Tuhost je vypočítána k transformovanému těžišti potrhaného průřezu.

- Průměrná tuhost se vypočítá z tuhosti průřezu neporušeného trhlinami a tuhosti průřezu porušeného trhlinami pomocí rozdělovacího součinitele, který se vypočítá z napětí vypočtených pro celý průřez 1D prvku, který je nejbližže těžišti 2D prvku.

ohybová tuhost kolem osy y (EI_y) = $1/[\zeta/(EI_y)_{II} + (1-\zeta)/(EI_y)_I]$

ohybová tuhost kolem osy z (EI_z) = $1/[\zeta/(EI_z)_{II} + (1-\zeta)/(EI_z)_I]$

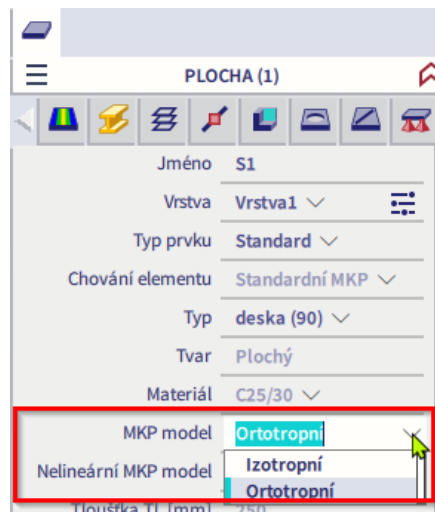
osová tuhost (EA) = $1/[\zeta/(EA)_{II} + (1-\zeta)/(EA)_I]$

1.14. Ortotropie

V praxi se můžete setkat se situací, kdy je třeba desku (či stěnu) navrhnout s různými charakteristikami (tuhostmi) v podélném a příčném směru. Rozdílné chování v jednotlivých směrech může vyplývat z geometrie (např. deska s žebry) nebo z fyzikálních předpokladů pro danou situaci, např. při stanovení deformací desky s trhlinami nebo pro vyloučení ztužujícího efektu v horizontálním směru u svislých prvků (např. zděná stěna).

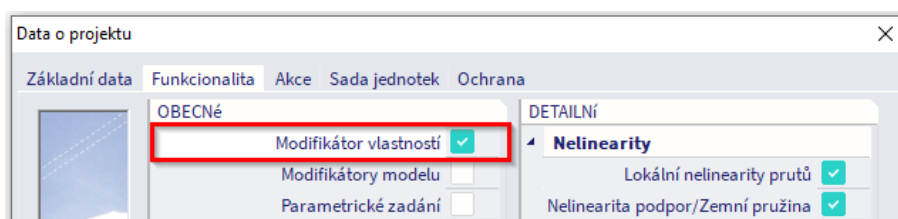
Kdykoli potřebujete konečně-prvkový model takovýmto způsobem upravit, můžete ve SCIA Engineer použít ortotropní vlastnosti. Ortotropii lze ve SCIA Engineer zavést dvěma způsoby:

1. Ortotropie jako vlastnost 2D dílce

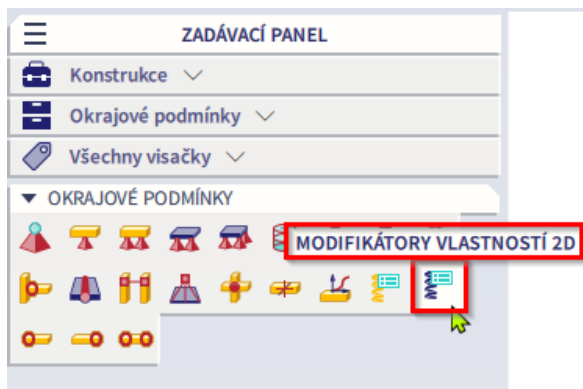


2. Modifikátor vlastností

Modifikátory vlastností zapnete v Datech o projektu na záložce Funkcionalita:



Poté se v Zadávacím panelu (kategorie “Okrajové podmínky”) objeví nové funkce pro modifikace vlastností 1D a 2D prvků:



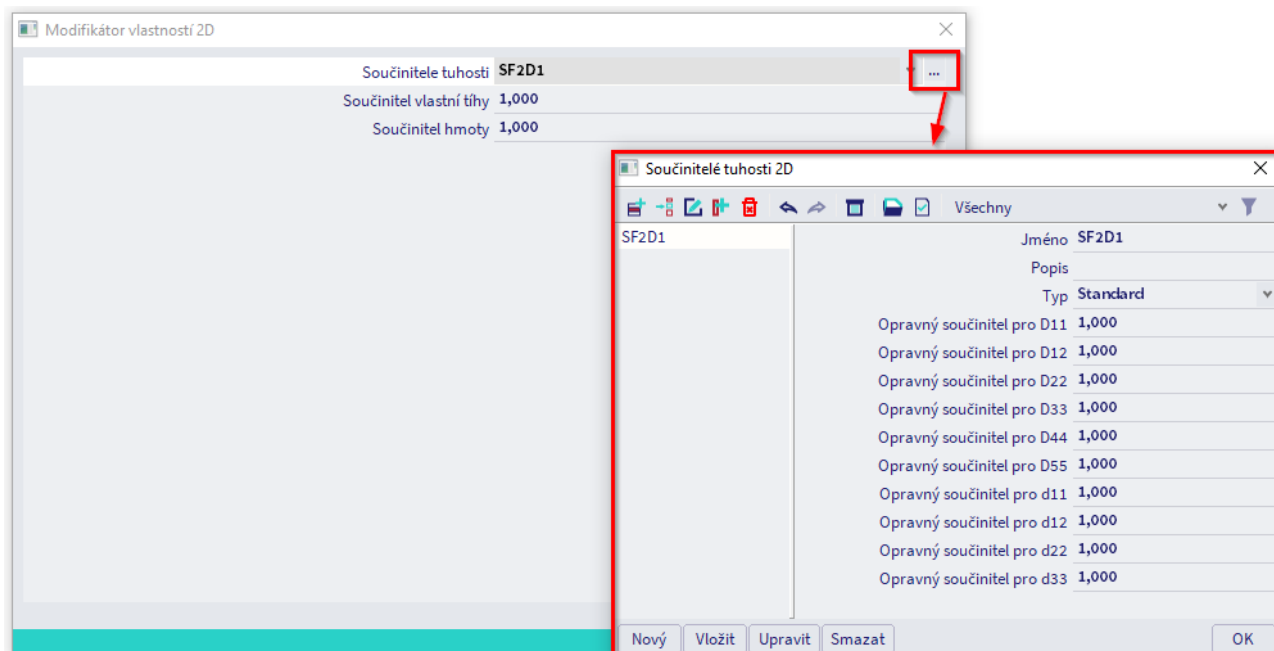
Rozdíl je v datech, která je třeba definovat. V případě **ortotropie** se tuhost definuje přímo, zatímco u **modifikátoru vlastností** se zadává součinitel, kterým se izotropní tuhost násobí.

Modifikátor vlastností je flexibilnější, protože nezávisí přímo na vlastnostech modifikované části. Pokud potřebujete zadat jednoose namáhanou desku, pak použijete stejnou hodnotu modifikátoru pro desku tlustou 20 cm i 30 cm. Při použití ortotropních vlastností musíte zadat samostatně vlastnosti pro každou z desek (20 i 30 cm).

Na druhou stranu, i **ortotropie** má své výhody. Lze ji parametrizovat a program také nabízí několik generátorů, které Vám pomohou s jejím zadáním.

Je však důležité porozumět jednotlivým parametrům ortotropie (viz doporučené další materiály uvedené na konci článku). Tuhost se definuje parametry, jejichž označení začíná písmenem „D“ nebo „d“.

Modifikátory vlastností pro 2D prvky – dialog zadání:



Parametry „D“ reprezentují deskové tuhosti. Parametry „d“ reprezentují membránové tuhosti.

Směr je odvozen ze směru lokálního souřadného systému.

D11: Ohybová tuhost ve směru x
 D22: Ohybová tuhost ve směru y
 D12: Kontrakční tuhost

D33: Torzní tuhost

D44: Smyková tuhost ve směru x

D55: Smyková tuhost ve směru y

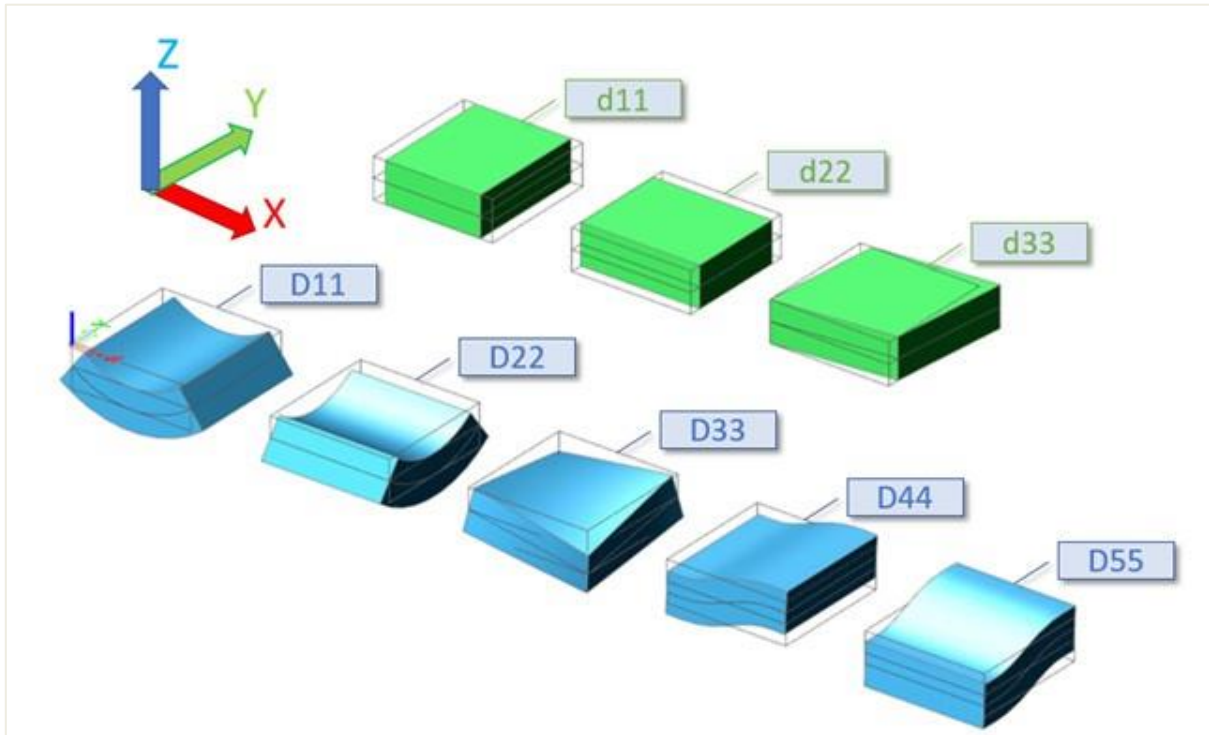
d11: Normálová membránová tuhost ve směru x

d22: Normálová membránová tuhost ve směru y

d12: Smíšená tuhost "d11" a "d22"

d33: Smyková tuhost

$$\begin{bmatrix} M_x \\ M_y \\ M_{xy} \\ T_x \\ T_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & 0 & & \\ D_{21} & D_{22} & 0 & & \\ 0 & 0 & D_{33} & & \\ & & & D_{44} & 0 \\ & & & 0 & D_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_{xx} \\ w_{yy} \\ 2w_{xy} \\ w_x + \varphi_y \\ w_y - \varphi \end{bmatrix}$$



V případě jednoduché izotropní desky jsou tuhosti vyjádřeny následujícími rovnicemi:

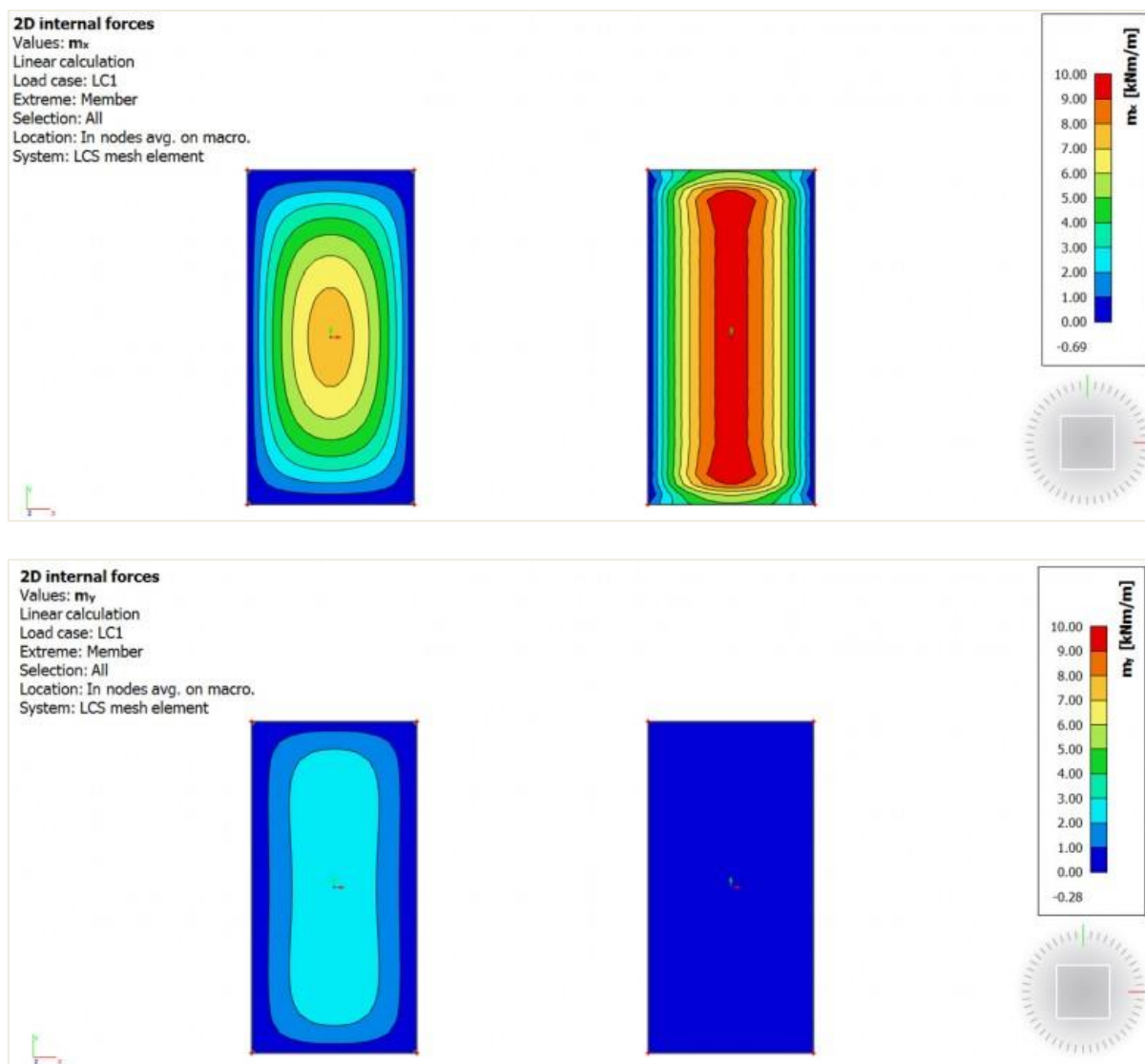
Deskové tuhosti	Membránové tuhosti
$D_{11} = D_{22} = \frac{E \cdot h^3}{12(1 - \nu^2)}$	$d_{11} = d_{22} = \frac{E \cdot h}{1 - \nu^2}$
$D_{12} = \nu \cdot \sqrt{D_{11} \cdot D_{22}}$	$d_{12} = \nu \cdot \sqrt{d_{11} \cdot d_{22}}$
$D_{33} = G \cdot \frac{h^3}{12}$	$d_{33} = \frac{1}{2} \cdot (1 - \nu) \cdot \sqrt{d_{11} \cdot d_{22}}$
$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}$	
$D_{44} = D_{55} = G \cdot h$	

✚ **Jak modelovat jednosměrnou desku ve SCIA Engineer**

Jednosměrná deska je deska, která nese zatížení hlavně v jednom směru. Může to být deska nesená pouze na dvou okrajích nebo deska nesená na čtyřech okrajích, u nichž je větší délka rozpětí L_y alespoň dvakrát menší než rozpětí L_x . Konstrukce jednosměrné desky povede k vyztužení hlavně ve směru uložení.

Deska podepřená na jejích čtyřech okrajích, bude v programu SCIA Engineer ve výchozím nastavení uvažována za obousměrnou desku. Protože neexistuje žádný předdefinovaný hlavní směr pro roznos zatížení, bude uvažována ohybová tuhost v obou směrech x i y . Ve SCIA Engineer může uživatel snadno definovat jednosměrnou desku.

Na obrázku níže jsou zobrazeny ohybové momenty m_x a m_y . Vlevo je obousměrná, vpravo je jednosměrná deska.

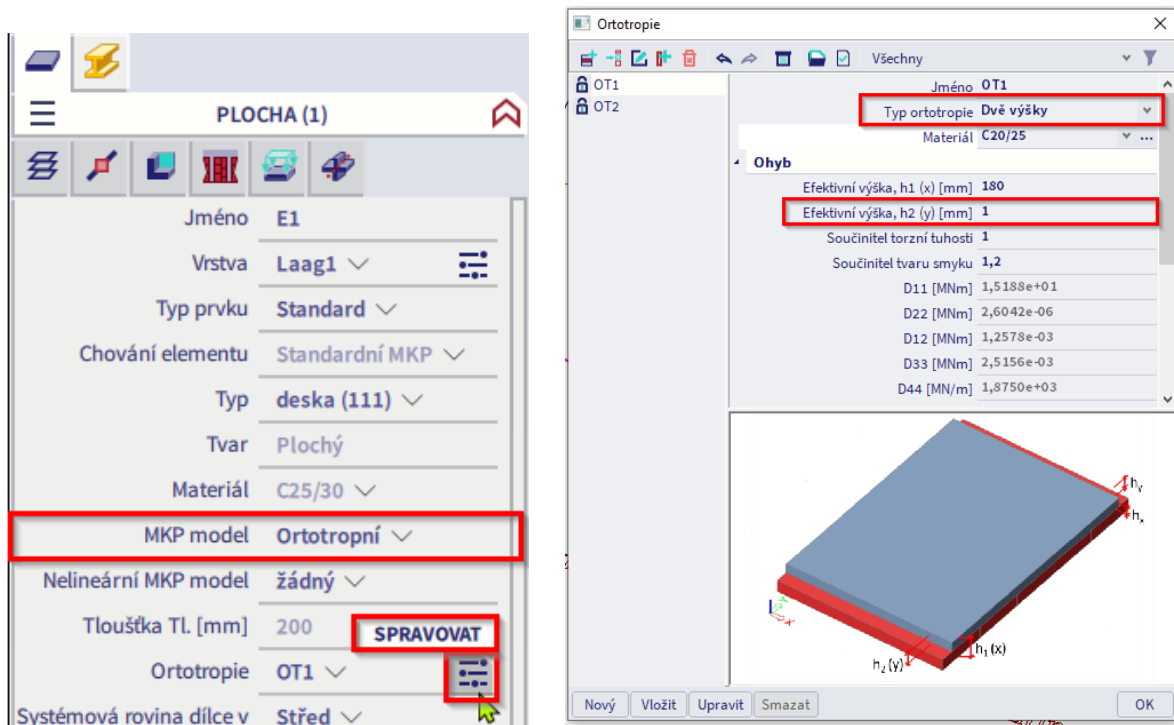


Ve SCIA Engineer lze zadat jednosměrnou desku pomocí vlastností ortotropie. K dispozici jsou dva typy a jsou vysvětleny níže.

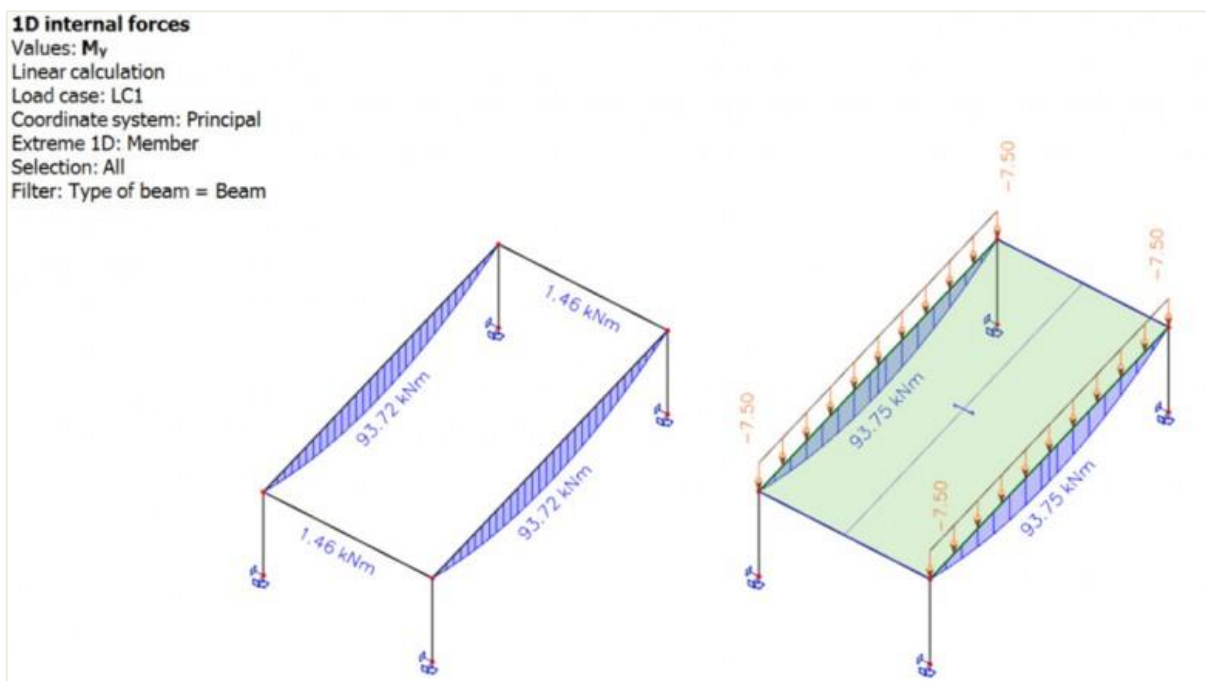
✚ **Jednosměrná deska modelovaná typem ortotropie “dvě výšky”**

Typ ortotropie “dvě výšky” je vysvětlen na modelu desky, která je nesená trámy a sloupy. Pro definování ortotropního chování je nutné ve vlastnostech desky změnit MKP model na “Ortotropní”. Poté se v panelu vlastností objeví nová položka “Ortotropie” OT1, kterou je možné editovat přes tlačítko “Spravovat”. Pro příklad je vybrán typ ortotropie *Dvě výšky*.

Vstupními daty jsou tloušťka desky pro výpočet ohybové tuhosti ve směru x , h_1 , a ve směru y , h_2 . Pro desku nesenou převážně ve směru x (v příkladu směr menšího rozpětí desky) by se h_1 mělo udržovat stejné jako skutečná tloušťka desky (180 mm) a h_2 (tloušťka ve směru y) by se měla být redukována.



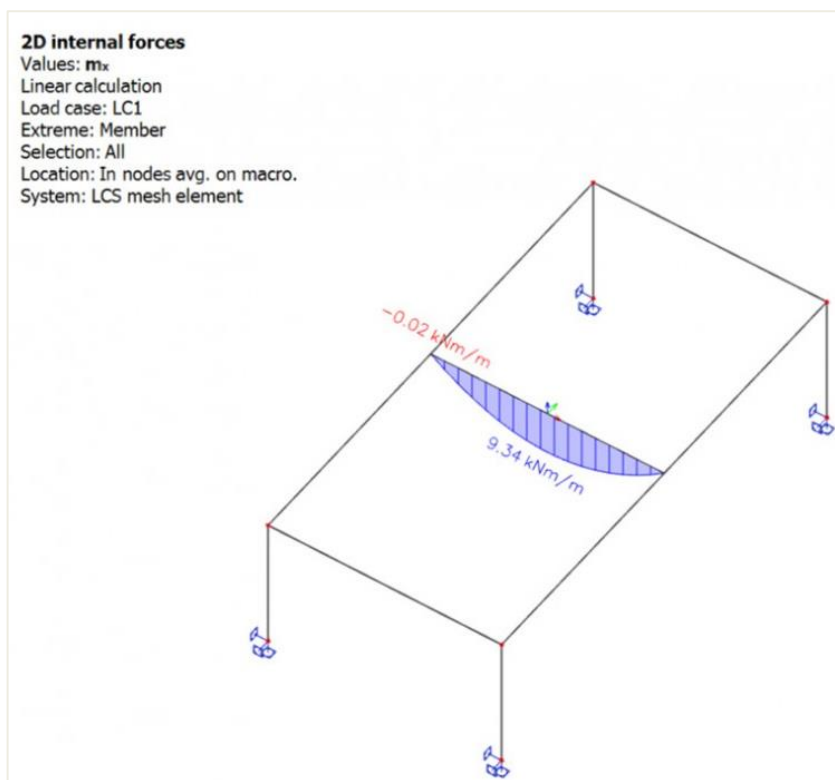
Neexistuje žádné zvláštní pravidlo týkající se hodnoty h_2 . Při menších hodnotách h_2 se výsledky blíží následujícímu rozložení zatížení (vlevo – jednosměrně působící deska, vpravo - jednosměrný zatěžovací panel):



Výsledný moment m_x v desce se pak blíží prostě podepřenému nosníku o šířce 1 m:

$$m_x = \frac{q * L_x^2}{8} = \frac{3 * 5^2}{8} = 9,4 \text{ kNm/ml}$$

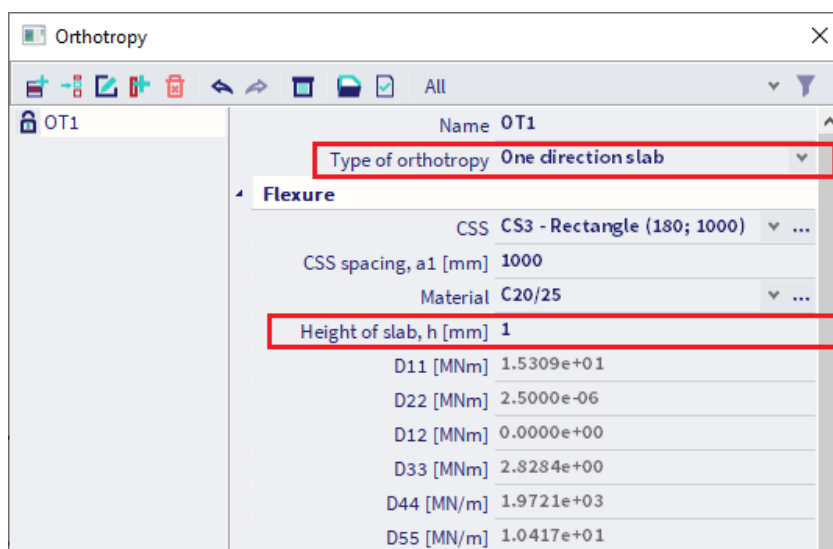
Ohybový moment m_x v jednosměrně působící desce vypadá následovně:



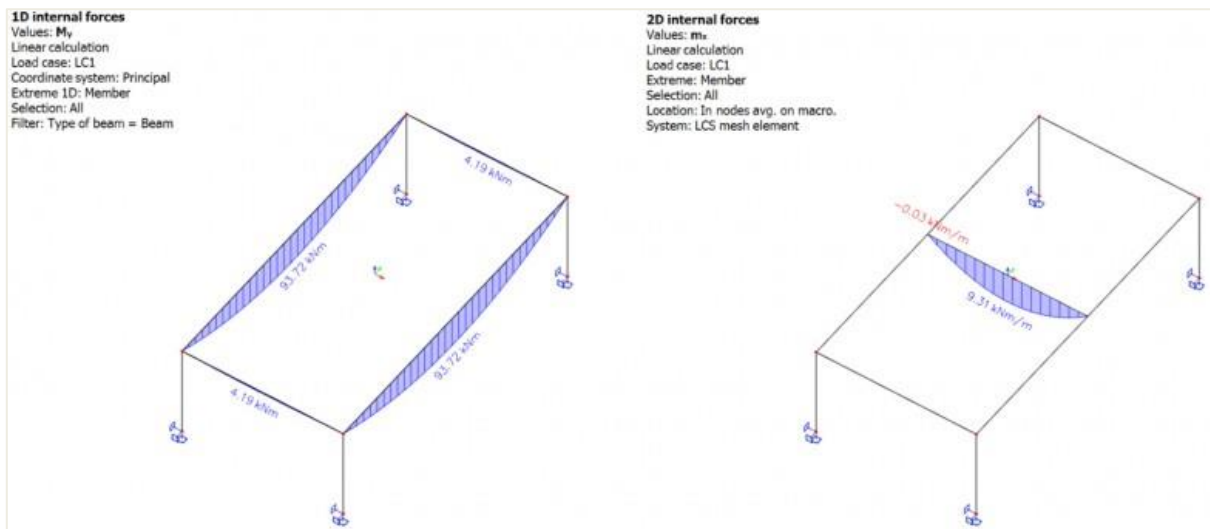
✚ Jednosměrná deska modelovaná typem ortotropie "jednosměrná deska"

Tento typ ortotropie vyžaduje tři vstupní parametry a může být také použit pro modelování desek s dutými otvory (Spiroll): ekvivalentní průřez nosníku CSS, rozteč L použitá pro výpočet tuhosti v ohybu ve směru 1 (nebo x) a betonová vrchní vrstva výška h použitá pro výpočet tuhosti v ohybu ve směru 2 (nebo y). K modelování jednosměrné desky lze použít malou hodnotu h . Mějte však na paměti, že **h se používá také pro výpočet vlastní váhy desky.**

Pro ekvivalentní průřez se použije ekvivalentní tvar desky: *tloušťka desky* x *šířka nosníku*, tj. 180 x 1000 mm. Pro vzdálenost řezů a_1 je použita stejná hodnota jako pro šířku nosníku, tj. 1 000 mm, protože deska je rovná.



Ohybový moment v nosnících a v jednosměrné desce při použití typu ortotropie "jednosměrná deska":



Pro malé hodnoty h_2 nebo h poskytují oba typy ortotropie stejné výsledky ohybového momentu ve směru podepření a stejné zatížení přenesené na nosné nosníky.

Mezi oběma typy ortotropie stále existují určité rozdíly:

- Použití typu *Jednosměrná deska* vede k vyšším hodnotám ohybového momentu na sekundárních nosnících (rovnoběžně se směrem podepření). Je to způsobeno složkou torzního momentu desky (D33), která se mezi oběma typy liší.
- U typu ortotropie *Jednosměrná deska* se vlastní tíha desky počítá pouze na základě tloušťky betonové vrstvy h . Celková výška desky se tedy nezohledňuje a uživatel musí přidat chybějící část vlastní tíhy ručně v zatěžovacím stavu se stálým zatížením.