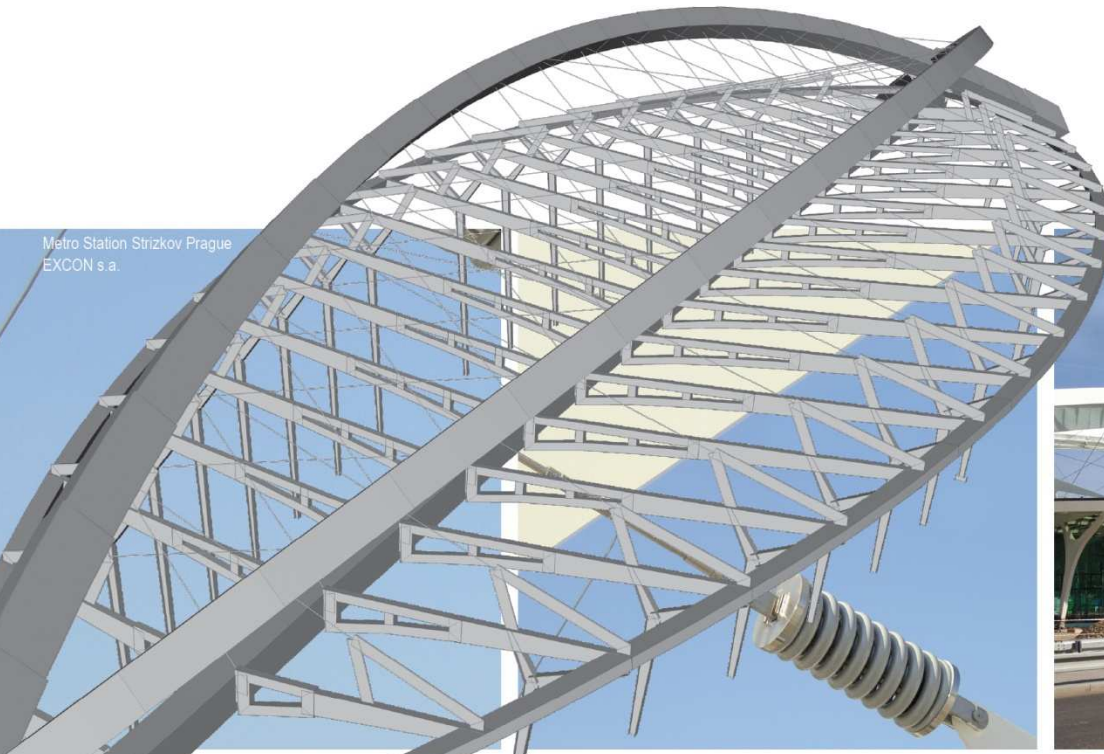
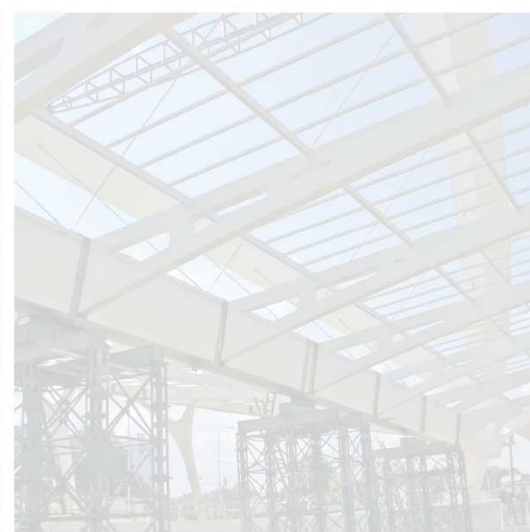


Metro Station Strizkov Prague
EXCON s.a.



Problematika zadávání vzpěrných délek



All information in this document is subject to modification without prior notice. No part or this manual may be reproduced, stored in a database or retrieval system or published, in any form or in any way, electronically, mechanically, by print, photo print, microfilm or any other means without prior written permission from the publisher. SCIA is not responsible for any direct or indirect damage because of imperfections in the documentation and/or the software.

© Copyright 2008 SCIA. All rights reserved.

Obsah

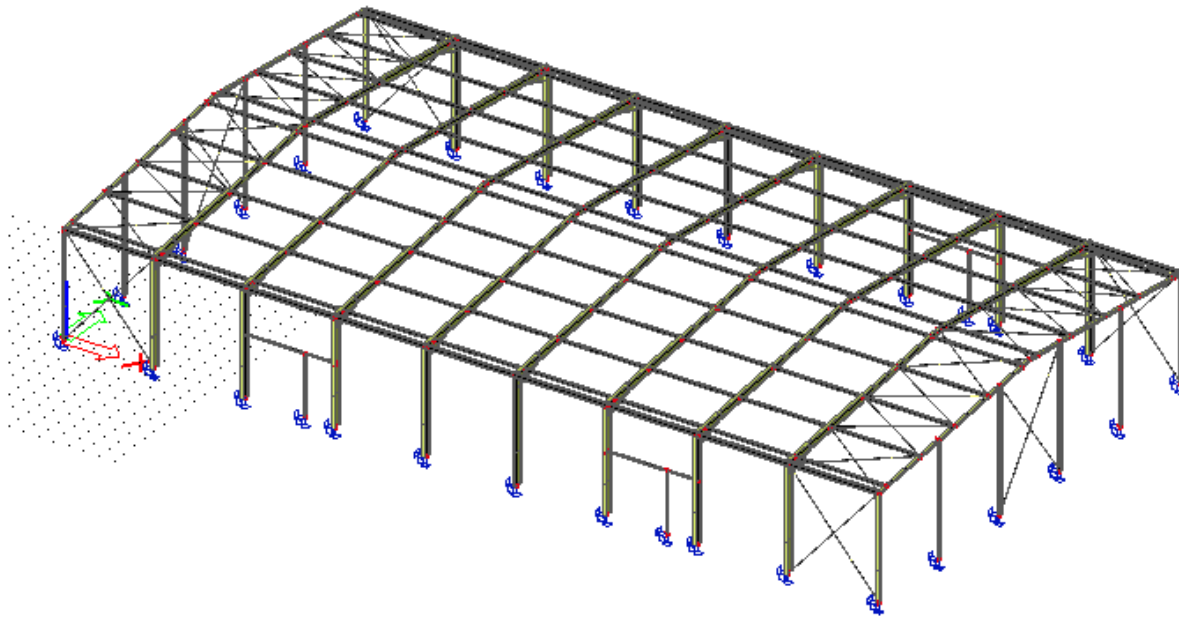
1	Způsoby zadání a práce se vzpěrnými délkami	4
1.1	Nechat u prutu přednastavené a programem spočítané hodnoty tzv. výchozí.....	4
1.1.1	Prohlížení výsledků:	6
1.2	Vzpěrnostní systém tzv. BC*	8
1.2.1	Nastavení posuvnosti:.....	13
1.2.2	Výhoda tohoto systému BC*.....	14
1.3	Zadat si vlastní data o vzpěru na konkrétní prut tzv. BB*.....	16
1.3.1	Možnosti nastavení BB*:	18
2	Výpočet dle implementované metody	25
2.1	Literatura.....	25
2.2	Příklad jednoduchého rovinného rámu:.....	26

1 ZPŮSOBY ZADÁNÍ A PRÁCE SE VZPĚRNÝMI DÉLKAMI

1.1 Nechat u prutu přednastavené a programem spočítané hodnoty tzv. výchozí

Příklad_ram_XYZ_01

Když vytvoříte novou konstrukci.



obr. 1 – Příklad rám XYZ

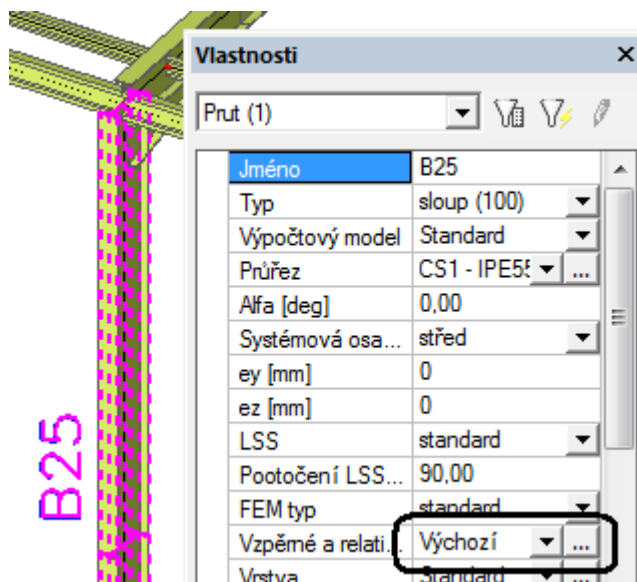
Každý prut má přednastavenou vzpěrnou a relativní délku tzv. “výchozí“. Nastavení najdete ve vlastnostech prutu (obr. 2). Program sám analyzuje konstrukci a vytvoří vzpěrnostní systém. Tzn. najde všechny uzly prutů v jedné linii, pokud pruty splňují následující podmínky, tak je propojí do jednoho vzpěrnostní systému.

- 1) **Pruty musí být přímé**
- 2) **LSS – prutů musí být stejně orientovaný**

Pozn.

Pruty mohou být různých průřezu. Jestliže je prut zalomený polygon, program spojí celý polygon do jednoho vzpěrnostního systému. Počet polí je závislý na množství uzlů v polygonu.

Následně vyhodnotí, ve kterém směru y-y/z-z jsou uzly pevné/volné. Vzdálenost mezi pevnými uzly je rovna systémové délce L.

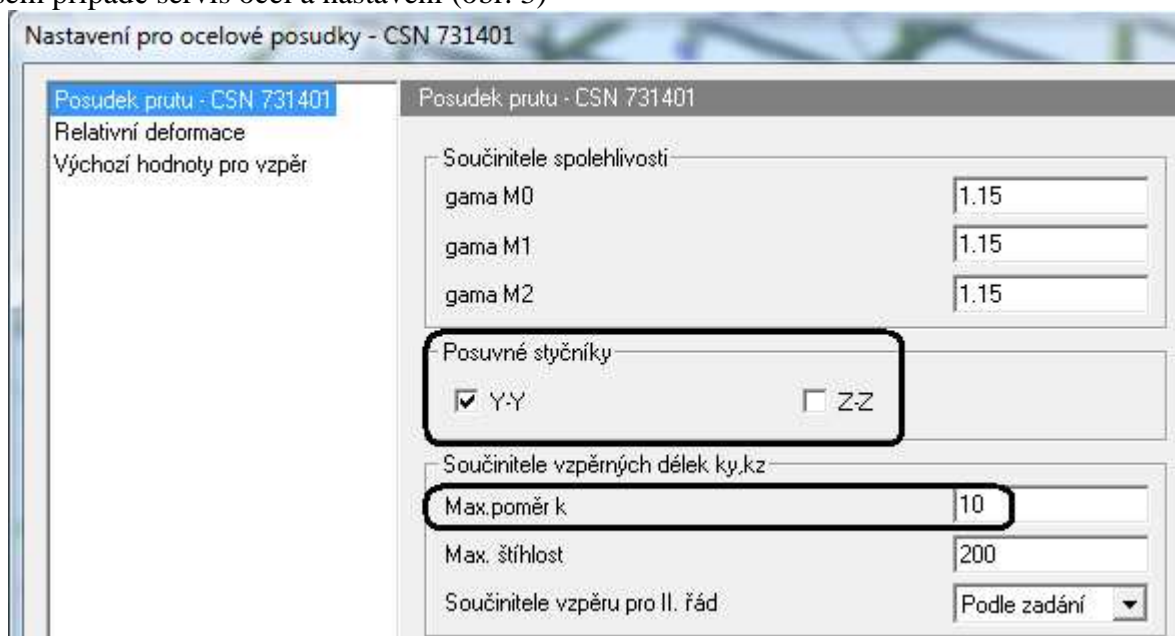


. Pro výchozí nastavení záleží, z jakého materiálu je prut vytvořen. V případě, že budete mít dva pruty stejně orientované a z různých materiálů. Tak se program řídí osou x LSS prutu a dle materiálu prvního prutu v LSS. Viz příklad: různé_materiály.

Dále program zhodnotí defaultní nastavení z jednotlivých dimenzačních servisech.(ocel, beton, dřevo).

obr. 2 – Ukázka nastavení výchozího systému

Našem případě servis ocel a nastavení (obr. 3)

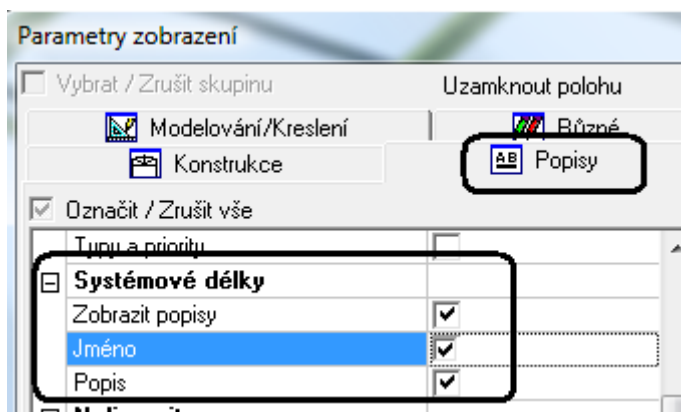
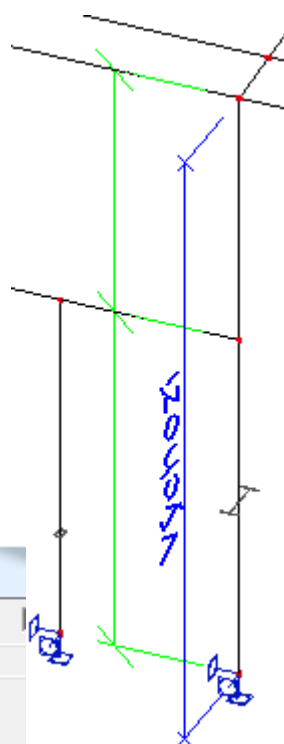
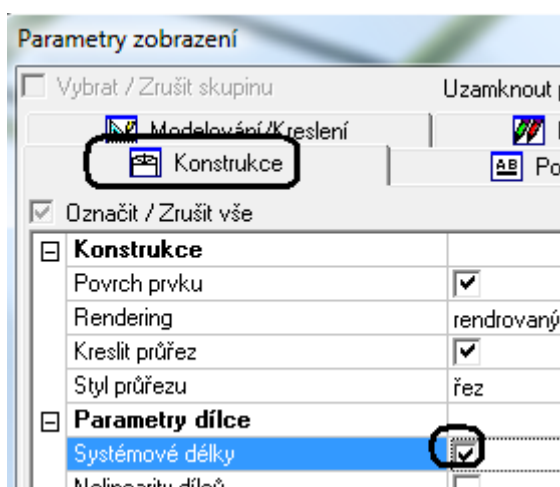


obr. 3 – Defaultní nastavení v servisu ocel

Posuvnost styčníku – pro celou konstrukci. *Max. poměr k* - je maximální hodnota součinitele vzpěru v celé konstrukci. Tato hodnota je tam z toho důvodu, kdyby výpočet součinitelů vzpěru metodou implementovanou v programu selhal a program Vám navrhl větší hodnoty než 10, tak by automaticky přiřadil max. hodnotu 10.

Jestliže si chcete udělat kontrolu, jak program vyhodnotil pevné a volné uzly, můžete to udělat zobrazením systémových délek pro výpočet vzpěrných délek.

- pro celou konstrukci nebo vybranou část konstrukce (obr.4).

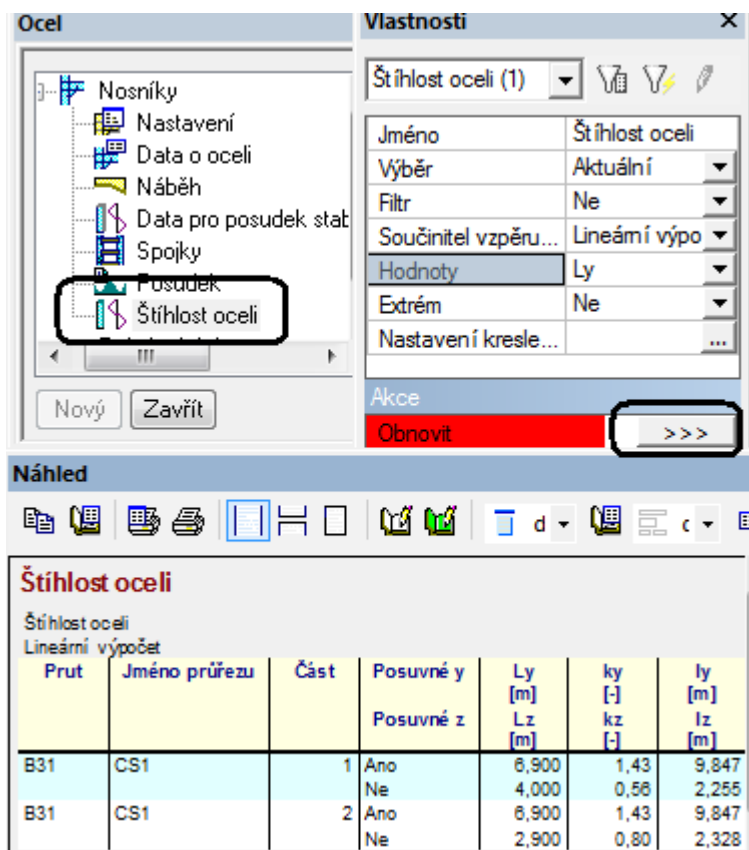


obr. 4 – Nastavení pro zobrazení systémových délek pro výpočet

Pokud nyní provedete výpočet tak program udělá výpočet dle implementované metody. Popis metody viz níže.

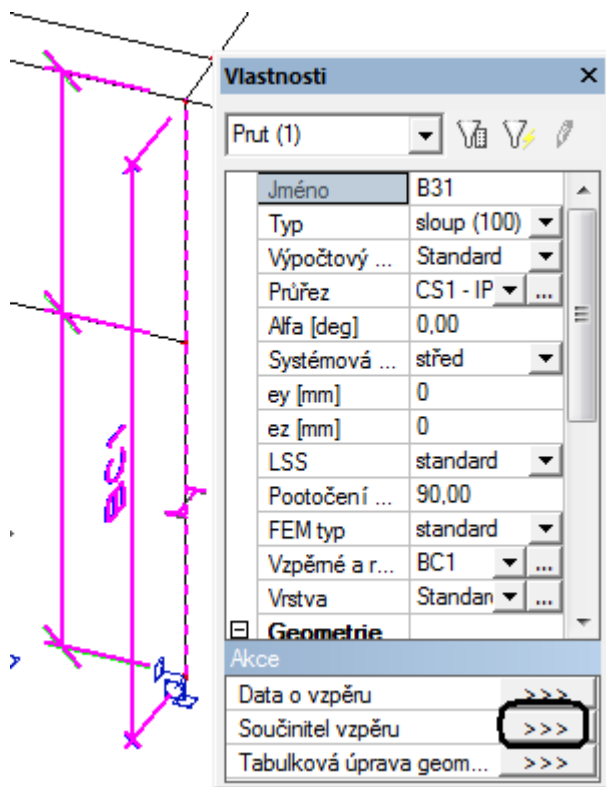
1.1.1 Prohlížení výsledků:

Můžete dělat v jednotlivých servisech (ocel, beton a další) a přes ikonku (obr.5).



obr. 5 – Prohlížení výsledků

Další možností je, že po výpočtu se vám objeví ve vlastnostech prutu nové tl. *součinitel vzpěru* (obr.6). V podstatě z kteréhokoliv místa v Scia engineer si můžu prohlížet výsledky.



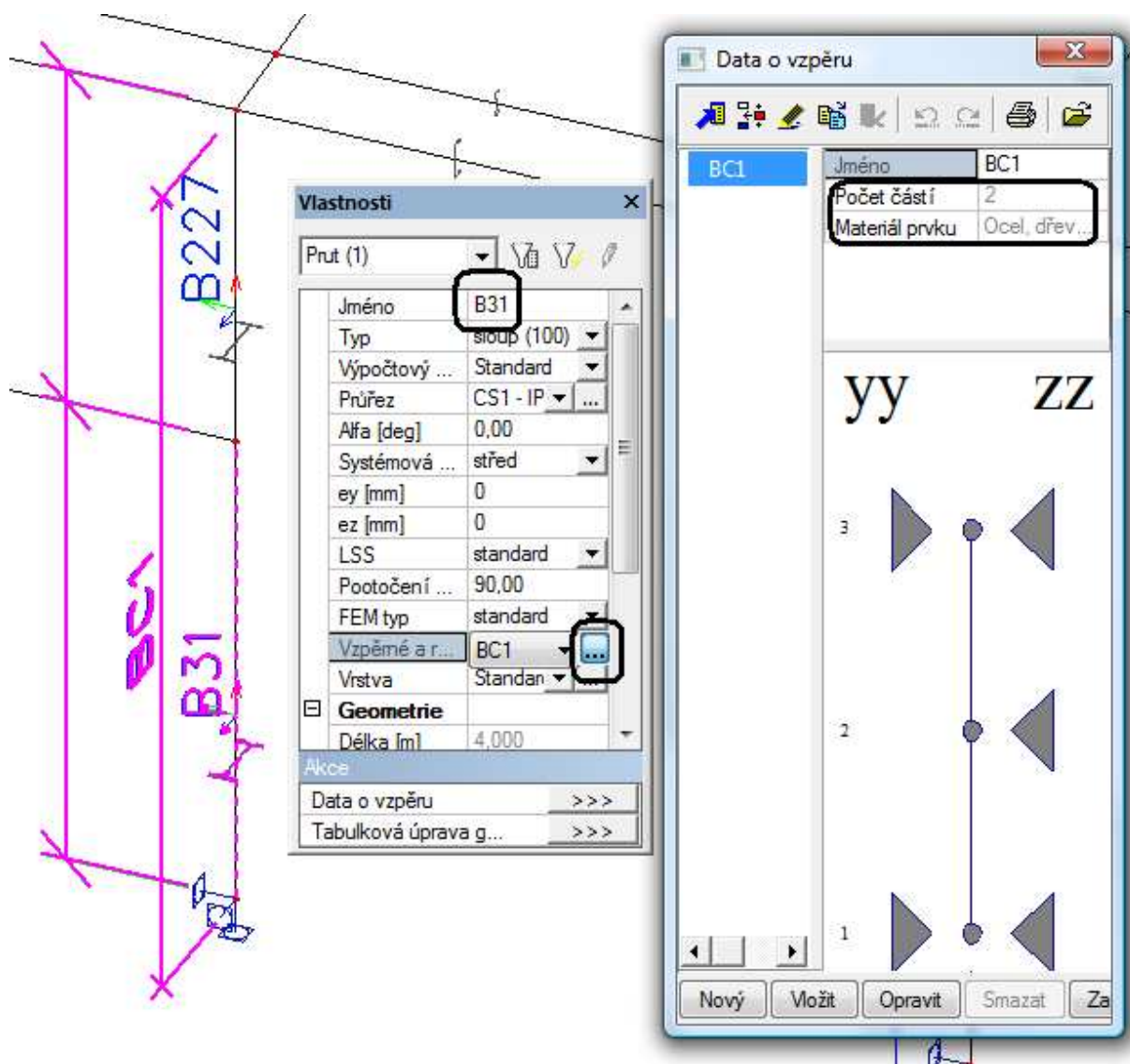
obr. 6 – Součinitel vzpěru

	ky	Ly [m]	ly [m]	Posuvný yy	kz	Lz [m]	lz [m]
1	1,427	6,900	9,847	Podle zá...	0,564	4,000	2,255
2	1,427	6,900	9,847	Podle zá...	0,803	2,900	2,328

obr. 7 – Zobrazení výsledků

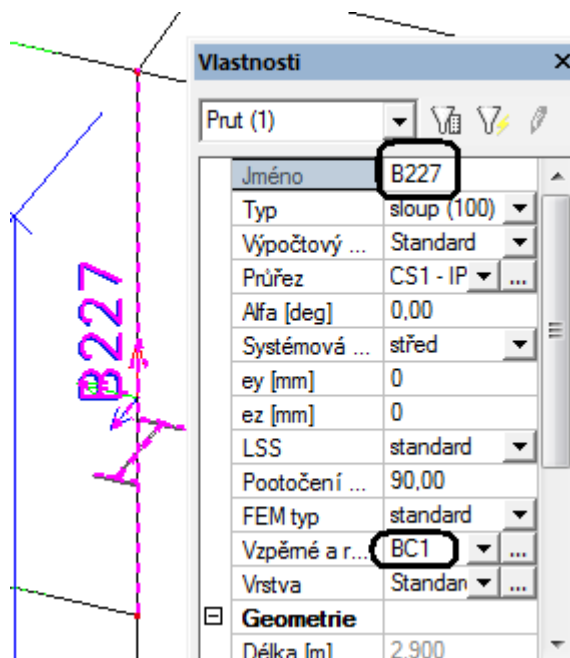
1.2 Vzpěrnostní systém tzv. BC*

Jestliže nesouhlasíte vypočtenými hodnotami nebo s rozmístěním tuhých a posuvných uzlů. Můžete využít možnosti vytváření vlastních vzpěrnostních systémů. Můžete si kliknout na tlačítko ve vlastnostech prutu se třemi tečkami. Viz (obr.8) a automaticky se vytvoří data o vzpěru a vzpěrnostní systém např. BC1.



obr. 8 – Vytváření vzpěrnostního systému BC1

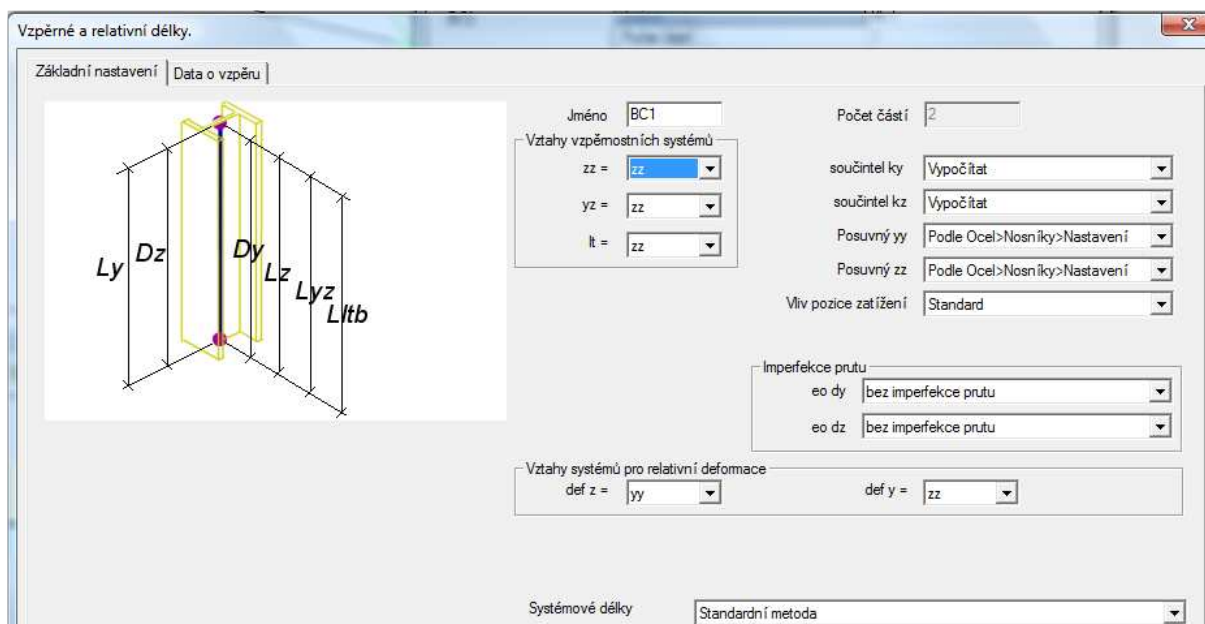
Systém jste vytvářeli u prutu B31, ale automaticky je přiřazen i prutu B227 (obr.9), protože byly splněny podmínky pro skládání systémů, které již byly popsány v bodě 1.1.



Dále na obrázku (obr.8) data o vzpěru máte možnost vidět volné a pevné uzly v závislosti na směrech yy a zz (plné trojúhelníčky), tak jak je vyhodnotil program. Jestliže do knihovny data vzpěru vstupujete přes vlastnosti prutu, tak automaticky probíhá filtrování podle počtu polí. V našem případě počet částí 2. Program složil pruty B31 a B227 do jednoho systému, protože splňují požadavky z bodu 1.1. Další údajem je materiál, ze kterého byl vzpěrnostní systém vytvořen. Naznačujete závislost, kde máte hledat defaultní viz (obr. 3).

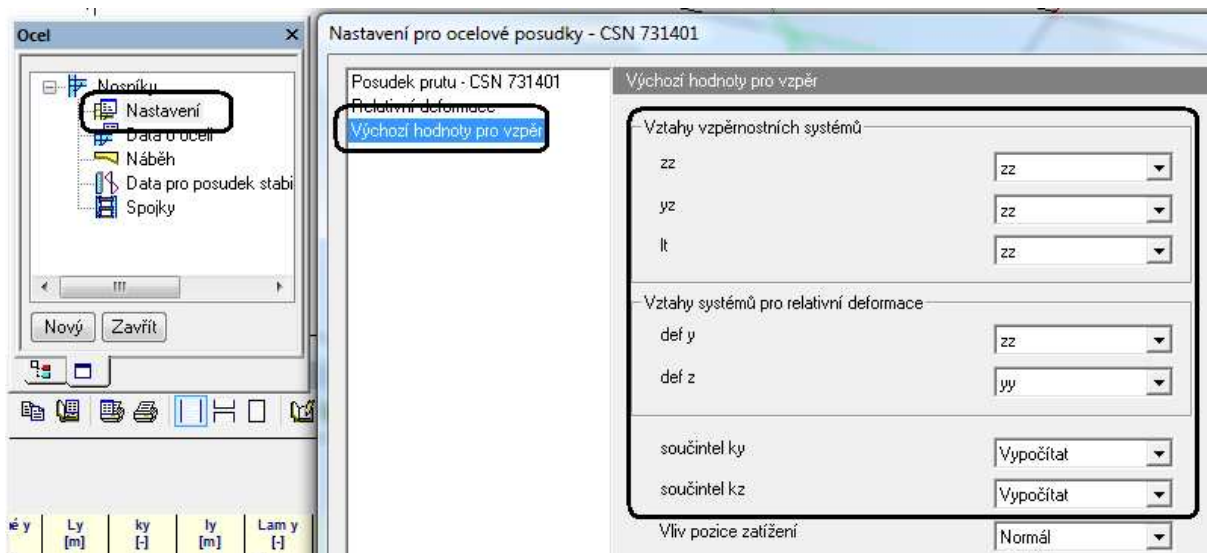
Jestliže chcete vzpěrnostní systém upravovat, tak v daném dialogu klikněte na tlačítko opravit. Dostanete se do menu (obr.10).

obr. 9 – Ukázka automatického přiřazení prutu



obr. 10 – Základní menu vzpěrné a relativní délky

Toto defaultní nastavení se načte v závislosti, z jakého materiálu byl vzpěrnostní systém vytvořen.

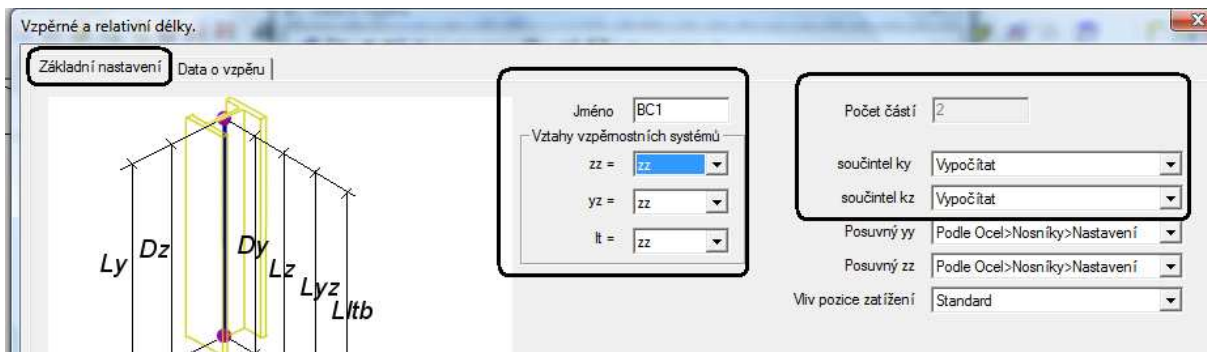


obr. 11 – Ukázka defaultního nastavení pro celou konstrukci, z kterého se následně načtou data při vytváření vzpěrnostního systému BC*

Pozn.

Změna nastavení v jednotlivých servisech se již nevztahuje na již vytvořené systémy. Týká se pouze nových, které budete vytvářet a defaultního výpočtu.

V kartě základní nastavení si můžete definovat vztahy vzpěrnostních systémů. Když máte nastaveno součinitele k_y , k_z vypočítat, nastavujete si vztahy systémových délek L (obr.12).



obr. 12 – Nastavení vztahů vzpěrnostních systémů.

Nastavení:

Zz=zz: systémové délky zz jsou nezávislé. Můžete zadávat zvláště, jak pro systém zz, tak pro systém yy.

Porovnejte:
Nastavení zz=zz:

	yy	ky	Posuvný yy	eo dy [mm]	zz
1	<input checked="" type="checkbox"/> Pevná		Podle z		<input checked="" type="checkbox"/> Pevná
2	<input type="checkbox"/> Volný				<input checked="" type="checkbox"/> Pevná
3	<input checked="" type="checkbox"/> Pevná				<input checked="" type="checkbox"/> Pevná

obr. 13 – zz=zz, karta data o vzpěru.

Nastavení zz=yy

	yy	ky	Posuvný yy	eo dy [mm]	kz	Posuvný zz	eo dz [mm]
1	<input checked="" type="checkbox"/> Pevná		Podle zák			Podle zák	
2	<input type="checkbox"/> Volný						
3	<input checked="" type="checkbox"/> Pevná						

obr. 14 – zz=yy, karta data o vzpěru.

Zde nemám možnost zadat pevnost a volnost uzlů ve směru zz a yy (obr.13 a 14). U nastavení zz=yy je shodná pro oba dva směry.

Stejně vlastnosti platí pro yz – prostorový vzpěr a pro lt – klopení.

Nezávislost veškerých složek docílíte nastavením viz (obr.15).

Jméno: BC1

Vztahy vzpěmostních systémů

zz = zz

yz = yz

lt = lt

	yy	ky	Posuvný yy	eo dy [mm]	zz	kz	Posuvný z	eo dz [mm]	yz	kyz	lt
1	<input checked="" type="checkbox"/> Pev...		Podle z		<input checked="" type="checkbox"/> Pevná		Podle z		<input checked="" type="checkbox"/> Pevná	1,00	<input checked="" type="checkbox"/> Pevná
2	<input type="checkbox"/> Volný				<input checked="" type="checkbox"/> Pevná		Podle z		<input type="checkbox"/> Volný		<input checked="" type="checkbox"/> Pevná
3	<input checked="" type="checkbox"/> Pevná				<input checked="" type="checkbox"/> Pevná				<input checked="" type="checkbox"/> Pevná		<input checked="" type="checkbox"/> Pevná

obr. 15 – Nastavení nezávislosti složek.

V případě, že si nastavíte viz (obr. 16). Zadáváte mezi jednotlivými pevnými uzly přímo součinitel vzpěru.

	yy	ky	Posuvný y	so dy [mm]	zz	kz	Posuvný z	so dz [mm]	yz	kyz
1	<input checked="" type="checkbox"/> Pev...	1,00	Podle :		<input checked="" type="checkbox"/> Pevná	1,00	Podle :		<input checked="" type="checkbox"/> Pevná	1,00
2	<input type="checkbox"/> Volný				<input checked="" type="checkbox"/> Pevná	1,00	Podle :		<input type="checkbox"/> Volný	
3	<input checked="" type="checkbox"/> Pevná				<input checked="" type="checkbox"/> Pevná				<input checked="" type="checkbox"/> Pevná	

obr. 16 – Ukázka nastavení pro zadání součinitele vzpěru mezi jednotlivými pevnými uzly.

. V případě, že si nastavíte viz (obr. 17). Zadáváte mezi jednotlivými pevnými uzly přímo vzpěrnou délku.

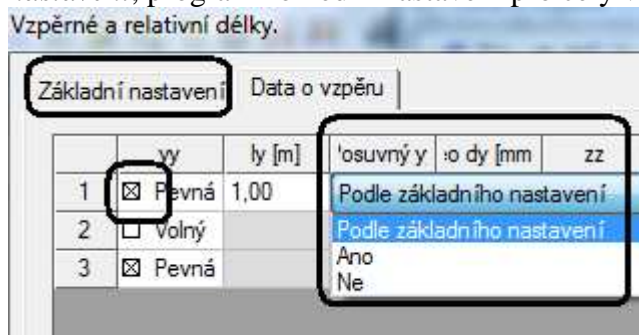
	yy	ly [m]	Posuvný y	so dy [mm]	zz	lz [m]	Posuvný z	so dz [mm]	yz	kyz
1	<input checked="" type="checkbox"/> Pev...	1,00	Podle :		<input checked="" type="checkbox"/> Pevná	1,00	Podle :		<input checked="" type="checkbox"/> Pevná	1,00
2	<input type="checkbox"/> Volný				<input checked="" type="checkbox"/> Pevná	1,00	Podle :		<input type="checkbox"/> Volný	
3	<input checked="" type="checkbox"/> Pevná				<input checked="" type="checkbox"/> Pevná				<input checked="" type="checkbox"/> Pevná	

obr. 17 – Ukázka nastavení pro zadání vzpěrných délek mezi jednotlivými pevnými uzly.

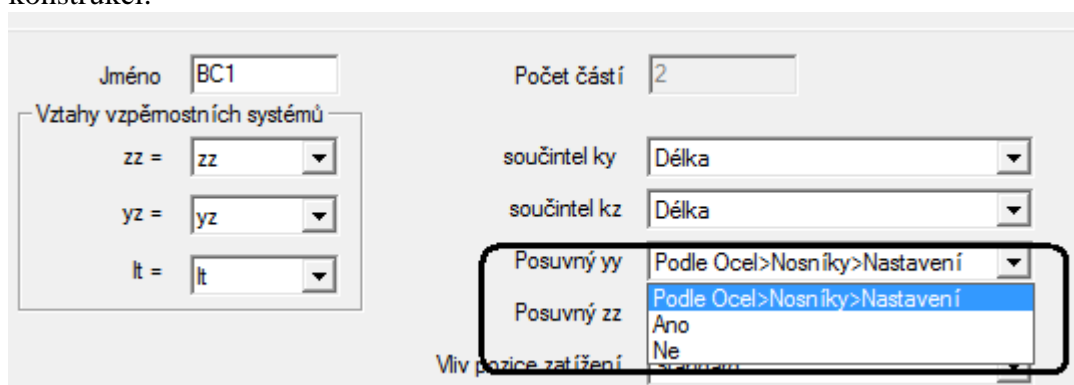
1.2.1 Nastavení posuvnosti:

Posledním nastavením v tomto dialogu je nastavení posuvnosti styčnicků.

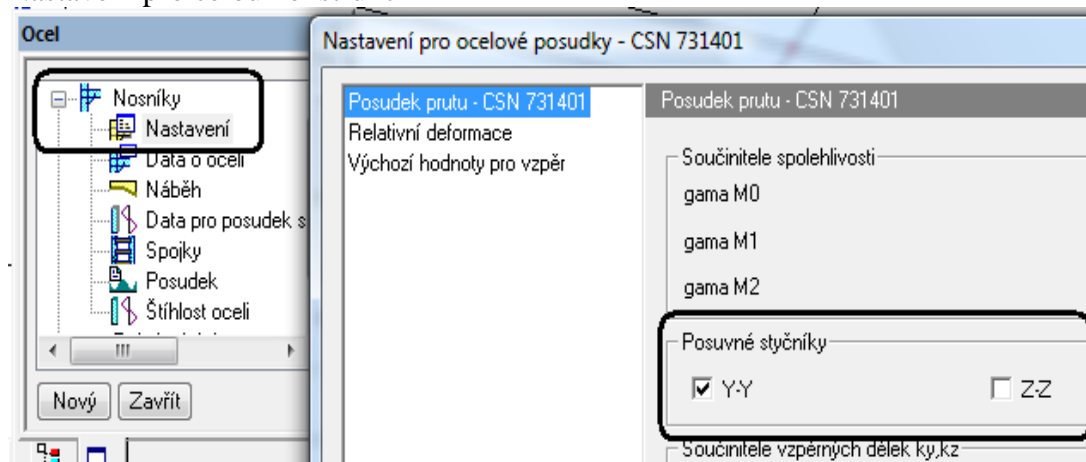
- a) Nastavení posuvnosti pro jeden uzel. Když necháte nastavení: *Podle základního nastavení*, program zohlední nastavení pro celý vzpěrnostní systém.



- b) Nastavení posuvností pro celý vzpěrnostní systém. BC*. Když necháte nastavení: *Podle Ocel>Nosníky>Nastavení*, program zohlední nastavení pro celou konstrukci.



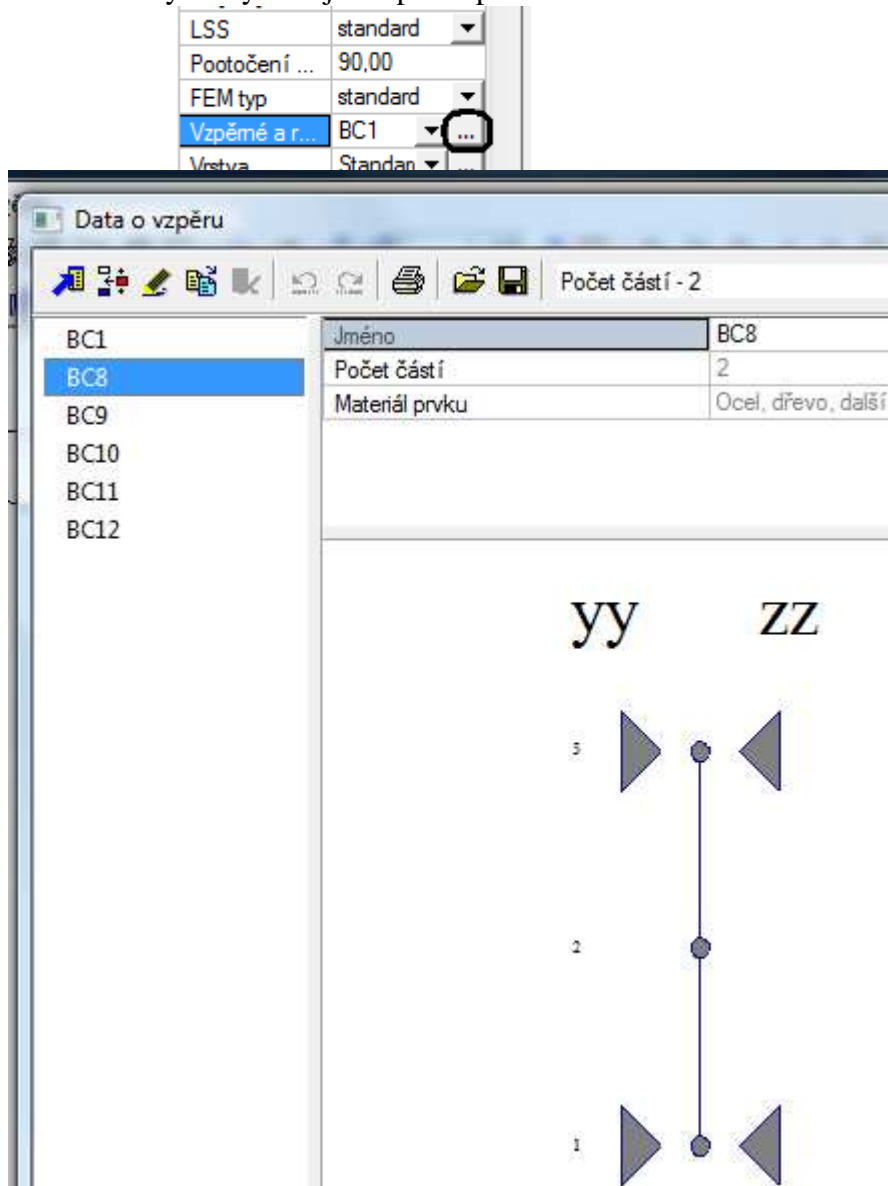
- c) Nastavení pro celou konstrukci



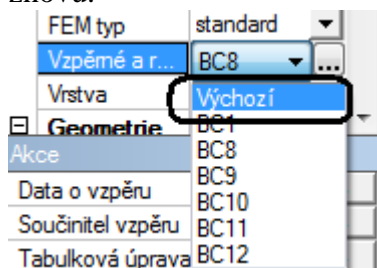
1.2.2 Výhoda tohoto systému BC*

a) Filtrování dle počtu polí:

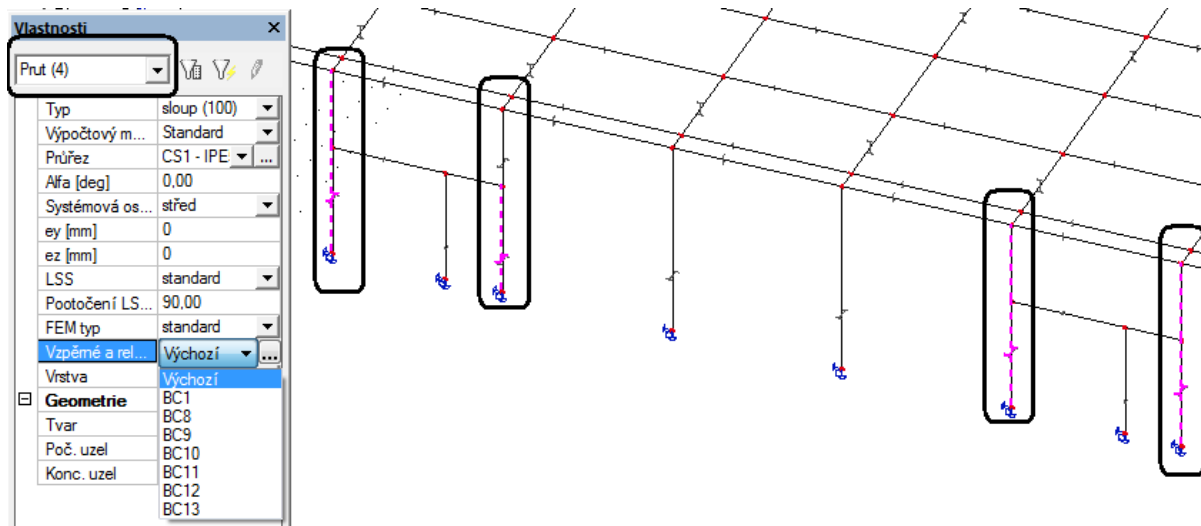
Když vstoupíte do knihovny přes vlastnosti prutu. Tak vidíte všechny vzpěrnostní systémy o stejném počtu polí.



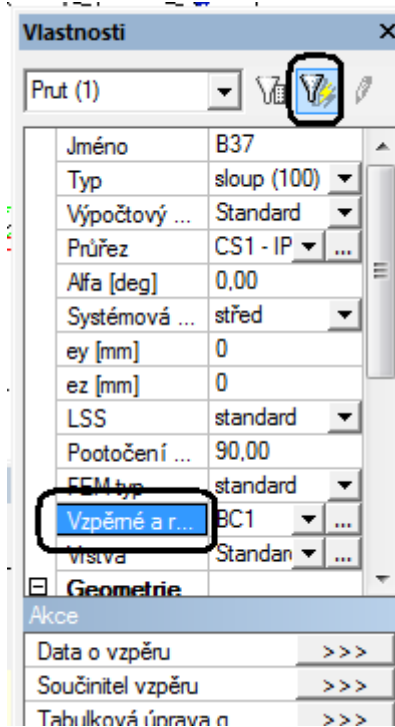
b) Kdykoliv se můžete vrátit do výchozího nastavení a vzpěrnostní systém vytvořit znovu.



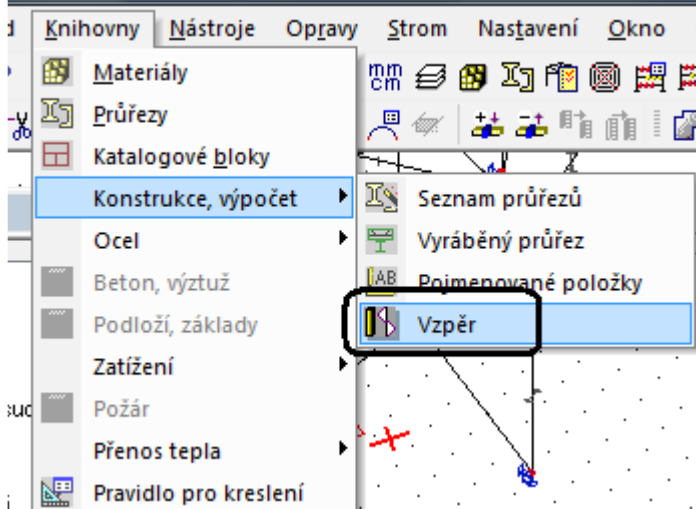
c) Snadné zadávání na další pruty, nabízí se mi jen systémy se stejným počtem částí.

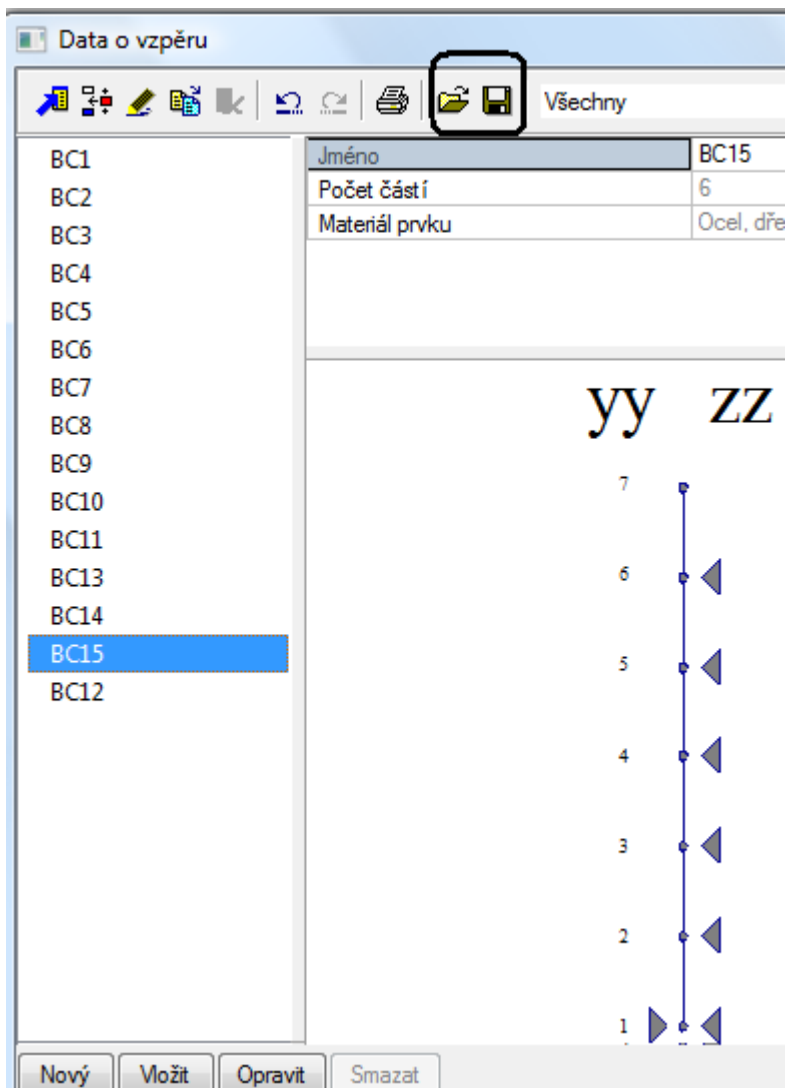


- d) Snadné vyhledávání v konstrukci přes filtry.
 Př: najde všechny pruty, které mají přiřazený BC1



- e) Automatické ukládání do knihovny všech vzpěrnostních systému.

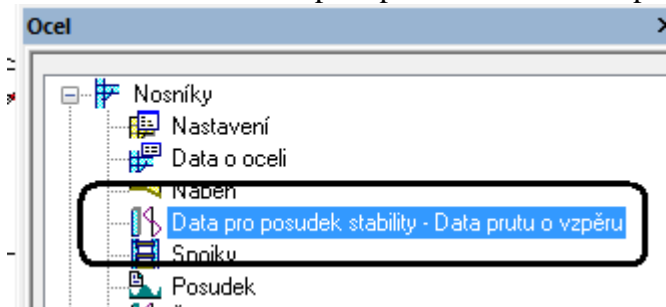




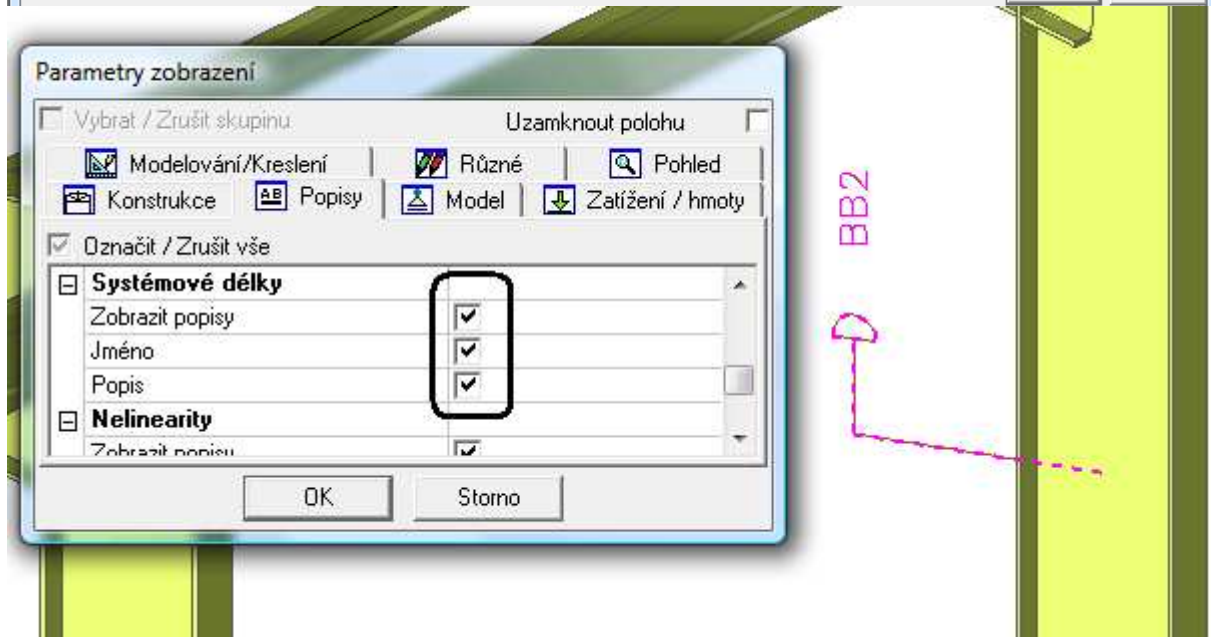
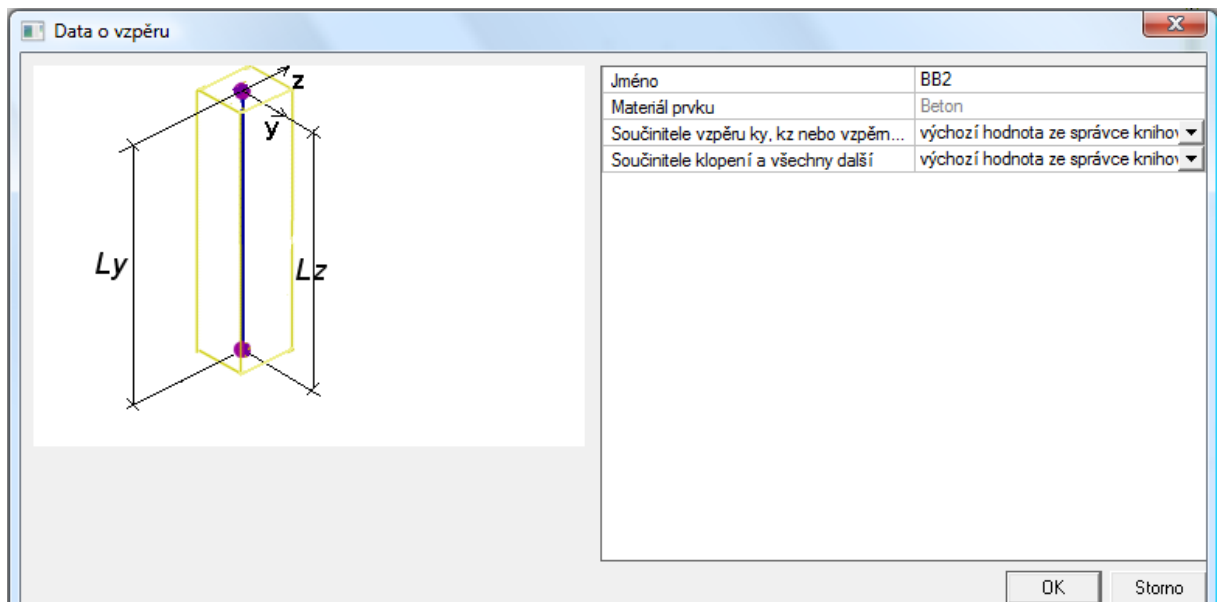
Kde máte možnost jednak opravy, ukládání a načítání.

1.3 Zadat si vlastní data o vzpěru na konkrétní prut tzv. BB*

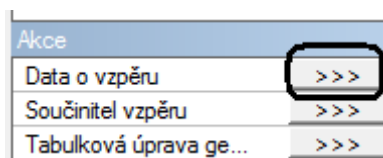
V jednotlivých dimenzačních servisech pro zadané materiály (beton, ocel, dřevo) je možnost zadat data o vzpěru přímo na konkrétní prut. Jsou to tzv. **přídavná data**. (obr. 13)



Pokud dvojklikem kliknete na *Data prutu vzpěru*, tak se dostanete do základního dialogu, který můžete kdykoliv dodatečně změnit. Po kliknutí na *OK* tato data přiřadíte prutu.



Další možnost zadání je pomocí "akčního" tl., které najdete ve vlastnostech každého prutu.



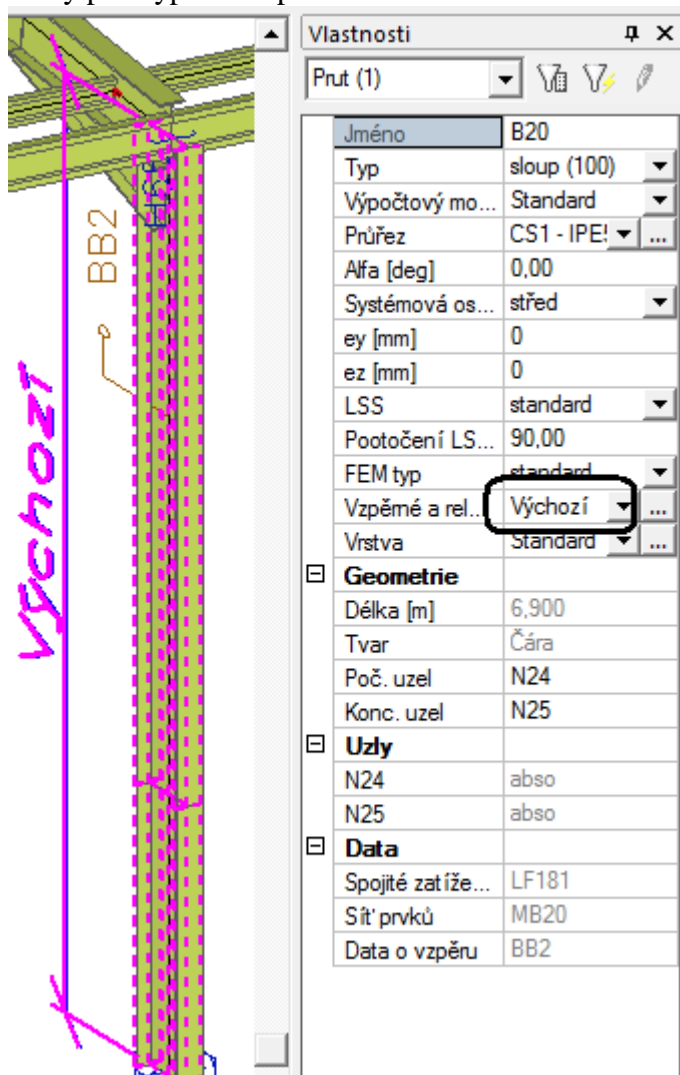
Poznámka č.4

Pokud zadáváte data o vzpěru ze servisu beton, tak je nemůžete zadat na průřez, který má materiál ocel apod.

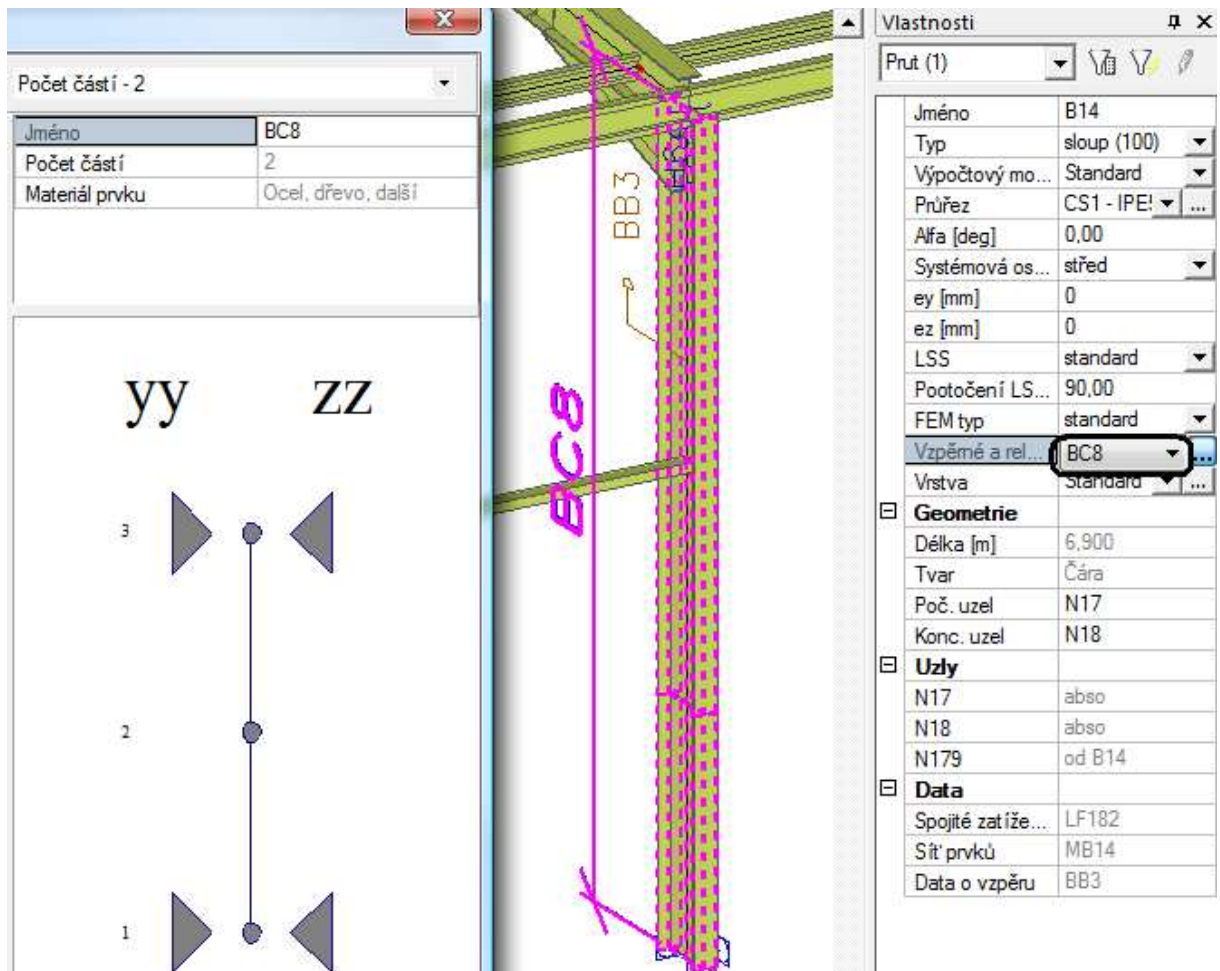
1.3.1 Možnosti nastavení BB*:

1.3.1.1 Ze standardního výpočtu

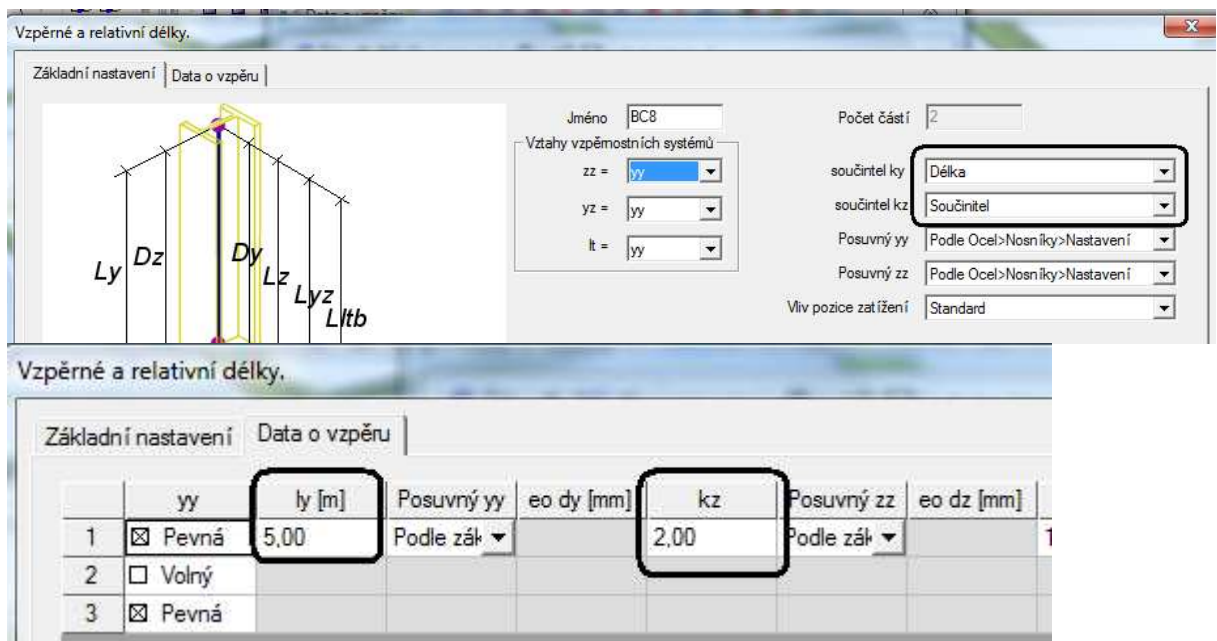
- a) Jestliže měl prut přiřazený zpěrnostní systém **výchozí**, tak program bere systémové délky pro výpočet vzpěru z tohoto defaultního nastavení.



- b) Jestliže jste prutu přiřadili vzpěrnostní systém **BC***, kde jste upravovali volnost/pevnost uzlů, tak program pro výpočet vzpěrných délek vezme systémové délky dle tohoto nového nastavení.

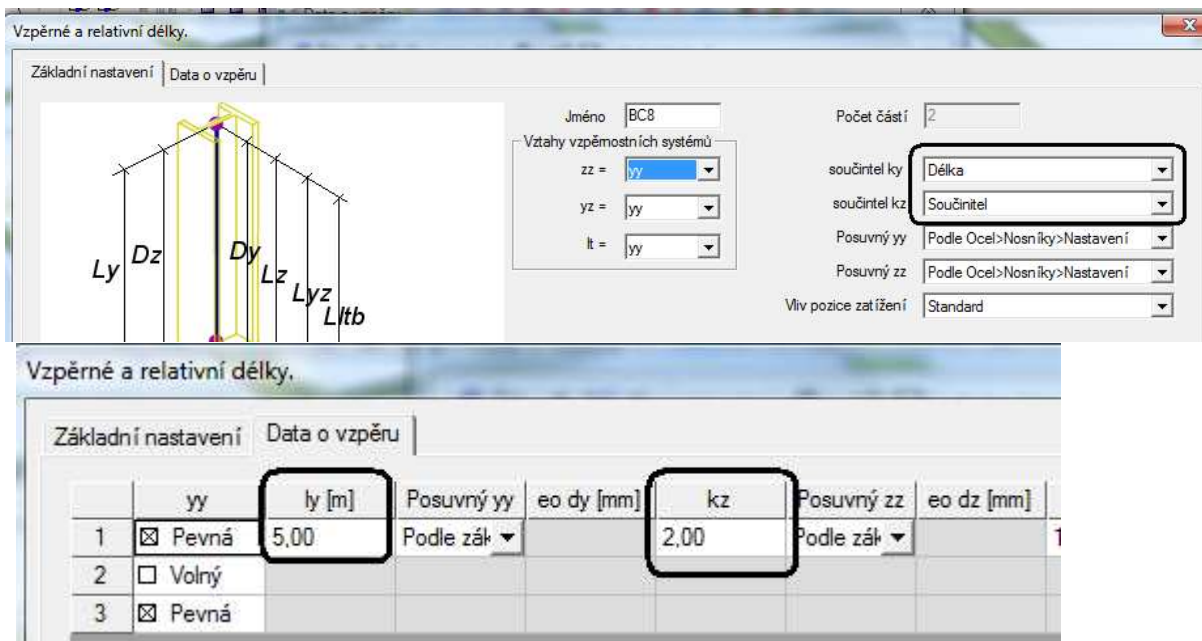


- c) Jestliže jste ještě nastavili, že si součinitel vzpěrné délky nebo vzpěrnou délku zadáte ručně pro jednotlivé části vzpěrnostního systému. Program bude toto ruční nastavení ignorovat a udělá výpočet dle implementované metody.



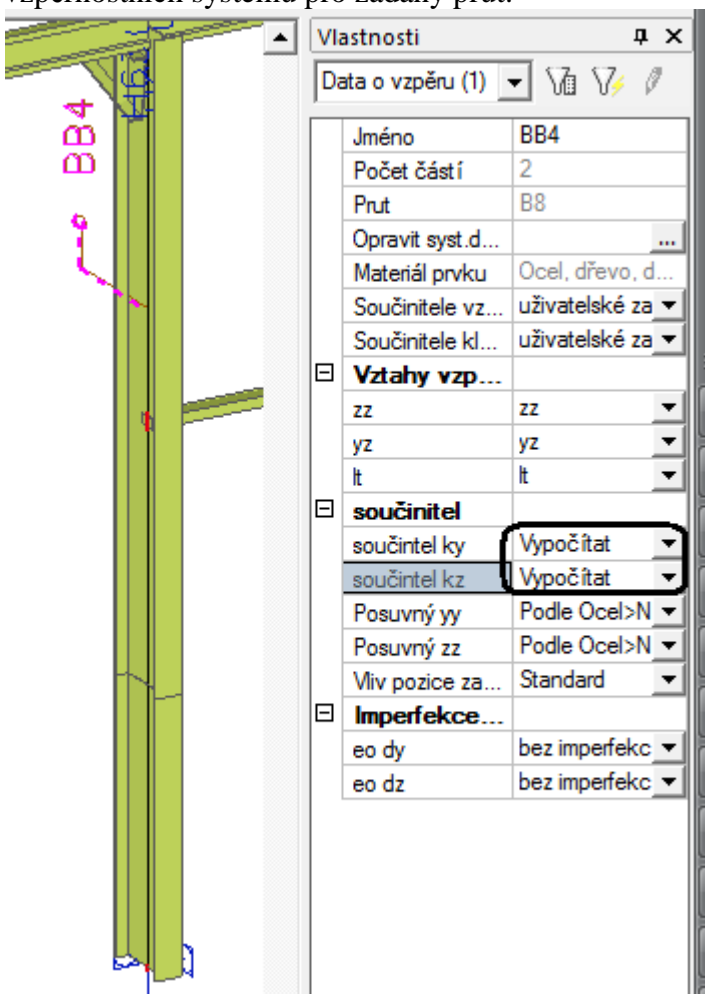
1.3.1.2 Výchozí hodnota ze správce z knihovny

Když je prutu přiřazen vzpěrnostní systém **BC***, jsou veškeré součinitele, i ručně zadané, převzaty programem z tohoto vzpěrnostního systému.



1.3.1.3 Uživatelské zadání

Zde si můžete zadat, zda chcete pro daný prut udělat výpočet ze standardního výpočtu implementovanou metodou. Nastavení součinitele k_y a k_z vypočítat. Dále si můžete nastavit vztahy vzpěrných systémů pro zadaný prut.



Systémové délky převezme z výchozího nastavení, nebo pokud je přiřazen nějaký vzpěrnostní systém BC*, tak ze vzpěrnostního výpočtu.

Součinitele vzpěru

	ky	Ly [m]	ly [m]	Posuvný yy	kz	Lz [m]	lz [m]	Posuvný zz
1	1,554	6,900	10,724	Podle zá ▼	0,561	4,000	2,246	Podle zá ▼
2	1,554	6,900	10,724	Podle zá ▼	0,802	2,900	2,326	Podle zá ▼

Můžete zadat součinitele vzpěrné délky ručně:

Vlastnosti

Data o vzpěru (1)

Jméno	BB4
Počet částí	2
Prut	B8
Opravit syst.d...	...
Materiál prvku	Ocel, dřevo, d...
Součinitele vz...	uživatelské za ▼
Součinitele kl...	uživatelské za ▼
Vztahy vzp...	
zz	zz ▼
yz	yz ▼
lt	lt ▼
součinitel	
součintel ky	Součinitel ▼
součintel kz	Součinitel ▼
Posuvný yy	Podle Ocel>N ▼
Posuvný zz	Podle Ocel>N ▼
Vliv pozice za...	Standard ▼
Imperfekce...	
eo dy	bez imperfekc ▼
eo dz	bez imperfekc ▼

Součinitele vzpěru

	ky	Ly [m]	ly [m]	Posuvný yy	kz	Lz [m]	lz [m]	Posuvný zz
1	1,554	6,900	10,724	Podle zá ▼	0,561	4,000	2,246	Podle zá ▼
2	1,554	6,900	10,724	Podle zá ▼	0,802	2,900	2,326	Podle zá ▼

Můžete zadat vzpěrné délky ručně:

Vlastnosti

Data o vzpěru (1)

Jméno	BB4
Počet částí	2
Prut	B8
Opravit syst.d...	...
Materiál prvku	Ocel, dřevo, d...
Součinitele vz...	uživatelské za
Součinitele kl...	uživatelské za
Vztahy vzp...	
zz	zz
yz	yz
lt	lt
součinitel	
součinitel ky	Délka
součinitel kz	Délka
Posuvný yy	Podle Ocel>N
Posuvný zz	Podle Ocel>N
Vliv pozice za...	Standard
Imperfekce...	
eo dy	bez imperfekc
eo dz	bez imperfekc

Součinitele vzpěru

	ky	Ly [m]	ly [m]	Posuvný yy	kz	Lz [m]	lz [m]	Posuvný zz
1	1,554	6,900	10,724	Podle zá	0,561	4,000	2,246	Podle zá
2	1,554	6,900	10,724	Podle zá	0,802	2,900	2,326	Podle zá

Nastavení posuvnosti styčnicků:

Nastavit posuvnosti styčnicku pro jednotlivé styčnický nebo pro celý prut. Opět jsou zde tři úrovně nastavení.

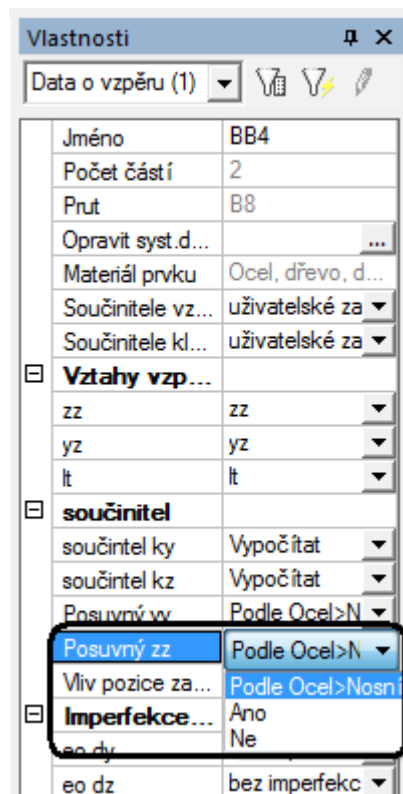
- Posuvnost můžete nastavit pro jednotlivé uzly. Jestliže necháte dle základního nastavení. Program zohlední nastavení na celém prutu.

Součinitele vzpěru

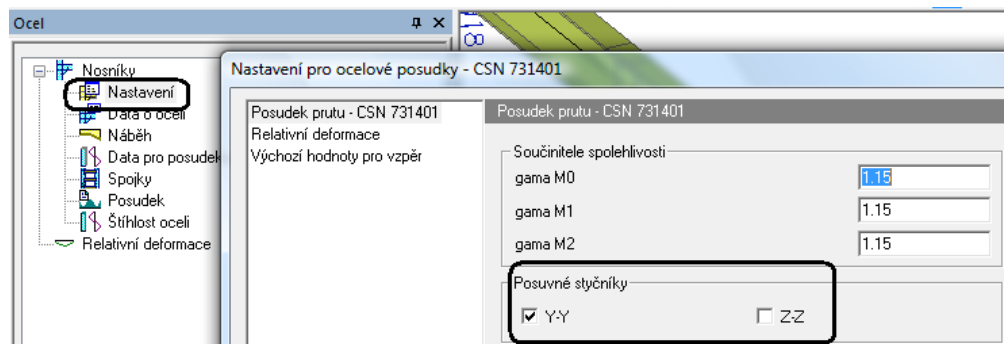
	ky	Ly [m]	ly [m]	Posuvný yy	kz	Lz [m]
1	1,554	6,900	10,724	Podle základního nastavení		
2	1,554	6,900	10,724	Podle základního nastavení		

Podle základního nastavení
Ano
Ne

- Pro celý prut s přiřazením BB*. Když necháme Podle/ocel/nastavení program zohlední nastavení pro celou konstrukci.

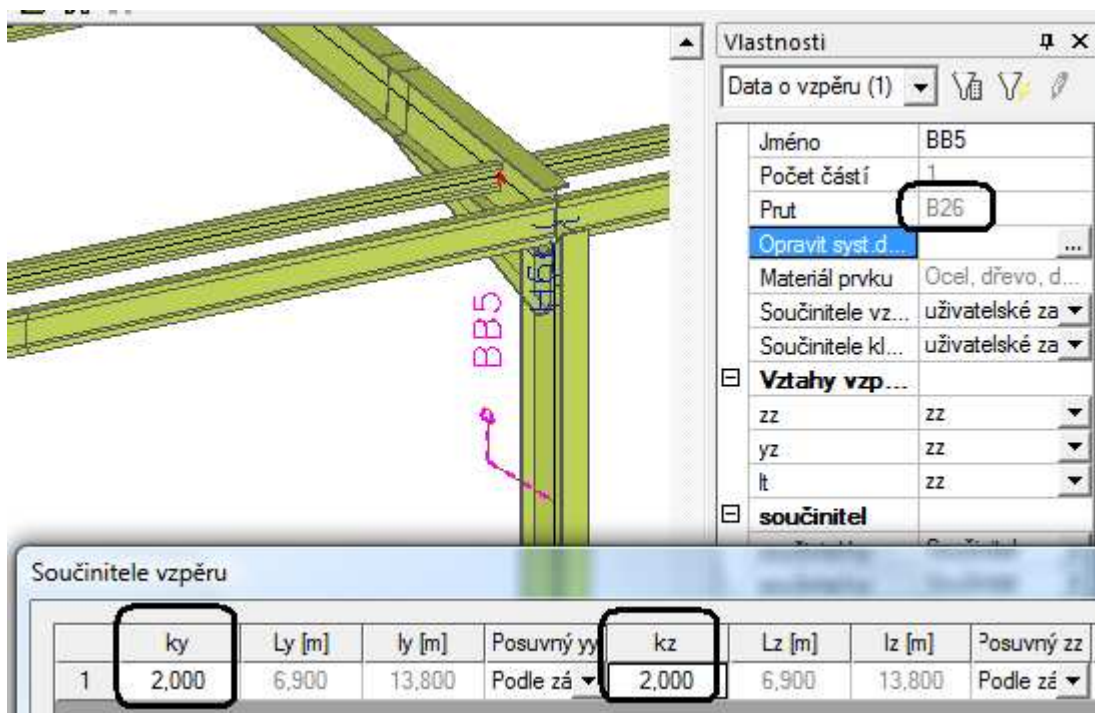


c) Když necháme Podle/ocel/nastavení program zohlední nastavení v jednotlivých servisech.



Výhodou tohoto způsobu je, že se data dají kopírovat jako přídatná data. Hodnoty, které jste zadali ručně, zůstávají konstantní a provádí se přepočítání ostatních veličin.

Např. na prutu B26 jsme si nastavil součinitele vzpěru ručně ky a kz = 2.



Po překopírování přídatných dat. Zůstanou hodnoty k_y a k_z zafixovány a provede se přepočítání dle klasického vzorečku.

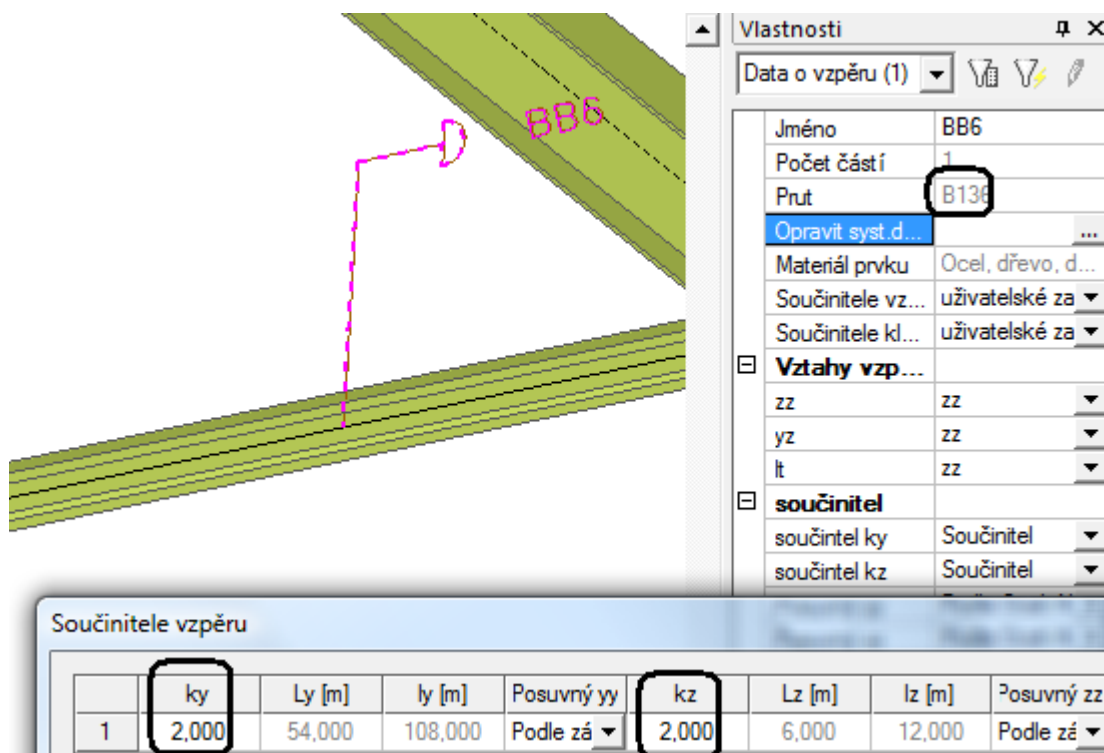
Výpočet bude proveden dle vzorce:

$$L_z \cdot k_z = l_z$$

L_z je systémová délka

k_z je součinitel vzpěrné délky

l_z je vzpěrná délka



Kdybychom zadali přímo vzpěrnou délku. Tak zůstane zafixovaná přímo vzpěrná délka.

Poz.

Označení BC a BB* je defaultní pojmenování jednotlivých způsobů zadávání ve Scia Engineer. Pojmenování jde nastavit dle požadavků uživatele. Pro snadnější orientaci v článku budu používat defaultní pojmenování.*

2 VÝPOČET DLE IMPLEMENTOVANÉ METODY

Program provede výpočet ze standardní analýzy – pro výpočet součinitelů je používáno přibližných vzorců. Tyto vzorce jsou uvedeny v [1], [2] a [3].

a) pro neposuvnou konstrukci :

$$l/L = \frac{(\rho_1 \rho_2 + 5 \rho_1 + 5 \rho_2 + 24)(\rho_1 \rho_2 + 4 \rho_1 + 4 \rho_2 + 12)2}{(2 \rho_1 \rho_2 + 11 \rho_1 + 5 \rho_2 + 24)(2 \rho_1 \rho_2 + 5 \rho_1 + 11 \rho_2 + 24)}$$

b) pro posuvnou konstrukci : $l/L = x \sqrt{\frac{\pi^2}{\rho_1 x} + 4}$

L	systemová délka
E	Youngův modul pružnosti
I	moment setrvačnosti
C_i	tuhost v uzlu I
M_i	moment v uzlu I
ϕ_i	stočení v uzlu I

$$x = \frac{4 \rho_1 \rho_2 + \pi^2 \rho_1}{\pi^2 (\rho_1 + \rho_2) + 8 \rho_1 \rho_2}$$

$$\rho_i = \frac{C_i L}{EI}$$

$$C_i = \frac{M_i}{\phi_i}$$

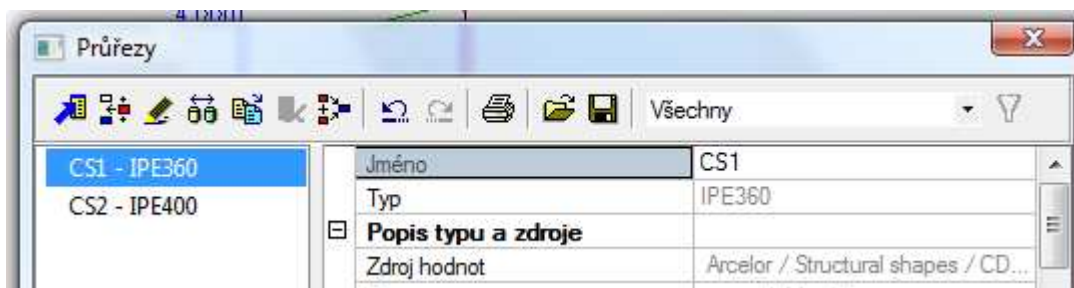
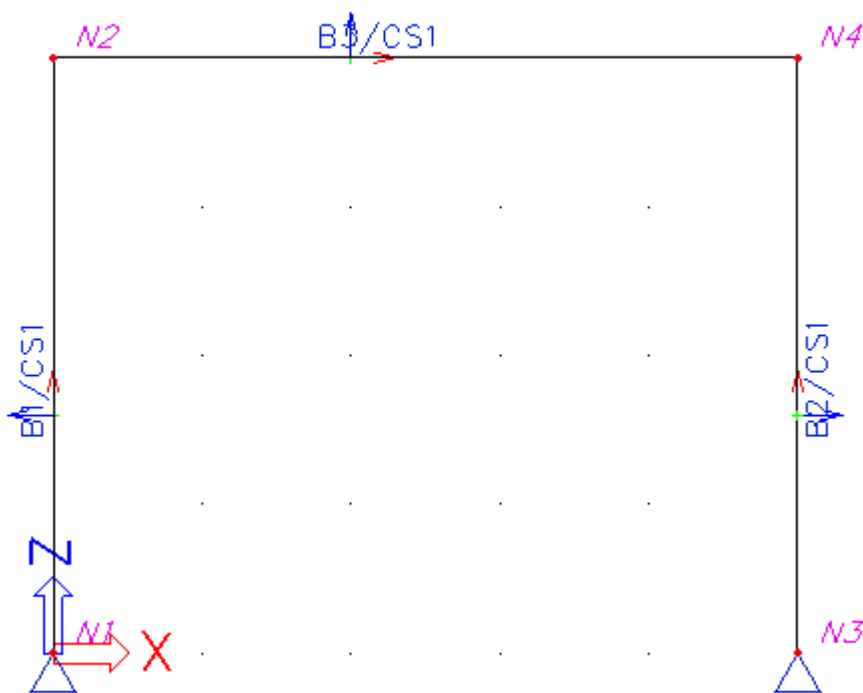
Hodnoty M_i a ϕ_i se stanovují přibližně použitím vnitřních sil a deformací, vypočtených ze zatěžovacích stavů, které generují tvary deformací podobné tvarům vybočení vzpěrem (viz [4], pp. 113 a [5], pp. 112). Zatěžovací stavy použité k tomuto účelu obsahují jednotková zatížení, která generují vodorovné posuny konstrukce. Použité vzorce dávají dobré výsledky pro rámové konstrukce s kolmým tuhým nebo polotuhým připojením nosníků. **Výsledky jsou pouze doporučené a je na uživateli, aby vyhodnotil jejich použití.**

2.1 Literatura

- [1] Handleiding moduul STACO VGI Staalbouwkundig Genootschap Staalcentrum Nederland 5684/82
- [2] Newmark N.M. A simple approximate formula for effective end-fixity of columns J.Aero.Sc. Vol.16 Feb.1949 pp.116
- [3] Stabiliteit voor de staalconstructeur uitgave Staalbouwkundig Genootschap

- [4] Rapportnr. BI-87-20/63.4.3360 Controleregels voor lijnvormige constructie elementen IBBC Maart 1987
- [5] Staalconstructies TGB 1990 Basiseisen en basisrekenregels voor overwegend statisch belaste constructies NEN 6770, December 1991

2.2 Příklad jednoduchého rovinného rámu:



Program pracuje na pozadí tak, že vytvoří dva zatěžovací stavy:

LC1 - nosníky zatíží v LSS $g_y = 1 \text{ N/m}$, $g_z = -100 \text{ N/m}$ a sloupy v globálním souřadném systému $Q_x = 1000 \text{ N/m}$ a $Q_y = 1000 \text{ N/m}$

LC2 - nosníky zatíží v LSS $g_y = -1 \text{ N/m}$, $g_z = -100 \text{ N/m}$ a sloupy v globálním souřadném systému $Q_x = -1000 \text{ N/m}$ a $Q_y = -1000 \text{ N/m}$

Na základě získaných deformací a momentů navrhne součinitele vzpěrné délky.

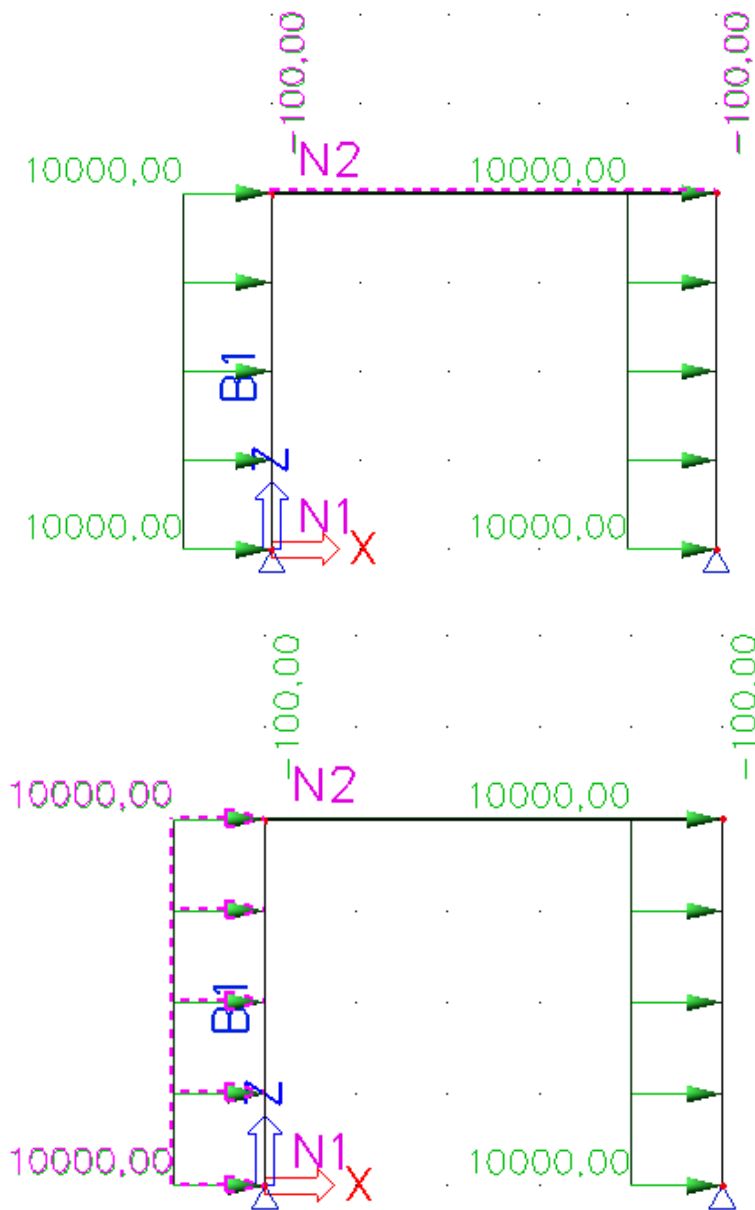
V příkladě jsem se omezil pouze na rovinnou úlohu.

Vytvoření zatěžovacích stavů:

Zatěžovací stavy

Jméno	Typ působení	Skupina zatížení	Typ zatížení
LC1	Stálé	LG1	Standard
LC2	Stálé	LG1	Standard

Zatížení LC1:



Vlastnosti

Spojité zatížení

Jméno	LF1
Směr	Z
Typ	Síla
Úhel [deg]	
Rozložení	Rovnoměrně
Hodnota - P..	-100,00
Prut	B3
Zatěžovací...	LC1

Geometrie

Systém	LSS
Poloha	Délka
Umístění	na celek
Pozice x1	0,000
Pozice x2	1,000
Zadání sou...	Rela
Počátek	Od počátku

Vlastnosti

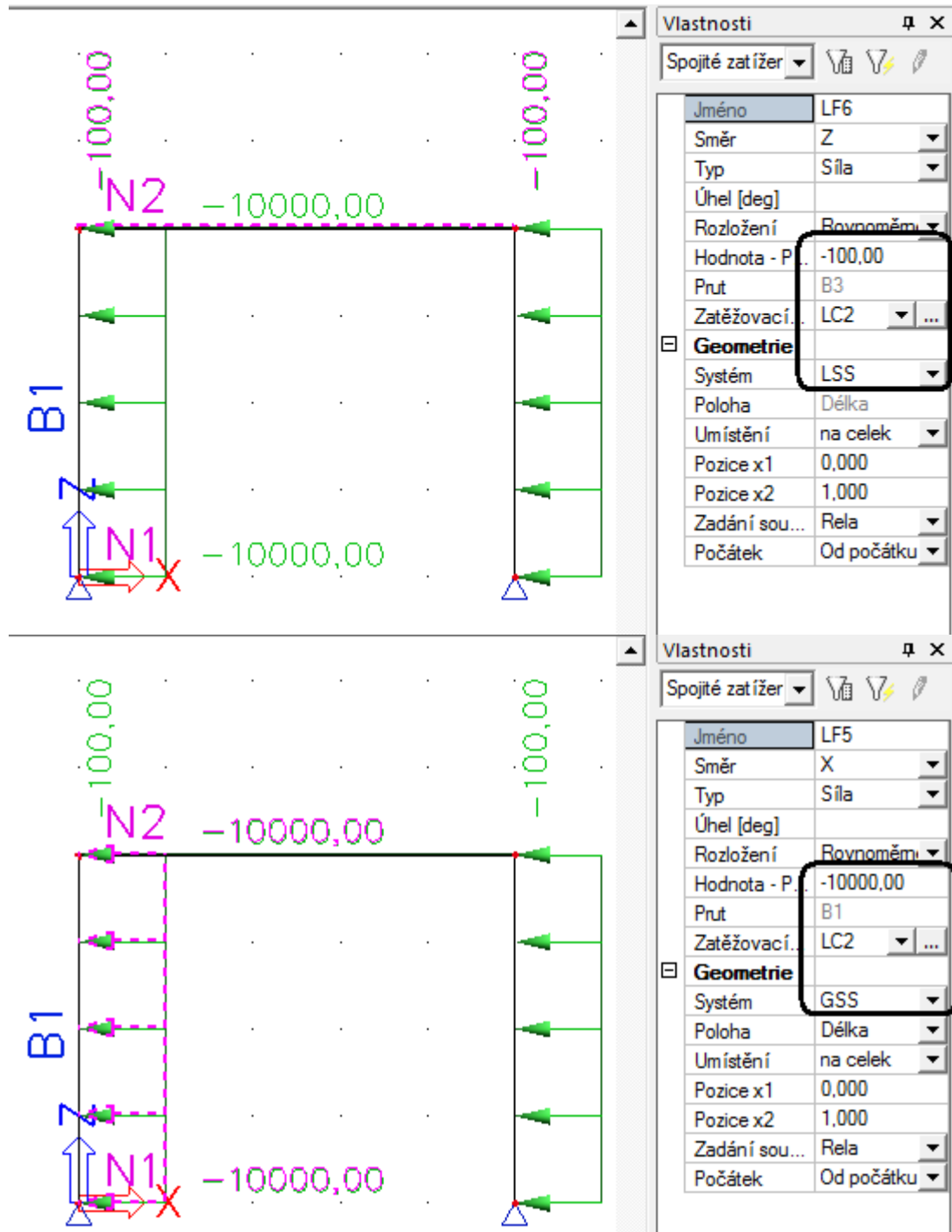
Spojité zatížení

Jméno	LF2
Směr	X
Typ	Síla
Úhel [deg]	
Rozložení	Rovnoměrně
Hodnota - P..	10000,00
Prut	B1
Zatěžovací...	LC1

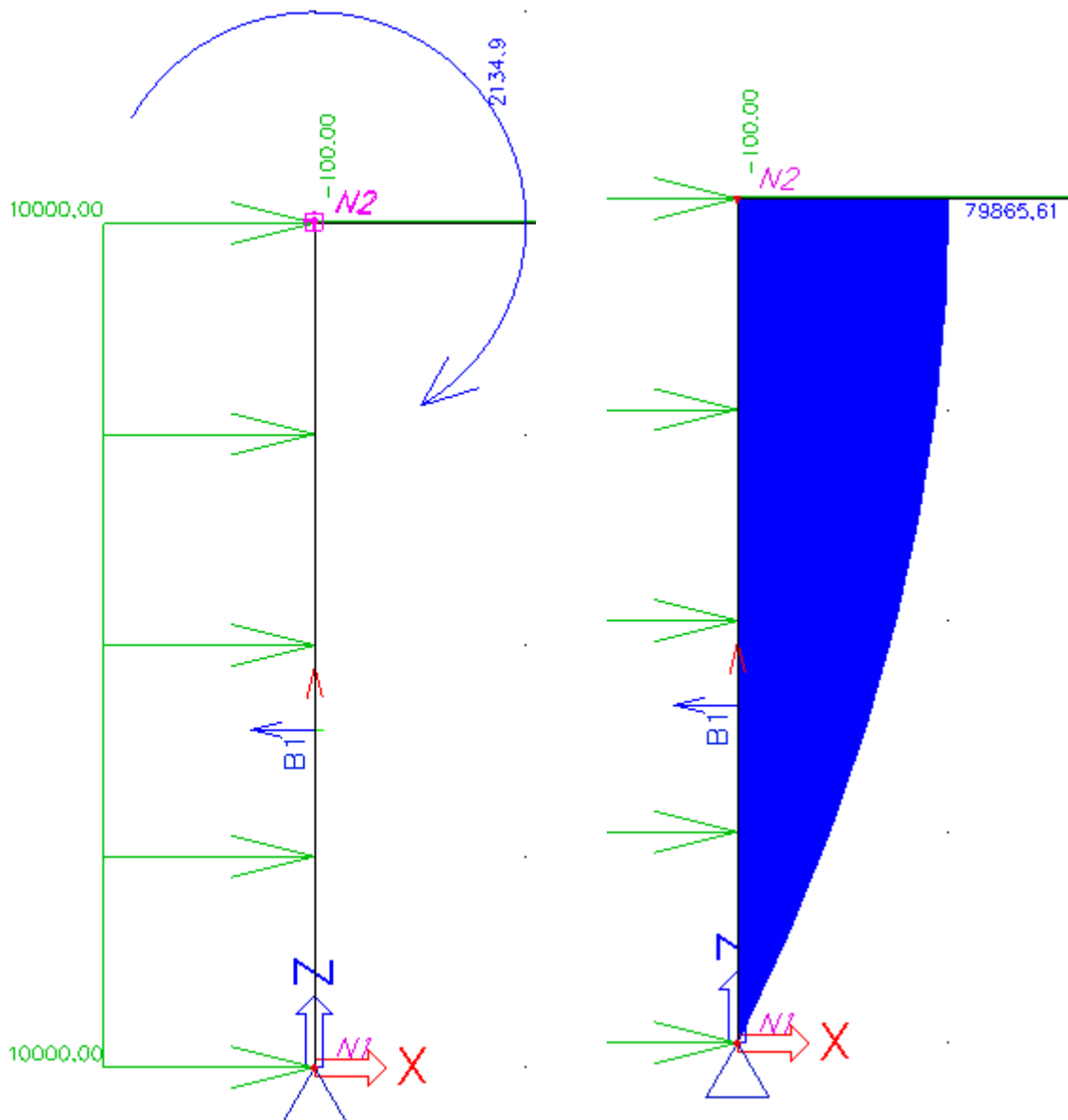
Geometrie

Systém	GSS
Poloha	Délka
Umístění	na celek
Pozice x1	0,000
Pozice x2	1,000
Zadání sou...	Rela
Počátek	Od počátku

Zatížení LC2:



Získané vnitřní síly v uzlech:



Součinitel vzpěrné délky vypočtený programem:

Štíhlost oceli

Štíhlost oceli
Lineární výpočet

Prut	Jméno průřezu	Část	Posuvné y Posuvné z	Ly [m] Lz [m]	ky [-] kz [-]	ly [m] lz [m]	Lam y [-] Lam z [-]
B1	CS1	1	Ano	4,000	2,50	9,987	66,78

Součinitel vzpěrné délky vypočítaný ručně:

a) pro posuvnou konstrukci :			
L	systémová délka		4000 mm
E	Youngův modul pružnosti		210000 N/mm ²
I	moment setrvačnosti		162700000 mm ⁴
$C_i = \frac{M_i}{\phi_i}$			
C_i	tuhost v uzlu I	C1	0 N mm/rad
		C2	37,4 N mm/rad
M_i	moment v uzlu I	M1	0 kN m
		M2	79865 kN m
F_i	stočení v uzlu I	F1	1 rad m
		F2	2134 rad m
$\rho_i = \frac{C_i L}{EI}$			
ρ_1		0 PŘEPOČET	
ρ_2	4,38E-09		4,4
$x = \frac{4\rho_1\rho_2 + \pi^2\rho_1}{\pi^2(\rho_1 + \rho_2) + 8\rho_1\rho_2}$			
x_1			0
x_2			1
$1/L = x \sqrt{\frac{\pi^2}{\rho_1 x} + 4}$			
1/L(1)			#DIV/0!
1/L(2)			2,50

