

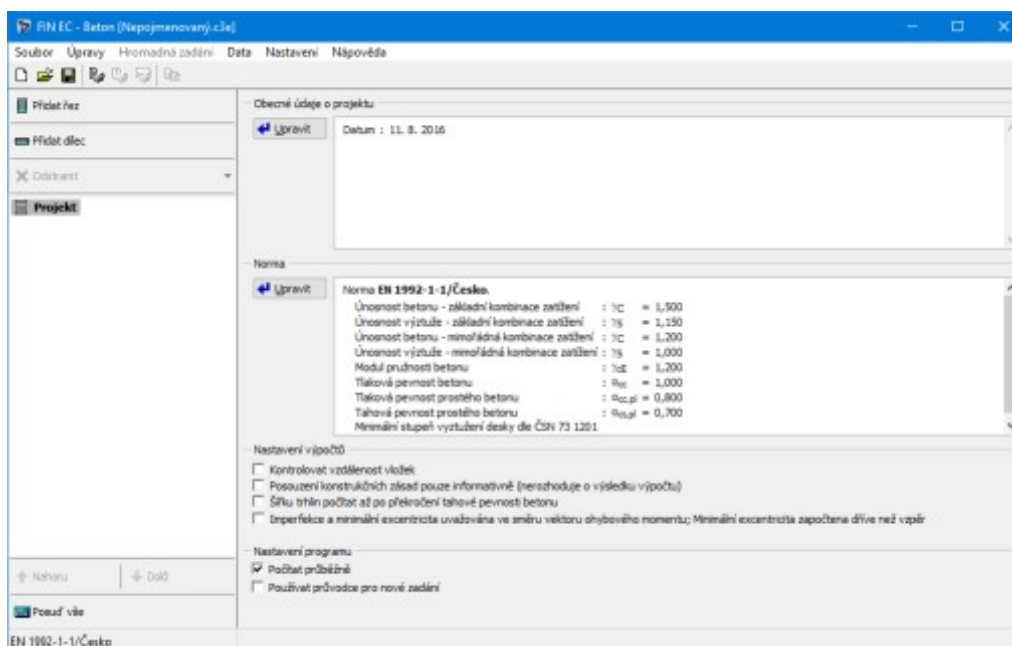
Železobetonový sloup

Zadání

Cílem tohoto příkladu je navrhnout a posoudit výztuž šestiúhelníkového železobetonového sloupu (výška průřezu 200mm) o výšce 3m namáhaného normálovou silou 400kN , momentem $M_y = 2,33\text{kNm}$ a momentem $M_z = 5,46\text{kNm}$. Je nutné též ověřit mezní stav omezení napětí. V tomto případě se zatížení skládá z normálové síly 350kN a ohybového momentu $M_y = 2,00\text{kNm}$. Použit má být beton třídy C30/37 X0 a ocel třídy B500.

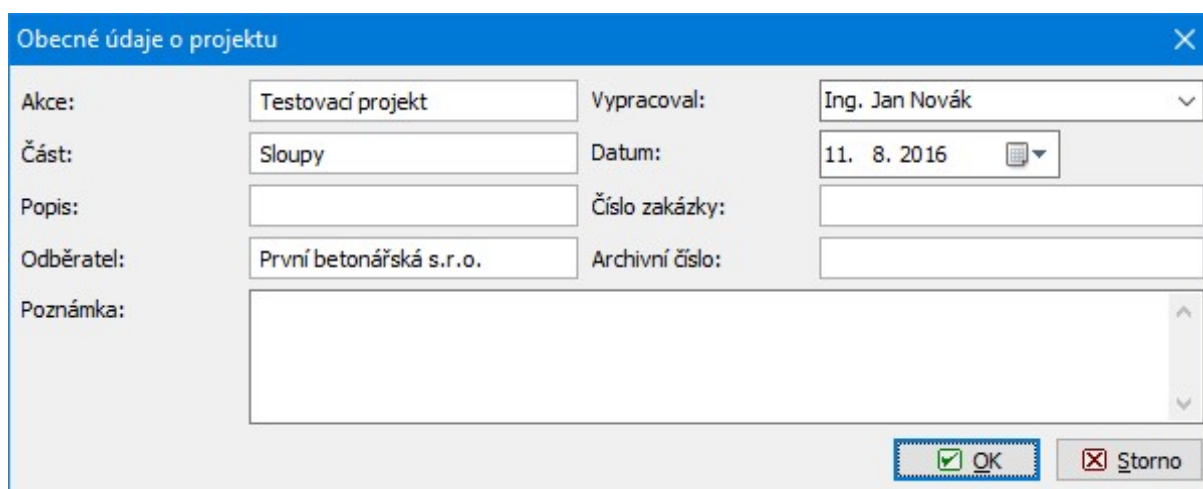
Založení nové úlohy

Po spuštění programu "Beton" se zobrazí následující obrazovka:



Úvodní obrazovka programu Beton

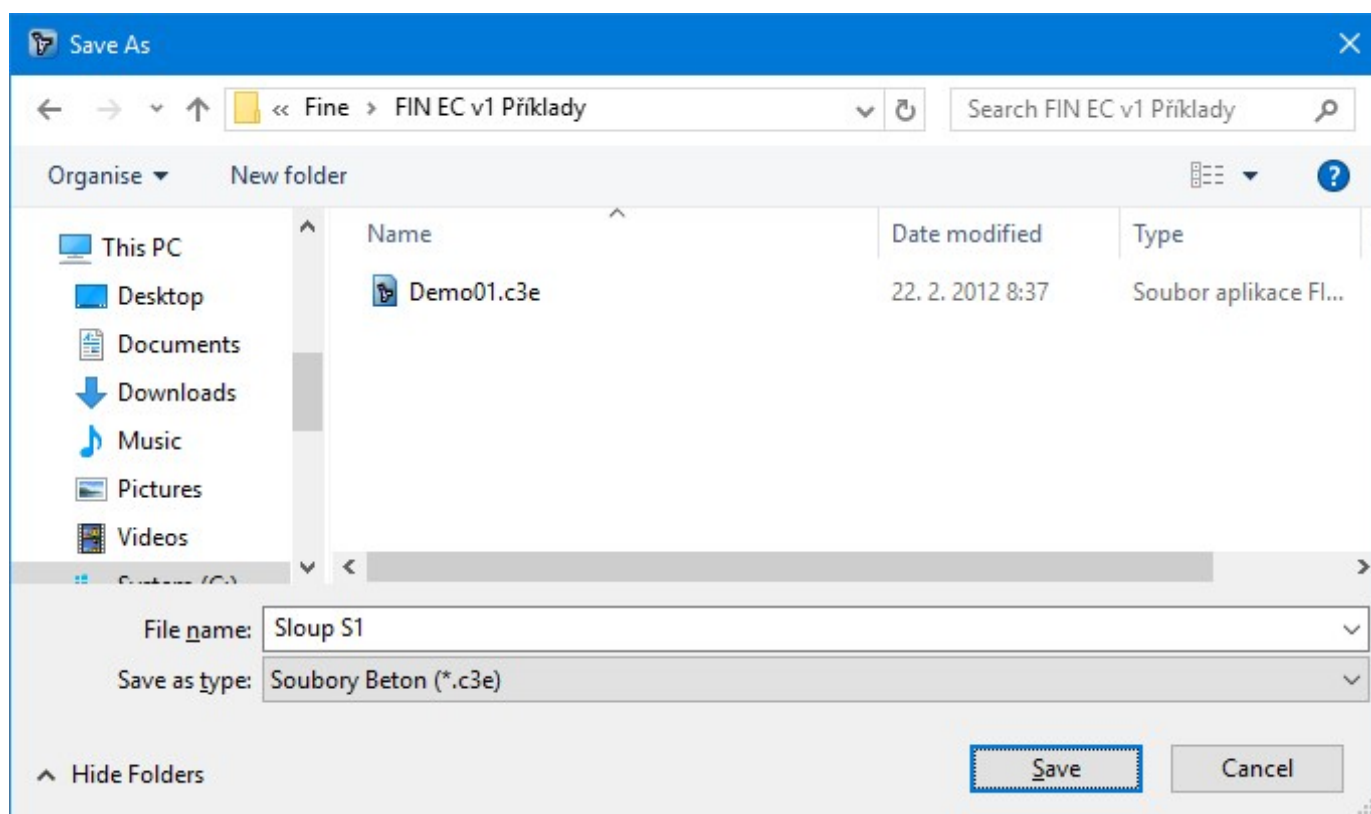
Program umožňuje v rámci jednoho projektu počítat libovolné množství úloh. Úlohy mohou být typu "Řez" či "Dílec". Úlohy typu "Řez" jsou vhodné pro ruční posouzení betonových průřezů, úlohy typu "Dílec" se používají především při posouzení konstrukcí vytvořených v programech "Fin 2D" a "Fin 3D". V našem případě budeme zadávat a posuzovat pouze jednu úlohu typu "Řez". Na úvodní obrazovce lze v části "Obecné údaje o projektu" zadat název, popis a další identifikační údaje o projektu. Stisknutím tlačítka "Upravit" se zobrazí dialogové okno s identifikačními údaji projektu:



Dialogové okno "Obecné údaje o projektu"

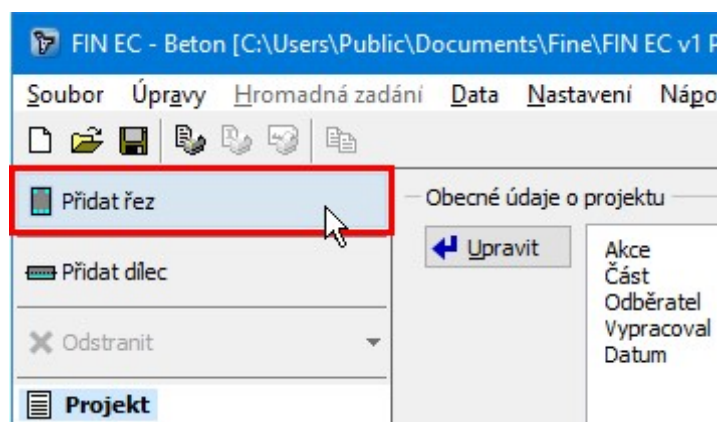
Zadané informace mohou být později zobrazeny například v záhlaví či zápatí výstupních protokolů.

Před začátkem samotné práce je vhodné úlohu uložit. To lze provést pomocí tlačítka "Uložit" či v hlavním menu (položka menu "Soubor" "Uložit jako"). Využít lze též klávesovou zkratku "Ctrl+S".



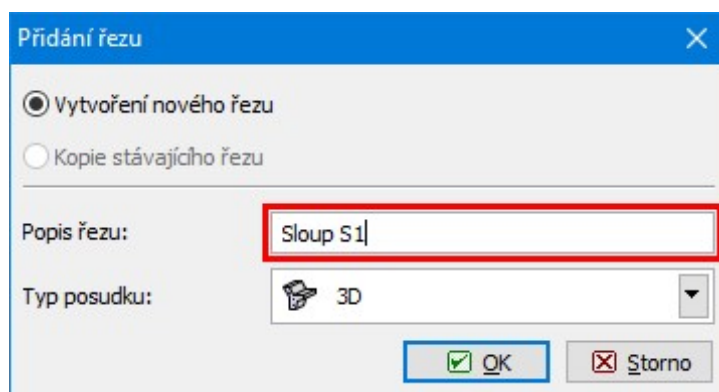
Okno pro uložení projektu

Poté lze přistoupit k zadání nového řezu. Stiskneme tlačítko "**Přidat řez**" v horní části zadávacího stroměčku:



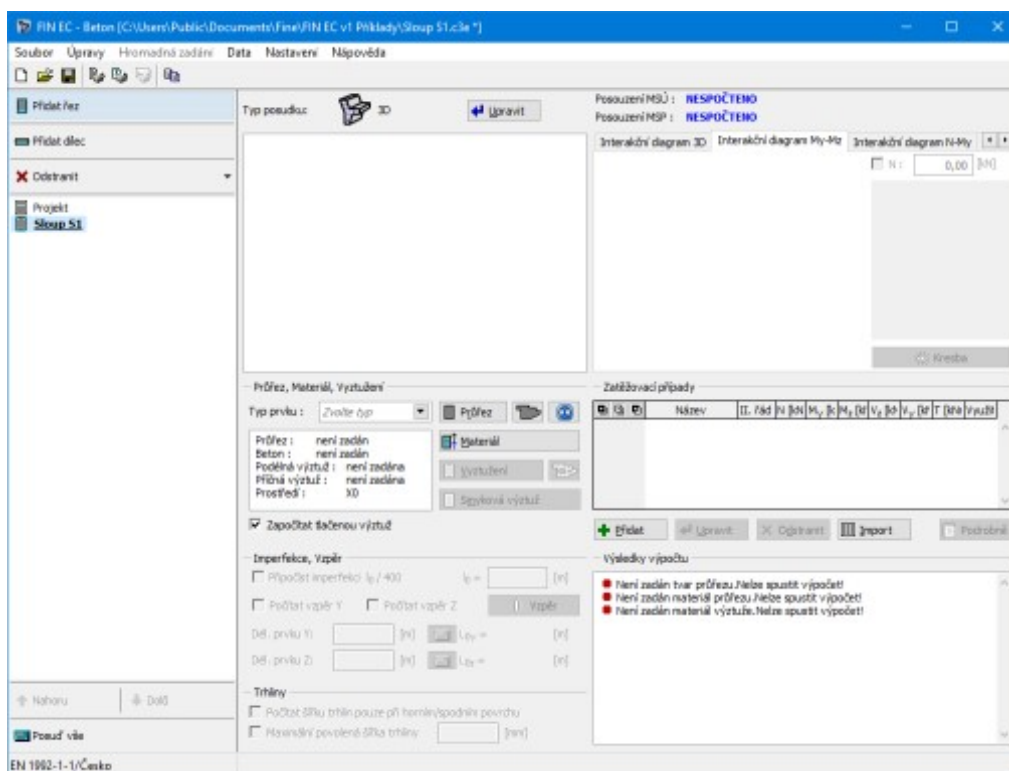
Přidání úlohy typu "Řez"

Zobrazí se dialogové okno, kde můžeme zadat název řezu. Zadáme název "**Sloup S1**". Protože budeme posuzovat oboustranný ohyb, musíme mít zvolen typ posudku "**3D**". Zadání úlohy potvrdíme stisknutím tlačítka „OK“.



Dialogové okno pro zadání nového řezu

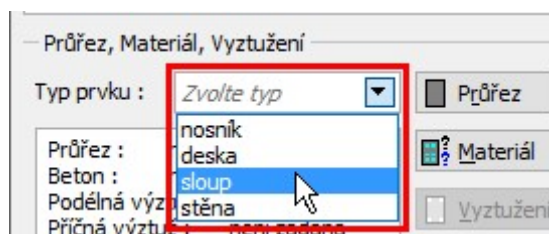
V zadávacím stroměčku v levé části obrazovky se vygenerovala položka "**Sloup S1**", představující nový řez. Program se automaticky nastavil na tuto položku, takže můžeme rovnou zadávat parametry řezu.



Úloha typu "Řez" bez zadaných údajů


Průřez, Materiál, Vyztužení

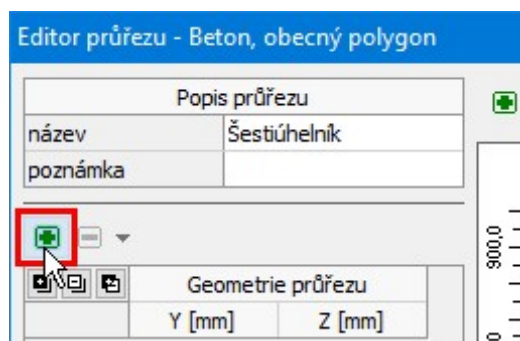
Nejprve je nutné zadat základní geometrické a materiálové charakteristiky řezu v části "**Průřez, Materiál, Vyztužení**". "**Typ prvku**" určuje, jakou má prvek v konstrukci funkci: **nosník**, **sloup**, **deska**, **stěna**.



Volba typu prvku

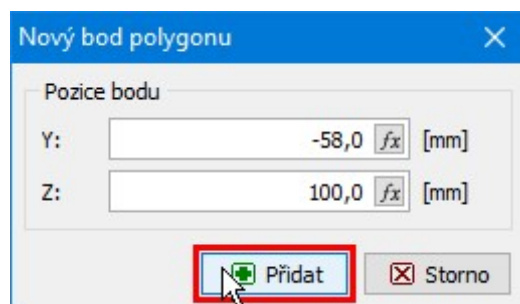
V tomto případě je nutné vybrat typ "**Sloup**". Tato volba ovlivňuje způsob posouzení a kontrolu konstrukčního uspořádání výztuže.

Protože šestiúhelník není v knihovně předdefinovaných průřezů, je pro zadání průřezu nutné použít tlačítko "" (libovolný polygon). Toto tlačítko otevře okno "**Editor průřezu**", ve kterém lze zadat číselně či graficky obecný tvar průřezu. Tvar průřezu je definován šesti rohovými uzly, které je třeba zadat v odpovídajícím pořadí. V tomto případě použijeme číselné zadávání pomocí souřadnic. Pro zadání bodů použijeme tlačítko "+" v záhlaví tabulky bodů, která se nachází v levé části okna.



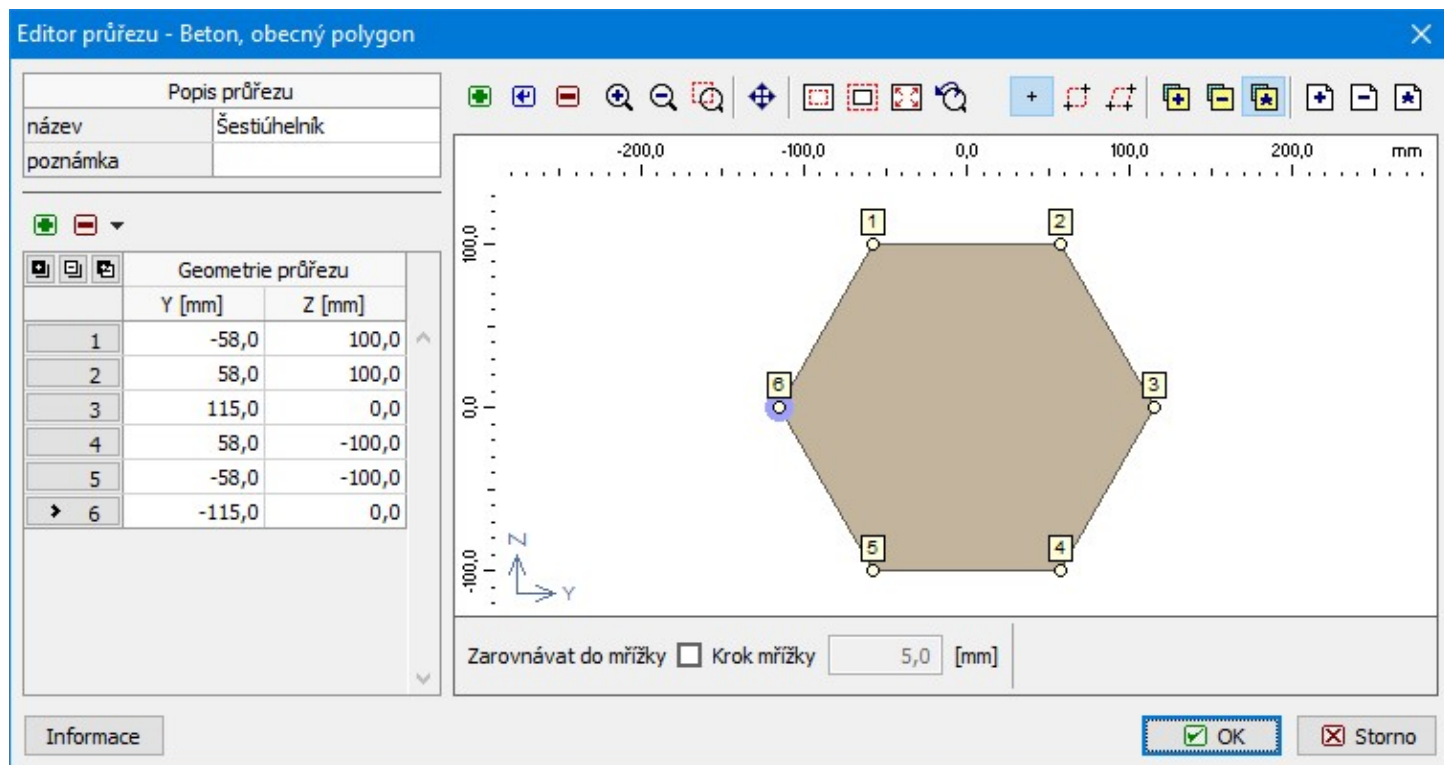
Tlačítko pro zadání bodů polygonu

Po stisknutí tlačítka se objeví okno, ve kterém lze zadávat souřadnice bodů. Zadáme souřadnice prvního bodu $[-0,058;0;100]$ a bod vložíme tlačítkem "**Přidat**".



Vkládání jednotlivých bodů polygonu

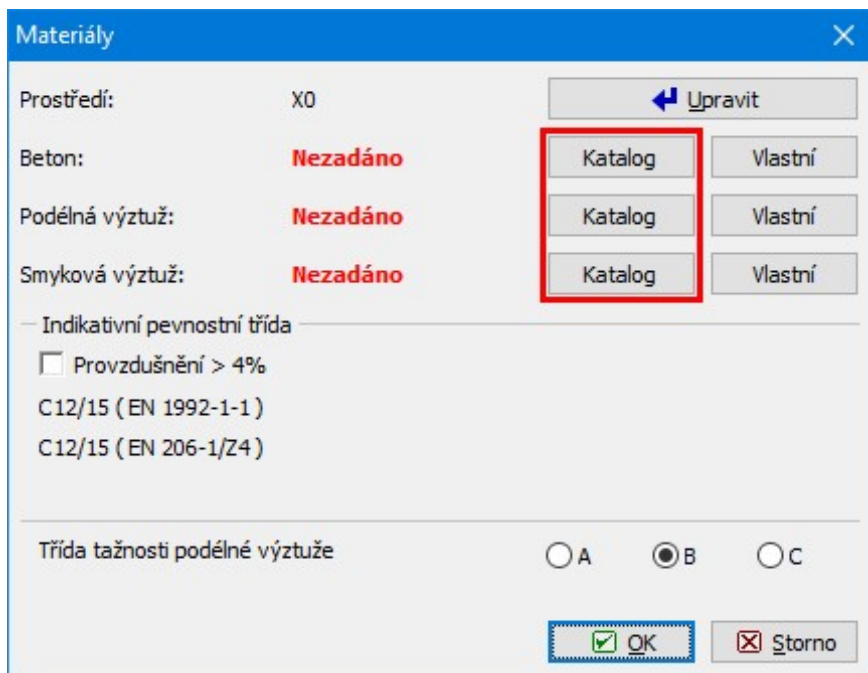
Stejným způsobem zadáme i ostatní body $[0,058;0;100]$, $[0,115;0;000]$, $[0,058;-0,100]$, $[-0,058;-0,100]$, $[-0,115;0;000]$. Po zadání posledního bodu ukončíme zadávání tlačítkem "**Zavřít**" a vrátíme se do okna "**Editor průřezu**". Tam již vidíme celý vymodelovaný průřez, případné změny v topologii můžeme provádět buď změnou souřadnic v tabulce po levé straně nebo přímo graficky na pracovní ploše. Dialogové okno ukončíme tlačítkem "**Storno**".



Zadaný obecný polygon

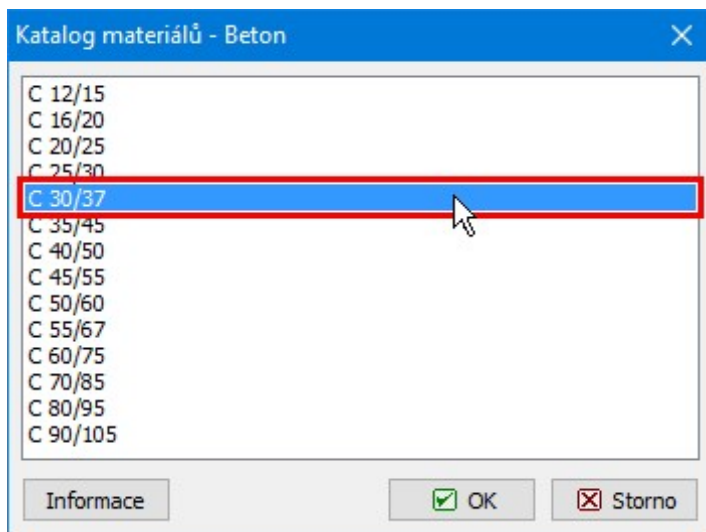
Následuje zadání použitých materiálů. To provedeme v dialogovém okně "**Materiály**", které spustíme tlačítkem "**Materiál**" v části "**Průřez, Materiál, Vyztužení**". S ohledem na umístění sloupu uvnitř objektu ponecháme kategorii "**Prostředí**" jako "**X0**" (bez nebezpečí koroze), neboť sloup není nijak ohrožen vnějším prostředím. Následuje zadání samotných materiálů

pro beton, podélnou a smykovou výztuž. Protože používáme standardní materiály, je možné využít knihovny předdefinovaných materiálů, které nalezneme pod tlačítky "**Katalog**" u příslušného řádku.



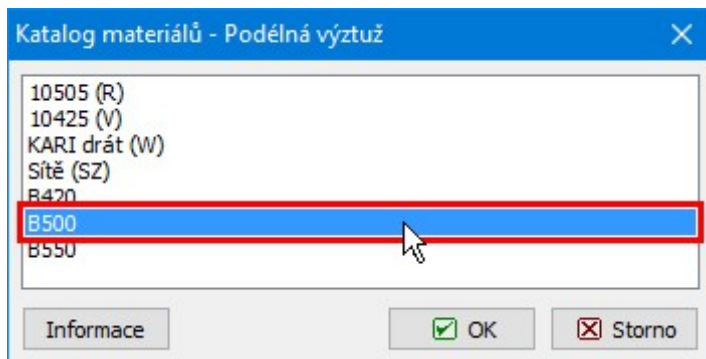
Dialogové okno "Materiály"

Pro beton vybereme třídu "**C 30/37**" a dialogové okno ukončíme tlačítkem "**OK**".



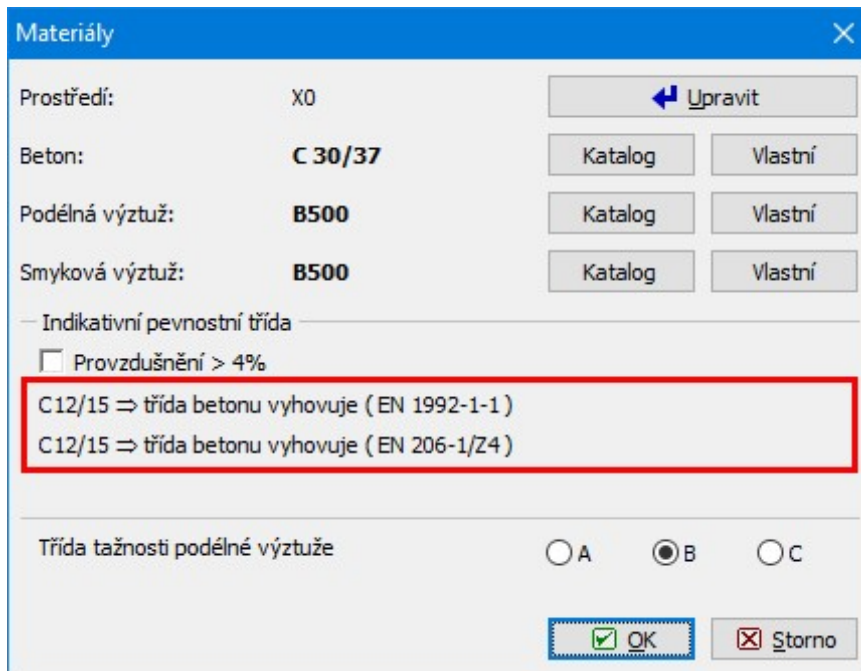
Výběr třídy betonu

Následuje zadání oceli, jak pro ohybovou tak i pro smykovou výztuž zvolíme ocel "**B500**" a dialogové okno ukončíme tlačítkem "**OK**".



Zadání třídy oceli

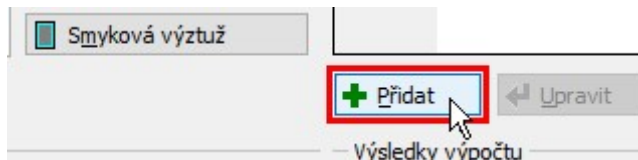
Po návratu do dialogového okna "**Materiály**" vidíme přehled zadaných materiálů a zároveň si můžeme v části "**Minimální třída betonu**" ověřit, že vybraná třída betonu splňuje požadavky na minimální pevnost s ohledem na vybranou kategorii vlivu prostředí. Poté můžeme zavřít okno "**Materiály**" tlačítkem "**OK**".



Kontrola minimální třídy betonu

Zatěžovací případy

Po zadání průřezu a materiálu můžeme pokračovat buď zadáním výztuže nebo zatěžovacích případů. My nejprve zadáme zatěžovací případ, neboť poté uvidíme výsledky posouzení ihned v průběhu zadávání výztuže. Pro zadání zatěžovacího případu využijeme tlačítko "**Přidat**" pod tabulkou v části "**Zatěžovací případy**".



Tlačítko pro přidání zatěžovacích případů

V dialogovém okně "**Nový zatěžovací případ**" nejprve zvolíme "**Typ kombinace**". Tato volba určuje, dle jakého kombinačního předpisu byly získány vnitřní síly a pro jaký posudek má být zatížení použito. Dostupné jsou následující možnosti:

Základní návrhová (MSÚ)

- vnitřní síly byly získány ze základní kombinace pro trvalé a dočasné návrhové situace (vztah 6.10 resp. 6.10a a 6.10b normy EN 1990). Tyto zatěžovací případy jsou použity pro základní ověření únosnosti průřezu (Mezní stav únosnosti).

Mimořádná návrhová (MSÚ)

- vnitřní síly byly získány z kombinace pro mimořádné návrhové situace (vztah 6.11 normy EN 1990). Tyto zatěžovací případy jsou použity pro ověření únosnosti průřezu při mimořádných návrhových situacích v mezním stavu únosnosti (použity dílčí součinitele materiálu pro mimořádné návrhové situace).

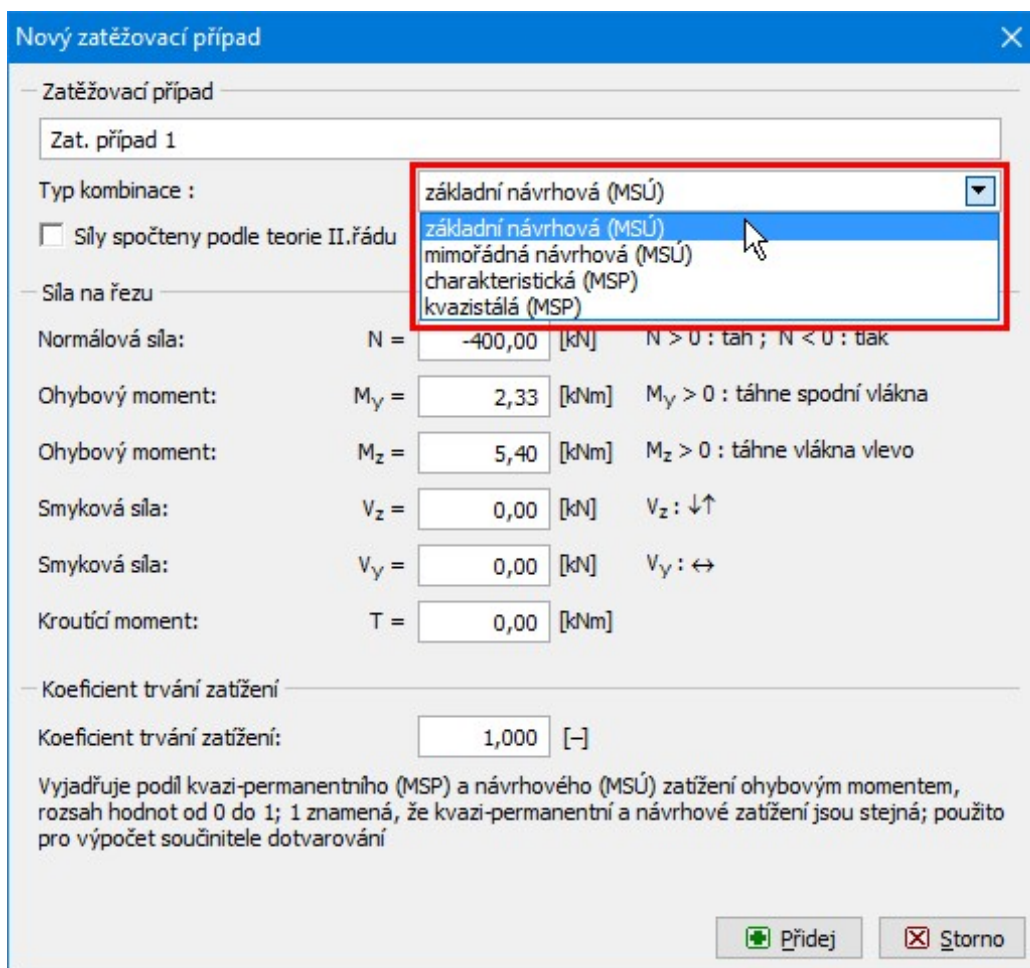
Charakteristická (MSP)

- vnitřní síly byly získány z charakteristické kombinace (vztah 6.14 normy EN 1990). Tyto zatěžovací případy jsou použity pro ověření mezního stavu omezení napětí (mezní stav použitelnosti).

Kvazistálá (MSP) • vnitřní síly byly získány z kvazistálé kombinace (vztah 6.16 normy EN 1990). Tyto zatěžovací případy jsou použity pro ověření mezního stavu omezení šířky trhlin (mezní stav použitelnosti).

V okně dále zadáme vnitřní síly působící na průřez, v našem případě normálovou sílu $N = -400\text{kN}$ (jedná se o tlakovou sílu, proto zadáváme se záporným znaménkem), ohybový moment $M_y = 2,33\text{kNm}$ a ohybový moment $M_z = 5,46\text{kNm}$.

Zároveň bychom měli zadat "**Koeficient trvání zatížení**", který zohledňuje podíl kvazistálého zatížení na celkové hodnotě zatížení při výpočtu součinitele dotvarování. Pokud tento údaj není přesně znám, je možné nechat součinitel rovný 1,00. Poté bude celá hodnota zatížení uvažována jako kvazistálá. Zatěžovací případ vložíme tlačítkem "**Přidej**".



Výběr typu kombinace u zatěžovacího případu

Poté ihned zadáme zatěžovací případ pro mezní stav použitelnosti. Zadání probíhá stejně jako v případě zatěžovacích případů pro mezní stavy únosnosti. Protože je naším cílem ověřit mezní stav omezení napětí, zvolíme typ kombinace "**Charakteristická (MSP)**". V okně zadáme v souladu se zadáním kombinaci normálové síly $N = -350\text{kN}$ a ohybového momentu $M_y = 2,00\text{kNm}$. Po vložení zatěžovacího případu do úlohy tlačítkem "**Přidat**", ukončíme okno pro zadávání zatěžovacích případů tlačítkem "**Storno**".

Oba zadané zatěžovací případy se zobrazí v přehledné tabulce.

Zatěžovací případy									
	Název	II. řád	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	V_z [kN]	V_y [kN]	T [kNm]	Využití
1	Zat. případ 1 - základní návrhová (MSÚ)		-400,00	2,33	5,40				
2	Zat. případ 2 - charakteristická (MSP)		-350,00	2,00					

+ Přidat

← Upravit

✖ Odstranit

📄 Import

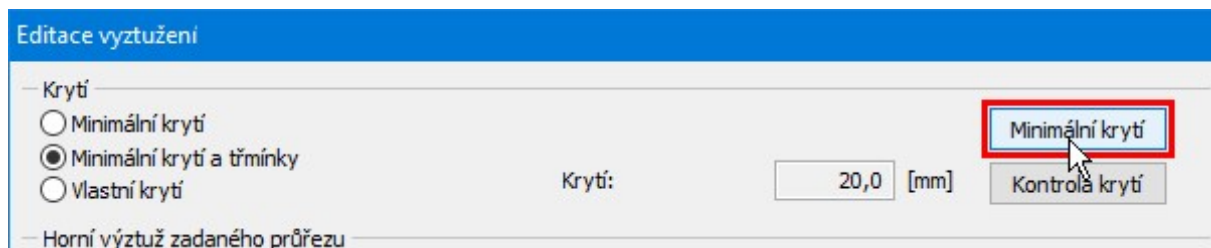
🔍 Podrobně

Tabulka zadaných zatěžovacích případů

Do tabulky lze vložit libovolný počet zatěžovacích případů, a to i formou importu textového souboru (tlačítko **"Import"**).

Vyztužení

Po návratu do hlavního okna programu můžeme přistoupit k zadání ohybové a smykové výztuže. Dialogové okno pro zadání podélné výztuže spustíme tlačítkem **"Vyztužení"** v části **"Průřez, Materiál, Vyztužení"**. Horní část okna obsahuje volbu způsobu stanovení krytí výztuže. Ponecháme výchozí variantu **"Minimální krytí a třmínky"**. Tento způsob zajišťuje, že je podélná výztuž vzdálená od okraje průřezu o hodnotu, která se rovná součtu minimálního krytí a průměru obvodových třmínků. Výpočet hodnoty krytí si lze prohlédnout v samostatném okně, které se spouští tlačítkem **"Minimální krytí"**.



Spuštění okna s parametry minimálního krytí

Okno **"Krytí výztuže"** obsahuje řadu voleb, které ovlivňují hodnotu krytí výztuže. V našem případě do těchto nastavení nemusíme zasahovat, okno opustíme tlačítkem **"OK"**.

Krytí výztuže

Prostředí

Prostředí: X0

Indikativní pevnostní třída C12/15 ⇒ třída betonu vyhovuje (EN 1992-1-1)
C12/15 ⇒ třída betonu vyhovuje (EN 206-1/24)

Třída konstrukce

Třída : S4

Budovy bytové, občanské a další běžné stavby, budovy pro výrobu a služby, pro těžbu paliv a rud, vodojemy a zásobníky, vodní hospodářství

☐ Životnost > 80 let
☐ Životnost > 100 let

☐ Desková konstrukce
☐ Speciální kontrola kvality

Výsledná třída konstrukce: S3

Ostatní vlivy

Třída obruš : Bez obruš

☐ Jmenovitý průměr kameniva větší než 32mm
☐ Nerovný povrch
☐ Přídavná bezp. složka krytí
☐ Korozivzodorná výztuž
☐ Přídavná ochrana výztuže
☐ Přídavek pro návrh. odch.
☐ Betonáž na:

0,0 [mm]

0,0 [mm]

0,0 [mm]

0,0 [mm]

10,0 [mm]

☐ upravené podloží
☒ zeminu

Minimální krytí

$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10) = \max(0; 10; 10) = 10 \text{ mm}$
 $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 10 + 10 = 20 \text{ mm}$

OK

Storno

Okno "Krytí výztuže"

V dialogovém okně "**Editace vyztužení**" můžeme snadno zadat potřebnou výztuž. Výztuž zadáme z profilů o průměru **16mm** tak, aby v každém rohu průřezu byla jedna vložka. Zadání provedeme pomocí tří samostatných řad. V obou seznamech "**Horní výztuž zadaného průřezu**" a "**Dolní výztuž zadaného průřezu**" zaškrtneme políčka u prvních řádků a tím zadáme horní a dolní řadu výztuže. Profil změníme na **16mm**. Způsob určení polohy ponecháme na variantě "**Min. kr.**". V takovém případě program určí polohu vložek automaticky tak, aby byly umístěny co nejbližší hornímu resp. dolnímu okraji a zároveň aby poloha vyhovovala kritériu minimálního krytí výztuže. Následně v části "**Horní výztuž zadaného průřezu**" použijeme i druhou řadu výztuže, kde však zadáme polohu dvou vložek o průměru **16mm** způsobem "**Pozice**". V tomto případě je poloha vložek dána svislou vzdáleností středu vložek od horní hrany průřezu.

9

Krytí

☐ Minimální krytí
 ☒ Minimální krytí a třmínky
 ☐ Vlastní krytí

Krytí:

26,0 [mm]

Minimální krytí

Kontrola krytí

Horní výztuž zadaného průřezu

	Profil výzt. [mm]	Způsob zadání	Vzdálenost [mm]	Počet ks [-]	Poloha Druh [mm]	A _s [mm ²]
<input checked="" type="checkbox"/> 1	16	Počtem		2	Min. kr. 26,0	402,1
<input checked="" type="checkbox"/> 2	16	Počtem		2	Pozice 100,0	402,1
<input type="checkbox"/> 3						
<input type="checkbox"/> 4						

Σ A_s [mm²]

804,2

Dolní výztuž zadaného průřezu

	Profil výzt. [mm]	Způsob zadání	Vzdálenost [mm]	Počet ks [-]	Poloha Druh [mm]	A _s [mm ²]
<input checked="" type="checkbox"/> 1	16	Počtem		2	Min. kr. 26,0	402,1
<input type="checkbox"/> 2						
<input type="checkbox"/> 3						
<input type="checkbox"/> 4						

Σ A_s [mm²]

402,1

Informace o výztužení

Celková plocha výztuže: 1206,4 mm²

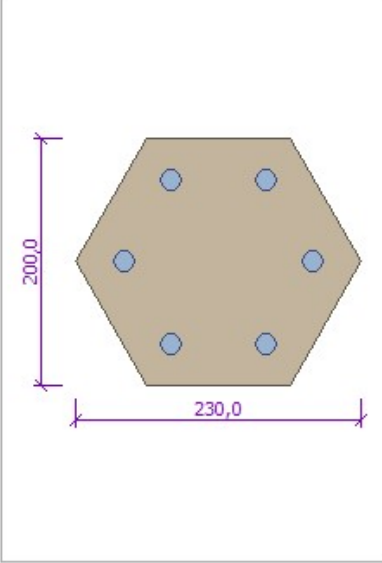
Posouzení min. a max. stupně výztužení

Sloup (celková výztuž):
 $\rho_s = 0,0349 \geq \rho_{s,min} = 0,00266 \Rightarrow$ **Vyhovuje**
 $\rho_s = 0,0349 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Využití průřezu ohybem : 34,1 % **VYHOVUJE**

OK

Storno



Rozmístění výztuže

☒ Generovat stejný rozestup vložek
☐ Vložky umístit co nejvíce ke kraji

Zadaná podélná výztuž sloupu

Po zadání výztuže v dolní části okna ihned vidíme, že množství podélné výztuže je dostačující a návrh vyhovuje (využití průřezu ohybem 34,1%). Zároveň si v části **"Informace o výztužení"** můžeme ověřit, že jsou splněny konstrukční zásady dané normou. Tlačítkem **"OK"** se můžeme vrátit do základního okna programu.

Smyková výztuž

Dalším krokem je zadání příčné výztuže. Zadání se provádí v samostatném okně, které spustíme tlačítkem **"Smyková výztuž"**. V tomto okně zaškrtnutím políčka **"Obvodové třmínky"** zpřístupníme políčka pro zadání vlastností třmínků. Zadáme odvodové třmínky o průměru 10mm a jejich vzájemnou vzdálenost 150mm.

10

Editace vyztužení

☒ Obvodové třmínky

Profil d : 10 [mm]

Vzdálenost s : 150,0 [mm]

Kroucení : Uvažovat pouze pro přenos smyku

Poměrná část plochy třmínku pro únosnost proti kroucení : [] [%]

☐ Spony, vnitřní třmínky svislé

☐ Spony, vnitřní třmínky vodorovné

☐ Třmínky stejné jako obvodové

☐ Třmínky stejné jako obvodové

Profil d : [] [mm]

Vzdálenost s : [] [mm]

Počet střihů : [] [-]

Počet střihů : [] [-]

☐ Ohyby svislé

☐ Ohyby vodorovné

Profil d : [] [mm]

Profil d : [] [mm]

Sklon α : [] [°]

Sklon α : [] [°]

Počet střihů : [] [-]

Počet střihů : [] [-]

☐ Uvažovat jako řadu ohybů

☐ Uvažovat jako řadu ohybů

Vzdálenost s : [] [mm]

Vzdálenost s : [] [mm]

☐ Rameno vnitřních sil

☐ Sklon tlačných diagonál

☒ Určit výpočtem

☒ Iterovat

☐ Určit jako [] x d

☐ Vlastní [] [°]

Informace o vyztužení

Posouzení konstrukčních zásad třmínků

Minimální průměr třmínků $d = 6 \text{ mm} \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Maximální vzdálenost třmínků $s_{cl,max} = 200,0 \text{ mm} \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Zat. případ 1

Smyk

Průřez není namáhán smykem.

Kroucení

Průřez není namáhán kroucením.


Využití průřezu na smyk : **0,0 % VYHOVUJE**

OK Storno

Zadání příčné výztuže

Protože nemáme zadanou žádnou smykovou sílu, program vypisuje nulové využití průřezu na smyk. Okno ukončíme tlačítkem "OK".


Imperfekce, vzpěr


Následuje zadání imperfekce a parametrů vzpěru. Nejprve zaškrtneme nastavení "**Připočíst imperfekci $l/400$** ", které do posouzení zahrne imperfekci v souladu s článkem 5.2(9) normy EN 1992-1-1. Jako délku l , která je použita pro stanovení velikosti imperfekce, zadáme délku sloupu $3m$. Dále je nutné zaškrtnout obě nastavení "**Počítat vzpěr Y/Z**", aby byl ve výpočtu zohledněn vzpěr v obou hlavních směrech. Základní délky pro výpočet vzpěrných délek jsou převzaty z délky prvku pro stanovení imperfekce. Ve výchozím nastavení je uvažováno kloubové uložení konců, takže vzpěrné délky L_{0y} a L_{0z} jsou rovné hodnotě $3m$. Pokud by bylo třeba zvolit jiné uložení konců, je možné tak učinit pro každý směr pomocí tlačítka "" za základní délkou pro výpočet vzpěrné délky. Tlačítkem "**Vzpěr**" lze vyvolat okno s podrobnými parametry, kde lze například změnit metodu výpočtu vzpěru. V našem případě tyto změny provádět nebudeme.

Imperfekce, Vzpěr

☒ Připočíst imperfekci $l_0 / 400$ $l_0 =$ 3,000 [m]

☒ Počítat vzpěr Y ☒ Počítat vzpěr Z Vzpěr

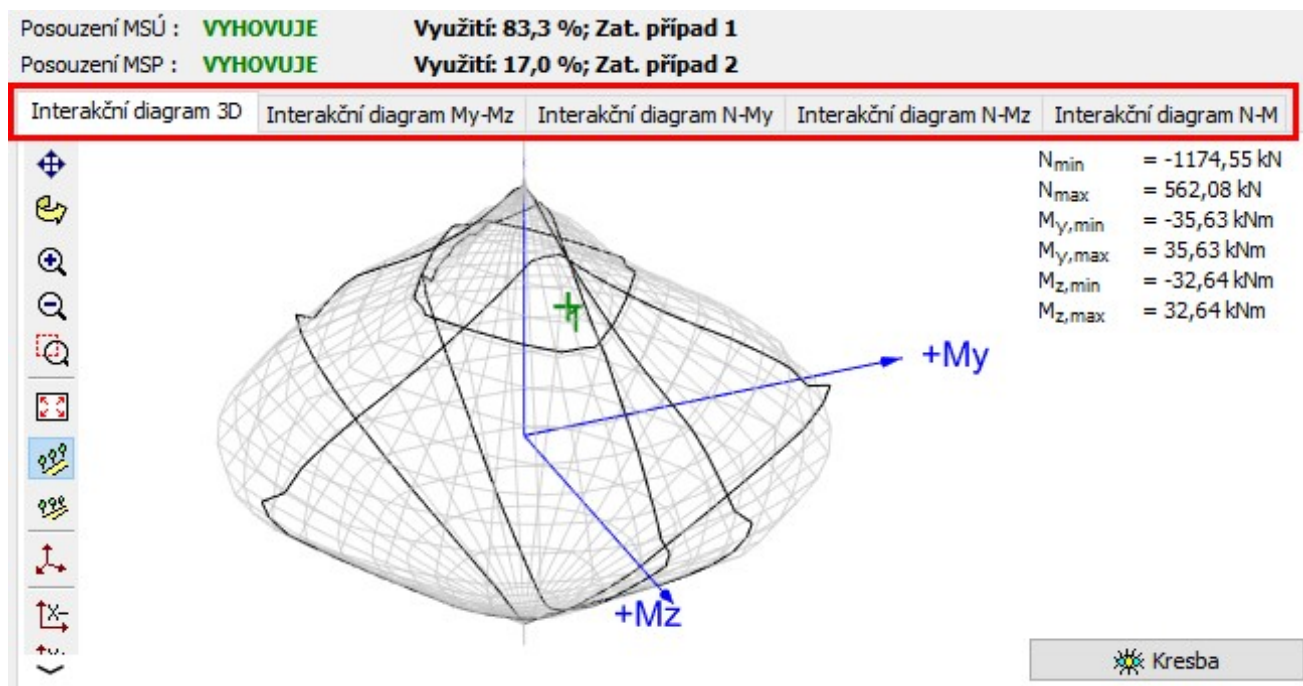
Dél. prvku Y: 3,000 [m]  $L_{0Y} =$ 3,000 [m]

Dél. prvku Z: 3,000 [m]  $L_{0Z} =$ 3,000 [m]

Zadané vlastnosti imperfekce a vzpěru

Výsledky

Zadáním údajů o vzpěru jsme zkompletovali vstupní údaje, takže program v pravé horní části okna může zobrazit výsledky. Jedná se především o celkové shrnutí výsledků ("**Posouzení MSÚ/MSP**") a interakční diagram. Pro interakční diagram lze zvolit způsob zobrazení, k dispozici je jak prostorový diagram, tak rovinné diagramy vytvořené v místech zadané veličiny "**N**", "**M_y**" či "**M_z**" nebo v rovině dané směrem ohybu.







Volba typu zobrazeného interakčního diagramu

Program umožňuje též detailní kontrolu podrobných výsledků. Tyto výsledky lze zobrazit pro aktivní zatěžovací případ (zvýrazněný znakem ">" v prvním sloupci tabulky zatěžovacích případů) pomocí tlačítka "**Podrobně**" pod tabulkou.

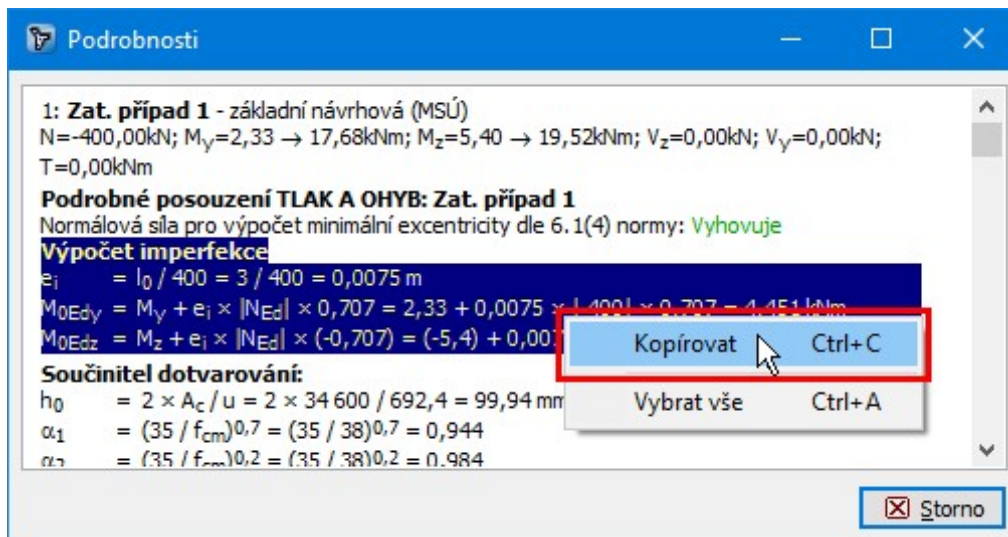
Zatěžovací případy

	Název	II. řád	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	V _x [kN]	V _y [kN]	T [kN]	Využití
> 1	Zat. případ 1 - zák		-400,	2,33	5,40				83,3 %
2	Zat. případ 2 - chř		-350,	2,00					17,0 %

 Přidat
  Upravit
  Odstranit
  Import
  Podrobně

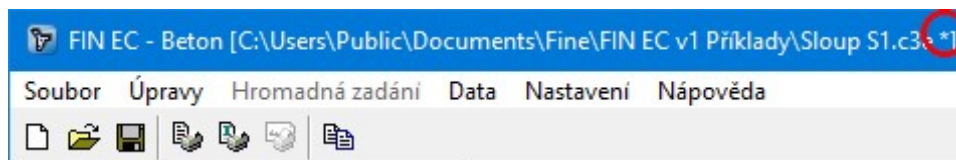
Zobrazení podrobných výsledků pro zatěžovací případ 1

Podrobné výsledky se zobrazí v novém okně. Okno ukazuje postup výpočtu včetně dosazených hodnot veličin. Označený text z tohoto okna může být zkopírován klávesovou zkratkou "**Ctrl**" + "**C**" a vložen například do textového editoru.



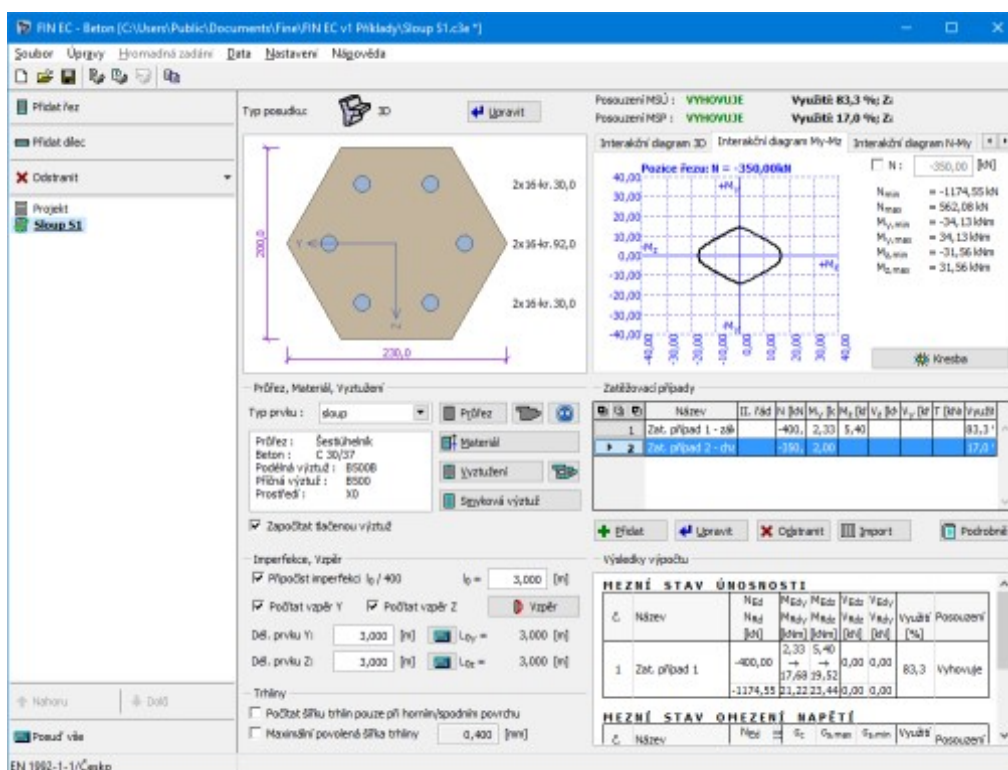
Kopírování textu z okna s podrobnými výsledky

Protože jsme dokončili kompletně zadávání, je vhodné úlohu uložit na disk, což můžeme provést například tlačítkem "💾️" v nástrojové nebo klávesovou zkratkou "Ctrl+S". Stav, kdy je vhodné úlohu uložit (aktuální podoba úlohy se liší od stavu úlohy na disku), poznáme též podle toho, že v záhlaví programu se za názvem souboru zobrazuje symbol "***".




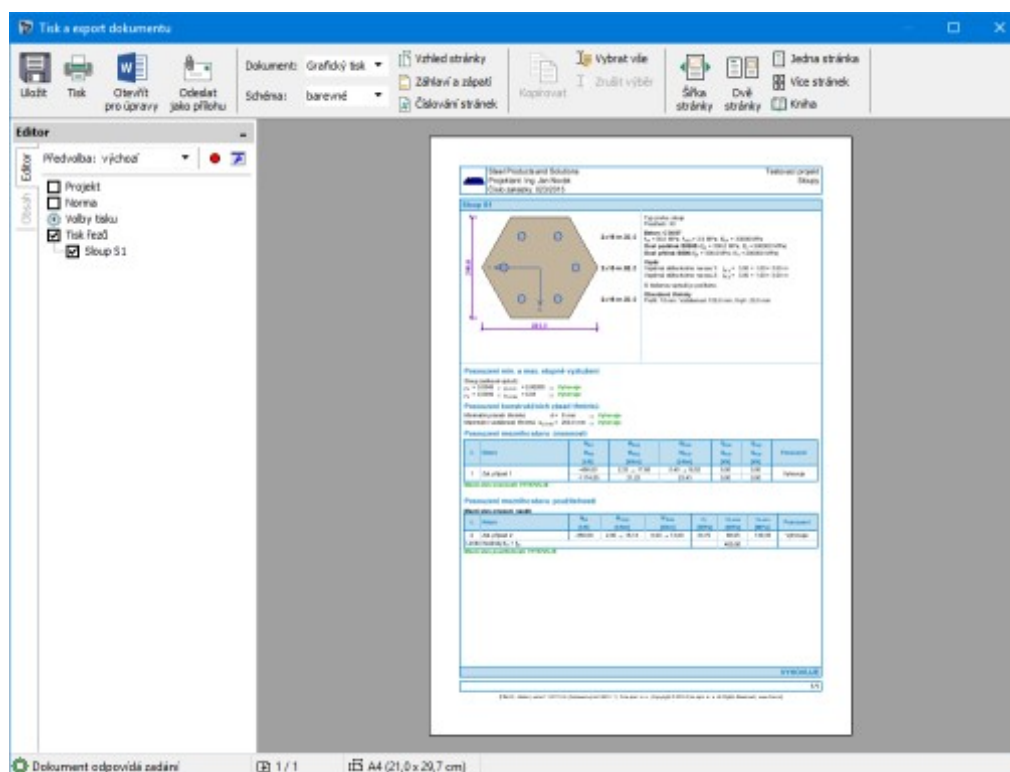
Indikace neuloženého stavu úlohy

Protože jsme v průběhu zadávání splnili všechna konstrukční opatření a protože hlavní okno nám zobrazuje vyhovující využití pro mezní stavy únosnosti i použitelnosti, můžeme považovat naši úlohu za dokončenou.




Posouzený průřez

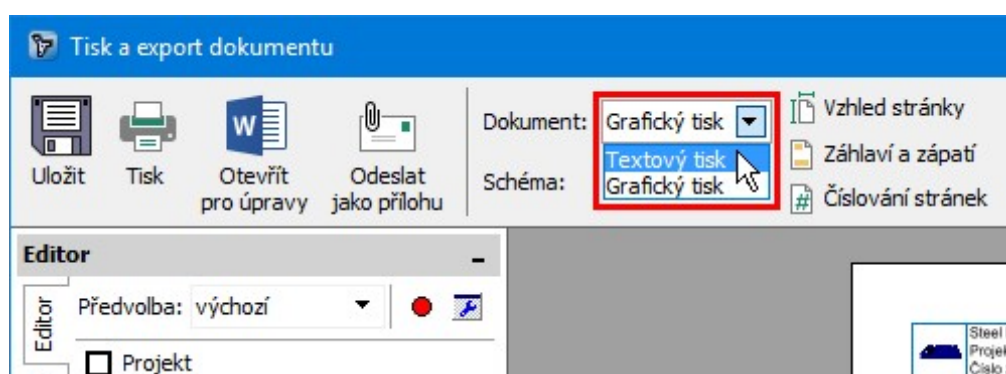
Pokud je úloha dokončená, můžeme přistoupit k sestavení dokumentace. Nejprve vytiskneme stručný jednostránkový výstup, kde jsou zobrazeny veškeré vstupní údaje a výsledky posouzení. Tvorbu tohoto výstupu spustíme tlačítkem  v nástrojové liště nebo položkou **"Grafický tisk"** v části **"Soubor"** hlavního menu.



Grafický výstup z programu Beton

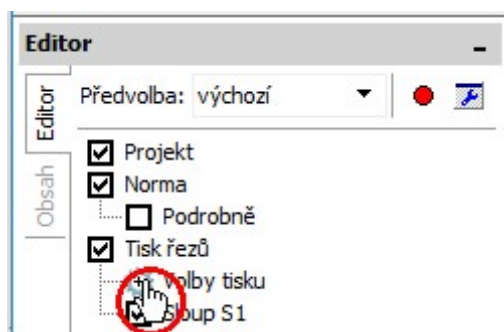
Dokument můžeme přímo vytisknout pomocí tlačítka **"Tisk"** nebo uložit tlačítkem **"Uložit"** jako soubor *.pdf respektive *.rtf na disk. Využijeme druhou možnost a uložíme dokument na disk. V dialogovém okně **"Uložit jako"** můžeme zadat název souboru a cílovou složku.

Kromě tohoto stručného výstupu můžeme vytisknout i podrobnou textovou či grafickou dokumentaci. Sestavení této dokumentace můžeme spustit přímo z hlavního okna pomocí tlačítka  v nástrojové liště nebo pomocí položky **"Textový/Grafický tisk"** v části **"Soubor"** hlavního menu. Protože jsme však stále v okně pro sestavování dokumentace, můžeme do režimu textových výstupů přejít přímo pomocí změny typu dokumentu v nástrojové liště. Výběr provádíme v rozbalitelném seznamu **"Dokument:"**.



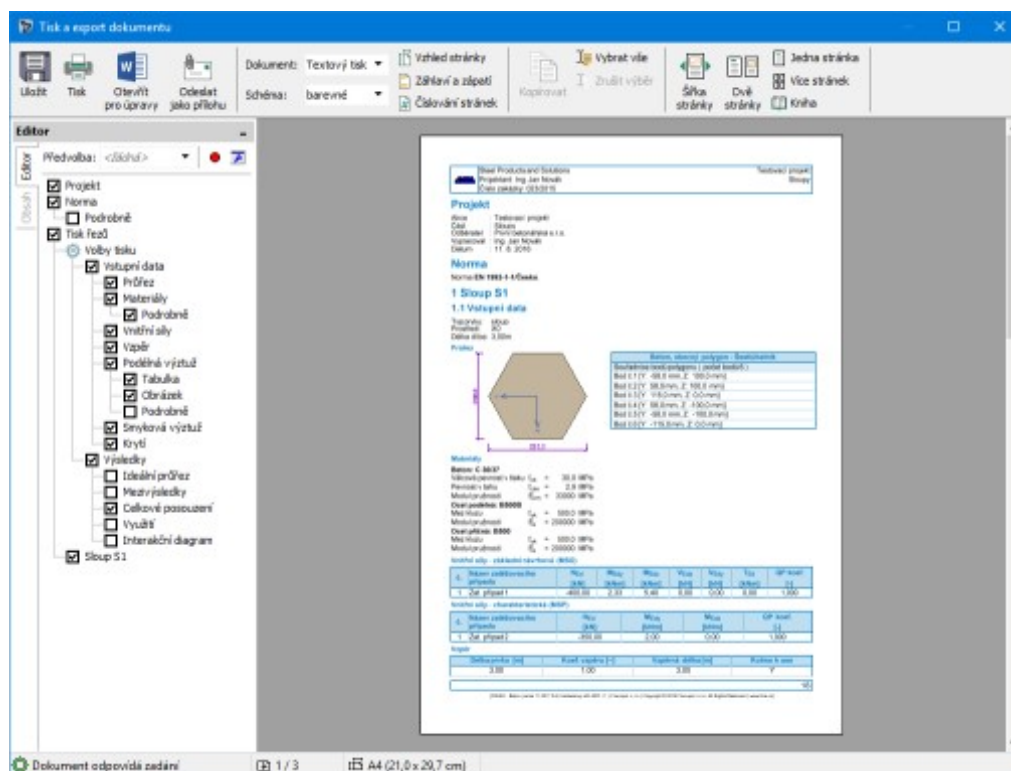
Změna typu dokumentu

Po přepnutí do režimu **"Tisková sestava"** můžeme v levém stroměčku v části **"Volby tisku"** nastavit, jaké části posouzení mají být součástí dokumentu a jak podrobné výpisy mají být.



Volby tisku pro textové výstupy

Program při jakékoliv změně ve stromečku ihned přegeneruje dokumentaci, aby odpovídala zadání. Pokud již dokumentace obsahuje všechny námi vyžadované informace, můžeme dokument opět uložit na disk.



Vygenerovaný textový výstup

Vygenerováním dokumentace je naše práce u konce.