

Výuková příručka

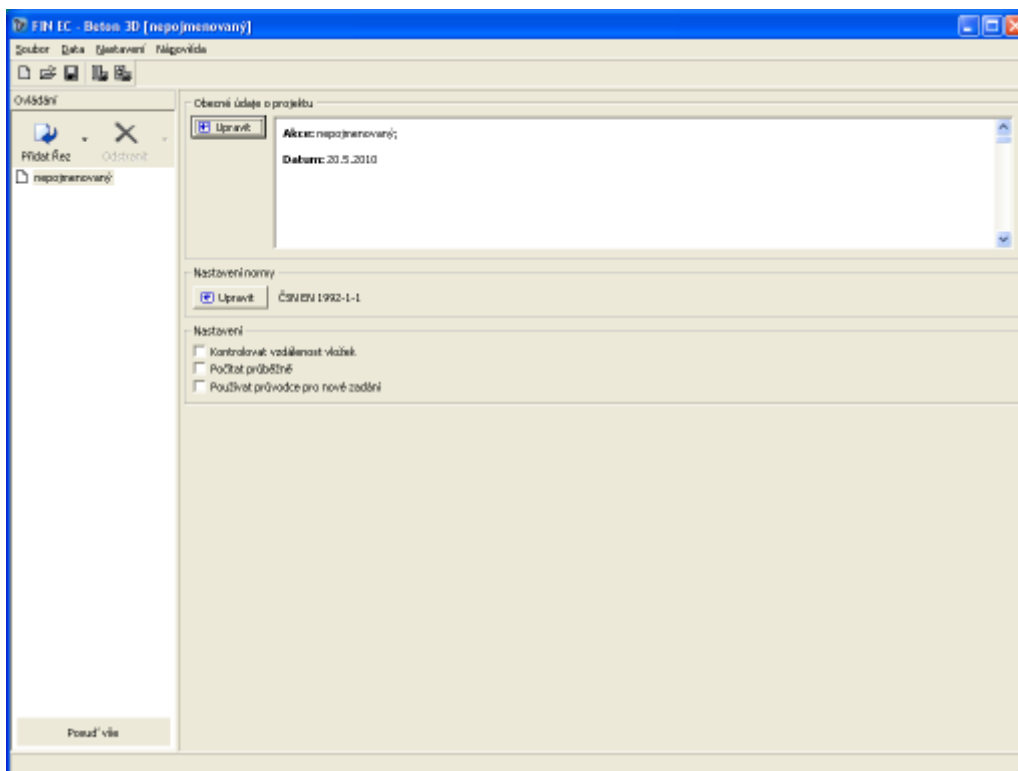


Zadání

Cílem tohoto příkladu je navrhnout a posoudit výztuž šestiúhelníkového železobetonového sloupu (výška průřezu 20 cm) o výšce 2 m namáhaného normálovou silou 400 kN, momentem $M_y=2,33$ kNm a momentem $M_z=5,46$ kNm. Pro posouzení mezního stavu použitelnosti se zatížení skládá z normálové síly 350 kN a ohybovým momentem $M_y=2,00$ kNm. Použit má být beton třídy C30/37 X0 a ocel třídy B500.

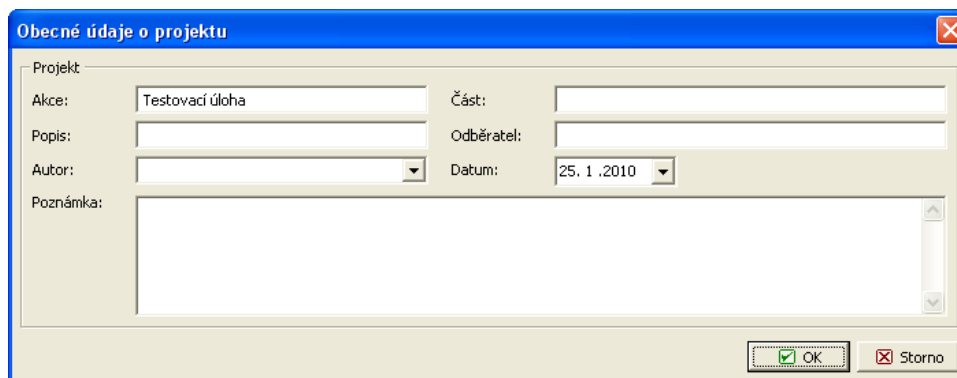
Založení nové úlohy

Po spuštění programu Beton 2D se zobrazí následující obrazovka:




Úvodní obrazovka programu Beton 3D

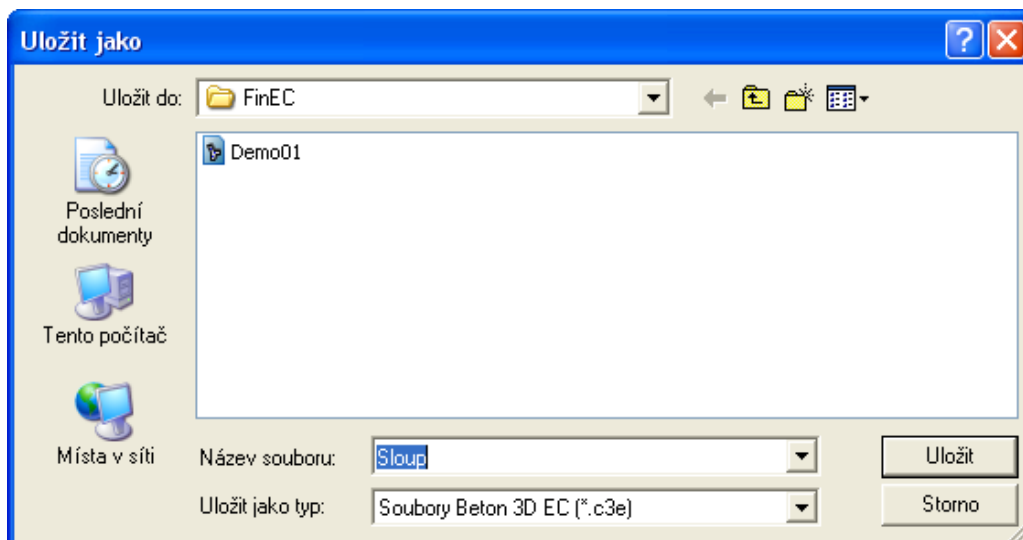
Program umožňuje v rámci jedné úlohy počítat libovolné množství řezů, resp. dílců. V našem případě budeme počítat pouze jeden řez. V úvodní obrazovce lze v části "**Obecné údaje o projektu**" zadat název, popis a další identifikační údaje o projektu. Stisknutím tlačítka „**Upravit**“ zadáme nejprve název projektu:



Dialogové okno "Obecné údaje o projektu"

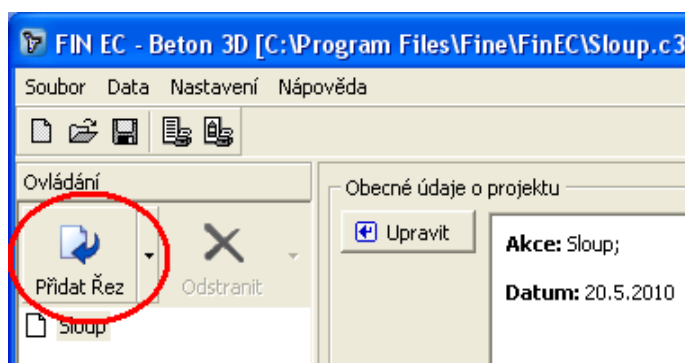
Dialogové okno "**Obecné údaje o projektu**" umožňuje zadat identifikační údaje k řešené úloze. Zadané informace mohou být zobrazeny například v záhlaví či zápatí výstupních protokolů. V úvodní obrazovce můžeme též změnit některé výpočetní parametry a ovlivnit obecné chování programu.

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



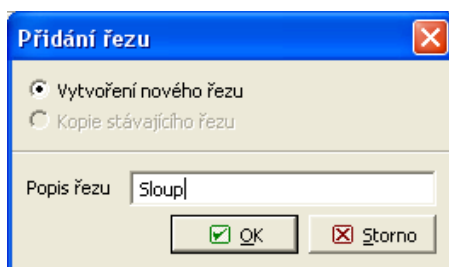
Uložení úlohy

Poté lze přistoupit k zadání nového řezu. Stiskneme tlačítko „**Přidat Řez**“ v horní části zadávacího stromečku:



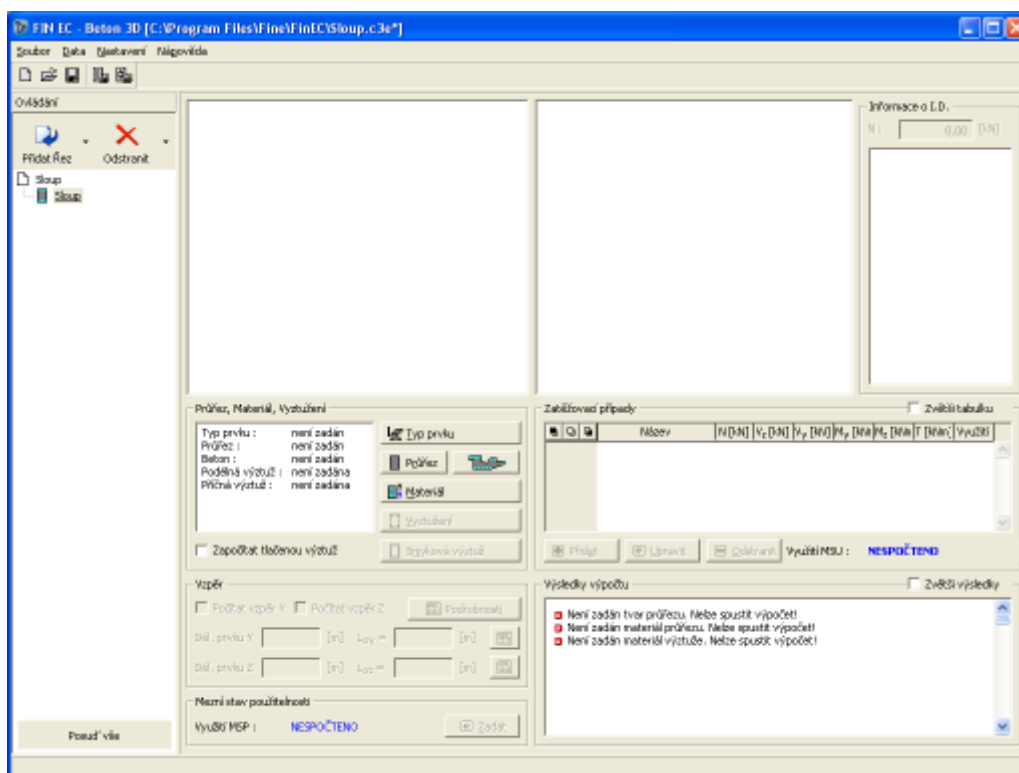
Přidání nového řezu

Zobrazí se dialogové okno, kde můžeme zadat název řezu. Zadáme název "**Sloup**" a poté potvrdíme vložení nového řezu stisknutím tlačítka „**OK**“.



Dialogové okno pro zadání nového řezu

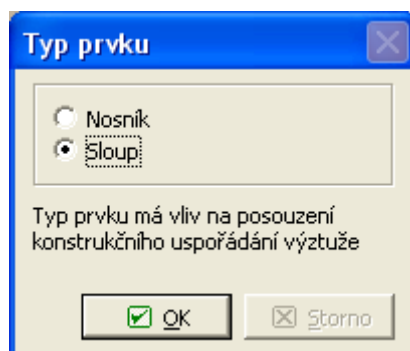
V zadávacím stromečku v levé části obrazovky se vygenerovala položka "**Sloup**", představující nový řez. Program se automaticky nastavil na tuto položku, takže můžeme rovnou zadávat parametry řezu.



Úloha "řez" bez zadaných údajů


Průřez, Materiál

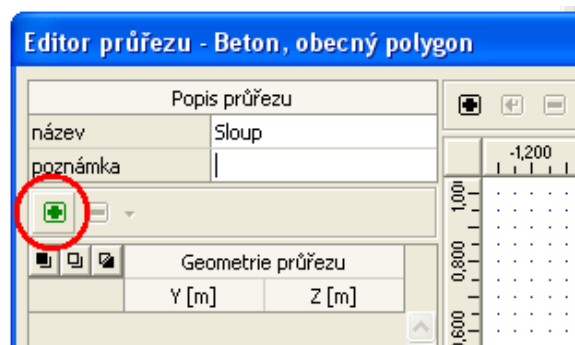
Nejprve je nutné zadat základní geometrické a materiálové charakteristiky řezu v části "**Průřez, Materiál, Vyztužení**". Stisknutím tlačítka "**Typ prvku**" se spustí dialogové okno, kde lze vybrat, jakou má prvek v konstrukci funkci:



Dialogové okno "Typ prvku"

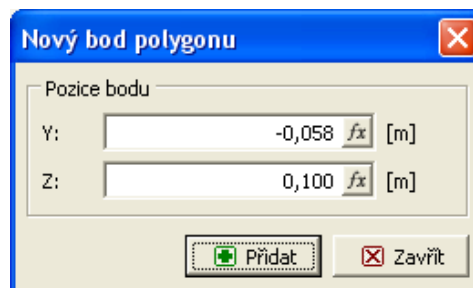
V tomto případě je nutné vybrat typ "**Sloup**". Tato volba ovlivňuje posouzení konstrukčního uspořádání výztuže. Volbu potvrdíme tlačítkem "**OK**".

Protože šestiúhelník není v knihovně předdefinovaných průřezů, je pro zadání průřezu nutné použít tlačítko "" (libovolný polygon):



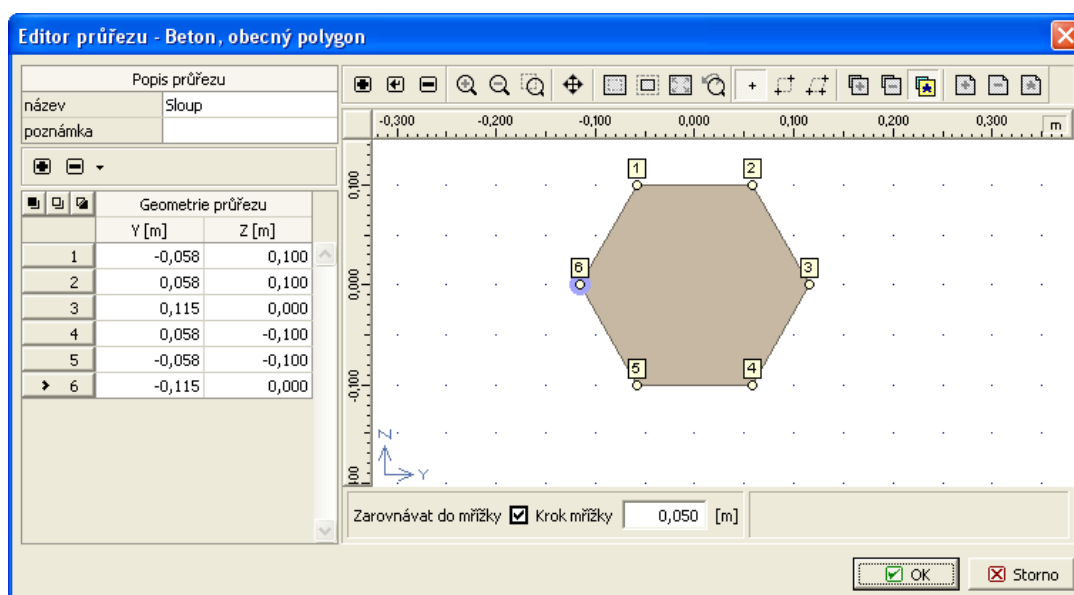
Tlačítko pro zadání bodů polygonu

Dialogové okno "**Editor průřezu**" umožňuje zadání libovolného průřezu jako polygonu, který je dán řadou bodů. Protože máme k dispozici souřadnice bodů, využijeme vkládání bodů číselně pomocí dialogového okna. Tlačítko "+" pro spuštění okna najdeme v liště v levém horním rohu nad tabulkou bodů. Po stisknutí se objeví následující dialogové okno:



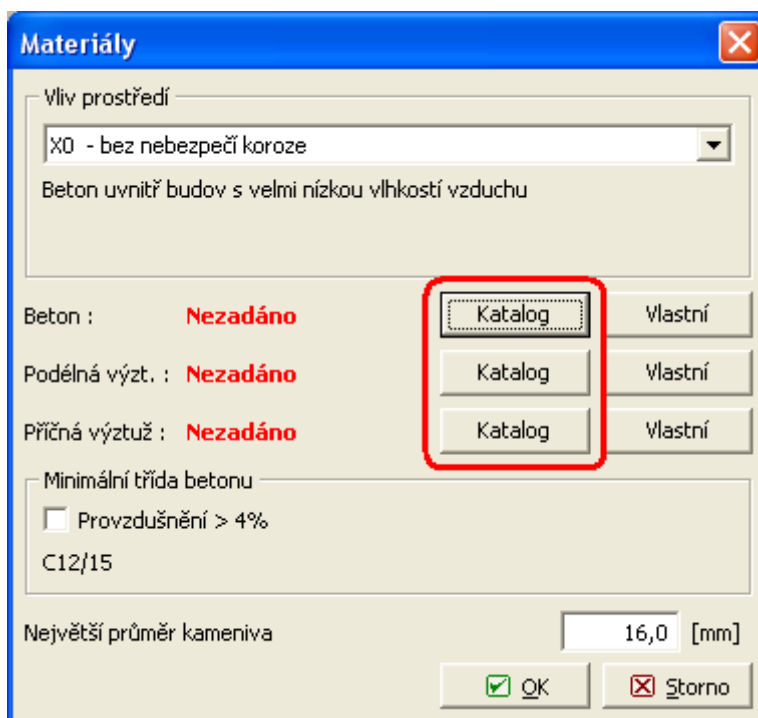
Dialogové okno pro zadávání bodů polygonu

V tomto dialogovém okně postupně zadáme všech šest bodů polygonu s následujícími souřadnicemi: $[-0,058;0,100]$, $[0,058;0,100]$, $[0,115;0,000]$, $[0,058;-0,100]$, $[-0,058;-0,100]$, $[-0,115;0,000]$. Vložení jednotlivých bodů vždy potvrdíme tlačítkem "**Přidat**". 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 "**OK**".



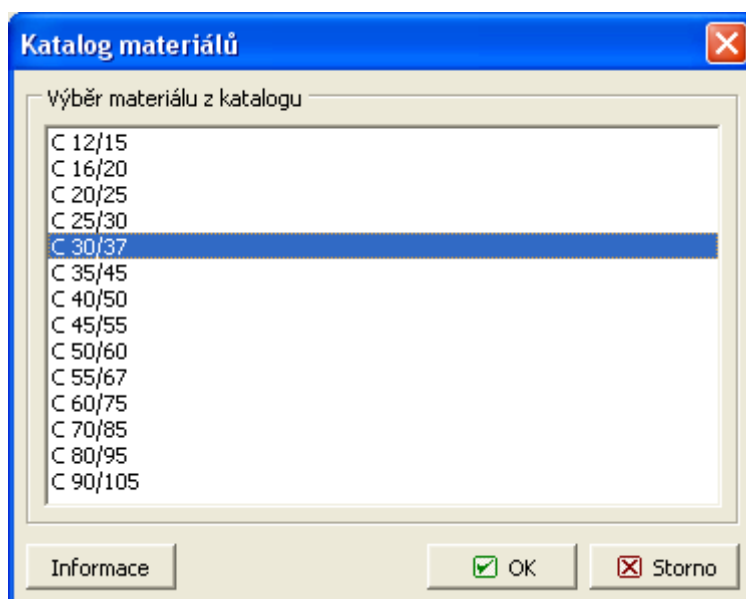
Zadaný obecný polygon

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 zvolíme kategorii "**Vliv 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.



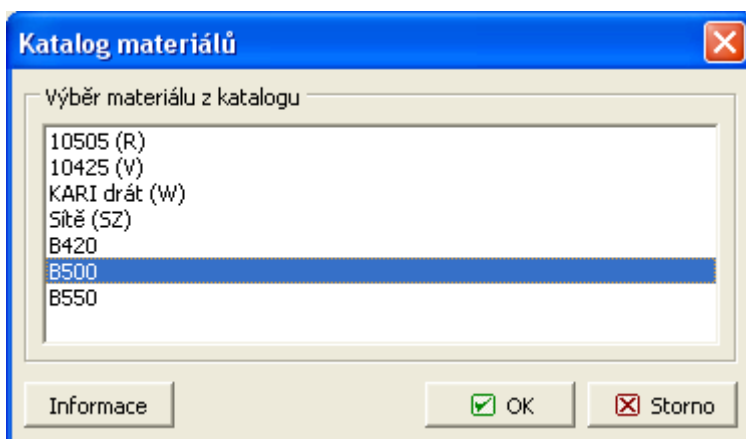
Dialogové okno "Materiály"

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



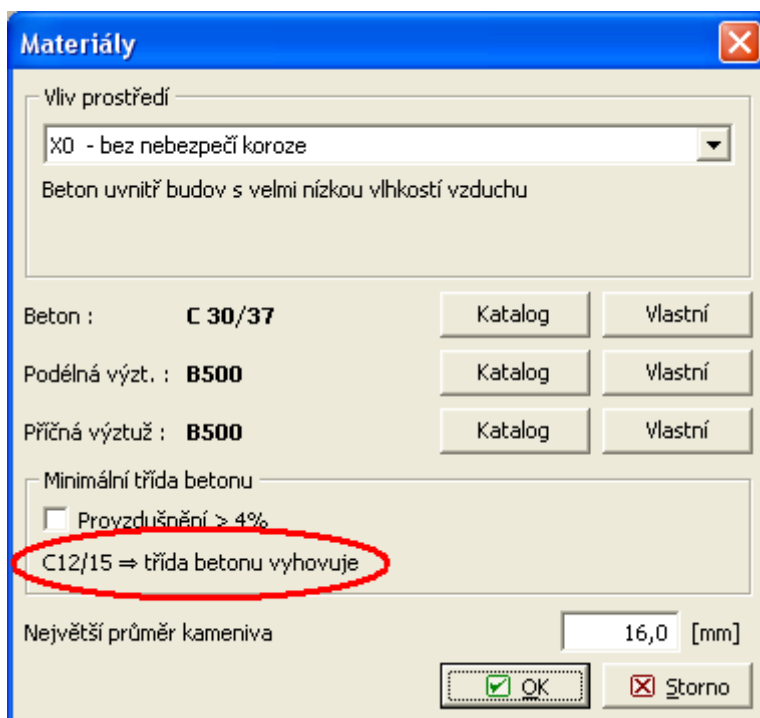
Výběr třídy betonu

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 třídy betonu v okně "Materiály"

Zatěžovací případy

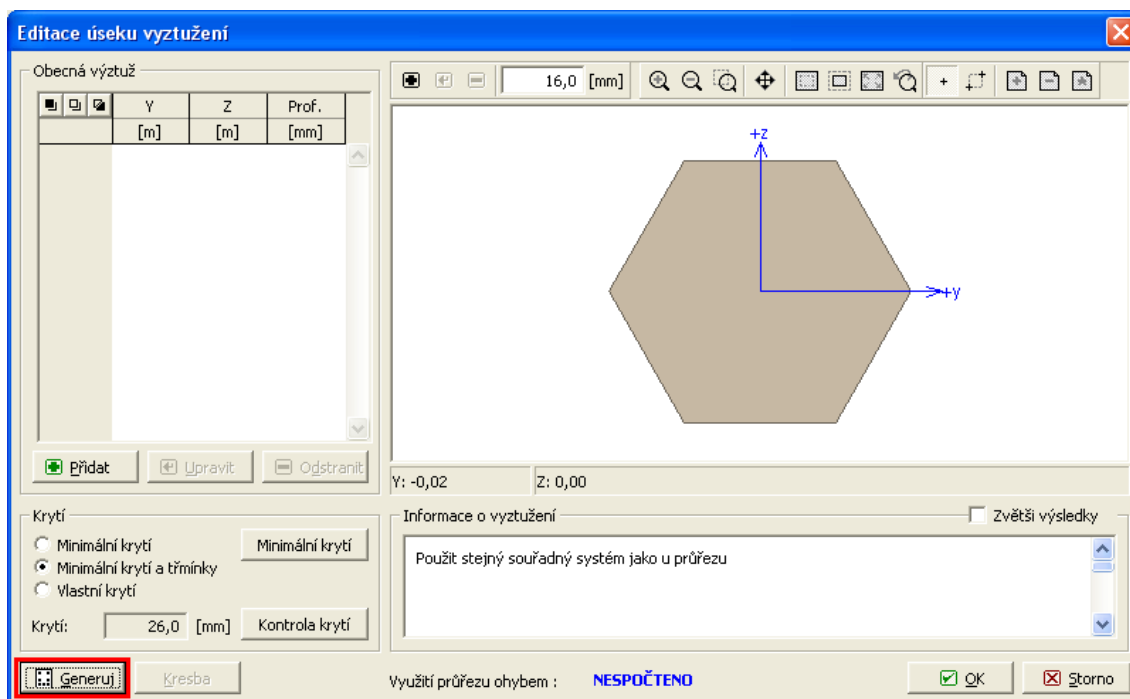
Po zadání průřezu a materiálu můžeme pokračovat buď zadáním výztuže nebo zatěžovacích případů. My nejprve zadáme zatěžovací případ, neboť poté uvidíme výsledky posouzení ihned v průběhu zadávání výztuže. Pro zadání zatěžovacího případu využijeme tlačítko "**Přidat**" pod tabulkou v části "**Zatěžovací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

Zadání nového zatěžovacího případu

V novém okně zadáme vnitřní síly působící na průřez, v našem případě normálovou sílu -400 kN (jedná se o tlakovou sílu, proto zadáváme se záporným znaménkem), ohybový moment $M_y = 2,33$ kNm a ohybový moment $M_z = 5,46$ 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**", zadávání poté ukončíme tlačítkem "**Storno**".

Výztuž

Po návratu do hlavního dialogového okna můžeme přistoupit k zadání ohybové a smykové výztuže. Dialogové okno pro zadání podélné výztuže spustíme tlačítkem "**Vyztužení**" v části "**Průřez, Materiál, Vyztužení**". V dialogovém okně "**Editace úseku vyztužení**" můžeme vkládat výztuž buď ručně (číselně pomocí tabulky v levé části nebo graficky na pracovní ploše) nebo pomocí zjednodušeného zadávání, které je dostupné pomocí tlačítka "**Generuj**" v levém dolním rohu okna. Tento způsob použijeme i pro náš případ.



Tlačítko pro zjednodušené zadávání výztuže

V dialogovém okně "**Editace vyztužení**" můžeme snadno zadat potřebnou výztuž. Výztuž zadáme z profilů o průměru 16 mm tak, aby v každém rohu průřezu byla jedna vložka. Je třeba zadat tři řady výztuže s odpovídající hodnotou krytí:

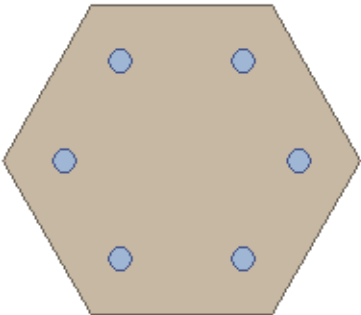
Editace vyztužení
✕

Horní vyztuž zadaného průřezu

Profil vyzt. [mm]	Počet ks [-]	Krytí [mm]	A_s [mm ²]	$A_{s,celk.}$ [mm ²]
<input checked="" type="checkbox"/> 16,0	2	28,0	402,1	804,2
<input checked="" type="checkbox"/> 16,0	2	92,0	402,1	
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				

Dolní vyztuž zadaného průřezu

Profil vyzt. [mm]	Počet ks [-]	Krytí [mm]	A_s [mm ²]	$A_{s,celk.}$ [mm ²]
<input checked="" type="checkbox"/> 16,0	2	28,0	402,1	402,1
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				



Informace o vyztužení

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Sloup (celková vyztuž):
 $\rho_{s,min} = 2,66 \cdot 10^{-3} \leq \rho_s = 0,0349 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow$ **VYHOVUJE**

Rozmístění vyztuže

Generovat stejný rozestup vložek

Vložky umístit co nejvíce ke kraji

Krytí

Minimální krytí

Minimální krytí a třmínky

Vlastní krytí

Krytí: [mm] Kontrola krytí

Využití průřezu ohybem : **57,8 % VYHOVUJE**

OK Storno

Zadání vyztuže

Po zadání vyztuže v dolní části okna ihned vidíme, že množství podélné vyztuže je dostačující a návrh vyhovuje (využití 57,8%). Zároveň si v části "**Informace o vyztužení**" můžeme ověřit, že jsou splněny konstrukční zásady dané normou. Zbývá nám přezkontrolovat, zda je správně zadáno krytí vyztuže. Protože se jedná o sloup s třmínky, je v části "**Krytí**" vybrána varianta výpočtu krytí "**Minimální krytí a třmínky**". Program tak stanoví nutné krytí podélné vyztuže jako součet minimálního krytí, které je dané normou, a průměru třmínků. Výpočet hodnoty minimálního krytí si lze ověřit v okně, které lze spustit tlačítkem "**Minimální krytí**":

Krytí výztuže

Třída konstrukce

Třída : S4

Životnost > 80 let

Životnost > 100 let

Desková konstrukce

Speciální kontrola kvality

Výsledná třída konstrukce:
S3

Ostání vlivy

Třída obrusu : Bez obrusu

Nerovný povrch [mm]

Přidavná bezp. složka krytí $\Delta c_{dur,y}$ 0,0 [mm]

Korozivzdorná výztuž $\Delta c_{dur,st}$ 0,0 [mm]

Přidavná ochrana výztuže $\Delta c_{dur,add}$ 0,0 [mm]

Přidavek pro návrh. odch. Δc_{dev} 10,0 [mm]

Betonáž na upravené podloží zeminu

Minimální krytí

Minimální krytí podélné výztuže:

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10) = \max(16; 10; 10) = 16\text{mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 16 + 10 = 26\text{mm}$$

Minimální krytí třminků plus profil třminků:

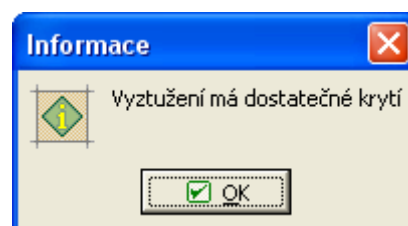
$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10) = \max(6; 10; 10) = 10\text{mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} + \phi_s = 10 + 10 + 6 = 26\text{mm}$$

OK Storno

Stanovení hodnoty minimálního krytí

Protože není nutné v nastavení výpočtu krytí cokoli měnit, můžeme okno ukončit tlačítkem "OK" a vrátit se do okna pro zadávání podélné výztuže. Abychom zkontrolovali, zda poloha zadané výztuže respektuje požadavky na krytí, můžeme provést ověření, které se spouští tlačítkem "Kontrola krytí".



Výsledek kontroly minimálního krytí

Kontrola minimálního krytí proběhla s kladným výsledkem, můžeme se tedy tlačítkem "OK" vrátit do základního okna programu.

Vzpěr

Následuje zadání parametrů vzpěru. Nejprve je nutné zaškrtnout nastavení "Počítat vzpěr Y/Z" a poté zadat výchozí délky prvku pro oba směry, z kterých budou zjišťovány vzpěrné délky. Protože uvažujeme kloubové uložení sloupu, budou programem zjištěné vzpěrné délky rovné zadaným základním hodnotám. Pokud by bylo třeba zvolit jiné uložení konců, je možné tak učinit pro každý směr pomocí tlačítka " " za zobrazenou hodnotou vzpěrné délky.

Vzpěr

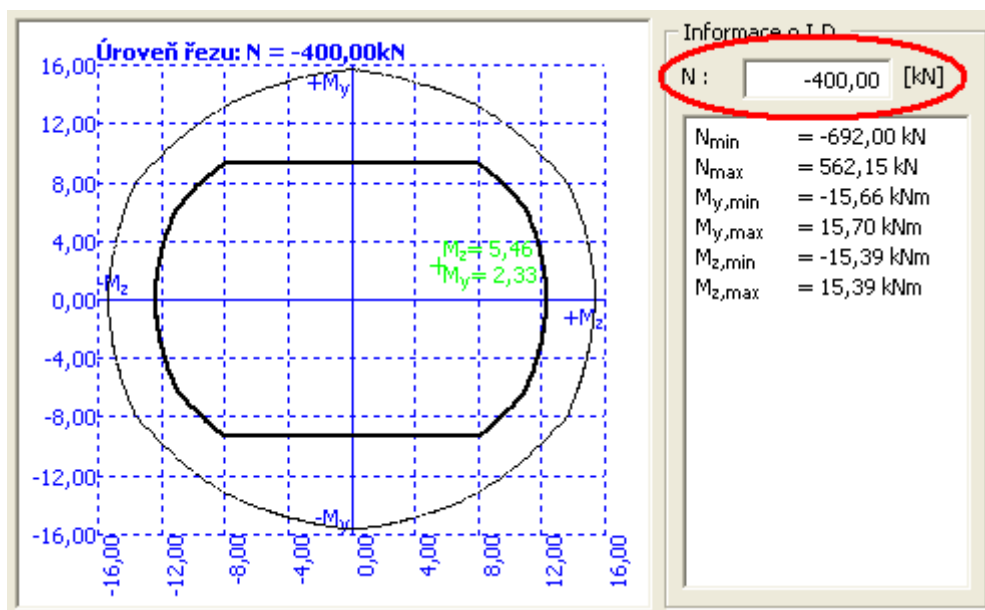
Počítat vzpěr Y Počítat vzpěr Z

Dél. prvku Y [m] $L_{crY} =$ [m]

Dél. prvku Z [m] $L_{crZ} =$ [m]

Zadané parametry vzpěru

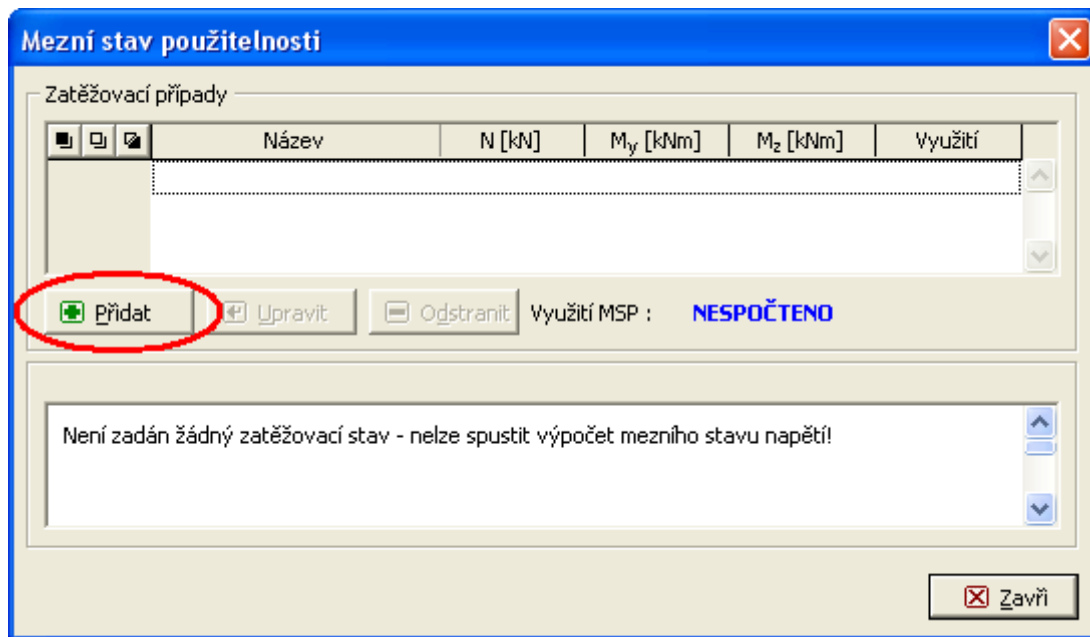
Po zadání vzpěru se v interakčním diagramu objeví dvě oblasti únosnosti: tenkou čarou je vyznačena únosnost prvku bez vlivu vzpěru, tlustou čarou pak únosnost snižená započítáním vlivu vzpěru. Pokud bychom chtěli vidět, kde se v interakčním diagramu nachází námi zadaný zatěžovací případ, musíme zadat v části "**Informace o I.D.**" odpovídající hladinu normálové síly, v našem případě -400 kN. Program poté provede řez prostorovým interakčním diagramem právě v této úrovni a zobrazí polohu zadaného zatěžovacího případu:



Nastavení řezu interakčním diagramem

Mezní stav použitelnosti

Poslední součástí posudku průřezu je posouzení mezního stavu použitelnosti, tj. limitních hodnot napětí v betonu a výztuži. Protože jsou dle principů Eurokódu kombinace pro mezní stavy únosnosti a mezní stavy použitelnosti oddělené, nelze využít již zadané zatěžovací případy pro mezní stav únosnosti a je nutné zadat zatěžovací případy pro mezní stavy použitelnosti samostatně. Potřebné dialogové okno spustíme tlačítkem "**Zadat**" v části "**Mezní stav použitelnosti**" hlavního okna. V novém dialogovém okně "**Mezní stav použitelnosti**" můžeme vkládat nové zatěžovací případy v horní tabulce, dolní tabulka zobrazuje výsledky posouzení. Nový zatěžovací případ vkládáme tlačítkem "**Přidat**" pod horní tabulkou:



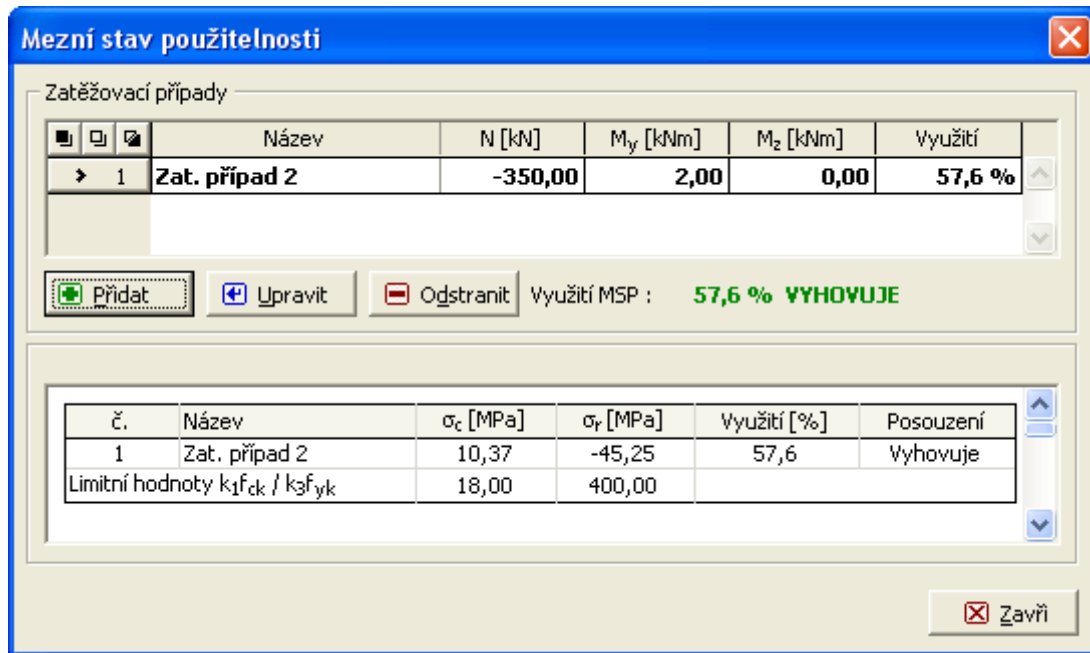
Vložení nového zatěžovacího případu v okně "Mezní stav použitelnosti"

Zadávání zatěžovacího případu pro mezní stav použitelnosti probíhá stejně jako v případě zatěžovacích případů pro mezní stavy únosnosti. V dialogovém okně zadáme v souladu se zadáním kombinaci normálové síly a ohybového momentu $N = -350$ kN a $M_y = 2,00$ kNm.



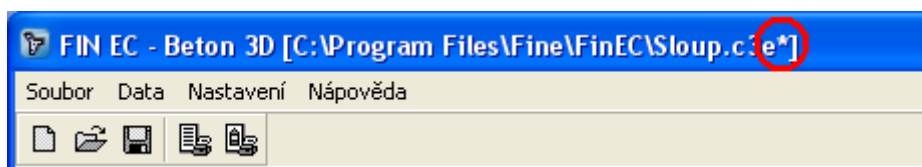
Okno pro zadání zatěžovacího případu

Zatěžovací případ vložíme do úlohy tlačítkem "**Přidat**", poté můžeme zadávání ukončit tlačítkem "**Storno**". Tak se vrátíme do okna "**Mezní stav použitelnosti**", kde vidíme ve spodní části výsledek posouzení zadaného zatěžovacího případu.



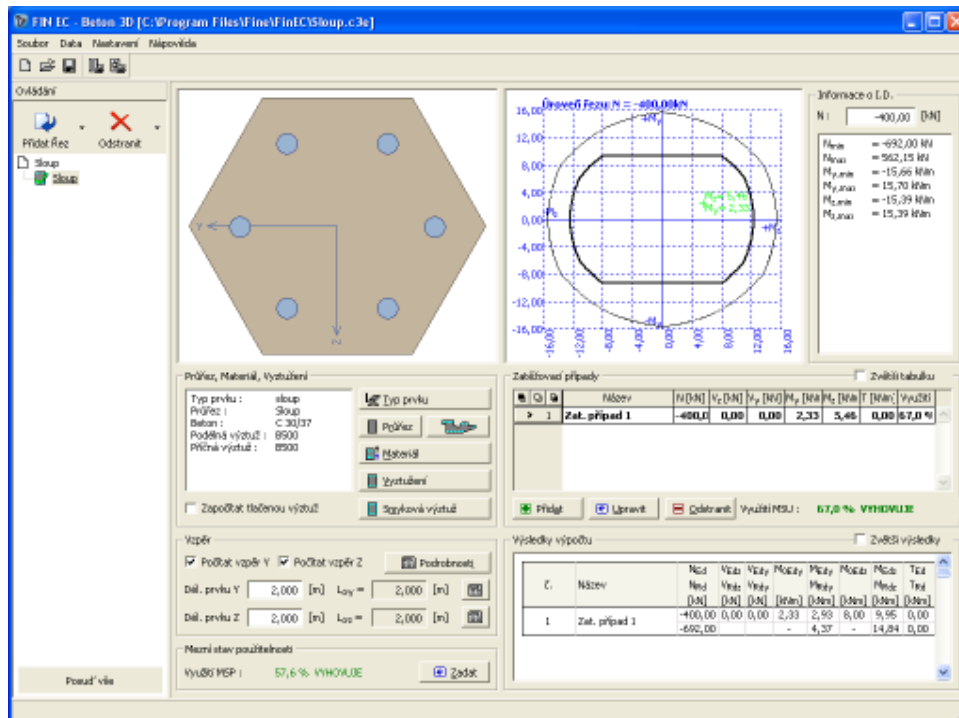
Výsledek posouzení v okně "Mezní stav použitelnosti"

Dialogové okno "**Mezní stav použitelnosti**" ukončíme tlačítkem "**Zavři**" a vrátíme se do hlavního okna programu. 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

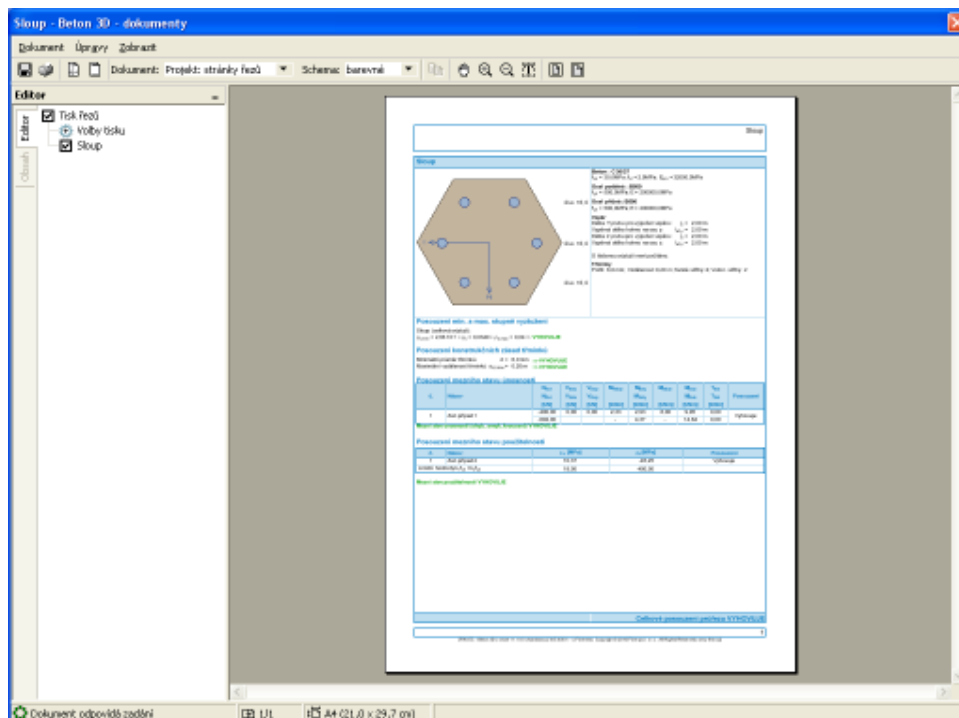
Protože jsme v průběhu zadávání splnili všechny kontroly konstrukčních pravidel a protože hlavní okno nám zobrazuje vyhovující využití pro mezní stavy únosnosti i použitelnosti, můžeme považovat naši úlohu za dokončenou.



Posouzený průřez v programu Beton 3D

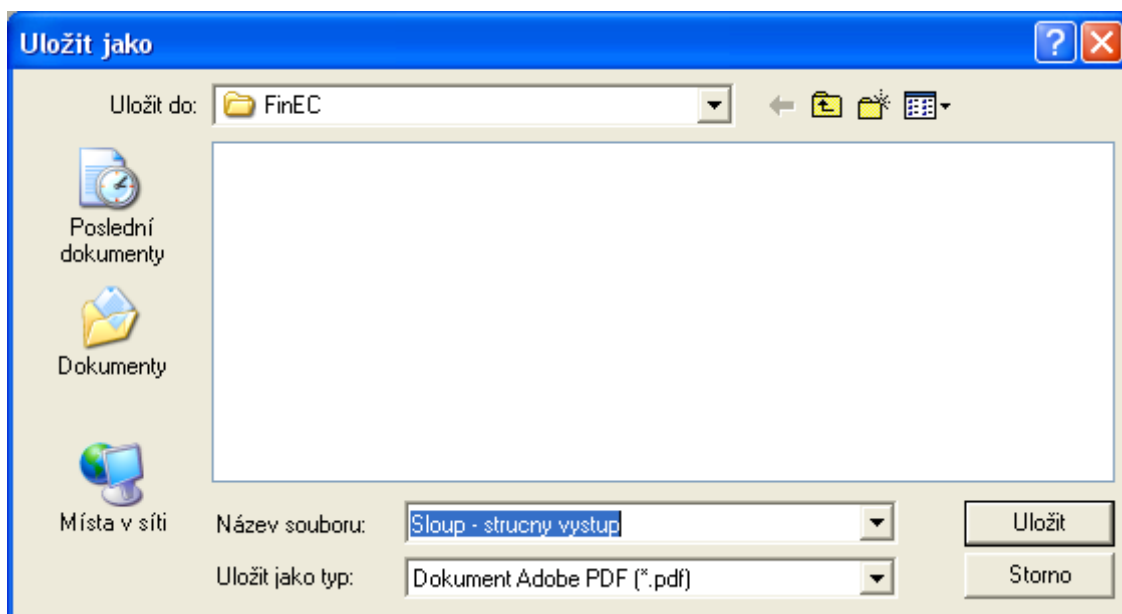
Výstupy

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 3D

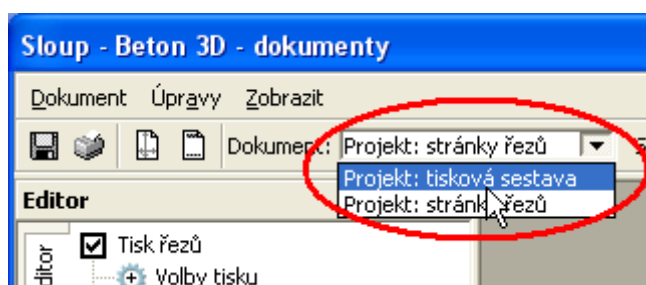
Dokument můžeme přímo vytisknout pomocí tlačítka "🖨️" nebo uložit tlačítkem "💾️" jako soubor *.pdf respektive *.rtf na disk. Využijeme druhou možnost a uložíme dokument na disk. V dialogovém okně "**Uložit jako**" můžeme zadat název souboru a cílovou složku.



*Uložení dokumentace do formátu *.pdf*

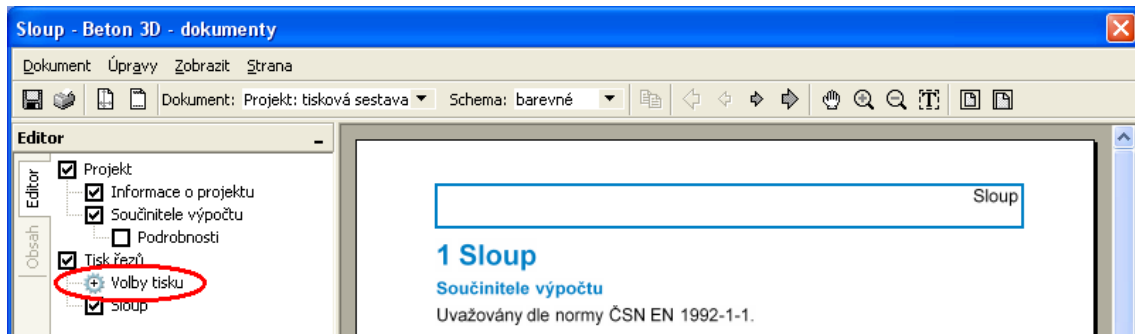
Kromě tohoto stručného výstupu můžeme vytisknout i podrobnou textovou dokumentaci.

Sestavení této dokumentace můžeme spustit přímo z hlavního okna pomocí tlačítka "📄" v nástrojové liště nebo pomocí položky "**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:**".



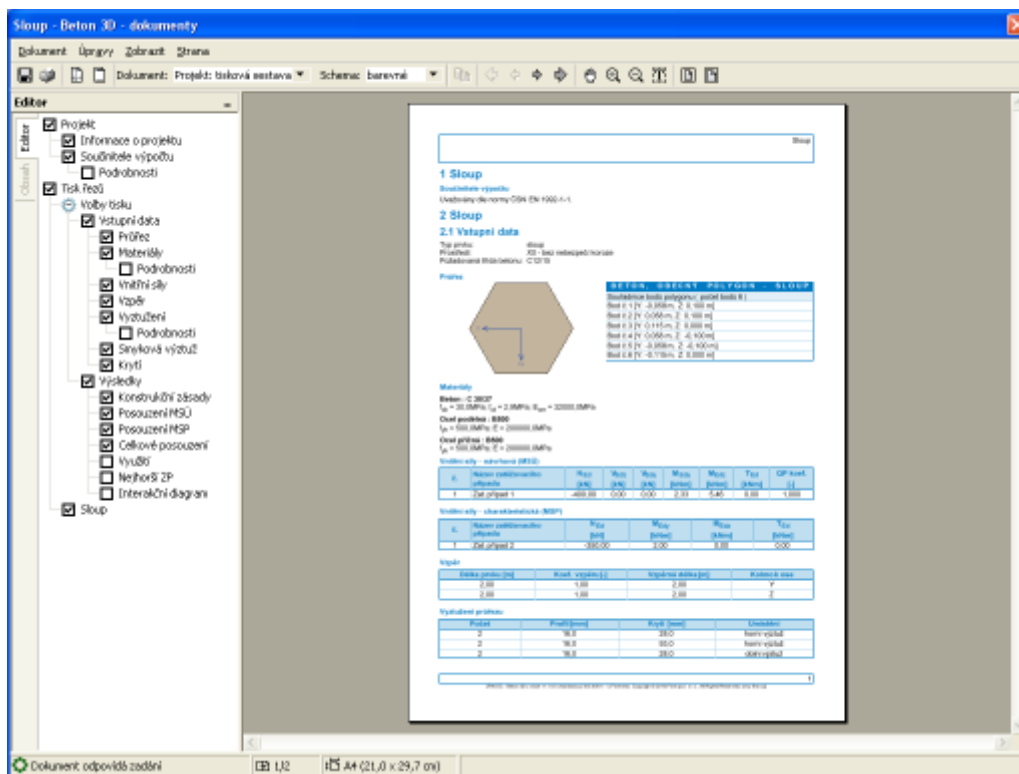
Změna typu výstupu

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.